EXERCICE 1. Tour Montparnasse (11 points)


L'actuelle tour Montparnasse

Du haut de ses 210 m et 59 étages, la tour Montparnasse est le plus grand gratte-ciel de la ville de Paris. Elle fera peau neuve d'ici peu : jardins, façades végétalisées, panneaux photovoltaïques, nouveau vitrage transparent et isolant. La future tour devrait à la fois changer d'aspect et améliorer ses performances énergétiques.

Cet exercice propose d'étudier, dans un premier temps, le mouvement d'un des ascenseurs équipant la tour. Il portera ensuite sur deux des mesures visant à améliorer les performances énergétiques du bâtiment.

1. Mouvement du grand ascenseur

L'objectif de cette première partie est d'étudier le mouvement du plus grand ascenseur de la tour, qui relie le rez-de-chaussée, pris comme référence d'altitude, au 56e étage. On étudie le mouvement, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, du centre d'inertie de l'ascenseur dans le champ de pesanteur considéré comme uniforme. Le point O confondu avec le centre de masse de l'ascenseur lorsqu'il se situe au rez-de-chaussée sera pris comme origine d'un axe Oz orienté positivement vers le haut.

Données :

- loi fondamentale de la statique des fluides : $P_\mathrm{B} - P_\mathrm{A} = \rho \cdot g \cdot (z_\mathrm{A} - z_\mathrm{B})$
  avec : P_A, P_B : pression du fluide en deux points A et B (en Pa) ;
  ρ : masse volumique du fluide (en $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$) ;
  g : intensité de la pesanteur (en $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$) ;
  z_A, z_B : altitude des points A et B (en m) ;
- intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$;
- masse molaire de l'air dans les conditions de l'expérience : $M = 28{,}98\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$;
- constante des gaz parfaits : $R = 8{,}314\ \mathrm{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}}$;
- relation entre la température exprimée en kelvin et la température exprimée en degré Celsius : $T(\mathrm{K}) = \theta(°\mathrm{C}) + 273{,}15$.

On se propose, dans un premier temps, de vérifier la hauteur parcourue par l'ascenseur lors d'un trajet, à partir d'un suivi de la pression atmosphérique réalisé grâce à un smartphone. On considère que l'air suit le modèle du gaz parfait. Les mesures obtenues permettent de tracer la courbe suivante.

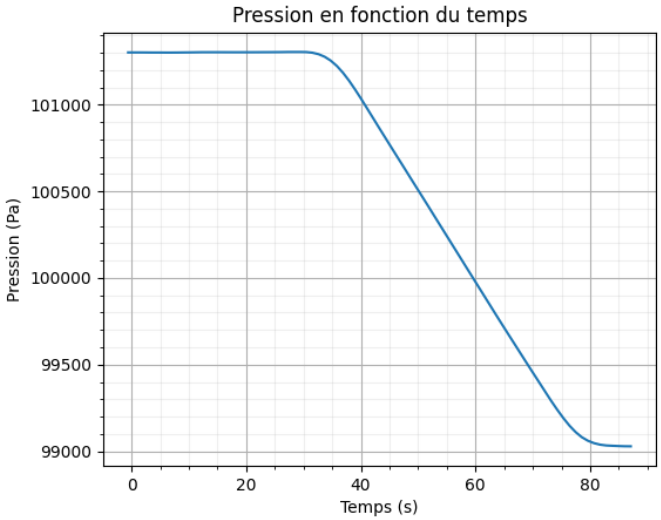


Figure 1. Courbe représentant l'évolution de la pression au cours d'un voyage dans le grand ascenseur
Source : mesures réalisées par l'auteur de l'exercice

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 1 / 6
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

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

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

Le jour de l'expérience, la température était égale à 25,0 °C.

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

Q4. Montrer que la hauteur h atteinte par l'ascenseur à la fin de son trajet est telle que :

$$h = \frac{P_1 - P_2}{\rho_{air} \cdot g}$$ avec P_1 et P_2 les pressions respectivement au pied et au sommet de la tour.

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

En plus de l'altitude finale de l'ascenseur, il peut être utile de connaître son altitude au cours du trajet. Cette donnée permet effectivement d'accéder à la vitesse de l'appareil, puis à son accélération. Les différentes opérations utiles sont réalisées ici à l'aide du programme en langage Python qui suit. Il contient, aux lignes 3 et 4, les 86 couples de valeurs (temps ; pression atmosphérique) enregistrés par le smartphone lors de la montée.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 #données expérimentales
3 t=[-0.58, 0.43, ---, 86.01, 87.08]                # valeurs du temps
4 p=[101302.07, 101302.09, ---, 99028.37, 99028.04] # valeurs de pression
5
6 #initialisation des variables
7 z,v,a=[],[],[]      #initialisation des listes z,v,a
8 rhoair,g=1.184,9.81#masse volumique de l'air, intensité de la pesanteur
9 #calculs des valeurs de z, v et a
10 for i in range (len(t)-1):    # calcul de l'altitude
11     zcalcul=(p[0]-p[i+1])/(rhoair*g)
12     z.append(zcalcul)
13
14 for i in range (len(z)-1):    # calcul de la vitesse
15     vcalcul=(z[i+1]-z[i])/(t[i+1]-t[i])
16     v.append(vcalcul)
17
18 for i in range (len(v)-1):    # calcul de l'accélération
19     acalcul=(                                                    )
20     a.append(acalcul)
```

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

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

La suite du programme permet de tracer les courbes des figures 2 et 3, représentant l'évolution de la vitesse et de l'accélération de l'ascenseur au cours du trajet étudié.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 6
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

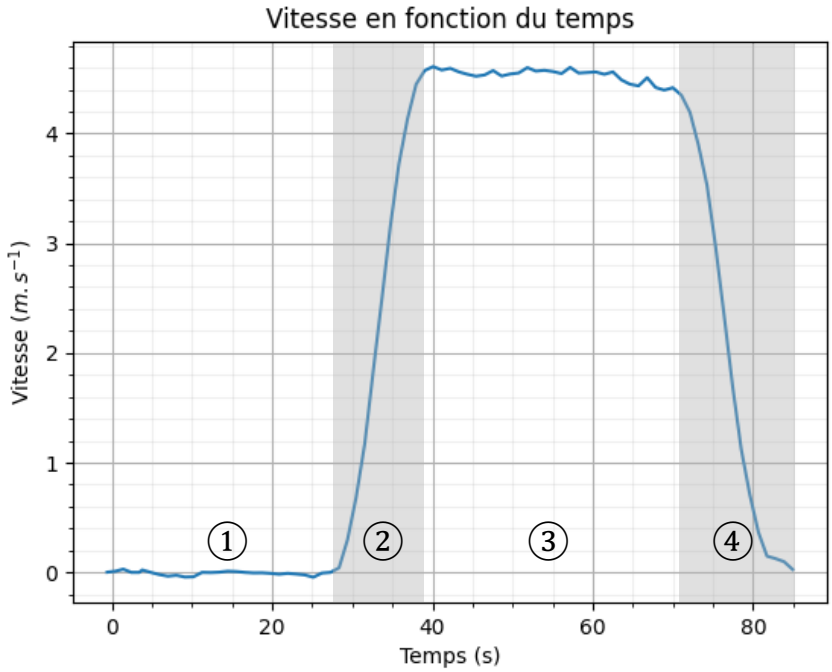


Figure 2. Évolution de la vitesse de l'ascenseur lors de la montée étudiée

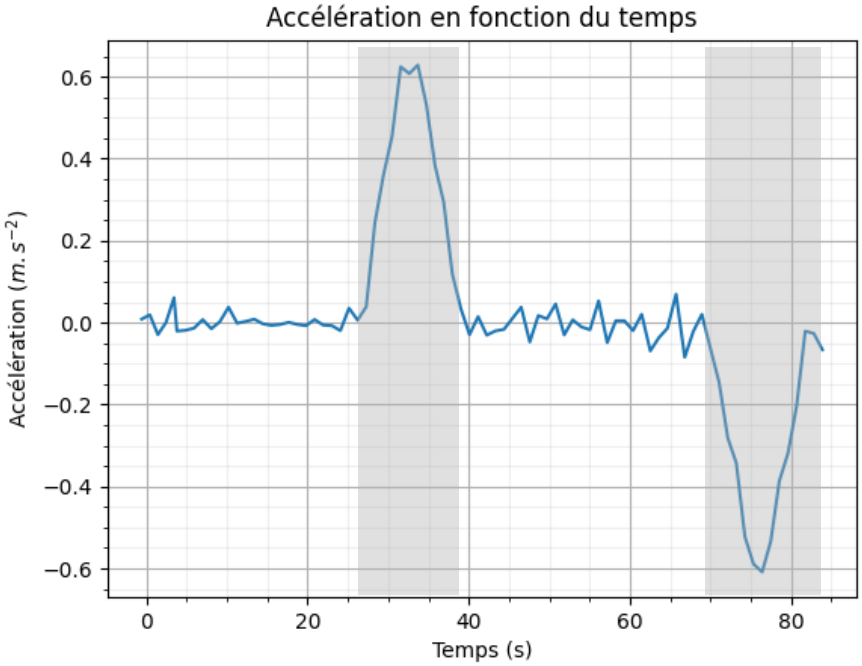


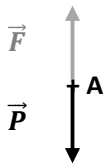
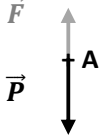
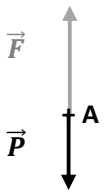
Figure 3. Évolution de la composante verticale de l'accélération de l'ascenseur lors de la montée étudiée

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

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

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 6
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Les schémas ci-dessous représentent les forces s'exerçant sur l'ascenseur, $\vec{P}$ correspondant au poids et $\vec{F}$ à l'ensemble des autres forces verticales telles que la force élévatrice et les différentes forces de frottement (air, freinage).

		
Schéma A	Schéma B	Schéma C

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

Q11. À l'aide de la deuxième loi de Newton et de la figure 3, estimer la valeur maximale de F, en supposant que l'ascenseur vide pèse 2,0 tonnes et qu'il peut accueillir 21 personnes.

Le candidat est évalué sur ses capacités à concevoir et à mettre en œuvre une démarche de résolution. Toutes les prises d'initiative et toutes les tentatives de résolution, même partielles, seront valorisées.

2. Installation de panneaux solaires

D'après la mission régionale d'autorité environnementale d'Île-de-France, la tour Montparnasse consomme aujourd'hui au total $35{,}75\ \text{GW·h·an}^{-1}$.

Lors de la rénovation de la tour, on pourrait envisager de recouvrir la terrasse avec des panneaux photovoltaïques placés horizontalement.

Données :

- surface de la terrasse : $S = 1\,700\ \text{m}^2$;
- dimensions du panneau photovoltaïque rectangulaire : $1{,}980\ \text{m}$ par $1{,}002\ \text{m}$;
- caractéristiques du panneau photovoltaïque pour une irradiance $I = 1{,}0\ \text{kW·m}^{-2}$:

Tension à la puissance maximale $U_{P_{\text{max}}}$	38,4 V
Intensité à la puissance maximale $I_{P_{\text{max}}}$	9,38 A

- puissance du rayonnement lumineux reçue par un panneau : $P_{\text{ray}} = I \cdot S$ où I est l'irradiance de la lumière, en W·m^{-2} et S la surface du panneau, en m^2 ;
- le rendement r d'un panneau photovoltaïque est égal au quotient de la puissance électrique $P_{\text{élec}}$ générée par le panneau par la puissance rayonnante P_{ray} reçue :

$$r = \frac{P_{\text{élec}}}{P_{\text{ray}}} ;$$

- $1\ \text{W·h} = 3\,600\ \text{J}$

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

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

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 6
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

À Paris, l'énergie rayonnante solaire annuelle moyenne est d'environ $1\,300\ \text{kW·h·m}^{-2}$.

Q14. Estimer, avec la valeur du rendement du panneau déterminée à la question Q13, la valeur de l'énergie électrique que pourrait fournir l'installation de panneaux sur l'ensemble de la terrasse de la tour en une année. Commenter.

3. Rénovation énergétique de la tour Montparnasse.

La surface vitrée de la tour Montparnasse est d'environ 40 000 m^2. Les fenêtres de la tour sont en simple vitrage dont l'épaisseur est de 4 mm de verre. Elles vont être remplacées par des fenêtres à double vitrage pour augmenter la performance énergétique du bâtiment.

Données :

- la résistance thermique de conduction R_c (en K·W^{-1}) d'un matériau est liée aux grandeurs e, λ et S par la relation :

$$R_c = \frac{e}{S \times \lambda}$$

λ : conductivité thermique du matériau en $\text{W·m}^{-1}\text{·K}^{-1}$;
e : épaisseur de la paroi en m ;
S : surface de la paroi en m^2 ;

- conductivité thermique de divers matériaux :

Matériau	air au repos	verre	bois	PVC	aluminium
Conductivité thermique λ $(\text{W·m}^{-1}\text{·K}^{-1})$	0,026	1,0	0,13	0,17	185

Q15. Citer les trois modes de transfert thermique.

Dans la modélisation suivante, on considère qu'une fenêtre est exclusivement constituée par son vitrage. La conductivité thermique du cadre est négligée.

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

La résistance thermique globale R_g modélise l'ensemble des transferts thermiques du vitrage. Elle est liée au coefficient de transmission thermique $U_g = \frac{1}{R_g \cdot S}$ dont la valeur pour ce vitrage est égale à $5{,}75\ \text{W·m}^{-2}\text{·K}^{-1}$.

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

On considère que la température à l'intérieur de la tour Montparnasse est maintenue constante à 20,0 °C. L'analyse des données publiques de Météo France montre que la température extérieure a été inférieure à 20,0 °C pendant 279 jours à Paris en 2023. La température extérieure moyenne durant cette période a été de 11,3 °C.

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 de 11,3 °C.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 6
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

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 de coefficient de transmission thermique $U_{\text{g double}} = 1{,}15\ \mathrm{W{\cdot}m^{-2}{\cdot}K^{-1}}$ en utilisant les données météorologiques de 2023. Commenter.

Le candidat est évalué sur ses capacités à concevoir et à mettre en œuvre une démarche de résolution. Toutes les prises d'initiative et toutes les tentatives de résolution, même partielles, seront valorisées.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer