Mécanique

Physique
Seconde générale et technologique

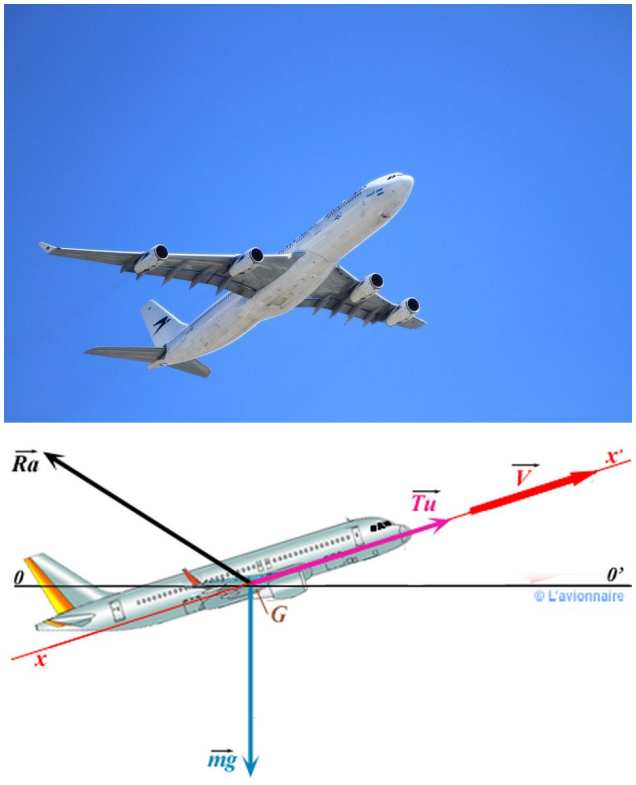


Figure 1: Avion au décollage et sa modélisation mécanique (source : pixabay.com, lavionnaire.fr).

2026 – 2027

Scanne-moi pour travailler avec Socrate Strict 

Une nouvelle conversation pour chaque séance de travail,
en collant le texte de Socrate Strict au début.

Table des matières

Décrire le mouvement d'un point 5
Vecteur déplacement 7
Le vecteur vitesse 9
Le mouvement rectiligne uniforme 11
Le modèle des actions mécaniques 13
Le principe d'inertie et sa contraposée 15
La gravitation universelle 17
Exercices 19
Corrigés des exercices 29

Comptes rendus des séances de travaux pratiques 31

Leçon I : Décrire le mouvement d'un point

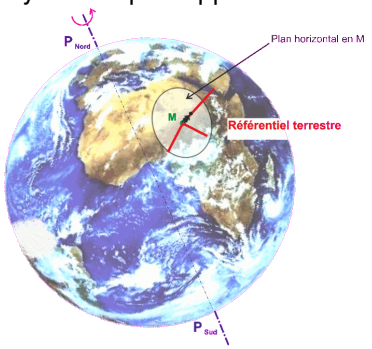
L'étude des mouvements, des déformations et de leurs causes est un domaine de la physique que l'on appelle la **mécanique**.
En mécanique, le **{système}** est l'objet que l'on étudie.

Exercice 1 : Identifier le système sur l'image ci-dessous. **S'APP**



Trajectoire d'une {balle} de football lors d'un coup franc.

En mécanique, un **référentiel** est un objet qui sert de référence pour le temps (on imagine qu'il y a une horloge dans le référentiel) et pour les distances (on imagine qu'il y a un repère (O,x,y,z)).
Sur la Terre, pour les expériences à sa surface, on se place dans le **référentiel terrestre**, c'est-à-dire qu'on étudie le mouvement des systèmes par rapport au sol.



+



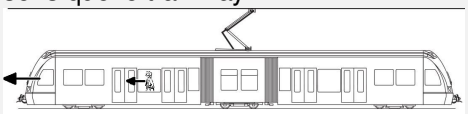
En physique classique, on considère que le temps est absolu : il ne dépend pas du référentiel étudié.

Pour caractériser le mouvement d'un point, on indique deux adjectifs épithètes :

- l'un pour caractériser la forme de sa trajectoire :
  - si c'est une droite, on dit que le mouvement est **rectiligne** ;
  - si c'est un cercle, on dit que le mouvement est **circulaire** ;
  - si c'est une courbe quelconque, on dit que le mouvement est **curviligne** ;
- le deuxième pour la façon dont la vitesse évolue :
  - si la vitesse augmente, on dit que le mouvement est **accéléré** ;
  - si la vitesse diminue, on dit que le mouvement est **ralenti** ;
  - si la vitesse est constante, on dit que le mouvement est **uniforme**.

S'il n'y a pas de mouvement (objet immobile), on dit que l'objet est **au repos**.
Le mouvement d'un objet est **relatif** : il dépend du référentiel choisi.

Exercice 2 : Dans un tramway, un personnage se déplace dans le même sens que le tramway.



Q1. Décrire le mouvement du personnage dans le référentiel du tramway, puis dans le référentiel terrestre.

Q2. Expliquer comment il pourrait être immobile dans le référentiel terrestre. ANA

Dans un référentiel donné, si le système parcourt une distance d pendant une durée Δt, alors sa **vitesse moyenne** est :

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

⚠ La vitesse dépend du référentiel.

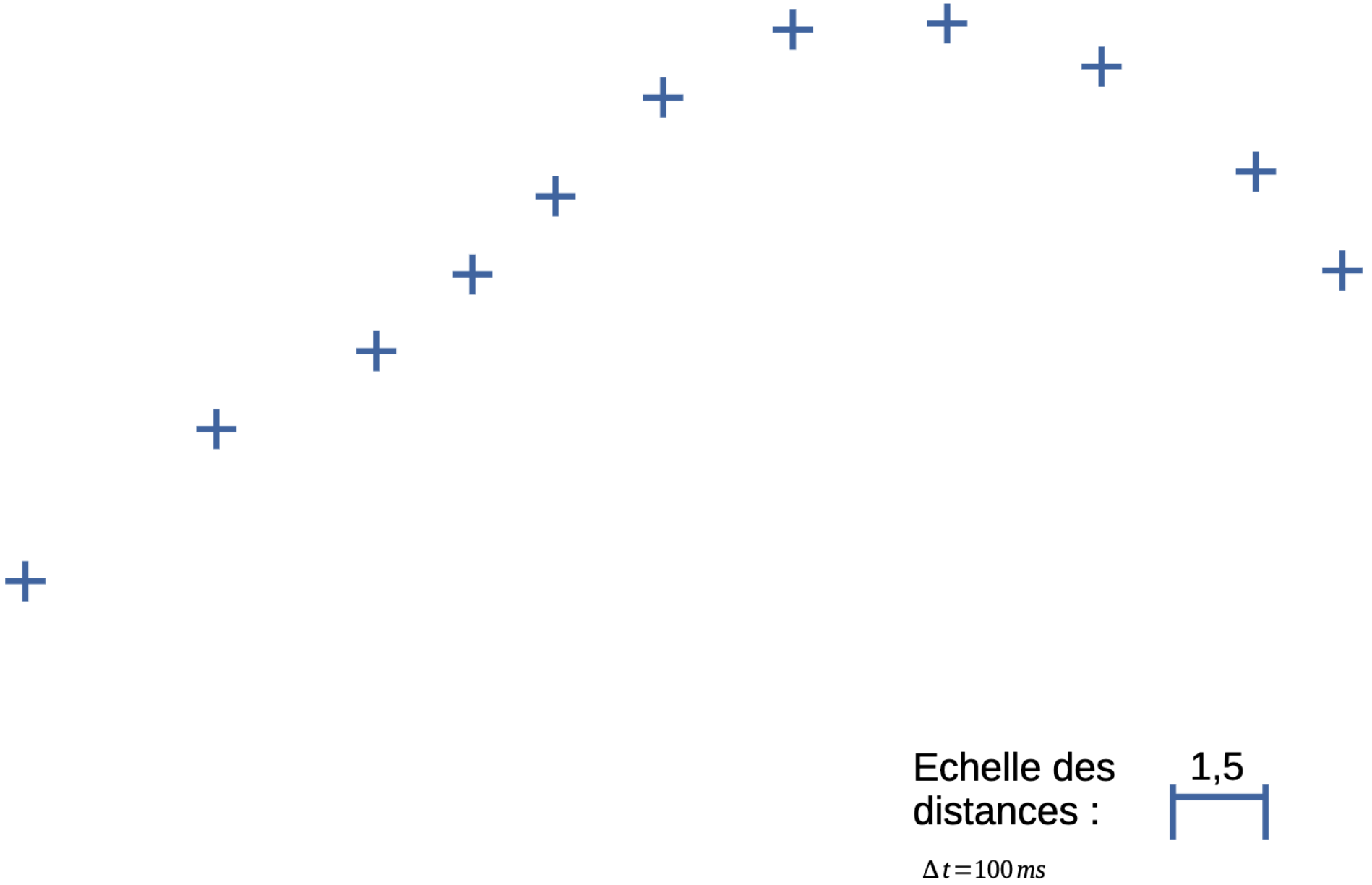
Exercice 3 : Calculer la vitesse (dans le référentiel terrestre) de Samia à la piscine olympique (longueur $L = 50$ m) quand elle fait deux longueurs en $\Delta t =$ 1 min 30 s. REA

Leçon II : Vecteur déplacement

Le **vecteur déplacement** est un vecteur qui relie deux positions successives d'un système ponctuel. On le note $\overrightarrow{M_iM_{i+1}}$, i étant le compteur de position.

Exercice 4 : Une moto et son pilote effectuent un saut sur un tremplin. On réalise la chronophotographie du saut et on repère par une croix la position du centre de la roue avant (page suivante). Dessiner le vecteur déplacement au point M_2, choisir une notation pour ce vecteur et calculer sa valeur.




Echelle des distances :
1,5
$\Delta t = 100\,ms$

Leçon III : Le vecteur vitesse

Le **vecteur vitesse** d'un système au point M_i se note $\overrightarrow{v_i}$ et est défini par :

$$\overrightarrow{v_i} = \frac{\overrightarrow{M_iM_{i+1}}}{\Delta t}$$

C'est une flèche qui est parallèle au vecteur déplacement. On peut calculer la vitesse au point n°i de manière approchée, entre deux points successifs, à l'aide de la formule :

$$\|\overrightarrow{v_i}\| = \frac{\left\|\overrightarrow{M_iM_{i+1}}\right\|}{\Delta t}$$

avec $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ la durée pour passer d'un point à l'autre.

Exercice 5 : Calculer et représenter le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_9}$ du point modélisant le centre de la balle de tennis, sachant que la durée entre deux images est de 20 ms.



Leçon IV : Le mouvement rectiligne uniforme

- Un système qui se déplace en **mouvement rectiligne** a une trajectoire rectiligne, c'est-à-dire en ligne droite.
- Un système qui se déplace en **mouvement uniforme** a une vitesse uniforme, c'est-à-dire constante : la vitesse est la même en tout point du trajet.

La distance parcourue par un {système} en mouvement uniforme est proportionnelle à la durée du parcours. Ainsi, si on divise la distance parcourue par la durée du parcours, on obtient une constante qui s'appelle la vitesse :

$$\frac{d}{\Delta t} = v$$

- Un système qui se déplace en **mouvement rectiligne uniforme** a une trajectoire rectiligne et une vitesse uniforme.

Exercice 6 : Indiquer, parmi les chronophotographies suivantes, celles qui correspondent à un mouvement rectiligne, à un mouvement uniforme, à un mouvement rectiligne uniforme. **S'APP**

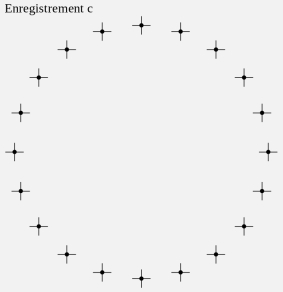
Enregistrement a



Enregistrement b



Enregistrement c



Exercice 7 : Un train se déplace en mouvement curviligne uniforme : il parcourt 2 km en 3 min. Calculer la durée nécessaire pour parcourir 4 km, puis la distance parcourue en 1 h.



Une locomotive à vapeur.

Dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme (en supposant que les positions ont été relevées à des intervalles de temps égaux) :

- toutes les positions sont alignées, et séparées d'une distance constante ;
- tous les vecteurs déplacement $\overrightarrow{M_iM_{i+1}}$ sont égaux ;
- tous les vecteurs vitesse $\overrightarrow{v_i}$ sont égaux, et leur longueur est égale à la vitesse moyenne sur l'ensemble du trajet :

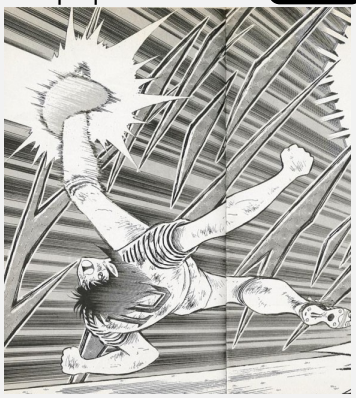
$$\|\overrightarrow{v_i}\| = v = \frac{d}{\Delta t}$$

Leçon V : Le modèle des actions mécaniques

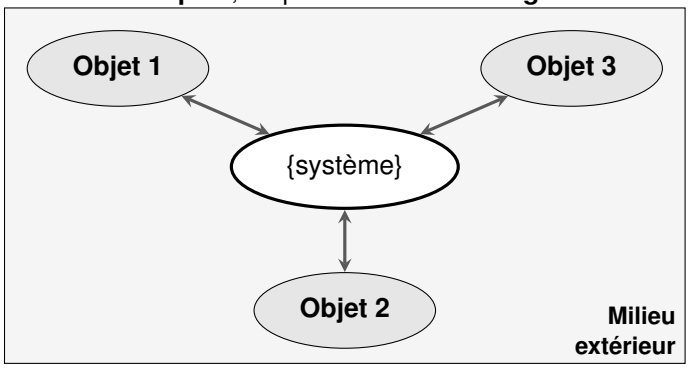
On parle d'**action mécanique** entre un objet et un autre lorsque ces deux objets agissent l'un sur l'autre de façon mécanique :

- soit parce qu'il y a déformation de l'un au moins des deux objets ;
- soit parce que le mouvement de l'un au moins des deux objets est modifié.

Exercice 8 : Sur cette image, l'auteur a voulu représenter une action mécanique. Expliquer comment. **S'APP**

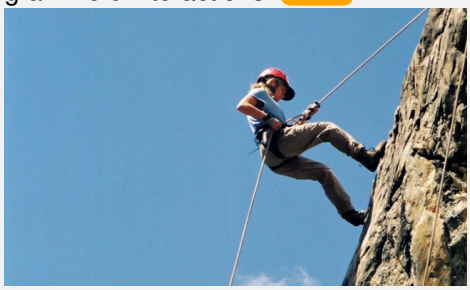


Pour faire le **bilan des actions mécaniques**, on peut s'aider d'un **diagramme d'interactions** :



Les **actions de contact** nécessitent le contact entre les deux objets. Sinon, on parle d'**actions à distance**.

Exercice 9 : Faire le bilan des actions sur la {grimpeuse} à l'aide d'un diagramme d'interactions. **ANA**



Un **vecteur force** est un vecteur qui modélise l'action mécanique d'un objet sur un autre. Il se note par exemple $\overrightarrow{F_{A/B}}$ pour l'action de l'objet A sur l'objet B.
Un vecteur force possède 4 caractéristiques :

- le **point d'application** : le point où commence la flèche ;
- la **direction** : la droite sur laquelle on dessine la force ;
- le **sens** : l'orientation de la flèche ;
- la **longueur** (ou intensité, ou norme) : $F_{A/B}$ ou $\left\|\overrightarrow{F_{A/B}}\right\|$, en newtons (N).

⚠ Ne pas confondre les deux écritures : $\overrightarrow{F_{A/B}}$ et $F_{A/B}$.

Exercice 10 : Indiquer quelle force est mesurée. ANA

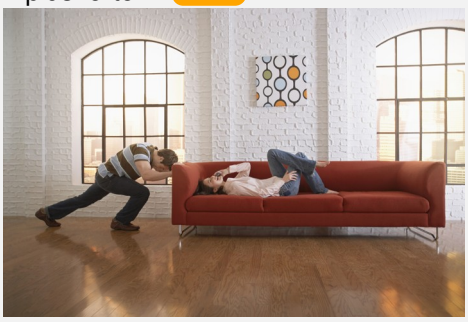


♡ Principe des actions réciproques (troisième loi de Newton)

Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B, telle que :

$$\overrightarrow{F_{B/A}} = -\overrightarrow{F_{A/B}}$$

Exercice 11 : À force de pousser sur le canapé, celui-ci se met en mouvement. Indiquer, parmi les deux forces, celle du canapé sur l'homme et celle de l'homme sur le canapé, laquelle est la « plus forte ». ANA



Leçon VI : Le principe d'inertie et sa contraposée

Exercice 12 : Dans un référentiel imaginaire, loin de toute planète, de toute étoile, éloigné de tout, est perdu le LEGO cosmonaute. On passe à côté en vaisseau spatial, sans le perturber. Deux mouvements sont possibles pour ce LEGO, dans le référentiel du vaisseau spatial. Les citer. ANA



♡ Principe d'inertie

Dans un référentiel galiléen, si les forces qui s'exercent sur un système se compensent ($\overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3} + \cdots = \overrightarrow{0}$), alors :

- soit le système est au repos ;
- soit le mouvement est rectiligne uniforme.

La réciproque est vraie.

Exercice 13 : Indiquer si les forces qui s'exercent sur votre trousse se compensent. ANA

♡ Réciproque du principe d'inertie

Dans un référentiel galiléen, si le système est au repos ou si son mouvement est rectiligne uniforme, alors les forces qui s'exercent sur ce système se compensent :

$$\overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3} + \cdots = \overrightarrow{0}$$

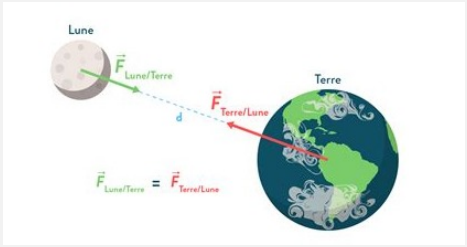
Exercice 14 : Expliquer pourquoi ce {gymnaste} est immobile. ANA



♡ Contraposée du principe d'inertie

Dans un référentiel galiléen, si les forces qui s'exercent sur un système ne se compensent pas ($\overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3} + \ldots \neq \overrightarrow{0}$), alors le système ne peut être ni au repos, ni en mouvement rectiligne uniforme.

Exercice 15 : Indiquer si les forces qui s'exercent sur la Lune se compensent, puis décrire quel serait son mouvement si c'était le cas. ANA



Leçon VII : La gravitation universelle

♡ Loi de la gravitation universelle

Deux corps ponctuels A et B (ou à répartition sphérique de masse), de masses respectives m_A et m_B et séparés d'une distance AB, sont soumis à des forces d'attraction $\overrightarrow{F_{A/B}}$ et $\overrightarrow{F_{B/A}}$ de caractéristiques :

- point d'application : le centre des corps ;
- direction : la droite (AB) ;
- sens : forces attractives ;
- longueur :

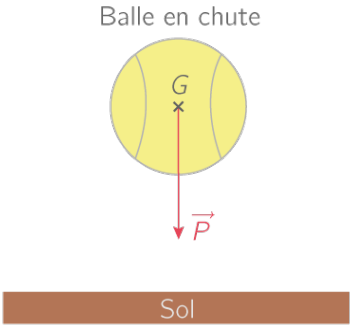
$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{AB^2}$$



Expression vectorielle :

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{AB^2} \cdot \overrightarrow{u_{BA}}$$

avec $\overrightarrow{u_{BA}}$ un vecteur unitaire (de longueur 1) dirigé de B vers A.



À la surface des planètes, la force de gravitation qu'exerce la planète sur les objets à sa surface s'appelle le **poids**, défini par $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$:

- point d'application : centre de gravité du système ;
- direction : verticale ;
- sens : vers le bas ;
- longueur : $P = m \cdot g$.

L'**intensité de la pesanteur**, notée g, est donnée par la formule :

$$g = G \cdot \frac{m_{\text{planète}}}{R^2_{\text{planète}}}$$

Expression vectorielle :

$$\vec{P} = -m \cdot g_{\text{planète}} \cdot \vec{k}$$

avec $\vec{k}$ un vecteur unitaire vertical, dirigé vers le haut.

Exercices

Exercice 16 : CHÂTELET – LES HALLES



Paul se balade à Châtelet avec son amie Sophie. Ils empruntent le tapis roulant et discutent. Ils passent devant Émilie, une touriste un peu perdue.

Q1. Décrire le mouvement de Paul, Sophie et Émilie dans le référentiel terrestre.

Q2. Décrire le mouvement des systèmes suivants dans les référentiels donnés :
- {Paul} dans le référentiel de Sophie ;
- {Paul} dans le référentiel d'Émilie ;
- {Émilie} dans le référentiel de Paul.

Q3. Citer un référentiel dans lequel le tapis est immobile.

Q4. Paul veut aider Émilie à trouver son chemin. Il essaie de ne plus avoir de mouvement par rapport à Émilie. Expliquer comment il doit procéder, en termes de mouvement dans le référentiel d'Émilie et dans le référentiel terrestre.

Exercice 17 : MOUVEMENT DE LA TERRE AUTOUR DU SOLEIL

On choisit d'étudier le centre de la Terre par rapport au Soleil (référentiel héliocentrique). On supposera que la trajectoire de la Terre est un cercle dans ce référentiel.
Donnée : rayon de la trajectoire de la Terre autour du Soleil : $R = 150$ millions de kilomètres.

Q1. Indiquer le système étudié.

Q2. Indiquer le référentiel choisi dans l'étude.

Q3. Indiquer la durée d'un tour de la Terre autour du Soleil.

Q4. Calculer la longueur de la trajectoire dans ce référentiel.

Q5. En déduire la vitesse moyenne de la Terre autour du Soleil.

Q6. Exprimer cette vitesse en km h^{-1}. Commenter.

Exercice 18 : VECTEURS DÉPLACEMENT

On réalise la chronophotographie de la chute d'une balle de tennis, en prenant des photos de la balle toutes les 20 ms au cours de son mouvement.



Q1. Indiquer le système étudié, et proposer une modélisation.

Q2. Indiquer dans quel référentiel on peut observer le mouvement pris en photo.

Q3. Numéroter les positions successives M_i du centre de gravité de la balle, en commençant par $i = 0$.

Q4. Représenter et nommer tous les vecteurs déplacement.

Q5. Ajouter un repère orthonormé (O,x,y), avec l'axe (Oy) vertical, dirigé vers le bas.

Q6. Donner les caractéristiques du vecteur déplacement $\overrightarrow{M_8M_9}$.

Q7. Même question pour le vecteur $\overrightarrow{M_9M_{10}}$.

Q8. Le mouvement est rectiligne accéléré. Expliquer comment on peut le savoir à l'aide des vecteurs déplacement.

Q9. Le mouvement est vertical. Expliquer comment on peut le savoir à l'aide des vecteurs déplacement.

Exercice 19 : REPRÉSENTER UN VECTEUR VITESSE

On réalise la chronophotographie d'un volant de badminton, reproduite ci-dessous (échelle 1/10).

Q1. Indiquer le système et le référentiel.

Q2. Numéroter les positions successives du système, modélisé par un point M_i. On commencera par $i = 0$.

Q3. On souhaite représenter le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_8}$.

a. Mesurer la longueur M_8M_9 sur le schéma et utiliser un tableau de proportionnalité pour trouver la vraie longueur. Pour ce faire, utiliser l'échelle de 1/10, c'est-à-dire que 1 cm sur le schéma représente 10 cm en vrai.

b. Sachant que deux images sont séparées d'une durée de 20 ms, calculer la vitesse v_8.

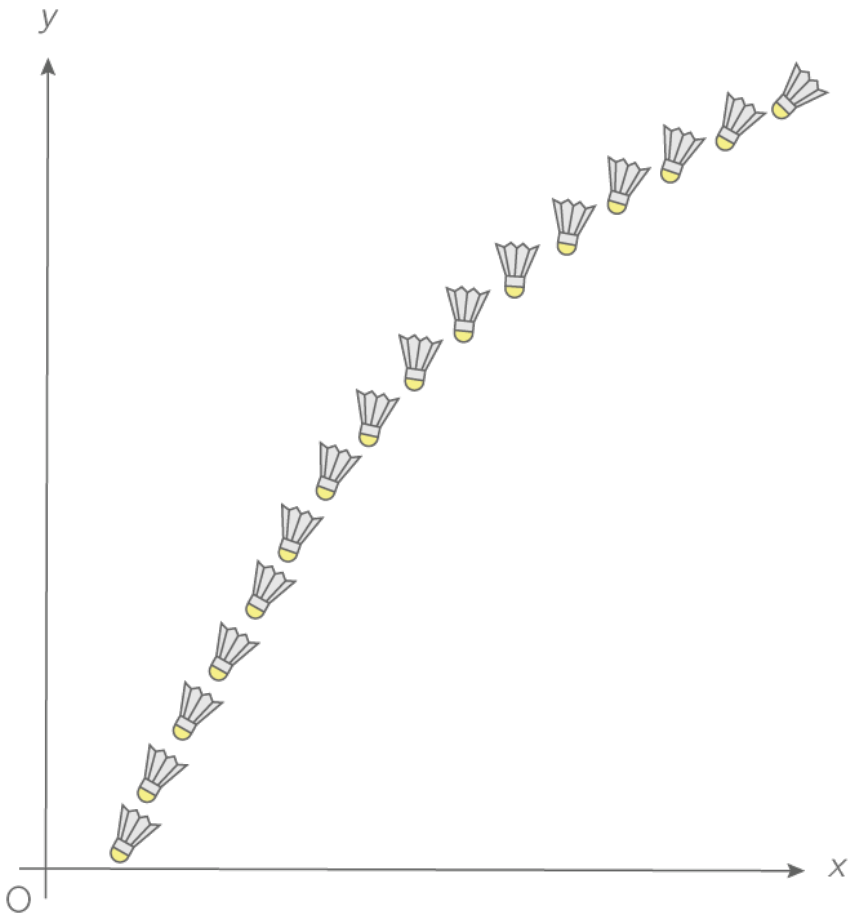
c. Choisir une échelle (1 cm pour combien de cm ms^{-1}) pour les vitesses, de telle sorte que le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_8}$ puisse être représenté sur cette feuille.

d. Représenter le vecteur $\overrightarrow{v_8}$ sur le schéma.

Q4. Indiquer si l'on peut représenter $\overrightarrow{v_{15}}$. Expliquer.

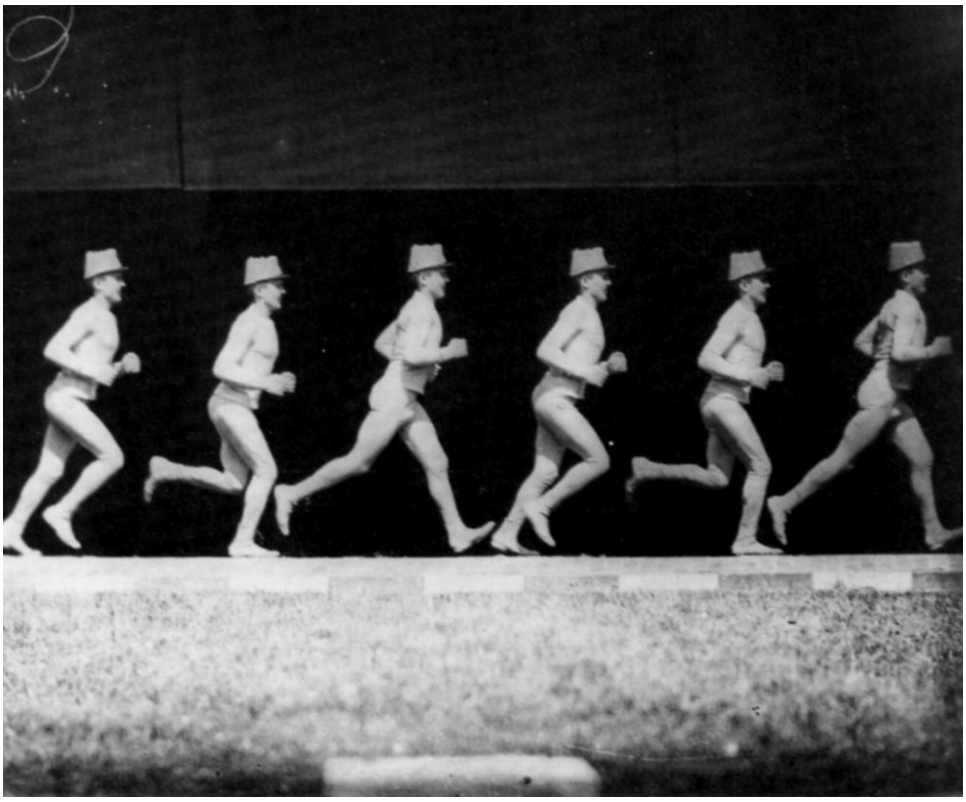
Q5. Déterminer puis représenter $\overrightarrow{v_{14}}$ avec la même échelle que celle choisie précédemment.

Q6. Caractériser le mouvement à l'aide des deux constructions précédentes.



Exercice 20 : VITESSE MOYENNE SUR UN MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME

On réalise la chronophotographie d'un coureur, de hauteur 1,65 m, en prenant des photos de ce coureur toutes les 0,25 s.



Q1. Indiquer le système étudié sur cette chronophotographie, ainsi qu'un référentiel adapté à l'étude de son mouvement.

Q2. On s'intéresse plus particulièrement au centre du chapeau du coureur. Numéroter les 6 positions successives en commençant par le n°1 et en appelant le point M_i, avec i allant de 1 à 6.

Q3. Représenter le vecteur déplacement $\overrightarrow{M_2M_3}$. À l'aide d'un tableau de proportionnalité, calculer la longueur de ce vecteur, que l'on notera $\left\|\overrightarrow{M_2M_3}\right\|$.

Q4. Calculer et représenter la vitesse en M_2.

Q5. Indiquer la durée totale Δt du mouvement du coureur, pour aller de la position M_1 à la position M_6.

Q6. Indiquer la distance totale parcourue, notée d.

Q7. En déduire la vitesse moyenne du système au cours du mouvement.

Q8. Indiquer si le mouvement est uniforme. Justifier.

Exercice 21 : BILAN DES ACTIONS



Q1. Faire le bilan des actions sur le {surf} du kitesurfeur.

Q2. Préciser quelles actions sont des actions de contact et quelles actions sont des actions à distance.

Exercice 22 : MODÉLISATION D'UNE ACTION MÉCANIQUE

Donner les caractéristiques connues de la force $\overrightarrow{F_{\text{laisse/homme}}}$, puis représenter cette force sur l'image.



Exercice 23 : BILAN DES FORCES



Un athlète est immobile, suspendu à l'aide de deux anneaux : anneau droit et anneau gauche.
On se propose d'effectuer le bilan des forces qui s'appliquent sur l'athlète.

Q1. Indiquer le système étudié.

Q2. Indiquer dans quel référentiel est donné le mouvement (immobile) du système.

Q3. Faire un diagramme d'interactions pour le système.

Q4. Traduire ce diagramme d'interactions en termes de bilan des actions.

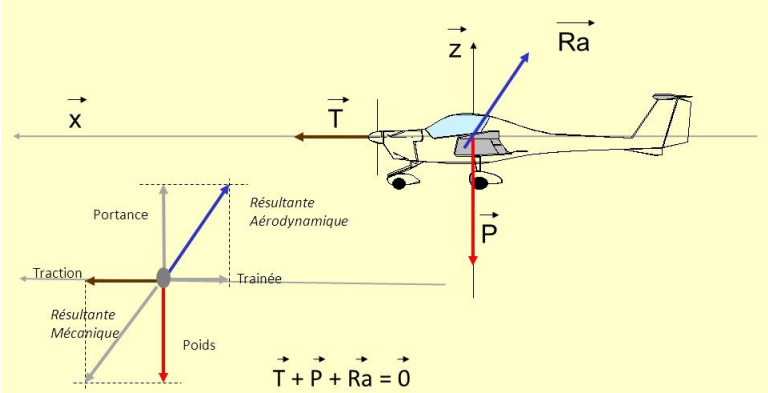
Q5. Modéliser chaque action, et donner le nom du modèle retenu (par exemple, pour l'action de la planète Terre sur l'{athlète}, on choisit le modèle du poids, force de la planète Terre sur l'{athlète}).

Q6. Donner les caractéristiques de chaque force.

Q7. Représenter les forces sur la photographie.

Exercice 24 : LE MOUVEMENT D'UN AVION

Sur un site consacré à l'aviation, un schéma illustre un type de mouvement particulier. En étudiant ce schéma et en justifiant à l'aide du principe d'inertie, donner le mouvement de l'avion dans la situation représentée, dans le référentiel terrestre.



Exercice 25 : HYDROPLANING



Une {voiture} avance en ligne droite à vitesse constante sur une route horizontale.

Q1. Préciser le système et le référentiel implicite dans cet exercice.

Q2. Faire le bilan des forces. On négligera l'action de l'air devant les autres actions.

Q3. Indiquer si ces forces se compensent. Justifier.

Q4. Représenter ces forces sur un schéma. On modélisera la voiture par un point V.

Au moment de payer l'autoroute, le conducteur doit freiner. La voiture ne répond pas et continue sa route tout droit, à la même vitesse que précédemment. Pourtant, les roues sont bloquées et les freins fonctionnent.

Q5. Indiquer si le bilan des forces est modifié. Si oui, préciser quelle force est ajoutée à la liste.

Q6. Indiquer si ces forces se compensent. Justifier.

Q7. Indiquer quelle force du bilan des forces peut être modifiée pour que la voiture n'ait pas ce mouvement rectiligne uniforme, et qu'elle puisse s'arrêter.

Ce phénomène peut apparaître en cas de conduite sur une voie mouillée : on l'appelle l'hydroplaning. Grâce au système électromécanique appelé ABS, les roues ne se bloquent pas et le contact avec la route est maintenu, permettant à la voiture de s'arrêter.

Exercice 26 : SAUT À L'ÉLASTIQUE



C'est en Afrique du Sud, à Johannesburg, que l'on peut faire du saut à l'élastique, plus particulièrement dans le quartier de Soweto, entre les deux tours d'une centrale électrique. La hauteur du saut est de 100 m.

On désire calculer le diamètre d'élastique nécessaire pour réaliser le saut. Pour cela, une étude préalable des actions mécaniques qui s'exercent sur l'élastique est nécessaire.
On s'intéresse ici uniquement au cas de l'immobilité : l'élastique retient un {homme} suspendu à lui, et il est accroché à un pont de singe entre les deux cheminées. Le système sera modélisé par un point M.

Q1. Indiquer le système. Choisir un référentiel d'étude adapté.

Q2. Faire le diagramme d'interactions des actions mécaniques qui s'exercent sur l'{élastique}.

Q3. En déduire le bilan des actions mécaniques.

Q4. En déduire le bilan des forces exercées.

Q5. Faire un schéma de la situation (système et vecteurs forces), et représenter toutes les forces.

Q6. À l'aide du principe d'inertie et des connaissances sur les forces, déterminer les caractéristiques de tous les vecteurs forces représentés, sachant que la masse du sauteur est $m = 70$ kg et que l'intensité de la pesanteur vaut $g = 9{,}81$ N kg^{-1}.

Q7. Indiquer si, pour dimensionner l'élastique, une étude en mouvement est nécessaire, ou si l'étude précédente suffit.

Dans tous les exercices qui suivent, il est possible d'utiliser les données astronomiques au début du cours, et éventuellement celles-ci :

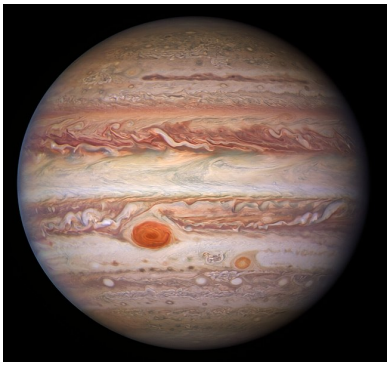
- intensité de la pesanteur à Paris : $g_{\text{Paris}} = 9{,}81$ N kg^{-1} ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N kg^{-2} m^2.

Exercice 27 : POIDS ET MASSE



Sur cette photographie d'une boîte de conserve, une erreur est faite. L'identifier, puis corriger l'étiquette en bon mécanicien.

Exercice 28 : FORCE DU SOLEIL SUR JUPITER



On souhaite représenter la force $\overrightarrow{F_{S/J}}$ du Soleil sur Jupiter, et l'exprimer de manière vectorielle.
Placer un point J, représentant Jupiter. À une dizaine de centimètres, placer un point S, pour le Soleil. En J, représenter un vecteur unitaire (de longueur 1) $\overrightarrow{u_{JS}}$, dirigé par la droite (JS), de sens J vers S.

Q1. Donner l'expression vectorielle de la force $\overrightarrow{F_{S/J}}$, force de gravitation du Soleil sur Jupiter. On notera M_S la masse du Soleil, M_J la masse de Jupiter, JS la distance entre J et S et $\overrightarrow{u_{JS}}$ le vecteur unitaire nécessaire.

Q2. Représenter cette force avec une longueur quelconque.

Q3. Calculer l'intensité de cette force, en N (utiliser les données en début de ce cours).

Q4. Répondre aux mêmes questions pour la force $\overrightarrow{F_{J/S}}$, force de gravitation de Jupiter sur le Soleil.

Exercice 29 : MON POIDS SUR JUPITER

Comparer sans calcul votre masse sur la planète Terre et sur la planète Jupiter. Faire de même pour votre poids.

Exercice 30 : LA VALEUR DE L'INTENSITÉ DE LA PESANTEUR À PARIS

Q1. Calculer l'intensité de la pesanteur sur la Terre.

Q2. Expliquer pourquoi on ne retrouve pas la valeur communément admise à Paris (9,81 N kg^{-1}).

Q3. Calculer votre poids P sur la Terre.

Données :

- altitude à Paris : 35 m ;
- rayon terrestre : 6,38 × 10^3 km ;
- masse de la Terre : 5,9 × 10^{24} kg ;
- constante de la gravitation universelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ m^3 kg^{-1} s^{-2}.

Exercice 31 : LA FORCE DE GRAVITATION DE LA PLANÈTE TERRE SUR LES OBJETS À SA SURFACE

Q1. Donner l'autre nom de la force de gravitation sur Terre.

Q2. Écrire la loi de la gravitation universelle. Préciser la signification des termes, et leur unité.

Q3. Indiquer comment on note (avec quelle lettre, quelle notation) la force de gravitation qu'exerce la planète Terre T sur un objet O : $F_{T/O}$ ou $F_{O/T}$.

Q4. Calculer, à l'aide des données suivantes, cette force de gravitation de la Terre sur un objet de masse $m = 70$ kg posé à sa surface :

- masse de la Terre : $M_T = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg ;
- rayon de la Terre : $R_T = 6{,}4 \times 10^6$ m ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}.

Q5. Calculer la force de gravitation de cet objet sur la Terre, notée $F_{O/T}$.

Q6. Schématiser le système (le modéliser par un point), puis compléter ce schéma avec la force de gravitation exercée par la Terre.

Q7. Ajouter sur le schéma précédent un vecteur unitaire $\overrightarrow{k}$ dirigé vers le haut. En déduire l'expression vectorielle de $\overrightarrow{F_{T/O}}$ en fonction de G, M_T, R_T, m et $\overrightarrow{k}$.

Exercice 32 : LE « POIDS » SUR LA LUNE

À l'aide des données, calculer puis comparer :

Q1. la masse d'un astronaute sur la Lune et sur Terre ;

Q2. le poids d'un astronaute sur la Lune et sur Terre.

Données :

- intensité de la pesanteur sur la Terre : $g_T = 9{,}81$ N kg^{-1} ;
- intensité de la pesanteur sur la Lune : $g_L = 1{,}622$ N kg^{-1}.

Corrigés des exercices

Ex. 1. La balle de football.

Ex. 2. Q1 : dans le référentiel du tramway, le personnage avance (mouvement rectiligne) ; dans le référentiel terrestre, il avance plus vite que le tramway. Q2 : en marchant en sens inverse du tramway, à la même vitesse que lui.

Ex. 3. $d = 2 \times 50$ m $= 100$ m ; $\Delta t = 90$ s ; $v = \dfrac{d}{\Delta t} \approx 1{,}1$ m s^{-1}.

Ex. 4. $\overrightarrow{M_2M_3}$; en numérotant M_0 la première position (en bas à gauche), $M_2M_3 \approx 2{,}0$ m, en lisant l'échelle des distances en mètres.

Ex. 5. En numérotant M_0 la balle tenue dans la main : $M_9M_{10} \approx 0{,}17$ m, d'où $v_9 = \dfrac{M_9M_{10}}{\Delta t} \approx \dfrac{0{,}17}{0{,}020} \approx 8$ m s^{-1} ; $\overrightarrow{v_9}$ vertical, vers le bas.

Ex. 6. Rectiligne : a et b ; uniforme : a et c ; rectiligne uniforme : a.

Ex. 7. 4 km en 6 min ; en 1 h : 40 km.

Ex. 8. Le ballon est déformé au contact du pied du joueur, et les traits indiquent la modification de son mouvement.

Ex. 9. {grimpeuse} : Terre (à distance), corde (contact), paroi rocheuse (contact).

Ex. 10. La force exercée par la pomme sur le dynamomètre, environ 2 N ; à l'équilibre, elle a la même valeur que le poids de la pomme.

Ex. 11. Aucune : les deux forces ont la même intensité (principe des actions réciproques).

Ex. 12. Au repos, ou en mouvement rectiligne uniforme.

Ex. 13. Oui : la trousse est au repos dans le référentiel terrestre, donc les forces qui s'exercent sur elle se compensent.

Ex. 14. Les forces qui s'exercent sur lui (son poids et les actions des deux anneaux) se compensent.

Ex. 15. Non : le mouvement de la Lune autour de la Terre est circulaire. Si les forces se compensaient, elle aurait un mouvement rectiligne uniforme.

Ex. 16. Q1 : Paul et Sophie : rectiligne uniforme ; Émilie : au repos. Q2 : Paul / Sophie : au repos ; Paul / Émilie : rectiligne uniforme ; Émilie / Paul : rectiligne uniforme, en sens inverse. Q3 : le référentiel de Paul ou celui de Sophie (immobiles sur le tapis). Q4 : il doit marcher sur le tapis en sens inverse, à la même vitesse que le tapis : il est alors au repos dans le référentiel d'Émilie comme dans le référentiel terrestre.

Ex. 17. Q1 : la Terre (son centre). Q2 : héliocentrique. Q3 : un an, soit environ 365,25 jours. Q4 : $L = 2\pi R \approx 9{,}4 \times 10^8$ km. Q5 : $v = \dfrac{L}{\Delta t} \approx 30$ km s^{-1}. Q6 : $v \approx 1{,}1 \times 10^5$ km h^{-1} : vitesse très grande, que nous ne percevons pas.

Ex. 18. Q1 : la balle, modélisée par un point (son centre). Q2 : référentiel terrestre. Q6 : direction verticale, sens vers le bas, longueur $M_8M_9 \approx 0{,}15$ m (en numérotant M_0 la balle tenue dans la main). Q7 : verticale, vers le bas, $M_9M_{10} \approx 0{,}17$ m. Q8 : vecteurs de même direction (rectiligne) et de longueur croissante (accéléré). Q9 : tous les vecteurs déplacement sont verticaux.

Ex. 19. Q1 : le volant ; référentiel terrestre. Q3 : $M_8M_9 \approx 0{,}9$ cm sur le schéma, soit 9 cm en vrai ; $v_8 \approx 0{,}45$ cm ms^{-1} (4,5 m s^{-1}) ; par exemple 1 cm pour 0,1 cm ms^{-1}. Q4 : non, il faudrait la position M_{16}. Q5 : $M_{14}M_{15} \approx 0{,}85$ cm sur le schéma, $v_{14} \approx 0{,}43$ cm ms^{-1}. Q6 : mouvement curviligne (la direction du vecteur vitesse change), légèrement ralenti.

Ex. 20. Q1 : le coureur ; référentiel terrestre. Q3 : $M_2M_3 \approx 0{,}9$ m (échelle : hauteur du coureur). Q4 : $v_2 \approx 3{,}5$ m s^{-1}. Q5 : $\Delta t = 5 \times 0{,}25$ s $= 1{,}25$ s. Q6 : $d \approx 4{,}3$ m. Q7 : $v \approx 3{,}5$ m s^{-1}. Q8 : oui : les positions sont équidistantes.

Ex. 21. Q1 : Terre, eau, kitesurfeur. Q2 : contact : eau et kitesurfeur ; à distance : Terre.

Ex. 22. Point d'application : la main de l'homme ; direction : celle de la laisse ; sens : de la main vers le chien ; intensité inconnue.

Ex. 23. Q1 : l'athlète. Q2 : référentiel terrestre. Q3-Q4 : Terre (à distance), anneau droit et anneau gauche (contact). Q5 : poids $\overrightarrow{P}$; forces $\overrightarrow{F_{\text{ad/athlète}}}$ et $\overrightarrow{F_{\text{ag/athlète}}}$. Q6 : $\overrightarrow{P}$: centre de gravité, verticale, vers le bas ; forces des anneaux : au niveau des mains, verticales, vers le haut ; elles compensent le poids (athlète immobile).

Ex. 24. $\overrightarrow{T} + \overrightarrow{P} + \overrightarrow{R_a} = \overrightarrow{0}$: les forces se compensent ; l'avion, en vol, a donc un mouvement rectiligne uniforme.

Ex. 25. Q1 : la voiture ; référentiel terrestre. Q2 : poids (Terre) et action de la route. Q3 : oui : mouvement rectiligne uniforme. Q5 : non : la couche d'eau empêche le contact entre les pneus et la route, la force de frottement de la route ne s'ajoute pas. Q6 : oui (mouvement rectiligne uniforme). Q7 : l'action de la route (frottements) sur la voiture.

Ex. 26. Q1 : l'élastique ; référentiel terrestre. Q2-Q4 : pont de singe (contact), homme (contact), Terre (à distance, poids de l'élastique négligeable). Q6 : $F_{\text{homme/élastique}} = m \cdot g \approx 687$ N, verticale vers le bas ; $F_{\text{pont/élastique}} \approx 687$ N, verticale vers le haut. Q7 : non : en mouvement, la force exercée par l'homme sur l'élastique dépasse largement son poids.

Ex. 27. Le « poids » est donné en grammes : c'est une masse. Corriger en « masse nette : 650 g » et « masse égouttée : 445 g ».

Ex. 28. Q1 : $\overrightarrow{F_{S/J}} = G \cdot \dfrac{M_S \cdot M_J}{JS^2} \cdot \overrightarrow{u_{JS}}$. Q3 : avec $M_S \approx 2{,}0 \times 10^{30}$ kg, $M_J \approx 1{,}9 \times 10^{27}$ kg et $JS \approx 7{,}8 \times 10^{11}$ m : $F_{S/J} \approx 4{,}2 \times 10^{23}$ N. Q4 : $\overrightarrow{F_{J/S}} = -G \cdot \dfrac{M_S \cdot M_J}{JS^2} \cdot \overrightarrow{u_{JS}}$, de même intensité.

Ex. 29. La masse est la même ; le poids est plus grand sur Jupiter, planète beaucoup plus massive que la Terre.

Ex. 30. Q1 : $g = G \cdot \dfrac{M_T}{(R_T + h)^2} \approx 9{,}7$ N kg^{-1}. Q2 : la masse de la Terre est arrondie (5,97 × 10^{24} kg), et la Terre n'est ni parfaitement sphérique ni immobile (rotation sur elle-même) ; l'altitude a un effet négligeable. Q3 : $P = m \cdot g$, par exemple 5,8 × 10^2 N pour 60 kg.

Ex. 31. Q1 : le poids. Q2 : $F = G \cdot \dfrac{m_A \cdot m_B}{d^2}$, F en N, masses en kg, d en m, G en N m^2 kg^{-2}. Q3 : $F_{T/O}$. Q4 : $F_{T/O} \approx 6{,}8 \times 10^2$ N. Q5 : $F_{O/T} = F_{T/O} \approx 6{,}8 \times 10^2$ N. Q7 : $\overrightarrow{F_{T/O}} = -G \cdot \dfrac{M_T \cdot m}{R_T^2} \cdot \overrightarrow{k}$.

Ex. 32. La masse est la même sur la Lune et sur Terre ; $\dfrac{P_T}{P_L} = \dfrac{g_T}{g_L} \approx 6{,}0$: le poids est environ six fois plus faible sur la Lune.

Comptes rendus des séances de travaux pratiques

Les pages qui suivent sont les fiches-réponses des quatre séances de travaux pratiques du thème. Chaque fiche occupe deux pages en vis-à-vis : le travail préparatoire, à préparer avant la séance, et le compte rendu, rédigé pendant la séance.

Les activités expérimentales se trouvent dans un document annexe, disponible sur Pronote.

- TP 1 : Qu'appelle-t-on mouvement d'un objet ?
- TP 2 : Position, déplacement et vecteur vitesse d'un point
- TP 3 : Étude d'une chute « libre »
- TP 4 : Force et mouvement

TP 1 : Qu'appelle-t-on mouvement d'un objet ?

Les parachutistes sont souvent filmés lors de leur saut par un autre parachutiste. **Pourquoi voit-on les parachutistes remonter quand ils ouvrent leur parachute ?**



FIGURE 1 – Un parachutiste ouvre son parachute

Objectifs

- **Choisir un référentiel pour décrire le mouvement d'un système.**
- **Expliquer, dans le cas de la translation, l'influence du choix du référentiel sur la description du mouvement d'un système.**

Démarche

1. Préparer son poste de travail
2. Décrire un mouvement
3. Qu'est-ce qu'un référentiel ?
4. Mouvement et référentiel
5. Filmer un saut en parachute
6. Prévision de la vitesse du système après l'ouverture du parachute

Travail préparatoire

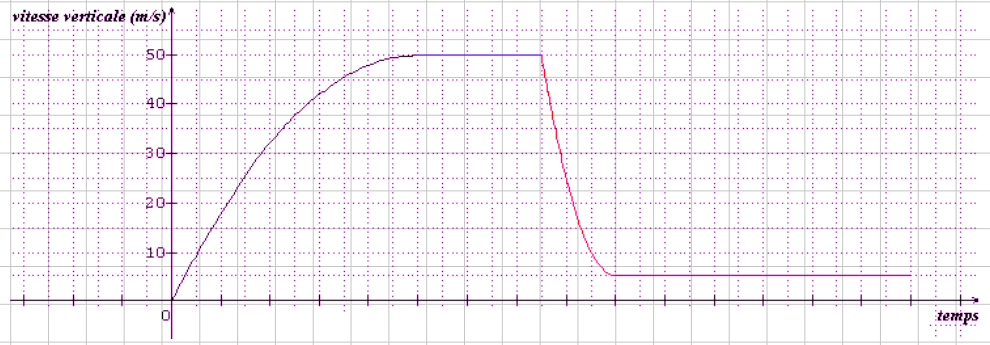
Q1. Visionner la vidéo du saut en parachute↗. Décrire en quelques lignes la scène filmée. Qu'est-ce qui est surprenant ?

Q2. Quel est le mouvement de cette feuille de papier quand elle est posée sur la table ? Répondre en changeant la référence : la feuille par rapport à la table, la feuille par rapport au centre de la Terre, et la feuille par rapport au centre du Soleil. Utiliser les mots du cours pour répondre.

ANA

Annexes

ANNEXE I: Vitesse verticale du parachutiste en fonction du temps



Compte rendu

TP 2 : Position, déplacement et vecteur vitesse d'un point

Pour décrire le mouvement d'un point, le mécanicien a besoin (entre autres) de deux informations : la position du système, à un moment donné, et sa vitesse. **Comment obtenir ces deux informations à partir d'une chronophotographie ?**



FIGURE 1 – Un match de tennis

Objectifs

- **Décrire le mouvement d'un point à l'aide de sa position.**
- **Calculer la vitesse d'un point sur une chronophotographie.**

Démarche

1. Obtenir la position d'un point à partir d'une chronophotographie
2. Représenter les positions d'un système à l'aide d'un langage de programmation
3. Calculer la vitesse d'un point
4. Calculer la vitesse d'un point de manière automatisée avec Python
5. Retour sur le saut en parachute

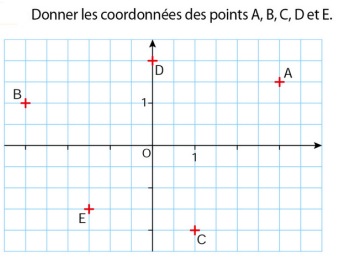
Travail préparatoire

Q1. Qu'est-ce qu'un commentaire dans un programme informatique ? Comment le repère-t-on en Python ?

Q2. Quelle est l'astuce utilisée par les mécaniciens pour étudier les mouvements rapides ?

Q3. Si une grandeur y est proportionnelle à une autre grandeur x, comment le voit-on sur un graphique ?

Q4. Donner les coordonnées des points de la figure ci-contre.



Q5. Le trajet Paris-Marseille sans arrêt, en TGV, dure 3 h. À quelle vitesse ? (Distance Paris-Marseille : $d = 660$ km.)

Annexes

ANNEXE I: Mesures de la position du {système}

n°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
t (s)	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28
x (cm)	0	0	0	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
y (cm)	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	0

ANNEXE II: Chronophotographie de la chute d'une balle de tennis (page suivante)

Compte rendu

ANNEXE II : chronophotographie de la chute d'une balle de tennis



Durée entre deux positions successives : $\Delta t = 0{,}020$ s

TP 3 : Étude d'une chute « libre »

Un site Internet↗ proposant des sauts en parachute communique le message publicitaire suivant :
« **Dépassez en toute sécurité les 200 km/h avant que ne s'ouvre votre parachute ! Laissez-vous tenter par la chute libre ! Nos moniteurs vous attendent pour une expérience inoubliable.** »
Il s'agit d'expliquer le mouvement de chute du système {parachutiste}, puis de vérifier si ce message publicitaire est correct.



FIGURE 1 – Publicité pour un saut en parachute

Objectifs

- **Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).**

Démarche

1. Sens de variation de la vitesse
2. Le poids du système
3. Étude mécanique du {parachutiste}
4. Réponse au problème
5. Prévision de la vitesse du système après l'ouverture du parachute

Travail préparatoire

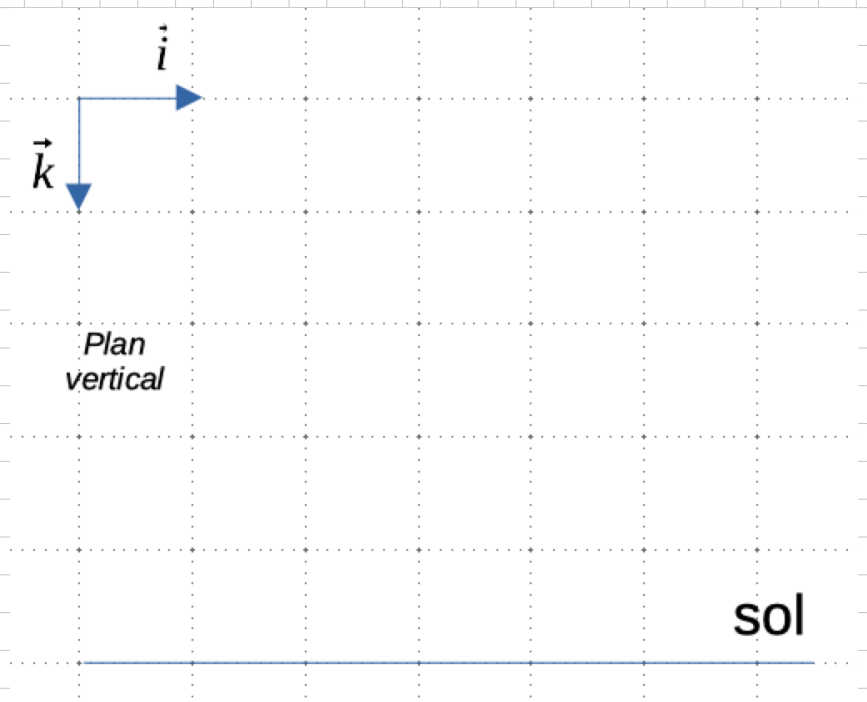
Q1. Comment convertir 25 m/s en km/h ?

Q2. Calculer avec le bon nombre de chiffres significatifs les produits suivants : (a) $1 \times 1 = \ldots$; (b) $1{,}0 \times 1 = \ldots$; (c) $1{,}0 \times 1{,}0 = \ldots$

Q3. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur une {trousse} posée sur la table. Ces forces se compensent-elles ? Comment le sait-on ? S'APP

Annexes

ANNEXE I: Représentation sur un schéma du plan vertical, accompagné de deux vecteurs unitaires $\vec{i}$ et $\vec{k}$



Compte rendu

TP 4 : Force et mouvement

Le curling est un sport d'équipe pratiqué sur la glace avec des pierres en granite, taillées et polies. Le but est de placer ces pierres le plus près possible d'une cible circulaire dessinée sur la glace. Pour mettre en mouvement la pierre et atteindre la cible, le lanceur doit faire preuve d'une grande dextérité, et maîtriser les effets des forces qu'il applique. C'est l'objet de cette étude. On répondra notamment à la problématique suivante : **une force est-elle nécessaire pour entretenir un mouvement ?**



FIGURE 1 – Lancer d'une pierre de curling

Objectifs

- **Modéliser des actions par des vecteurs force.**
- **Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces.**

Démarche

1. Émettre des hypothèses sur le mouvement de la pierre
2. Étude de la pierre de curling au repos (phase 1)
3. Étude du mouvement de la pierre de curling lors du lancer
4. Interprétation dynamique de la troisième phase
5. Lévitation d'une balle de ping-pong

Travail préparatoire

Q1. Résumer en quelques lignes chacun des 3 TP précédents.

Q2. Comment décrit-on un mouvement en mécanique ? Donner un exemple.

Q3. Que modélise un vecteur force ? Donner un exemple de vecteur force.

S'APP

Annexes

ANNEXE I: Mouvement de la pierre dans les trois phases (activité 1)

Phase 1	Phase 2	Phase 3
		

ANNEXE II: Étude de la pierre de curling au repos (activité 2)

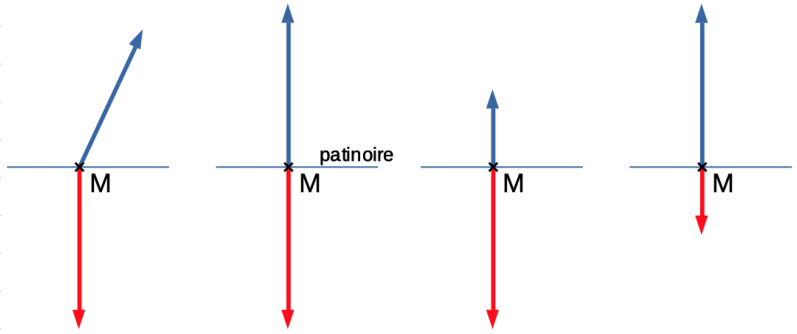
• Diagramme d'interaction



• Modélisation des actions

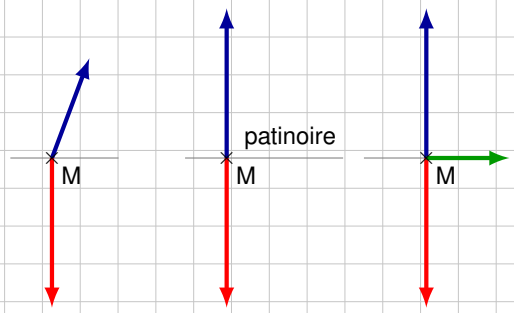
Nom de l'action mécanique	Nom de la force qui la modélise	Notation
Action . . .. . . sur	Force . . .. . . sur	$\vec{R}$
		$\vec{P}$

• Schémas modélisant les forces



ANNEXE III: Interprétation dynamique de la troisième phase (activité 4) : schéma, vue en coupe de la patinoire

Compte rendu



ANNEXE IV: Enregistrement réalisé à la table à coussin d'air (activité 3)

