Cinématique et lois de Newton – Exercices – Devoirs

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 l la phase d'accélération du motard (de A à B),

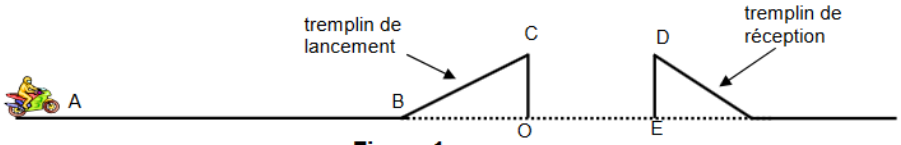


Figure 1.

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 m.s^{-2}
- Masse du système : m = 180 kg

1. La phase d'accélération du motard. On considère que le motard s'élance, 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 τ = 0,800 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 cm pour 4 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).

Figure 2 : Valeur v de la vitesse du système en fonction du temps.

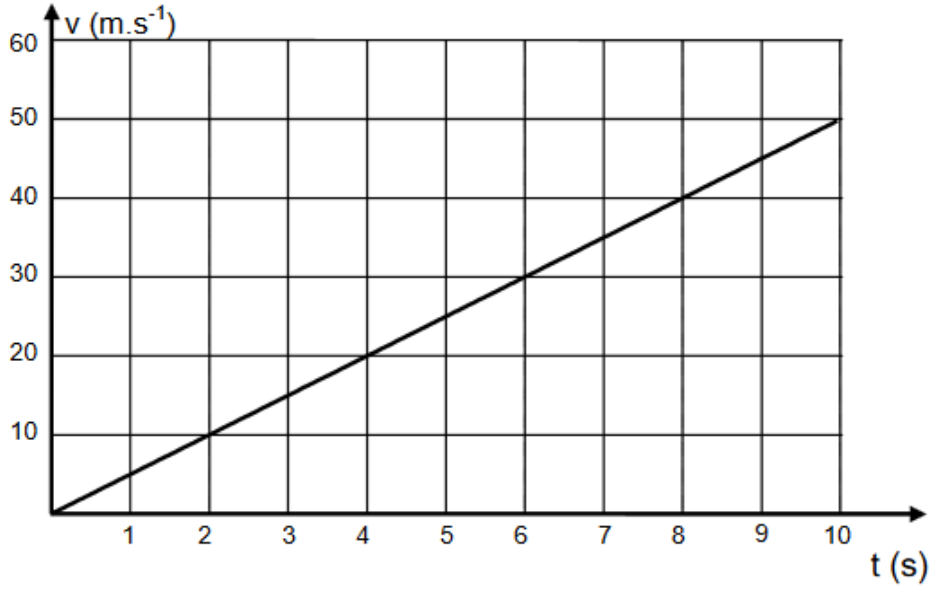
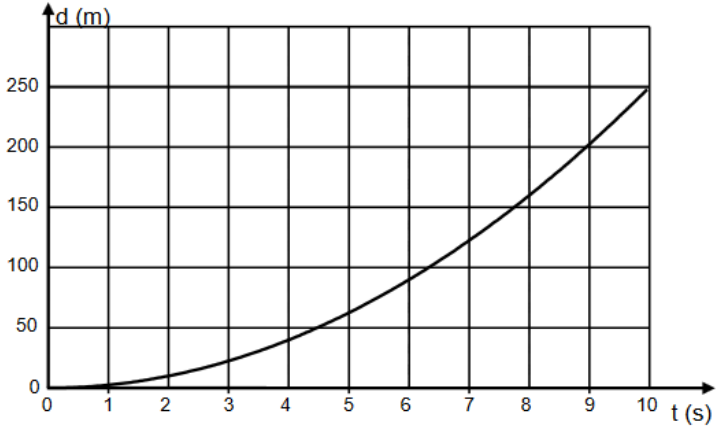


Figure 3 : Distance d parcourue par le système en fonction du temps



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.

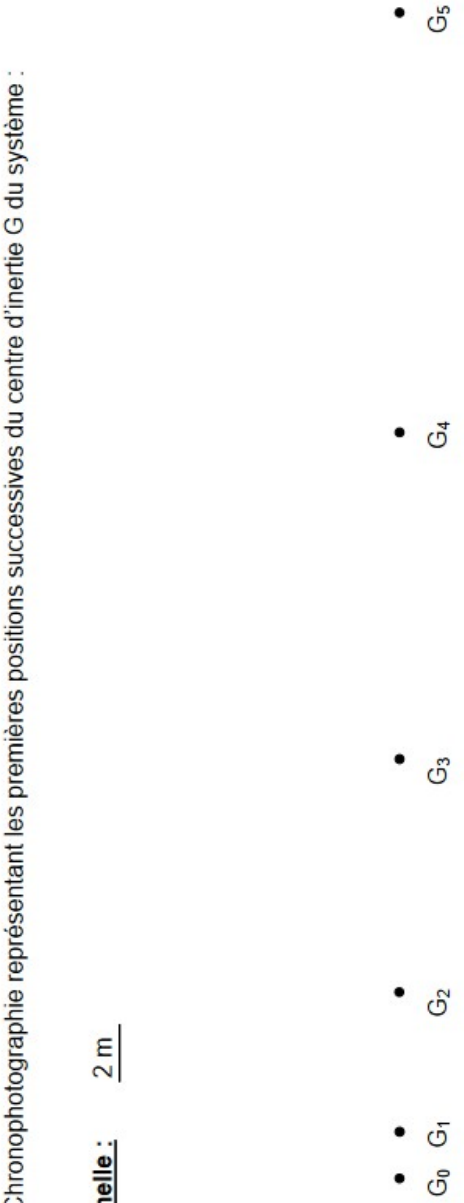
1.5.3. En supposant les forces de frottement négligeables, et utilisant la deuxième loi de Newton déterminer :

- 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 $km.h^{-1}$ 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



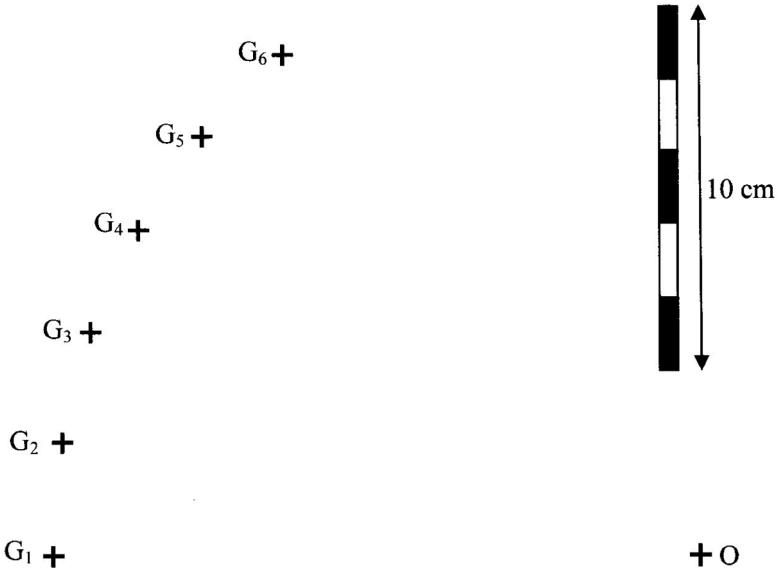
Exercice 2 corrigé disponible

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 $\tau = 40\,ms$)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.

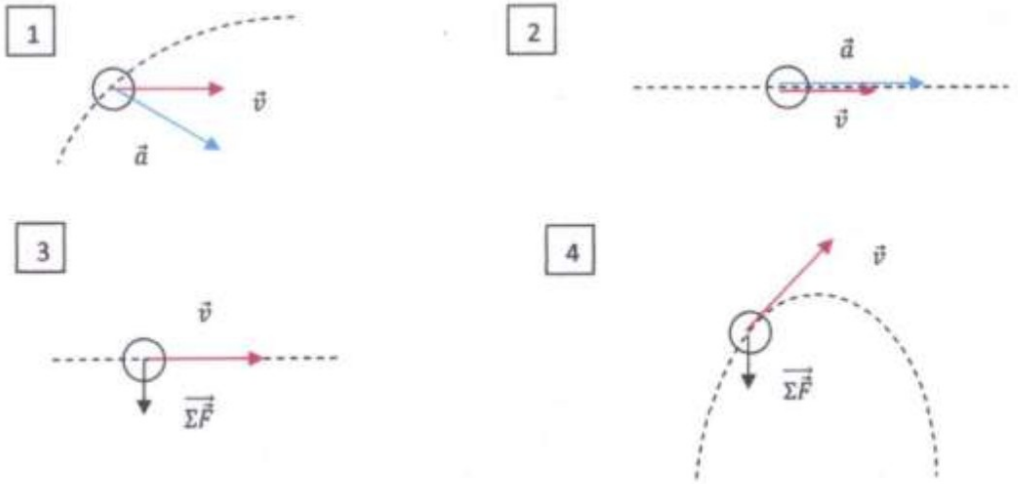
1. Quelle est la nature de la trajectoire du centre d'inertie du mobile autoporteur ?
2. Calculer la valeur de la vitesse instantanée aux points G_2 , G_3 et G_4 .
3. Représenter les vecteurs vitesse en ces points avec l'échelle 1,0 cm pour 0,25 $m.s^{-1}$.
4. Caractériser et représenter le vecteur accélération $\vec{a_3}$ au point G_3. Avec l'échelle 1,0 cm pour 0,5 $m.s^{-2}$. 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

Originaire 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.

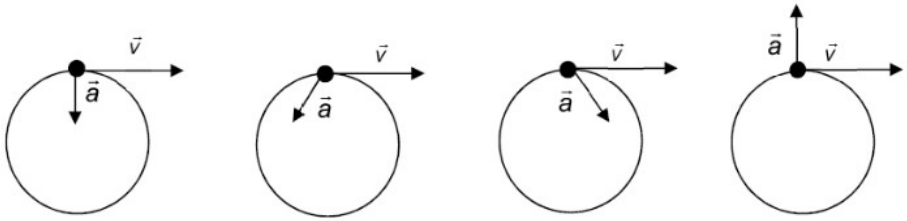


schéma 1 schéma 2 schéma 3 schéma 4

Exercice 5 corrigé disponible

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 vitesse 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 n'ont pas toujours la même direction
7. Le vecteur accélération et le vecteur vitesse ont toujours un sens identique
8. Une pomme qui tombe d'un arbre a un mouvement rectiligne accéléré
9. Le référentiel placé au centre de la Terre est appelé référentiel géocentrique
10. Un référentiel est dit galiléen si la deuxième loi de Newton y est vérifiée

Exercice 6 corrigé disponible

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 .10^5 kg
Le débit d'éjection des gaz vaut D=2,9.10^3 kg.s^{-1}
La vitesse des gaz au décollage v_g = 2,0 km.s^{-1} .

1. Phase de décollage

• On considère que la masse de la fusée est constante durant dans la première seconde du décollage.

➢ 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. 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. Calculer la valeur de la force de poussée au décollage

1.3. 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 1 MN

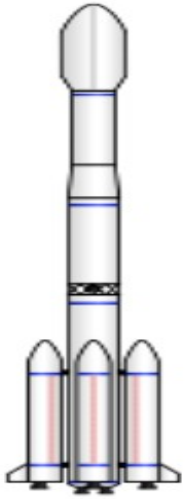
1.4. Dans le référentiel à préciser, déterminer par le calcul la valeur de l'accélération a de la fusée.

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

2. Le voyage Terre-Lune

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

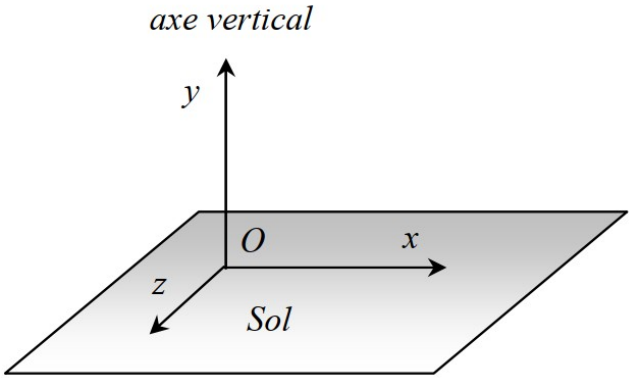
Quelles sont les forces extérieures agissant sur la fusée.



Exercice 7 corrigé disponible

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 :

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



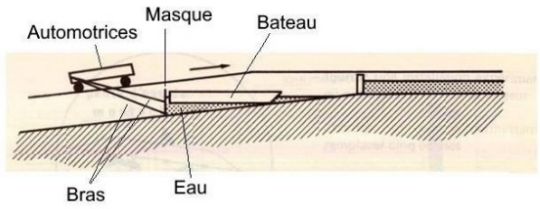
1. Le mouvement du mobile est-il plan ? Justifier.
2. Déterminer la position de ce mobile à l'origine du temps.
3. Rechercher la date t_P à laquelle le point M retombe au sol.
4. Donner l'expression du vecteur vitesse v en fonction du temps.
5. Calculer la valeur de la vitesse du mobile à la date $t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

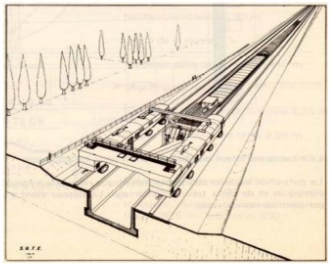
Exercice 8 corrigé disponible

La pente d'eau de Montech est un ascenseur à bateaux établi sur un canal latéral de la Garonne, de la commune de Montech dans le sud-ouest de la France. Hors service depuis 2009, la pente est devenue un site touristique en 2021. La pente permettait de monter ou descendre les bateaux en vingt minutes.

D'après https://www.pentedeaudemontech.fr/

Principe de fonctionnement de la pente d'eau de Montech



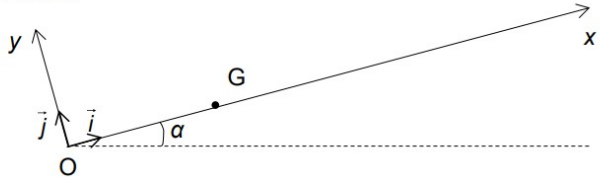


D'après Éditions de la navigation du Rhin

Un panneau vertical en acier appelé masque retient l'eau sur laquelle le bateau flotte. Deux automotrices, liées entre elles, poussent le système {bateau + eau + masque} par l'intermédiaire de deux bras.

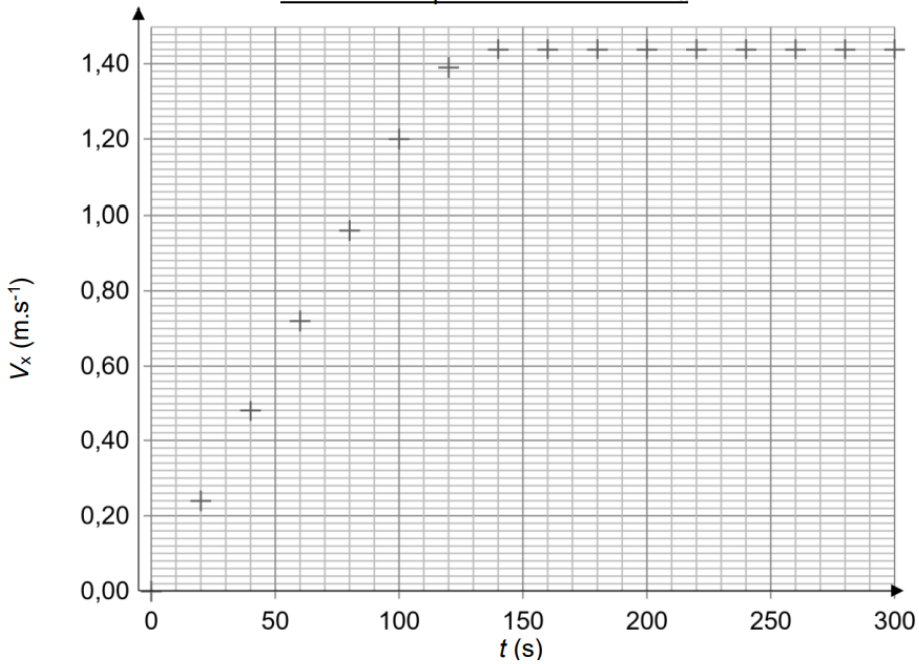
A. Étude cinématique du mouvement du système {bateau + eau + masque}

Le système {bateau + eau + masque} de centre de masse G se déplace le long de l'axe Ox incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. À l'instant initial t = 0 s, le centre de masse G du système se trouve en O.



Après une accélération constante pendant 100 s, le système atteint une vitesse limite V_{140} à la date t_{140} = 140 s.

Évolution temporelle de la vitesse V_x



A.1. Donner la relation entre le vecteur accélération $\overrightarrow{a(t)}$ et le vecteur vitesse $\overrightarrow{v(t)}$ puis en déduire, en justifiant la réponse, celle entre les normes $a(t)$ et $v(t)$.

A.2. En analysant la courbe précédente, montrer que l'accélération du système est bien constante entre t_0 = *0* s et t_1 = 100 s et qu'elle vaut $a_0 = 1{,}20 \times 10^{-2}$ m·s^{-2}. En déduire l'équation horaire de la vitesse $v(t)$ du centre de masse G du système en fonction de a_0 et t pour cette partie du mouvement.

A.3. Montrer que l'équation horaire de la position $x(t)$ du centre d'inertie G s'écrit entre t_0 = *0* s et t_1 = 100 s : $x(t) = \frac{1}{2} \times a_0 \times t^2$.

A.4. Parmi les chronophotographies A, B et C suivantes, indiquer celle qui pourrait convenir pour le mouvement du système entre $t_0 = 0$ s et $t_1 = 100$ s. Justifier la réponse.

	Les points représentent les positions du centre de masse G du système à des intervalles de temps réguliers. *Sens du mouvement* →
A	
B	
C	

B. Étude dynamique du mouvement du système {bateau + eau + masque}

Le système {bateau + eau + masque}, de centre de masse G, en se déplaçant le long de la pente d'axe Ox est soumis à quatre actions modélisées par quatre forces : son poids, la réaction normale de la pente, la force des automotrices, et la force de frottement du masque et de l'eau le long de la pente.

Deux schémas représentés ci-dessous sont proposés pour modéliser la situation mécanique entre $t_0 = 0$ s et $t_1 = 100$ s :

Schéma 1

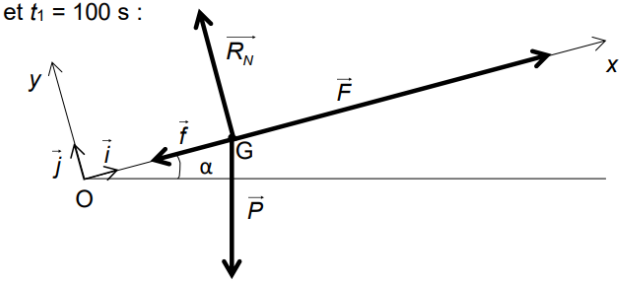
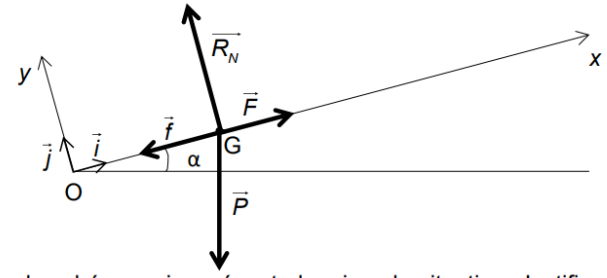


Schéma 2



B.1. Déterminer le schéma qui représente le mieux la situation. Justifier la réponse en associant chaque vecteur force aux quatre forces décrites précédemment et en représentant la construction vectorielle de la somme des forces sur l'**annexe à rendre avec la copie.**

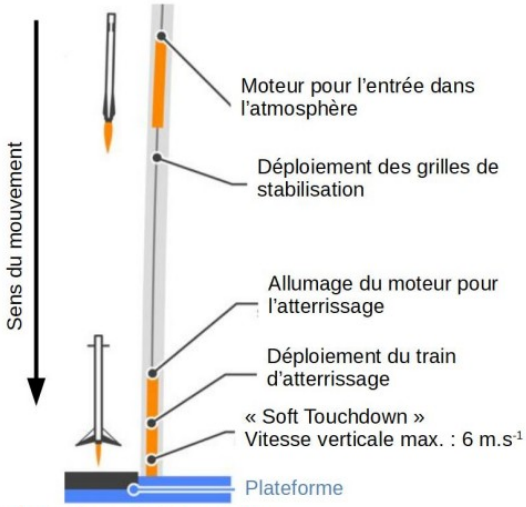
On s'intéresse maintenant à la phase du mouvement comprise entre $t_2 = 140$ s et $t_3 = 300$ s.

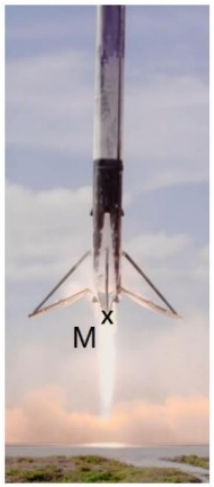
B.2. Déterminer la nature du mouvement entre t_2 et t_3 et en déduire la valeur de la somme vectorielle des forces.

Exercice 9 corrigé disponible

Une technologie spatiale développée par une société commerciale permet de récupérer le premier étage d'une fusée après son décollage. Le schéma ci-contre montre qu'après la séparation entre le premier et le second étage, le premier revient sur Terre pour atterrir délicatement sur une plateforme. Cet atterrissage doit s'effectuer « en douceur », c'est-à-dire avec une valeur de la composante verticale de la vitesse inférieure à 6 m·s^{-1}.

Cet exercice se propose d'étudier le retour sur Terre du premier étage de la fusée

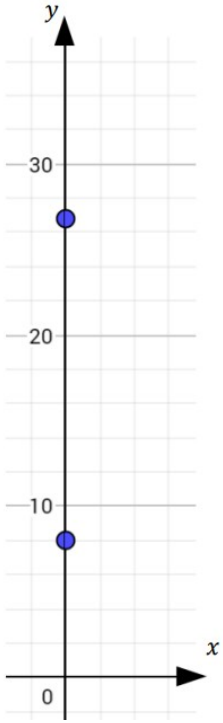




Le premier étage de la fusée chute dans l'atmosphère terrestre depuis une altitude de plusieurs dizaines de kilomètres. Pour ralentir sa chute, il utilise son moteur. On étudie le mouvement de cet étage à proximité du sol après le déploiement du train d'atterrissage. Lors de cette dernière phase, sa masse est considérée comme constante.

Disposant d'une vidéo de l'atterrissage du premier étage d'une fusée, un pointage des positions du point M a été réalisé et a permis d'obtenir les graphiques 1 et 2 ci-après.

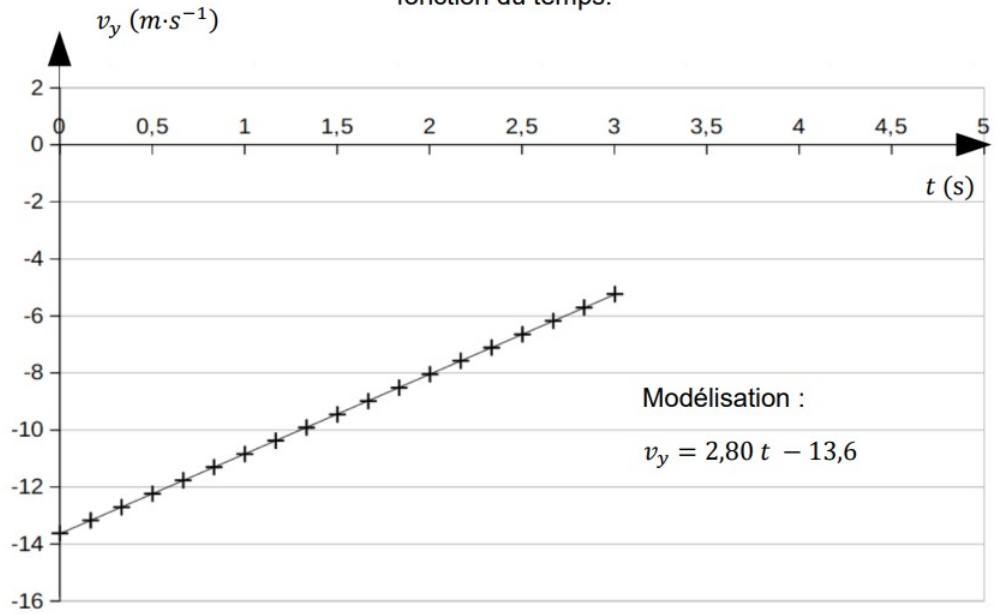
On a représenté ci-contre deux positions successives du point M aux dates $t_1 = 0{,}50$ s et $t_2 = 2{,}50$ s lors de la phase de l'atterrissage du premier étage. Celui-ci se trouve alors respectivement aux altitudes y_1 et y_2.



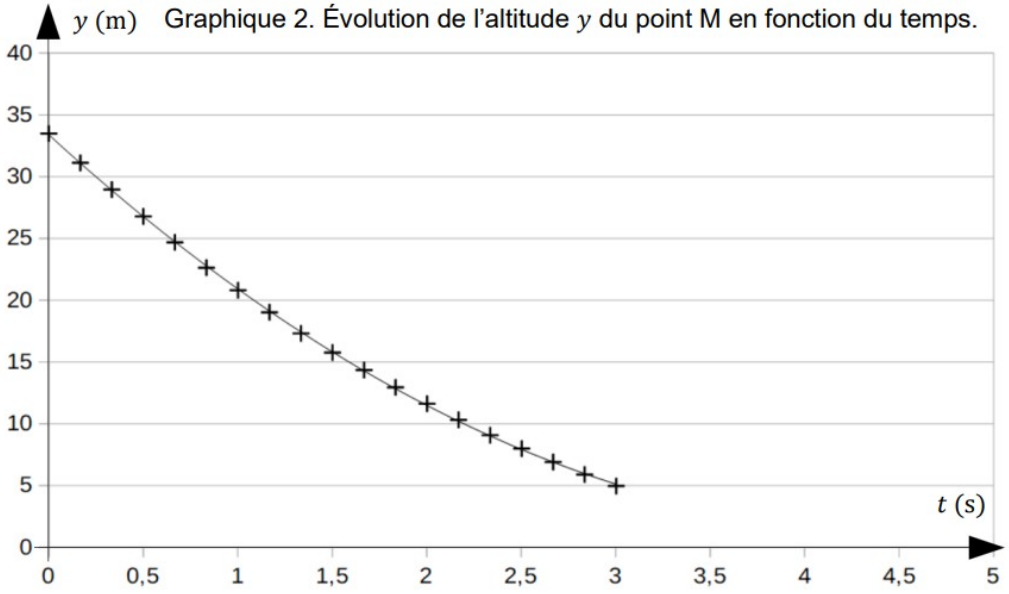
Le mouvement est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Lors de la dernière phase de l'atterrissage, le mouvement du système est vertical et s'effectue selon l'axe Oy orienté suivant la verticale ascendante.

Donnée : $g = 9{,}8$ m·s^{-2}.

Graphique 1. Évolution de la coordonnée verticale v_y du vecteur vitesse du point M en fonction du temps.



Graphique 2. Évolution de l'altitude y du point M en fonction du temps.



1. Représenter sur un schéma le vecteur vitesse du point M aux instants t_1 et t_2 en utilisant l'échelle de représentation suivante : 1 cm sur votre feuille correspond à $6{,}0\ \text{m}{\cdot}\text{s}^{-1}$.
2. Déterminer la valeur de l'accélération et commenter le signe de la projection de l'accélération suivant Oy. Qualifier le mouvement.
3. Représenter, sur un schéma, les forces qui modélisent les principales actions qui s'exercent sur le premier étage de la fusée étudiée de manière à rendre compte du signe de la projection de l'accélération suivant Oy. Justifier.
4. En exploitant les graphiques 1 et 2, montrer que l'équation horaire $y = f(t)$ du mouvement du point M peut s'écrire :

$$y = 1{,}40\ t^2 - 13{,}6\ t + 33 \quad \text{avec } y \text{ en m et } t \text{ en s.}$$

5. Déterminer la valeur de la vitesse du système lorsqu'il touche le sol en admettant que l'accélération ne varie pas sur les derniers mètres.
6. Préciser si l'atterrissage s'effectue « en douceur ».

Exercice 10 corrigé disponible

Un gyropode est un véhicule électrique monoplace constitué d'une plateforme munie de deux roues et d'un manche de conduite (figure 1).

L'objectif est d'étudier, de manière simplifiée, deux manœuvres effectuées en conduisant un gyropode.
La masse totale du système {gyropode et conducteur} a pour valeur 110 kg.

Figure 1. Gyropode.

Le conducteur d'un gyropode circule en ligne droite sur une grande place à la vitesse de 16 km·h^{-1}. Avant de contourner une fontaine circulaire, il freine entre A et B (figure 2), diminuant sa vitesse à 10 km·h^{-1} en 1,1 s.

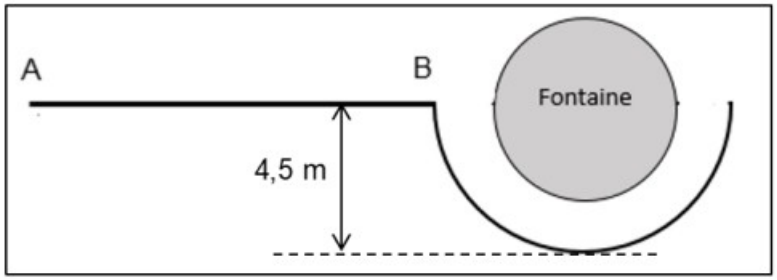


Figure 2. Schéma de la situation.

Le vecteur accélération est considéré constant entre A et B.

1. Déterminer la direction et le sens du vecteur accélération entre A et B et montrer que sa valeur est environ 1,5 m·s^{-2}.

2. Calculer la distance parcourue du point A au point B.
Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

On note $\vec{F}_T$ l'ensemble des forces de frottement considéré constant quelle que soit la masse du conducteur et de ses équipements, et ceci durant la totalité de la phase de freinage entre A et B.

3. Déterminer, en détaillant le raisonnement, la valeur F_T de la force $\vec{F}_T$.

4. À l'aide de la deuxième loi de Newton, discuter l'efficacité du freinage entre A et B si le conducteur avait porté un sac à dos de 10 kg, les forces de frottements n'ayant pas varié. Aucun calcul n'est attendu.

Le conducteur cherche à contourner la fontaine en faisant un mouvement circulaire à la vitesse constante de 10 km·h^{-1}.

5. Justifier l'existence d'un vecteur accélération du système alors que la valeur de la vitesse reste constante et donner les caractéristiques de ce vecteur accélération en précisant sa direction, son sens et sa valeur.

Lors d'un mouvement circulaire avec ce gyropode, l'accélération ne doit pas dépasser 2,5 m.s^{-2} pour éviter tout basculement.

6. Préciser, en présentant un raisonnement, si le freinage entre A et B était nécessaire pour éviter un basculement.