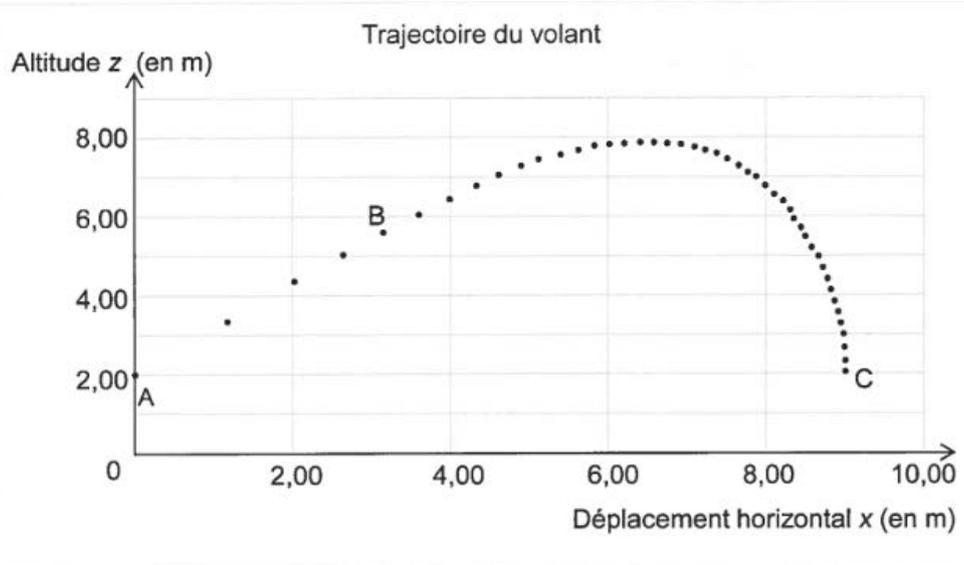


Exercice 1 : Le badminton

Le badminton est un sport de raquette qui réunit deux joueurs ou deux binômes de joueurs, placés dans deux demi-terrains séparés par un filet. Les joueurs marquent des points en frappant un volant à l'aide d'une raquette pour le faire tomber dans le terrain adverse.

Le volant, d'une masse m égale à 5,0 g, est un projectile aux propriétés aérodynamiques particulières qui lui donnent une trajectoire très différente des balles utilisées dans la plupart des sports de raquette. En effet, les plumes créent une traînée, modélisée par une force, qui s'oppose au mouvement du volant dans l'air.

Le mouvement du volant de badminton est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen auquel est associé le repère d'espace (Ox, Oz) . L'exploitation de la vidéo du mouvement du volant permet d'obtenir le graphe reproduit ci-dessous. L'intervalle de temps entre deux points de mesure vaut $\Delta t = 50$ ms.



1. Comment peut-on en première approximation décrire le mouvement du volant sur la portion AB de sa trajectoire ? Représenter sur le graphe reproduit sur l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, le vecteur accélération (direction et sens uniquement) à la date $t = 100$ ms. Aucun calcul n'est demandé.
2. Représenter sur le graphe précédent, sans souci d'échelle, les forces qui s'exercent sur le volant en un des points de la portion AB. Les intensités de ces forces sont-elles du même ordre de grandeur ? Justifier en utilisant la 2^{ème} loi de Newton.

Exercice n°2 : Rocketeer le super héros

Démunis des superpouvoirs des supers héros traditionnels, le héros de bande dessinée Rocketeer utilise un réacteur placé dans son dos pour voler.

En réalité, ce type de propulsion individuelle, appelé Jet-Pack, existe depuis plus de cinquante ans mais la puissance nécessaire interdisait une autonomie supérieure à la minute. Aujourd'hui, de nouveaux dispositifs permettent de voler durant plus d'une demi-heure.



Données :

- vitesse du fluide éjecté supposée constante : $V_f = 2 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$;
- masse initiale du système {Rocketeer et de son équipement} : $m_R = 120 \text{ kg}$ (dont 40 kg de fluide au moment du décollage) ;
- intensité de la pesanteur sur Terre : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$;
- débit massique de fluide éjecté, considéré constant durant la phase 1 du mouvement : $D_f = \frac{m_f}{\Delta t}$ où m_f est la masse de fluide éjecté pendant la durée Δt ;
- les forces de frottements de l'air sont supposées négligeables.

Tous les Jet-Packs utilisent le principe de la propulsion par réaction. Lorsqu'un moteur expulse vers l'arrière un jet de fluide, il apparaît par réaction une force de poussée dont la valeur est égale au produit du débit massique de gaz éjecté par la vitesse d'éjection de ces gaz.

Afin de tester le potentiel de son nouveau Jet-Pack, Rocketeer réalise quelques essais de mouvements rectilignes ascensionnels verticaux. Le mouvement de Rocketeer est alors composé de deux phases : phase 1 et phase 2.

Étude de la phase 1 du mouvement ascensionnel de Rocketeer :

Au cours de la phase 1, d'une durée $\Delta t_1 = 3,0 \text{ s}$, il passe de l'immobilité à une vitesse v_1 , vitesse qui reste constante au cours de la phase 2.

1. Pour la phase 1, donner la direction et le sens du vecteur accélération du système. Justifier.

On assimile Rocketeer et son équipement à un système noté M dont on néglige la variation de masse (due à l'éjection des gaz) durant la phase 1 du mouvement.

2. Juste après le décollage, la force de poussée est l'une des forces s'exerçant sur le système M. Quelle est l'autre force s'exerçant sur ce système ?
3. Trois valeurs d'intensité de force de poussée sont proposées ci-dessous (A, B et C). Justifier que seule la proposition C permet le décollage. A. 800 N B. 1200 N C. 1600 N
4. En supposant que la force de poussée a pour valeur 1600 N, montrer que la masse de fluide consommé durant la phase 1 du mouvement est égale à 2,4 kg.
5. Déterminer la valeur de l'accélération de Rocketeer en appliquant la seconde loi de Newton.
6. En déduire la valeur v_1 de sa vitesse à l'issue de la phase 1.
7. Donner l'allure du graphique représentant l'évolution de la vitesse v_1 au cours du temps sur cette phase 1. Déterminer l'équation de cette droite. Où retrouve-t-on l'accélération calculée à la question 5.

Étude de la phase 2 du mouvement ascensionnel de Rocketeer :

8. Que dire de l'accélération dans la phase 2 ?
9. Que dire des forces s'exerçant sur Rocketeer ?
10. Donner l'allure du graphique représentant l'évolution de la vitesse v_1 au cours du temps sur cette phase 2. Déterminer l'équation de cette droite. Où retrouve-t-on l'accélération calculée à la question 8.

Exercice 3 : Décollage Ariane 5

La propulsion de la fusée Ariane 5 est assurée par un étage principal cryotechnique (EPC) constitué du moteur Vulcain, et de deux boosters (étages d'accélération à poudre EAP) qui contribuent à environ 90 % de la puissance totale transmise à la fusée au début du décollage.

Le but de cet exercice est de vérifier certaines des caractéristiques de la fusée Ariane 5 à partir d'une chronophotographie de son décollage.



Données :

- intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; débit massique d'éjection de gaz du moteur Vulcain : $270 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$; débit massique d'éjection de gaz de chaque booster : $1,8 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$;
- Caractéristiques des différentes fusées Ariane :

Fusée	Ariane 1	Ariane 2	Ariane 3	Ariane 4	Ariane 5
Masse au décollage (en tonne)	210	219	234	243 à 480	750 à 780
Poussée * (en kN)	2500	2700	2700	2700 à 5400	12000 à 13000
Hauteur de la fusée (en m)	47	49	49	59	52

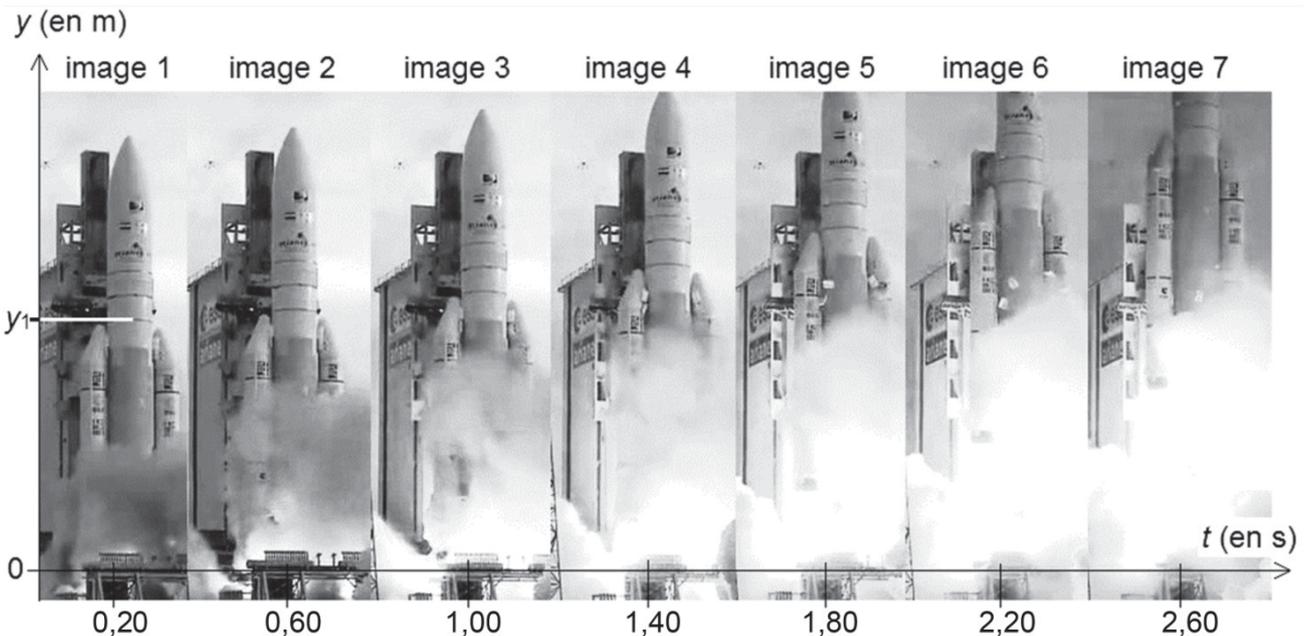


Figure 2 . Chronophotographie du début du décollage d'Ariane 5

Pour faciliter les mesures, les différentes images de la fusée ont été décalées horizontalement les unes par rapport aux autres. L'étude de cette chronophotographie donne les résultats suivants. L'axe vertical a pour origine la base de la fusée. L'image 1 de la figure 2 précise l'endroit de la fusée qui sert à repérer son mouvement vertical. Son ordonnée sur l'axe des y est notée y_1 .

Image	t (s)	y (m)	v_y ($m \cdot s^{-1}$)
1	0,20	$y_1 = 30,1$	
2	0,60	31,5	v_2
3	1,00	33,3	6,8
4	1,40	36,9	9,6
5	1,80	y_5	12
6	2,20	46,5	15
7	2,60	52,9	

Figure 3. Détermination expérimentale de la position et de la vitesse de la fusée

1. Estimation de la poussée

1.1. Calculer la masse des gaz éjectés pendant la durée de l'étude, soit 2,40 s. La comparer à la masse au décollage de la fusée. Commenter.

On considère dans la suite de l'exercice que la masse totale de la fusée est constante pendant la durée de l'étude.

1.2. Estimer, à l'aide de la figure 2, la valeur de y_5 . Détailler la démarche.

1.3. On donne en figure 4 le graphe représentant l'évolution de la vitesse de la fusée au cours du temps.

1.3.1. Estimer, à l'aide du tableau de la figure 3, la valeur de v_2 . Détailler la démarche et vérifier que ce résultat est cohérent avec le graphe de la figure 4.

1.3.2. Montrer que la valeur de l'accélération de la fusée pendant la durée de l'étude est proche de $7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1.3.3. Préciser, en justifiant, la direction et le sens du vecteur accélération de la fusée.

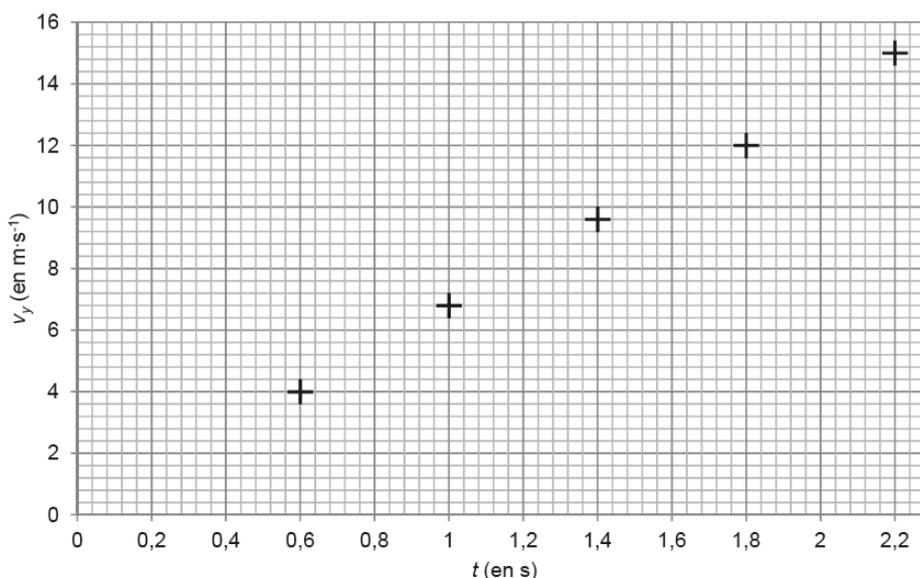


Figure 4. Évolution de la valeur de la vitesse de la fusée au cours du temps

1.4. Choisir parmi les propositions de la figure 5, le schéma compatible avec le décollage de la fusée. Justifier.

1.5.

1.6. À partir des résultats précédents, estimer la valeur de la force de poussée. Vérifier la cohérence de ce résultat avec les données

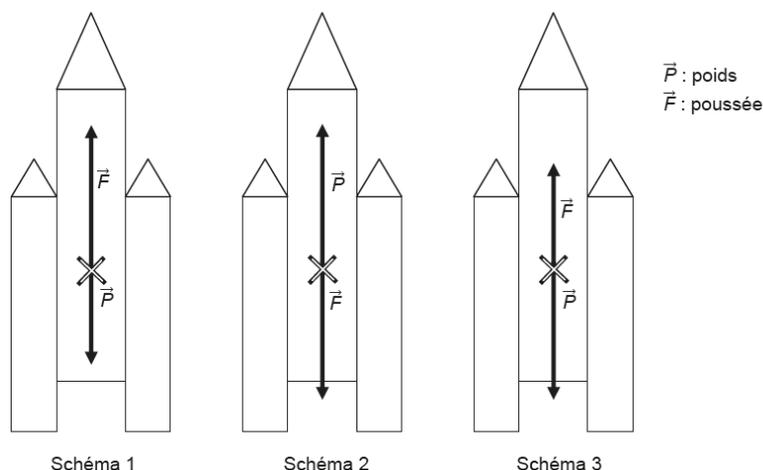


Figure 5. Propositions de représentation des forces s'appliquant sur la fusée qui vient de quitter le sol