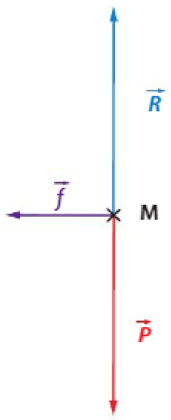
MOUVEMENT D'UN SYSTEME

8 Connaître l'influence de la masse du système (1)

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

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



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

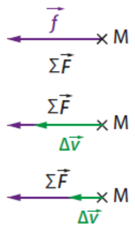
1. Schématiser la somme $\Sigma\vec{F}$ des forces.

2. En déduire, d'après la relation approchée $\Sigma\vec{F} = m\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$, 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 $2\,m$ est soumis à cette même somme des forces.
Pour une même durée, comparer les vecteurs variation de vitesse de ces deux systèmes.

8 Connaître l'influence de la masse du système (1)

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.



12

On dispose de boules de masses m différentes sur lesquelles une même force $\vec{F}$ constante s'exerce. On a reporté, dans le tableau ci-dessous, la valeur du vecteur variation de vitesse de chaque boule en fonction de sa masse, pendant le même intervalle de temps.

Boule	$\Delta v\,(\mathrm{m\cdot s^{-1}})$	$m\,(\mathrm{g})$
1	5	300
2	10	150
3	15	100
4	20	75

1. Choisir la bonne affirmation :

ⓐ Δv et m sont proportionnelles.

ⓑ Δv et m sont inversement proportionnelles.

2. Comment la valeur Δv évolue-t-elle si la masse de la boule est multipliée par deux ?

12 Côté Maths

1. Pour vérifier les affirmations ⓐ et ⓑ, on calcule pour chaque ligne du tableau les valeurs de $\Delta v \times m$ puis de $\dfrac{\Delta v}{m}$.

Boule	$\Delta v\,(\mathrm{m\cdot s^{-1}})$	$m\,(\mathrm{g})$	$\Delta v \times m\,(\mathrm{g\cdot m\cdot s^{-1}})$	$\dfrac{\Delta v}{m}\,(\mathrm{g^{-1}\cdot m\cdot s^{-1}})$
1	5	300	1 500	0,050
2	10	150	1 500	0,067
3	15	100	1 500	0,15
4	20	75	1 500	0,27

Le produit $\Delta v \times m$ reste constant : Δv et m sont inversement proportionnelles.
2. Si la masse de la boule est multipliée par 2, la valeur Δv du vecteur variation de vitesse diminue de moitié.

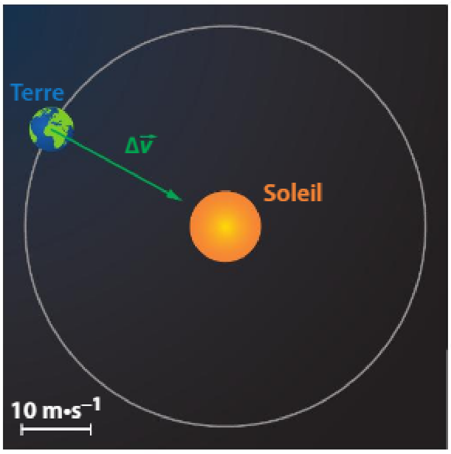
16 Résolution de problème

L'attraction gravitationnelle du Soleil

| Construire les étapes d'une résolution de problème.

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 correcte ?



Données

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

• **Présenter le contexte et introduire la problématique.**
On cherche à vérifier si la direction, le sens et la valeur du vecteur variation de vitesse sur une durée d'une heure représenté sur le schéma sont cohérents avec le vecteur somme des forces $\Sigma\vec{F}$ qui s'exercent sur le système.

• **Mettre en forme la réponse**
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 : $\vec{F}_{S/T} = \dfrac{G \times M_T \times M_S}{d^2_{S-T}}\vec{u}_{T\rightarrow S}$.

Dans celle relation $\vec{u}_{T\rightarrow S}$ est un vecteur unitaire orienté du centre T de la Terre vers le centre du Soleil et suivant la droite d'action qui relie ces deux centres.

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

Comme $\Sigma\vec{F} = \vec{F}_{S/T} = \dfrac{G \times M_T \times M_S}{d^2_{S-T}}\vec{u}_{T\rightarrow S}$, on peut écrire :

$$M_T \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{G \times M_T \times M_S}{d^2_{S-T}}\vec{u}_{T\rightarrow S}.$$

Ce qui donne après simplification $\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \dfrac{G \times M_S}{d^2_{S-T}}\vec{u}_{T\rightarrow S}$ ou encore $\Delta\vec{v} = \dfrac{G \times M_S \times \Delta t}{d^2_{S-T}}\vec{u}_{T\rightarrow S}$.

Ce résultat nous permet d'affirmer que $\Delta\vec{v}$ a même direction et même sens que $\vec{u}_{T\rightarrow S}$, ce qui est conforme à la représentation sur le schéma.

En passant d'une relation vectorielle à une relation entre les valeurs des vecteurs on obtient $\Delta v = \dfrac{G \times M_S \times \Delta t}{d^2_{S-T}}$.

L'application numérique conduit à :

$$\Delta v = \frac{6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N} \times \text{m}^2 \times \text{kg}^{-2} \times 2{,}0 \times 10^{30}\ \text{kg} \times 3\,600\ \text{s}}{(1{,}5 \times 10^{11}\ \text{m})^2}$$

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.

• **Conclure et introduire, quand c'est possible, une part d'esprit critique.**
Le vecteur $\Delta\vec{v}$ est correctement représenté, il est dirigé vers le centre de la Terre, colinéaire à la force de gravitation, de même sens et de valeur $21\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

17 Départ d'un tramway

Interpréter des observations, des mesures ; mobiliser et organiser ses connaissances.

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**.

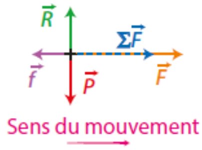
17 Départ d'un tramway

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 $\Sigma\vec{F} = m\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$, 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.



20 Centrifugeuse des astronautes

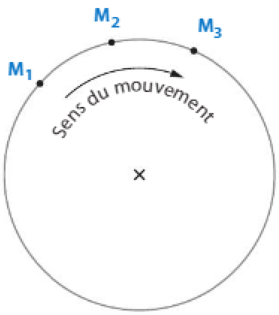
Mobiliser et organiser ses connaissances ; construire des vecteurs.

Une centrifugeuse est utilisée pour l'entraînement des astronautes qui peuvent, au cours d'une mission, se retrouver dans des conditions similaires.

Une astronaute de masse m égale à 70 kg est placée dans une nacelle reliée à un bras qui permet de la mettre en rotation. Au cours de l'entraînement, l'astronaute se déplace à une vitesse de valeur constante égale à $25\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

1. Décrire le mouvement de l'astronaute au cours de l'entraînement.

2. Reproduire le schéma ci-dessous et représenter le vecteur vitesse de l'astronaute en M_1 et M_2. Préciser l'échelle utilisée.



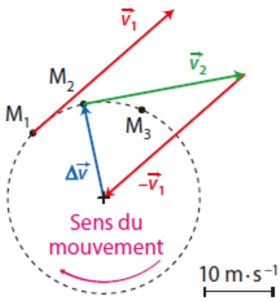
3. Construire en M_2 le vecteur variation de vitesse $(\Delta\vec{v})_{1\to2}$. En déduire sa valeur.

4. L'intervalle de temps entre deux positions M_i consécutives est 0,20 s.
Indiquer la direction, le sens et la valeur de la somme des forces qui s'exercent sur l'astronaute.

20 Centrifugeuse des astronautes

1. Le mouvement de l'astronaute au cours de l'entraînement est circulaire et uniforme.

2. Les vecteurs vitesse en chaque position sont tangents à la trajectoire (perpendiculaires au rayon dans le cas d'une trajectoire circulaire).
La valeur des vecteurs $\vec{v}_1$ et $\vec{v}_2$ est 25 $m \cdot s^{-1}$. Ils sont donc modélisés par un segment fléché de longueur 2,5 fois le segment d'échelle fourni.



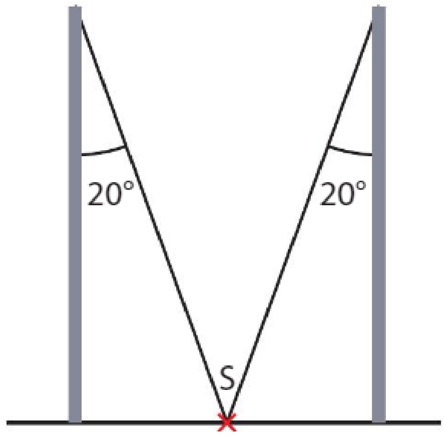
3. Pour construire le vecteur variation de vitesse $(\Delta\vec{v})_{1\to2}$, on reporte le vecteur $-\vec{v}_1$ à l'extrémité du vecteur $\vec{v}_2$.
On mesure graphiquement la valeur de $(\Delta\vec{v})_{1\to2}$: $(\Delta v)_{1\to2} = 14\ m \cdot s^{-1}$.

4. Les vecteurs somme des forces $\Sigma\vec{F}$ et variation de vitesse $\Delta\vec{v}$ sont liés par la relation approchée : $\Sigma\vec{F} = m \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$.
La résultante des forces $\Sigma\vec{F}$ a même direction et même sens que le vecteur variation de vitesse: il est donc dirigé suivant un rayon, vers le centre de la trajectoire.
Les vecteurs $\Delta\vec{v}$ et $\Sigma\vec{F}$ étant colinéaires, leurs valeurs vérifient l'égalité : $\Sigma F = m \times \frac{\Delta v}{\Delta t}$ soit $\Sigma F = 72\ kg \times \frac{14\ m \cdot s^{-1}}{0{,}20\ s}$ $\Sigma F = 5{,}0 \times 10^3$ N.
L'astronaute est soumis à une force dirigée vers le centre de la trajectoire de valeur 5,0 kN.

21 C'est tendu !

Exploiter des informations ; faire un schéma adapté ; mobiliser et organiser ses connaissances.

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. Reproduire le schéma ci-dessus et représenter les forces appliquées à la nacelle en utilisant l'échelle : 1 cm ↔ 2 × 10^3 N.

2.a. Construire la somme des forces $\Sigma\vec{F}$ qui s'exercent sur la nacelle.

b. Quels sont sa direction, son sens et sa valeur ?

3. La somme des forces $\Sigma\vec{F}$ sera considérée constante pendant une courte durée Δt. Déduire de ce qui précède la direction, le sens et une estimation de la valeur du vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}$ de la nacelle pendant la durée $\Delta t = 0{,}01$ s.

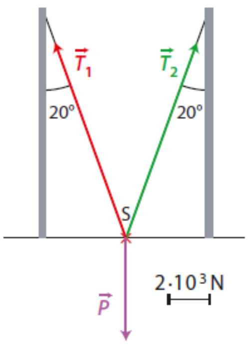
4. Si une seule des deux personnes était installée dans la nacelle, partirait-elle plus vite ?

Données

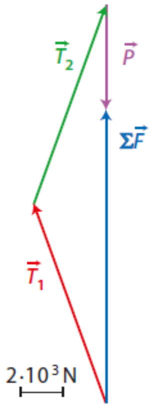
- Intensité de la pesanteur $g = 10\ N \cdot kg^{-1}$.
- Masse de la nacelle avec deux passagers $m = 500$ kg.
- Valeur de la force $\vec{T}$ exercée par un élastique sur la nacelle à l'instant où elle est libérée : $T = 1{,}0 \times 10^4$ N. Cette force s'exerce suivant la direction de l'élastique.

21 C'est tendu

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.



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



b. 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 : $\Sigma F = 14 \times 10^3$ N.

3. 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 : $\Delta v = \dfrac{\Sigma F \times \Delta t}{m}$.

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

22 Résolution de problème 9

Ski de vitesse

| Construire les étapes d'une résolution de problème.

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

A Le kilomètre lancé

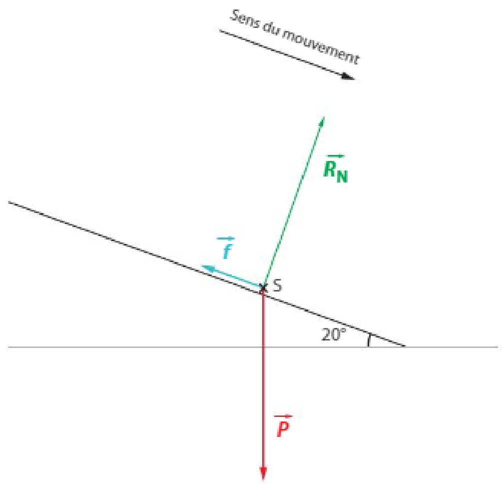
Le ski de vitesse a pour but d'atteindre la valeur de vitesse la plus élevée possible dans une zone de 100 m appelée zone de chronométrage.

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 $m = 90$ kg.
- La réaction normale de la piste a pour valeur constante $R_N = 845$ N.

22 Résolution de problème
Ski de vitesse

Construire les étapes de résolution d'un problème.

1re étape : S'approprier la question posée.

1. Quel est le système étudié ? Par quel point matériel est-il modélisé ? Dans quel référentiel est-il étudié ?

2. À quelles forces est-il soumis ?

3. Quels sont la direction, le sens et la valeur du vecteur modélisant la force de frottement qui s'exerce sur le skieur dans la zone de chronométrage ?

2e étape : Lire et comprendre les documents

1. Le document B :

– Indique que le mouvement du système est rectiligne uniforme dans la zone de chronométrage.

– Précise l'angle entre la direction de la piste et l'horizontale.

2. Le document C :

– Renseigne sur l'ensemble des forces qui s'appliquent sur le système S.

– Donne une construction sans souci d'échelle de l'ensemble de ces forces.

3e étape : Dégager la problématique

Comment déterminer la direction, le sens et la valeur de la force de frottement qui s'exerce sur le skieur dans la zone de chronométrage, connaissant la nature de son mouvement ?

4ᵉ étape : Construire la réponse

1. Définir le système étudié, choisir un point matériel qui le modélise, choisir le référentiel d'étude.
2. Calculer la valeur du poids $\vec{P}$ et le représenter sur la construction en précisant l'échelle choisie.
3. Représenter le vecteur $\vec{R}_N$ dont la valeur est fournie avec la même échelle.
4. Relier le vecteur somme des forces $\Sigma\vec{F}$ au vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}$.
5. Exploiter le fait que le mouvement est rectiligne uniforme.
6. En déduire une relation vectorielle entre l'ensemble des forces appliquées.
7. Exploiter graphiquement cette relation vectorielle.
8. Construire le vecteur $\vec{f}$ modélisant les forces de frottement et mesurer sa valeur à partir de l'échelle choisie.

5ᵉ étape : Répondre

• Présenter le contexte et introduire la problématique.

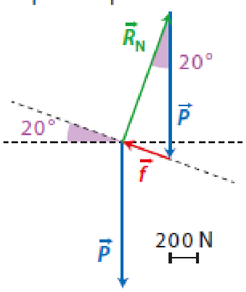
On cherche à déterminer les caractéristiques de la force de frottement qui s'exerce sur le skieur dans la zone de chronométrage, connaissant la nature de son mouvement

• Mettre en forme la réponse

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 $P = 90\ \text{kg} \times 10\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1} = 9{,}0 \times 10^2$ 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 : $\Sigma\vec{F} = m\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$.
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.
$f = P \sin(20°) = 900\ \text{N} \times \sin(20°)$ $f = 308$ 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.



25 Stand up paddle

40 min

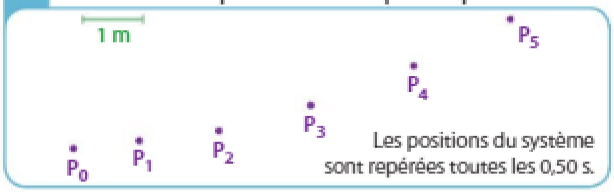
Organiser ses connaissances ; effectuer des calculs ; faire un schéma adapté ; interpréter des observations, des mesures.

A Le stand up paddle

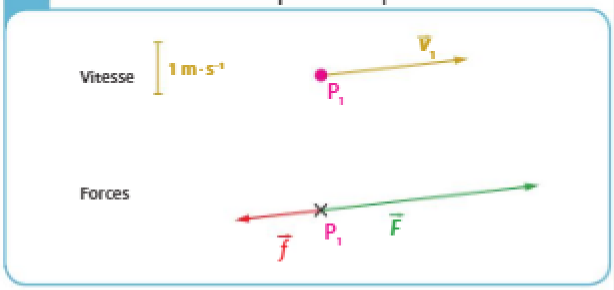
Le stand up paddle est un sport qui consiste à se tenir debout sur une planche et à avancer sur l'eau à l'aide d'une pagaie. La personne pratiquant ce sport est appelée paddler.
En France, en 2013, Kai Lenny champion du monde de stand up paddle a atteint une vitesse de valeur $v = 32\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

B Photographie de la situation dans la position P_1

C Positions de ce paddler filmé depuis un pont



D Modélisation dans la position P_1



Partie 1 (20 min)

La trajectoire du système {paddler – pagaie – paddle} est rectiligne jusqu'en P_2. Pour étudier cette trajectoire, on ne tient compte que de la force $\vec{F}$ de l'eau sur la pagaie qui propulse le système et de la force $\vec{f}$ de frottement de l'eau, opposée au sens du mouvement. Les autres forces qui s'exercent sur le système se compensent.
La photographie B est prise à l'instant t_1. Les forces ainsi que le vecteur vitesse $\vec{v}_1$ sont représentés sur le schéma D.

1. Préciser le système étudié ainsi que le référentiel d'étude.

2. Le paddler de la photographie B est-il proche d'atteindre la valeur de vitesse du record de Kai Lenny ?

3.a. Préciser la direction et le sens de la résultante des forces $\Sigma\vec{F}$ qui s'exercent sur le système dans la position P_1.

b. Représenter cette somme des forces sur le schéma **D**.

4. Le vecteur variation de vitesse $(\Delta\vec{v})_{0\to1}$ du système entre les instants t_0 et t_1 a pour valeur 0,50 $m\cdot s^{-1}$.
Déduire de la question **3b.** une représentation du vecteur $(\Delta\vec{v})_{0\to1}$ en utilisant l'échelle indiquée sur la modélisation **D**.

5.a. Comparer les sens du vecteur vitesse $\vec{v}_1$ et du vecteur variation de vitesse $(\Delta\vec{v})_{0\to1}$ de l'athlète.

b. En déduire la nature du mouvement.

Partie 2 (20 min)

On étudie maintenant le système lors d'un virage qui débute à la position P_2.

1.a. Calculer la valeur v_3 de la vitesse du système à la position P_3.

b. Tracer le vecteur vitesse $\vec{v}_3$ en utilisant pour échelle 1 cm ↔ 1 $m\cdot s^{-1}$

2. En P_2 le vecteur vitesse $\vec{v}_2$ a pour valeur 3,5 $m\cdot s^{-1}$.
Construire sur le schéma précédent le vecteur variation de vitesse $(\Delta\vec{v})_{2\to3}$ du système entre les instants t_2 et t_3.

3.a. Quels doivent être la direction et le sens de la résultante des forces $\Sigma\vec{F}$ qui s'exercent sur le système lorsqu'il effectue son virage à la position P_3 ?

b. Estimer la valeur de la résultante des forces $\Sigma\vec{F}$ sachant que la masse m du système est 90 kg.

4. Le paddler transporte maintenant sur son paddle un autre paddler en difficulté en fournissant le même effort pendant un même intervalle de temps. Comment le vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}$ du système {deux paddlers – pagaie – paddle} évolue-t-il ?

25 Standup paddle

Partie 1 (30 min)

1. Le système étudié est le système {paddler – pagaie – paddle}.
Le référentiel d'étude est un référentiel terrestre.

2. Sur le schéma D, on observe que le segment fléché représentant $\vec{v}_1$ a une longueur environ 3 fois plus grande que le segment d'échelle correspondant à 1 $m\cdot s^{-1}$. Donc $v_1 \approx 3\ m\cdot s^{-1}$ soit 11 $km\cdot h^{-1}$.
Ce paddler est loin d'atteindre la valeur de vitesse du record de Kai Lenny.

3. a. Sur le schéma D, on observe que deux forces s'exercent sur le système dans la position P_1 : la force de propulsion $\vec{F}$ et la force de frottement $\vec{f}$ donc $\Sigma\vec{F} = \vec{F} + \vec{f}$. La modélisation des forces montre que les deux forces ont même direction, l'axe du paddle, et des sens opposés. Le vecteur somme des forces $\Sigma\vec{F}$ a pour direction l'axe du paddle et pour sens celui de la force de plus grande valeur $\vec{F}$.

b. Pour construire le vecteur somme des forces $\Sigma\vec{F}$, on reporte le segment fléché modélisant les forces de frottement $\vec{f}$ à l'extrémité du segment fléché modélisant la force de propulsion $\vec{F}$. Le vecteur $\Sigma\vec{F}$ a pour origine l'origine de $\vec{F}$ et pour extrémité celle de $\vec{f}$.

4. $\Sigma\vec{F} = m\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$. Donc le vecteur variation de vitesse $(\Delta\vec{v})_{0\to1}$ entre les instants t_0 et t_1 à la même direction et le même sens que la somme des forces en P_1. $(\Delta\vec{v})_{0\to1}$ est représenté par un segment fléché de longueur 2 fois plus petite que le segment d'échelle correspondant à 1 $m\cdot s^{-1}$.

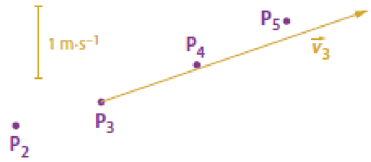
5. a. $\vec{v}_1$ et $(\Delta\vec{v})_{0\to1}$ sont dans le même sens.

b. Le mouvement est rectiligne accéléré puisque $\vec{v}_1$ et $(\Delta\vec{v})_{0\to1}$ ont même direction et même sens.
Cela est confirmé par l'observation du pointage : entre P_0 et P_2 les positions, relevés à intervalles de temps égaux, sont sur une droite et de plus en plus espacés.

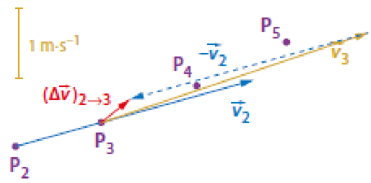
Partie 2 (20 min)

1. a. Avec l'échelle indiquée sur le pointage C, la distance entre P_3 et P_4 est égale à 2 m. La valeur de la vitesse en P_3 est $v_3 = \dfrac{P_3P_4}{\Delta t} = \dfrac{2\ m}{0{,}50\ s} = 4\ m\cdot s^{-1}$.

b. $\vec{v}_3$ est représenté par un segment fléché de longueur 4 cm avec l'échelle indiquée :



2. Graphiquement le vecteur $(\Delta\vec{v})_{2\to3} = \vec{v}_3 - \vec{v}_2$ entre les instants t_2 et t_3 est construit en P_3. Avec $\vec{v}_2$ représenté par un segment fléché de longueur 3,5 cm avec l'échelle indiquée :



3. a. On a : $\Sigma\vec{F} = m\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$. La direction et le sens de la résultante des forces $\Sigma\vec{F}$ qui s'exercent sur le système lorsqu'il effectue son virage dans la position P_3 sont les mêmes que celles de $(\Delta\vec{v})_{2\to3}$.

b. $(\Delta\vec{v})_{2\to3}$ est représenté par un segment fléché de longueur 0,6 cm. Donc, avec l'échelle indiquée, la valeur de $(\Delta\vec{v})_{2\to3}$ est égale à 0,6 $m\cdot s^{-1}$. D'où $\Sigma F = m \times \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = 90\ kg \times \dfrac{0{,}6\ m\cdot s^{-1}}{0{,}50\ s} = 1 \times 10^2$ N.

4. Le vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}$ du système {deux paddlers – pagaie – paddle} a pour valeur $\Delta v = \Sigma F \times \dfrac{\Delta t}{m}$.

Si le paddler transporte sur son paddle un coéquipier, la masse m du nouveau système est plus grande. En fournissant le même effort pendant un même intervalle de temps $\Sigma F \times \dfrac{\Delta t}{m}$ diminue.
$\Delta\vec{v}$ garde les mêmes directions et sens mais sa valeur diminue.