



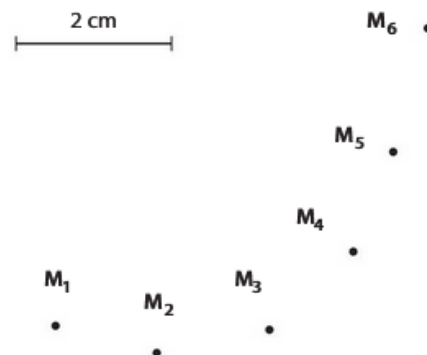
EXERCICES D'AUTOMATISATION EN AUTONOMIE

Ex 1 – Calculer une valeur de vitesse

Quelques positions d'un système en mouvement sont représentées sur le schéma suivant :

L'intervalle entre de temps Δt entre deux pointages successifs est 40ms

Calculer la valeur de la vitesse à l'instant t_4 où le système est M_4



On mesure sur la figure en tenant compte de l'échelle indiquée

la distance $M_4M_5 = 1,4 \text{ cm} = 1,4 \times 10^{-2} \text{ m}$

La durée qui sépare les positions M_4 et M_5 est $\Delta t = 40 \text{ ms}$.

$$v_4 = \frac{M_4M_5}{\Delta t} = 3,5 \times 10^{-1} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

CORRECTION

Ex 2 – Connaître le sens et la direction de la résultante des forces

Pour les tableaux ci-contre, **relier** chaque schéma de $\Delta \vec{v}$ et $\vec{v}$ à la somme des forces $\Sigma \vec{F}$ qui lui correspond.

Plusieurs schémas peuvent accepter la même réponse.

A			1
B			2
C			3
D			4

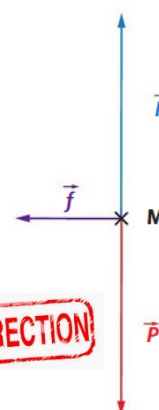
CORRECTION

Ex 3 – Connaître l'influence de la masse du système

Un système assimilé à un point M de masse m glisse sur le sol. Il est soumis aux forces représentées ci-contre à la même échelle.

La force $\vec{f}$ est une force de traction constante tout au long du mouvement

1. **Schématiser** la somme $\Sigma \vec{F}$ des forces
2. En **déduire** d'après la deuxième loi approchée de Newton la direction et le sens du vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ et le représenter sans contrainte d'échelle
3. Un autre système de masse $2m$ est soumis à cette même somme des forces. Pour une même durée, **comparer** les vecteurs variation de vitesse de ces deux systèmes



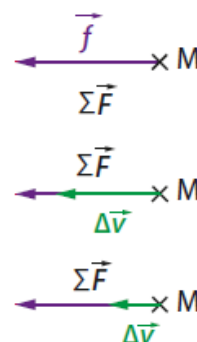
CORRECTION

1. Somme des forces : $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{R} + \vec{f}$

Les forces $\vec{P}$ et $\vec{R}$ se compensent : $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$. La résultante des forces $\Sigma \vec{F}$ est donc égale à $\vec{f}$.

2. Le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ a même direction et même sens que la résultante des forces $\Sigma \vec{F}$.

3. Si la masse du système est deux fois plus grande, le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ aura une valeur deux fois plus faible pour une même durée.

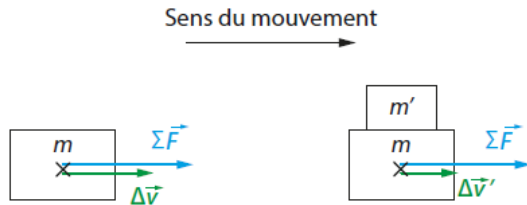


Ex 4 – Connaître l'influence de la masse du système (bis)

Dans les deux situations schématisées ci-dessous, les deux systèmes respectivement de masse m et $m+m'$ sont soumis à la même somme des forces $\Sigma \vec{F}$.

Les vecteurs variation de vitesse ont été représenté avec la même échelle.

Expliquer la différence entre les deux vecteurs variation de Vitesse



CORRECTION

Pour le système de masse m , on peut écrire : $\Sigma \vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

Pour le système de masse $m + m'$, on peut écrire :

$$\Sigma \vec{F} = (m + m') \frac{\Delta \vec{v}'}{\Delta t}$$

Sens du mouvement



La résultante des forces $\Sigma \vec{F}$ appliquée aux deux systèmes est la même.

$$\text{On a donc : } m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = (m + m') \frac{\Delta \vec{v}'}{\Delta t}$$

On en déduit que pour une même durée Δt , le système de masse m a un vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ de valeur plus grande que le système de masse $m + m'$. Il vient que le segment fléché représentant le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ est plus long que celui représentant le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}'$.

Ex 5 – Ouverture du parachute

Lors de l'ouverture du parachute, le parachutiste décélère.

1. Quelles sont les caractéristiques du vecteur variation de vitesse ?
2. En **déduire** la direction et le sens de la résultante des forces qui s'appliquent sur le système {parachutiste + parachute}.

CORRECTION

1. Le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ est vertical vers le haut.
2. La résultante des forces a la même direction et le même sens que le vecteur variation de vitesse : vertical vers le haut

Ex 6 – Connaître les propriétés du vecteur variation de vitesse

On a représenté les positions successivement occupées par un système à intervalle de temps régulier.

Dans chaque cas, **choisir** la bonne proposition. **Justifier.**

Cas 1.

Proposition A : le mouvement est rectiligne accéléré donc le vecteur variation de vitesse est dans le sens du mouvement.

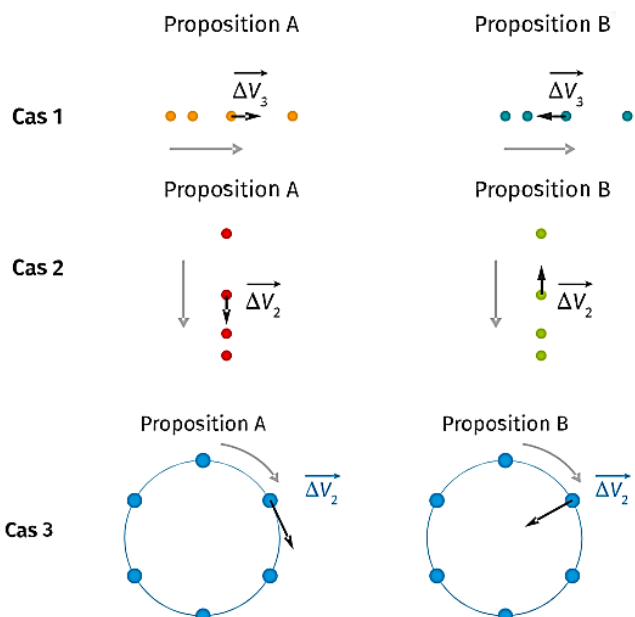
Cas 2.

Proposition B : le mouvement est rectiligne décéléré donc le vecteur variation de vitesse est dans

le sens opposé au mouvement.

Cas 3. Proposition B : lors d'un mouvement circulaire uniforme, le vecteur variation de vitesse est dirigé vers le centre du cercle.

CORRECTION



Ex 7 – Expérience lunaire

En 1971, David Scott réalise une expérience à la surface de la Lune. Il laisse tomber un marteau ($m = 1,32 \text{ kg}$) et une plume de faucon ($m = 0,03 \text{ kg}$), en même temps, depuis la même hauteur.

Les deux objets atteignent le sol au même moment.

1. Pourquoi peut-on affirmer que chaque objet est en chute libre ?
2. **Montrer** que, pour un objet en chute libre, la variation de vitesse ne dépend pas de sa masse.
3. **Expliquer** alors pourquoi les deux objets atteignent le sol au même moment.

CORRECTION

1. L'atmosphère de la Lune est très peu dense donc les frottements de l'air sont négligeables. Les deux objets sont uniquement soumis à leur poids : ils sont en chute libre.

2. Pour un objet en chute libre, de masse m et soumis à son poids, la relation approchée de la deuxième loi de Newton s'écrit :

$$m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{g}$$

La variation de vitesse ne dépend donc pas de la masse.

3. Les deux objets sont en chute libre donc leur variation de vitesse est la même. Comme ils sont tous les deux lâchés sans vitesse initiale et de la même hauteur, ils tombent avec la même vitesse et touchent le sol au même moment.

Ex 8 – Falcon Heavy

Le 6 février 2018, la Falcon Heavy, la fusée la plus puissante du monde, a été lancée depuis le centre spatial Kennedy en Floride. Les 27 moteurs fusées sont mis à feu et exercent une poussée $F = 22\,800 \text{ kN}$.

1. Quelles forces s'exercent sur la fusée ?
2. Les **représenter** à l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 10\,000 \text{ kN}$.
3. **Calculer** la valeur de la résultante des forces
4. En appliquant la deuxième loi de Newton, **calculer** la variation de la vitesse lors de la première seconde du décollage.

Données Masse de la fusée : $m = 1\,420 \text{ tonnes}$

Intensité de pesanteur : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

1. Les forces exercées sur la fusée sont le poids $\vec{P}$ et la poussée des moteurs $\vec{F}$.

2. Calcul du poids de la fusée :

$$P = m \times g = 1\,420 \times 10^3 \times 9,81 = 1,39 \times 10^7 \text{ N}$$

À l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 10^7 \text{ N}$, la force de poussée doit mesurer 2,3 cm et le poids 1,4 cm

3. La résultante des forces vaut : $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{F}$

La valeur de la résultante des forces se calcule telle que : $\Sigma F = |P - F|$ car $\vec{P}$ et $\vec{F}$ ont la même direction mais un sens opposé. Alors :

$$\Sigma F = |1,39 \times 10^7 - 22\,800 \times 10^3| = 8,87 \times 10^7 \text{ N}$$

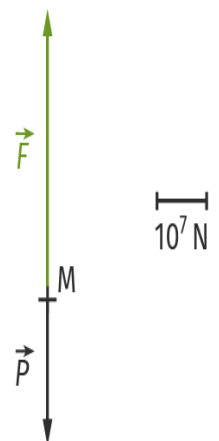
4. La relation approchée de la deuxième loi de Newton s'écrit :

$$m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = \Sigma F \quad \text{soit} \quad \Delta v = \frac{\Sigma F}{m \cdot \Delta t} \quad \text{alors}$$

$$\Delta v = \frac{8,87 \times 10^7}{1\,420 \times 10^3 \times 1} = 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Lors de la première seconde du décollage, la variation de la vitesse est de $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

CORRECTION



Ex 9 – Saut en parachute

On a représenté les vecteurs vitesse d'une parachutiste munie de son parachute, pour chacune de ses positions successives, à partir de l'instant où elle ouvre son parachute (t_0). Dans cette étude, le système {parachutiste + parachute} est assimilé à un point matériel P.

Données

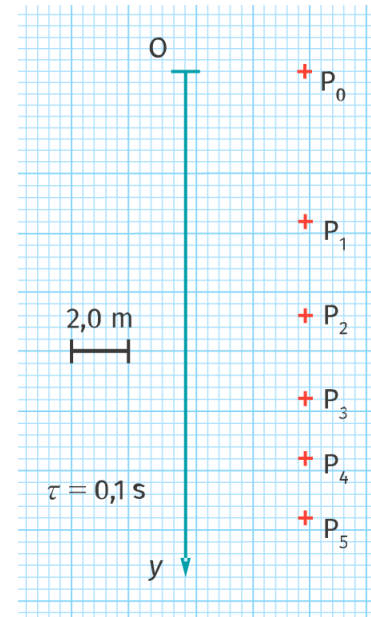
Masses du système : $m = 90 \text{ kg}$ Intensité de pesanteur : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Étude cinématique

1. **Calculer** les valeurs de v_1 et v_2 et **tracer** le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}_1$ au point P_1 .
Donner ses caractéristiques.

Étude dynamique

2. Quelles sont les forces qui s'appliquent sur le système {parachutiste + parachute} ? **Donner** leur direction et leur sens.
3. En appliquant la deuxième loi de Newton, **calculer** la résultante des forces appliquées au point P_1 .
4. **Donner** son sens et sa direction.
5. En **déduire** l'intensité de la force exercée par l'air au point P_1



$$1. P_1P_2 = 8 \text{ carreaux} = \frac{8 \times 2}{5} = 3,2 \text{ m};$$

$$v_1 = \frac{P_1P_2}{\tau} = 32 \text{ m/s. De même :}$$

$$P_2P_3 = 2,8 \text{ m}; v_2 = \frac{P_2P_3}{\tau} = 28 \text{ m/s.}$$

$$\Delta v_1 = |v_2 - v_1| = |28 - 32| = 4,0 \text{ m/s}$$

$\Delta \vec{v}_1$ est vertical vers le haut.

2. Les forces qui s'appliquent sur le système sont :

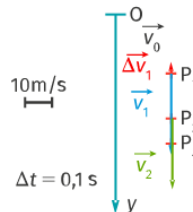
- le poids $\vec{P}$ vertical vers le bas ;
- la force de freinage du parachute $\vec{F}$ verticale vers le haut.

3. D'après la deuxième loi de Newton, appliquée au point matériel P à l'instant t_1 : $m \cdot \frac{\Delta \vec{v}_1}{\tau} = \Sigma \vec{F}$.

$\Sigma \vec{F}$ est de même direction et même sens que $\Delta \vec{v}_1$: vertical vers le haut, et a pour intensité : $\Sigma F = m \cdot \frac{\Delta v_1}{\tau} = 90 \times \frac{4,0}{0,1} = 3600 \text{ N (1)}$.

4. Par projection sur l'axe vertical, $\Sigma F = F - P$:

$$F = \Sigma F + P = \Sigma F + m \cdot g = 3600 + 90 \times 9,81 = 4,5 \times 10^3 \text{ N.}$$



CORRECTION



Ex 10 – Atterrissage

1. **Décrire** le mouvement d'un avion en phase d'atterrissage à partir de l'instant où il touche la piste.
2. **Préciser** la direction et le sens du vecteur variation de vitesse de l'avion.
3. En **déduire** la direction et le sens de la somme des forces qui s'exercent sur cet avion après son atterrissage

1. En phase d'atterrissage, le mouvement de l'avion est rectiligne ralenti.

2. La trajectoire de l'avion est rectiligne et la valeur de sa vitesse diminue. Le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ a donc pour direction la droite correspondant à la trajectoire de l'avion et a un sens opposé à celui du mouvement.

3. La somme des forces $\Sigma \vec{F}$ qui s'exercent sur cet avion après son atterrissage est colinéaire et de même sens que le vecteur variation de vitesse. Elle a pour direction la droite correspondant à la trajectoire rectiligne de l'avion et un sens opposé au sens du mouvement.

CORRECTION



Ex 11 – Départ d'un tramway

On trouve des réseaux de tramway dans plus d'une vingtaine d'agglomérations françaises.

On s'intéresse au mouvement du tramway après le démarrage, sur les premiers mètres de son parcours.

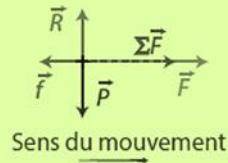
1. **Décrire** le mouvement du tramway.
2. **Préciser** la direction et le sens du vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ du système.
3. En **déduire** la direction et le sens de la somme des forces $\Sigma \vec{F}$ qui s'exercent sur le tramway.
4. **Identifier** et **schématiser** sans contrainte d'échelle les forces qui s'exercent sur le tramway. Le schéma devra être cohérent avec la réponse à la question 3.

1. Le mouvement du tramway après le démarrage lors des premiers mètres de son parcours est rectiligne et accéléré.

2. Le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ du système a donc pour direction la droite correspondant à la trajectoire et pour sens, celui du mouvement.

3. D'après la relation $\Sigma \vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$, la résultante des forces $\Sigma \vec{F}$ qui s'exercent sur le tramway a même direction et même sens que le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$.

4. Les forces qui s'exercent sur le tramway sont : son poids $\vec{P}$, l'action des rails $\vec{R}$, les forces de frottement $\vec{f}$ et la force de propulsion $\vec{F}$. D'après la question 3, la somme des forces doit être horizontale et orientée dans le sens du mouvement. Donc le poids est compensé par l'action des rails, la force de propulsion a une plus grande valeur que celle de frottement.



CORRECTION

Ex 12 – Planeur au décollage

Avant d'effectuer son vol en toute autonomie, un planeur doit être tracté par un avion afin de décoller et d'atteindre une altitude adaptée.

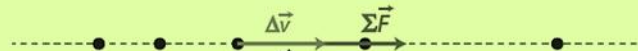
On étudie la phase précédant le décollage pendant laquelle le planeur, d'une position arrêtée, acquiert une vitesse tout en étant encore en contact avec le sol.

1. **Décrire** le mouvement d'un point M modélisant le planeur dans un référentiel terrestre.
2. **Schématiser**, sans contrainte d'échelle, quelques positions de ce point M à intervalles de temps égaux.
3. **Représenter** sans contrainte d'échelle le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ du système étudié ainsi que la résultante des forces $\Sigma \vec{F}$ qui lui sont appliquées en une position de la trajectoire.
4. Le même avion tracte avec la même force un planeur plus léger que le planeur précédent.
Comparer à la même date t les vecteurs $\Delta \vec{v}$ et $\Sigma \vec{F}$ des deux planeurs.

Dans le référentiel terrestre, le mouvement du planeur est rectiligne et accéléré.

Le mouvement étant rectiligne accéléré, la valeur de la vitesse augmente au cours du temps ; le vecteur variation de vitesse a pour direction la droite correspondant à la trajectoire et a pour sens celui du mouvement.

La résultante des forces $\Sigma \vec{F}$ a même direction et même sens que le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$.



On a la relation $\Sigma \vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$. Pour un planeur de masse m' plus faible, si la résultante des forces $\Sigma \vec{F}$ est la même (même force de traction), le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}'$ aura même direction et même sens que précédemment, mais aura une valeur plus grande.

CORRECTION

Ex 13 – Une fronde

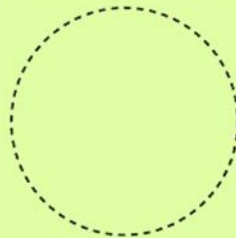
Une fronde est constituée d'une pièce de cuir, dans laquelle le projectile est placé, attachée à deux lanières non extensibles. Son usage était très répandu dans l'Antiquité, comme en atteste la découverte de réserves de projectiles en plomb dans des camps romains

Un légionnaire immobile sur le champ de bataille fait tourner un projectile de faible masse dans un plan vertical et à vitesse de valeur constante.

1. **Représenter** l'allure de la trajectoire du système {pierre} dans le référentiel terrestre.
2. Sachant que dans cette situation le vecteur variation de vitesse est orienté vers le centre de la trajectoire à chaque instant, **donner** la direction et le sens de la résultante des forces appliquées sur le système

1. La trajectoire de la pierre est circulaire dans ce référentiel.

CORRECTION



2. D'après la relation $\Sigma \vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$, $\Sigma \vec{F}$ et $\Delta \vec{v}$ sont deux vecteurs colinéaires et de même sens. Le vecteur variation de vitesse est dirigé vers le centre du cercle, la résultante des forces $\Sigma \vec{F}$ est donc elle aussi dirigée vers le centre du cercle.

Ex 14 – Rebond sur un trampoline

On s'intéresse au mouvement vertical vers le bas d'un athlète de 70 kg, après avoir atteint le sommet de sa trajectoire, lors d'un saut sur un trampoline. Ce mouvement a une durée de 1,0 s. On considère que l'air n'a aucune action sur l'athlète

1- À quelle force l'athlète est-il soumis lors de son mouvement vertical ? Quelles sont sa direction, son sens et sa valeur ?

2- **Exprimer** le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ de l'athlète en fonction de la résultante des forces $\Sigma \vec{F}$ qui s'exercent sur lui, de sa masse m et de la durée Δt du mouvement.

3- En déduire que le vecteur variation de vitesse a pour valeur :

$$\Delta v = g \times \Delta t$$

4- Quelle est la valeur v_1 de sa vitesse au sommet de sa trajectoire ?

5- Quelle est la valeur de la vitesse v_2 de l'athlète lorsqu'il retombe sur le trampoline ?

Lors de son mouvement vertical, l'athlète est soumis exclusivement à son poids, vertical, vers le bas et de valeur $P = m \times g$ soit $P = 70 \text{ kg} \times 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} = 7,0 \times 10^2 \text{ N}$.

$$\Sigma \vec{F} = m \times \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \text{ d'où } \Delta \vec{v} = \frac{\Sigma \vec{F} \times \Delta t}{m}$$

Les vecteurs $\Delta \vec{v}$ et $\Sigma \vec{F}$ étant colinéaires, leurs valeurs vérifient l'égalité : $\Delta v = \frac{\Sigma F \times \Delta t}{m}$.

Et comme $\Sigma F = P = m \times g$, l'égalité se ramène à $\Delta v = \frac{m \times g \times \Delta t}{m}$ soit $\Delta v = g \times \Delta t$.

La valeur v_1 de sa vitesse au sommet de sa trajectoire est nulle.

$$\Delta v = v_2 - v_1 \text{ et } \Delta v = g \times \Delta t.$$

Comme $v_1 = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $v_2 = g \times \Delta t$.

Application numérique, $v_2 = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \times 1,0 \text{ s}$ $v_2 = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

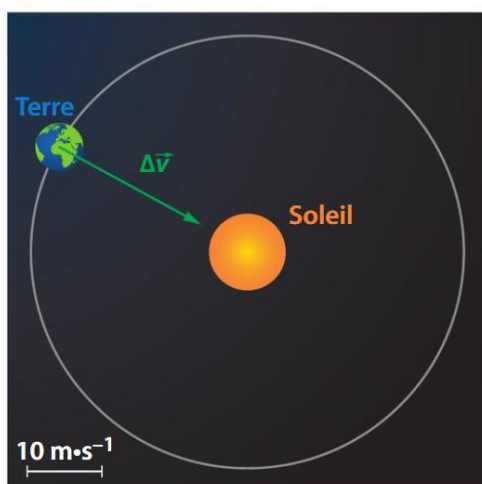
CORRECTION

Ex 15 – L'attraction gravitationnelle du Soleil

On peut considérer que le mouvement de la Terre est circulaire uniforme dans le référentiel héliocentrique et que seul le Soleil exerce une force sur la Terre

La schématisation du vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ de la Terre sur une durée d'une heure est-elle cohérente ?

CORRECTION



Données

- Masse de la Terre $M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$.
- Masse du Soleil $M_S = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$.
- Constante universelle de gravitation $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.
- Distance Soleil-Terre $d_{S-T} = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$.

On étudie le mouvement du système Terre assimilé à un point matériel T placé en son centre, dans le référentiel héliocentrique. Le système est soumis uniquement à la force gravitationnelle $\vec{F}_{S/T}$ exercée par le Soleil.

Cette force a pour expression vectorielle : $\vec{F}_{S/T} = \frac{G \times M_T \times M_S}{d_{S-T}^2}$

Le vecteur somme des forces $\Sigma \vec{F}$ et variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ sont liés par la relation approchée : $\Sigma \vec{F} = M_T \times \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.

Comme $\Sigma F = F_{S/T} = \frac{G \times M_T \times M_S}{d_{S-T}^2}$, on peut écrire :

$$M_T \times \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{G \times M_T \times M_S}{d_{S-T}^2}$$

Ce qui donne après simplification $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{G \times M_S}{d_{S-T}^2}$ ou encore $\Delta v = \frac{G \times M_S \times \Delta t}{d_{S-T}^2}$

L'application numérique conduit à :

$$\Delta v = \frac{6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times 2,0 \times 10^{30} \text{ kg} \times 3600 \text{ s}}{(1,5 \times 10^{11} \text{ m})^2}$$

soit $\Delta v = 21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

La mesure de la valeur de $\Delta \vec{v}$ sur la figure conduit au même résultat.

Ex 16 – C'est tendu !



Deux personnes sont installées dans la nacelle d'une attraction. La nacelle est reliée à deux élastiques. Elle est maintenue au sol pendant que les élastiques se tendent, puis elle est libérée. On modélise la nacelle et ses passagers par le point S comme schématisé ci-dessous. Pour toutes les questions, on se place à l'instant où la nacelle vient juste de quitter le sol.

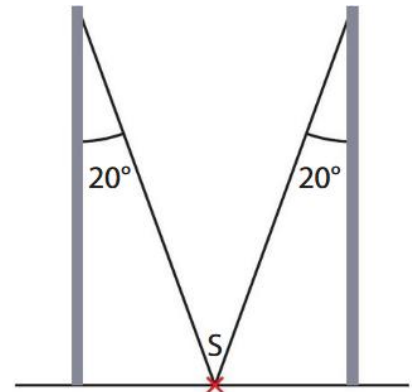
1. **Représenter** sur le schéma les forces appliquées à la nacelle en utilisant l'échelle : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 2 \times 10^3 \text{ N}$.
2. **Construire** la somme des forces $\Sigma \vec{F}$ qui s'exercent sur la nacelle.
3. Quels sont sa direction, son sens et sa valeur ?

La somme des forces sera considérée constante pendant une courte durée Δt .

4. **Déduire** de ce qui précède la direction, le sens et une estimation de la valeur du vecteur variation de vitesse de la nacelle pendant la durée $\Delta t = 0,01 \text{ s}$.
5. Si une seule des deux personnes était installée dans la nacelle, partirait-elle plus vite ?

Données :

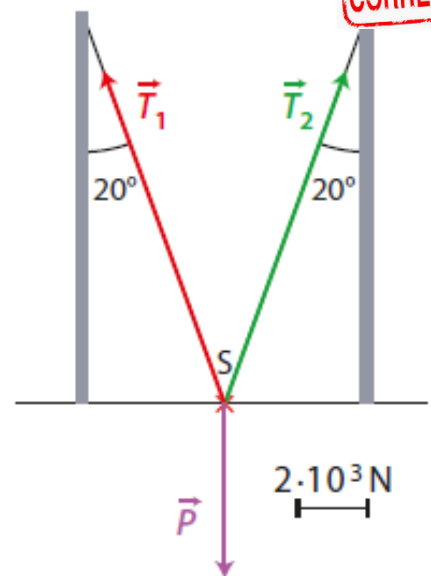
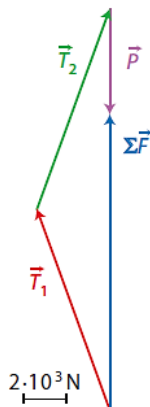
- Masse de la nacelle avec deux passagers $m = 500 \text{ kg}$.
- Valeur de la force $\vec{T}$ exercée par un élastique sur la nacelle à l'instant où elle est libérée : $T = 1,0 \times 10^4 \text{ N}$. Cette force s'exerce suivant la direction de l'élastique



CORRECTION

1. Avec l'échelle proposée, les vecteurs $\vec{T}_1$ et $\vec{T}_2$ correspondent à des segments fléchés de longueur 5 fois le segment d'échelle. Le poids $\vec{P}$ de la nacelle correspond à un segment fléché de longueur 2,5 fois le segment d'échelle.

Construction de la résultante $\Sigma \vec{F} = \vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{P}$



Le vecteur $\Sigma \vec{F}$ a pour direction la verticale et pour sens vers le haut. On détermine sa valeur par mesure sur le schéma ci-dessus : $\Sigma F = 14 \times 10^3 \text{ N}$.

Les vecteurs somme des forces $\Sigma \vec{F}$ et variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ sont liés par la relation approchée :

$$\Sigma \vec{F} = m \times \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \text{ d'où } \Delta \vec{v} = \frac{\Sigma \vec{F} \times \Delta t}{m}$$

Leurs valeurs vérifient donc l'égalité : $\Delta v = \frac{\Sigma F \times \Delta t}{m}$.

$$\text{Soit } \Delta v = \frac{14 \times 10^3 \text{ N} \times 0,01 \text{ s}}{500 \text{ kg}} \quad \Delta v = 0,28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Ex 17 – Ski de vitesse

Déterminer les caractéristiques de la force de frottement qui s'exerce sur le skieur dans la zone de chronométrage

A Le kilomètre lancé

Le ski de vitesse a pour but d'atteindre la valeur de vitesse la plus élevée possible dans une zone de 100 m appelée zone de chronométrage.

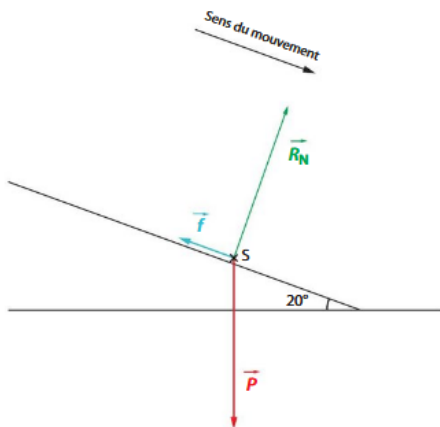


B La zone de chronométrage

Le skieur entre dans la zone de chronométrage après un élan de quelques centaines de mètres. On suppose que, dans cette zone, le skieur a un mouvement rectiligne uniforme. La piste fait un angle de 20° avec l'horizontale.

C Modélisation des actions mécaniques qui s'exercent sur le skieur

Le skieur est modélisé par un point matériel S.



La force exercée par la piste sur le skieur peut se décomposer en :

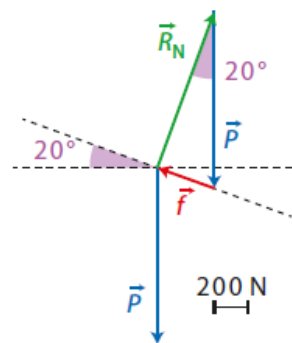
- une force perpendiculaire à la piste, appelée réaction normale $\vec{R}_N$ de la piste ;
- une force parallèle à la piste, appelée force de frottement $\vec{f}$.

Sur cette construction, les vecteurs sont représentés sans souci d'échelle.

Données

- Intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.
- Masse du skieur et de son équipement $m = 90 \text{ kg}$.
- La réaction normale de la piste a pour valeur constante $R_N = 845 \text{ N}$.

CORRECTION



On étudie le mouvement du skieur assimilé à un point matériel S, dans le référentiel terrestre.

Le skieur est soumis à son poids $\vec{P}$ qui pour valeur $P = m \times g$ soit $P = 90 \text{ kg} \times 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} = 9,0 \times 10^2 \text{ N}$. On le représente à l'échelle sur la construction. Sur la construction qui suit, $\vec{P}$ est modélisé par un segment fléché de longueur 4,5 fois le segment d'échelle. On représente aussi le vecteur $\vec{R}_N$ modélisé par un segment fléché de longueur 4,2 fois le segment d'échelle.

Les vecteurs somme des forces $\Sigma \vec{F}$ et variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ sont liés par la relation approchée : $\Sigma \vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.

Comme le mouvement du skieur est rectiligne uniforme dans la zone de chronométrage, le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ est égal au vecteur nul.

On en déduit $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} = \vec{0}$.

On représente sur la construction qui suit les vecteurs $\vec{R}_N$ et $\vec{f}$ pour satisfaire à cette relation vectorielle.

- Conclure et introduire, quand c'est possible, une part d'esprit critique.

On déduit de cette construction que $\vec{f}$ a une valeur d'environ 310 N. Elle est dirigée le long de la piste et dans le sens opposé au mouvement.

On peut retrouver géométriquement la valeur de cette force. On constate en effet que f correspond au côté opposé d'un triangle rectangle dont P est l'hypoténuse.

$$f = P \sin(20^\circ) = 900 \text{ N} \times \sin(20^\circ) \quad f = 308 \text{ N}.$$

Les valeurs déterminées graphiquement et géométriquement sont compatibles.

Lors de cette détermination, de nombreuses simplifications de la situation réelle ont été effectuées :

- Le système a été assimilé à un point matériel ce qui conduit à de nombreuses pertes d'informations.
- Les frottements de l'air ont été négligés.
- Le mouvement dans la zone de chronométrage est considéré rectiligne uniforme ce qui n'est probablement pas le cas en réalité.

Ex 18– Drones

Un drone est un petit avion télécommandé sans équipage. Bien qu'il puisse avoir un usage militaire, il est devenu un objet connecté à la mode.

Il permet de réaliser des figures acrobatiques ou des photos et vidéos prises en hauteur grâce à une caméra embarquée. On étudie ici l'ascension verticale du drone



- Après 1 seconde de mise en marche, le drone atteint une vitesse de $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. **Donner** les caractéristiques du vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ entre les instants $t_0=0 \text{ s}$ et $t_1=1 \text{ s}$.
- À l'aide de la deuxième loi de Newton, **déterminer** les caractéristiques de la résultante des forces appliquées au drone pendant $\Delta t=t_1-t_0$
- Quelles forces s'exercent sur le drone entre ces deux instants ? Donner leurs caractéristiques
- Schématiser** ces forces à l'échelle
- On ajoute à bord du drone une caméra. Quelle doit être la valeur de la force de poussée pour maintenir le drone à sa position précédente ?

Données :

Masse du drone : 500 g ;

Masse de la caméra : 60 g .

CORRECTION

1. Entre les instants t_0 et t_1 , le vecteur variation de vitesse est vertical, vers le haut, et a pour valeur

$$\Delta v = v_1 - v_0 = 2 - 0 = 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

2. La relation approchée de la deuxième loi de Newton s'écrit : $\Sigma \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.

Ainsi la résultante des forces a la même direction et le même sens que le vecteur variation de vitesse (verticale

vers le haut) et a pour valeur : $\Sigma F = 500 \times 10^{-3} \times \frac{2-0}{1} = 1 \text{ N}$.

3. On néglige les forces de frottement avec l'air. Les deux forces qui s'exercent sur le drone sont donc :

- le poids $\vec{P}$: direction verticale, sens vers le bas, valeur : $P = m \cdot g = 0,500 \times 9,81 = 5 \text{ N}$;
- la poussée $\vec{F}$: direction verticale, sens vers le haut.

Par projection des deux forces $\vec{P}$ et $\vec{F}$ sur l'axe vertical alors : $\Sigma F = F - P$ donc :

$$F = \Sigma F + P = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} + P = 6 \text{ N}.$$

4.

5. Le surplus de masse dû à la caméra est de 60 g . Le système a alors un poids de : $P = m \cdot g = (0,060 + 0,500) \times 9,8 = 5,5 \text{ N}$.

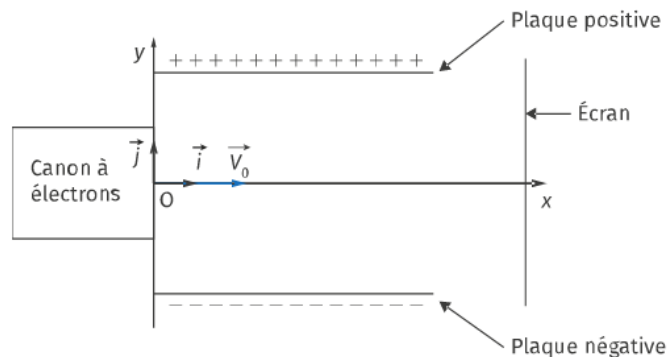
La force de poussée F doit avoir la même valeur pour maintenir le drone à sa position, selon le principe d'inertie.



Ex 19 – Découverte de l'électron

En 1897, le physicien britannique Joseph Thomson découvre l'existence de l'électron. Il utilise un tube à vide, où les électrons sont émis au niveau de la cathode puis accélérés rectilignement. Le faisceau passe ensuite entre deux plaques de charges électriques opposées. Il observe alors la déviation du faisceau d'électrons vers la plaque chargée positivement grâce à un écran muni d'une plaque phosphorescente. Il en déduit que les électrons sont chargés négativement.

1. **Représenter** sur le schéma le champ électrique $\vec{E}$ entre les deux plaques sans souci d'échelle



2. **Montrer** que le poids de l'électron est négligeable devant la force électrique
3. **Appliquer** la deuxième loi de Newton.
4. **Donner** le sens et la direction du vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$.
5. **Tracer** l'allure de la trajectoire de l'électron sur le schéma de la question 1.
6. En **déduire** que les observations expérimentales sont conformes à la théorie.

Données :

Intensité du champ électrique : $E = 15,0 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$;

Masse de l'électron : $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$;

Charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

CORRECTION

2. **Calcul du poids de l'électron :**

$$P = m \cdot g = 9,1 \times 10^{-31} \times 9,81 = 8,9 \times 10^{-30} \text{ N}.$$

Calcul de la force électrique subie par l'électron :

$$F = e \cdot E = 1,60 \times 10^{-19} \times 15,0 \times 10^3 = 2,4 \times 10^{-15} \text{ N}.$$

Ainsi le rapport des deux forces vaut :

$$\frac{F}{P} = \frac{2,4 \times 10^{-15}}{8,9 \times 10^{-30}} = 2,7 \times 10^{14} \text{ N}.$$

La force électrique subie par l'électron est 10^{14} fois plus élevée que son poids, on peut donc considérer qu'il est négligeable.

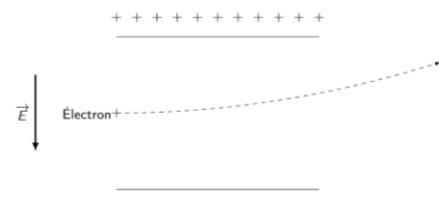
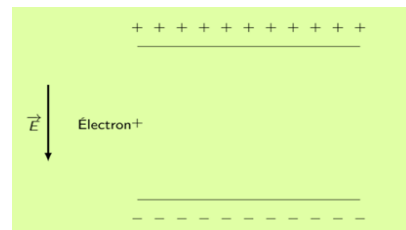
3. La relation approchée de la deuxième loi de Newton s'écrit

$$m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{F} = -e \cdot \vec{E}.$$

4. Le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ est de même direction que le champ électrique : perpendiculaire aux plaques, et de sens opposé, de la plaque négative vers la plaque positive.

5.

6. D'après la théorie, l'électron se dirige vers la plaque chargée positivement, ce qui est conforme avec les observations expérimentales.



Ex 20 – Satellite Franco-Chinois

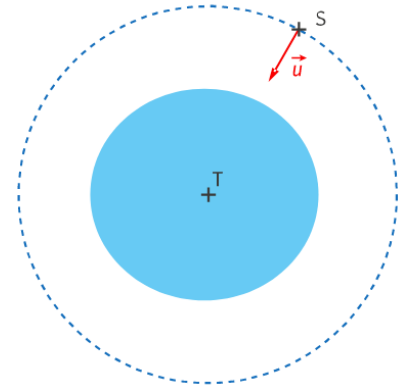
Le 29 octobre 2018, les agences spatiales française et chinoise ont placé un satellite CFOSAT en orbite à $h = 520$ km d'altitude autour de la Terre. Ce satellite a pour mission d'observer les océans et de prévoir les effets du réchauffement climatique.

1. Quelle force s'exerce sur le satellite lorsqu'il est en orbite autour de la Terre ?

Donner son expression vectorielle

2. **Représenter** cette force sur le schéma en définissant une échelle
3. Dans le référentiel géocentrique, il est en mouvement circulaire uniforme.

Donner la direction et le sens du vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$. Le **représenter** sur la figure.



Lors du mouvement circulaire uniforme du satellite, la variation de sa vitesse v par rapport au temps vaut :

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{R} \text{ avec } R \text{ le rayon de l'orbite.}$$

4. **Appliquer** la deuxième loi de Newton et montrer que la vitesse du satellite a pour valeur :

$$5. \text{ **Calculer** } v \text{ en km} \cdot \text{h}^{-1}. \quad v = \sqrt{\frac{G \times M}{R_T + H}}$$

Données

Masse du satellite : $m = 650$ kg ;

Masse de la Terre : $M = 5,974 \times 10^{24}$ kg ;

Rayon de la Terre : $R_T = 6\,370$ km ;

Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ USI.

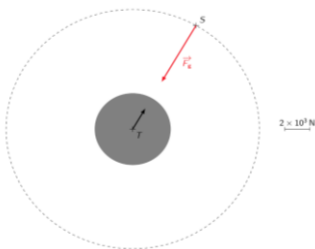
1. Le satellite est soumis à la force gravitationnelle exercée par la Terre qui a pour expression :

$$\vec{F}_{T/S} = G \cdot \frac{m \cdot M}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{u}$$

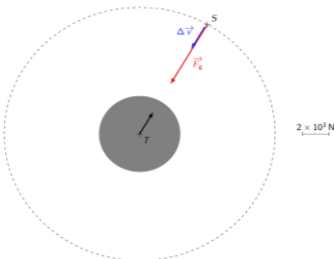
2. Calcul de la valeur de la force :

$$F_{T/S} = G \cdot \frac{m \cdot M}{(R_T + h)^2} = 6,67 \times 10^{-11} \frac{650 \times 5,974 \times 10^{24}}{(6\,370\,000 + 520\,000)^2} = 5,46 \times 10^3 \text{ N.}$$

CORRECTION



3. Dans le cas d'un mouvement circulaire uniforme, le vecteur variation de vitesse est dirigé vers le centre du cercle.



4. La relation approchée de la deuxième loi de Newton s'écrit : $m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = \vec{F}$

En remplaçant chaque terme par son expression : $m \cdot \frac{v^2}{R} = G \cdot \frac{m \cdot M}{(R_T + h)^2}$ donc $v^2 = \frac{G \cdot M}{R_T + h}$ d'où : $v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R_T + h}}$

5. Numériquement : $v = 7,60 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 2,74 \times 10^4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Ex 21 – Descente de ski

Une skieuse descend une piste inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale.
Le mouvement du système {skieuse + skis} est rectiligne uniforme.

On appelle $\vec{R}$ la réaction du support, $\vec{P}$ le poids et $\vec{f}$ les forces de frottement.

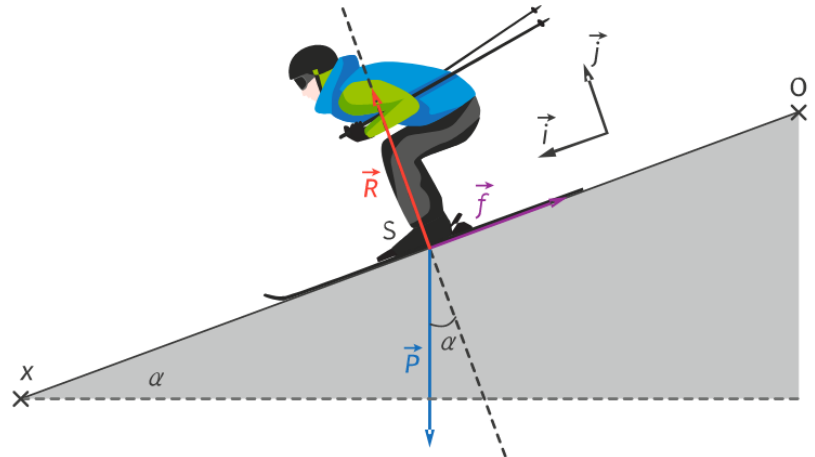
Voir schéma ci-après.

1. **Choisir** la bonne réponse :

- a. $R - m \times g \times \sin(\alpha) = 0$
- b. $R + m \times g \times \sin(\alpha) = 0$
- c. $R - m \times g \times \cos(\alpha) = 0$
- d. $R + m \times g \times \cos(\alpha) = 0$

2. **Choisir** la bonne réponse :

- a. $f + m \times g \times \cos(\alpha) = 0$
- b. $f - m \times g \times \cos(\alpha) = 0$
- c. $f + m \times g \times \sin(\alpha) = 0$
- d. $f - m \times g \times \sin(\alpha) = 0$



CORRECTION

1. La bonne relation est :

c. $R - m \cdot g \cdot \cos(\alpha) = 0$

2. La bonne relation est :

d. $f - m \cdot g \cdot \sin(\alpha) = 0$

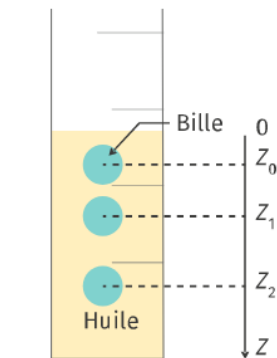
EXERCICES D'APPROFONDISSEMENT.... un pas vers la terminale !



Ex 22 – Viscosité d'une huile essentielle

Doc. 1 Expérience réalisée

On étudie la chute d'une bille dans une éprouvette graduée remplie d'huile essentielle. À partir d'un pointage vidéo, on mesure la vitesse de la bille à intervalles de temps réguliers.



$t(s)$	$v_z(m \cdot s^{-1})$
0	0,165
0,33	0,414
0,66	0,517
0,99	0,598
1,32	0,724
1,65	0,785
1,98	0,912
2,31	0,955
2,64	0,985
2,97	1,02
3,3	1,02
3,63	1,02
3,96	1,03
4,29	1,02

Doc. 2 Forces exercées par un fluide

Lors du mouvement d'un objet sphérique dans un fluide, il s'exerce sur l'objet :

- la poussée d'Archimède : $\vec{\Pi} = -\rho_{\text{fluide}} \cdot V \cdot \vec{g}$ avec :
 - ρ_{fluide} la masse volumique du fluide en $kg \cdot m^{-3}$;
 - V le volume de l'objet immergé dans le fluide en m^3 ;
 - $\vec{g}$ le champ de pesanteur.
- la force de frottements fluides : $\vec{f} = -6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot \vec{v}$ avec :
 - η la viscosité du fluide en $Pa \cdot s$;
 - r le rayon de l'objet sphérique en m ;
 - v la vitesse de l'objet en $m \cdot s^{-1}$.

La viscosité d'un fluide, notée η , caractérise sa capacité à s'écouler. Dans l'industrie pharmaceutique, il est essentiel de contrôler la viscosité des huiles essentielles pour que celles-ci aient la même texture à chaque fabrication

- D'après le doc. 1, caractériser le mouvement de la bille à partir de 0,33 s.
- Quelle information en déduire quant aux forces qui s'exercent sur la bille ?
- Déterminer la viscosité de l'huile essentielle étudiée. Évaluer les possibles erreurs dues au protocole mis en œuvre.

Données :

Masse volumique de l'huile essentielle : $\rho_{\text{huile}} = 860 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;

Masse volumique de la bille : $\rho_{\text{bille}} = 4\,490 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;

Masse de la bille : $m = 4,7 \text{ g}$;

Rayon de la bille : $r = 6,3 \text{ mm}$;

Volume de la bille : $V = 1,05 \times 10^{-6} \text{ m}^3$;

Intensité de pesanteur : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Questions préliminaires

1. Entre 0,33 et 2,97 secondes, le mouvement de la bille est rectiligne accéléré. Puis entre 2,97 et 4,20 secondes, le mouvement de la bille est rectiligne uniforme.

2. Entre 0,33 et 2,97 secondes, la résultante des forces est verticale vers le bas. Entre 2,97 et 4,29 secondes, la résultante des forces est nulle d'après le principe d'inertie. Donc :

$$\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = \vec{0}.$$

Problème

3. Les forces qui s'exercent sur la bille sont :

- le poids $\vec{P}$: vertical vers le bas ;
- la poussée d'Archimède et les forces de frottements fluides $\vec{f}$, verticales vers le haut.

Entre 2,97 et 4,29 sec., la vitesse vaut $v = 1,02 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et le poids est compensé par les forces ascendantes, donc : $\Pi + f = P$. Alors : $\rho_{\text{huile}} \cdot V \cdot g + 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v = \rho_{\text{bille}} \cdot V \cdot g$

$$\text{d'où : } \eta = \frac{(\rho_{\text{bille}} - \rho_{\text{huile}}) \cdot V \cdot g}{6\pi \cdot r \cdot v}.$$

$$\text{Calcul du volume de la bille : } V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (6,3 \cdot 10^{-3})^3 = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3.$$

La viscosité de l'huile déduite vaut :

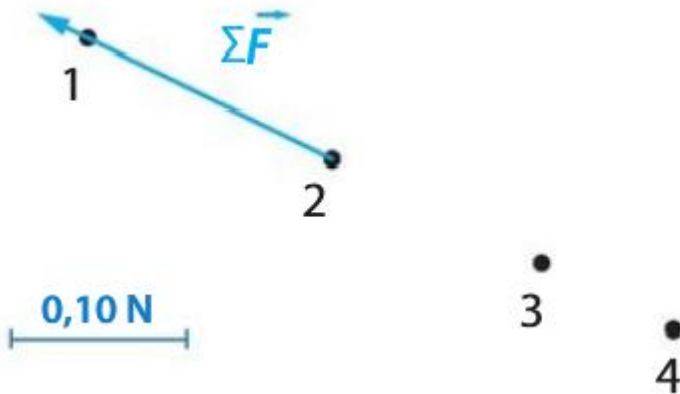
$$\eta = \frac{(4\,490 - 860) \cdot 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81}{6\pi \cdot 6,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,02} = 3,1 \cdot 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{s}.$$

Les erreurs possibles dans le protocole sont des erreurs de précision :

- sur le pointage de la vidéo, et sur la mesure des distances parcourues par la bille entre deux instants ;
- sur le rayon de la bille, qui doit rester de petite taille pour que la relation définissant les frottements fluides soit applicable.

Ex 23 – Une histoire de vecteurs

On repère les positions d'une bille de billard, modélisée par un point, à intervalles de temps égaux. On représente à la deuxième position la somme $\vec{\Sigma F}$ un point, à intervalles de temps égaux. On représente à la des forces qui s'exercent sur ce système



1. **Déterminer** la valeur de la somme des forces $\vec{\Sigma F}$
2. **Préciser** la direction et le sens du vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ du système

On considère que $\vec{\Sigma F}$ du système est constante pendant la durée $\Delta t = 0,10 \text{ s}$. La masse du système étudié est 150 g .

3. **Représenter**, à la deuxième position, le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}_1$ avec l'échelle suivante :
 $1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

CORRECTION

1. D'après la construction fournie, le segment fléché modélisant le vecteur $\vec{\Sigma F}$ a une longueur double de celle du segment d'échelle. On en déduit $\Sigma F = 0,20 \text{ N}$.

2. Les vecteurs somme des forces $\vec{\Sigma F}$ et variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ sont liés par la relation approchée : $\vec{\Sigma F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.

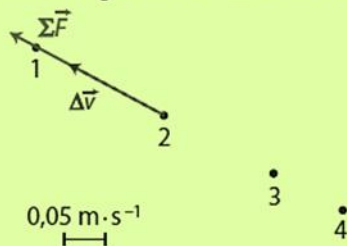
La direction et le sens du vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ du système sont les mêmes que ceux de $\vec{\Sigma F}$.

3. De la relation $\vec{\Sigma F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ on déduit $\Delta \vec{v} = \frac{\vec{\Sigma F} \Delta t}{m}$.

Les vecteurs $\Delta \vec{v}$ et $\vec{\Sigma F}$ étant colinéaires, leurs valeurs vérifient l'égalité : $\Delta v = \frac{\Sigma F \times \Delta t}{m}$. $\Delta v = 0,20 \text{ N} \times \frac{0,20 \text{ N} \times 0,10 \text{ s}}{0,150 \text{ kg}}$.

$\Delta v = 0,13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Avec l'échelle proposée, $\Delta \vec{v}$ est représenté par un segment fléché de longueur 2,6 fois le segment d'échelle des vitesses.



Ex 24 – un peu de programmation Python

Le mouvement d'un objet de masse $m = 50\text{g}$ dans un plan horizontal a été filmé en vue de dessus pour mener à l'enregistrement papier au verso (positions du centre de masse M de l'objet en grandeur réelle, soit l'échelle 1/1) et à un fichier informatique .csv du nom de Pointage. L'intervalle de temps entre chaque image (position) est $\Delta t = 40\text{ ms}$.

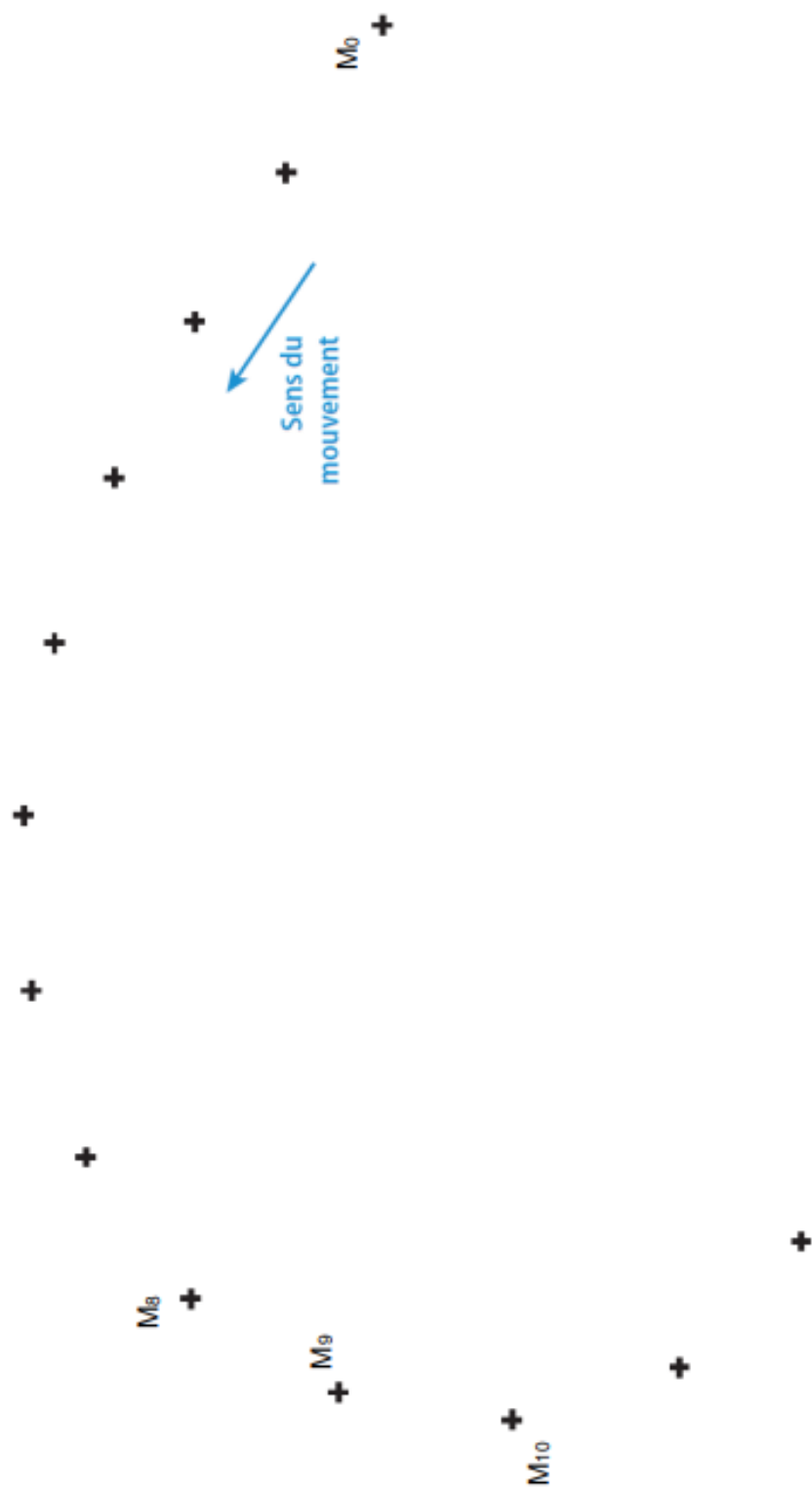
1^{ère} partie : *Tracé manuel de vecteurs sur l'enregistrement papier*

- 1) Décrire le mouvement du centre de masse de l'objet en justifiant.
- 2) Déterminer la valeur de la vitesse V_8 , puis tracer le vecteur vitesse $\vec{V}_8$ en M_8 , ainsi que $\vec{V}_{10}$ en M_{10} .
- 3) Tracer $\vec{\Delta V}_9$ et $\frac{\vec{\Delta V}_9}{2\Delta t}$ en M_9 .
- 4) (a) En justifiant, déterminer la norme $\|\sum \vec{F}_{ext}\|$ de la somme des forces extérieures $\sum \vec{F}_{ext}$ s'exerçant sur l'objet en M_9 .
(b) Sans souci d'échelle, tracer le vecteur $\sum \vec{F}_{ext}$.

2^{ème} partie : *Tracé automatisé des vecteurs*

Afin de procéder au tracé de l'ensemble des vecteurs vitesse et variation temporelle de vitesse, on utilise le programme en langage Python ci-contre.

- 5) Que trouve-t-on dans le fichier Pointage.csv ?
- 6) Que signifient/précisent les lignes de codes suivantes :
 - bloc de la ligne 5 à la ligne 11 ?
 - $Vx = [None]$ de la ligne 16 ?
 - `plt.axis('equal')` de la ligne 30 ?
- 7) (a) Avec une phrase, indiquer ce qu'il manque dans les lignes 26 et 27 ?
(b) Ecrire ces deux lignes de codes en langage Python.



```

# Importation des modules nécessaires
import csv
import matplotlib.pyplot as plt

5 source = open('Pointage.csv', 'r')
t, x, y = [], [], []
for row in csv.reader(source, delimiter=";") :
    t1, x1, y1 = map(float, row)
    t.append(t1)
10    x.append(x1)
    y.append(y1)

plt.plot(x, y, 'b+')

# Calculs et tracés des vecteurs vitesse
Vx, Vy = [None], [None]
for i in range(1, len(t)-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]))
20    plt.quiver(x[i], y[i], Vx[i], Vy[i], angles='xy')

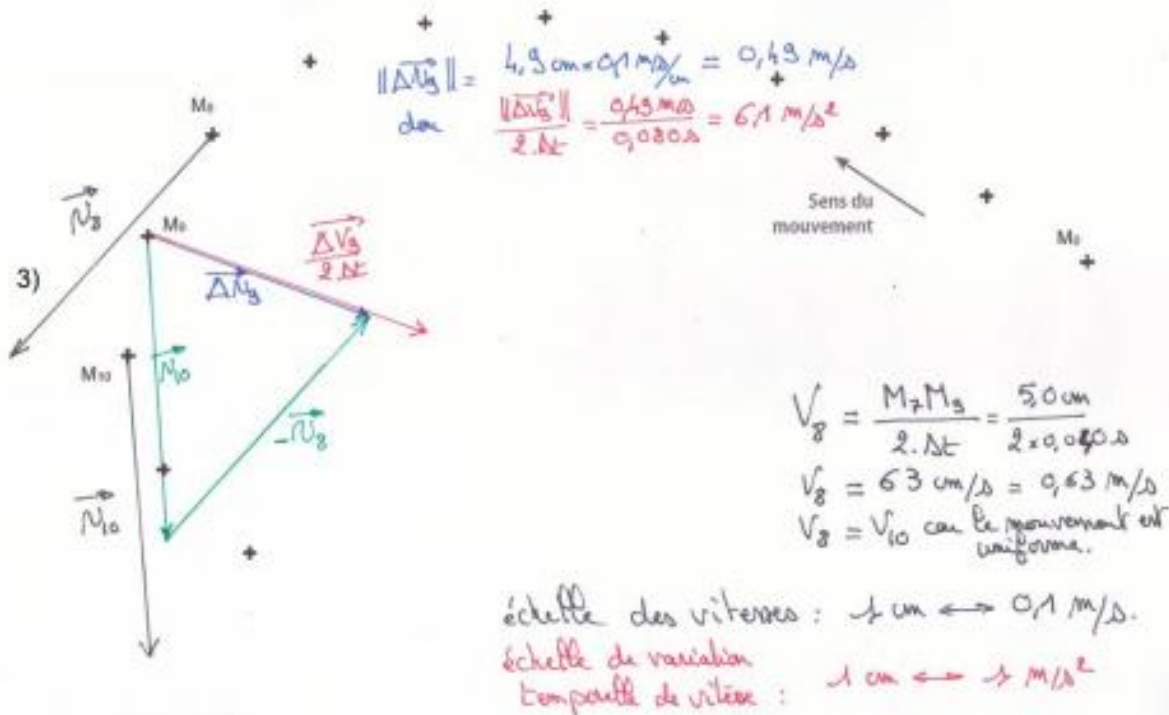
# Calculs et tracés des vecteurs variation temporelle de vitesse
DVx, DVy = [None, None], [None, None]
for i in range(2, len(t)-2) :
    DVx.append((Vx[i+1]-Vx[i-1])/(t[i+1]-t[i-1]))

# Finalisation de la représentation graphique
30 plt.axis('equal')
plt.grid()
plt.xlabel("Abscisse en m")
plt.ylabel("Ordonnée en m")
plt.title("Trajectoire")
plt.show()

```

1) Le mouvement de l'objet est **curviligne**. De plus, les distances parcourues pendant les intervalles de temps égaux Δt sont toujours les mêmes, donc la vitesse instantanée est constante et le mouvement est aussi **uniforme**.

2)



4) (a) Dans le référentiel « plan horizontal » terrestre, pour le système « objet », on a, en M_0 ,

d'après la relation approchée de la 2^{ème} loi de Newton : $\frac{\Delta \vec{V}_0}{\Delta t} = \frac{1}{m} \cdot \sum \vec{F}_{ext}$

Donc $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \frac{\Delta \vec{V}_0}{\Delta t}$ et ainsi $\|\sum \vec{F}_{ext}\| = m \cdot \left\| \frac{\Delta \vec{V}_0}{\Delta t} \right\|$ avec $m = 0.050 \text{ kg}$

$$\|\sum \vec{F}_{ext}\| = 0.31 \text{ N} \quad \text{et} \quad \left\| \frac{\Delta \vec{V}_0}{\Delta t} \right\| = 6.1 \text{ m/s}^2$$

(b) Toujours d'après la relation approchée, on sait que $\sum \vec{F}_{ext}$ et $\frac{\Delta \vec{V}_0}{\Delta t}$ ont même direction et même sens, d'où le tracé ci-dessus.

5) Dans le fichier Pointgae.csv, on trouve les dates t_i et les coordonnées x_i et y_i du centre de masse de l'objet au cours du mouvement.

6) - Le bloc de la ligne 5 à la ligne 11 permet d'importer les données du mouvement contenues dans le fichier Pintage.csv et de les mettre dans les 3 listes t , x et y .

- $Vx = [\text{None}]$ crée une liste nommée Vx dont le 1^{er} terme de rang $i = 0$ est annulé. La liste sera remplie à partir du rang 1.
- `plt.axis('equal')` commande un graphique avec repère orthonormé automatique.

7) (a) En ligne 26, il manque le remplissage de la liste DVy par le calcul de la coordonnée DVy_i du vecteur variation temporelle de vitesse.

En ligne 27, il manque la commande du tracé du vecteur $\frac{\Delta \vec{V}_i}{\Delta t}$ de rang i .

(b) `DVy.append((Vy[i+1]-Vy[i-1])/(t[i+1]-t[i-1]))`
`plt.quiver(x[i], y[i], DVx[i], DVy[i], angles='xy')`

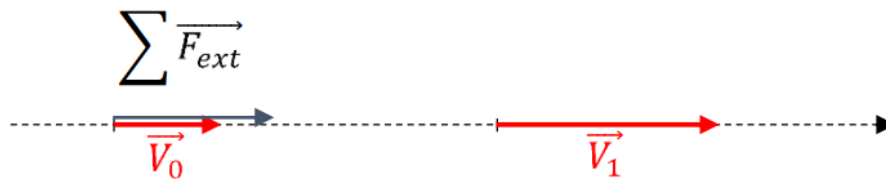
Ex 25 - l'avion de chasse

Un avion de chasse de masse $m = 15\,000\text{ kg}$ vole d'un mouvement rectiligne avec une vitesse $V_0 = 360\text{ km/h} = 100\text{ m/s}$.

A un instant $t_0 = 0$ et pendant une durée $\Delta t = 5,00\text{ s}$, cet avion active ses réacteurs, ce qui revient à avoir une somme des forces extérieures $\sum \vec{F}_{ext}$ horizontale, dans le sens du mouvement et de norme $\|\sum \vec{F}_{ext}\| = 310\text{ kN}$.

- 1) Faire un schéma de la situation en n'oubliant pas de représenter (sans souci d'échelle) les vecteurs $\vec{V}_0$, $\vec{V}_1$ et $\sum \vec{F}_{ext}$.
- 2) Déterminer la valeur de la vitesse V_1 à l'instant $t_1 = t_0 + \Delta t = \Delta t$ de l'avion de chasse.

1)



- 2) Dans le référentiel « sol » terrestre, pour le système « avion », on a, d'après la relation approchée de la 2^{ème} loi de Newton :

$$\begin{aligned}\text{Donc } \Delta \vec{V} &= \frac{\Delta t}{m} \cdot \sum \vec{F}_{ext} \\ \text{Ainsi } \Delta \vec{V} &= \vec{V}_1 - \vec{V}_0 = \frac{\Delta t}{m} \cdot \sum \vec{F}_{ext} \\ \text{Soit } \vec{V}_1 &= \vec{V}_0 + \frac{\Delta t}{m} \cdot \sum \vec{F}_{ext}\end{aligned}$$

Comme ces 3 vecteurs ont même direction et même sens, on a ainsi :

$$\begin{aligned}V_1 &= V_0 + \frac{\Delta t}{m} \cdot \|\sum \vec{F}_{ext}\| \quad \text{avec } V_0 = 100\text{ m/s}; \Delta t = 5,00\text{ s}; m = 15000\text{ kg} \\ V_1 &= \mathbf{203\text{ m/s} (=732\text{ km/h})} \quad \text{et } \|\sum \vec{F}_{ext}\| = 310 \cdot 10^3\text{ N}\end{aligned}$$