

Thème : L'énergie

Chapitre : L'énergie mécanique Mouvement, vitesse et accélération

Objectifs :

- Choisir un référentiel et caractériser un mouvement par rapport à celui-ci.
- Distinguer différents types de translation.
- Comparer les trajectoires des différents points d'un solide en translation.
- Assimiler le mouvement d'un solide en translation à celui d'un point matériel (centre de masse) concentrant toute sa masse.
- Écrire et exploiter la relation entre distance parcourue, durée de parcours et vitesse moyenne pour un point en mouvement rectiligne.
- Dans le cas d'un mouvement rectiligne, définir la vitesse comme la limite de la vitesse moyenne pour un intervalle de temps infiniment petit.
- Dans le cas d'un mouvement rectiligne, définir la vitesse comme la dérivée par rapport au temps de la position $x(t)$ et l'accélération comme la dérivée par rapport au temps de la vitesse.
- Mesurer des vitesses et accélérations dans le cas d'un mouvement rectiligne.

Sommaire

1. Cours	2	3. Activité 2 : Minimiser certaines forces pour aller plus vite	5
1.1 Référentiels	2		
1.2 Mouvement de translation	2		
1.3 Solide et centre de masse	2	4. Activité 3 : Étude expérimentale d'un mouvement rectiligne	6
1.4 Vitesse moyenne et vitesse d'un point	3		
1.5 Accélération	3		
2. Activité 1 : Le choix d'un référentiel	4	5. Exercices	8

1. Cours

1.1 Référentiels

Définir la notion de référentiel :

.....

Comment se nomme le référentiel lié à la surface de la Terre ?

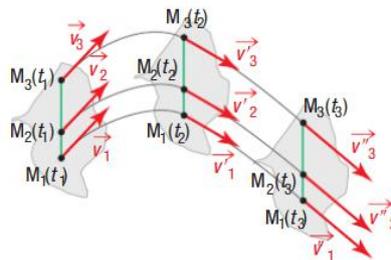
.....

1.2 Mouvement de translation

Comment reconnaître un mouvement de translation ?

-
-

Tout segment du solide reste parallèle à lui-même au cours du mouvement.



Quels sont les trois types de mouvements de translation ?

-
-
-

1.3 Solide et centre de masse

Comment définir un solide ?

.....

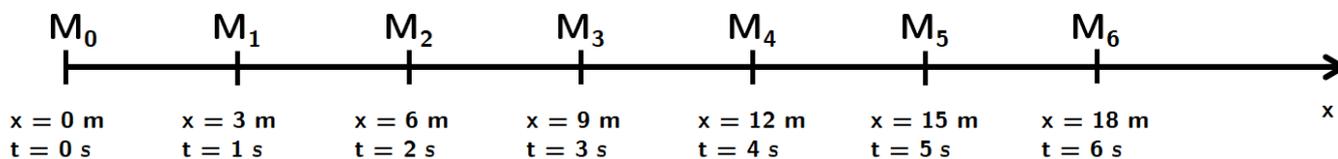
Qu'appelle-t-on centre de masse ?

.....

1.4 Vitesse moyenne et vitesse d'un point

Définir la **vitesse moyenne** :

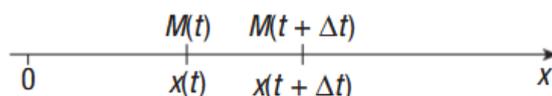
Définir à l'aide du schéma vitesse moyenne v_{moy} du point M entre les instants $t = 0$ s et $t = 18$ s :



Comment définir la **vitesse du point** M_3 à l'instant $t = 3$ s, notée $v_3(t)$?

De façon plus générale la vitesse moyenne pour un intervalle de temps infiniment petit s'écrit :

$$v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t} \quad (1)$$



Cette limite est la dérivée, par rapport au temps t , de la position $x(t)$. La vitesse du point M à la date t , dans le cas d'un mouvement rectiligne, est égale à la dérivée par rapport à t de $x(t)$:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \quad (2)$$

1.5 Accélération

En vous inspirant des réponses précédentes, comment définir l'**accélération** d'un point matériel M ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Activité 1 : Le choix d'un référentiel

Objectif :

- Choisir un référentiel et caractériser un mouvement par rapport à celui-ci.

Un tapis roulant roule à une vitesse de $1,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Une jeune fille **C** stationne sur celui-ci.

Une jeune femme pressée **D** marche d'un pas vif sur le même tapis roulant. Elle avance en faisant deux pas de 80 cm par seconde.

Un homme d'affaire **B** préfère marcher (car c'est bon pour la santé !) à la même allure que le tapis roulant.

Un fleuriste **A** stationne à l'arrivée du tapis roulant.

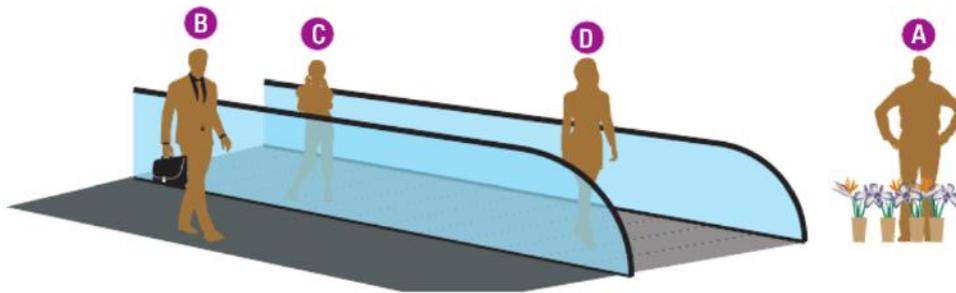


FIGURE 1 – Une scène de la vie courante.

La jeune fille **C** voit l'homme d'affaire **B** toujours à sa hauteur, mais le fleuriste **A** le voit avancer vers lui.

On peut donc dire que l'homme d'affaire **B** est immobile par rapport à la jeune fille **C** et est en mouvement par rapport au fleuriste **A**.

On résume les mouvements des différents personnages les uns par rapport aux autres dans le tableau suivant.

Mouvement de ... par rapport à ...	A	B	C	D
A		En mouvement		
B				
C		Immobile		
D				

FIGURE 2 – Qui bouge ?

Dans le tableau ci-dessous, on souhaite indiquer la vitesse des personnages par rapport au tapis roulant et par rapport au sol.

Vitesse de ... par rapport ...	A	B	C	D
au tapis roulant				
au sol				

FIGURE 3 – À quelle vitesse de déplacent-ils ?

1. Recopier et compléter le tableau du document 2 à l'aide des mots « immobile » ou « en mouvement ».
2. Que faut-il définir avant de décrire le mouvement d'une personne ?
3. Quelle est la vitesse de l'homme d'affaire par rapport au sol ?
4. Quelle est la vitesse de la jeune femme par rapport au tapis roulant ? par rapport au sol ?
5. Recopier et compléter le tableau de la figure 3.

3. Activité 2 : Minimiser certaines forces pour aller plus vite

Objectif :

- Distinguer différents types de translation.
- Comparer les trajectoires des différents points d'un solide en translation.

- Un solide possède un **mouvement de translation** si tout segment du solide reste parallèle à lui-même au cours du mouvement.
- Il existe trois types de mouvement de translation :
 - **rectiligne**, dans lequel la trajectoire d'un point du solide est une droite ;
 - **circulaire**, dans lequel la trajectoire d'un point du solide est un cercle ;
 - **curviligne**, dans lequel la trajectoire d'un point d'un solide suit une courbe.



FIGURE 1 – *Mouvement de translation.*



▲ Voiture roulant sur une route en ligne droite



▲ Pale d'une éolienne en rotation



▲ Cabine d'une grande roue en rotation autour de son axe centrale



▲ Funiculaire

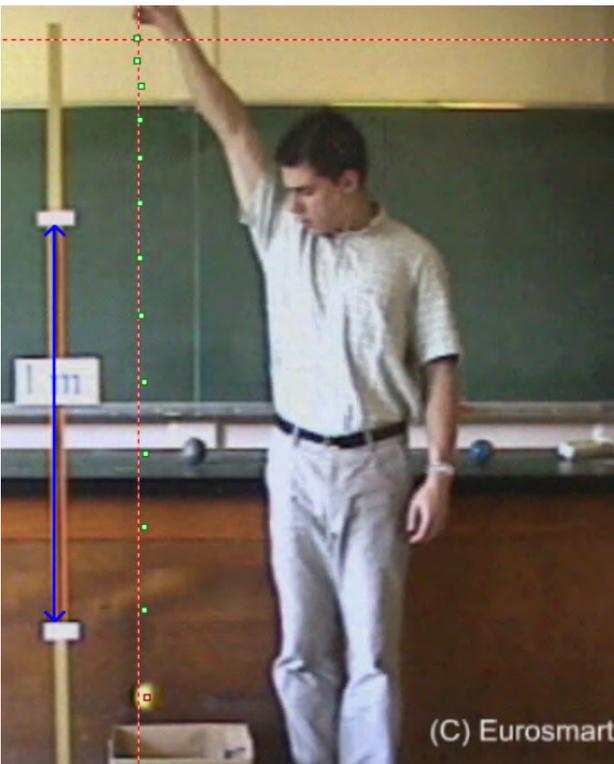
FIGURE 2 – *Mouvement de translation ou non ?*

1. Dans chacun des exemples, le solide est-il en mouvement de translation ? **Justifier.**
2. Pour chacun des exemples, **préciser** si c'est un mouvement de translation rectiligne, circulaire ou curviligne.

4. Activité 3 : Étude expérimentale d'un mouvement rectiligne

Objectif :

- Écrire et exploiter la relation entre distance parcourue, durée de parcours et vitesse moyenne pour un point en mouvement rectiligne.
- Dans le cas d'un mouvement rectiligne, définir la vitesse comme la limite de la vitesse moyenne pour un intervalle de temps infiniment petit.
- Dans le cas d'un mouvement rectiligne, définir la vitesse comme la dérivée par rapport au temps de la position $x(t)$ et l'accélération comme la dérivée par rapport au temps de la vitesse.
- Mesurer des vitesses et accélérations dans le cas d'un mouvement rectiligne.



Pour déterminer la **vitesse** v_n de la balle à l'instant t_n , il faut calculer la vitesse moyenne de la balle entre le point précédent y_{n-1} à l'instant t_{n-1} , et le point suivant y_{n+1} à l'instant t_{n+1} .

Pour cela, on a créé une nouvelle variable v , exprimée en $m \cdot s^{-1}$, et on définit la vitesse à l'instant t_n à l'aide de la formule suivante :

$$v_n = \frac{y_{n+1} - y_{n-1}}{t_{n+1} - t_{n-1}}$$

On applique cette formule à tous les points.

FIGURE 1 – Vitesse de la balle.

À l'aide du logiciel LatisPro nous allons exploiter la vidéo d'une chute libre d'une balle :

- Aller sur le logiciel LatisPro
- Cliquer sur le bouton "Lecture de séquence".
- Cliquer sur le bouton "Fichier" et sélectionner la vidéo "TP1Schutvert.avi". Revenir sur l'image 1/12.
- Sélectionner l'origine, l'étalon et le sens des axes, puis cliquer sur "sélection manuelle des points".
- Sélectionner pour chaque image la position du centre de la balle.
- Une fois ce travail effectué, cliquer sur le bouton "transférer vers les vecteurs" afin de pouvoir exploiter les résultats expérimentaux.

L'intervalle de temps entre chaque pointage est imposé par la vidéo : $\Delta t = 40ms$.

Pour déterminer l'**accélération** a_n de la balle à l'instant t_n , il faut calculer l'accélération moyenne de la balle entre le point précédent y_{n-1} à l'instant t_{n-1} , et le point suivant y_{n+1} à l'instant t_{n+1} . Pour cela on a créé une nouvelle variable a , exprimée en $m \cdot s^{-2}$, et on définit l'accélération à l'instant t_n à l'aide de la formule suivante :

$$a_n = \frac{v_{n+1} - v_{n-1}}{t_{n+1} - t_{n-1}}$$

On applique cette formule à tous les points.

FIGURE 2 – Accélération de la balle.

Définir les variables $y'(t)$ et $y''(t)$ telle que :

$$y'(t) = \frac{dy(t)}{dt} \text{ et } y''(t) = \frac{dy'(t)}{dt}$$

Appliquer ces formules à chacun des points de mesure.

FIGURE 3 – Calcul de dérivées.

1. Dans quelle unité s'exprime une distance ? un temps ? une vitesse ?
2. Dans quel référentiel se place-t-on pour réaliser l'étude de ces deux mouvements ?
3. Pourquoi utilise-t-on une règle étalon ?
4. Pourquoi ne peut-on pas calculer la vitesse du premier et dernier pointage de la balle ?
5. Pourquoi ne peut-on pas calculer l'accélération des 2 premiers et 2 derniers pointages ?
6. **Tracer** sur un même graphique $v(t)$ et $y'(t)$. **Conclure**.
7. **Tracer** sur un même graphique $a(t)$ et $y''(t)$. **Conclure**.
8. Comment évolue l'accélération de la balle ? **En déduire** sa valeur. **Comparer** cette valeur à l'intensité de pesanteur $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

5. Exercices

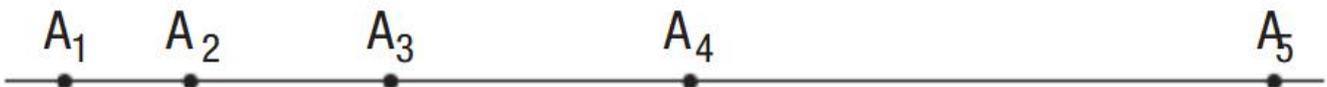
Exercice 1

- Convertir** les valeurs suivantes en m.s^{-1} :
 50 km.h^{-1} ; 90 km.h^{-1} ; 130 km.h^{-1}
- Convertir** les valeurs suivantes en km.h^{-1} :
 10 m.s^{-1} ; 5 m.s^{-1} ; 30 m.s^{-1}

Exercice 2

- Calculer** la vitesse moyenne en m.s^{-1} et en km.h^{-1} dans les cas suivants :
 - Une voiture parcourt 250 km en 3h20min.
 - Une fusée atteint 37 km d'altitude en 2,5 min.
 - Le TGV partant de Paris à 8h54 arrive à Lyon à 10h51 après avoir parcouru 450 km.
- Déterminer** la distance parcourue dans les cas suivants :
 - Une voiture lancée à 130 km.h^{-1} pendant une seconde, c'est-à-dire le temps de réaction d'un conducteur attentif.
 - Une télécabine qui met 13 min à 6 m.s^{-1} pour effectuer son ascension.
 - EN 2008, par Thomas Coville qui bat le record de la traversée de l'Atlantique Nord d'Ouest en Est en solitaire en 3 j 15 h 25 min 48 s à la vitesse moyenne de 32,94 nœuds (1 nœud marin est environ égal à $1,85 \text{ km.h}^{-1}$).
- Déterminer** la durée de parcours dans les cas suivants :
 - Une voiture parcourt sur une autoroute 100 km à 130 km.h^{-1} .
 - Même situation mais le conducteur a roulé à 140 km.h^{-1} .
 - Un escargot traverse un jardin de 15 m de long à la vitesse de 6 cm.min^{-1} .

Exercice 3



On enregistre le mouvement d'un solide à des intervalles de temps égaux à $\tau = 40 \text{ ms}$. La vitesse au point A_1 est nulle. L'échelle des distances est $1 \text{ cm} \leftrightarrow 25 \text{ cm}$.

- Déterminer** la vitesse moyenne entre A_1 et A_5 .
- Déterminer** la vitesse en A_2 .
- Même question pour A_3 et A_4 .
- Déterminer** l'accélération en A_2 .
- Même question pour A_3 .
- Comment peut-on qualifier le mouvement ?

Exercice 4

On lâche une bille, que l'on assimile à un point matériel, sans vitesse initiale, d'une hauteur h égale à 25,0 m par rapport au sol. L'équation de la position de la bille est donnée par la relation :

$$x(t) = -4,9 \times t^2 + 25,0 \quad (3)$$

dans le repère Ox dirigé vers le haut, où O est à la surface du sol.

1. Déterminer l'équation de la vitesse $v(t)$.
2. Déterminer l'équation de l'accélération $a(t)$.
3. Quelle est la position de la bille à $t = 1,0$ s ? Quelle est sa vitesse à cet instant ?
4. À quel instant la bille touche-t-elle le sol ?
5. En déduire la vitesse de la bille à cet instant.

Exercice 5

Un avion se pose sur la piste à la vitesse de 300 km.h^{-1} . La distance parcourue lors de l'atterrissage est de 1200 m . On suppose que la valeur de la décélération est constante. L'équation de la trajectoire rectiligne de l'avion est de la forme :

$$x(t) = \frac{1}{2} \times a \times t^2 + v_0 \times t + x_0 \quad (4)$$

On prend comme origine de l'étude du mouvement de l'avion $t = 0$ où $x = 0$.

1. Déterminer la valeur de l'accélération a de l'avion.
2. Calculer la vitesse v_0 de l'avion au moment du contact avec le sol.
3. Déterminer la valeur de x_0 .
4. Déterminer la durée de l'atterrissage.

Exercice 6

Le 14 octobre 2012, Félix Baumgartner est devenu le premier homme à monter à près de $40\,000$ mètres d'altitude et à sauter pour revenir sur Terre après une chute suivie par une descente en parachute. Il bat plusieurs records dont celui du saut le plus haut du monde et celui de chute libre (phase de saut qui précède l'ouverture du parachute).

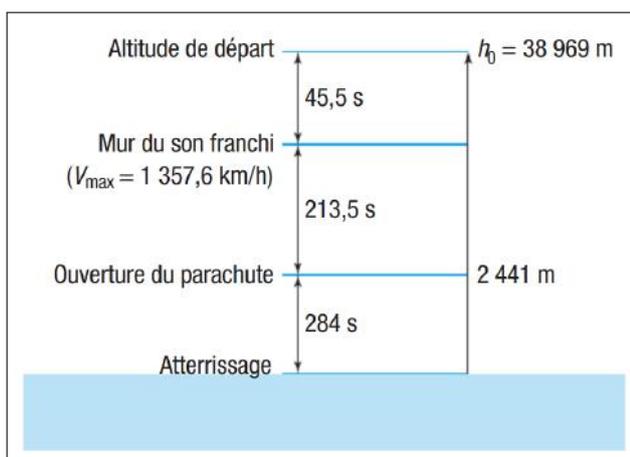


FIGURE 1 – Paramètres du saut.

Le mur du son est un phénomène physique, qui survient quand un objet atteint la vitesse du son. Cette vitesse dépend uniquement de la température pour des pressions proches de la pression atmosphérique normale. Elle est donnée par la relation $c = 20,05 \cdot \sqrt{T}$, où T est la température exprimée en kelvin ; c s'exprime en m.s^{-1} .

FIGURE 2 – Mur du son.

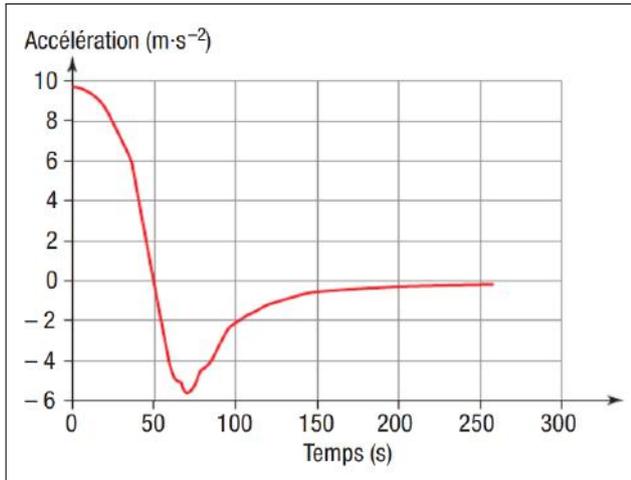


FIGURE 3 – Évolution de l'accélération lors de la chute.

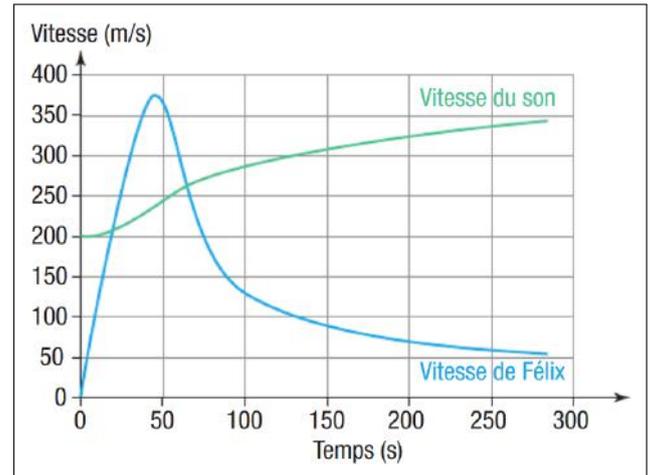


FIGURE 4 – Évolution de la vitesse du son et de Félix Baumgartner.

FIGURE 5 – Mur du son.

1. Quelle est la vitesse moyenne de la chute libre de Félix Baumgartner ?
2. Quelle est la plus grande vitesse atteinte par Félix Baumgartner ? **L'exprimer** en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.
3. **Justifier** la valeur de l'accélération au départ de la chute.
4. Pourquoi la valeur de l'accélération devient-elle négative ? Que constate-t-on pour la vitesse ?
5. Que vaut l'accélération de Félix Baumgartner au bout de 250 s de chute ? **Justifier** cette valeur. Quelle est la conséquence pour sa vitesse ?
6. À partir des documents montrer que Félix Baumgartner a dépassé la valeur de la vitesse du son au niveau de la mer à une température de 15°C .