

Cinématique et lois de Newton – Exercices

Exercice 1 corrigé disponible

Le 31 mars 2008, l’Australien Robbie Maddison a battu son propre record de saut en longueur à moto à Melbourne. La Honda CR 500, après une phase d’accélération, a abordé le tremplin avec une vitesse de 160 km.h^{-1}

Dans cet exercice, on étudie la phase d’accélération du motard (de A à B),

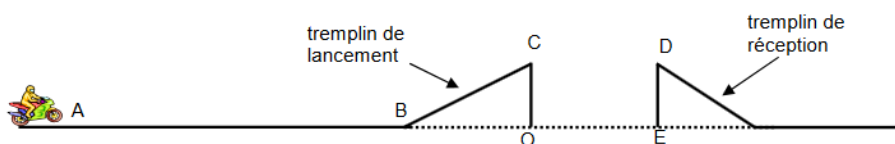


Figure 1.

Dans tout l’exercice, le système {motard + moto} est assimilé à son centre d’inertie G. L’étude est faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

Données :

- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- Masse du système : $m = 180 \text{ kg}$

1. La phase d’accélération du motard. On considère que le motard s’élançait, avec une vitesse initiale nulle, sur une piste rectiligne en maintenant une accélération constante. Une chronophotographie (en vue de dessus) représentant les premières positions successives du centre d’inertie G du système est donnée en annexe à rendre avec la copie. La durée $\tau = 0,800 \text{ s}$ sépare deux positions successives du centre d’inertie G. À $t = 0$, le centre d’inertie du système est au point A (G_0 sur la chronophotographie).

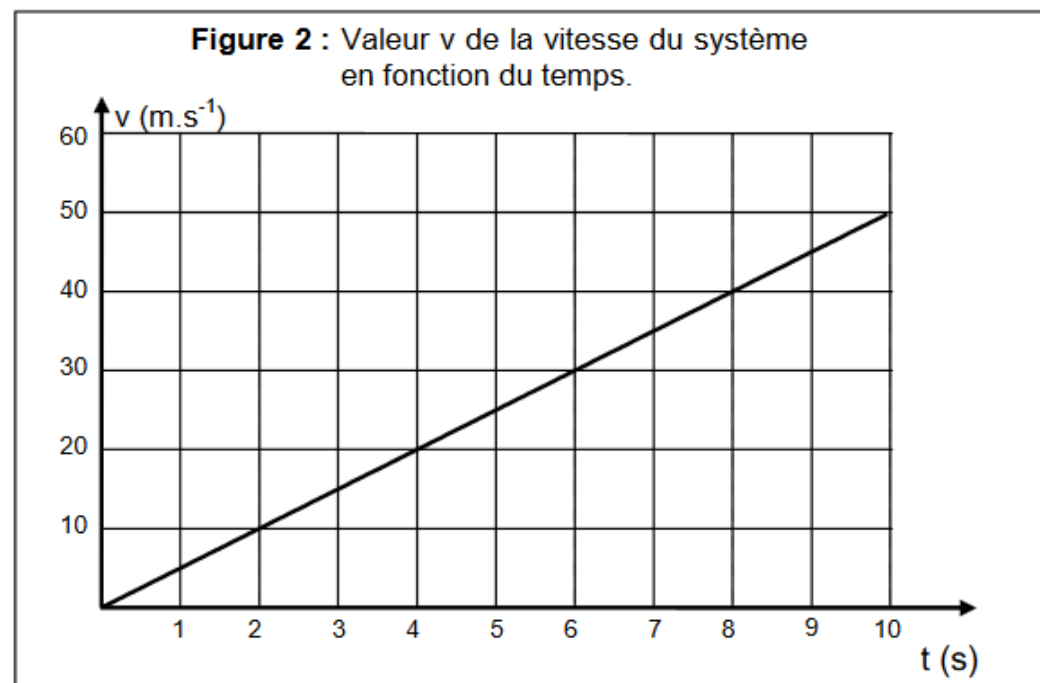
1.1. Exprimer les normes des vecteurs vitesses \vec{v}_2 et \vec{v}_4 du centre d’inertie G aux points G_2 et G_4 puis les calculer.

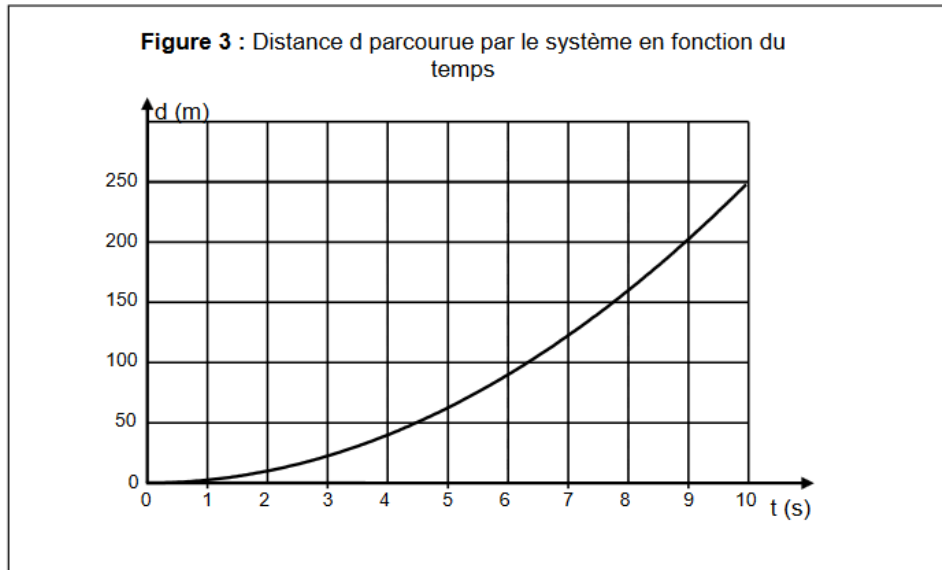
1.2. Représenter les vecteurs vitesses \vec{v}_2 et \vec{v}_4 sur l’annexe 1 en respectant l’échelle suivante : $1 \text{ cm pour } 4 \text{ m.s}^{-1}$.

1.3. Représenter sur l’annexe, le vecteur $\Delta \vec{v}_3 = \vec{v}_4 - \vec{v}_2$.

1.4. Donner l’expression du vecteur accélération \vec{a}_3 au point G_3 puis calculer la valeur de sa norme.

1.5. Sont représentées ci-dessous les évolutions au cours du temps de la valeur v de la vitesse du motard (figure 2) et la distance d qu’il parcourt depuis la position G_0 (figure 3).





- 1.5.1. Montrer que la courbe donnée en figure 2 permet d'affirmer que la valeur de l'accélération est constante.
- 1.5.2. En utilisant la figure 2, estimer la valeur de l'accélération du motard. Vérifier que le résultat est compatible avec la valeur calculée en 1.4.
- 1.5.3. En supposant les forces de frottement négligeables, et utilisant la deuxième loi de Newton déterminer :
- la valeur de la force motrice exercée par la Honda CR500 durant la phase d'accélération.
 - l'expression de l'équation horaire du mouvement
- 1.5.3. Déterminer la distance parcourue par le motard lorsque celui-ci atteint une vitesse de $160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ par le calcul puis vérifier le résultat avec la figure 3.

1. Chronophotographie représentant les premières positions successives du centre d'inertie G du système :

Échelle : 2 m



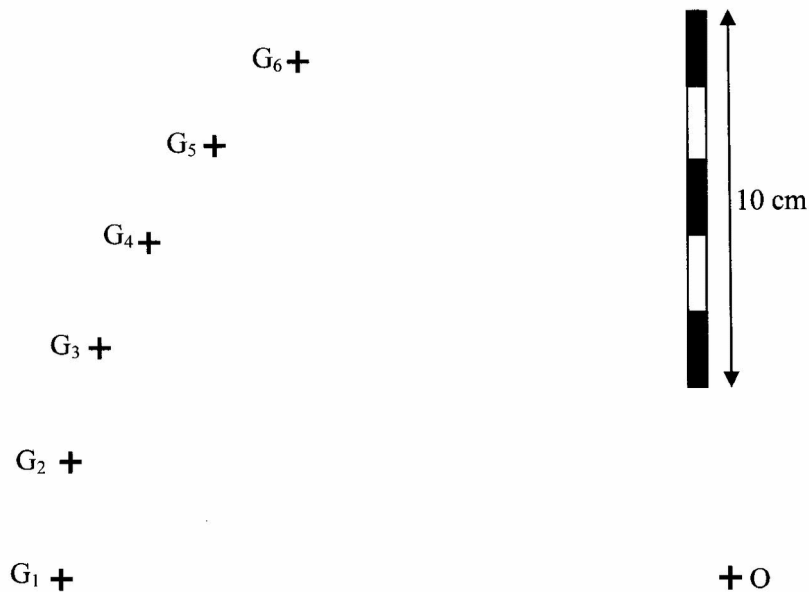
Exercice 2 corrigé disponible

Dans le référentiel terrestre un mobile autoporteur, placé sur une table horizontale est attaché par un fil à un point fixe noté O.

On rappelle qu'un mobile autoporteur évolue sur un coussin d'air supprimant les frottements et est muni d'un dispositif qui produit des étincelles à intervalles de temps réguliers (ici $\tau = 40 \text{ ms}$) ce qui permet de récupérer les positions de son centre d'inertie sur une feuille de papier.

Les points où la feuille de papier a été localement brûlée par l'étincelage sont repérés par de petites croix.

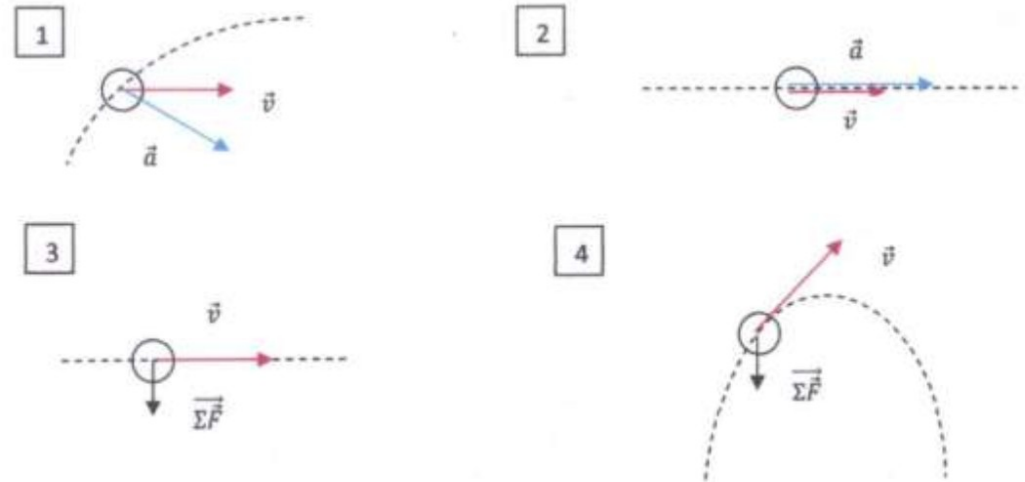
1. Quelle est la nature de la trajectoire du centre d'inertie du mobile autoporteur ?
2. Calculer la valeur de la vitesse instantanée aux points G_2 , G_3 et G_4 .
3. Représenter les vecteurs vitesse en ces points avec l'échelle 1,0 cm pour $0,25 \text{ m.s}^{-1}$.
4. Caractériser et représenter le vecteur accélération \vec{a}_3 au point G_3 . Avec l'échelle 1,0 cm pour $0,5 \text{ m.s}^{-2}$. Retrouver la valeur en utilisant une base de Frenet.
5. Le mouvement est-il uniforme, accéléré ou ralenti ? Justifier en utilisant les vecteurs \vec{v}_3 et \vec{a}_3 .



Exercice 3 corrigé disponible

Vecteurs et mouvement :

On présente ci dessous les trajectoires, le vecteur-vitesse, le vecteur-accélération du centre d'inertie G d'une balle ou le vecteur représentant la résultante des forces exercées sur la balle en mouvement.



Répondre par vrai ou faux aux questions suivantes :

1. Le mouvement de la représentation n°1 est circulaire et uniforme.
2. Le mouvement de la représentation n°2 est rectiligne et accéléré.
3. La trajectoire de la situation n°3 ne peut pas être rectiligne.
4. Le vecteur-accélération du centre d'inertie de la balle est dirigé vers le haut lors de la montée dans la situation n°4.
5. Au sommet de la trajectoire de la situation n°4, le vecteur-vitesse est un vecteur nul.

Exercice 4 corrigé disponible

Originnaire d'anciennes pratiques celtes, le lancer du marteau est une discipline de l'athlétisme qui consiste à lancer le plus loin possible un boulet auquel est fixé un câble en acier muni d'une poignée. À cette fin, l'athlète fait d'abord prendre de la vitesse à son marteau en tournant sur lui-même (voir schéma ci-contre) sans sortir d'un cercle de lancement. Le marteau est ensuite lâché avant d'atterrir sur le sol.



D'après le site
www.stickeramoi.com

1. Étude du mouvement du boulet avant le lâcher du marteau par l'athlète. Pour simplifier l'étude, on suppose que l'athlète tourne sur elle-même autour d'un axe immobile vertical et que son bras est toujours tendu. Dans le référentiel terrestre, le mouvement du boulet est alors supposé plan et circulaire, accéléré dans un premier temps puis uniforme dans un deuxième temps.

1.1. À partir de la définition du vecteur accélération \vec{a} , justifier qualitativement l'existence d'une accélération lors d'un mouvement circulaire.

1.2. En justifiant la réponse, choisir parmi les schémas ci-dessous, celui qui correspond à un mouvement circulaire accéléré puis celui qui correspond à un mouvement circulaire uniforme. Sur chaque schéma, les vecteurs vitesse \vec{v} et accélération \vec{a} sont représentés en un point de la trajectoire du boulet en vue de dessus.

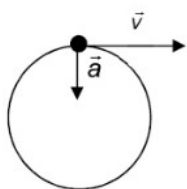


schéma 1

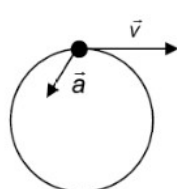


schéma 2

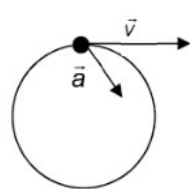


schéma 3

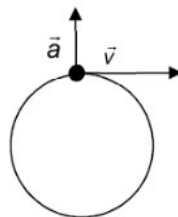


schéma 4

1.3. En appliquant la seconde loi de Newton, justifier le fait que, dans le cas du mouvement circulaire uniforme, le poids du boulet soit négligeable devant la force exercée par le câble sur le boulet. La vitesse v est égale à 26 m.s^{-1} , l'intensité de la pesanteur g à $9,8 \text{ m.s}^{-2}$ et le candidat proposera une valeur pour le rayon R de la trajectoire.

Exercice 5

Le dauphin à flancs blancs du Pacifique est peut-être l'espèce la plus abondante du Pacifique Nord. C'est un dauphin très sociable et qui voyage généralement en groupe ; il est rapide, puissant et bon surfeur. Il est capable de délaissier un repas pour attraper la vague provoquée par le passage d'un navire. Un jour, un dauphin a fait un saut de 3 mètres pour se retrouver sur le pont d'un navire de recherche arrêté en mer ! Quand il a atteint sa taille adulte, il mesure environ 2,50 mètres et pèse jusqu'à 180 kg

Données : On négligera les actions de l'air sur le dauphin. $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

Le référentiel choisi est supposé galiléen. La masse du dauphin est constante.

Les positions du centre d'inertie du dauphin sont données à intervalles de temps réguliers. L'échelle du document est 1 cm pour 0,50 m, la durée entre deux positions est $\tau = 0,10 \text{ s}$.

1) Quel référentiel est adapté à l'étude de ce mouvement ? Justifier votre réponse.

2) A partir du **document**, déterminer la valeur de la vitesse du centre d'inertie du dauphin aux points 4 et 6.

On les notera \vec{v}_4 et \vec{v}_6 . Détailler un des calculs.

3) Tracer les vecteurs vitesse et \vec{v}_6 sur le **document** en utilisant l'échelle : 1 cm pour 2 m.s⁻¹.

4) Construire, avec soin et précision, sur le **document** le vecteur $\Delta \vec{v}_5 = \vec{v}_6 - \vec{v}_4$ au point 5 et déterminer sa valeur en m.s⁻¹ en utilisant l'échelle précédente.

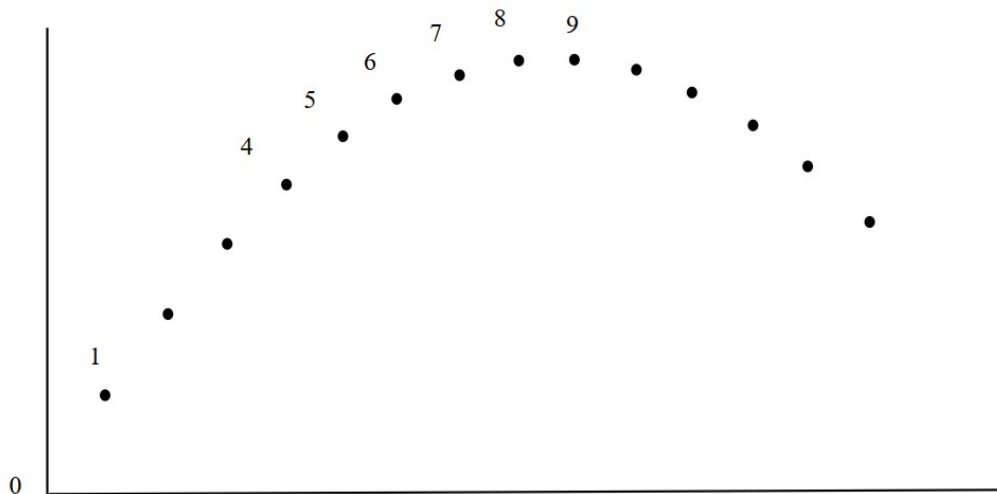
5) En déduire la valeur a_5 du vecteur accélération \vec{a}_5 , vecteur accélération au point 5. Le représenter sur le **document** en choisissant comme échelle de représentation : 1 cm pour 2 m.s⁻².

6) Quelle(s) sont la (ou les) force(s) qui s'exercent sur le dauphin ? Préciser direction et sens de(s) force(s).

7) Énoncer la 2^{ème} loi de Newton.

Le vecteur accélération trouvée à la question 5) est-il en accord avec l'application de la 2^{ème} loi de Newton ?

Justifier votre réponse.



Échelle du document : 1 cm pour 0,50 m

Durée entre 2 positions : $\tau = 0,10$ s

Exercice 6

La Chine a lancé samedi 8 décembre 2018 un module d'exploration qui s'est posé le 3 janvier 2019 sur la face cachée de la Lune.

➤ Caractéristiques de la fusée **Longue Marche 3B** au décollage :

hauteur : $H = 54,80$ m ; masse : $M = 4,26 \cdot 10^5$ kg

Le débit d'éjection des gaz vaut $D = 2,9 \cdot 10^3$ kg.s⁻¹

La vitesse des gaz au décollage $v_g = 20$ km.s⁻¹.

1. Phase de décollage

- On considère que la force de poussée dans la première seconde du décollage vaut $F = 6,8$ MN et que la masse M de la fusée est constante pendant cette durée.

➤ Donnée : $g_T = 9,8$ m.s⁻² sur la Terre

1.1. Quel référentiel va-t-on choisir pour étudier le décollage ?

1.2. Sur le schéma représenter les forces qui agissent sur la fusée pendant cette phase de décollage (on néglige les frottements à l'air ainsi que la poussée d'Archimède). Echelle de représentation des forces : 1 cm pour 2 MN

1.3. Dans le référentiel choisi, déterminer par le calcul la valeur de l'accélération a de la fusée.

1.4. Représenter le vecteur accélération, sans souci d'échelle.

1.5. On considère désormais le système {fusée+gaz}. Il est soumis à son propre poids \vec{P} et à la force de poussée $\vec{F} = -D\vec{v}_g$ où D est le débit d'éjection des gaz

a. Montrer que le produit Dv_g est homogène à une force.

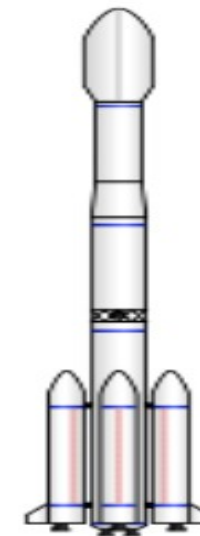
b. Vérifier par une application numérique que la fusée peut décoller.

2. Le voyage Terre-Lune

Dans l'espace Terre-Lune le mouvement de la fusée est rectiligne et uniforme.

Sa vitesse est alors de $V = 1,1 \cdot 10^3$ m.s⁻¹.

2.1. Quelle est la valeur de la somme des forces extérieures agissant sur la fusée. Justifier votre réponse.



Exercice 8

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 : $D_f = m_f \Delta t$ où m_f est la masse de fluide éjecté pendant la durée Δt ;
- les forces de frottements de l'air sont supposées négligeables.

1. Mouvement ascensionnel de Rocketeer 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 composé de deux phases : phase 1 et phase 2. 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.

1.1. Pour la phase 1, donner la direction et le sens du vecteur accélération \vec{a}_G du système. Que dire de l'accélération dans la phase 2 ? Justifier.

1.2. Étude de la phase 1 du mouvement ascensionnel de Rocketeer. 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.

1.2.1. Juste après le décollage, la force de poussée F est l'une des forces s'exerçant sur le système M. Quelle est l'autre force s'exerçant sur ce système ?

1.2.2. Trois valeurs d'intensité de force de poussée sont proposées ci-dessous (A, B et C). Indiquer la proposition qui permet le décollage.

A. 800 N B. 1200 N C. 1600 N

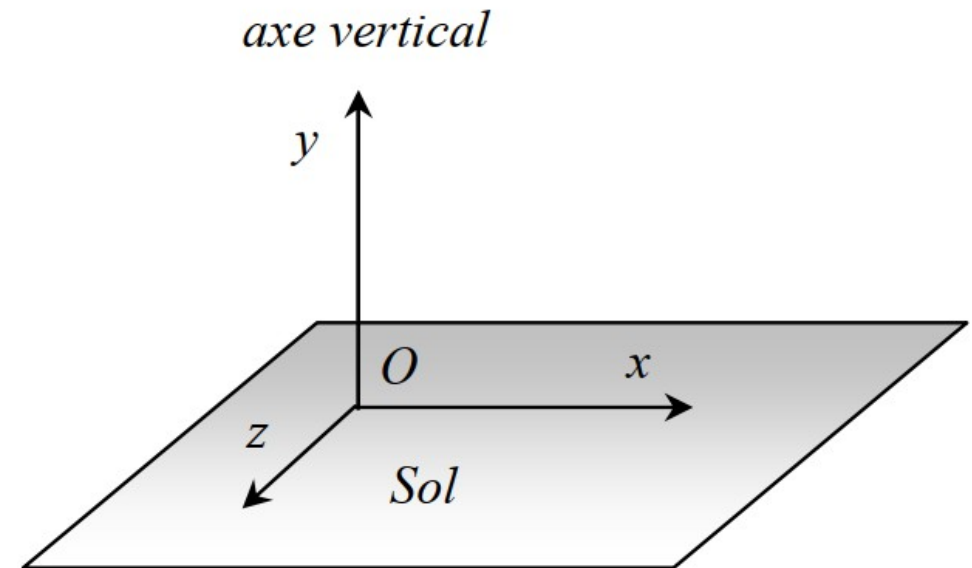
1.2.3. En supposant que la force de poussée a pour valeur 1600 N, calculer la masse de fluide consommé durant la phase 1 du mouvement.

1.2.4. Après avoir déterminé l'accélération de Rocketeer en appliquant la seconde loi de Newton, estimer la valeur v_1 de sa vitesse à l'issue de la phase 1.

Exercice 9

Un mobile ponctuel M en chute libre a été lancé en l'air de sorte que sa position par rapport à l'origine O d'un repère (O; x, y, z) est donnée au cours du temps par le vecteur position suivant :

$$\vec{OM} = \begin{cases} x(t) = -3t + 5 \\ y(t) = -0,8t^2 + 10t \\ z(t) = 2,5 \end{cases}$$



1. Le mouvement du mobile est-il plan ? Justifier.
2. Déterminer la position de ce mobile à l'origine du temps.
3. Rechercher la date t_p à laquelle le point M retombe au sol.
4. Donner l'expression du vecteur vitesse v en fonction du temps.
5. Calculer la valeur de la vitesse du mobile à la date $t = 2,0 \text{ s}$.
6. Montrer que cette expérience n'a pas été réalisée sur Terre.

Exercice 10

Vecteur variation de vitesse

On fait glisser un mobile autoporteur ($m = 350 \text{ g}$) de centre de gravité G sur une table à coussin d'air. Un dispositif relève la position de G à intervalle de temps régulier noté τ et égal à 40 ms . (Echelle du relevé : $1/4$)



1. Déterminer la valeur de la vitesse v_2 au point G_2 puis celle de v_4 au point G_4 .
2. Tracer ci-contre ces deux vecteurs en précisant clairement l'échelle retenue.
3. Construire le vecteur Δv_3 .
4. Calculer l'accélération que subit ce mobile.

Exercice 11

Répondre par Vrai ou Faux

1. Si l'accélération d'un mobile est nulle alors sa vitesse varie uniformément
2. Un mobile qui tombe est dit en chute libre
3. Si un mobile est pseudo-isolé, alors son vecteur quantité de mouvement est forcément nul
4. Si un mobile tourne, alors son accélération normale ne peut pas être nulle
5. Si un mobile tourne, alors son accélération tangentielle doit être nulle
6. Le vecteur vitesse et le vecteur accélération ont toujours la même direction
7. Le vecteur quantité de mouvement et le vecteur vitesse ont toujours un sens identique
8. Une pomme qui tombe d'un arbre a un mouvement rectiligne uniforme
9. Le référentiel placé au centre de la Terre est appelé référentiel terrestre
10. Un référentiel est dit galiléen si la deuxième loi de Newton y est vérifiée