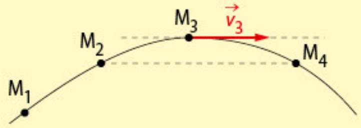
Avant d'aborder le chapitre EN AUTONOMIE

LES ACQUIS INDISPENSABLES

1re Enseignement de spécialité

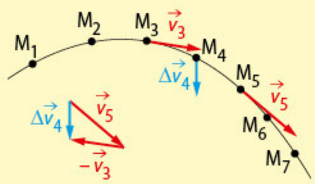
- **Vecteur vitesse** au point M_i

$$\vec{v}_i = \frac{\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}}}{\Delta t}$$

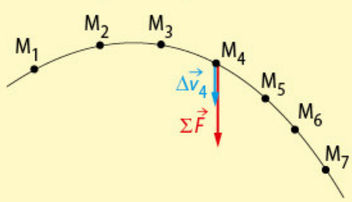


- **Vecteur variation de vitesse** au point M_i

$$\Delta\vec{v}_i = \vec{v}_{i+1} - \vec{v}_{i-1}$$

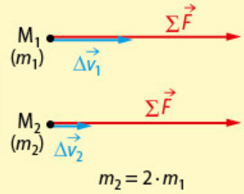


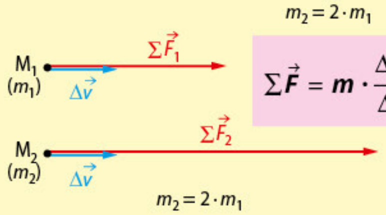
- **Somme des forces** modélisant les actions qui s'exerce au point M_i



- Résultante des forces et variation de vitesses

$$\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{1}{m}\cdot\Sigma\vec{F}$$





$$\Sigma\vec{F} = m\cdot\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

- Principe d'inertie et contraposée

$\vec{v} = \vec{0}$ ou $\vec{v}$ est constant $\Delta\vec{v} = \vec{0}$	$\Leftrightarrow$	$\Sigma\vec{F} = \vec{0}$
$\vec{v}$ non constant ($\vec{v}$ change de direction et/ou de valeur) $\Delta\vec{v} \neq \vec{0}$	$\Leftrightarrow$	$\Sigma\vec{F} \neq \vec{0}$

- Vecteur accélération au point M_i

$$\vec{a}_i = \frac{\Delta\vec{v}_i}{\Delta t} \quad \text{soit} \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

POUR VÉRIFIER LES ACQUIS

bordas Flash PAGE corrigés détaillés

Pour chaque situation, rédiger une réponse qui explique en quelques lignes le raisonnement.

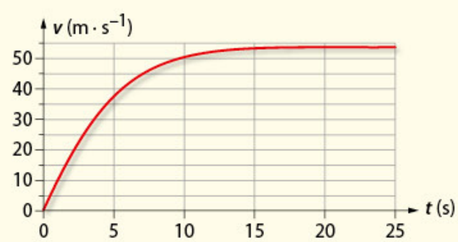
SITUATION 1

Lors d'un lancer au curling, le mouvement, représenté ci-dessous, se décompose en 3 phases.

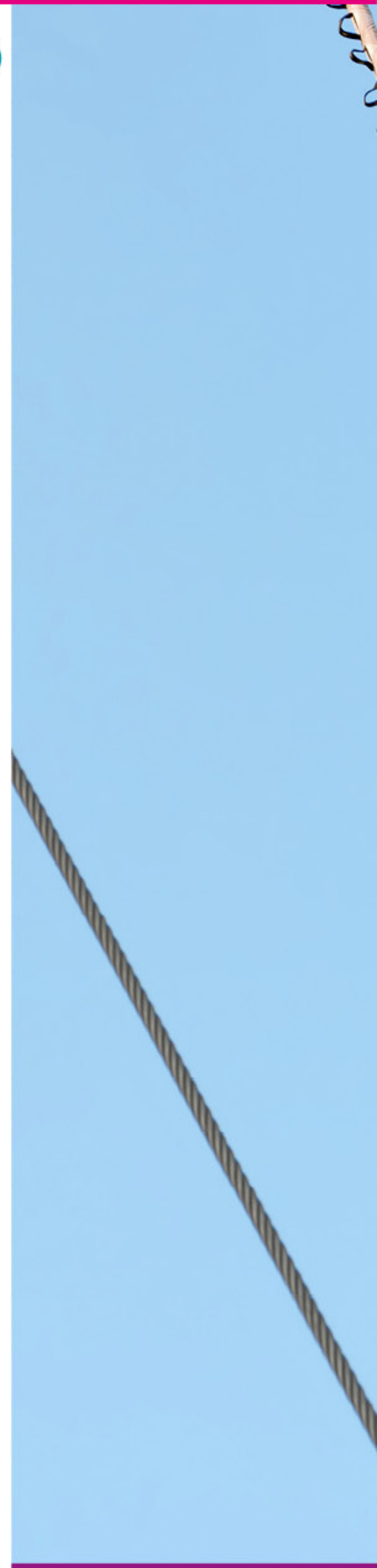
Donner les caractéristiques du vecteur somme des forces modélisant les actions mécaniques qui s'exercent sur la pierre de curling lors de ces 3 phases.

SITUATION 2

Lors d'un saut en parachute, l'enregistrement de la vitesse du parachutiste donne le graphe ci-dessous.



Que vaut l'accélération aux dates 0 s et 20 s ?



Deuxième loi de Newton

CHAPITRE
11
PHYSIQUE

Au démarrage, un « reverse bungee » (ou nacelle) est soumis à des actions mécaniques. Comment, en connaissant la valeur des forces qui modélisent ces actions mécaniques des élastiques, est-il possible de déterminer l'accélération de la nacelle ?

➥ EXERCICE 43

NOTIONS ET CONTENUS

- Centre de masse d'un système.
- Référentiel galiléen.
- Deuxième loi de Newton.
- Équilibre d'un système.

1. ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE

TP

COMPÉTENCES :
RÉA Mettre en œuvre les étapes d'une démarche
VAL Confronter un modèle à des résultats expérimentaux

Centre de masse d'un système

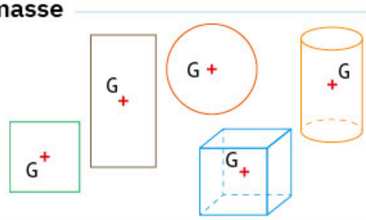
Lorsqu'on décrit le mouvement d'un système et les actions mécaniques qui s'exercent sur lui, nous réduisons le système à un point G appelé centre de masse. Comment localiser ce point ou comment justifier sa position si elle nous est donnée ?

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

- Placer un objet homogène sur le bord de la table et le pousser délicatement jusqu'à le voir basculer.
- À la limite du basculement, tracer, en s'aidant de l'arête de la table, un trait au crayon à papier sur le dessous de l'objet.
- Répéter l'opération, en ayant changé l'objet de position sur la table.
- Repérer le point de contact des différents traits, le centre de masse G, avec une gommette de couleur et une extrémité avec une autre gommette de couleur différente.
- Lancer l'objet (gommettes face caméra) de façon à ce que le mouvement soit dans le plan perpendiculaire à la caméra (FICHE PRATIQUE ➥ p. 586) et enregistrer une vidéo à l'aide d'un smartphone ou d'une webcam afin de réaliser la chronophotographie.

DOC 1 Centre de masse

Le centre de masse G d'un système est le point où se situe la position moyenne de la masse du corps.



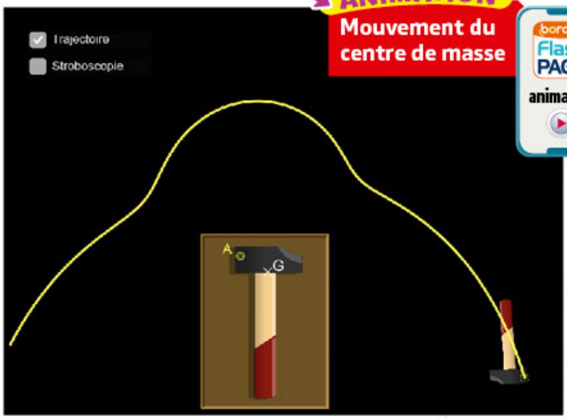
DOC 2 Dispositif expérimental

Des objets de formes différentes ont été choisis.

DOC 3 Mouvement du centre de masse

Une animation pour visualiser la trajectoire de différents points d'un marteau.

ANIMATION
Mouvement du centre de masse
bordas Flash PAGE animation



EXPLOITATION ET ANALYSE

1 Mettre en œuvre le protocole expérimental pour des objets différents.

2 **a.** Comparer les positions des centres de masses G pour chaque objet.
b. Que peut-on en déduire de la position du centre de masse de l'objet par rapport à sa forme ?

3 **a.** Comparer les trajectoires du centre de masse G et de l'autre point du système.
b. Que peut-on en déduire de la trajectoire du centre de masse G d'un système ?

CONCLUSION

Comment peut-on justifier la position du centre de masse d'un système ?

Je réussis si...

- **Je sais faire une acquisition vidéo.**
- **Je sais réaliser une chronophotographie.**
- **Je sais justifier la position du centre de masse.**

2. ACTIVITÉ DE DÉCOUVERTE

COMPÉTENCES :
- APP Rechercher et organiser l'information utile
- COM Utiliser un vocabulaire adapté

Référentiel galiléen

Un référentiel est un objet par rapport auquel on étudie un mouvement.
Un référentiel est dit galiléen si les lois de la physique de Newton s'appliquent.
Tous les référentiels qui nous entourent sont-ils galiléens ?

DOC 1 Mobile autoporteur

Un mobile autoporteur est un système qui éjecte de l'air afin de créer un coussin d'air et d'éviter les frottements.

Il n'est soumis qu'à l'action de la Terre modélisée par son poids $\vec{P}$ tandis que l'action de l'air éjecté est modélisée par la force $\vec{R}$.

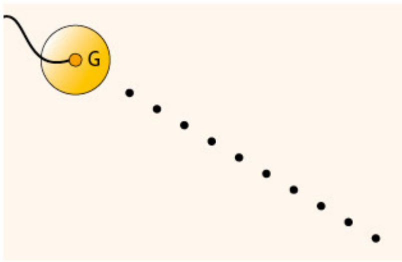
Il est relié à un boîtier qui permet de déclencher à intervalle de temps régulier une étincelle sous le mobile. Cette étincelle permet de marquer les différentes positions du système au cours du temps sur une feuille une fois qu'on l'a mis en mouvement.

Réalité

Modélisation

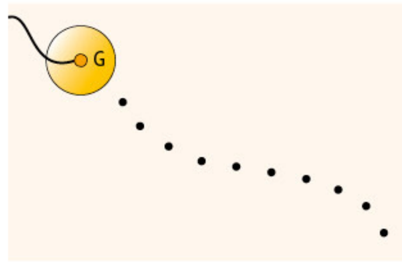
DOC 2 Support immobile

Enregistrement des positions du centre de masse du mobile autoporteur, la table étant fixe.



DOC 3 Support en mouvement

Enregistrement des positions du centre de masse du mobile autoporteur lorsqu'on tire la feuille brusquement.



DOC 4 Principe d'inertie ou 1re loi de Newton

Dans un référentiel galiléen, tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les actions mécaniques qui s'exercent sur lui se compensent.

EXPLOITATION ET ANALYSE

1 Que peut-on dire des forces qui modélisent les actions mécaniques exercées sur le mobile autoporteur ?

2 **a.** Quel est le référentiel d'étude dans le cas du doc. 2 ?
b. Décrire le mouvement du système dans ce cas.

3 **a.** Quel est le référentiel d'étude dans le cas du doc. 3 ?
b. Décrire le mouvement du système dans ce cas.

SYNTHÈSE

Qu'est-ce qu'un référentiel galiléen ? Donner des exemples.

Je réussis si…

- **Je sais discuter qualitativement du caractère galiléen d'un référentiel.**

TP

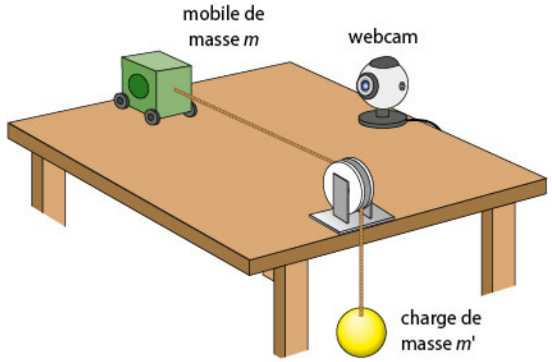
COMPÉTENCES :
RÉA Mettre en œuvre les étapes d'une démarche
VAL Confronter un modèle à des résultats expérimentaux

La 2e loi de Newton

La loi fondamentale qui permet de décrire le mouvement d'un système lie la somme des forces qui modélisent les actions qui s'exercent sur lui et l'accélération de son centre de masse. Quelle grandeur physique permet de les relier ?

DOC 1 Dispositif expérimental

Le système étudié est un chariot de masse *m*, posé sur une table plane et horizontale. Il est attaché à un dispositif de tirage à force constante composé d'une charge de masse *m*' attachée à un fil inextensible passant par une poulie.



La corde exerce une action mécanique sur le mobile dont la valeur de la force est donnée par la relation :

$$F_{\text{corde/mobile}} = \frac{m \cdot m'}{m + m'} \times g$$

EXPLOITATION ET ANALYSE

1 Mettre en œuvre le dispositif expérimental pour deux chariots de masses différentes.

2 **a.** Donner les caractéristiques des forces modélisant les actions mécaniques qui s'exercent sur le système.
b. Représenter les vecteurs forces au centre de masse du système pour les deux chariots.
c. Tracer et donner les caractéristiques de la résultante des forces.

3 Que peut-on dire du vecteur accélération ?

CONCLUSION

Quelle est la relation vectorielle qui lie la somme des forces qui modélisent les actions mécaniques s'exerçant sur le système et le vecteur accélération de son centre de masse ?

Je réussis si...

- **Je sais réaliser et exploiter une chronophotographie.**
- **Je sais en déduire la représentation des vecteurs accélérations.**
- **Je sais utiliser la 2e loi de Newton.**

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

- Mesurer les masses *m* et *m*'.
- Lâcher le mobile et enregistrer la vidéo du déplacement avec la webcam ou un smartphone.
- À l'aide d'un logiciel de pointage, repérer les positions horizontales successives M_0, M_1, M_2 ... du centre de masse du système (FICHE PRATIQUE ➥ p. 586).
- Basculer les résultats du pointage dans un tableur (FICHE PRATIQUE ➥ p. 564) et les enregistrer sous « chronophotographie.csv ».
- Créer trois colonnes supplémentaires permettant de faire apparaître à chaque instant :
  * la valeur de la vitesse ;
  * la valeur de l'accélération ;
  * la valeur du produit masse *m* par accélération.
- Tracer les vecteurs accélérations avec le programme Python.

DOC 2 Programme Python

PYTHON

```
import matplotlib.pyplot as plt
#  Coordonnées des points du solide en fonction du temps
fic = open("chronophotographie.csv",'r')
donnee=fic.readlines()
t=[] ; x=[] ; y=[]
for point in donnee
   point=point.replace('\n','').replace('\r','') #Suppr saut de ligne
   point=point.split(';')  # Transforme une ligne en une liste
   try: #Pour éviter les problèmes liés à des lignes vides
      if point[0][0].isnumeric():  #Pour passer l'en-tête du fichier
         t.append(float(point[0].replace(',','.')))
         x.append(float(point[1].replace(',','.')))
         y.append(float(point[2].replace(',','.')))
   except: #Si une erreur est générée, on passe à la ligne suivante
      pass
#  Calcul des coordonnées vx et vy du vecteur vitesse
vx=[0] ; vy=[0] ; v=[]
for i in range(1,len(x)-1):
   vx.append((x[i+1]-x[i-1])/(t[i+1]-t[i-1]))
   vy.append((y[i+1]-y[i-1])/(t[i+1]-t[i-1]))
   v.append((vx[-1]**2+vy[-1]**2)**0.5)
# Calcul des coordonnées ax et ay du vecteur accélération
ax=[0] ; ay=[0]  ; a=[]
for i in range(2,len(vx)-1):
   ax.append((vx[i+1]-vx[i-1])/(t[i+1]-t[i-1]))
   ay.append((vy[i+1]-vy[i-1])/(t[i+1]-t[i-1]))
   a.append((ax[-1]**2+ay[-1]**2)**0.5)
##  Tracé des champs de vecteurs:
"""
echel_v=50
vec_v=plt.quiver(x[:-1],y[:-1],vx,vy,color="green",
         angles='xy', scale_units='xy', scale=echel_v, width=0.005)
plt.quiverkey(vec_v,X=0.7, Y=1.05,U=1, label='Vitesse')
"""
echel_a=100
vec_a=plt.quiver(x[1:-2],y[1:-2], ax,ay, color="blue",
         angles='xy', scale_units='xy', scale=echel_a, width=0.002)
plt.quiverkey(vec_a,X=0.2, Y=1.05,U=1e-2,label='Accélération')
plt.plot(x,y,"ro") ; plt.axis('equal')
plt.show()
```

COMPÉTENCES :
RÉA Utiliser un modèle
VAL Confronter un modèle à des résultats expérimentaux

Le téléski

Le téléski est un dispositif permettant à un skieur de remonter une pente en étant tiré par une perche. Lors d'un redémarrage en pleine ascension, comment déterminer la valeur de l'accélération ?

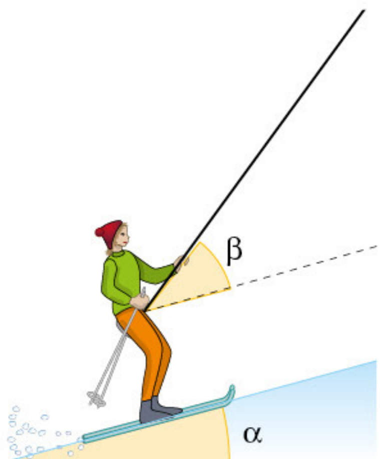
DOC 1 Situation réelle et schématisation

Une skieuse de masse 80 kg avec son équipement remonte une pente enneigée plane.

La piste fait un angle $\alpha = 15°$ avec l'horizontale et la perche un angle $\beta = 35°$ avec la piste.

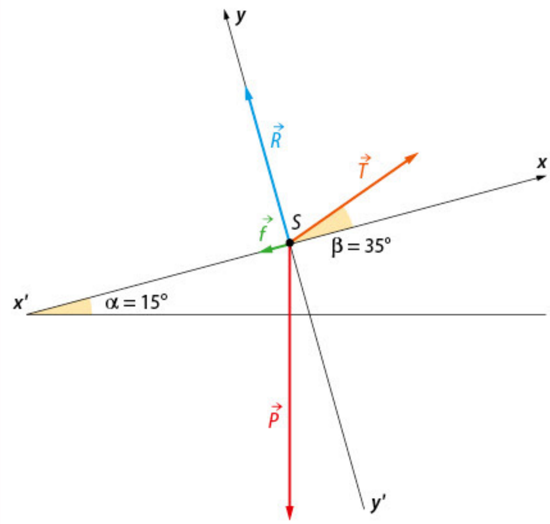
Réalité

Schématisation



DOC 2 Modélisation du système

Le système est soumis à différentes actions mécaniques modélisées par des forces dont les vecteurs sont représentés par le schéma ci-dessous.



DOC 3 La 2e loi de Newton

Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces modélisant les actions mécaniques exercées sur le système est égale au produit de la masse du système par le vecteur accélération de son centre de masse :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{extérieur/système}} = m\,\vec{a}_G$$

DONNÉES

- On étudie le système dans son mouvement rectiligne accéléré.
- Les forces sont supposées constantes et de valeurs : $f = 100$ N ; $T = 470$ N et $R = 490$ N.
- L'intensité de pesanteur est de 9,8 m · s^{-2}.

EXPLOITATION ET ANALYSE

1 **a.** Définir le système et le référentiel d'étude.
b. Établir le bilan des actions mécaniques qui s'exercent sur le système.

2 **a.** Tracer les forces suivant une échelle judicieusement choisie.
b. Construire le vecteur résultante des forces (FICHE MÉTHODE ➥ p. 555).

PROBLÉMATIQUE

On veut vérifier que le mouvement est bien rectiligne accéléré et déterminer la valeur de cette accélération

Proposer une démarche permettant de déterminer la valeur de l'accélération par deux méthodes différentes.

Je réussis si...

- **Je sais utiliser la deuxième loi de Newton.**
- **Je sais déduire le vecteur accélération du centre de masse, les forces appliquées au systèmes étant connues.**

1 Centre de masse d'un système

Définition

Le **centre de masse** G d'un système est le point où se situe la position moyenne de la masse du corps.
Il correspond au **point central** de toutes les **masses** constituant le système.

Position du centre de masse d'un système

Dans un champ de pesanteur uniforme, le centre de masse se situe au centre de gravité (c'est pour cela qu'il est généralement nommé G) qui est le barycentre des masses.

Si le système est homogène (FIG. 1), le **centre de masse** se situe au centre géométrique du système.

Si le système n'est pas homogène, il se situe du côté où le système est le plus massique.

Remarque. Expérimentalement, on peut déterminer le centre de masse par :
– le point d'intersection des droites d'actions du poids lorsque le solide est suspendu suivant différents points (FIG. 2) ;
– le point d'intersection des droites suivant lequel le système bascule dans le vide lorsqu'il est initialement sur un support ;
– le point particulier du système qui décrit une trajectoire plus simple que les autres. (FIG. 3).

Propriété du centre de masse

Le **centre de masse G** d'un système est le point qui décrit la **trajectoire la plus simple** lorsque le système est en mouvement.

Remarque. On assimile un système à un point matériel G car ce point est en fait le centre de masse du système. C'est en ce point qu'on construit les vecteurs force, vitesse et variation de vitesse.
Le mouvement du centre de masse G du système est appelé mouvement d'ensemble. Nous perdons des informations sur le mouvement du reste du système mais cela se justifie non parce que le système est petit mais parce que l'on peut considérer ce point comme le point d'application de toutes les forces modélisant les actions mécaniques qui s'exercent sur lui.

UN PONT VERS LES MATHS

Le barycentre noté G entre deux points matériels A de masse m_1 et B de masse m_2 est tel que :

$$m_1\overrightarrow{GA} + m_2\overrightarrow{GB} = \vec{0}$$

Pour un objet quelconque, on le décompose en une infinité de points matériels M_i, et le barycentre ou centre de masse G est tel que :

$$\sum_{i=1}^{n} m_i\overrightarrow{GM_i} = \vec{0}$$

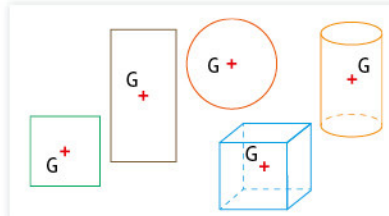


FIG. 1 Positions des centres de masses pour différents types de systèmes homogènes.

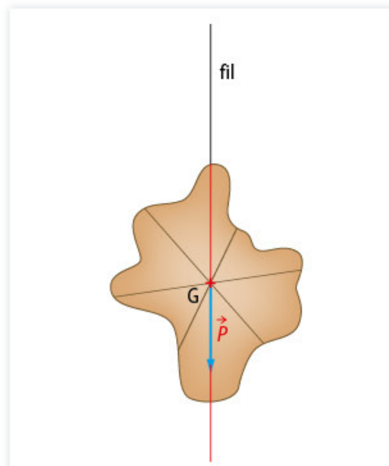


FIG. 2 Le centre de masse G se trouve à l'intersection des directions du poids (verticales) pour différents points d'accroche du système.

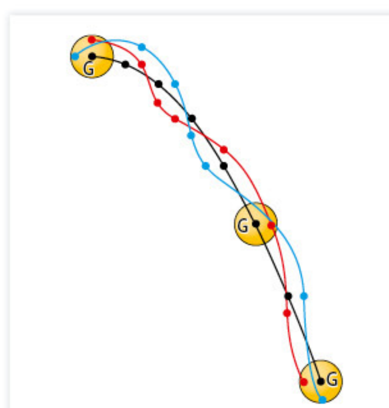


FIG. 3 Trajectoires de trois points d'une balle de tennis en mouvement.

2 Référentiel galiléen

Notion de référentiel

L'objet de référence par rapport auquel on étudie un mouvement est appelé **référentiel**.

Référentiel galiléen

Les lois de Newton qui régissent l'ensemble de la mécanique du point ne sont valables que dans des référentiels appelé **référentiels galiléens**.

Par définition, un **référentiel** est dit **galiléen** si le principe d'inertie (ou 1re loi de Newton) est vérifié dans ce référentiel.

Tout référentiel immobile ou en mouvement de translation uniforme par rapport à un référentiel galiléen est alors lui-même galiléen.

Exemples de référentiels galiléens

Le **référentiel héliocentrique** (repère au centre du Soleil et axes vers 3 étoiles lointaines fixes) est considéré comme galiléen (FIG. 4).

Le **référentiel géocentrique** (repère au centre de la Terre et axes vers 3 étoiles lointaines fixes) est alors galiléen si on étudie le **mouvement d'un système ne dépassant pas quelques heures** afin de pouvoir négliger la rotation de la Terre autour du Soleil (FIG. 4).

Le **référentiel terrestre** (repère à la surface de la Terre et pointant vers 3 directions de l'espace) est alors galiléen si on étudie le **mouvement d'un système ne dépassant pas quelques minutes** afin de pouvoir négliger la rotation de la Terre sur elle-même.

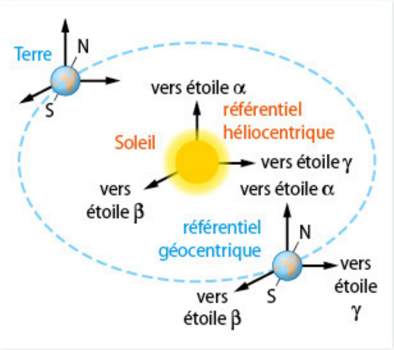


FIG. 4 Référentiels héliocentrique et géocentrique.

Référentiels non galiléens

Inversement, si un système au repos est soumis à des actions mécaniques qui ne se compensent pas dans un référentiel, alors le principe d'inertie (1re loi de Newton) ne s'applique pas et le référentiel n'est pas considéré comme galiléen.

Tout référentiel en mouvement de translation accéléré ou ralenti, ou en rotation par rapport à un référentiel galiléen n'est alors pas lui-même galiléen (FIG. 5).

Sur le manège tournant, ces nacelles s'inclinent par rapport à la verticale pour garder l'équilibre. Les actions mécaniques qui s'exercent sur elles ne se compensent pas.

FIG. 5 Référentiel du manège non galiléen.

3 Deuxième loi de Newton

Énoncé

Pour un système de masse constante, dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces modélisant les actions mécaniques exercées sur le système est égale au produit de la masse du système par le vecteur accélération de son centre de masse :

$$\underbrace{\sum \vec{F}_{\text{extérieur/système}}}_{\text{résultante des forces}} = \overbrace{m}^{\text{masse du système}}\ \underbrace{\vec{a}_G}_{\text{accélération du centre de masse}}$$

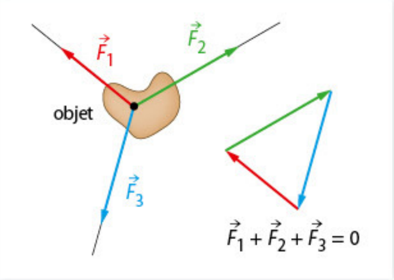
Équilibre d'un système

Un système est à l'équilibre dans un référentiel donné (FIG. 6) si et seulement si le vecteur vitesse du centre de masse est nul et son accélération est nulle :

$$\vec{v}_G = \vec{0} \text{ et } \vec{a}_G = \vec{0}$$

D'après la 2e loi de Newton, la résultante des forces est donc nulle : $\sum \vec{F} = \vec{0}$.

Attention, si les forces se compensent, le vecteur accélération de son centre de masse étant nul, le système peut aussi être en mouvement rectiligne uniforme (principe d'inertie) dans le référentiel donné.



Les directions des vecteurs forces modélisant ces actions sont concourantes au centre de masse.

FIG. 6 Système à l'équilibre.

$$\vec{v}_G = \vec{0} \rightarrow \sum \vec{F}_{\text{extérieur/système}} = \vec{0}$$

Des forces à l'accélération

À l'aide de la 2e loi de Newton, on détermine le vecteur accélération du centre de masse si les forces modélisant les actions mécaniques appliquées au système sont connues :

– définir le système et le référentiel d'étude, et faire le bilan des actions mécaniques qui s'exercent sur le système ;

– représenter en G, à l'échelle donnée, les forces et effectuer leur somme afin de déterminer la résultante des forces $\sum \vec{F}_{\text{extérieur/système}}$;

– mesurer la valeur de la résultante et diviser par la masse du système pour déterminer la valeur de l'accélération. Direction et sens étant donnés par le vecteur résultante.

EXEMPLE

Le mobile **(FIG. 7)** est modélisé par un ressort de constante de raideur $k = 20$ N/m. L'enfant allonge le ressort d'une distance $h = 10$ cm par rapport à sa longueur à vide en tirant sur le jouet de masse $m = 150$ g avant de le lacher. On désire connaître l'accélération du jouet.

On appelle force de rappel d'un ressort la force qui modélise l'action du ressort sur le jouet, on détermine sa valeur par le produit de la constante de raideur et de l'allongement du ressort.

$P = m \cdot g = 0{,}150 \times 9{,}8 = 1{,}5$ N

$F = k \cdot h = 20 \times 10 \times 10^{-2} = 2{,}0$ N

D'après la 2^e Loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F} = m\,\vec{a}_G$, on trace en choisissant une échelle.

Ou en projetant sur l'axe vertical orienté vers le haut : $F - P = m\,a_G$

D'où $a_G = \dfrac{F - P}{m} = \dfrac{2{,}0 - 1{,}5}{0{,}150} = 3{,}3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Le vecteur $\vec{a}_G$ est orienté vers le haut tout comme la résultante des forces $\Sigma\vec{F}$.

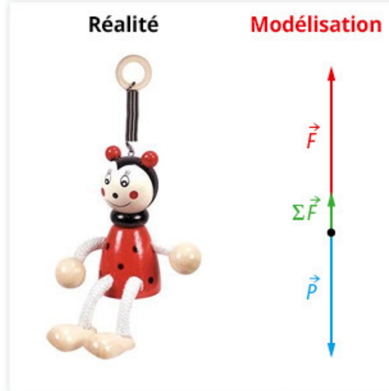


FIG. 7 Mobile pour enfant et sa modélisation par un ressort à spire non jointive.

De l'accélération aux forces

À l'aide de la 2^e loi de Newton, on peut, connaissant l'accélération du système, déterminer la valeur de la résultante des forces qui modélisent les actions mécaniques s'exerçant sur le système afin de pouvoir en déduire la valeur d'une de ces forces. Pour cela il convient de :

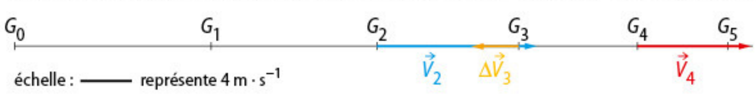
– déterminer le vecteur accélération soit par construction graphique à l'aide des vecteurs vitesses soit à l'aide des données (valeurs de vitesses, tableau, graphe...) ;

– multiplier la valeur de l'accélération par la masse du système ;

– tracer, avec l'échelle donnée, la résultante des forces et déterminer les caractéristiques d'une des forces à partir des autres forces connues.

EXEMPLE

Une voiture avec chauffeur **(FIG. 8)** de masse 1 000 kg en mouvement rectiligne uniforme freine brusquement. On veut déterminer la valeur des frottements.



La chronophotographie ($\tau = 0{,}50$ s) correspond au centre de masse du système vu de dessus. L'échelle permet de mesurer $\Delta v_3 = 3{,}6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Or par définition $\vec{a} = \dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ d'où $\vec{a}_3 = \dfrac{\Delta\vec{v}_3}{\Delta t} = \dfrac{\vec{v}_4 - \vec{v}_2}{2\tau}$.

La valeur de l'accélération est donc de $a_3 = \dfrac{3{,}6}{2 \times 0{,}50} = 3{,}6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

D'après la 2^e Loi de Newton $\Sigma\vec{F}_{\text{extérieur/système}} = m\,\vec{a}_G$ d'où $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\,\vec{a}_G$

Comme $\vec{P}$ et $\vec{R}$ se compensent, on a $\vec{F} = m\,\vec{a}_G$ et la valeur de F est accessible par $F = m \cdot a_3 = 1\,000 \times 3{,}6 = 3{,}6 \times 10^2$ N.

FIG. 8 Bilan des forces appliquées au centre de masse du système {voiture + chauffeur}.

Il est parfois nécessaire de projeter les vecteurs représentant les forces sur un axe vertical ou horizontal.

EXEMPLE

Lorsqu'un skieur s'élance sur une piste de ski **(FIG. 9)**. La résultante des forces correspond à la direction et au sens du mouvement ce qui correspond à la direction et au sens de l'accélération d'après la 2^e loi de Newton $\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\,\vec{a}_G$

Ici $\vec{P}$ et $\vec{R}$ ne se compensent pas.

Si on projette cette relation sur l'axe perpendiculaire à la piste ($y'y$) alors $R - P \cdot \cos\alpha = 0$ puisque l'accélération est nulle suivant cette direction donc $\boldsymbol{R} = P \cdot \cos\alpha = m \cdot g \cdot \cos\alpha$.

Si on projette cette relation sur l'axe de la piste ($x'x$) alors

$P \cdot \sin\alpha - f = m \cdot a_G$ donc

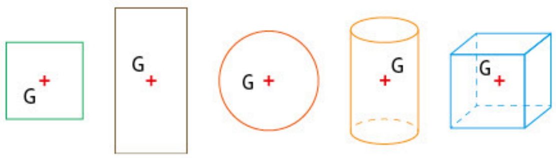
$\boldsymbol{f} = P \cdot \sin\alpha - m \cdot a_G = m \cdot g \cdot \sin\alpha - m \cdot a_G = m\,(g \cdot \sin\alpha - a_G)$.

FIG. 9 Bilan des forces appliquées au centre de masse d'un skieur en descente.

Le vocabulaire à retenir
Les relations à connaître

1 Centre de masse d'un système

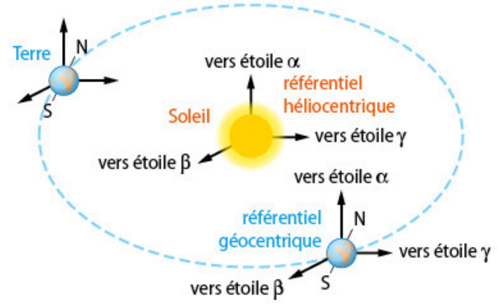
- Le **centre de masse G** d'un système est le point où se situe la position moyenne de la masse du corps.
- Si le système est homogène, le centre de masse se situe au centre géométrique.



- Le **centre de masse G** d'un système correspond au point qui décrit la trajectoire la plus simple lorsque le système est en mouvement.

2 Référentiel galiléen

- Par définition, un **référentiel** est dit **galiléen** si le principe d'inertie (ou 1^{re} loi de Newton) est vérifié dans ce référentiel.



- Tout référentiel en mouvement de translation accéléré ou ralenti, ou en rotation par rapport à un référentiel galiléen, n'est alors pas lui-même galiléen.

3 Deuxième loi de Newton

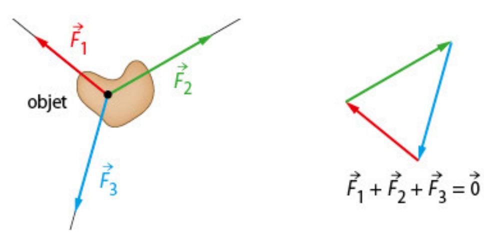
masse du système

résultante des forces → $\sum \vec{F}_{\text{extérieur/système}} = m\,\vec{a}_G$

accélération du centre de masse

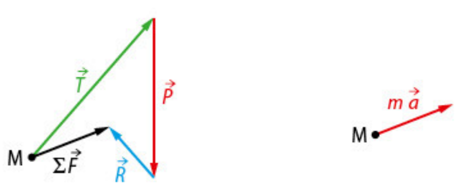
Équilibre d'un système

$\vec{v}_G = \vec{0} \rightarrow \sum \vec{F}_{\text{extérieur/système}} = \vec{0}$



Des forces à l'accélération

– Représenter à l'échelle les forces et tracer la résultante des forces.
– Appliquer la **2e loi de Newton** afin de déterminer le vecteur accélération.

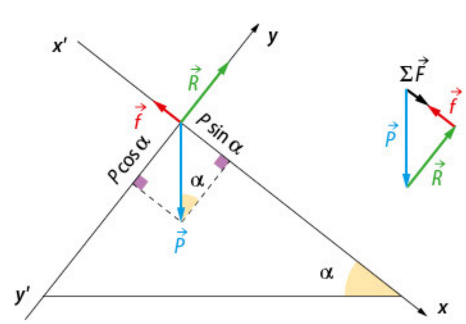


Somme des forces qui modélisent les actions mécaniques qui agissent sur le skieur

Produit de la masse du système par le vecteur accélération de son centre de masse

De l'accélération aux forces

– Déterminer (avec une chronophotographie, les données des vitesses, une courbe $v = f(t)$, etc.) les caractéristiques du vecteur accélération.
– Appliquer la 2e loi de Newton, afin de déterminer la résultante des forces.
– Par projection sur un ou deux axes, on peut en déduire les valeurs de certaines forces.



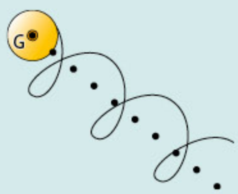
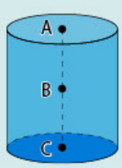
Vérifier l'essentiel EN AUTONOMIE

Pour chaque question, choisir la ou les bonnes réponses. ➥ SOLUTIONS EN PAGE 593

bordas Flash PAGE corrigés détaillés

bordas Flash PAGE QCM interactifs

1 Centre de masse d'un système

	A	B	C
1 Le centre de masse d'un système :	est le point le plus massique du système.	est le point où se situe la position moyenne de la masse du corps.	est n'importe quel point du système.
2 Sur le dessin, le centre de masse est le point G car : 	il est à la position moyenne de la masse du corps.	il est au centre du disque homogène.	il correspond à la trajectoire la plus simple du système.
3 Pour ce système homogène le centre de masse est : 	le point A.	le point B.	le point C.

2 Référentiel galiléen

	A	B	C
4 Un référentiel est galiléen si :	la 1^re^ loi de Newton est vérifiée.	la 1^re^ loi de Newton n'est pas vérifiée.	aucune loi de Newton n'est vérifiée.
5 Un avion peut être considéré comme référentiel galiléen si :	il est en mouvement rectiligne accéléré par rapport à un référentiel galiléen.	il est immobile par rapport à un référentiel galiléen.	il est en mouvement rectiligne uniforme par rapport à un référentiel galiléen.
6 Lesquels de ces référentiels sont galiléens ?	Le référentiel héliocentrique.	Le référentiel terrestre pour étudier un mouvement durant quelques heures.	Le référentiel terrestre pour étudier un mouvement durant quelques minutes.

3 Deuxième loi de Newton

	A	B	C
7 La 2^e^ loi de Newton :	n'est valable que dans un référentiel galiléen.	s'écrit $\Sigma\vec{F}_{\text{extérieur/système}} = \vec{0}$	s'écrit $\Sigma\vec{F}_{\text{extérieur/système}} = m\vec{a}_G$
8 Le vecteur résultante des forces et le vecteur accélération du centre de masse :	ont même valeur.	ont même direction.	ont même sens.
9 Si un système est à l'équilibre, alors :	$\vec{v}_G = \overrightarrow{\text{cste}} \rightarrow \Sigma\vec{F} = \vec{0}$	$\Sigma\vec{F} = \vec{0} \rightarrow \vec{v}_G = \vec{0}$	$\vec{v}_G = \vec{0} \rightarrow \Sigma\vec{F} = \vec{0}$

Exercices de numéro bleu : solutions en fin de manuel, corrigés détaillés en version numérique

Acquérir les bases

1 Centre de masse d'un système

EN AUTONOMIE

Ce qu'on attend de moi le jour du BAC

- Justifier qualitativement la position du centre de masse d'un système, cette position étant donnée

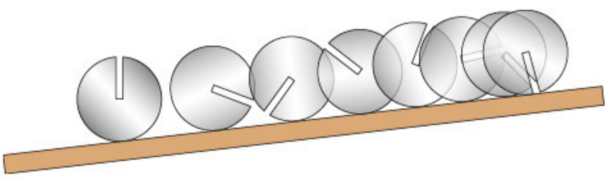
➥ **Acquérir les bases : 11** ➥ **S'entraîner : 38**

10 Jeu d'anneaux

Dans ce jeu, il faut lancer un anneau autour du bâton. Le centre de masse de l'anneau est le point G.

Est-il possible qu'il ne soit pas sur l'objet ? Justifier sa position.

11 Recherche du centre de masse

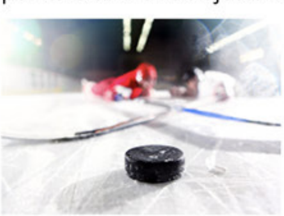


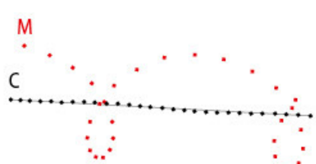
Un disque entaillé roule sur une pente. Justifier que le centre de masse du système soit au centre du disque.

12 Palet de hockey

On lance sur la glace un palet de hockey muni de deux repères visuels, un en son centre (C), l'autre en périphérie (M). Le mouvement du palet est filmé.

À l'aide d'un logiciel approprié, on obtient pour chacun des points C et M une trajectoire.

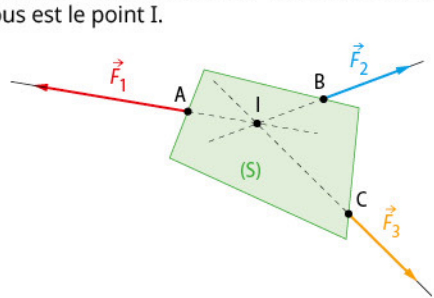




1. Décrire les trajectoires des points M et C.
2. Quel point est le centre de masse ?

13 Solide en équilibre

Justifier que le centre de masse du solide en suspension ci-dessous est le point I.



2 Référentiel galiléen

EN AUTONOMIE

Ce qu'on attend de moi le jour du BAC

- Discuter qualitativement du caractère galiléen d'un référentiel donné pour le mouvement étudié

➥ **Acquérir les bases : 14** ➥ **S'entraîner : 41**

14 Référentiels galiléens courants

Citer des référentiels courants et les conditions dans lesquelles ils peuvent être considérés comme galiléens.

15 Le bon référentiel

Pour chaque situation suivante, choisir un référentiel galiléen :

a. Un skieur descendant une piste ;
b. Jupiter tournant autour du Soleil ;
c. La Lune tournant autour de la Terre ;
d. Un train sortant de la gare.

16 Pilote de course

Un pilote s'élance de la ligne de départ d'un grand prix.

1. Rappeler la définition d'un référentiel.
2. Dans quelle condition est-il considéré comme galiléen ?
3. **a.** Le référentiel terrestre est-il ici considéré comme galiléen ?
b. Quel est le mouvement du pilote dans ce référentiel ?
c. En déduire si les actions mécaniques qui s'exercent sur lui se compensent.
4. **a.** Le référentiel voiture est-il ici considéré comme galiléen ?
b. Quel est le mouvement du pilote dans ce référentiel ?
c. En déduire si les actions mécaniques qui s'exercent sur lui se compensent.

17 Thomas Pesquet à bord de l'ISS

Le spationaute français Thomas Pesquet a fait un séjour à bord de la station spatiale internationale de novembre 2016 à juin 2017.

Il réalise 2 h et demi de sport chaque jour : course sur tapis, vélo d'entraînement…

1. Dans quel référentiel est-il immobile ? ce référentiel est-il galiléen ?
2. Le référentiel terrestre est-il ici galiléen pour étudier le mouvement de l'astronaute ?
3. Le référentiel géocentrique est-il ici galiléen pour étudier le mouvement de Thomas Pesquet ?

3 Deuxième loi de Newton

EN AUTONOMIE

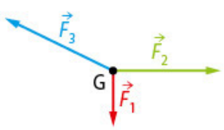
Ce qu'on attend de moi le jour du BAC

Deuxième loi de Newton

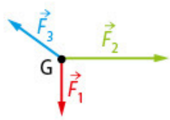
- Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées pour en déduire le vecteur accélération du centre de masse, les forces appliquées au système étant connues
  ➥ Acquérir les bases : 18 ➥ S'entraîner : 22 40
- Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées pour en déduire la somme des forces appliquées au système, le mouvement du centre de masse étant connu
  ➥ Acquérir les bases : 25 ➥ S'entraîner : 32 33 37 41

18 Somme de forces

1. Construire le vecteur somme des forces représentant la résultante des forces au centre de masse G pour les deux systèmes suivants.



a



b

2. Quel système peut être à l'équilibre et dans quelle condition ?

3. Quelle est la direction et le sens de l'accélération du centre de masse du système qui n'est pas à l'équilibre ?

19 Le curling

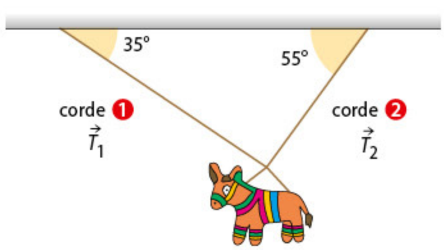
On étudie une pierre de curling dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

1. La pierre est à l'arrêt.
a. Que vaut la résultante des forces $\Sigma\vec{F}$ qui modélisent les actions mécaniques s'exerçant sur la pierre ?
b. La pierre est-elle à l'équilibre ?

2. La pierre est en mouvement rectiligne uniforme.
a. Que vaut la résultante des forces $\Sigma\vec{F}$ qui modélisent les actions mécaniques s'exerçant sur la pierre ?
b. La pierre est-elle à l'équilibre ?

20 La piñata

Lors de l'anniversaire de Tanya sa maman a accroché une piñata comme suit :



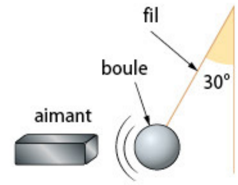
1. Que peut-on dire du vecteur vitesse et accélération du centre de masse de la piñata dans le référentiel terrestre supposé galiléen ?

2. En déduire la valeur de la résultante des forces appliquées au système. Justifier.

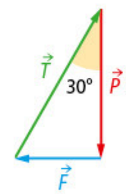
3. La piñata est-elle à l'équilibre ?

21 Boule de fer

Une boule métallique de masse 400 g est accrochée à un fil inextensible. Un aimant exerce une action d'attraction à distance. La boule est immobile dans le référentiel terrestre supposé galiléen.



Le tracé des forces représentant les actions mécaniques mises bout à bout donne le schéma suivant :



1. Que peut-on dire de la somme des forces qui s'exercent sur la boule ?

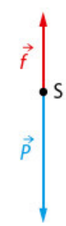
2. Justifier que la boule soit à l'équilibre.

3. Calculer la valeur du poids et en déduire par des relations trigonométriques les valeurs des deux autres forces.

Donnée : *intensité de pesanteur $g = 9{,}8\ m \cdot s^{-2}$.*

22 Saut en parachute

Un parachutiste avec son équipement ($m = 90$ kg) vient de sauter de l'avion. Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, lors des premiers instants après le saut, les actions mécaniques qui s'exercent sur lui sont modélisées par le poids $\vec{P}$ et la force de frottements $\vec{f}$.



1. Donner les caractéristiques du vecteur résultante des forces $\Sigma\vec{F}$.

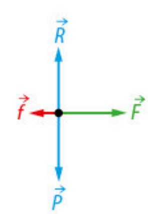
2. En déduire la valeur du vecteur accélération.

Donnée : *intensité de pesanteur $g = 9{,}8\ m \cdot s^{-2}$.*

23 Poussée au bobsleigh

Pendant leur course d'élan, les bobeurs poussent le bobsleigh, initialement à l'arrêt, sur une portion de piste rectiligne et horizontale. Le bobsleigh sera assimilé à un point matériel. On modélisera la poussée par une force $\vec{F}$, $\vec{f}$ modélisera l'action des forces de frottements, $\vec{P}$ l'action mécanique de la Terre et $\vec{R}$ modélisera la composante verticale de l'action de la piste. Toutes ces forces seront considérées comme constantes.

Donnée : *intensité de la force de poussée $F = 250$ N, des forces de frottements $f = 25$ N ; masse du bobsleigh $m = 300$ kg.*



1. Donner les caractéristiques du vecteur résultante des forces $\Sigma\vec{F}$.

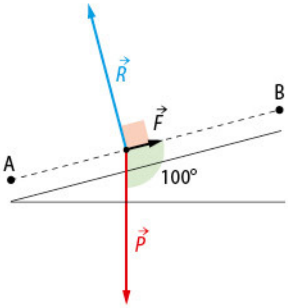
2. En déduire la valeur du vecteur accélération dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Exercices de numéro bleu : solutions en fin de manuel, corrigés détaillés en version numérique bordas Flash PAGE corrigés détaillés

24 Tapis roulant

Pour charger un bagage dans la soute de l'avion, on utilise un tapis roulant. Le système bagage, assimilé à un point matériel, est soumis à trois actions mécaniques modélisées par les forces constantes représentées sur le schéma ci-dessous.

Données : *intensité du poids $P = 300$ N, de la réaction $R = 295$ N, de la traction $F = 52$ N.*



1. Construire, à l'aide d'une échelle judicieusement choisie, le vecteur résultante des forces $\sum\vec{F}$.

2. Donner les caractéristiques du vecteur accélération.

3. Le système est-il à l'équilibre ? sinon que peut-on en déduire de son mouvement dans le référentiel terrestre supposé galiléen ?

25 Coup de frein

Un conducteur de scooter se déplace horizontalement à une vitesse de valeur $v = 10\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Il freine pendant une durée $\Delta t = 2{,}0$ s, avant de s'immobiliser dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

La masse du système {conducteur + scooter} est de 200 kg.

1. Calculer la valeur de l'accélération.

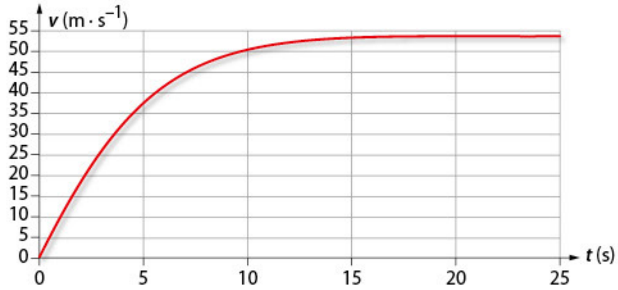
2. Quelle loi de Newton doit-on utiliser pour l'étude de ce mouvement ?

3. En déduire les caractéristiques de la résultante des forces appliquées au centre de masse du système.

26 Saut en parachute (2)

On enregistre, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, l'évolution de la vitesse d'un parachutiste avec son équipement. L'ensemble du système a une masse de 90 kg.

Donnée : *intensité de pesanteur $g = 9{,}8\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$*



1. Comment qualifie-t-on le mouvement pendant les 15 premières secondes ?

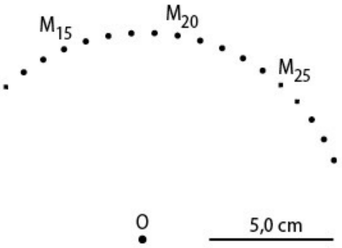
2. Déterminer la valeur de l'accélération au bout de 2,5 s.

3. a. Donner les caractéristiques du vecteur résultante des forces

b. En déduire la valeur de la force qui modélise les frottements de l'air sur le système.

27 Ça tourne

Sur une table horizontale, un mobile autoporteur a été lancé attaché à un fil inextensible dont l'autre extrémité est fixé à un axe de rotation au point O. Les positions du centre de masse du mobile sont enregistrées toutes les 20 ms dans le référentiel terrestre supposé galiléen.



Donnée : *$m = 400$ g.*

1. Déterminer les caractéristiques du vecteur accélération au point M_{20}.

2. Établir le bilan des forces qui modélisent les actions mécaniques s'exerçant sur le mobile autoporteur et les représenter au centre de masse sans soucis d'échelle.

3. En déduire la valeur de la force modélisant la tension du fil.

Faire le point avant d'aller plus loin

PRÉPA BAC

Pour vérifier ses connaissances, répondre aux questions suivantes (sans regarder le cours !)

Définir le centre de masse d'un système.

Définir un référentiel galiléen.

Écrire la deuxième loi de Newton.

Écrire les conditions d'un système en équilibre.

Expliciter les étapes qui permettent de déterminer les caractéristiques du vecteur accélération du centre de masse d'un système si les forces modélisant les actions mécaniques exercées sont connues.

Expliciter les étapes qui permettent de déterminer la résultante des forces modélisant les actions mécaniques exercées sur un système si le vecteur accélération du centre de masse est connu.

Retrouver ces questions en version numérique bordas Flash PAGE cartes mémos

Exercice résolu EN AUTONOMIE

28 Décollage de la fusée Ariane 5

Lors d'un lancement la fusée Ariane 5 a une masse totale $M = 7{,}3 \times 10^5$ kg. Sa propulsion est assurée par une force de poussée verticale constante $\vec{F}$. Tout au long du décollage, on admet que la valeur du champ de pesanteur g est également constante.

On étudie le mouvement du système {fusée} dans le référentiel terrestre supposé galiléen et on choisit un repère $(O, \vec{j})$ dans lequel le vecteur $\vec{j}$ est un vecteur unitaire vertical dirigé vers le haut et porté par l'axe (Oy).

À l'instant $t_0 = 0$ s, Ariane 5 est immobile et son centre de masse G est confondu avec l'origine O.

On utilise la notation, a pour la valeur de l'accélération du centre d'inertie de la fusée, avec $\vec{a} = a_y\,\vec{j} = a\,\vec{j}$.

***Données :** force de poussée $F = 1{,}16 \times 10^7$ N ; intensité de pesanteur $g = 10$ m · s^{-2} ; pendant la durée de fonctionnement, on supposera que seuls le poids $\vec{P}$ et la force de poussée $\vec{F}$ agissent sur la fusée et on admettra que la masse de la fusée reste constante.*

1. **Représenter** ces forces sur un schéma pendant le décollage.

2. **En appliquant** une loi de Newton au système, donner les caractéristiques du vecteur accélération $\vec{a}$ dès que la fusée a quitté le sol par une méthode vectorielle et par une méthode calculatoire.

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- Le système et le référentiel galiléen sont définis, la 2^e loi de Newton peut donc être appliquée.
- Le mouvement se fait suivant la verticale.
- Il y a deux forces qui modélisent les actions mécaniques s'exerçant sur le système.

LES VERBES D'ACTION

- **Représenter :** représenter la situation par un schéma.
- **Appliquer :** choisir une loi pertinente.

EXEMPLE DE RÉDACTION

1. Poids $P = m \cdot g = 7{,}3 \times 10^5 \times 10 = 7{,}3 \times 10^6$ N

À l'échelle 1,0 cm → $1{,}0 \times 10^6$ N : le vecteur $\vec{P}$ **mesure 7,3 cm et** $\vec{F}$ **mesure 11,6 cm.**

2. Deuxième loi de Newton appliquée au système {fusée}, dans un référentiel terrestre considéré galiléen : $\vec{F} + \vec{P} = M \cdot \vec{a}$

Par somme vectorielle, la résultante des forces $\Sigma\vec{F} = \vec{F} + \vec{P}$ mesure 4,3 cm, sa valeur vaut alors $4{,}3 \times 10^6$ N donc $\vec{a}$ a une direction verticale, sens vers le haut et pour valeur $a = \dfrac{\Sigma F}{M} = \dfrac{4{,}3 \times 10^6}{7{,}3 \times 10^5} = \mathbf{5{,}9\ m \cdot s^{-2}}$

OU : $F \cdot \vec{j} - P \cdot \vec{j} = M \cdot a \cdot \vec{j}$, en projection sur (Oy) : $F - P = M \cdot a$

$F - M \cdot g = M \cdot a$

Finalement : $a = \dfrac{F}{M} - g = \dfrac{1{,}16 \times 10^7}{7{,}3 \times 10^5} - 10 = \mathbf{5{,}9\ m \cdot s^{-2}}$

QUELQUES CONSEILS

1. Pour représenter ces forces, il faut leur valeur et définir une échelle.

2. Vérifier le sens des vecteurs lors de l'application de la 2^e loi de Newton.

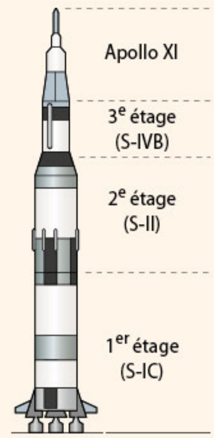
EXERCICE SIMILAIRE

29 Ascension de la fusée Saturn V

Le 16 juillet 1969 à 14 h 32 (heure française), la fusée américaine Saturn V décolle de Cap Kennedy avec à son sommet le vaisseau spatial « Apollo XI » et son équipage.

*Le premier étage de la fusée Saturn V fonctionne pendant 180 secondes. L'intensité de la force de poussée F des réacteurs est de l'ordre de $3{,}3 \times 10^7$ N permettant de propulser l'ensemble à une altitude de 68 km. **Données :** masse totale de la fusée : $2{,}9 \times 10^3$ t ; $g = 9{,}8$ m · s^{-2}.*

L'étude du lancement de la fusée peut se faire en appliquant la seconde loi de Newton.



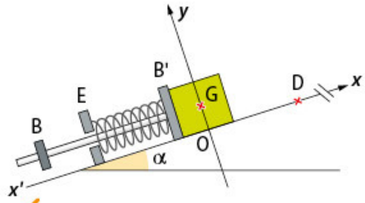
1. Quel référentiel supposé galiléen peut-on choisir pour étudier la phase du début du lancement ?

2. Faire un inventaire des forces modélisant les actions mécaniques appliquées à la fusée en tenant compte de l'interaction de l'air avec la fusée. Les représenter au centre de masse de la fusée sur un schéma (le décollage est supposé vertical).

3. En ne considérant que le poids et la poussée, montrer que la valeur de l'accélération de la fusée à l'instant initial du lancement vaut 1,6 m · s^{-2}.

Exercice résolu EN AUTONOMIE

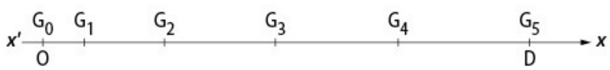
30 Propulsion d'un palet



Un palet en acier de masse $m = 50$ g est propulsé sans frottement sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 28$ ° avec l'horizontale (l'intensité de pesanteur est $g = 9{,}8\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Un manipulateur tire sur la tige et comprime ainsi un ressort jusqu'à ce que le centre de masse du palet se trouve au point O. En lâchant la tige, il libère le dispositif qui propulse le palet, jusqu'à ce que le centre de masse du palet arrive en D où il est libéré. La position du centre de masse G du palet est repérée sur un axe $x'x$ de même direction que la ligne de plus grande pente de la gouttière et orienté vers le haut.

La chronophotographie suivante présente la position qu'occupe le centre de masse G du palet à intervalles de temps réguliers $\tau = 20{,}0$ ms (points G_0 à G_5, la distance $G_0G_5 = OD = 12{,}1$ cm.). À $t = 0$, le centre d'inertie du palet est au point O ou G_0.



LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- On donne le schéma de la situation et les données.
- La chronophotographie et ses conditions d'obtention permettent de calculer a.

1. **Exprimer** le vecteur accélération $\vec{a}_{G_3}$ du palet au passage du point G_3 en fonction des vitesses $\vec{v}_{G_4}$ et $\vec{v}_{G_2}$ et de l'intervalle de temps τ. **En déduire** la valeur de cette accélération a_{G_3}.
2. En projetant la seconde loi de Newton appliquée au palet sur l'axe $x'x$, exprimer la valeur de la force de rappel F du ressort en fonction de m, g, a_G, α.
3. À l'aide de la question **1** et des données, **calculer** la valeur de F au point G_3.

LES VERBES D'ACTION

- **Exprimer :** donner l'écriture d'une formule littérale.
- **En déduire :** utiliser le résultat précédent.
- **Calculer :** effectuer une procédure courante.

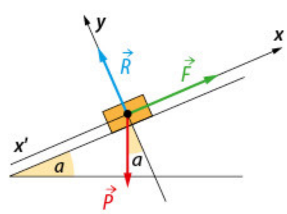
EXEMPLE DE RÉDACTION

1. $\vec{a}_{G_3} = \dfrac{\Delta \vec{v}_G}{\Delta t} = \dfrac{\vec{v}_{G_4} - \vec{v}_{G_2}}{2 \cdot \tau}$ or $v_{G_2} = \dfrac{G_1G_3}{2 \cdot \tau} = \dfrac{4{,}7 \times 10^{-2}}{2 \times 20{,}0 \times 10^{-3}}$

$= 1{,}2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $v_{G_4} = \dfrac{G_3G_5}{2 \cdot \tau} = \dfrac{6{,}3 \times 10^{-2}}{2 \times 20{,}0 \times 10^{-3}} = 1{,}6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Les deux vecteurs $\vec{v}_{G_2}$ et $\vec{v}_{G_4}$ ont la même direction et même sens,

donc $\boldsymbol{a_{G_3}} = \dfrac{v_{G_4} - v_{G_2}}{2 \cdot \tau} = \dfrac{1{,}6 - 1{,}2}{2 \times 20{,}0 \times 10^{-3}} = \mathbf{10\ m \cdot s^{-2}}$



2. Dans le référentiel gouttière, référentiel terrestre supposé galiléen, les forces qui modélisent les actions exercées sur le palet sont : le poids $\vec{P}$, la réaction de la gouttière $\vec{R}$ et la force exercée par le lanceur $\vec{F}$.

Appliquons la deuxième loi de Newton au système {palet} : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}_{G_3}$

Soit en projetant sur l'axe xx' : $\boldsymbol{- m \cdot g \cdot \sin\alpha + 0 + F = m \cdot a_{G_x}}$

3. Les coordonnées de $\vec{a}_{G_3}$ sont notées $(a_{G_{x_3}} ; a_{G_{y_3}})$.

Le mouvement étant rectiligne sur l'axe $x'x$ alors $a_{G_y} = 0$ donc $a_{G_x} = a_{G_3}$

On obtient donc $\boldsymbol{F = m \cdot (a_{G_3} + g \cdot \sin\alpha)}$

AN : $F = 50 \times 10^{-3} \times (10 + 9{,}8 \times \sin(28)) = \mathbf{0{,}73\ N}$

QUELQUES CONSEILS

1. Attention à l'échelle de la chronophotographie.

2. Reporter l'angle de la pente au niveau du poids.

3. Attention aux unités et au paramétrage de la calculatrice pour les angles en degré (°).

EXERCICE SIMILAIRE

31 Démarrage en côte

Un automobiliste, à l'arrêt dans sa voiture, doit réaliser un démarrage dans une côte faisant un angle $\alpha = 10°$ avec l'horizontale. En 10 s, il atteint la vitesse de $72\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

On étudie le système {automobiliste+voiture} dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on néglige les frottements et on note F la force modélisant l'action de propulsion.

Données : *masse du système $M = 1{,}0$ t ; intensité de la pesanteur $g = 9{,}8\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$*

1. Donner les caractéristiques du vecteur accélération $\vec{a}_G$ du centre de masse du système.
2. En projetant la seconde loi de Newton appliquée au système, exprimer la valeur de la force de propulsion F en fonction de M, g, a_G, α.
3. À partir du résultat de la question **1** et des données, calculer la valeur de F au démarrage.
4. En réalité la valeur est plus élevée, justifier.

S'entraîner pour maîtriser

SAVOIR RÉDIGER

32 Proposer une correction de la solution proposée par un élève à l'énoncé.

Énoncé

Le pendule est constitué d'une sphère de masse *m*, suspendu à l'extrémité d'un fil inextensible et de masse négligeable devant celle de la sphère. L'autre extrémité du fil est accrochée en un point fixe O.

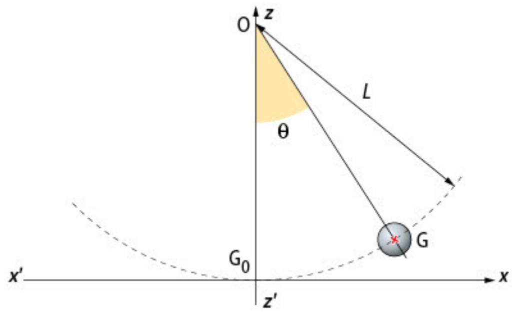
On pourra assimiler ce pendule à un pendule simple de longueur *L*.

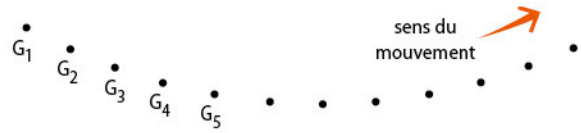
Le plan vertical du mouvement du pendule est rapporté à un axe horizontal *xx*' et à un axe vertical *zz*', d'origine G_0, orientés comme l'indique la figure.

La tension du fil est dans la direction du fil, vers le point O et a pour valeur $3{,}8 \times 10^3$ N.

À l'aide d'un logiciel, on enregistre les différentes positions du centre de masse G de la sphère. On obtient la succession de points représentée ci-contre.

1. Justifier la position du centre de masse.
2. Déterminer les caractéristiques de $\vec{a}_4$ vecteur accélération au point G_4 ?
3. En déduire la valeur de la tension du fil.





***Données :** $G_1G_2 = 3{,}2$ cm ; $m = 236$ g ; $g = 9{,}8$ m · s^{-2}*
Intervalle de temps entre deux points consécutifs : $\tau = 30$ ms.

Solution proposée par un élève

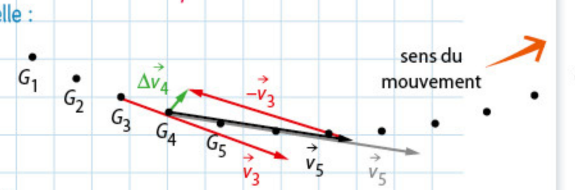
1. Le centre de masse correspond à G car c'est le point qui passe par l'origine du repère quand le pendule est à sa position d'équilibre. **Justification à revoir**

2. Pour déterminer les caractéristiques de $\vec{a}_4$ il nous faut tracer $\vec{v}_3$ et $\vec{v}_5$.

Pour cela $v_3 = \dfrac{G_2G_4}{\tau} = \dfrac{3{,}3 \times 10^{-2}}{30 \times 10^{-3}} = 1{,}1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $v_5 = \dfrac{G_4G_6}{\tau} = \dfrac{3{,}6 \times 10^{-2}}{30 \times 10^{-3}} = 1{,}2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ **Relations à revoir**

Les vecteurs vitesse étant tangents à la trajectoire, on peut tracer à l'échelle :

On mesure $\Delta v_4 = 0{,}23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Donc $a_4 = \dfrac{\Delta v_4}{\tau} = \dfrac{0{,}23}{30 \times 10^{-3}} = 7{,}7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$



La direction et le sens de $\vec{a}_4$ sont ceux de $\Delta\vec{v}_4$.

3. D'après la 2^e loi de Newton : $\sum \vec{F} = m\,\vec{a}_G$

D'où $\vec{P} + \vec{T} = m\,\vec{a}_G$ donc $\vec{T} = m\,\vec{a}_G - \vec{P}$. Or $m \cdot a_G = 236 \times 7{,}7 = 1{,}8 \times 10^3$ N.
Et $P = m \cdot g = 236 \times 9{,}8 = 2{,}3 \times 10^3$ N, $\vec{P}$ étant vertical vers le bas. **Attention aux unités**

La tension du fil, dans la direction du fil, a pour valeur $|1{,}8 \times 10^3 - 2{,}3 \times 10^3| = 0{,}50 \times 10^3$ N. **Il faut tenir compte des directions des vecteurs**

33 Voiture de sport

Une voiture de sport passe de 0 à 120 km · h^{-1} en 7,0 secondes sur une route horizontale.

1. Définir le système et le référentiel d'étude.
2. Donner les caractéristiques du vecteur accélération de son centre de masse.
3. La masse de la voiture est égale à 1 000 kg, les forces de frottement *f* sont égales à 1 500 N.

Calculer la valeur de la force motrice *F* nécessaire à cette accélération.

34 Elevator

An elevator of total mass *m* = 400 kg, initially immobile, is pulled by a vertical cable stretched by a force of 5,000 N and rises since the ground floor.

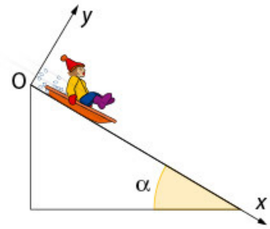
1. What is the study of reference?
2. What is the movement in this frame of reference?
3. Give the characteristics of the vector acceleration.

DONNÉE

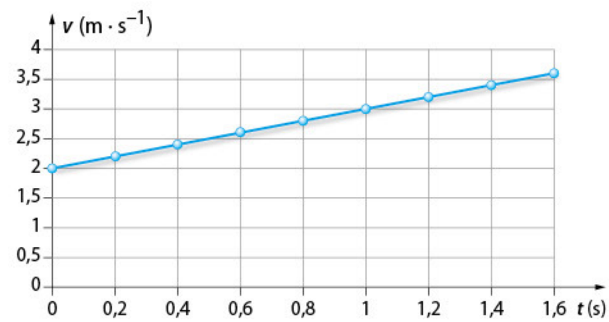
- $g = 9{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

35 La luge

Le système {enfant + luge}, de masse m, dévale une piste faisant un angle α avec l'horizontale. On néglige les frottements de l'air et de la piste.



Le mouvement du centre d'inertie du système est enregistré et on obtient, à l'aide d'un logiciel, la représentation graphique $v = f(t)$ suivante.



1. Dans quel référentiel ce mouvement est-il étudié ?

2. Quelle est la vitesse initiale du système ?

3. a. À l'aide de la courbe $v = f(t)$, déterminer la valeur de l'accélération du centre d'inertie du système.
b. Quels sont le sens et la direction du vecteur $\vec{a}$?

4. a. Quelles sont les actions mécaniques qui s'exercent sur le système ?
b. Représenter les forces modélisant ces actions.

5. a. Établir la relation vectorielle liant ces forces et l'accélération.
b. Écrire cette relation dans le repère (O ; x, y).
c. En déduire la valeur de l'angle α.

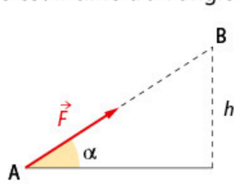
36 Hockey sur gazon

On étudie le mouvement de la balle de centre de masse G et de masse m, dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Durant la phase de frappe, on néglige toutes les actions liées à l'air ainsi que le poids de la balle. Au point A, la balle est immobile. Entre les points A et B, elle reste en contact avec la crosse. La force $\vec{F}$ qui modélise l'action exercée par la crosse sur la balle est supposée constante. Le segment AB représentant la trajectoire de la balle est incliné d'un angle $\alpha = 30°$ avec l'horizontale.

***Donnée :** masse de la balle : $m = 160$ g.*

1. Énoncer la deuxième loi de Newton et l'appliquer à la balle lors de son trajet entre A et B.



2. La force $\vec{F}$ qui modélise l'action de la crosse sur la balle s'exerce pendant une durée $\Delta t = 0{,}11$ s. La balle part du point A sans vitesse initiale et arrive en B avec une vitesse $\vec{v}_B$ telle que $v_B = 14\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.
a. Donner l'expression du vecteur accélération en fonction du vecteur vitesse.
b. Calculer la valeur de l'accélération du centre d'inertie de la balle entre les points A et B.
c. En utilisant les résultats obtenus, calculer l'intensité de la force exercée sur la balle par la crosse.
d. L'hypothèse sur le poids de la balle est-elle justifiée ?

37 Décollage DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

Lors du décollage, un airbus A 320 d'une masse de 75 tonnes atteint une vitesse de $300\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ grâce à ses deux réacteurs lorsque ses roues quittent le sol. La phase de roulage s'effectue en 21 s et sur 875 m de piste.

La poussée totale des deux réacteurs est supposée constante et égale à $F = 320$ kN.

DÉMARCHE EXPERTE

Calculer la valeur des forces résistantes f s'opposant au mouvement (on suppose que la portance compense le poids).

DÉMARCHE AVANCÉE

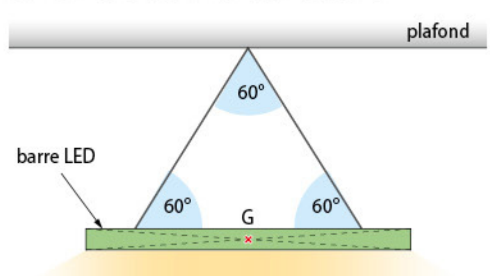
1. Représenter au centre de masse de l'avion, les quatre vecteurs représentant les forces qui modélisent les actions mécaniques s'exerçant sur l'avion : $\vec{P}$ pour le poids, $\vec{F}$ pour la poussée des réacteurs, $\vec{\pi}$ pour la portance et $\vec{f}$ pour la trainée.

2. Calculer l'accélération moyenne a_m lors de la phase de décollage.

3. En appliquant la 2e loi de Newton, montrer que la valeur des forces résistantes f s'opposant au mouvement est environ égale à 20 kN (on suppose que la portance compense le poids).

38 Luminaire

Une barre LED de masse 500 g est accrochée à un plafond par deux câbles métalliques identiques exerçant une action de tension d'intensité similaire sur la barre.



1. Justifier la position du centre de masse G de la barre LED.

2. La barre LED est-elle à l'équilibre ?

3. Déterminer la valeur de la tension de chaque câble.

Coups de pouce

- La barre de LED est un parallélépipède rectangle.
- Représenter toutes les forces modélisant les actions mécaniques exercées sur la barre en G en faisant apparaître les angles.

39 Texte d'Isaac Newton HISTOIRE DES SCIENCES

Extrait du *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* publié dans le tome I en 1687 par I. Newton et traduit par la comtesse du Chatelet en 1759.

> *Les changemens qui arrivent dans le mouvement ſont proportionnels à la force matrice, & ſe font dans la ligne droite dans laquelle cette force a été imprimée.*
> *Si une force produit un mouvement quelconque, une force double de cette premiere produira un mouvement double, & une force triple un mouvement triple, ſoit qu'elle a été imprimée en un ſeul coup, soit qu'elle l'ait été peu à peu & ſucceſſivement, & ce mouvement, étant toujours déterminé du même côté que la force génératrice, fera ajouté au mouvement que le corps est ſuppoſé avoir déjà, s'il conſpire avec lui, ou en fera retranché, s'il lui est contraire, ou bien ſera retranché ou rajouté en partie, s'il lui est oblique, & de ces deux mouvements il s'en formera un ſeul, dont la détermination ſera compoſée des deux premieres.*
>
> *Le grand ſ : c'est la lettre s.*

1. Par quelle grandeur peut-on remplacer expression « changements qui arrivent dans le mouvement » ?

2. Que représente pour Newton la « force motrice » ?

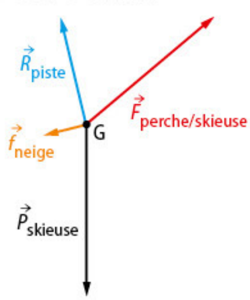
3. Énoncer cette loi dans un langage actuel.

4. Justifier alors la phrase « si une force produit un mouvement quelconque, une force double de cette première produira un mouvement double, et une force triple un mouvement triple ».

40 Remonte-pente

Une skieuse de masse inconnue démarre la remontée d'une pente faisant un angle α avec l'horizontale. Les vecteurs représentant les forces qui modélisent les actions mécaniques qui s'exercent sur elle sont tracés au point G ci-dessous.

***Donnée :** intensité de la pesanteur $g = 9{,}8\ N \cdot kg^{-1}$*



1. Définir le système et le référentiel d'étude.

2. Que représente le point G sur le schéma ?

3. Déterminer la valeur de l'accélération de la skieuse.

JE VÉRIFIE QUE J'AI…

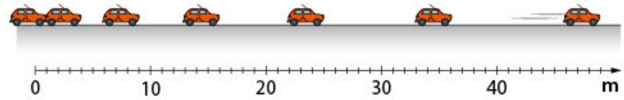
- Déterminé graphiquement la résultante des forces.
- Déterminé le rapport a/g en utilisant les vecteurs $\vec{P}$ et $\Sigma\vec{F}$

41 Voiture au banc d'essai TABLEUR-GRAPHEUR

Une voiture de masse $M = 1\ 200$ kg se déplace sur une route horizontale rectiligne. Elle est soumise à des actions mécaniques extérieures de deux types :
– les actions motrices, modélisées par un vecteur force $\vec{F}_m$ parallèle à la route et dans le sens du mouvement, d'intensité constante $F_m = 3\ 000$ N ;
– les actions résistantes, modélisées, tant que la vitesse est inférieure à $20\ m \cdot s^{-1}$, par un vecteur force $\vec{F}_r$ parallèle à la route de sens opposé au déplacement et d'intensité inconnue mais constante.

Afin de déterminer l'intensité de la force $\vec{F}_r$, on procède à la mesure de la vitesse de la voiture à différentes dates, durant la phase de démarrage. On photographie les positions successives de la voiture toutes les secondes. Le départ des photographies est synchronisé avec celui de la voiture.

À $t = 0$ s, l'avant de la voiture coïncide avec la position origine $x = 0$ m (pour plus de clarté, la position de la voiture à cet instant n'a pas été représentée sur l'enregistrement).



1. Définir le système et le référentiel galiléen d'étude.

2. Pourquoi la voiture est-elle repérée par l'avant et non pas par le centre de masse ?

3. Indiquer la méthode pour évaluer la vitesse de la voiture à une date t_i donnée.

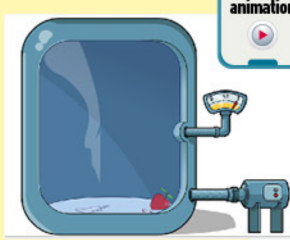
4. À l'aide de votre calculatrice ou d'un tableur grapheur :
a. donner les valeurs de la vitesse aux dates 1 s, 2 s, ...6 s ;
b. représenter graphiquement cette vitesse en fonction de du temps ;
c. donner l'équation de la courbe $v = f(t)$;
d. en déduire la valeur de l'accélération du mouvement ;
e. en déduire la valeur de la force $\vec{F}_r$.

À L'ORAL

42 Chute libre

bordas Flash PAGE animation

Élaborer un exposé oral de quelques minutes permettant d'expliquer qu'en l'absence d'action de l'air sur un système, une plume et une pomme lâchées de la même position touchent le sol en même temps comme le montre l'animation.



Les mots-clés à utiliser

- systèmes
- référentiel galiléen
- 2e loi de Newton
- centre de masse
- accélération
- intensité de la pesanteur

43 RETOUR SUR LA PAGE D'OUVERTURE

Au demarrage un « reverse bungee » (ou nacelle) est soumis à des actions mécaniques.

Préparer un exposé oral qui explique :
– comment évaluer la valeur des forces qui modélisent ces actions mécaniques qui s'exercent sur le bunger par les élastiques ;
– comment déterminer l'accélération de la nacelle.

PRÉPA BAC

Développer ses compétences

44 Vol d'un drone RÉSOLUTION DE PROBLÈME

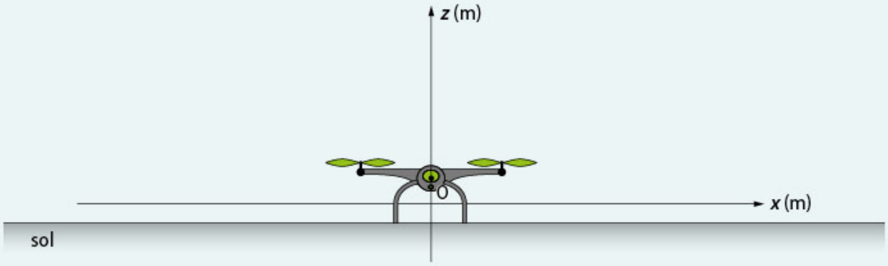
40 min

AN/RAI Proposer une stratégie de résolution

Les drones de loisirs à quatre hélices sont des véhicules aériens de faibles dimensions. Ils sont vendus au grand public pour être utilisés en loisir ou en activités professionnelles pour des prises de vue en altitude.

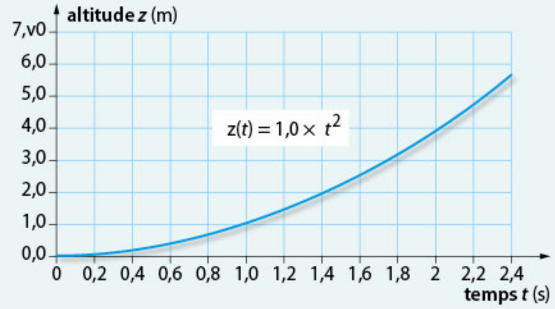
DOC 1 Étude du vol

Un film du décollage vertical a été réalisé afin de déterminer la force de poussée exercée sur le drone.
Le système {drone} est étudié dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. Le schéma ci-dessous représente la position du centre de masse du drone à l'instant initial. Le point O est l'origine du repère.
Le schéma ci-dessous est tracé sans souci d'échelle.

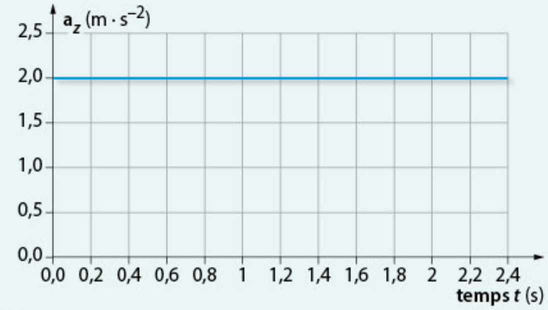


DOC 2 Exploitation de la vidéo

L'exploitation du film a permis d'obtenir l'évolution dans le temps des grandeurs $z(t)$ (Fig. A) et $a_z(t)$ (Fig. B), respectivement coordonnées suivant l'axe vertical du vecteur position et du vecteur accélération du drone, et les deux courbes ci-dessous modélisant l'évolution de ces grandeurs.



A Évolution temporelle de l'altitude du drone par rapport au sol.



B Évolution temporelle de l'accélération du drone lors du décollage.

On suppose que seuls le poids $\vec{P}$ et la force de poussée $\vec{F}$ (verticale vers le haut) modélisent les actions mécaniques qui agissent sur le drone lors de la phase de décollage vertical.

DONNÉES
- Masse du drone : $m = 110$ g
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}8$ N . kg^{-1}

QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

1. À l'aide de l'équation de la figure A du **document 2**, vérifier la valeur de l'accélération au décollage de la figure B.
2. Comparer qualitativement les valeurs des forces $\vec{P}$ et $\vec{F}$ lors du décollage.
3. Calculer la valeur de la force de poussée lors du décollage.

LE PROBLÈME À RÉSOUDRE

On souhaite fixer une webcam de masse m_W sur ce drone.

Quelle serait, en théorie, la valeur de la masse maximale de cette webcam au-delà de laquelle le décollage ne serait plus possible ?

Il est attendu une prise d'initiatives et une présentation de la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

45 Record de saut en longueur à moto RÉSOLUTION DE PROBLÈME

50 min

AN/RAI Proposer une stratégie de résolution

Le 31 mars 2008, l'Australien Robbie Maddison a battu son propre record de saut en longueur à moto à Melbourne. Son deux-roues, après une phase d'accélération, a abordé le tremplin avec une vitesse de 160 km · h^{-1} et s'est envolé pour un saut d'une portée égale à 107 m.

DONNÉES

- Le système {motard + moto} est assimilé à son centre de masse G et sa masse vaut 180 kg.
- L'étude est faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

DOC 1 Conditions du saut

Le saut se déroule en trois phases de mouvement, à savoir :
- la phase d'accélération du motard (de A à B) ;
- la montée du tremplin (de B à C) ;
- le saut (au-delà de C).

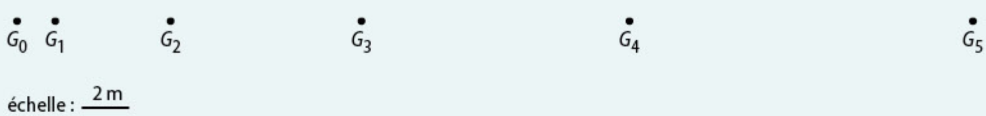
DOC 2 Enregistrement du saut

On considère que le motard s'élance, avec une vitesse initiale nulle, sur une piste rectiligne en maintenant une accélération constante.

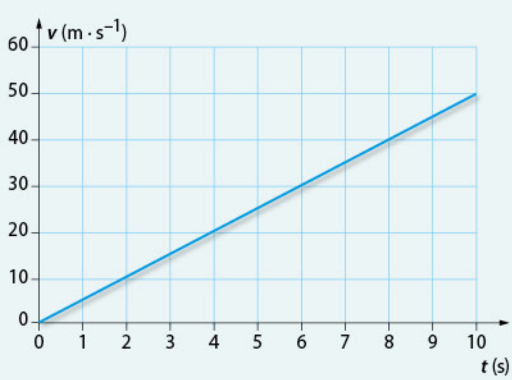
Une chronophotographie (en vue de dessus) représentant les premières positions successives du centre de masse G du système est donnée **ci-dessous.**

La durée $\tau = 0{,}800$ s sépare deux positions successives du centre de masse G.

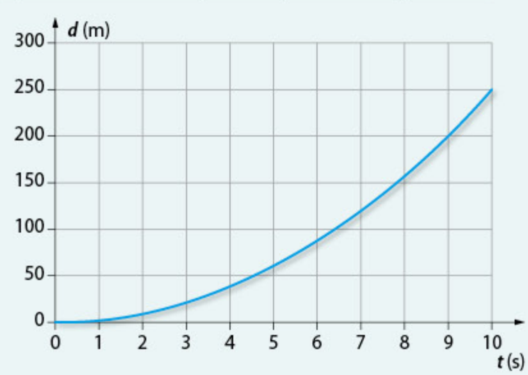
À $t = 0$ s, le centre de masse du système est au point A (G_0 sur la chronophotographie).



DOC 3 Évolution au cours du temps de la valeur *v* de la vitesse du motard



DOC 4 Évolution de la distance *d* parcourue par le motard depuis la position G_0



QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

1. Déterminer la valeur de l'accélération en G_3.
2. Vérifier que cette valeur sera la même au point B.

LE PROBLÈME À RÉSOUDRE

Déterminer la valeur de la distance AB parcourue et celle de la force motrice nécessaire pour réaliser ce record.

Il est attendu une prise d'initiatives et une présentation de la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

Flash PAGE corrigé détaillé

Retrouvez des exercices de synthèse p. 364

PRÉPA BAC

46 Lancer de marteau RÉSOLUTION DE PROBLÈME

30 min

AN/RAI Proposer une stratégie de résolution

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. On étudie le mouvement du boulet avant le lâcher du marteau par l'athlète.

DOC Principe du lancer de marteau

Pour simplifier l'étude, on suppose que l'athlète tourne sur lui-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.

Données : *la vitesse v est égale à 26 m · s^{-1} ; l'intensité de la pesanteur g à 9,8 m · s^{-2} et vous proposerez une valeur pour le rayon R de la trajectoire.*

QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

1. À partir de la définition du vecteur accélération $\vec{a}$, montrer qualitativement l'existence d'une accélération lors d'un mouvement circulaire.
2. En justifiant la réponse, tracer les vecteurs vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$ représentés en un point de la trajectoire du boulet en vue de dessus dans le cas d'un mouvement circulaire accéléré puis sur un autre schéma correspondant à celui d'un mouvement circulaire uniforme.

PROBLÉMATIQUE

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 qui modélise l'action exercée par le câble sur le boulet.

VERS LE SUP'

47 Détermination de la viscosité d'une huile

On souhaite déterminer expérimentalement la viscosité d'une huile moteur.

Pour cela on filme la chute verticale d'une balle dans cette huile moteur avec une caméra numérique.

L'exploitation du film avec un ordinateur permet de déterminer les valeurs de vitesse de la balle en fonction du temps.

1. Validité de la modélisation de la force de frottement

L'étude du mouvement de la balle se fait dans le référentiel du laboratoire. L'axe vertical Oz est dirigé vers le bas.

Les caractéristiques de la balle sont : masse $m = 35{,}0$ g ; rayon $R = 2{,}00$ cm ; volume $V = 33{,}5$ cm^3.

La masse volumique de l'huile est $\rho_{\text{huile}} = 0{,}910$ g · cm^{-3}.

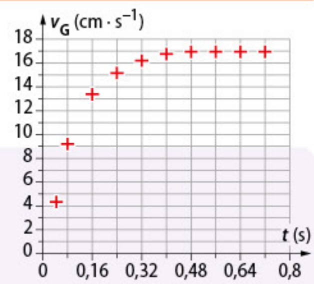
On suppose que la force modélisant le frottement de l'huile s'exprime sous la forme : $\vec{f} = -k \cdot \vec{v}_G$ où $\vec{v}_G$ est la vitesse du centre de masse de la balle, k une constante et v_G la composante de la vitesse suivant l'axe Oz.

La poussée d'Archimède modélisant l'action de poussée verticale vers le haut de l'huile sur le système a pour expression vectorielle : $\vec{F}_A = -\rho_{\text{huile}} \cdot V \cdot \vec{g}$

a. Le référentiel du laboratoire est-il galiléen lors de cette expérience ?

b. Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à la balle en chute verticale dans l'huile, puis les représenter sur un schéma.

c. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'équation différentielle du mouvement de la balle dans le référentiel du laboratoire.



Chute verticale d'une balle dans une huile moteur

d. Montrer que $\dfrac{dv_G}{dt}$ peut se mettre sous la forme :

$$\frac{dv_G}{dt} = A - B \times v_G$$

avec $A = g \times \left(1 - \dfrac{\rho_{\text{huile}} \times V}{m}\right)$ et $B = \dfrac{k}{m}$.

e. Vérifier que la constante A est égale à 1,27 SI. Préciser son unité. On donne la valeur du champ de pesanteur $g = 9{,}81$ m · s^{-2}.

f. Résoudre l'équation différentielle et donner l'expression de $v(t)$ en fonction de A, B et t.

g. La solution proposée est-elle en accord avec le graphe ?

2. Détermination de la viscosité de l'huile moteur

Pour des vitesses faibles, la formule de Stokes permet de modéliser la force de frottement fluide $\vec{f}$ agissant sur un corps sphérique en fonction de la viscosité η de l'huile, du rayon de la balle R et de la vitesse de déplacement $\vec{v}_G$ de la balle telle que : $\vec{f} = -6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot R \cdot \vec{v}_G$ avec η en Pa · s, R en m et v_G en m · s^{-1}.

a. En vous aidant de l'expression de B donnée à la question **1. c.** et de l'hypothèse $\vec{f} = -k \times \vec{v}_G$, exprimer la viscosité η en fonction de B, m et R.

b. Calculer la viscosité η de l'huile sachant que B = 7,5 s^{-1}.

c. À l'aide des valeurs de viscosité données ci-contre, identifier l'huile de moteur étudiée.

	Huile moteur à 20 °C		
	SAE 10	SAE 30	SAE 50
η (Pa · s)	0,088	0,290	0,700

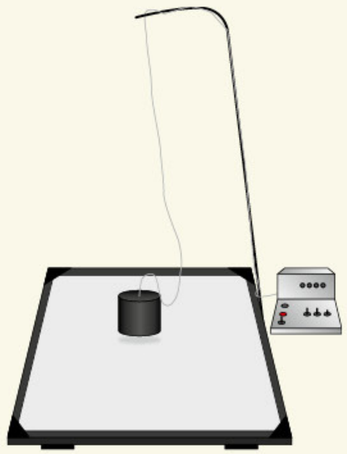
La 2e loi de Newton

Contexte

L'objectif est de déterminer la force de tension exercée par un élastique avant rupture.

Documents mis à disposition

Mobile autoporteur



Notion d'élasticité

Lorsqu'on exerce une action mécanique (contrainte) sur un matériau, celui-ci arrête de se déformer de manière élastique et réversible à partir d'une certaine valeur de la force modélisant cette action. Le matériau commence alors à se déformer voire à se rompre si il est fragile.

Matériel mis à disposition

- Une calculette type « collège » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- Un ordinateur muni d'une webcam, d'un logiciel de pointage et d'un tableur grapheur
- Une table pour mobile autoporteur
- Un élastique avec système d'accrochage sur le mobile

Travail à effectuer

1. AN/RAI **Proposition de protocole expérimental** *(20 min conseillées)*

- Proposer un protocole permettant de déterminer la valeur de la force modélisant la tension de l'élastique à sa limite d'élasticité.

Être en mesure de présenter le protocole

2. RÉA **Mise en œuvre du protocole expérimental proposé** *(20 min conseillées)*

- Mettre en œuvre le protocole et effectuer l'acquisition de la chronophotographie.

Être en mesure de présenter l'acquisition informatisée

3. VAL **Exploitation du résultat obtenu** *(20 min conseillées)*

1. Déterminer le point de rupture.
2. Mesurer les vitesses au point avant et après la rupture.
3. Déterminer l'accélération au point de rupture.
4. En déduire la valeur de la force.

Défaire le montage et ranger la paillasse.

PISTE POUR LE GRAND ORAL PRÉPA BAC

Pour se préparer à l'Oral
➥ Livret LES CLÉS DU BAC
(en début de manuel)

UNE QUESTION

Est-il possible de déterminer l'accélération d'un avion pour un décollage avec un impact environnemental minimal ?

Enjeu de la question

L'industrie aéronautique est en pleine expansion mais entraine des problèmes environnementaux. Il est par exemple nécessaire de pouvoir faire décoller un avion en consommant le minimum de carburant.

Proposition de plan de présentation

1. Définition des actions mécaniques qui s'exercent sur un avion.
2. Poussée des réacteurs et combustion. Consommation de carburant.
3. Force de trainée et de portance.
4. Accélération au décollage.
5. Conclusion : comment abaisser la consommation d'essence pour obtenir la même accélération.

Exemple de support de présentation

Avion en phase de décollage

Les mots-clés

forces (direction, sens, valeur) ▸ 2^e loi de Newton ▸ accélération ▸ combustion ▸ 3^e loi de Newton

QUESTIONS D'APPROFONDISSEMENT POSSIBLES

À propos du décollage d'un avion

- **Comment un moteur exerce -t-il une action mécanique sur l'avion ?**
- **Comment calculer l'accélération de l'avion au décollage ?**
- **Quel est le principe de la combustion dans un moteur ?**
- **Qu'est-ce que le coefficient de trainée et pourquoi la forme de l'aile est-elle importante ?**
- **Pourquoi utilise-t-on des matériaux composites ?**

UN EXEMPLE DE PROJET PROFESSIONNEL

Les **ingénieurs aéronautiques** sont au centre de la conception d'avions, hélicoptères, ... De la création sur logiciel informatique, au premier vol en passant par la maintenance, ils sont au cœur même de toutes les activités qui y sont liées. Ils travaillent aussi bien dans le domaine de l'**électronique**, de l'**informatique**, de l'**optique** que de la **mécanique de vol** ou de la **résistance des matériaux** car les avions subissent des contraintes physiques énormes pour pouvoir voler.

Après le bac : *bac + 5 : diplôme d'ingénieur ou master du domaine de la mécanique.*
Autres métiers : *ingénieur(e) matériaux, ingénieur(e) en optique, ingénieur(e) en électronique....*