

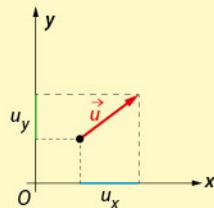
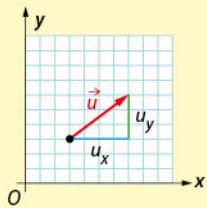
Description

Avant d'aborder le chapitre EN AUTONOMIE

LES ACQUIS INDISPENSABLES

- Pour décrire un mouvement, il faut décrire la forme de la trajectoire : **rectiligne** (en ligne droite), **circulaire** (en forme de cercle) ou bien curviligne (de forme quelconque) et la façon de la parcourir (uniforme ou non uniforme).

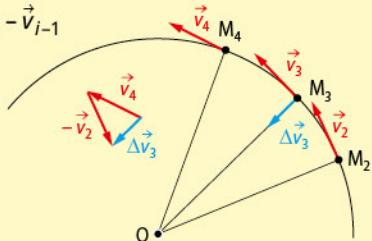
- Composantes d'un vecteur dans un repère orthonormé



● 1^{re} Enseignement de spécialité ● Seconde

■ Vecteur **variation de vitesse** :

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

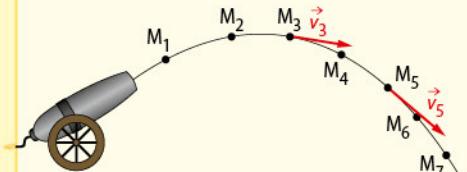


POUR VÉRIFIER LES ACQUIS

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



SITUATION 1

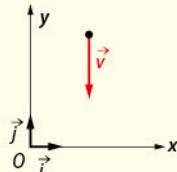


Lors du mouvement du boulet de canon, le vecteur vitesse ne garde pas une direction constante.

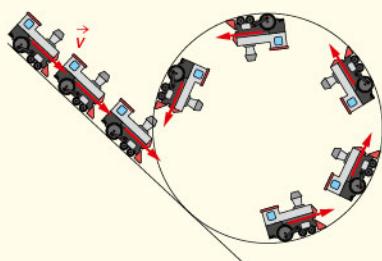
Que peut-on dire du vecteur variation de vitesse ?

SITUATION 2

La norme de la vitesse représentée ci-contre est de $3,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Quelle est l'expression de ce vecteur dans la base vectorielle proposée ?



SITUATION 3

Le mouvement du wagon de montagne russe ci-contre se décompose en 2 phases bien distinctes.

Quel est le mouvement du wagon dans chacune des phases ?



d'un mouvement

10

PHYSIQUE

Lorsque le mouvement est uniforme, comme dans un manège qui tourne à vitesse constante, que peut-on dire de l'accélération ?

EXERCICE 42



NOTIONS ET CONTENUS

- ▶ Vecteurs position, vitesse et accélération d'un point.
- ▶ Coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet pour un mouvement circulaire.
- ▶ Mouvement rectiligne uniformément accéléré. Mouvement circulaire uniforme .

CAPACITÉS EXPÉIMENTALES

- ▶ Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie pour déterminer les coordonnées du vecteur position en fonction du temps et en déduire les coordonnées approchées ou les représentations des vecteurs vitesse et accélération. ➔ **Activités 1 et 2**

CAPACITÉS MATHÉMATIQUES

- ▶ Dériver une fonction. ➔ **Activités 1, 2 et 3**

1. ACTIVITÉ DE DÉCOUVERTE

COMPÉTENCES :

(AN/RA) Procéder à des analogies.

(REA) Mettre en œuvre un protocole expérimental

Étude d'un mouvement

Un projectile est un objet auquel on donne une vitesse initiale. Les composantes des vecteurs position et vitesse permettent de caractériser le mouvement.

SITUATION-PROBLÈME

Le lancer du poids est une discipline olympique où il faut lancer une boule en métal aussi loin que possible.

L'athlète fournit à la boule une vitesse initiale, faisant un angle α avec le plan horizontal.

Le mouvement de la boule est-il modélisable ?

Comment évoluent les vecteurs vitesse et accélération au cours du mouvement ?

COUP DE POUCE ▶ p. 600



Kevin Mayer – Champion du monde 2017 du décathlon

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Pour préparer l'exploitation de l'enregistrement du mouvement

- Réaliser l'enregistrement vidéo du lancer du projectile choisi.
- À l'aide d'un logiciel de pointage vidéo, repérer les positions successives du centre du projectile.
- Exporter les données vers un tableur

UN PONT VERS LES MATHS

Calcul des composantes des vecteurs vitesse et accélération à partir des coordonnées de positions :

$$\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt} = \begin{pmatrix} \frac{dx}{dt} \\ \frac{dy}{dt} \end{pmatrix} \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \begin{pmatrix} \frac{dv_x}{dt} \\ \frac{dv_y}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{d^2x}{dt^2} \\ \frac{d^2y}{dt^2} \end{pmatrix}$$

▶ Fiche MATHS p. 535

MESURES ET ANALYSE

1 Enregistrement du mouvement

- a. Réaliser le protocole expérimental permettant de préparer l'enregistrement (FICHE MÉTHODE ▶ p. 586).
- b. Justifier les différentes étapes de la préparation de la captation.
- c. Réaliser le protocole expérimental permettant de préparer l'exploitation de l'enregistrement.
- d. Tracer la représentation graphique des positions et l'imprimer.

CONCLUSION

Décrire le type de mouvement sur chacun des axes.

Retrouver les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération tracés, à partir de leurs composantes.

Je réussis si...

► Je sais réaliser et exploiter une vidéo pour déterminer les coordonnées du vecteur position en fonction du temps.

► Je sais déduire des coordonnées du vecteur position les coordonnées approchées ou les représentations des vecteurs vitesse et accélération.

2 Exploitation de la représentation graphique des positions du projectile

Construire le vecteur accélération du point étudié en trois endroits du mouvement : pendant la phase de montée, au sommet de la trajectoire et pendant la phase de descente (FICHE MÉTHODE ▶ p. 554).

3 Exploitation des données à l'aide du tableur

À l'aide du tableur, calculer les composantes des vecteurs vitesse et accélération et les représenter graphiquement.

2. ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE

TP

COMPÉTENCES :

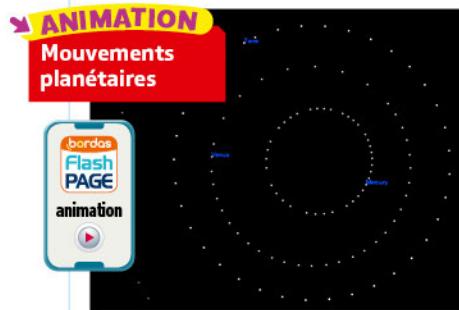
(VAL) Estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence.

(RÉA) Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données).

Mouvement de la Terre sur son orbite

Leurs vecteurs vitesse et accélération de la Terre renseignent sur son mouvement particulier autour du Soleil.

DOC 1 Mouvements planétaires



Une vidéo montre, à partir d'images extraites d'un logiciel de simulation, des mouvements planétaires.

La durée entre chaque image est de 10 jours. Toutes les orbites ne sont pas dans

le même plan : le plan de la vidéo correspond à celui de l'écliptique (plan de l'orbite terrestre).

DONNÉE

► Rayon de l'orbite terrestre : $R = 1,49 \times 10^{11} \text{ m}$

UN PONT VERS LES MATHS

La norme de $\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix}$ est : $u = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$.

Si σ est l'écart-type pour n mesures, l'incertitude

type est : $U = \frac{\sigma_n}{\sqrt{n}}$

► Fiche MATHS p. 538

MESURES ET ANALYSE

1 Utilisation d'un logiciel de pointage

À l'aide d'un logiciel de pointage vidéo, repérer les positions successives de la Terre au cours de son mouvement. Exporter ces données dans un fichier que vous nommerez : « Mouvement_Terre.csv »

2 Utilisation d'un langage de programmation

a. Compléter la partie du programme proposé afin que celui-ci, en chaque position du mouvement, puisse :

- déterminer les coordonnées du vecteur vitesse ;
- déterminer les coordonnées du vecteur accélération ;
- tracer le vecteur vitesse ;
- tracer le vecteur accélération.

b. Compléter la fin du programme proposé afin que celui-ci puisse :

- déterminer la moyenne de v et l'incertitude-type associée ;
- déterminer la moyenne de a et l'incertitude-type associée.

c. $a = k \frac{v^2}{R}$. Compléter la fin du programme proposé afin de déterminer k .

DOC 2 Exploitation des données

Le programme Python ci-dessous permet de récupérer les données numériques d'un fichier csv et de tracer les vecteurs vitesse et accélération dans un graphique représentant une chronophotographie du mouvement.

Langage python : `n.mean(array)` et `std(array, ddof=1)` permettent respectivement de calculer la **moyenne** et l'**écart type** d'un tableau de valeurs (array).

La fonction `plt.quiver()` permet de tracer un vecteur. On pourra connaître la syntaxe de la fonction en exécutant : `help(plt.quiver)` dans une console python (voir

FICHE MÉTHODE ➔ p. 560)

```
import matplotlib.pyplot as plt ; import
    numpy as n
#### Coordonnées des points en fonction du temps ####
fic = open("Mouvement_Terre.csv", 'r')
donnee=fic.readlines()
x=[] ; y=[] ; dt = 10*86400 # 10 jours entre 2 points#
for point in donnee :
    point=point.split() # chaque point est un triplet#
    if point[0][0].isnumeric():
        x.append(float(point[1].replace(',','.')))
        y.append(float(point[2].replace(',','.')))
#### Calcul de vx, vy et v pour le vecteur vitesse ####
vx=[] ; vy=[] ; v=[]
for i in range(1,len(x)-1):
    vx.append((x[i+1]-x[i-1])/(2*dt))
    vy.append((y[i+1]-y[i-1])/(2*dt))
    v.append((vx[-1]**2+vy[-1]**2)**0.5)
# Calcul de ax, ay et a pour le vecteur accélération #
#TODO
##### Tracé des champs de vecteurs: #####
vec_v=plt.quiver(x[1:-1],y[1:-1],vx,vy,color="green")#
plt.quiverkey(vec_v,X=0.7, Y=1.05, U=5e4,label='V') #
vec_a=plt.quiver(x[2:-2],y[2:-2],ax,ay,color="blue") #
plt.quiverkey(vec_a,X=0.2, Y=1.05, U=1e-2,label='a') #
plt.plot(x,y,"ro") ; plt.axis('equal')
plt.show()
##### Traitement statistique #####
v = n.array(v) ; a = n.array(a) # données sous numpy #
```

CONCLUSION

Commenter les directions et les normes des vecteurs vitesse et accélération.

Décrire le mouvement de la Terre et donner la relation entre a , v^2 et R pour ce type de mouvement.

Je réussis si...

► Je sais déduire des coordonnées du vecteur position les coordonnées approchées ou les représentations des vecteurs vitesse et accélération.

► Je sais représenter, à l'aide d'un langage de programmation, des vecteurs accélération d'un point lors d'un mouvement.

3. RÉSOLUTION DE PROBLÈME

TP

COMPÉTENCES :

(VAL) Confronter un modèle à des résultats expérimentaux

(APP) Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée

Descente olympique en bobsleigh

Le bobsleigh est une discipline sportive qui consiste à descendre le plus rapidement possible une piste en glace à l'aide d'une luge.

DOC 1 Le départ : la prise d'élan

La prise d'élan au début de la descente : 6 s de course sur 50 m pour atteindre la vitesse de $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.



QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

1 Vérifier que pour un mouvement uniformément accéléré, la distance parcourue au bout d'un temps t est : $d = \frac{1}{2}at^2$.

2 a. Zone 1 / Prise d'élan Quelle devrait être la vitesse atteinte dans les conditions données à la figure 1 si le mouvement était uniformément accéléré lors de la prise d'élan ? Est-ce le cas ?

b. Zone 2 / Virage À partir des documents fournis, déterminer la valeur de l'accélération dans le virage de la zone 2.

c. Zone 3 / Arrivée Pour simplifier, on considérera que durant la phase de freinage, l'accélération est constante. En s'aidant notamment de la démarche suivie dans 1, déterminer la valeur de l'accélération durant cette phase.

PROBLÉMATIQUE

Représenter un vecteur accélération dans chacune des zones encadrées du document 3, en tenant compte, tant que possible, de la direction, du sens et de la norme du vecteur. (Pour la zone 1, on prendra la valeur calculée au 1.b.)

Je réussis si...

- Je sais caractériser le vecteur accélération pour les mouvements suivants : rectiligne, rectiligne uniforme, rectiligne uniformément accéléré, circulaire, circulaire uniforme.
- Établir les coordonnées cartésiennes des vecteurs vitesse et accélération à partir des coordonnées du vecteur position.

DOC 2 Un parcours à grande vitesse

Les athlètes s'élancent en poussant la luge puis s'y insèrent. Le pilote guide ensuite la luge dans la descente. Pour simplifier, on considérera que la vitesse ne varie plus à partir de la moitié de la piste et que sa valeur est $v = 110 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.



DOC 3 Une seule piste olympique en France

La piste olympique de La Plagne, en Savoie : 1 507 m de piste pour un dénivelé de 124,5 m.



1 Les vecteurs du mouvement

► Le vecteur position

La description du mouvement d'un point M consiste à connaître à chaque instant les coordonnées $x(t)$, $y(t)$ et $z(t)$ de ce point dans l'espace. Le vecteur position $\vec{OM}(t)$ fournit toutes ces informations (FIG. 1).

Les composantes du vecteur position $\vec{OM}(t)$ dans un repère orthonormé sont les coordonnées du point M à l'instant t :

$$\vec{OM}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k} = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$

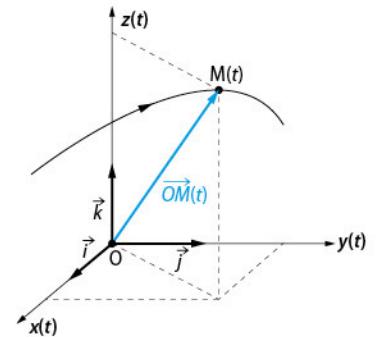


FIG. 1 Représentation du vecteur position dans un repère cartésien.

► Le vecteur vitesse

Le vecteur vitesse décrit l'évolution de la position au cours du temps. Il se calcule à un instant donné t_i , à partir du vecteur $\Delta\vec{OM}(t_i) = \vec{OM}(t_{i+1}) - \vec{OM}(t_{i-1})$ représentant la variation du vecteur position entre les instants précédent et suivant :

$$\vec{v}(t_i) = \frac{\Delta\vec{OM}(t_i)}{t_{i+1} - t_{i-1}} = \frac{\Delta\vec{OM}(t_i)}{\Delta t} \quad (\text{FIG. 2})$$

Lorsqu'on fait tendre Δt vers 0, le vecteur vitesse tend vers la **dérivée** du vecteur position.

Le vecteur vitesse est ainsi défini par l'expression :

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}(t)}{dt}$$

Il a les caractéristiques suivantes :

- sa direction est tangente à la trajectoire ;
- son sens est celui du mouvement ;
- sa norme correspond à la valeur de la vitesse. Elle s'exprime en $m \cdot s^{-1}$.

Chaque composante du vecteur vitesse est la dérivée d'une composante du vecteur position dans le repère cartésien :

$$\vec{v}(t) = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}$$

► Le vecteur accélération

Le vecteur accélération décrit l'évolution du vecteur vitesse au cours du temps. Il se calcule à un instant donné t_i , à partir du vecteur $\Delta\vec{v}(t_i) = \vec{v}(t_{i+1}) - \vec{v}(t_{i-1})$ représentant la variation du vecteur vitesse entre les instants précédent et suivant :

$$\vec{a}(t_i) = \frac{\Delta\vec{v}(t_i)}{t_{i+1} - t_{i-1}} = \frac{\Delta\vec{v}(t_i)}{\Delta t} \quad (\text{FIG. 3})$$

Lorsqu'on fait tendre Δt vers 0, le vecteur accélération tend vers la **dérivée** du vecteur vitesse.

Le vecteur accélération est ainsi défini par l'expression :

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt}$$

Sa norme correspond à la valeur de l'accélération. Elle s'exprime en $m \cdot s^{-2}$.

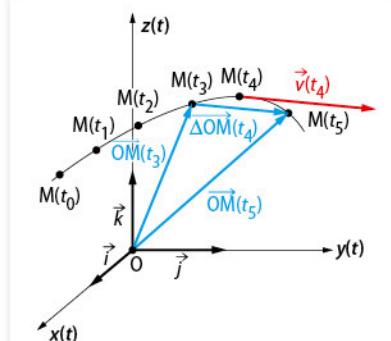


FIG. 2 Construction du vecteur vitesse en un point.

UN PONT VERS LES MATHS

Plutôt que de construire le vecteur vitesse en un point, à partir du point d'avant et du point d'après, il est parfois choisi de faire le calcul suivant, plus proche de la définition mathématique de la dérivée (exemple avec la coordonnée sur l'axe Ox de la vitesse) :

$$\text{Soit } \vec{OM} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \text{ et } \vec{v} = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix}$$

$$v_{x_i} = \frac{x_{i+1} - x_i}{t_{i+1} - t_i}$$

→ Fiche MATHS p. 553

Remarque. Dans le langage commun la notion d'accélération est seulement liée à l'augmentation de la vitesse. Le **vecteur accélération** nous renseigne de façon plus générale : si la norme de la vitesse change (qu'elle augmente ou qu'elle diminue) on dira effectivement que le vecteur accélération est non nul. Mais le vecteur accélération est également non nul si seule la direction du vecteur vitesse change. **Le vecteur accélération peut donc être parfois non nul dans le cas d'un mouvement uniforme.**

2 Le repère de Frenet

► Définition

Le repère de Frenet est défini par deux vecteurs orthogonaux $\vec{\tau}$ et \vec{n} de norme 1, comme les vecteurs $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ du repère cartésien.

Ces vecteurs se définissent en chacun des points de la trajectoire :

- Le vecteur $\vec{\tau}$ est tangent à la trajectoire et dans le sens du mouvement ;
- Le vecteur \vec{n} est orthogonal à $\vec{\tau}$ et dirigé vers le centre de la courbure de la trajectoire.

On dit que le repère de Frenet est **local** car il dépend du point de la courbe auquel on s'intéresse (FIG. 4).

► Pour les mouvements circulaires

Dans le cas d'un mouvement **circulaire**, les vecteurs vitesse et accélération se décomposent dans le repère de Frenet de la façon suivante :

- le vecteur vitesse est colinéaire au vecteur $\vec{\tau}$, par définition. Le vecteur vitesse n'a donc pas de composante selon \vec{n} :

$$\vec{v} = v\vec{\tau}.$$

Cette expression du vecteur vitesse dans le repère de Frenet ne se limite d'ailleurs pas aux trajectoires circulaires, mais reste valable quel que soit le type de mouvement et de trajectoire.

- le vecteur accélération s'écrira :

$$\vec{a} = a_{\tau}\vec{\tau} + a_n\vec{n} \text{ avec } \begin{cases} a_{\tau} = \frac{dv}{dt} & v \text{ en } m \cdot s^{-1}; a_{\tau} \text{ et } a_n \text{ en } m \cdot s^{-2}; \\ a_n = \frac{v^2}{R} & R \text{ étant le rayon de la trajectoire, en } m \end{cases} \quad (\text{FIG. 5})$$

Les composantes du vecteur accélération peuvent nous donner des informations sur le mouvement.

Il est important de remarquer que les expressions des composantes du vecteur accélération font intervenir la valeur de la vitesse (la norme du vecteur et non le vecteur vitesse lui-même).

EXEMPLE

- a_{τ} est :
- nulle si la vitesse est constante (mouvement uniforme) ;
 - positive si le mouvement est accéléré ;
 - négative si le mouvement est ralenti.

Remarque. Le repère de Frenet n'est pas limité aux seuls mouvements circulaires. En effet, si on considère par exemple qu'un mouvement rectiligne correspond à un mouvement circulaire dont le rayon du cercle tend vers l'infini, la composante a_n tend alors vers 0 et le vecteur accélération est colinéaire à la vitesse et sa norme est bien $a = \frac{dv}{dt}$ (voir paragraphe 3).

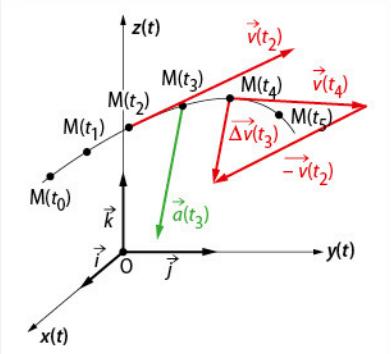


FIG. 3 Construction du vecteur accélération en un point (FICHE MÉTHODE ➔ p. 554).

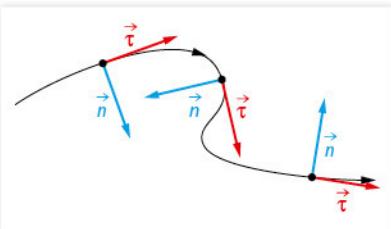


FIG. 4 Vecteurs de la base du repère de Frenet en quelques points d'une trajectoire quelconque.

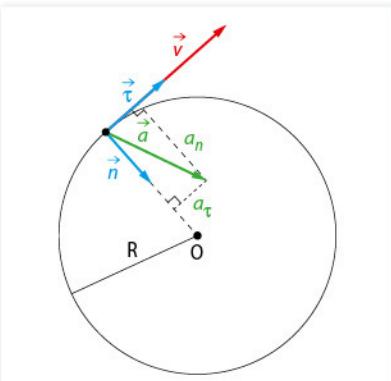


FIG. 5 Décomposition des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet, dans le cas d'un mouvement circulaire.

3 Mouvements particuliers

► Mouvements rectilignes

Un mouvement est rectiligne si la trajectoire étudiée est représentée par une droite.

Dans ce cas, les vecteurs vitesse et accélération gardent la même direction, celle de la trajectoire.

Dans le cas où l'accélération est constante, il y a 3 cas (FIG. 6) :

- $\vec{a} = \vec{0}$; le vecteur vitesse est alors constant. On parle de mouvement **rectiligne uniforme** ;

- $\vec{a} \cdot \vec{v} > 0$ (\vec{a} et \vec{v} sont de même sens) ; le mouvement est **rectiligne uniformément accéléré**. La norme du vecteur vitesse augmente, son sens et sa direction restent les mêmes ;

- $\vec{a} \cdot \vec{v} < 0$ (\vec{a} et \vec{v} sont de sens opposés) ; le mouvement est **rectiligne uniformément ralenti**. La norme du vecteur vitesse diminue, son sens et sa direction restent les mêmes.

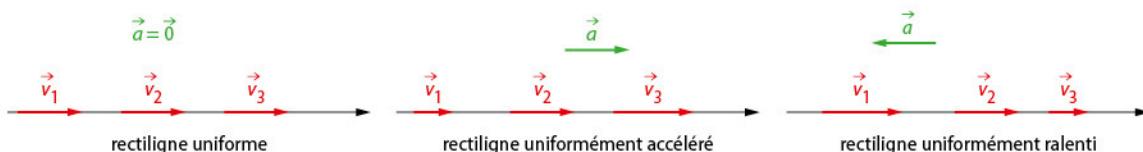


FIG. 6 Mouvements rectilignes à accélération constante.

EXEMPLE

Lorsqu'on lance un projectile verticalement vers le haut, l'accélération de la pesanteur qu'il subit est constante, verticale, vers le bas.

Au début du mouvement le vecteur vitesse est vertical, dirigé vers le haut. Dans cette première phase du mouvement $\vec{a} \cdot \vec{v} < 0$: la vitesse du projectile diminue. Le mouvement est rectiligne ralenti.

Au sommet de la trajectoire, la vitesse devient nulle.

Puis le projectile redescend : $\vec{a} \cdot \vec{v} > 0$. La vitesse augmente, le mouvement est rectiligne accéléré.

► Mouvements circulaires uniformes

Un mouvement est circulaire si la trajectoire étudiée est représentée par un cercle.

Dans le cas d'une trajectoire circulaire, les vecteurs vitesse et accélération ne sont plus colinéaires.

Si on utilise le repère de Frenet, on observe que a_τ est nul, en effet :

- $a_\tau = \frac{dv}{dt} = 0$ si la valeur de la vitesse ne change pas ;
- \vec{a} est ainsi tout le temps colinaire à \vec{n} .

On peut écrire : $\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{n}$

Ainsi, la valeur de l'accélération est constante : $a = \frac{v^2}{R}$.

Dans le cas particulier d'un mouvement circulaire et uniforme, les vecteurs vitesse et accélération sont orthogonaux (FIG. 7).

De plus $a = \frac{v^2}{R}$ où R est le rayon de la trajectoire.

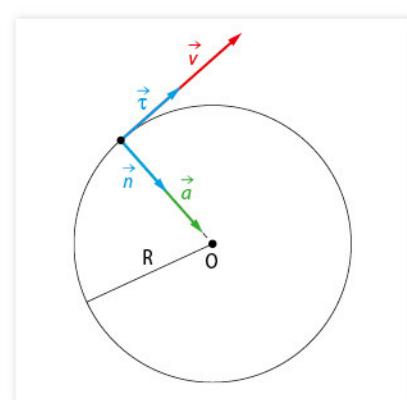
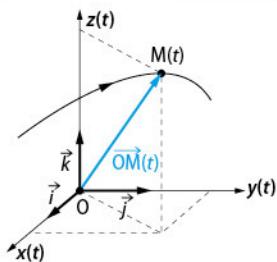


FIG. 7 Mouvement circulaire et uniforme.

1 Les vecteurs du mouvement

Représentation du vecteur position



$$\overrightarrow{OM} = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$

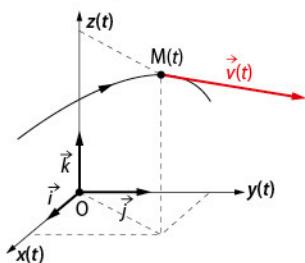
Construction du vecteur vitesse

$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$$

Sa direction est tangente à la trajectoire.

Son sens est celui du mouvement.

Sa norme s'exprime en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

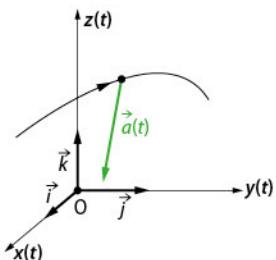


$$\vec{v} = \begin{pmatrix} \frac{dx}{dt} \\ \frac{dy}{dt} \\ \frac{dz}{dt} \end{pmatrix}$$

Variation du vecteur vitesse : le vecteur accélération

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

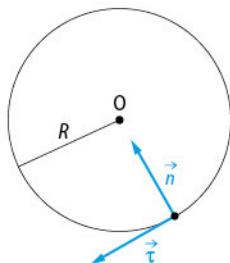
La norme du **vecteur accélération** s'exprime en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.



$$\vec{a} = \begin{pmatrix} \frac{dv_x}{dt} \\ \frac{dv_y}{dt} \\ \frac{dv_z}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{d^2x}{dt^2} \\ \frac{d^2y}{dt^2} \\ \frac{d^2z}{dt^2} \end{pmatrix}$$

2 Le repère de Frenet

Décomposition des vecteurs vitesse et accélération

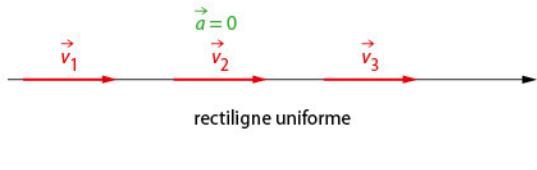


$$\vec{v} = v\vec{\tau} = \begin{pmatrix} v \\ 0 \end{pmatrix}$$

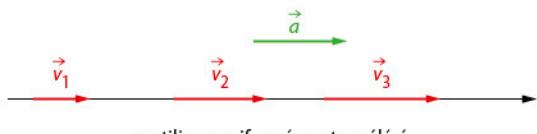
$$\vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{\tau} + \frac{v^2}{R}\vec{n} = \begin{pmatrix} \frac{dv}{dt} \\ \frac{v^2}{R} \end{pmatrix}$$

3 Mouvements particuliers

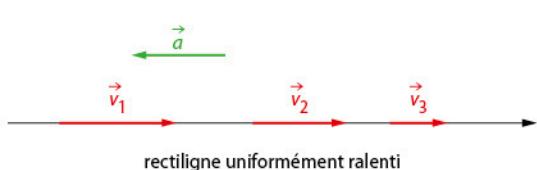
Mouvements rectilignes : représentations



rectiligne uniforme

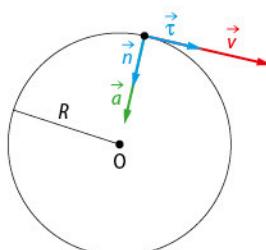


rectiligne uniformément accéléré



rectiligne uniformément ralenti

Mouvements circulaires uniformes : représentation et coordonnées des vecteurs vitesse et accélération



$$\vec{v} = v\vec{\tau} = \begin{pmatrix} v \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{a} = \frac{v^2}{R}\vec{n} = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{v^2}{R} \end{pmatrix}$$

d'où $a = \frac{v^2}{R}$

EXERCICES

Vérifier l'essentiel EN AUTONOMIE

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



1 Les vecteurs du mouvement

	A	B	C
1 La relation entre vecteur position \overrightarrow{OM} et vecteur vitesse \vec{v} est :	$\vec{v} = k \cdot \overrightarrow{OM}$ avec k constant.	$\overrightarrow{OM} = \frac{d\vec{v}}{dt}$.	$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$.
2 La relation entre vecteur vitesse \vec{v} et vecteur accélération \vec{a} est :	$\vec{a} = k \cdot \vec{v}$ avec k constant.	$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$.	$\vec{v} = \frac{d\vec{a}}{dt}$.
3 Lors d'un mouvement :	le vecteur vitesse est toujours tangent à la trajectoire.	le vecteur accélération est colinéaire au vecteur vitesse.	l'accélération s'exprime en $m \cdot s^{-2}$.

2 Repère de Frenet

	A	B	C
4 Les vecteurs \vec{t} et \vec{n} de la base du repère de Frenet :	gardent des directions constantes au cours du temps.	sont liés aux points de la trajectoire.	sont colinéaires aux vecteurs \vec{i} et \vec{j} de la base du repère cartésien.
5 Les expressions générales des vecteurs vitesse \vec{v} et accélération \vec{a} dans la base du repère de Frenet sont :	$\vec{v} = v\vec{t}$ $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{t} + \frac{\vec{v}^2}{R}\vec{n}$	$\vec{v} = v\vec{t}$ $\vec{a} = \frac{\vec{v}^2}{R}\vec{n}$	$\vec{v} = v\vec{t}$ $\vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{t} + \frac{\vec{v}^2}{R}\vec{n}$

3 Mouvements particuliers

	A	B	C
6 Pour un mouvement rectiligne :	les vecteurs vitesse \vec{v} et accélération \vec{a} sont colinéaires.	le vecteur \vec{a} est nul.	on ne connaît pas, <i>a priori</i> , les directions des vecteur vitesse \vec{v} et accélération \vec{a} .
7 Pour un mouvement circulaire :	les vecteurs vitesse \vec{v} et accélération \vec{a} sont colinéaires.	le vecteur \vec{a} est forcément nul.	les vecteurs vitesse \vec{v} et accélération \vec{a} sont non colinéaires.
8 Pour un mouvement uniforme :	le vecteur accélération \vec{a} est nul.	le vecteur \vec{v} est constant.	la norme du vecteur \vec{v} est constante.
9 Si les vecteurs vitesse \vec{v} et accélération \vec{a} sont colinéaires et de même sens, le mouvement sera :	rectiligne uniforme.	rectiligne accéléré.	rectiligne ralenti.

EXERCICES

Acquérir les bases

1 Les vecteurs du mouvement

EN AUTONOMIE

Ce qu'on attend de moi le jour du BAC

Vecteur position, vitesse et accélération d'un point

- Définir le vecteur vitesse comme la dérivée du vecteur position par rapport au temps et le vecteur accélération comme la dérivée du vecteur vitesse par rapport au temps
- Acquérir les bases : 11 14 → S'entraîner : 30

Coordonnées des vecteurs vitesse et accélération

- Établir les coordonnées cartésiennes des vecteurs vitesse et accélération à partir des coordonnées du vecteur position et/ou du vecteur vitesse.

- Acquérir les bases : 11 → S'entraîner : 33

10 Norme et vecteur

On étudie le mouvement d'un point M dans l'espace.

- Rappeler la relation entre le vecteur position \vec{OM} et le vecteur vitesse \vec{v}_M .
- Rappeler la relation entre le vecteur vitesse \vec{v}_M et le vecteur accélération \vec{a}_M .
- Trouver un exemple de mouvement pour lequel on a la relation : $a = \frac{dv}{dt}$. Expliquer.
- Trouver un exemple de mouvement pour lequel on a la relation : $a \neq \frac{dv}{dt}$. Expliquer.

11 Saut d'un tremplin en vélo



Un cycliste s'élance sur un tremplin de 2,0 m de haut. Arrivé en haut, sa vitesse lui permet de faire un saut. Les expressions des coordonnées du centre de masse du système {vélo + cycliste} durant ce saut ont été modélisées par des équations mathématiques :

$$\begin{cases} x(t) = 3,39 \times t \\ y(t) = -4,9 \times t^2 + 5,87 \times t + 2,0 \end{cases}$$

Les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ sont exprimées en mètre, à condition que t soit en seconde.

- Déterminer les composantes du vecteur vitesse au cours du temps.
- En déduire la valeur de la vitesse à $t = 1,0$ s.
- Déterminer les composantes du vecteur accélération au cours du temps.

b. Quelles remarques peut-on faire pour ce vecteur ?

c. Calculer la valeur de l'accélération au cours du mouvement.

12 Lancer vertical

La position d'un objet lancé depuis l'altitude h à la vitesse v_0 est donnée par l'expression :

$$\vec{OM} = \left(-\frac{1}{2}gt^2 + v_0t + h \right) \hat{k}$$

(\hat{k} est vertical, vers le haut et $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)

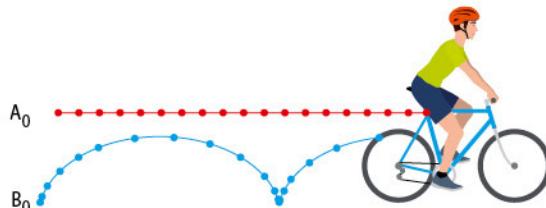
1. a. Donner l'expression de la vitesse de cet objet au cours du temps.

b. Montrer que le vecteur vitesse change de sens à un moment donné que l'on exprimera en fonction de v_0 et g .

2. Exprimer le vecteur accélération de cet objet et l'identifier à partir de ses caractéristiques.

13 Mouvement d'une valve de vélo

Une chronophotographie à l'échelle 1/40 du mouvement de deux points A et B d'un vélo a été reproduite ci-dessous :



Durée entre chaque points : $\Delta t = 20 \text{ ms}$

1. a. Calculer la valeur de la vitesse $\|\vec{v}_A\|$ aux points A_3 , A_8 et A_{14} . Quelles sont les caractéristiques (norme, sens, direction) du vecteur \vec{v}_A ?

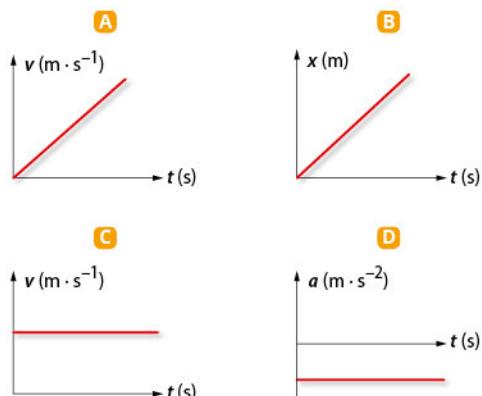
b. En déduire les caractéristiques du vecteur accélération \vec{a}_A .

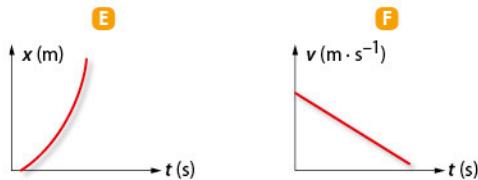
2. a. À l'aide d'un papier calque, reproduire les points B_2 à B_{10} . Construire les vecteurs vitesse \vec{v}_{B_3} , \vec{v}_{B_5} , \vec{v}_{B_7} et \vec{v}_{B_9} .

b. Sur la même chronophotographie, construire les vecteurs accélération \vec{a}_{B_4} , \vec{a}_{B_6} et \vec{a}_{B_8} .

14 Différents mouvements

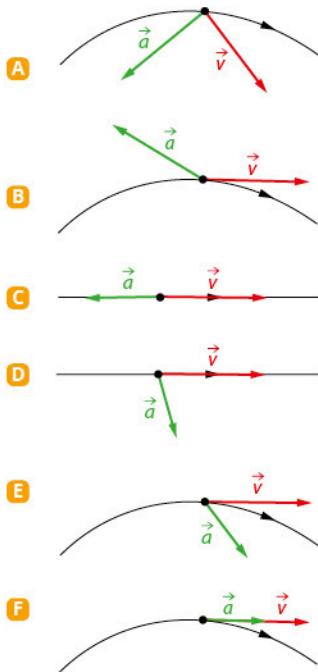
Trois mouvements rectilignes différents ont été étudiés. Des représentations graphiques temporelles des projections des vecteurs position, vitesse et accélération pour ces mouvements sont proposées ci-dessous. Regrouper ces représentations graphiques de telle sorte que chaque groupe corresponde à l'un des trois mouvements étudiés.





15 Mouvements impossibles

Ces représentations sont celles de trajectoires pour lesquelles un élève a associé en un point le vecteur vitesse et accélération pour traduire le mouvement. Certaines d'entre elles ne peuvent pas être correctes. Identifiez-les en justifiant.



2 Le repère de Frenet

EN AUTONOMIE

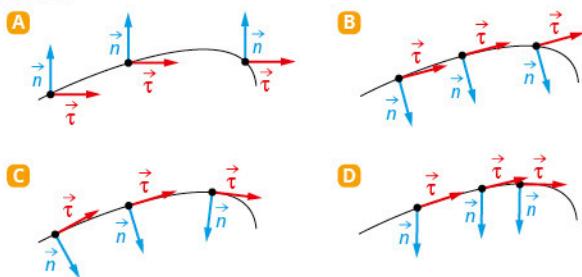
Ce qu'on attend de moi le jour du BAC

• Citer et exploiter les expressions des coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet, dans le cas d'un mouvement circulaire

→ Acquérir les bases : 18 → S'entraîner : 28

16 Les bons repères de Frenet

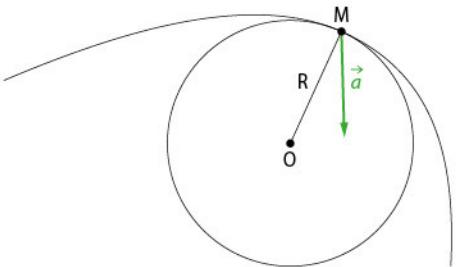
1. Choisir la (les) bonne(s) représentation(s) du repère de Frenet :



2. Corriger la (les) représentation(s) fausse(s).

17 En virage

Une automobile prend un virage. La trajectoire, vue de dessus, est assimilée à une portion de cercle en un point donné.



1. Reproduire le schéma et construire le repère de Frenet au point étudié.

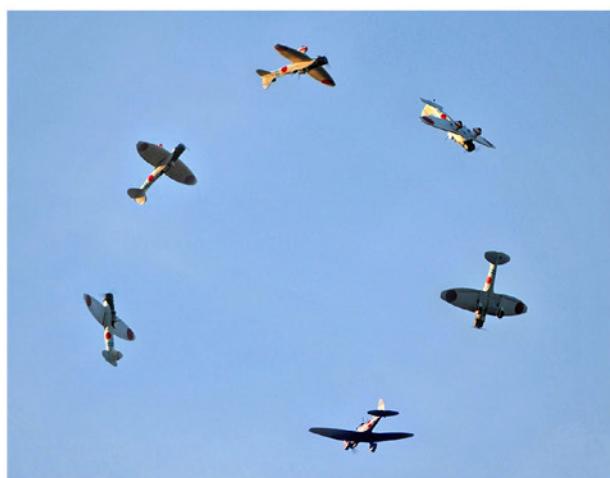
- Projeter le vecteur accélération sur le repère de Frenet.
- En déduire si la vitesse du véhicule est constante dans le virage.

18 Mouvement circulaire uniformément accéléré

On étudie un mouvement circulaire uniformément accéléré à l'aide du repère de Frenet.

- Rappeler les composantes du vecteur vitesse dans le repère de Frenet.
- Comment évoluent-elles au cours du temps ?
- Rappeler les coordonnées du vecteur accélération dans le repère de Frenet.
- Comment évoluent-elles au cours du temps ?

19 Le looping



Un looping est une figure de pilotage aérien que l'on assimile à une trajectoire circulaire.

- Rappeler les expressions générales des composantes du vecteur accélération dans le repère de Frenet.
- Les expressions en un point de la trajectoire des vecteurs vitesse et accélération dans ce repère sont, à un instant donné :

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} 40,0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ et } \vec{a} = \begin{pmatrix} -6,50 \\ 106,0 \end{pmatrix} \text{ (en unité SI).}$$

- Comment évolue la vitesse à l'instant considéré ?
- Quel est le rayon de la trajectoire ?

EXERCICES

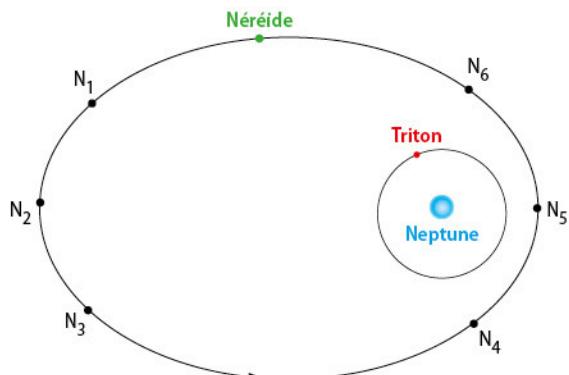
20 Un tour de manège

Un manège de 16,0 m de diamètre, animé d'un mouvement circulaire uniforme autour d'un axe vertical, fait un tour complet en 2,40 s.

- Faire un schéma de la situation, vu de dessus. Représenter sur le schéma les vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet pour un point se trouvant à la périphérie du manège.
- a. Calculer la vitesse pour un point se trouvant à la périphérie du manège.
- Déterminer les composantes de ces vecteurs dans la base du repère de Frenet.
- Mêmes questions pour un point se trouvant à 4 m de l'axe de rotation.

21 Satellites de Neptune

Les deux premiers satellites découverts autour de Neptune, Néréide et Triton ont des mouvements orbitaux bien différents : Triton a un mouvement circulaire alors que Néréide a un mouvement elliptique.



Dans chacun des cas, le vecteur accélération en chaque point de l'orbite est dirigé vers Neptune.

- a. Faire un schéma de l'orbite de Triton en représentant quelques vecteurs accélérations au cours du mouvement (sans soucis d'échelle)
- À l'aide du repère de Frenet, en déduire que Triton a un mouvement uniforme.
- a. Représenter schématiquement l'orbite de Néréide ainsi que les vecteurs accélération aux points N₁, à N₆.
- À l'aide du repère de Frenet, déterminer en quel(s) point(s) la vitesse de Néréide augmente, diminue ou reste constante.
- La vitesse de Néréide est à son maximum en un point appelé apside et à son minimum en un point appelé périapside. En expliquant le raisonnement, déterminer la position de ces deux points.

3 Mouvements particuliers

EN AUTONOMIE

Ce qu'on attend de moi le jour du BAC

- Caractériser le vecteur accélération pour les mouvements suivants : rectiligne, rectiligne uniforme, rectiligne uniformément accéléré, circulaire, circulaire uniforme

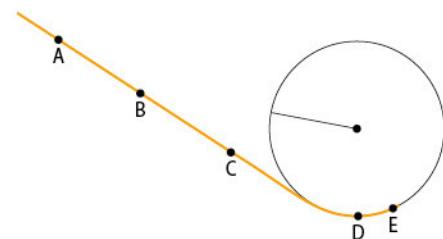
Acquérir les bases : 22 S'entraîner : 28 30

22 Caractériser une trajectoire

- Quelles sont les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération dans le cas d'un mouvement rectiligne ?
- Quelles sont les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération pour un mouvement uniforme :
 - Pour une trajectoire rectiligne ?
 - Pour une trajectoire circulaire ?
- Que peut-on dire du produit scalaire $\vec{a} \cdot \vec{v}$ dans les deux cas ?

23 Saut à ski

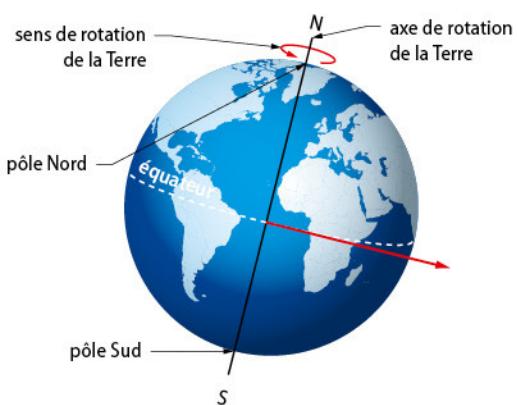
Un skieur s'élance sur une piste de saut à ski. Le mouvement lui permettant de prendre son élan jusqu'au tremplin est rectiligne uniformément accéléré. La partie correspondant au tremplin lui-même est considérée comme une portion de cercle. Pour simplifier, on considérera que la vitesse reste constante dans la portion circulaire.



Reproduire la figure ci-dessus représentant la trajectoire jusqu'au saut et tracer schématiquement les vecteurs accélération aux points A, B, C, D et E.

24 Accélération à l'équateur

Le rayon de la Terre est $R = 6,4 \times 10^3$ km.

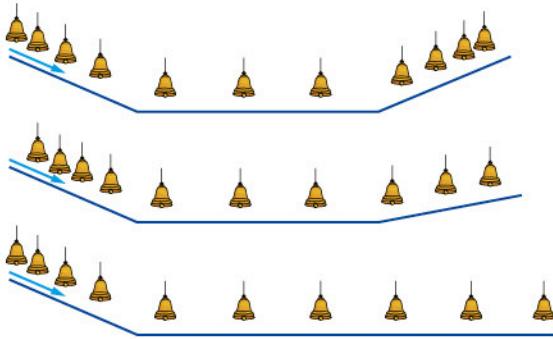


- On étudie le mouvement d'un point se trouvant à la surface de la Terre, au niveau de l'équateur, dans un référentiel dont l'origine est le centre de la Terre et dont les axes sont orientés vers des étoiles lointaines (référentiel géocentrique)

- Quel est le type de mouvement de ce point ?
 - Calculer le périmètre de la Terre au niveau de l'équateur. En déduire la vitesse de ce point.
 - Rappeler le lien entre vitesse et accélération pour ce type de mouvement. Décrire le vecteur accélération pour ce point.
- L'accélération de la pesanteur terrestre vaut $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Comparer le vecteur accélération de la pesanteur à celui

décrit à la question précédente. S'agit-il de la même accélération ? Proposer une explication.

25 Expérience de Galilée HISTOIRE DES SCIENCES



Afin de montrer l'effet des actions mécaniques sur les mouvements, Galilée, célèbre mathématicien et physicien italien du XVII^e siècle, avait imaginé une expérience qui consistait à faire rouler une boule sur des plans d'inclinaisons variables. Des clochettes tintaient au passage de la boule. Galilée déplaçait alors les clochettes jusqu'à ce que leurs tintements lui paraissent régulier à l'oreille, obtenant une sorte de chronophotographie du mouvement. Les schémas ci-dessus représentent les positions des différentes clochettes lors des expériences réalisées.

1. Décrire les mouvements dans chaque expérience en distinguant toutes les phases.
2. Décrire dans chaque cas évoqué à la question 1 le vecteur accélération de la boule.
3. Le but de cette expérience était de montrer que pour un plan horizontal, le mouvement est rectiligne uniforme.
 - a. Cela apparaît-il sur le schéma proposé ? Justifier.
 - b. Est-ce le cas dans la réalité ?

26 Limite de résistance à l'accélération

Une centrifugeuse d'entraînement de l'ESA (European Space Agency) fait décrire aux spationautes un mouvement circulaire uniforme dont le rayon est de 7,50 m. L'accélération maximale qu'ils subissent atteint 9 g ($1\text{ g} = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$).

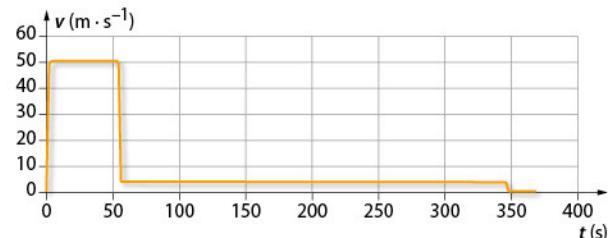


1. Rappeler la relation entre vitesse et accélération pour un mouvement circulaire uniforme.

2. En déduire la valeur de la vitesse maximale du spationaute.
3. Quelle est alors la période de rotation de la centrifugeuse (durée nécessaire pour parcourir le périmètre du cercle) ?

27 Un saut en parachute

La représentation graphique de la vitesse de chute d'un parachutiste lors d'un saut complet est donnée ci-dessous :



Le saut se déroule ainsi : le parachutiste sort de l'avion et effectue une chute libre de 4 000 m à 1 000 m. À cette altitude, il ouvre son parachute et continu sa descente. À la fin de la descente, à quelques mètres du sol, il effectue une manœuvre de ses commandes afin d'atterrir en douceur.

1. Repérer sur le graphique les intervalles de temps correspondants aux 5 phases du saut que l'on nommera.
2. Pour chaque phase, donner le nom du mouvement du parachutiste en justifiant.
3. Pour chaque phase, représenter l'allure des vecteurs vitesse et accélération du parachutiste, sans souci d'échelle.

Faire le point avant d'aller plus loin

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

**PRÉPA
BAC**

Quelles sont les expressions des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet ?

Décrire le vecteur accélération dans le cas d'un mouvement circulaire uniforme.

Quelle est la relation entre le vecteur vitesse et le vecteur accélération ?

Quelle est la relation entre le vecteur position et le vecteur vitesse ?

Quelles sont les relations entre les coordonnées du vecteur position et les coordonnées du vecteur vitesse ?

Décrire le vecteur accélération dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme et rectiligne accéléré.

Retrouver ces questions en version numérique

Exercice résolu

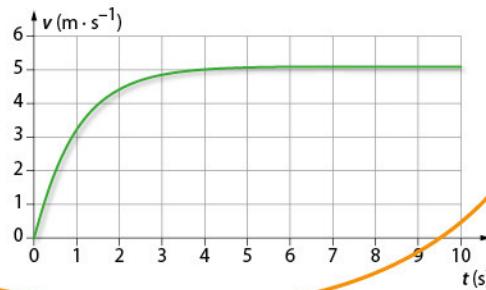
EN AUTONOMIE

28 Mouvement circulaire particulier

Le disque en pierre d'une meule est mis en rotation à l'aide d'un moteur électrique. On appelle \vec{v}_M la vitesse d'un point M se trouvant sur la périphérie du disque.

Le diamètre du disque est $D = 40 \text{ cm}$.

La représentation graphique de $\|\vec{v}_M\|$ est donnée ci-contre.



LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

► La dérivée d'une fonction est la **pente de la tangente** à sa représentation graphique.

► Le diamètre permet d'exprimer la **distance à l'axe de rotation** du point M. Il faut être vigilant sur les unités.

- Décrire la trajectoire du point M.
- Comment évoluent les composantes de \vec{v}_M dans le repère de Frenet ?
- Exprimer le vecteur accélération \vec{a}_M dans le repère de Frenet.
- À partir du graphique, décrire qualitativement l'évolution des composantes du vecteur accélération puis calculer la valeur de l'accélération à $t = 10 \text{ s}$.
- En déduire le type de mouvement du point étudié au cours du temps.

EXEMPLE DE RÉDACTION

1. a. Le point M se trouve à la périphérie d'un disque en rotation autour d'un axe fixe. Sa trajectoire est donc **circulaire**.

b. Le vecteur vitesse a pour expression $\vec{v}_M = v_M \vec{\tau}$ dans le repère de Frenet. Sa composante sur $\vec{\tau}$ **augmente** au cours du temps pour atteindre la valeur maximale d'environ $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à environ $t = 5 \text{ s}$, sa composante sur \vec{n} est nulle.

2. a. L'expression du vecteur accélération dans le cas d'un mouvement circulaire

$$\text{de diamètre } D \text{ est : } \vec{a}_M = \frac{dv_M}{dt} \vec{\tau} + \frac{v_M^2}{D/2} \vec{n}$$

b. La pente de la tangente à la courbe, et donc la composante sur $\vec{\tau}$ du vecteur accélération **est importante au début puis diminue au cours du temps** pour devenir nulle aux environs de $t = 5 \text{ s}$.

La composante sur \vec{n} évolue qualitativement de la même façon que v_M : elle **augmente au cours du temps** puis atteint une **valeur maximale** constante à partir de $t = 5 \text{ s}$.

À $t = 10 \text{ s}$, il n'y a plus que la composante sur \vec{n} de l'accélération.

$$\text{On a donc } a_M = \frac{v_M^2}{D/2} = \frac{5^2}{0,2} = 125 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \approx 1,2 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

c. Lorsque la composante sur $\vec{\tau}$ de l'accélération est nulle, le mouvement est uniforme. On en déduit que de **0 à 5 s environ**, le mouvement est **accéléré** et qu'à partir de **t = 5 s**, il est **uniforme**.

LES VERBES D'ACTION

► **Décrire** : ici il s'agit d'une trajectoire. Les mots-clés à utiliser sont : circulaire ou rectiligne uniquement

► **Décrire qualitativement** : donner les tendances sans fournir de valeur précise.

► **En déduire** : utiliser la réponse précédente pour répondre à celle-ci.

EXERCICE SIMILAIRE

29 La balançoire

Une balançoire peut osciller librement. À $t = 0$, elle est simplement lâchée avec une amplitude de 30° . La vitesse de la balançoire a pour expression, dans le repère de Frenet :

$$\vec{v} = \frac{L}{2} \cdot \sin(6,28 \times t) \vec{\tau} \text{ où } L \text{ est la longueur de la corde de la balançoire.}$$

- Que vaut la vitesse à $t = 0$?
- À partir du vecteur vitesse fourni, répondre aux questions suivantes :
 - décrire le type de mouvement de la balançoire entre 0 et 0,5 s ;
 - décrire le type de mouvement de la balançoire entre 0,5 s et 1 s ;
 - en déduire la période des oscillations.
- Donner l'expression du vecteur accélération dans la base de Frenet.
- À partir de son expression, montrer que le mouvement n'est pas uniforme.



Exercice résolu

EN AUTONOMIE

30 Vols spatiaux

Pour imaginer voyager dans l'espace, il faut atteindre des vitesses importantes. Imaginons un vaisseau capable d'accélérer à 5 g (5 fois l'accélération de la pesanteur terrestre, soit $a = 49,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$).

On imagine une navette ayant un mouvement rectiligne uniformément accéléré.

1. On considère que la vitesse initiale est nulle. Vérifier que l'expression de la distance parcourue par la navette au bout d'un temps t est $d = \frac{1}{2}kt^2$ où k est une constante dont on donnera la valeur numérique.

2. Uranus, la 8^e planète de notre système solaire, est à une distance d'environ $2,9 \times 10^9 \text{ km}$ de la Terre.

a. Déterminer le temps nécessaire pour atteindre cette planète dans ces conditions.

b. Déterminer la vitesse atteinte par la navette au bout de cette durée.

3. Si on voulait simplement atteindre cette planète, il faudrait en réalité un mouvement uniformément accéléré jusqu'à mi-parcours puis un mouvement uniformément ralenti afin d'avoir une vitesse nulle à l'arrivée.

a. Comparer les vecteurs accélérations dans les deux phases du mouvement.

b. Quelle serait la durée du voyage ?

c. Quelle serait la vitesse maximale atteinte ?

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

► La valeur de l'accélération est fournie

► Le type de mouvement est rectiligne à accélération constante.

LES VERBES D'ACTION

► Vérifier : à l'aide de l'expression fournie, retrouver une donnée de l'énoncé.

► Déterminer : trouver la valeur grâce à un calcul.

► Comparer les vecteurs : il faut comparer la norme, la direction et le sens des vecteurs.

EXEMPLE DE RÉDACTION

1. Le mouvement est rectiligne donc \vec{v} , $\overrightarrow{\text{OM}}$ et \vec{a} sont colinéaires. $\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{\text{OM}}}{dt}$ et $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$. Ainsi, $v = k \times t$ et $a = k$. L'accélération est donc bien constante : le mouvement est rectiligne uniformément accéléré et k n'est autre que l'accélération, donc $k = 49,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

2. a. Grâce à l'expression fournie par l'énoncé, on en déduit que $t = \sqrt{\frac{2d}{k}}$
soit $t = \sqrt{\frac{2 \times 2,9 \times 10^9}{49,0}} = 3,44 \times 10^5 \text{ s} = 3 \text{ jours } 23 \text{ h } 30 \text{ min}$.

b. L'expression de la vitesse a été calculée à la question 1 : $v = k \times t$, d'où $v = 49,0 \times 3,44 \times 10^5 = 1,69 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

3. a. Les deux vecteurs accélération ont même direction, même norme mais des sens opposés.

b. La durée du mouvement accéléré est la même que celle du mouvement ralenti. Ainsi, la durée totale est la somme des deux, soit :

$$t = 2\sqrt{\frac{d/2}{k}} = 2\sqrt{\frac{d}{k}} = 4,87 \times 10^5 = 5 \text{ jours } 15 \text{ h } 09 \text{ min}$$

c. La vitesse serait maximale à mi-parcours, soit $v = 49,0 \times \frac{4,87 \times 10^5}{2} = 1,19 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

QUELQUES CONSEILS

1. Préciser que tous les vecteurs sont colinéaires avant de dériver la norme du vecteur position (la distance).

2. a. Il faut convertir d en m.

3. b. Puisque les deux phases sont « symétriques », leurs durées sont les mêmes.

Ne pas oublier le facteur 2.

EXERCICE SIMILAIRE

31 Le plan incliné en roller

Ambre s'élance en roller dans la pente d'un plan incliné, avec une vitesse initiale (à $t = 0$) de $2,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Sa trajectoire est rectiligne ralentie uniformément. L'accélération est $a = 4,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Vérifier que la distance parcourue a pour expression : $d = 2,2 \times t - \frac{1}{2}kt^2$ où k est une constante numérique que l'on exprimera. Justifier le signe négatif dans l'expression.

2. a. Déterminer le temps nécessaire pour que sa vitesse devienne nulle.

b. Quelle distance aura-t-elle parcourue ?

3. La longueur du plan incliné est 60 cm. Ambre se laisse redescendre en marche arrière sur le plan incliné avec la même accélération. Quelle sera la durée de la descente du tremplin ? Quelle sera la vitesse atteinte au bas du tremplin ?



S'entraîner pour maîtriser

SAVOIR RÉDIGER

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

Énoncé

Au décollage, Ariane 5 a une accélération constante pendant 1,33 min. Sa vitesse passe de 0 à $500,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pendant cette durée.

- Calculer l'accélération subie par la fusée pendant cette durée.

- Vérifier que l'expression littérale de l'altitude en fonction du temps est : $h = \frac{1}{2}at^2$.
- Au bout de 2,0 min, sa vitesse est de $2\,000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
 - Calculer l'accélération moyenne de la fusée durant la deuxième phase.
 - Le mouvement est-il, *a priori*, uniformément accéléré pendant les deux premières minutes ? Justifier.



Solution proposée par un élève

1. L'accélération subie est : $a = \frac{500}{60 + 33} = 5,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) **Attention à la conversion de l'unité de la durée**

2. J'ai déjà vu cette formule dans un autre exercice du même type donc il s'agit de la bonne expression.

3. a. L'accélération subie est : $a = \frac{2\,000}{120} = 16,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) **Ceci est l'accélération moyenne sur les deux phases et non pas sur la deuxième uniquement**

b. L'accélération calculée à la question précédente ne dépend pas du temps. **Les valeurs des accélérations sur les deux phases sont-elles identiques ?**
Le mouvement est donc uniformément accéléré.

33 Du repère cartésien au repère de Frenet

On considère un point M en rotation autour d'un axe fixe. L'expression du vecteur vitesse de M dans un repère cartésien est :

$$\vec{v}_M = -4,8 \times \sin(5,0 \times t) \vec{i} + 4,8 \times \cos(5,0 \times t) \vec{j}$$

- Calculer la norme de la vitesse.
- Que peut-on dire du mouvement ?
- À partir de l'expression de \vec{v}_M , déterminer l'expression du vecteur accélération \vec{a}_M du point M.
- On donne les expressions des vecteurs de la base de Frenet :

$$\begin{cases} \vec{\tau} = -\sin(5,0 \times t) \vec{i} + \cos(5,0 \times t) \vec{j} \\ \vec{n} = -\cos(5,0 \times t) \vec{i} - \sin(5,0 \times t) \vec{j} \end{cases}$$

- À partir des expressions ci-dessus, retrouver l'expression du vecteur vitesse dans le repère de Frenet.
- Retrouver, en justifiant, la norme de la vitesse.

Coup de pouce

- identifier l'un des vecteurs de base dans l'expression du vecteur vitesse ;
- utiliser l'expression théorique du vecteur vitesse dans le repère de Frenet.

- Exprimer le vecteur \vec{a}_M déterminé à la question 2, dans le repère de Frenet.
- À partir des résultats trouvés, déterminer le rayon de la trajectoire du point M.

34 Électrophone DÉMARCHE DIFFÉRENCIÉES



Un disque vinyle « 33 tours » est un disque musical de 30 cm de diamètre qui effectue 33 tours complets par minute. Le saphir, qui permet la lecture de l'enregistrement, passe dans un microsillon unique en forme de spirale compacte. Le départ de la piste est sur l'extérieur du disque et lors du fonctionnement, la tête de lecture se rapproche progressivement de l'axe de rotation.

Lorsque l'accélération du saphir sur le disque est forte, la lecture est plus sensible aux chocs : le saphir peut alors parfois sortir du microsillon.

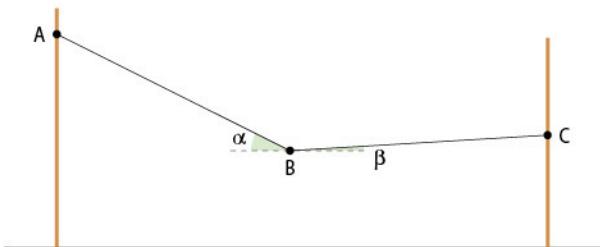
DÉMARCHE EXPÉRTE

Le saphir présente-t-il plus de risque de sortir du sillon lorsqu'il est près ou loin de l'axe ? (On admettra que a_τ est constant durant la lecture.)

DÉMARCHE AVANCÉE

- 1. a.** Exprimer la vitesse de passage du saphir dans le microsillon en fonction de R , la distance entre l'axe de rotation et la tête de lecture et T la période de rotation du disque.
- b.** En déduire si le mouvement du saphir sur le disque est accéléré, ralenti ou uniforme au cours de la lecture.
- 2. a.** Rappeler l'expression de la composante radiale (selon \hat{n}) du vecteur accélération dans le repère de Frenet.
- b.** Si le mouvement était uniforme, comment évoluerait la composante radiale de l'accélération au cours de la lecture ?
- c.** À partir de la question **1.a.**, exprimer la composante radiale de l'accélération en fonction de R et T . En déduire comment évolue réellement la composante radiale de l'accélération. (on admettra que la composante tangentielle est constante durant la lecture).
- d.** En déduire si le saphir présente plus de risque de sortir du sillon lorsqu'il est près ou loin de l'axe.

35 La tyrolienne



Une tyrolienne est une activité de plein air qui consiste à descendre, accroché à une poulie, le long d'un câble tendu entre deux points A et C d'altitudes différentes. Pour simplifier, on considérera que le câble est constitué de deux parties comme schématisé ci-dessus.

Loucas s'élanç depuis le point A, sans vitesse initiale.

On peut montrer que la valeur de l'accélération due à la pesanteur terrestre sur un plan incliné d'un angle θ par rapport à l'horizontale est $a = g \cdot \sin \theta$. (avec $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)

- 1.** Décrire le mouvement de Loucas entre les points A et B, puis entre les points B et C
- 2.** Les longueurs AB et BC sont égales et $\alpha > \beta$.
- a.** Comparer les vecteurs accélérations entre A et B et entre B et C.

Coup de pouce

- Comparer le sens et la direction des vecteurs accélération par rapport aux vecteurs vitesse.
- Comparer les normes des accélérations.
- b.** La vitesse au point C est-elle nulle ? Justifier.

36 La chaîne du vélo

Un cycliste a une trajectoire rectiligne uniforme. On cherche à étudier le mouvement des maillons de la chaîne du vélo pendant ce mouvement dans un référentiel lié au cadre du vélo.



Le grand disque lié aux pédales porte le nom de plateau, le petit, lié à la roue s'appelle le pignon.

- 1. a.** Comment peut-on qualifier le mouvement d'un maillon lorsqu'il est au contact de l'un des « disques » (plateau ou pignon) ?

- b.** Même question lorsqu'il n'est pas au contact de l'un des disques.

Dans le cas étudié, la vitesse d'un maillon est de $63,0 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

- 2. a.** Le rayon du pignon, lié à la roue, est de $2,55 \text{ cm}$. Calculer la composante a_n de l'accélération de la chaîne sur le pignon dans le repère de Frenet.

- b.** L'accélération de la chaîne sur le plateau est-elle la même ?

- c.** le mouvement du vélo sur la route est-il accéléré ?

37 Prévention routière



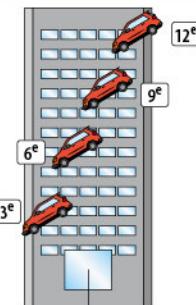
Question 15/40

Un choc à $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ contre un obstacle fixe correspond à une chute d'un immeuble :

- | | |
|--------------------------------|---|
| du 3 ^e étage | A |
| du 6 ^e étage | B |
| du 9 ^e étage | C |
| du 12 ^e étage | D |

votre réponse

- A B C D



Le document ci-dessus représente un exemple de diapositive l'évaluation du code de la route. Il compare l'impact d'un véhicule roulant à une vitesse constante donnée sur un obstacle fixe avec une chute libre.

La hauteur d'un étage d'immeuble dépend du type de bâtiment : $H = 3,3 \text{ m}$ avec une incertitude de $0,7 \text{ m}$.

- 1.** Les deux mouvements décrits sont-ils de même nature ? Justifier.

L'accélération subie par un véhicule en chute libre est celle de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

- 2. a.** Rappeler la relation entre vitesse et accélération.
- b.** Sachant qu'à $t = 0$ la vitesse est nulle dans le cas de la chute dans le vide, exprimer la vitesse d'un objet en chute libre en fonction du temps.
- c.** En déduire le temps t_{chute} nécessaire pour atteindre la vitesse de $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

- 3. a.** Rappeler la relation entre position et vitesse.

- b.** Vérifier que la distance d parcourue par l'objet en chute libre en fonction du temps est : $d = \frac{1}{2} g \cdot t^2$

- c.** En déduire la distance parcourue par l'objet en chute libre pendant t_{chute} . En déduire la bonne réponse au test.

EXERCICES

38 London Eye



The London Eye, Europe's tallest observation wheel, is an attraction on the south bank of the Thames in London. The wheel has a diameter of 120 metres (394 feet). It rotates at 26 cm (10 in) per second (about 0.9 km/h or 0.6 mph). As a result, one rotation takes about 50 minutes. The rotation is slow enough to allow

passengers to get on and off the moving capsules at ground level without stopping the wheel movement.

1. Calculate the real duration of a complete rotation.
2. How can you qualify the movement of the wheel ?
3. Calculate the tangential acceleration and the radial acceleration of a passenger capsule.

39 Exploitation de données TABLEUR-GRAPHEUR

Les composantes du vecteur position d'un point M sont fournies en mètre, au cours du temps dans le tableau suivant :

t	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
x	0	0,24	0,47	0,71	0,94	1,18	1,41
y	0	0,24	0,45	0,64	0,8	0,94	1,06
	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7
	1,65	1,88	2,12	2,35	2,59	2,82	3,06
	1,15	1,22	1,26	1,28	1,27	1,24	1,18
							1,1

1. À l'aide d'un tableur-grapheur, représenter les coordonnées du point M en fonction du temps.
2. a. L'une des représentations graphiques est-elle linéaire ?
b. En déduire le type de mouvement pour cette coordonnée.
3. a. Calculer puis représenter les valeurs de la dérivée de la seconde coordonnée.
b. En déduire le type de mouvement pour celle-ci.
4. Préciser, selon la coordonnée, la valeur de la vitesse ou de l'accélération, lorsque cette dernière est constante.

40 La cascade d'Anakin Skywalker

Dans l'épisode 2 de la *Guerre des étoiles*, Anakin Skywalker poursuit la tueuse à gage Sam Weeell sur Coruscant. Il saute dans le vide et effectue une chute, qui dure 15 secondes dans le film, avant de se rattraper sur le vaisseau de la fugitive en plein vol.

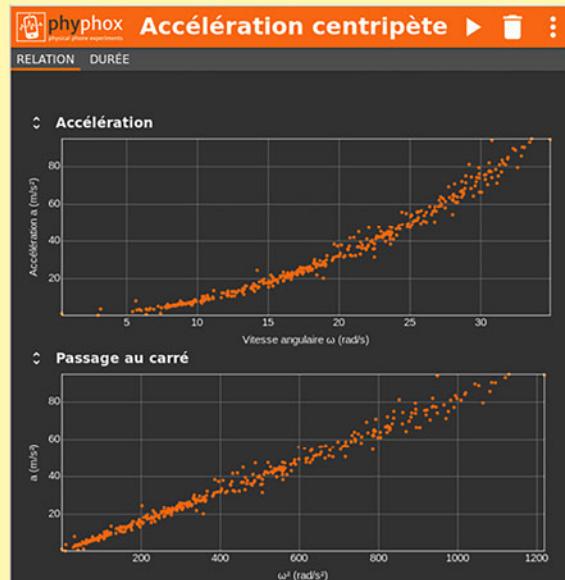
1. On néglige les frottements de l'air dans un premier temps. On imagine que l'accélération de la pesanteur est comparable à celle de la Terre et vaut environ $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.
a. Comment peut-on qualifier le mouvement d'Anakin ?
b. Déterminer l'expression de la vitesse en fonction du temps. En déduire la vitesse théorique en l'absence de frottement, lorsque Anakin atteint le vaisseau de Wesell.
2. En raison des frottements de l'air, la vitesse se stabilise aux environs de $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ environ.
a. Comment peut-on qualifier le mouvement réel d'Anakin dans les derniers instants de son saut ?

- b. En moins d'un dixième de seconde, il s'agrippe au vaisseau, sa vitesse de chute devient alors nulle. Quelle est la valeur approximative de l'accélération subie ?
c. Un astronaute entraîné résiste difficilement à une accélération de 9 g et risque l'évanouissement. Commenter le résultat obtenu à la question précédente.

À L'ORAL

41 La physique dans une essoreuse à salade

Un smartphone contient de nombreux capteurs dont un accéléromètre et un gyroscope (capable de mesurer des rotations dans l'espace). Une des applications du logiciel phyphox les utilise et permet la mesure simultanée de l'accélération et de la vitesse angulaire. La vitesse angulaire correspond à l'angle de rotation, en radian, parcouru par seconde.



Un smartphone a été placé dans une essoreuse à salade mise en rotation. Les mesures obtenues sont données ci-dessus. Après avoir déterminé la relation entre vitesse et vitesse angulaire pour un mouvement circulaire de rayon R , expliquer pourquoi cette expérience illustre la relation entre vitesse et accélération pour un mouvement circulaire uniforme.

42 RETOUR SUR LA PAGE D'OUVERTURE

En prenant l'exemple d'un manège qui tourne à vitesse constante, préparer un exposé oral qui permet de décrire l'accélération des points du manège.



Développer ses compétences

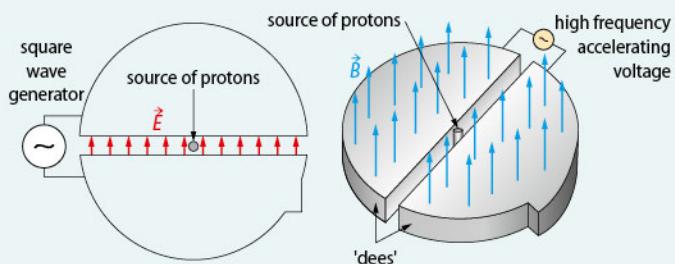
43 Le cyclotron RÉSOLUTION DE PROBLÈME



APP Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée

Un cyclotron est un accélérateur de particules qui produit un champ magnétique pour les faire tourner et un champ électrique pour accélérer leurs mouvements.

DOC 1 Principe du cyclotron



Un cyclotron est un accélérateur de particule constitué de deux « D » « dos à dos » plongés dans un champ magnétique \vec{B} uniforme et homogène.

Entre les deux « D », règne un champ électrique \vec{E} homogène qui, grâce à un générateur, change de sens périodiquement tout en gardant la même intensité et la même direction.

La distance entre les deux « D » est notée L .

À l'instant $t = 0$, un proton est libéré au niveau de la source de protons, sans vitesse initiale.

DOC 4 Le cyclotron, un accélérateur de particules compact

Étant donné que la particule n'est accélérée que pendant son passage entre les deux D, si elle effectue n passages, cela revient à accélérer la particule dans un champ électrique homogène et uniforme sur une distance égale à $n \cdot L$.

DONNÉES

- Masse d'un proton : $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- Charge d'un proton : $q_p = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
- $E = 1,0 \times 10^7 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$
- $L = 1,0 \text{ mm}$
- $B = 2,0 \text{ teslas}$

QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

1. Calculer le rayon du demi-cercle décrit par un proton qui pénètre dans l'un des « D » soumis à un champ magnétique de 2,0 teslas, avec une vitesse de $9,8 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
2. Montrer que le rayon des demi-cercles décrits dans les « D » augmente au fur et à mesure du mouvement de la particule.
3. Déterminer l'expression de Δt , le temps nécessaire pour parcourir un demi-cercle, en fonction de m , q et B .
4. Montrer que pour une particule pénétrant dans un champ électrique \vec{E} homogène et uniforme avec une vitesse \vec{v} colinéaire et de même sens que \vec{E} , la distance parcourue au cours du temps est :

$$x(t) = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2 + v_0 t$$

DOC 2 Champ magnétique

Un champ magnétique \vec{B} est un champ vectoriel qui peut être créé par un aimant ou un électroaimant. La mesure du champ magnétique se fait en tesla (T). Les champs magnétiques ont une influence sur les particules chargées : une particule de masse m et de charge q qui pénètre dans un champ magnétique uniforme et homogène avec une vitesse \vec{v} orthogonale à \vec{B} sera ainsi animée d'un mouvement circulaire uniforme de rayon R .

$$R = \frac{mv}{qB}$$

masse (kg)
rayon (m) $R = \frac{mv}{qB}$ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
charge (C) champ magnétique (T)

La trajectoire de la particule est dans un plan perpendiculaire à \vec{B} .

DOC 3 Particule dans un champ électrique

Lorsqu'elle est dans un champ électrique homogène et uniforme, une particule de masse m et de charge q subit une accélération :

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

charge électrique (C)
accélération ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$) $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$ champ électrique ($\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$)
masse de la particule (kg)

LE PROBLÈME À RÉSOUDRE

En utilisant tous les documents fournis, prévoir le mouvement et la vitesse de sortie de la particule si on estime qu'elle traverse 50 fois les deux « D ».

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

44 Distance d'arrêt d'un véhicule

RÉSOLUTION DE PROBLÈME

(ANA/R) Proposer une stratégie de résolution



La prévention routière insiste particulièrement sur les dangers de la vitesse au volant. Parmi les conséquences de cette augmentation, on entend souvent : la perte de contrôle lors d'un virage, la violence des chocs et bien sûr l'augmentation de la distance d'arrêt.

DOC 1 Définition de la distance d'arrêt

La distance d'arrêt correspond à la distance parcourue par le véhicule entre le moment où le conducteur voit un danger et le moment où le véhicule est à l'arrêt complet. Cette distance se décompose en deux parties : la distance parcourue pendant le temps de réaction et la distance de freinage, qui dépend de nombreux paramètres (vitesse, masse du véhicule, état des pneumatiques, état de la chaussée, efficacité des freins, etc.).



DOC 2 Distance de sécurité



À $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, la distance de sécurité réglementaire entre les véhicules est de 73 m. Elle correspond au double de la distance parcourue pendant le temps de réaction moyen du conducteur, dans des conditions normales. Le repère donné est qu'il faut « deux lignes de la bande d'arrêt d'urgence entre les véhicules successifs » car celles-ci mesurent 36 m et sont séparées de 14 m, ce qui donne une valeur à peine supérieure.

DOC 3 Distance d'arrêt



Le calcul de la distance de freinage n'est pas simple. La courbe ci-contre est valable pour un véhicule particulier, avec un état de route et de pneumatiques donné et une efficacité de freinage particulière.

QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

- Quel est le type de mouvement pendant le temps de réaction du conducteur ?
- Quel est le type de mouvement sur la distance de freinage ?

LE PROBLÈME À RÉSOUTRE

En utilisant tous les documents fournis, prévoir la distance d'arrêt pour ce véhicule lorsqu'il roule à la vitesse de $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

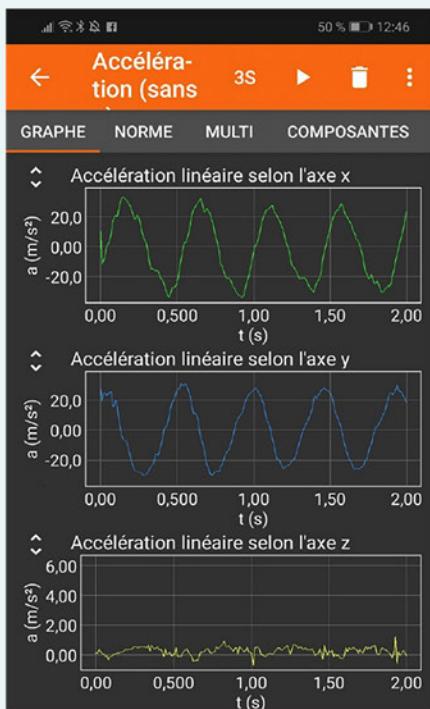
Il est attendu une prise d'initiatives et une présentation de la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

45 Mouvement à partir de l'accélération

RÉSOLUTION DE PROBLÈME

COM Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente.

Les smartphones contiennent une multitude de capteurs qui leur permettent des fonctionnalités toujours plus évoluées.

**DOC 1** L'application Phyphox

L'application Phyphox, comme d'autres applications scientifiques, permet d'accéder aux mesures faites par l'accéléromètre d'un smartphone.

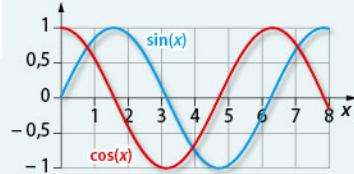
DOC 4 Composantes du repère de Frenet dans un repère cartésien

$$\vec{\tau} = -\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\vec{i} + \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\vec{j}$$

et $\vec{n} = -\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\vec{i} - \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\vec{j}$

DOC 2 Les axes de mesures de l'accéléromètre d'un smartphone

Un accéléromètre est un système capable de mesurer une accélération dans les trois directions de l'espace. Il permet, de façon générale de détecter une inclinaison subite, une secousse, une mise en mouvement ou un changement de vitesse ou de direction dans la trajectoire.

**DOC 3** Représentations graphiques des fonctions $\sin(x)$ et $\cos(x)$ 

QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

Un smartphone est mis en mouvement. À $t = 0$, sa vitesse est pratiquement colinéaire à l'axe Ox. La mesure de son accélération a été effectuée au cours du temps, grâce à l'application phyphox (**doc. 1**). Les mesures ne tiennent pas compte de l'accélération de la pesanteur. On désignera par a_x , a_y et a_z les accélérations linéaires selon les axes x, y et z.

- Si l'application ne compensait pas l'accélération de la pesanteur, que mesurerait l'accéléromètre ?
- On s'intéresse à a_x et a_y . Que remarque-t-on pour l'une lorsque l'autre est à un extrémum (minimum ou maximum) ? Représenter le vecteur accélération toutes les 0,2 s à partir de $t = 0$.

LE PROBLÈME À RÉSOUTRE

À l'aide des documents fournis décrire le plus précisément possible le mouvement réel du smartphone.

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

VERS LE SUP'

46 S'insérer dans la circulation

Un voiture A à l'arrêt à $t = 0$ cherche à s'insérer dans une circulation de voitures. Le véhicule B, se trouvant dans la circulation roule en ligne droite en direction de A à la vitesse constante $v_B = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. L'accélération de la voiture A est constante et vaut $a_A = 3,20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

- Exprimer d_B , la distance parcourue par la voiture B à l'instant t .

- Vérifier que d_A , la distance parcourue par la voiture A à l'instant t s'écrit : $d_A = \frac{1}{2}a_A t^2$.

AB_{\min} , est la distance entre A et B à $t = 0$ pour que la voiture A puisse s'insérer à la même vitesse que B, sans la faire freiner et en respectant une distance de sécurité de 50 m.

- Donner la relation entre d_B , d_A et AB_{\min} .
- Au bout de combien de temps le véhicule A atteint-il la vitesse du véhicule B ?
- En déduire la distance AB_{\min} .



Mouvement sur un plan incliné

Contexte

L'objectif est d'étudier le mouvement d'un cylindre sur un plan incliné grâce à un tableau et de tracer les vecteurs vitesse et accélération grâce à un langage de programmation.

Documents mis à disposition



Mouvement sur un plan incliné



vidéo

Fonctions python utiles

`For i in range(1, len(liste))` : Effectue une boucle : La variable *i* prend les valeurs d'indices du deuxième élément de liste jusqu'au dernier.

`liste1.append(liste2[i])` : On ajoute à liste1 l'élément d'indice *i* de liste2.

Fonction de la bibliothèque python matplotlib.pyplot

`plot(x,y, "ro")` : trace les points sur un graphique, les abscisses et ordonnées étant contenues dans les listes *x* et *y*. Le tracé est constitué de points rouge de forme ronde ("ro": red 'o')
`quiver(x,y,ux,uy,color = "green")` : trace un vecteur vert , de composantes (*ux,uy*) depuis le point (*x,y*).

Matériel mis à disposition

- Un ordinateur avec logiciel d'acquisition vidéo et logiciel de pointage vidéo et interpréteur python
- Une imprimante
- Un programme en langage python à compléter
- Une webcam sur son support
- Un cylindre
- Un plan incliné
- Une règle en plastique

Travail à effectuer

1. (ANA) Proposition de protocole expérimental (15 min conseillées)

- Rédiger un protocole permettant de faire l'enregistrement vidéo du mouvement du cylindre sur le plan incliné, de sorte que la vidéo puisse être correctement mise à l'échelle par le logiciel de pointage.



Être en mesure de présenter un protocole

2. (RÉA) Mise en œuvre du protocole expérimental (15 min conseillées)

- Réaliser la vidéo du mouvement et l'enregistrer sur l'ordinateur en vue de son exploitation.



Être en mesure de présenter l'acquisition informatisée



3. (RÉA) Exploitation des mesures effectuées (25 min)

- À l'aide d'un logiciel de pointage vidéo, repérer les positions successives du centre de masse du cylindre au cours de son mouvement.

1. (RÉA) Exploitation graphique

Exporter les données sous un tableau. Calculer les composantes du vecteur vitesse et les représenter graphiquement. Modéliser les représentations graphique et **imprimer** les documents. En déduire les valeurs moyennes a_x et a_y des composantes du vecteur accélération. Expliquer la démarche.

2. (RÉA) Exploitation numérique

Exporter les données au format csv. Compléter la partie du programme proposé ci-contre, afin que celui-ci, puisse déterminer les composantes du vecteur accélération et le tracer sur le second graphique.

3. Imprimer les champs vectoriels et les joindre au compte-rendu. Ranger la pailasse.

4. (VAL) Conclusions (5 min)

Confronter les résultats obtenus aux questions 1 et 2. Conclure sur le type de mouvement.

```
import matplotlib.pyplot as plt
#### Coordonnées des points en fonction du temps ####
fic = open("cylindre_plan_incline.csv", 'r')
# donnee=fic.readlines(); t=[]; x=[]; y=[]; L=[t,x,y] #
for point in donnee :
    p=point.split() # Une ligne donne une liste #
    if p[0][0].isnumeric(): #
        for i in range(3): #
            L[i].append(float(p[i].replace(',','.'))) #
    #### Calcul des coordonnées des vecteurs v et a #####
    vx=[] ; vy=[] ; ax=[] ; ay=[]
    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])) #
    # TODO
    #### Premier graphique : les vecteurs vitesses #####
    plt.subplot(2,1,1); plt.title("Vitesse") #
    plt.quiver(x[1:-1],y[1:-1],vx,vy,color="green") #
    plt.axis('equal'); plt.plot(x,y,"ro") #
    #### Second graphique : les vecteurs accélération #####
    plt.subplot(2,1,2); plt.title("Accélération") #
    # TODO
    plt.show() # On affiche
```

UNE QUESTION

Quelles informations nous fournit la balistique judiciaire ?

Enjeu de la question

La balistique judiciaire participe à la recherche d'indices sur les scènes de crime. Ces indices sont souvent incontournables dans le cas de reconstitutions, mais également d'identifications.

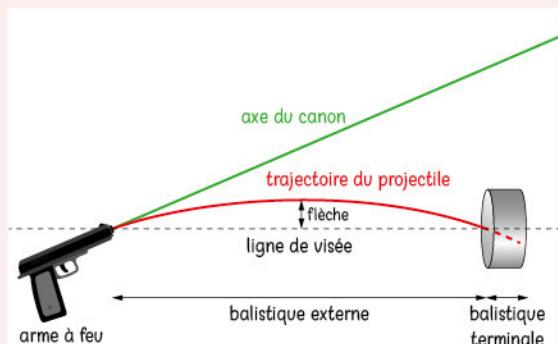
Proposition de plan de présentation

1. Définition du mot « balistique »
2. La balistique externe, ou l'étude des trajectoires des projectiles d'arme à feu.
3. La balistique terminale ou les conséquences du mouvement du projectile .
4. Autres cas d'études de trajectoires : véhicules, objets.

Les mots-clés

trajectoire ▶ vecteur vitesse ▶ ralentissement.

Exemple de support de présentation



Deux des trois parties de la balistique d'une arme à feu

QUESTIONS D'APPROFONDISSEMENT POSSIBLES

Comment peut-on retrouver l'équation de la trajectoire parabolique pour un « tir long » ?

Dans quel(s) autre(s) domaine(s), hors criminologie, est-il important de modéliser une trajectoire ?

À propos de la balistique...

La balistique suffit-elle à elle seule à reconstituer, par exemple, une scène de crime ?

La balistique judiciaire peut-elle s'intéresser également aux incendies criminels ?

UN EXEMPLE DE PROJET PROFESSIONNEL

Les enquêtes criminelles profitent de la science pour gagner en précision. La reconstitution d'une scène de crime fait partie intégrante de ce genre d'enquête. La logistique est l'un des aspects importants de cette reconstitution. Elle est complétée par de nombreuses autres compétences tant en physique qu'en chimie.

Après le bac : Concours d'entrée accessibles aux titulaires d'un Bac+2 (technicien) ou bac+5 (ingénieur).

Autres métiers : Techniciens en identification criminelle de la Gendarmerie Nationale.

Les personnels de la police technique et scientifique travaillent dans les laboratoires de la police scientifique. Ils apportent leur soutien aux enquêtes par leur constatations techniques dans des domaines comme la balistique, la microanalyse, la toxicologie...

