

1 Distance, chemin, position et déplacement

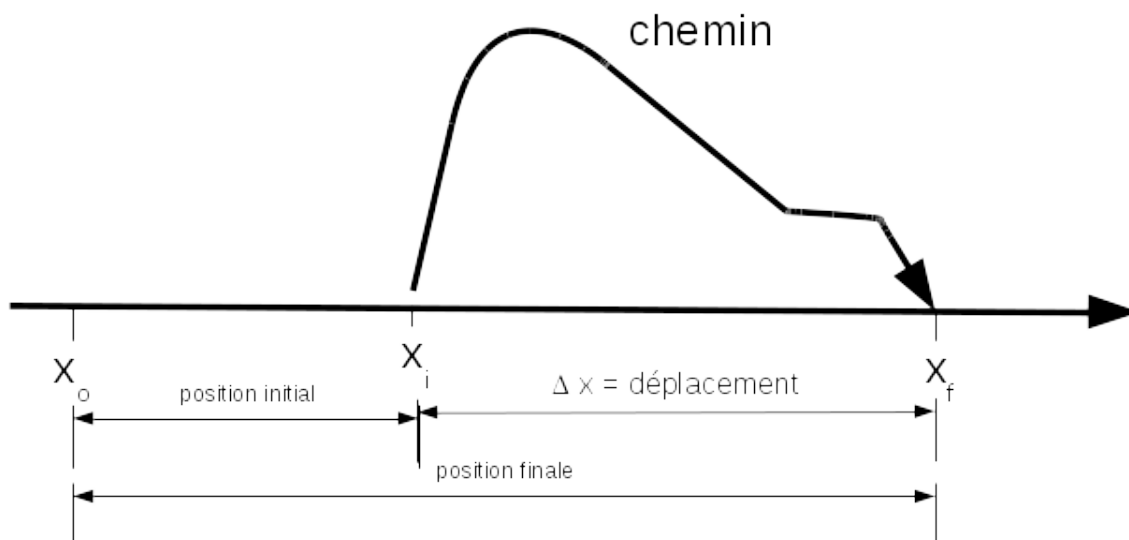


FIGURE 1 – Chemin, déplacement et position

1.1 Chemin

Le chemin est l'ensemble de la distance parcourue en tout point.

1.2 Déplacement

Le déplacement est la variation de distance entre deux points, c-à-d la différence entre l'état final et l'état initial.

$$\Delta x = x_{f(final)} - x_{i(initial)} \quad (1)$$

Il faut noter que cette notion de variation pourra s'appliquer à d'autres grandeurs, tels que le temps, la vitesse, ..., tant en physique qu'en chimie (concentration, énergie, ...).

1.3 Position

La position est le déplacement par rapport à un point de référence défini à la valeur zéro.

Si la position initiale est le point de référence, alors le déplacement sera égale à la position finale.

$$x = \Delta x \quad (2)$$

De nombreux points de références peuvent être utilisé suivant les situations. Par exemple :

1. la rencontre du méridien de Greenwich et de l'équateur pour le positionnement pour la position géographique
2. le point supérieur gauche sur les écrans informatiques
3. la rencontre de l'axe des X et de l'axe des Y pour les graphes
4. ...

1.4 Composition de déplacement

Un mouvement peut se dérouler non pas dans une dimension, mais dans deux dimensions.

On appelle vecteur, un segment orienté. Le déplacement peut être considéré comme un vecteur puisque qu'il a une longueur et une orientation.

Le déplacement résultant peut être considéré comme la somme des deux vecteurs selon chaque axe de référence.

$$\vec{d} = \vec{d}_x + \vec{d}_y \quad (3)$$

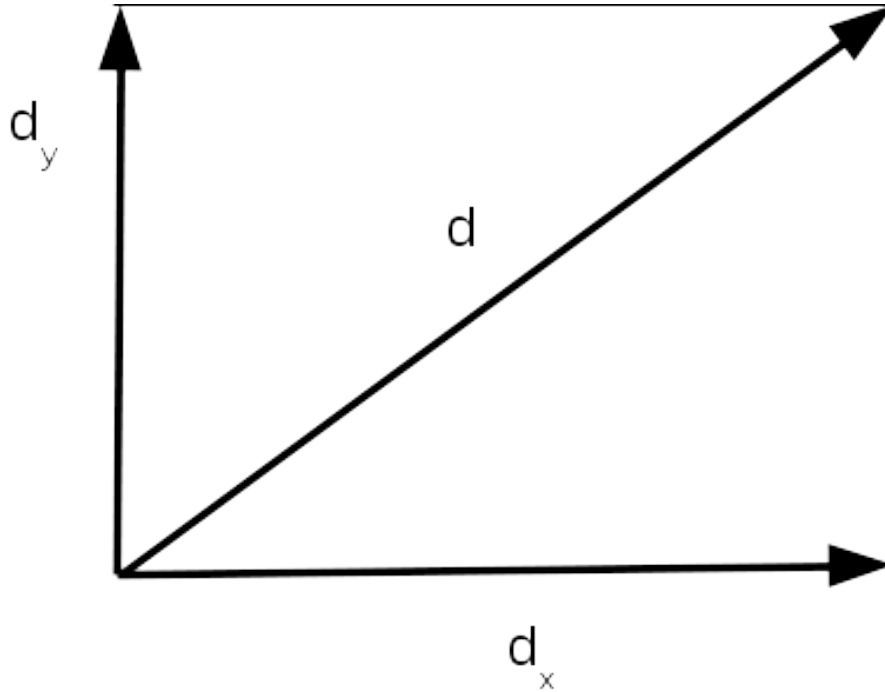


FIGURE 2 – Composition du déplacement sur deux axes

Grace au théorème de Pythagore sur les triangles rectangles, on peut facilement démontrer que :

$$d = \sqrt{d_x^2 + d_y^2} \quad (4)$$

2 Vitesse

2.1 Vitesse moyenne

La vitesse moyenne est le déplacement sur la variation de temps.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (5)$$

2.2 Mouvement Rectiligne Uniforme

On appellera Mouvement Rectiligne Uniforme (MRU), un mouvement dont la vitesse est constante. Sur base de 5 et de 1, on peut facilement démontrer que :

$$x = x_i + v\Delta t \quad (6)$$

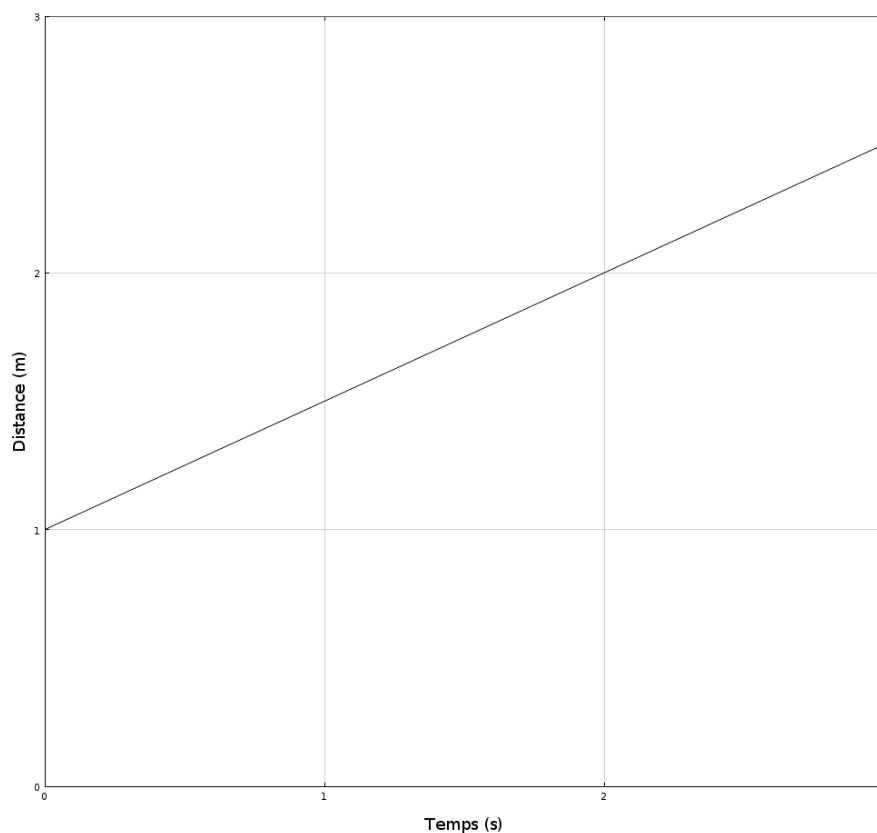


FIGURE 3 – Mouvement Rectiligne Uniforme

La figure 3 représente un MRU dont la position initial est 1 et la vitesse 0,5.

2.3 Vitesse instantanée

La vitesse instantanée correspond est le rapport du déplacement sur la variation de temps, lorsque ce déplacement tend vers zéro.

Mathématiquement, il correspond donc à la dérivée.¹

$$v = \frac{\delta x}{\delta t} \quad (7)$$

1. Voir cours de mathématiques de la distance sur le temps.

2.4 Composition de vitesse

Tout comme, on dissocier la variation de distance dans 2 dimensions, on peut décomposer une vitesse suivant deux axes orthogonaux. La vitesse dans un axe correspondra à sa projection suivant cet axe.

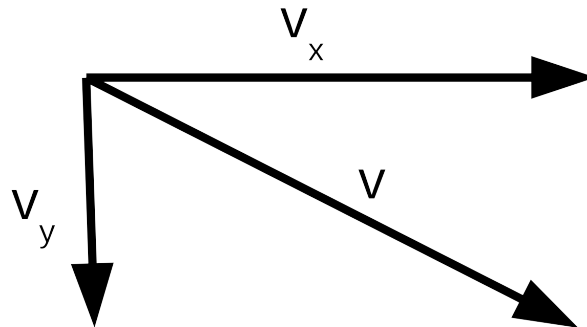


FIGURE 4 – Décomposition de la vitesse suivant 2 axes

2.5 Mouvement Circulaire Uniforme : vitesse angulaire

La vitesse angulaire est la variation angulaire sur le temps.

$$v_{\alpha} = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t} \quad (8)$$

Pour un tour complet,

$$v = \frac{2\pi r}{\Delta t} \quad (9)$$

Donc,

$$v = v_{\alpha} r \quad (10)$$

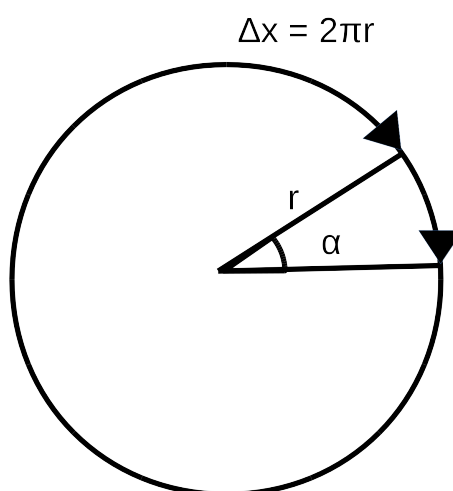


FIGURE 5 – Vitesse angulaire

3 Accélération

3.1 Définition

L'accélération est définie comme la variation de vitesse par la variation de temps.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (11)$$

3.2 Mouvement Rectiligne Uniformément Accéléré

Si un corps subit une accélération constante, sa vitesse augmentera de façon linéaire.

$$x = x_i + v_i \Delta t + \frac{a(\Delta t)^2}{2} \quad (12)$$

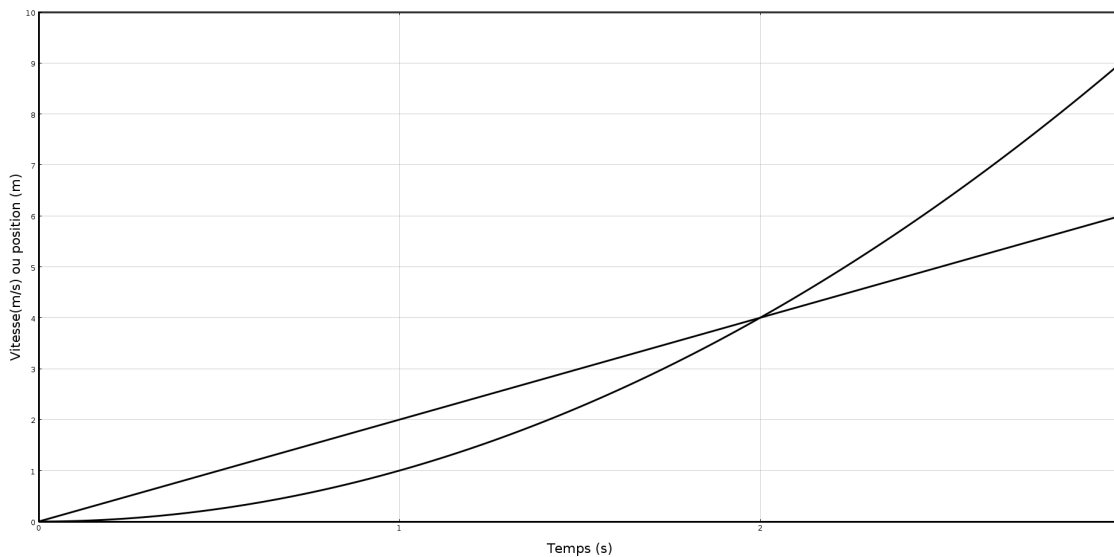


FIGURE 6 – Évolution de la vitesse (droite) et de la position (parabole) d'un MRUA de $2m/s^2$

3.3 L'accélération terrestre

La Terre a une masse et donc produit une force (cfr. équation 16) qui attire les objets qui l'entourent (cfr. Loi de la gravitation universelle). Cette force produit une accélération appelée accélération terrestre (a_t).

La Terre n'est pas régulière, ni en densité, ni en forme. Cette accélération n'est pas constante en tout lieu sur Terre, mais varie très peu à la surface de la Terre.

Par convention, on définit l'accélération terrestre à une valeur de $9,806m/s^2$ qui correspond à l'accélération à 45 degrés de latitude d'un ellipsoïde de référence représentant la Terre.

Cette accélération sera donc un peu plus forte aux pôles et un peu plus faible à l'équateur, et variera de façon inversement proportionnelle avec l'altitude.

3.4 La chute des corps immobiles

Si un corps chute, du fait de l'accélération terrestre, devrait augmenter de près de $10m/s$ toutes les secondes et donc atteindre $600m/s$ ($2160 km/h$) après une minute de chute. Dans les faits, cette vitesse se stabilise suivant la forme de l'objet à cause des forces de frottement de l'air (cfr. équation 31). Il faut noter que même en tenant compte de ces frottements, la vitesse d'un objet ne dépend pas de sa masse.

3.5 Chute d'un corps en mouvement horizontal (balistique)

Soit un objet largué en altitude (H) à une certaine vitesse (v) (cela pourrait être une bombe, par exemple). Quel sera le point et le moment d'impact au sol ?

Si on néglige les frottements, l'objet conserve sa vitesse suivant l'axe des X. C'est donc un MRU suivant l'axe des X

$$v_x = v_h$$

Par contre, suivant Y, l'objet subit l'accélération terrestre (a_t). C'est donc un MRUA.

Si le temps de référence (t_o) est le moment de référence, si la position de référence en X (x_o) est la position en X du largage, alors :

$$v_x = \frac{x}{t}$$

$$x = v_x \cdot t \quad (13)$$

Si la position de référence en Y (y_o) est la position du sol et si l'objet n'est pas poussé initialement ($v_{yi} = 0$), sachant que l'accélération terrestre est orientée dans le sens inverse de l'altitude ($-a_t$), alors :

$$y = h + \frac{-a_t \cdot t^2}{2}$$

Or l'objet touchera le sol quand $y = 0$. Donc :

$$0 = h + \frac{-a_t \cdot t^2}{2}$$

$$h = \frac{a_t \cdot t^2}{2}$$

$$t^2 = \frac{2 \cdot h}{a_t}$$

Donc, le temps d'impact est :

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{a_t}} \quad (14)$$

Donc, la position en X de l'impact est (avec (13)) :

$$x = v_x \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h}{a_t}} \quad (15)$$

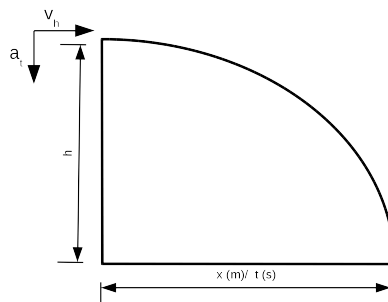


FIGURE 7 – Chute d'un corps en mouvement horizontal

4 Force

4.1 Définition

La deuxième loi de Newton dit que s'il on applique une force F à un corps de masse m , alors ce corps aura une accélération a . Inversement, toute accélération a appliqué à un corps de masse m produira une force F .

$$F = m.a \quad (16)$$

La force est donc le produit d'une masse par une accélération. Dans le système international, il s'agit donc de $kg.\frac{m}{s^2}$, que l'on appelle Newton (N).

Le poids est défini comme la force (F) qui attire une certaine masse (m) vers le centre de la Terre.

$$Poids = m.a_t \quad (17)$$

4.2 Actions-Réactions

Lorsque qu'un corps solide et immobile subit une force, il réagit en produisant une force de réaction orientée de façon opposée. Si ce n'était pas le cas, alors le corps casserai et se mettrait en mouvement.

$$\sum F = 0 \quad (18)$$

$$F_{action} = F_{réaction} \quad (19)$$

4.3 Descente suivant un plan incliné

Une bille est placée sur un plan incliné. Tant qu'elle est sur ce plan, elle subit un MRUA ; elle subit une force constante dû au plan incliné. Sur le plan horizontal suivant, elle est dans un MRU ; sa vitesse reste constante.

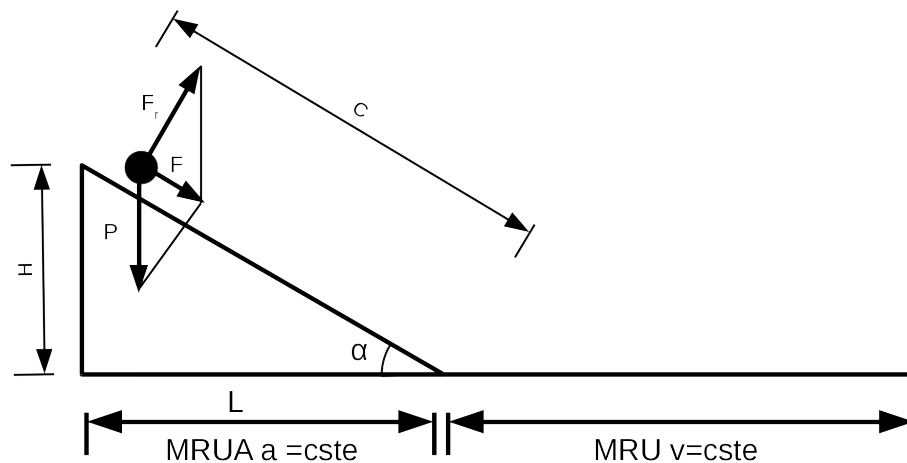


FIGURE 8 – Descente d'une bille sur un plan incliné

La bille subit dans l'axe vertical son propre poids qu'elle transmet au plan incliné. La force de réaction du plan incliné s'effectue perpendiculairement à celle-ci. La résultante de ces deux forces est une force parallèle au plan incliné. On translate $\vec{F}_r$ entre $\vec{P}$ et $\vec{F}$.

$\vec{P}/\vec{F}_r/\vec{F}$ forme un triangle rectangle, donc, selon Pythagore :

$$P^2 = F^2 + F_r^2$$

$$F^2 = P^2 - F_r^2$$

$\vec{P}/\vec{F}_r/\vec{F}$ et $\vec{C}/\vec{L}/\vec{H}$ sont des triangles semblables.

$$\frac{H}{L} = \frac{F}{F_r}$$

$$F_r = \frac{F.L}{H}$$

$$F^2 = P^2 - \left(\frac{F.L}{H}\right)^2$$

$$F^2 + \left(\frac{F.L}{H}\right)^2 = P^2$$

$$F^2 \left(1 + \left(\frac{L}{H}\right)^2\right) = P^2$$

$$F^2 = \frac{P^2}{\left(1 + \left(\frac{L}{H}\right)^2\right)}$$

$$F = \sqrt{\frac{P^2}{\left(1 + \left(\frac{L}{H}\right)^2\right)}}$$

$$F = \frac{P}{\sqrt{1 + \left(\frac{L}{H}\right)^2}} \quad (20)$$

Ou plus simplement, avec les sinus, sachant que l'angle α est équivalent à l'angle $\vec{P}/\vec{F}_r$, on peut montrer que :

$$F = P \sin(\alpha) \quad (21)$$

5 Énergie

5.1 Énergie mécanique

L'énergie mécanique est définie comme le produit d'une force (F) sur une certaine distance (d).

$$E_{meca} = F.d \quad (22)$$

L'énergie est donc le produit d'une force par une distance. Dans le système international, il s'agit donc de $kg.\frac{m^2}{s^2}$, que l'on appelle Joule (J).

5.2 Énergie potentielle

On définit l'énergie potentielle comme l'énergie stockée par un objet du fait d'être placé à une certaine hauteur (h). C'est un cas particulier de l'énergie mécanique où la force est le poids.

$$E_{pot.} = Poids.h \quad (23)$$

$$E_{pot.} = m.a_t.h \quad (24)$$

5.3 Énergie cinétique

On définit l'énergie cinétique comme l'énergie acquise par un objet du fait de sa vitesse. C'est un autre cas particulier de l'énergie mécanique. Nous ne démontrons pas sa formule.

$$E_{cin.} = \frac{mv^2}{2} \quad (25)$$

5.4 Puissance

Les moteurs qui tirent leur énergie de l'électricité ou de l'énergie chimique (moteur à combustion) peuvent produire une certaine quantité par unité de temps (t). Il produiront une certaine accélération (a) suivant la masse de l'objet (m) qu'ils doivent mettre en mouvement et la vitesse finale (v) que l'on désire atteindre.

La puissance est donc le rapport d'une énergie par un temps. Dans le système international, il s'agit donc de $kg.\frac{m}{s^3}$ ou $\frac{J}{s}$, que l'on appelle Watt (W).

$$P = \frac{E_{meca}}{t} \quad (26)$$

$$P = \frac{F.d}{t} \quad (27)$$

$$P = \frac{m.a.d}{t} \quad (28)$$

$$P = m.a.v \quad (29)$$

5.5 Conservation de l'énergie

La somme des énergies est conservée, c-à-d l'énergie produite par le moteur pourra se transformer en énergie cinétique ou en énergie potentielle, ou inversement. L'énergie perdue par les frottements est évacuée sous forme de chaleur.

$$\sum E = 0 \quad (30)$$

6 Frottements et Inertie

6.1 Frottements mécaniques

Dès qu'il y a contact entre deux pièces mécaniques mobiles (engrenages, boîte de vitesse, dérailleur, ...), des frottements existent entre les deux pièces. L'énergie perdue par ces frottements est dissipée sous forme de chaleur. Dans la plupart des situations, on désire minimiser ces frottements (roulement à bille, lubrifiants, ...). Par contre, pour freiner, on les maximise (freins à disques, patins de vélos, ...).

6.2 Frottements dans les fluides

Dans les fluides (principalement l'air ou l'eau), l'avancée d'un objet est contrecarrée par la force de frottement, dont la formule est reprise ci-dessous.

$$F_f = \frac{1}{2}\rho.C_x.S.v^2 \quad (31)$$

où :

- ρ est la masse volumique du fluide
- C_x est le coefficient de résistance dépendant de la forme de l'objet
- S est la surface frontale de l'objet dans le sens de l'avancée
- v est la vitesse relative de l'objet par rapport à la vitesse du fluide

6.3 Inertie

L'inertie est la tendance d'un corps à conserver sa vitesse. C'est le comportement normal d'un corps en mouvement en l'absence de frottements. Ce principe d'inertie est la première loi de Newton.

Table des matières

1	Distance, chemin, position et déplacement	1
1.1	Chemin	1
1.2	Déplacement	1
1.3	Position	1
1.4	Composition de déplacement	2
2	Vitesse	3
2.1	Vitesse moyenne	3
2.2	Mouvement Rectiligne Uniforme	3
2.3	Vitesse instantanée	3
2.4	Composition de vitesse	4
2.5	Mouvement Circulaire Uniforme : vitesse angulaire	4
3	Accélération	5
3.1	Définition	5
3.2	Mouvement Rectiligne Uniformément Accéléré	5
3.3	L'accélération terrestre	5
3.4	La chute des corps immobiles	5
3.5	Chute d'un corps en mouvement horizontal (balistique)	6
4	Force	7
4.1	Définition	7
4.2	Actions-Réactions	7
4.3	Descente suivant un plan incliné	7
5	Énergie	9
5.1	Énergie mécanique	9
5.2	Énergie potentielle	9
5.3	Énergie cinétique	9
5.4	Puissance	9
5.5	Conservation de l'énergie	9
6	Frottements et Inertie	10
6.1	Frottements mécaniques	10
6.2	Frottements dans les fluides	10
6.3	Inertie	10