Tour Montparnasse

Bac 2025 Amérique du Sud Jour 1 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 56**

Q1 À l'aide de la figure 1, justifier qualitativement que l'ascenseur monte lors de l'expérience.

Sur la figure 1, la pression mesurée diminue au cours du temps : elle passe d'environ $101\,300$ Pa à environ $99\,030$ Pa.

D'après la loi fondamentale de la statique des fluides, $P_B - P_A = \rho\, g\, (z_A - z_B)$: si $P_B < P_A$, alors $z_B > z_A$. La pression de l'air diminue quand l'altitude augmente.

La pression diminue, donc l'altitude du smartphone augmente : l'ascenseur monte.

PIÈGE
Se contenter de « la courbe descend ». Il faut relier la baisse de pression à la hausse d'altitude, par la loi de la statique des fluides.

Q2 Exprimer l'équation d'état d'un gaz parfait, en précisant la signification et les unités des différentes grandeurs.

$$P\,V = n\,R\,T$$

- P : pression du gaz, en pascals (Pa) ;
- V : volume occupé par le gaz, en mètres cubes (m^3) ;
- n : quantité de matière de gaz, en moles (mol) ;
- R : constante des gaz parfaits, $R = 8{,}314\ \mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}$;
- T : température absolue du gaz, en kelvins (K).

PIÈGE
Donner V en litres ou T en degrés Celsius : avec R en $\mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}$, les unités sont obligatoirement Pa, m^3, mol et K.

Q3 À l'aide de la question précédente, montrer que la masse volumique de l'air au pied de la tour le jour de l'expérience est $\rho_{air} = 1{,}184\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$.

Données utiles $P_1 = 101\,302$ Pa au pied de la tour (ligne 4 du programme, figure 1) ; $M = 28{,}98\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$; $R = 8{,}314\ \mathrm{J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}}$; $\theta = 25{,}0$ °C

Par définition, $\rho_{air} = \dfrac{m}{V}$ avec $m = n\,M$. L'équation d'état donne $\dfrac{n}{V} = \dfrac{P}{R\,T}$, donc

$$\rho_{air} = \frac{n\,M}{V} = \frac{P_1\,M}{R\,T}$$

Avec $M = 28{,}98 \times 10^{-3}\ \mathrm{kg\cdot mol^{-1}}$ et $T = 25{,}0 + 273{,}15 = 298{,}15$ K :

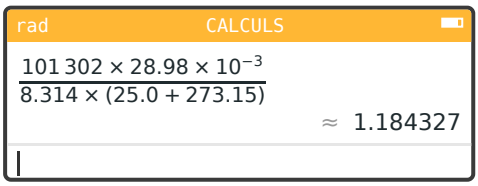
$$\rho_{air} = \frac{101\,302 \times 28{,}98 \times 10^{-3}}{8{,}314 \times 298{,}15}$$

$\rho_{air} = 1{,}184\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$, valeur attendue.

PIÈGE
Laisser M en $\mathrm{g\cdot mol^{-1}}$ (résultat mille fois trop grand) ou T en °C. La pression au pied de la tour se lit au début de l'enregistrement.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : on en garde autant que la donnée la moins précise. Ici M et R en ont quatre, d'où $1{,}184$.

À LA CALCULATRICE



Q4 Montrer que la hauteur h atteinte par l'ascenseur à la fin de son trajet est $h = \dfrac{P_1 - P_2}{\rho_{air} \cdot g}$, avec P_1 et P_2 les pressions au pied et au sommet.

On applique la loi fondamentale de la statique des fluides à l'air, entre le point A au pied de la tour ($z_A = 0$, $P_A = P_1$) et le point B atteint en fin de trajet ($z_B = h$, $P_B = P_2$) :

$$P_2 - P_1 = \rho_{air}\, g\, (0 - h) = -\rho_{air}\, g\, h$$

$$\boxed{h = \frac{P_1 - P_2}{\rho_{air} \cdot g}}$$

COMPRENDRE
La loi suppose ρ_{air} constante entre A et B. C'est acceptable ici : la pression ne varie que d'environ 2 % sur la hauteur de la tour.

Q5 Calculer la hauteur h atteinte par l'ascenseur à la fin du trajet. Commenter.

Données utiles $P_1 = 101\,302{,}07$ Pa et $P_2 = 99\,028{,}04$ Pa (ligne 4 du programme) ; $\rho_{air} = 1{,}184\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (Q3) ; $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

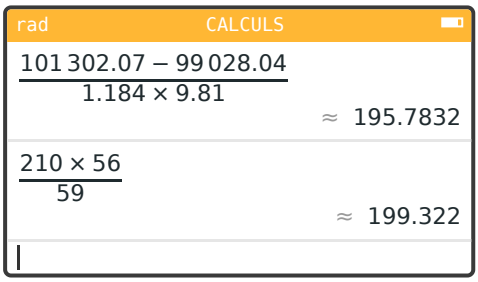
$$h = \frac{P_1 - P_2}{\rho_{air} \cdot g} = \frac{101\,302{,}07 - 99\,028{,}04}{1{,}184 \times 9{,}81}$$

$$\boxed{h = 196\ \text{m}}$$

Commentaire : la tour mesure 210 m pour 59 étages. Si les étages sont de même hauteur, le 56e étage se trouve vers $210 \times \dfrac{56}{59} \approx 199$ m. La valeur obtenue est cohérente (écart inférieur à 2 %) et bien inférieure à la hauteur totale de la tour.

MÉTHODE
« Commenter » une valeur : la comparer à une référence du sujet (ici 210 m et 59 étages), chiffrer l'écart, puis conclure sur la cohérence.

À LA CALCULATRICE



Q6 Recopier puis compléter la ligne 19 du script Python pour calculer les valeurs de l'accélération.

L'accélération est la variation de la vitesse divisée par la durée correspondante, comme la vitesse à la ligne 15 est la variation d'altitude divisée par la durée.

```
acalcul=((v[i+1]-v[i])/(t[i+1]-t[i]))
```

PIÈGE
Oublier les parenthèses autour du dénominateur, ou diviser par `t[i]` seul : il faut la durée entre deux mesures.

Q7 Indiquer, en justifiant, le nombre de valeurs de l'accélération calculées par le programme.

La liste `t` contient 86 valeurs. Chaque boucle s'exécute `len(...)-1` fois, donc chaque liste calculée compte une valeur de moins que la précédente :

- `z` : $86 - 1 = 85$ valeurs ;
- `v` : $85 - 1 = 84$ valeurs ;
- `a` : $84 - 1 = 83$ valeurs.

Le programme calcule 83 valeurs de l'accélération.

COMPRENDRE
Une variation se calcule entre deux valeurs consécutives : avec N valeurs, on obtient $N - 1$ variations.

Q8 Décrire le mouvement de l'ascenseur dans le référentiel terrestre lors des quatre phases identifiées sur la figure 2.

Le mouvement est vertical, donc rectiligne.

- Phase 1 (jusqu'à 27 s environ) : la vitesse est nulle, l'ascenseur est immobile.
- Phase 2 (de 27 s à 39 s environ) : la vitesse augmente de 0 à environ $4{,}6\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, le mouvement est rectiligne accéléré vers le haut.
- Phase 3 (de 39 s à 70 s environ) : la vitesse reste voisine de $4{,}5\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, le mouvement est rectiligne uniforme.
- Phase 4 (de 70 s à 85 s environ) : la vitesse diminue jusqu'à s'annuler, le mouvement est rectiligne ralenti jusqu'à l'arrêt.

Immobile (1), rectiligne accéléré (2), rectiligne uniforme (3), rectiligne ralenti (4).

PIÈGE
Dire que l'ascenseur « redescend » en phase 4. La vitesse diminue mais reste positive : il monte encore, en ralentissant.

Q9 Justifier que la courbe d'accélération de la figure 3 est cohérente avec ces quatre phases.

La composante verticale de l'accélération est la dérivée de la vitesse : $a_z = \dfrac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}$.

- Phases 1 et 3 : la vitesse est constante (nulle, puis voisine de $4{,}5\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$), donc $a_z = 0$. La figure 3 montre bien une accélération qui fluctue autour de zéro.
- Phase 2 : la vitesse augmente, donc $a_z > 0$. La figure 3 montre un pic positif, jusqu'à environ $0{,}62\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.
- Phase 4 : la vitesse diminue, donc $a_z < 0$. La figure 3 montre un pic négatif, jusqu'à environ $-0{,}60\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

Le signe de a_z correspond dans chaque phase au sens de variation de la vitesse : les deux courbes sont cohérentes.

COMPRENDRE
Les petites oscillations autour de zéro viennent des incertitudes de mesure de la pression, amplifiées par les deux calculs de variations successifs.

Q10 Associer, en justifiant, un schéma à chaque phase du mouvement identifiée sur la figure 2.

Système {ascenseur}, référentiel terrestre supposé galiléen. Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F} = m\,\vec{a}$. La somme des forces a donc le sens de $\vec{a}$.

- Phases 1 et 3 : $\vec{a} = \vec{0}$, donc $\vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$: les deux forces ont la même norme. C'est le schéma A.
- Phase 2 : $\vec{a}$ est vers le haut, donc $F > P$. C'est le schéma C.
- Phase 4 : $\vec{a}$ est vers le bas, donc $F < P$. C'est le schéma B.

Phases 1 et 3 : schéma A ; phase 2 : schéma C ; phase 4 : schéma B.

PIÈGE
Associer le schéma C à la phase 3 parce que l'ascenseur monte. La somme des forces indique le sens de l'accélération, pas celui de la vitesse.

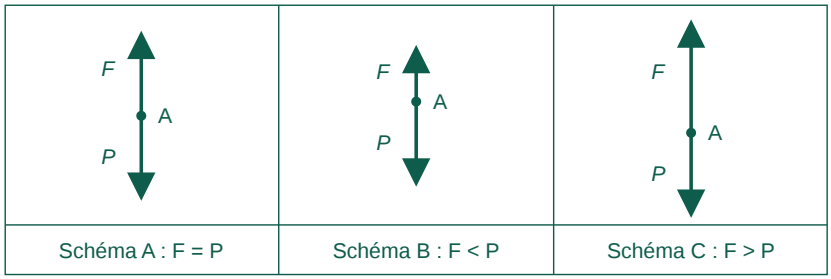


Schéma A : F = P	Schéma B : F < P	Schéma C : F > P
Phases 1 et 3	Phase 4	Phase 2

Q10 · Les trois schémas du sujet et les phases associées

Q11 À l'aide de la deuxième loi de Newton et de la figure 3, estimer la valeur maximale de F, l'ascenseur vide pesant 2,0 tonnes et pouvant accueillir 21 personnes.

Données utiles $m_{asc} = 2{,}0 \times 10^3$ kg ; 21 personnes ; $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; figure 3 : $a_{z,\,max} \approx 0{,}62\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Hypothèse : une personne a une masse moyenne d'environ 75 kg.
Ascenseur plein : $m = 2{,}0 \times 10^3 + 21 \times 75 = 3{,}6 \times 10^3$ kg.

Système {ascenseur plein}, référentiel terrestre supposé galiléen.
Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F} = m\,\vec{a}$.

En projection sur l'axe Oz orienté vers le haut : $-m\,g + F = m\,a_z$, donc

$$F = m\,(g + a_z)$$

F est maximale quand a_z est maximale, c'est-à-dire en phase 2. Sur la figure 3 : $a_{z,\,max} \approx 0{,}62\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

$$F_{max} = (2{,}0 \times 10^3 + 21 \times 75) \times (9{,}81 + 0{,}62)$$

$F_{max} \approx 3{,}7 \times 10^4$ N

PIÈGE
Écrire $F = m\,a$ en oubliant le poids, ou prendre la masse de l'ascenseur vide : la force est maximale quand il est plein.

COMPRENDRE
La masse d'une personne n'est pas donnée : toute valeur raisonnable (70 à 80 kg) est acceptée si elle est annoncée. Le résultat reste voisin de $3{,}7 \times 10^4$ N.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$2.0 \times 10^3 + 21 \times 75$
$\approx$ 3575
$(2.0 \times 10^3 + 21 \times 75) \times (9.81 + 0.62)$
$\approx$ 37287.25

Q12 Montrer que la puissance électrique maximale que peut fournir ce panneau photovoltaïque est proche de 360 W, pour une irradiance de $1{,}0\ \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$.

Données utiles $U_{P_{max}} = 38{,}4$ V ; $I_{P_{max}} = 9{,}38$ A

La puissance électrique fournie par le panneau est le produit de la tension à ses bornes par l'intensité du courant qu'il débite :

$$P_{élec} = U_{P_{max}} \times I_{P_{max}} = 38{,}4 \times 9{,}38$$

$P_{élec} = 360$ W, valeur attendue.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
38.4×9.38
$\approx$ 360.192

Q13 En déduire que le rendement du panneau est $r \approx 18\ \%$.

Données utiles $P_{élec} = 360$ W (Q12) ; irradiance $I = 1{,}0 \times 10^3\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; panneau de $1{,}980$ m par $1{,}002$ m

Surface d'un panneau : $S_p = 1{,}980 \times 1{,}002 = 1{,}984\ \text{m}^2$.

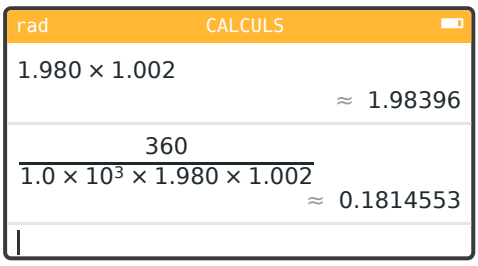
Puissance rayonnante reçue : $P_{ray} = I \cdot S_p = 1{,}0 \times 10^3 \times 1{,}984 = 2{,}0 \times 10^3$ W.

$$r = \frac{P_{élec}}{P_{ray}} = \frac{360}{1{,}0 \times 10^3 \times 1{,}980 \times 1{,}002}$$

$r = 0{,}18$, soit $r \approx 18\ \%$, valeur attendue.

PIÈGE
Laisser l'irradiance en $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ alors que $P_{élec}$ est en watts. Attention aussi : le sujet note S la surface du panneau et celle de la terrasse.

À LA CALCULATRICE



Q14 Estimer l'énergie électrique que pourrait fournir en une année l'installation de panneaux sur l'ensemble de la terrasse. Commenter.

Données utiles $r = 0{,}18$ (Q13) ; énergie rayonnante annuelle : $1\,300\ \text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$; terrasse : $S = 1\,700\ \text{m}^2$; consommation de la tour : $35{,}75\ \text{GW} \cdot \text{h}$ par an

Énergie rayonnante reçue en un an par la terrasse entièrement couverte : $E_{ray} = 1\,300 \times 1\,700 = 2{,}2 \times 10^6\ \text{kW} \cdot \text{h}$.

Énergie électrique produite : $E_{élec} = r \times E_{ray}$

$$E_{élec} = 0{,}18 \times 1\,300 \times 1\,700 = 4{,}0 \times 10^5\ \text{kW} \cdot \text{h}$$

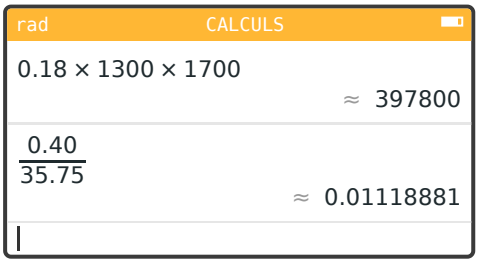
$E_{élec} \approx 4{,}0 \times 10^5\ \text{kW} \cdot \text{h} = 0{,}40\ \text{GW} \cdot \text{h}$ par an

Commentaire : $\frac{0{,}40}{35{,}75} \approx 1{,}1\ \%$. Les panneaux ne couvriraient qu'environ 1 % de la consommation annuelle de la tour : cette mesure seule est très insuffisante.

PIÈGE
Erreur de conversion : $1\ \text{GW} \cdot \text{h} = 10^6\ \text{kW} \cdot \text{h}$. Comparer $4{,}0 \times 10^5$ à $35{,}75$ sans convertir fausse le commentaire.

COMPRENDRE
C'est une valeur maximale : la terrasse ne peut pas être couverte en totalité, et le rendement de 18 % est celui des conditions les plus favorables.

À LA CALCULATRICE



Q15 Citer les trois modes de transfert thermique.

Les trois modes de transfert thermique sont la conduction, la convection et le rayonnement.

Q16 Calculer la valeur de la résistance thermique de conduction R_c pour une surface de $1{,}00\ \text{m}^2$ de simple vitrage.

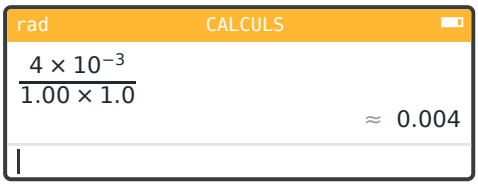
Données utiles $e = 4$ mm ; $\lambda_{verre} = 1{,}0\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $S = 1{,}00\ \text{m}^2$

$$R_c = \frac{e}{S \times \lambda} = \frac{4 \times 10^{-3}}{1{,}00 \times 1{,}0}$$

$$\boxed{R_c = 4 \times 10^{-3}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}}$$

PIÈGE
Laisser l'épaisseur en millimètres : elle doit être en mètres, sinon le résultat est mille fois trop grand.

À LA CALCULATRICE



Q17 Calculer la valeur de la résistance thermique globale R_g pour une surface de vitrage de $1{,}00\ \text{m}^2$. Commenter.

Données utiles $U_g = 5{,}75\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$; $S = 1{,}00\ \text{m}^2$; $R_c = 4 \times 10^{-3}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ (Q16)

$U_g = \dfrac{1}{R_g \cdot S}$ donc

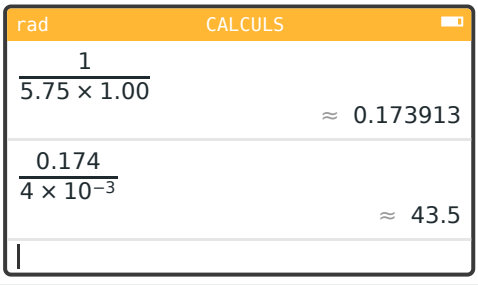
$$R_g = \frac{1}{U_g \cdot S} = \frac{1}{5{,}75 \times 1{,}00}$$

$$\boxed{R_g = 0{,}174\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}}$$

Commentaire : $\dfrac{R_g}{R_c} = \dfrac{0{,}174}{4 \times 10^{-3}} \approx 43$. La résistance globale est environ 40 fois plus grande que la résistance de conduction du verre. La conduction dans le verre ne suffit donc pas à décrire le vitrage : les transferts par convection et par rayonnement, au niveau des deux faces de la vitre, apportent l'essentiel de la résistance.

COMPRENDRE
Des résistances thermiques en série s'ajoutent. La mince couche d'air presque immobile contre chaque face de la vitre isole bien plus que les 4 mm de verre.

À LA CALCULATRICE



Q18 Déterminer la valeur du flux thermique à travers une surface $S = 1{,}00\ \text{m}^2$ de fenêtre à simple vitrage pour une température extérieure de 11,3 °C.

Données utiles $\theta_{int} = 20{,}0$ °C ; $\theta_{ext} = 11{,}3$ °C ; $R_g = 0{,}174\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ (Q17)

Le flux thermique traverse la vitre de l'intérieur (chaud) vers l'extérieur (froid) :

$$\Phi = \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_g} = \frac{20{,}0 - 11{,}3}{0{,}174}$$

$$\boxed{\Phi = 50\ \text{W}}$$

PIÈGE
Utiliser R_c au lieu de R_g : on obtiendrait plus de 2 000 W. C'est la résistance globale qui décrit l'ensemble des transferts à travers le vitrage.

COMPRENDRE
Un écart de températures a la même valeur en °C et en K : inutile de convertir. L'écart 8,7 K n'a que deux chiffres significatifs, le flux aussi.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{20.0 - 11.3}{0.174} \approx 50$

Q19 Estimer la valeur de l'énergie économisée sur une année, en $\mathrm{GW \cdot h}$, si on remplace le simple vitrage par du double vitrage, avec les données météorologiques de 2023. Commenter.

Données utiles $U_g = 5{,}75\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}}$; $U_{g\,double} = 1{,}15\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}}$; surface vitrée $S_v = 40\,000\ \mathrm{m^2}$; $\theta_{int} - \theta_{ext} = 8{,}7$ K pendant 279 jours ; consommation de la tour : $35{,}75\ \mathrm{GW \cdot h}$ par an

Pour un vitrage de surface S_v : $R_g = \dfrac{1}{U_g\, S_v}$, donc le flux perdu est

$$\Phi = \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_g} = U_g\, S_v\, (\theta_{int} - \theta_{ext})$$

Flux économisé en passant au double vitrage :

$$\Delta\Phi = (U_g - U_{g\,double})\, S_v\, (\theta_{int} - \theta_{ext})$$

$$\Delta\Phi = (5{,}75 - 1{,}15) \times 40\,000 \times 8{,}7 = 1{,}6 \times 10^6\ \mathrm{W}$$

Durée de la période où il faut chauffer : $\Delta t = 279 \times 24 = 6\,696$ h.

Énergie économisée : $E = \Delta\Phi \times \Delta t$

$$E = (5{,}75 - 1{,}15) \times 40\,000 \times 8{,}7 \times 279 \times 24 = 1{,}1 \times 10^{10}\ \mathrm{W \cdot h}$$

$\boxed{E \approx 11\ \mathrm{GW \cdot h} \text{ par an}}$

Commentaire : $\dfrac{11}{35{,}75} \approx 0{,}30$. L'économie représente environ 30 % de la consommation annuelle de la tour, soit près de 30 fois la production des panneaux solaires (Q14) : le changement de vitrage est de loin la mesure la plus efficace.

COMPRENDRE
C'est un ordre de grandeur : on raisonne avec une température extérieure moyenne, sans tenir compte des apports du soleil ni de la climatisation en été.

MÉTHODE
Énergie = puissance × durée. Avec la puissance en watts et la durée en heures, le résultat est directement en $\mathrm{W \cdot h}$; puis $1\ \mathrm{GW \cdot h} = 10^9\ \mathrm{W \cdot h}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$(5.75 - 1.15) \times 40\,000 \times 8.7 \approx 1600800$

$(5.75 - 1.15) \times 40\,000 \times 8.7 \times 279 \times 24 \approx 1.071896 \times 10^{10}$

$\dfrac{11}{35.75} \approx 0.3076923$

$\dfrac{11}{0.40} \approx 27.5$