

NOM :

PRENOM :

NUMERO PARCOURSUP :



EPREUVE DE PHYSIQUE

SUJET « B »

Qui peut utiliser ce sujet de **PHYSIQUE « B »** ?

- Profil Violet **NON**
- Profil Jaune **NON**
- Profil Vert **OUI**



*LISEZ TRES ATTENTIVEMENT LES CONSIGNES SUR CE SUJET
ET CELLES INDIQUEES SUR LA GRILLE REPONSES*

DURÉE : 1h00
Coefficient 4

Rappel des différents profils :

VIOLET : J'étudie, en Terminale, la spécialité Mathématiques + une spécialité Scientifique (quelle qu'elle soit)

JAUNE : J'étudie, en Terminale, deux spécialités Scientifiques (mais PAS la spécialité Mathématiques)

VERT : J'étudie, en Terminale, la spécialité Mathématiques + une spécialité NON Scientifique (quelle qu'elle soit)

En cas de doute, votre profil est celui indiqué sur votre convocation, sur votre étiquette de table et sur la liste d'émargement.

CONSIGNES SPECIFIQUES AUX CANDIDATS PROFIL « VERT »

Pour cette épreuve, chaque candidat :

- **Ne doit répondre qu'à 30 questions (au choix)** parmi les 40 proposées afin d'obtenir la note maximale. S'il répond à plus de 30 questions, seules les 30 premières répondues seront prises en compte lors de la correction.
- Doit utiliser **la grille n°2 uniquement**.

CONSIGNES COMPLEMENTAIRES

Barème valable pour toutes les questions :

Pour chaque question, une seule réponse est correcte. Afin d'éliminer les stratégies de réponses au hasard, chaque réponse exacte est gratifiée de 3 points, tandis que chaque réponse fausse est pénalisée par le retrait de 1 point. Une question non traitée n'apporte et ne retire aucun point.

L'usage de tout appareil électronique (connecté ou non) **est interdit**.

Aucun autre document que le sujet et sa grille réponses fournis par l'organisation n'est autorisé. Aucun brouillon n'est distribué. Les pages blanches de ce sujet peuvent être utilisées à l'usage de brouillon.

ATTENTION, vous devez porter UNE ATTENTION TOUTE PARTICULIERE AUX CONSIGNES EGALLEMENT PRESENTES SUR LA GRILLE REPONSES DE L'EPREUVE DE SCIENCES. SON UTILISATION DIFFERE EN FONCTION DE VOTRE PROFIL (violet, jaune ou vert).

Il ne s'agit pas d'un examen mais bien d'un concours qui aboutit à un classement.

Si vous trouvez ce sujet "difficile", ne vous arrêtez pas en cours de composition, n'abandonnez pas, restez concentré(e). Les autres candidats rencontrent probablement les mêmes difficultés que vous !



Les ballons stratosphériques jouent un rôle essentiel dans l'étude de l'atmosphère terrestre et dans l'observation de l'Univers depuis une altitude supérieure à celle des nuages. Ces véhicules sans moteur, gonflés à l'hélium, peuvent atteindre entre 20 et 40 kilomètres d'altitude, bien au-delà de la portée des drones et des avions, mais bien en deçà des satellites.

Équipés d'une nacelle contenant divers instruments scientifiques, ils permettent de collecter des données atmosphériques précieuses. Ils servent également de plateformes pour tester des technologies et des équipements en conditions quasi-spatiales avant leur envoi dans l'espace.

Dans ce sujet, nous allons explorer les principes physiques qui régissent le fonctionnement des ballons sondes stratosphériques et nous intéresser à certains outils utilisés pour l'étude du climat.

Pour l'étude des mouvements des différents systèmes, on modélisera chacun d'eux par un point matériel et on utilisera un repère (O, x, z) dont l'origine O est placée à la surface de la Terre, l'axe Ox horizontal et l'axe Oz vertical dirigé vers le haut. Le référentiel d'étude des mouvements est le référentiel terrestre supposé galiléen.

Les valeurs des constantes sont arrondies pour simplifier les calculs.

Exercice 1 :

Il existe plusieurs types de ballons sondes. Dans cet exercice, on s'intéressera à l'ascension d'un ballon léger, étanche et dilatable (c'est-à-dire dont le volume peut augmenter). Durant sa montée, la quantité d'hélium enfermée dans le ballon reste constante. Arrivé à $z = 30\text{ km}$ d'altitude, le ballon éclate et sa nacelle chute. On récupère ainsi le matériel contenu dans la nacelle au sol.

On néglige le volume de la nacelle devant celui du ballon. À $z = 0\text{ m}$, la pression de l'hélium dans le ballon est égale à la pression de l'air.

Données :

- On note R_T le rayon de la Terre
- On note M_T la masse de la Terre
- On note G la constante de gravitation universelle
- Intensité du champ de pesanteur : $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Masse totale du ballon avec sa nacelle durant son ascension : $m_b = 10 \text{ kg}$
- Masse de la nacelle avec son parachute après éclatement du ballon : $m_n = 7,5 \text{ kg}$
- Loi fondamentale de la statique des fluides : $\Delta P = P_1 - P_2 = \rho \cdot g \cdot (z_2 - z_1)$ avec P_1 la pression à l'altitude z_1 dans un fluide de masse volumique ρ et P_2 la pression à l'altitude z_2 dans ce même fluide
- Pression de l'air à l'altitude $z = 0 \text{ m}$: $P_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- Masse volumique de l'air à $z = 0 \text{ m}$: $\rho_0 = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Pour toute altitude z , la masse volumique de l'hélium est inférieure à celle de l'air
- Expression de la poussée d'Archimète exercée par l'air de masse volumique ρ , sur un corps de volume V immergé dans l'air : $\vec{F}_A = -V \cdot \rho \cdot \vec{g}$
- Expression de la force de frottement fluide qui s'exerce sur un corps se déplaçant à la vitesse \vec{v} dans l'air : $\vec{f} = -\alpha \cdot v \cdot \vec{v}$ avec α le coefficient de frottement fluide et v la norme de la vitesse \vec{v}
- Entre $z = 100 \text{ m}$ et $z = 0 \text{ m}$, le coefficient de frottement fluide pour la nacelle et son parachute est constant et vaut $\alpha = 3,0 \text{ SI}$

Q1. Soit Π la norme de la poussée d'Archimète qui s'exerce sur le ballon. Pour que le ballon puisse décoller du sol, la norme P de son poids doit être telle que :

- A. $P < \Pi$
- B. $P > \Pi$
- C. $P - \Pi = 0$
- D. $P + \Pi = 0$

Q2. Le volume du ballon au décollage doit être tel que :

- A. $V > \frac{m_b}{\rho_0}$
- B. $V > \frac{\rho_0}{m_b}$
- C. $V > \rho_0 \cdot m_b$
- D. $V > \frac{\rho_0 \cdot g}{m_b}$

Q3. Au sol, pour gonfler le ballon, on utilise des bouteilles d'hélium de volume $V_{bouteille} = 30 \text{ l}$ à la pression $P_{bouteille} = 2 \cdot 10^7 \text{ Pa}$. Si on souhaite gonfler le ballon, initialement vide, à un volume $V_{ballon} = 9 \text{ m}^3$, le nombre minimum de bouteilles d'hélium dont il faudra disposer est de :

- A. un
- B. deux
- C. trois
- D. plus de trois

Q4. Localement à l'altitude z , on assimile le champ de gravitation au champ de pesanteur. L'expression de l'intensité g du champ de pesanteur à une altitude z de la Terre est alors :

- A. $g = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2}$
- B. $g = G \cdot \frac{M_T}{z^2}$
- C. $g = G \cdot \frac{M_T}{R_T + z}$
- D. $g = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + z)^2}$

Q5. La constante de gravitation universelle G s'exprime en :

- A. $m \cdot s^{-2}$
- B. $kg \cdot m \cdot s^{-1}$
- C. $m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}$
- D. $s^2 \cdot m^2 \cdot kg^{-1}$

Q6. Le champ de pesanteur terrestre \vec{g} est un vecteur :

- A. vertical dirigé vers le centre de la Terre
- B. vertical dirigé vers les étoiles
- C. horizontal dirigé vers le centre de la Terre
- D. horizontal dirigé vers les étoiles

Q7. Le travail du poids du ballon lors de son ascension de $z = 0 \text{ m}$ à $z = 30 \text{ km}$ vaut :

- A. 3 kJ
- B. -3 kJ
- C. 3 MJ
- D. -3 MJ

Q8. On fait l'hypothèse que l'air est un fluide incompressible au repos entre $z = 0 \text{ m}$ et $z = 30 \text{ km}$, de masse volumique ρ_0 constante. D'après la loi fondamentale de la statique des fluides, la valeur de la pression de l'air à $z = 30 \text{ km}$ d'altitude :

- A. est égale à $4,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- B. est égale à $2,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- C. est égale à $1,6 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
- D. est incohérente avec les hypothèses formulées

Q9. La force pressante \vec{F} exercée par un fluide à la pression P sur une surface S plane est modélisée par un vecteur :

- A. faisant un angle de 45° avec la surface S et dont la norme est $F = \frac{P}{S}$
- B. faisant un angle de 45° avec la surface S et dont la norme est $F = P \cdot S$
- C. faisant un angle de 90° avec la surface S et dont la norme vaut $F = P \cdot S$
- D. faisant un angle de 90° avec la surface S et dont la norme vaut $F = \frac{P}{S}$

Q10. À l'altitude $z = 20 \text{ km}$ la norme de la force pressante \vec{F} qu'exerce l'air sur une surface plane $S = 20 \text{ cm}^2$ vaut $F = 11 \text{ N}$. La pression de l'air à cette altitude vaut donc :

- A. 1,8 hPa
- B. 55 hPa
- C. 220 hPa
- D. 2000 hPa

Q11. La pression dans un fluide :

- A. ne dépend pas de la vitesse des particules composant le fluide
- B. dépend seulement de la vitesse des particules composant le fluide
- C. dépend seulement de la quantité de particules par unité de volume de fluide
- D. dépend de la vitesse des particules composant le fluide et de la quantité de particules par unité de volume de fluide

Le ballon éclate à $z = 30 \text{ km}$ d'altitude. Au départ, la nacelle chute en accélérant rapidement. Peu de temps après le début de la chute, son parachute s'ouvre automatiquement et la nacelle décélère. Elle finit par atteindre une vitesse constante entre $z = 100 \text{ m}$ et $z = 0 \text{ m}$.

On néglige la poussée d'Archimède devant les forces de frottements fluide et le poids durant la descente. On considère la chute comme verticale.

Q12. Lorsque la nacelle accélère durant sa chute, son énergie mécanique :

- A. augmente
- B. diminue
- C. reste constante
- D. ne peut être déterminée car il manque des informations

Q13. Durant la phase de décélération, la somme des forces qui s'exercent sur la nacelle et son parachute est modélisée par un vecteur :

- A. vertical dirigé vers la Terre
- B. vertical dirigé vers les étoiles
- C. nul
- D. dirigé vers la Terre et faisant un angle de 30° avec la verticale

Q14. Sachant qu'une force s'exprime en $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ dans le système international, alors l'unité du coefficient de frottement α dans le système international (SI) est :

- A. $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
- B. $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-2}$
- C. $\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
- D. $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

Q15. La vitesse de la nacelle suspendue à son parachute entre $z = 100 \text{ m}$ et $z = 0 \text{ m}$ vaut :

- A. $1,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- B. $5,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- C. $9,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- D. $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

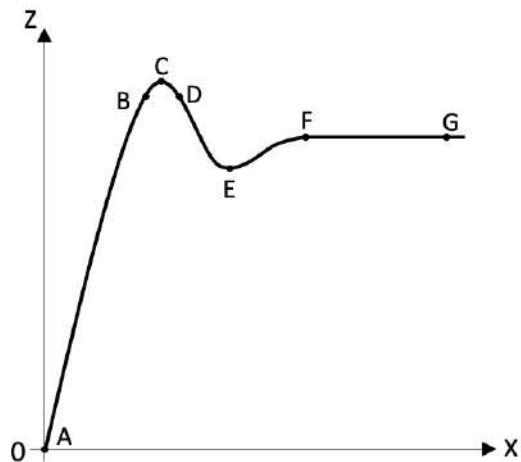
Q16. Le travail de la force de frottement fluide qui s'exerce sur la nacelle et son parachute de $z = 100 \text{ m}$ à $z = 0 \text{ m}$ vaut :

- A. – 7500 J
- B. – 125 J
- C. 0 J
- D. 97200 J

Exercice 2 :

D'autres types de ballons, les ballons pressurisés stratosphérique (ou BPS), sont télécommandés depuis le sol. Il s'agit d'un pilotage à minima, effectué par des opérateurs qui le font monter ou descendre, pour le placer dans les courants d'air qui les intéressent. Pour cela, ils peuvent soit lâcher de minuscules billes en acier contenues dans le ballon, soit libérer de l'hélium par une petite ouverture qui peut être activée, au sommet de l'enveloppe. Son enveloppe étanche lui permet de rester à une même altitude autour de vingt kilomètres pendant des semaines, voire des mois.

Trajectoire contrôlée du ballon étudié :



Durant son trajet de A à C, la vitesse du ballon augmente puis diminue. On considérera la trajectoire comme parabolique entre B et D. De F à G le ballon se déplace horizontalement et à vitesse constante \vec{v} .

Données :

- Masse totale du ballon au décollage : $m = 20 \text{ kg}$
- $z_A = 0 \text{ m}$
- $z_C = 21 \text{ km}$
- $x_F - x_G = 500 \text{ m}$
- Valeur de la vitesse du ballon de F à G : $v = 10 \text{ km} \cdot h^{-1}$
- Intensité du champ de pesanteur terrestre supposée constante pour toutes les altitudes : $g = 10 \text{ N} \cdot kg^{-1}$
- Expression de la poussée d'Archimède exercée par l'air, de masse volumique ρ , sur un corps de volume V immergé dedans : $\vec{\Pi} = -V \cdot \rho \cdot \vec{g}$
- Pour tout z , la masse volumique de l'hélium est inférieure à celle de l'air.

Q17. Si le ballon se déplace horizontalement à une altitude z et que l'on souhaite le faire monter, il faut alors :

- A. libérer des billes en acier contenu dans le ballon
- B. libérer de l'hélium du ballon
- C. diminuer le volume du ballon
- D. les 3 réponses précédentes sont correctes

Q18. La vitesse \vec{v}_C du ballon en C, sommet de sa trajectoire :

- A. est nulle
- B. est verticale
- C. est horizontale
- D. a des coordonnées v_{Cz} et v_{Cx} non nulles

Q19. La variation d'énergie potentielle du ballon entre les points C et E :

- A. est positive
- B. est nulle
- C. est négative
- D. est un vecteur

Q20. Sur le trajet allant de A à C, la variation $\Delta \vec{v}$ du vecteur vitesse, entre deux instants très proches, est un vecteur :

- A. toujours dirigé vers B
- B. toujours dirigé vers A
- C. constant
- D. dont le sens varie

Q21. La somme des travaux des forces qui s'exercent sur le ballon de F à G est :

- A. nulle
- B. égale à $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
- C. égale à 2 000 J
- D. égale à 10 000 J

Q22. Le travail de la poussée d'Archimède qui s'exerce sur le ballon de F à G :

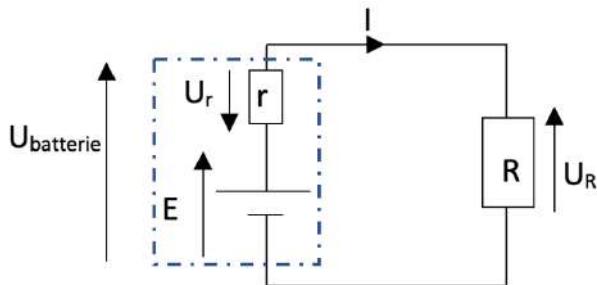
- A. vaut 0 J
- B. vaut 100 kJ
- C. vaut -100 kJ
- D. ne peut être déterminé car il manque des informations

Exercice 3 :

Pour alimenter certains systèmes du ballon, ce dernier est doté de panneaux solaires qui chargent des batteries.

Une des batteries, source réelle de tension, alimente des récepteurs que l'on peut modéliser par une résistance R .

Schéma du circuit étudié dans cet exercice :



Données :

- $E = 5,5 \text{ V}$
- $R = 100 \Omega$
- $r = 10 \Omega$
- $I = 50 \text{ mA}$
- Rendement d'un panneau solaire du ballon : $\eta = 20 \%$

Q23. La puissance reçue par un panneau solaire du ballon vaut $P_r = 1000 \text{ W}$. La puissance P_f fournie par celui-ci vaut alors :

- A. 100 W
- B. 200 W
- C. 500 W
- D. 800 W

Q24. La puissance P_p perdue par un panneau solaire s'exprime par :

- A. $P_p = P_r \cdot \eta$
- B. $P_p = \frac{P_r}{\eta}$
- C. $P_p = P_r \cdot (1 - \eta)$
- D. $P_p = \frac{P_r}{1 - \eta}$

Q25. La tension U_{batterie} aux bornes de la batterie en fonctionnement vaut :

- A. $6,0 \text{ V}$
- B. $5,5 \text{ V}$
- C. $5,0 \text{ V}$
- D. $4,5 \text{ V}$

Q26. L'énergie consommée par la batterie durant une heure de fonctionnement vaut :

- A. 15 J
- B. 250 J
- C. 900 J
- D. 1000 J

Q27. La puissance dissipée par effet joule par la résistance R vaut :

- A. 0,025 W
- B. 0,25 W
- C. 5 W
- D. 500 W

Q28. La quantité de charge Q traversant la section S d'un fil de cuivre du circuit pendant une durée $\Delta t = 2 \text{ ms}$ vaut :

- A. 25 C
- B. 1 mC
- C. 40 mC
- D. 100 μC

Q29. La force permettant la mise en mouvement d'un électron dans un fil électrique est :

- A. le poids
- B. la force électrostatique
- C. le courant électrique
- D. la poussée d'Archimède

Exercice 4 :

On s'intéresse maintenant à la technologie embarquée par le ballon sonde. Il possède un LIDAR, (système fonctionnant avec un LASER), qui permet de déterminer la position des turbulences, la présence de certaines particules dans l'atmosphères ou encore de cartographier le sol ou de détecter des corps célestes. Selon son application, la longueur d'onde du LASER n'est pas la même. Pour étudier les aérosols et les particules de l'atmosphère, le LASER utilisé émet dans l'ultraviolet. La nacelle est aussi équipée d'une caméra contenant une lentille mince convergente fixe et d'un capteur mobile, constitué de cellules sensibles aux radiations rouges, vertes et bleues.

Tous les objets regardés par la caméra sont considérés plans et perpendiculaire à l'axe optique de la lentille.

Données :

- Relation de conjugaison pour une lentille mince convergente de distance focale f' : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$ avec O le centre optique de la lentille, A la position de l'objet et A' la position de l'image sur l'axe optique
- Grandissement : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ avec A'B' l'image de l'objet AB donnée par la lentille mince convergente
- Distance focale de la lentille de la caméra : $f' = 2,00 \text{ cm}$
- Célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Constante de Planck : $h = 7 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
- Longueur d'onde du LASER du LIDAR du ballon : $\lambda = 300 \text{ nm}$
- Conversion d'électronvolt à joule : $1 \text{ eV} = 2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Q30. D'après la relation de conjugaison, l'expression de la distance focale f' de la lentille est :

A. $f' = \frac{\overline{OA'} - \overline{OA}}{\overline{OA'} \cdot \overline{OA}}$

B. $f' = \frac{\overline{OA} - \overline{OA'}}{\overline{OA'} \cdot \overline{OA}}$

C. $f' = \frac{\overline{OA'} \cdot \overline{OA}}{\overline{OA'} - \overline{OA}}$

D. $f' = \frac{\overline{OA'} \cdot \overline{OA}}{\overline{OA} - \overline{OA'}}$

Q31. La caméra filme des nuages situés à une distance $d = 50\text{ m}$ de la lentille. Pour obtenir une image nette des nuages, la distance séparant la lentille et le capteur doit être environ égale à :

- A. 20 cm
- B. 50 cm
- C. 2 cm
- D. 1 cm

Q32. Lors de l'ascension du ballon, un oiseau est filmé par la caméra. Le capteur se situe alors à une distance $d = 2,01\text{ cm}$ de la lentille. La distance entre la lentille et l'oiseau, permettant d'obtenir une image nette de l'oiseau, est alors d'environ :

- A. 1 m
- B. 2 m
- C. 4 m
- D. 5 m

Q33. Lorsque l'image de l'oiseau obtenue sur le capteur est nette, ce dernier a une envergure $L = 5,0\text{ mm}$. L'envergure réelle de l'oiseau est d'environ :

- A. 2 m
- B. 1 m
- C. 50 cm
- D. 25 cm

Q34. L'image de l'oiseau sur le capteur est :

- A. virtuelle et renversée
- B. virtuelle et droite
- C. droite et réelle
- D. renversée et réelle

Q35. Pour retranscrire une infinité de couleurs, la caméra utilise :

- A. la synthèse additive
- B. la synthèse soustractive
- C. la synthèse additive et soustractive
- D. la synthèse de Grignard

Q36. Aucun effet ni filtre n'est utilisé sur la caméra pour filmer. Un objet éclairé en lumière blanche apparaît jaune sur la caméra. Cet objet éclairé par une lumière magenta apparaîtra :

- A. cyan
- B. rouge
- C. bleu
- D. vert

Q37. La relation entre la longueur d'onde λ d'une onde, sa période T et la célérité c de cette onde est :

- A. $c = \lambda \cdot T$
- B. $\lambda = c \cdot T$
- C. $T = c \cdot \lambda$
- D. $c = \lambda + T$

Q38. La fréquence des ondes émises par le LASER du LIDAR du ballon est :

- A. 1.10^{15} Hz
- B. 1.10^{-15} Hz
- C. 9.10^1 Hz
- D. 9.10^4 Hz

Q39. Un photon de longueur d'onde 300 nm peut être émis si un électron d'un atome effectue une transition :

- A. du niveau d'énergie de valeur -5 eV vers le niveau d'énergie de valeur $-1,5 \text{ eV}$
- B. du niveau d'énergie de valeur -5 eV vers le niveau d'énergie de valeur $-5,5 \text{ eV}$
- C. du niveau d'énergie de valeur -5 eV vers le niveau d'énergie de valeur $-6,5 \text{ eV}$
- D. du niveau d'énergie de valeur -5 eV vers le niveau d'énergie de valeur $-8,5 \text{ eV}$

Q40. Un LIDAR permet aussi de cartographier le sol terrestre ou de détecter des corps célestes. La durée mesurée par le LIDAR entre l'émission d'une onde et sa réception, après avoir été réfléchi par un corps, lui permet de déterminer la distance le séparant de ce corps. Si un LIDAR mesure une durée de $2 \mu\text{s}$ entre l'émission et la réception d'une onde alors la distance entre le corps réfléchissant et le LIDAR est :

- A. 300 m
- B. 600 m
- C. 150 km
- D. 667 km

• • • FIN • • •

Ce sujet est la propriété intellectuelle exclusive du Concours Avenir. Il ne doit en aucun cas être emporté par les candidats à la fin de l'épreuve. Il doit être rendu à l'équipe surveillante en même temps que sa grille réponses associée.