Physique(2h)

Cinématique

5ème GT

J.N. Gautier

1 Introduction

Des atomes aux galaxies, jusqu'à l'univers dans son ensemble, tous les objets autour de nous peuvent être considérés en mouvement. Dans l'étude du monde qui nous entoure, il s'agit d'un des premiers aspects auquel l'homme s'est intéressé. L'étude scientifique du mouvement a commencé avec Galilée (1564-1642) puis Newton (1642-1727). Le mouvement de corps comme une galaxie avec les étoiles qui la composent ou celui des molécules d'air dans le vent sont hautement complexes mais d'autre comme celui d'un objet en chute libre ou d'une voiture sur une autoroute sont plus simples. La **CINÉMATIQUE** est l'étude des mouvements. Dans le cadre de ce cours, seuls les mouvements les plus simples seront abordés : les mouvements continus en ligne droite puis, plus tard, les mouvements circulaires.

FIGURE 1.1 – La galaxie d'Andromède, la galaxie la plus proche de la Voie lactée.

2 Notions de base

2.1 Mobile et point matériel

Quelle que soit la complexité du corps dont on cherche à étudier le mouvement, le **MOBILE** , celui-ci sera représenté par un point ou quelque chose de suffisamment petit par rapport au déplacement effectué. Lorsque le mobile est complexe mais qu'il s'agit d'un solide non déformable, il existe toujours un point appelé **CENTRE DE MASSE** ou centre d'inertie qui se comporte comme si toute la masse du corps était située en ce point.

FIGURE 2.1 – Le centre de masse décrit une parabole (Centre of mass in extreme sports).

2.2 Référentiel

Pour décrire un mouvement de manière quantitative il faut pouvoir localiser le mobile dans l'espace et dans le temps. Notre espace étant à trois dimensions, trois axes de référence sont nécessaires. Pour d'évidentes questions de facilité, ces axes seront presque toujours perpendiculaires entre-eux et avec des graduations linéaires. Les systèmes que nous étudierons seront également munis d'une horloge ou d'un chronomètre.

RÉFÉRENTIEL ou système de référence : ensemble d'axes gradués souvent perpendiculaires entre eux (repère cartésien et orthonormé) qui permettent de situer le mobile dans l'espace.

Pour l'étude des mouvements rectilignes, un référentiel réduit à un seul axe est suffisant. Le référentiel terrestre constitue souvent un système de référence privilégié. On pourra dire qu'un objet est en mouvement lorsque sa position dans le référentiel varie entre deux instants.

2.3 Relativité du mouvement

On considère qu'un corps est en mouvement si la distance qui le sépare d'un ou plusieurs points varie au cours du temps. La notion de mouvement est relative, elle dépend du référentiel choisi. Le plus souvent, la surface de la Terre sera choisie comme référentiel mais il faut toujours être conscient du référentiel sur base duquel un mouvement est étudié. Par exemples :

- Une personne est assise dans un train, ce train se déplace sur les rails. Cette personne est au repos par rapport au train mais est en mouvement par rapport à un arbre situé au bord des voies. On peut aussi dire que l'arbre est en mouvement si le train est choisi comme référentiel.
- Une personne marche à contre sens sur un escalator de façon à rester sur place par rapport à l'escalier se trouvant à côté de l'escalator. Est-elle en mouvement ou au repos ?

2.4 Position

Le schéma ci-dessous représente un homme qui cours, la ligne graduée sert de référentiel. La position du mobile dépend du temps, elle est une fonction du temps. Il existe deux façons de noter la position du mobile,

- soit on fait référence au fait que la position est fonction du temps et celle-ci se note $x(t)$
- soit on met en évidence de numéro de la mesure et la position se note x_i.

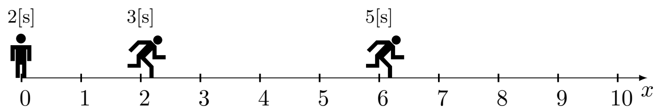


FIGURE 2.2 – Un mouvement à une dimension.

Complète le tableau ci-dessous en attribuant un symbole à chaque valeur de temps et de position.

Temps[s]		Position [m]		
Symbole	Valeur	Symbole	Symbole	Valeur

> La première valeur de temps se note t_0. La position à l'instant t_0 se note x_0. Attention, x_0 ne vaut pas forcément zéro et t_0 non plus.

2.5 Trajectoire

La trajectoire d'un objet en mouvement est l'ensemble des positions qu'a occupé cet objet au cours de son mouvement.

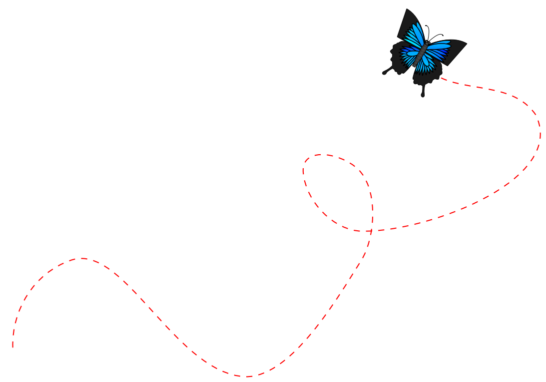


FIGURE 2.3 – La trajectoire,en rouge, dans un mouvement à deux dimensions.

2.6 Le déplacement et la durée

Au cours de son mouvement, le mobile passe par une série de positions. Le **DÉPLACEMENT** , correspond à la différence entre 2 positions. Pour calculer un déplacement, on fait la différence entre la deuxième et la première position : $\Delta x = x_2 - x_1$ (pour un mouvement à une dimension, sinon, on écrirait $\Delta r = r_2 - r_1$).
La **DURÉE** mesure le temps qui s'est écoulé entre ces deux observations, elle correspond à la différence de temps entre celles-ci. Durée :$\Delta t = t_2 - t_1$.

2.6.1 delta : la différence

En physique, comme en mathématique, le symbole Δ signifie qu'on fait une soustraction entre deux valeurs. On fait toujours cette soustraction entre la valeur « 2 » et la valeur « 1 ».

- $\Delta x = x_2 - x_1$: c'est un déplacement en ligne droite.
- $\Delta t = t_2 - t_1$: c'est une durée

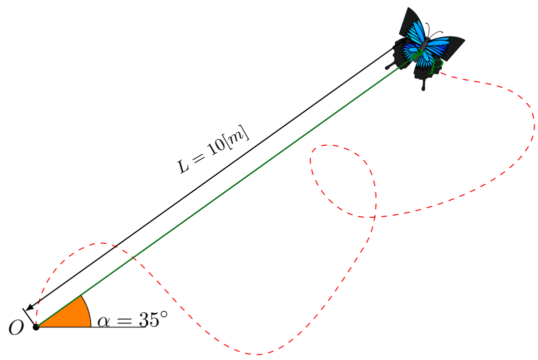


Figure 2.4 – Le déplacement, en vert, il peut être inférieur à la longueur de la trajectoire.

2.7 Le vecteur position

La position d'un objet au sein d'un référentiel peut être représentée par son vecteur position : le vecteur ayant pour origine l'origine du référentiel et son autre extrémité à la position du point. Si l'on note M cette position et O l'origine, le vecteur position se note $\vec{OM}$ ou $\vec{r}$.

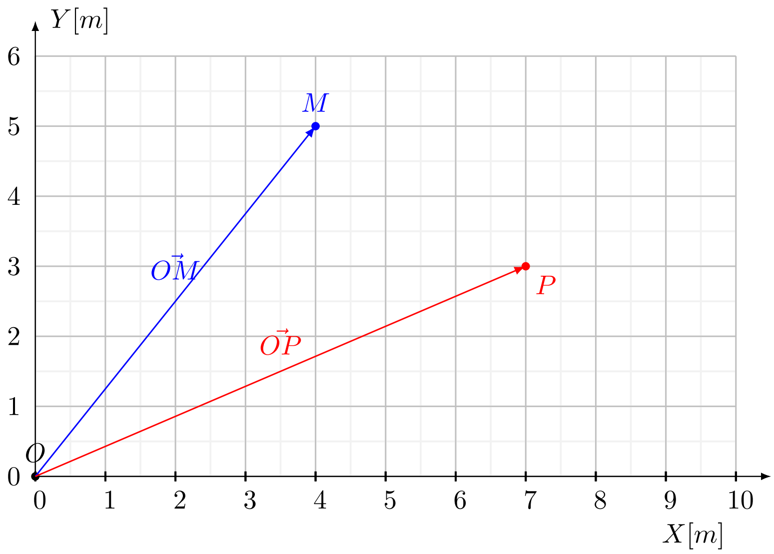


Figure 2.5 – Le vecteur position du point M et du point P.

2.8 Le vecteur déplacement

Le déplacement a été défini comme la différence entre deux positions. Ceci reste valable lorsqu'on considère la dimension vectorielle de la position. Le déplacement de M à P correspond donc à $\vec{OP} - \vec{OM}$.

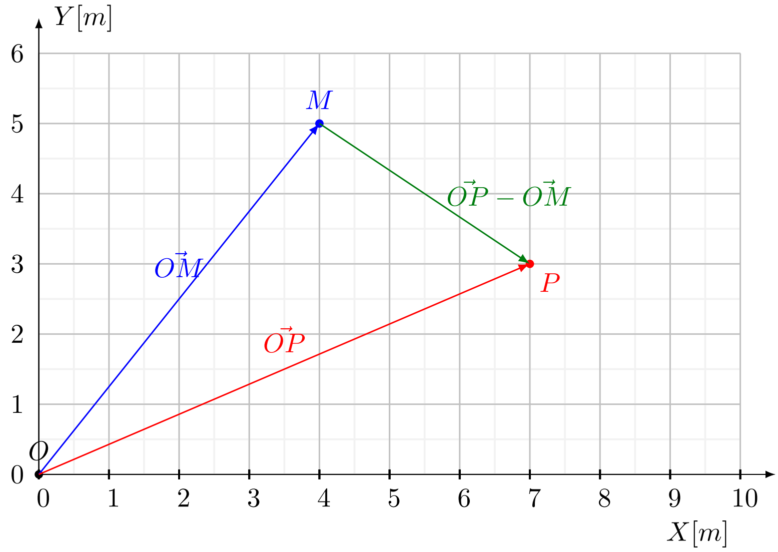


FIGURE 2.6 – Le vecteur déplacement entre M et P.

2.8.1 Application

Un mobile se trouve à la position $P_1 : (3;4)$. Quelques instants plus tard il se trouve à la position $P_2 : (5;-2)$.

- Représente les vecteurs position $\vec{r_1}$ et $\vec{r_2}$ ainsi que le vecteur déplacement $\vec{\Delta r}$ entre P_1 et P_2.
- Détermine la longueur du déplacement horizontal, Δx.
- Détermine la longueur du déplacement vertical, Δy.
- Détermine, par calcul (Pythagore), la longueur du vecteur déplacement, $\vec{\Delta r}$.

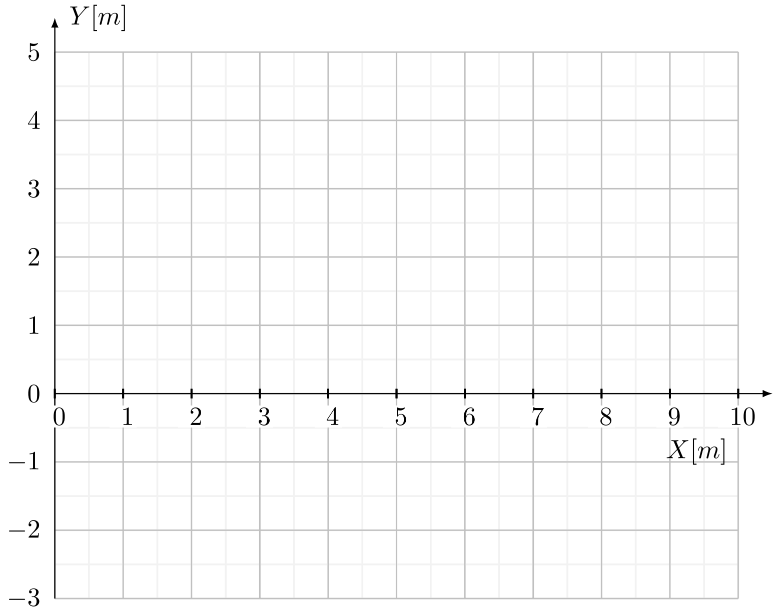


FIGURE 2.7 – Position dans un plan

2.9 Vitesse moyenne et vitesse instantanée

Lorsqu'il est en mouvement, un mobile ne se déplace pas toujours à la même vitesse. La vitesse qu'il possède à un instant donné est appelée **VITESSE INSTANTANÉE** , elle correspond par exemple à ce qui est affiché sur le compteur d'une voiture.

La **VITESSE MOYENNE** est une valeur qui se calcule sur un déplacement et une durée, elle est égale à : $v_{moy} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$.

La vitesse instantanée correspond à la vitesse moyenne calculée sur un intervalle de temps extrêmement court. Comme tu le découvriras cette année, ceci est relié à la notion de limite. $v_{inst} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$

FIGURE 2.8 – Un compteur de vitesse indique la vitesse instantanée.

2.9.1 Vecteur vitesse instantanée

La vitesse instantanée étant définie comme : $v_{inst} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$, il en découle que le vecteur vitesse instantanée est toujours une **tangente à la courbe de la position** à l'instant pour lequel on souhaite connaître sa valeur.

> De même, en physique, une vitesse est toujours définie comme étant la **DÉRIVÉE DE LA POSITION PAR RAPPORT AU TEMPS** .

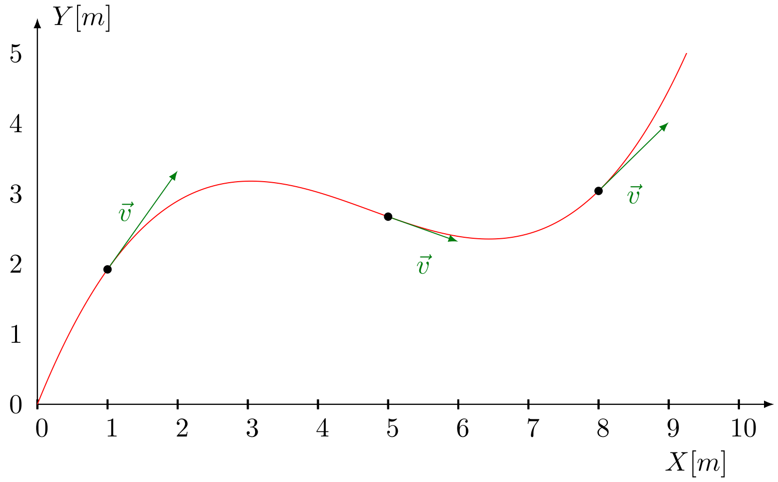


FIGURE 2.9 – Le vecteur vitesse instantanée est toujours tangent à la courbe de la trajectoire.

2.9.2 Application

À partir du graphique ci-dessous :

1. complète le tableau

Temps [s]	Position [m]

2. calcule la vitesse moyenne entre la position O et A ....
3. calcule la vitesse moyenne entre la position A et B ....
4. calcule la vitesse moyenne entre la position B et C ....
5. calcule la vitesse moyenne entre la position O et C ....
6. calcule la vitesse moyenne entre la position A et D ....
7. Que peux-tu en conclure ? ....
   ....
   ....
   ....
8. calcule la vitesse moyenne entre la position O et D ....

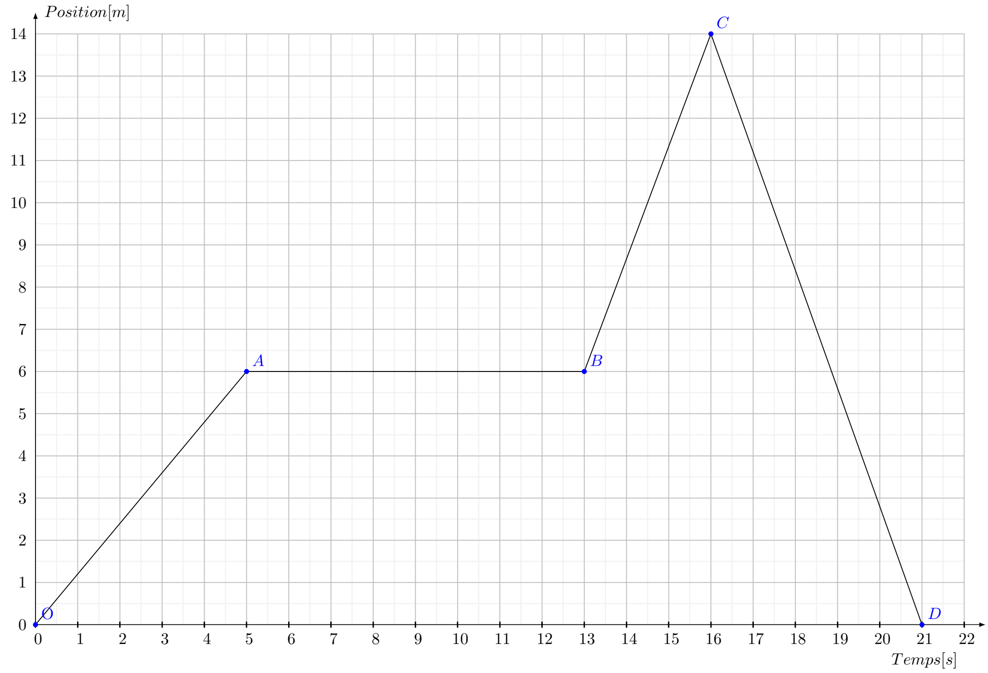


FIGURE 2.10 – Le graphique de la position en fonction du temps.

2.9.3 Applications

1. Le graphique ci-dessous représente la trajectoire d'un mobile. Représente l'allure du vecteur vitesse à différents moments de ce mouvement.

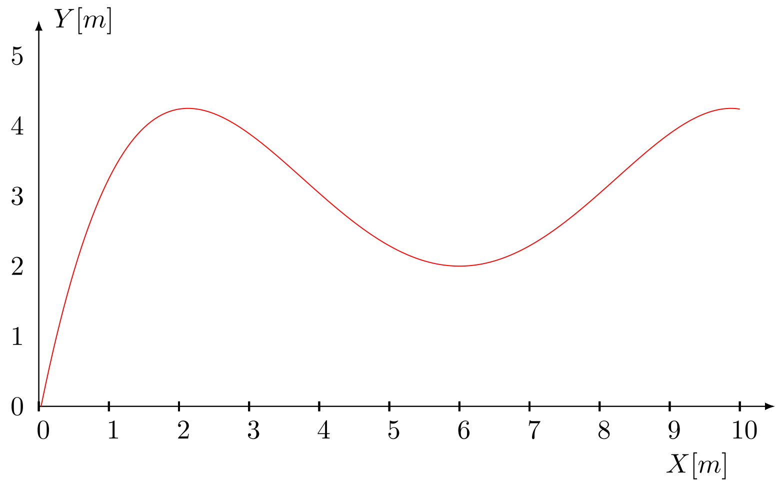


Figure 2.11 – Le graphique de la trajectoire.

2. Un mobile se déplace vers l'Est à la vitesse de 3[m/s] durant 12[s]. Il s'arrête puis repart vers le Nord-Ouest à la vitesse $2\sqrt{2}$[m/s] durant 6[s].
   a) Quelle est la longueur totale de la trajectoire ?
   b) Quelle est la longueur du déplacement horizontal ?
   c) Quelle est la longueur du déplacement vertical ?
   d) Quelle est la longueur du déplacement total ?

3 Le mouvement rectiligne uniforme (MRU)

Le **MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME** est celui d'un objet se déplaçant en ligne droite et à vitesse constante.

3.1 Propriétés du MRU

Dans un MRU, la vitesse est constante. Cela implique que la position est proportionnelle au temps : pour une durée deux fois plus grande, le déplacement effectué est deux fois plus important. Nous verrons plus tard, dans le cours sur la dynamique, qu'un MRU prend place lorsque la résultante des forces agissant sur un corps est nulle.

3.1.1 Graphiques types du repos et du MRU

	Position en fonction du temps	Vitesse en fonction du temps
Repos		
MRU		
MRU		

3.1.2 Équations horaire du MRU

Les équations horaires d'un mobile en mouvement sont celles qui renseignent sur la valeur d'une propriété de ce mobile, comme la position ou la vitesse, à chaque instant.

Équation horaire de la position

Dans un MRU, l'équation permettant de connaître la position à chaque instant est :

$$x(t) = x_0 + v \cdot \Delta t \tag{3.1}$$

où :

- $x(t)$ est la position à un instant t, en [m] ;
- x_0 est la position à l'instant 0, la position de départ, en [m] ;
- v est la vitesse, en [m/s] ou $[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}]$;
- Δt est le temps écoulé entre l'instant 0 et l'instant t, la durée du mouvement, en $[s]$.

Équation horaire de la vitesse

L'équation permettant de connaître la vitesse à un instant donné est :

$$v(t) = cst \tag{3.2}$$

où :

- v est la vitesse, en [m/s] ou $[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}]$.

La vitesse étant constante, c'est une propriété fondamentale du MRU, cette équaton est très simple.

3.2 Exercices

Exercice 1 Convertir les vitesses suivantes en [m/s] : 72 [km/h] ; 5[km/h] ; 30 km/s

Exercice 2 Convertir en [km/h] : 10[m/s] ; 330[m/s]

Exercice 3 Un athlète court un marathon (42,195 km) en 2h5min42s. Calculer sa vitesse moyenne.

Exercice 4 Je pars de la maison à 8h20min30s. Le compteur de la voiture indique 437,2 km. Je me gare près du bureau à 9h2min40s. Le compteur indique 486,5km. Calculer la vitesse moyenne durant le trajet ([m/s] et[km/h]).

Exercice 5 Lors d'une épreuve contre la montre de 20km, un cycliste parcourt les 10 premiers km à 40[km/h]de moyenne. Les 10 derniers sont en côte et il les franchit à 20[km/h]de moyenne. Quelle est sa vitesse moyenne sur l'ensemble de l'épreuve ?

Exercice 6 Lors de l'Ironman de Malaisie du 23 février 2003, le vainqueur, Luc Van Lierde, a d'abord nagé les 3,8 km en 47m54s. Il a ensuite mis 53s pour se changer une première fois, enfourché sa bicyclette et roulé pendant 4h41min02s pour parcourir les 180,2km. Finalement, après s'être changé en 1min55s, il a couru les 42,2 derniers km de l'épreuve en 2h59min33s. Calculer sa vitesse moyenne pour chacune des épreuves et pour l'ensemble du triathlon.

Exercice 7 Un homme marche en ligne droite jusqu'au coin de la rue pour poster une lettre. Là, il rencontre un ami, bavarde quelques instants puis revient chez lui en courant toujours en ligne droite. Tracer l'allure des graphiques x(t) et v(t).

Exercice 8 Un ascenseur de puits de mine situé à 1500 m de profondeur remonte à la surface. Le mouvement de remontée est un mouvement rectiligne uniforme. La vitesse de translation est de 125 m/min.

a) Déterminer l'équation horaire de position de l'ascenseur.

b) Déterminer la durée totale de la remontée.

Exercice 9 Une automobile roule à vitesse constante de 60 [km/h]sur une autoroute quand une autre automobile la dépasse à la vitesse maximale permise de 100[km/h]. Quelle distance sépare les deux automobiles 5 s plus tard ?

Exercice 10 Le graphique ci-contre représente les cinq étapes (A à E) du voyage d'un cycliste. Durant quelle(s) étape(s) :

a) Sa vitesse est-elle positive ?

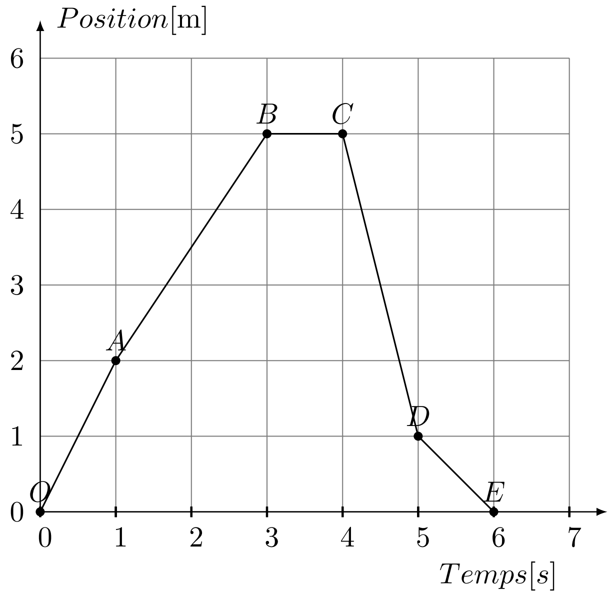
b) Sa vitesse est-elle nulle ?

c) Sa vitesse est-elle négative ?

d) Sa vitesse a-t-elle la plus grande valeur positive ?

e) Le cycliste roule-t-il le plus vite ?

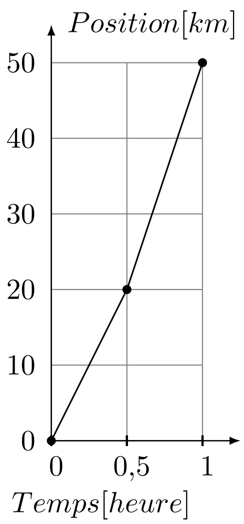
f) La plus grande distance est-elle parcourue ?



Exercice 11 Deux voitures partent en même temps de deux villes A et B distantes de 120km. Elles roulent l'une vers l'autre. La voiture partie de A roule à 60km/h, celle partie de B à 90km/h. Déterminer graphiquement et par calcul l'heure et la distance du croisement.

Exercice 12 Deux automobiles A et B partent d'un même endroit sur la même route rectiligne. Elles roulent dans le même sens. A part à 13h et B à 13h30. A roule à 80[km/h]et B à 110km/h. Déterminer l'heure et l'endroit de la rencontre.

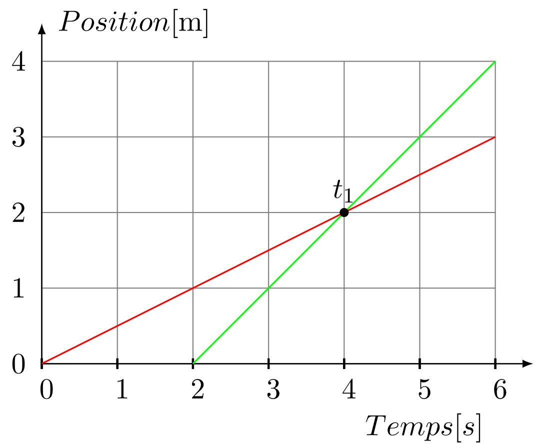
Exercice 13 Le graphique ci-dessous décrit le mouvement d'une voiture. Tracez le graphique v(t) correspondant.



Exercice 14 Deux voitures, une verte et une rouge, roulent sur une même route (voir graphique).

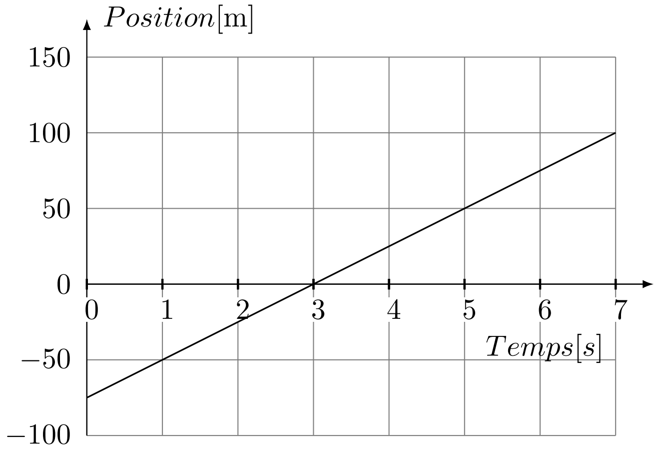
a) Quelle est la voiture la plus rapide ?

b) Que se passe-t-il à l'instant t1 ?



Exercice 15 Le graphique horaire d'une voiture en MRU est donné ci-dessous. En examinant soigneusement ce graphique :

a) Donner la position initiale de la voiture
b) Calculer sa vitesse et vérifier qu'elle est constante.
c) Ecrire les équations horaires correspondant à ce mouvement (position, vitesse et accélération).
d) Calculer sa position après 2 minutes.



Exercice 16 Il y a 200 km entre Arlon et Bruxelles. A 9 h, un autocar quitte Bruxelles vers Arlon. A 10 h, une voiture part d'Arlon en direction de Bruxelles. La vitesse du car est de 90[km/h], celle de la voiture de 120[km/h]. Quand et où se croisent-ils ?

Exercice 17 Laurent quitte la maison à 8h et marche à 4 [km/h]pour se rendre à l'école. A 8 h 15 min, son grand-père se rend compte qu'il a oublié son journal de classe et enfourche son vélo pour le lui apporter en roulant à 15[km/h]. Trouvez où et quand il rattrapera son petit-fils distrait. Il y a 2 km entre la maison et l'école.

Exercice 18 Deux villes A et B sont séparées par une distance de 100 km. A 8 h, un cycliste quitte A à la vitesse constante de 20[km/h]. A 8h40, un motocycliste quitte B et se dirige vers A à la vitesse constante de 45[km/h].

a) Où et quand vont-ils se rencontrer ?

b) Quand seront-ils séparés par une distance de 45 km ?

c) Quelle vitesse aurait dû avoir la moto pour croiser le cycliste à 10h30 ?

d) Quelle est la durée séparant leur passage en une ville située à 30 km de A ?

Exercice 19 Deux véhicules partent de A à 10h et se dirigent vers B distante de A de 130km. La première voiture se déplace à la vitesse constante de 80[km/h]. La seconde part à la vitesse constante de 60[km/h]. Après une demi-heure, elle s'arrête pendant 10 min puis repart à la vitesse constante de 120km/h.

a) Où et quand les 2 voitures vont-elles se dépasser ?

b) Quelle voiture va arriver la première ? Calculer son avance en minutes.

Exercice 20 A l'instant t = 0s, un coureur 1 part d'un point A et court à la vitesse constante de 5[m/s]. Au même instant, un coureur 2 part d'un point B, situé 100m devant A et court à la vitesse de 2,5[m/s]. Au bout de combien de temps et à quelle distance de l'origine, le coureur 1 rattrape-t-il le coureur 2 ? (Résolution algébrique uniquement)

Exercice 21 Deux piétons A et B se déplacent dans le même sens sur une route rectiligne. La vitesse de A est 5,4[km/h], celle de B est 3,6[km/h]. La distance qui les sépare à t = 0 est 80 m, B étant en avance sur A.

a) À quelle date t A dépassera-t-il B ?

b) Quelle sera alors la distance parcourue par chaque piéton depuis l'instant t = 0 ?

Exercice 22 Robin des Bois aperçoit Marianne qui a faussé compagnie au shérif de Nottingham et qui s'éloigne en courant dans la forêt à une vitesse constante de 9[km/h]. Au moment où il l'aperçoit, la belle a 50m d'avance sur lui. On suppose que Robin des Bois avance à vitesse constante de 18 [km/h]sur son cheval au moment où il aperçoit Marianne. Au bout de combien de temps rejoindra-t-il Marianne ?

Exercice 23 Un train quitte Bruxelles en direction de Paris à 14h05min à la vitesse moyenne de 240km/h. Un autre train quitte Paris en direction de Bruxelles à 14h15min avec une vitesse moyenne de 280km/h. La distance entre Bruxelles et Paris est de 300km. A quelle distance de Bruxelles ces trains se croisent-ils et à quelle heure (heure, minutes et secondes) ?

Exercice 24 Un voleur part en courant à la vitesse constante de 24km/h, un policier parti 40s plus tard cherche à le rejoindre en courant à la vitesse moyenne de 28km/h.

a) Le voleur pourra-t-il être arrêté à temps si un complice se trouve 400m plus loin avec une voiture puissante ?
b) Calculer la durée de la poursuite et la distance parcourue

Exercice 25 Un lièvre et une tortue font la course. Ils courent tous-deux à une vitesse uniforme : 1 [m/s] pour le lièvre et 0,2 [m/s] pour la tortue. La course a lieu sur un parcours rectiligne de 150 mètres. La tortue reçoit un avantage au départ : elle commence sa course à 120 mètres de la ligne de départ.

a) Quelle est la position du lièvre après 60 secondes de course ? Où se trouve la tortue au même moment ?
b) Où se trouve le lièvre quand la tortue a parcouru 20 mètres ?
c) Qui gagne la course ?

4 Le mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA)

Le **MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORMÉMENT ACCÉLÉRÉ** est celui d'un objet se déplaçant en ligne droite et dont la vitesse augmente ou diminue de manière continue.

4.1 Étude du MRUA

Le rail de dynamique permet de créer un MRUA et d'en mesurer facilement les paramètres. Sur ce dispositif, le chariot est entraîné par la masse et sa vitesse augmente de manière constante.

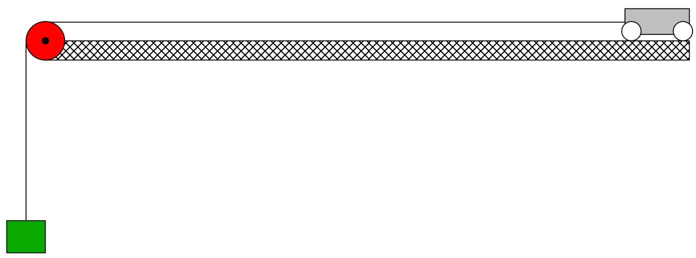


FIGURE 4.1 – Un rail de dynamique

4.1.1 Graphique et équation horaire de la vitesse

Le MRUA est un type de mouvement au cours duquel la vitesse augmente ou diminue de manière continue.

- Trace, ci-dessous, l'allure du graphique de la vitesse en fonction du temps pour un tel mouvement (vitesse croissante).

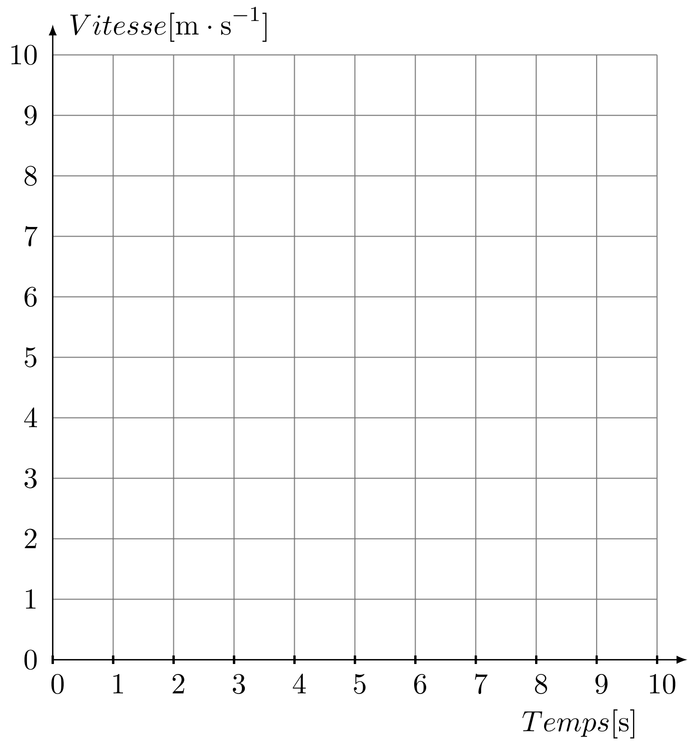


Figure 4.2 – Vitesse en fonction du temps

- De quel type de fonction s'agit-il ?

  ....

- Écris l'équation correspondante, pense à adapter les symboles utilisés.

  ....

4.1.2 Graphique et équation horaire de l'accélération

Le graphique ci-dessous présente l'évolution de la vitesse en fonction du temps pour deux mobiles différents.

- Quelle est la différence entre les mobiles A et B ?

  . . . .

  . . . .

  . . . .

  . . . .

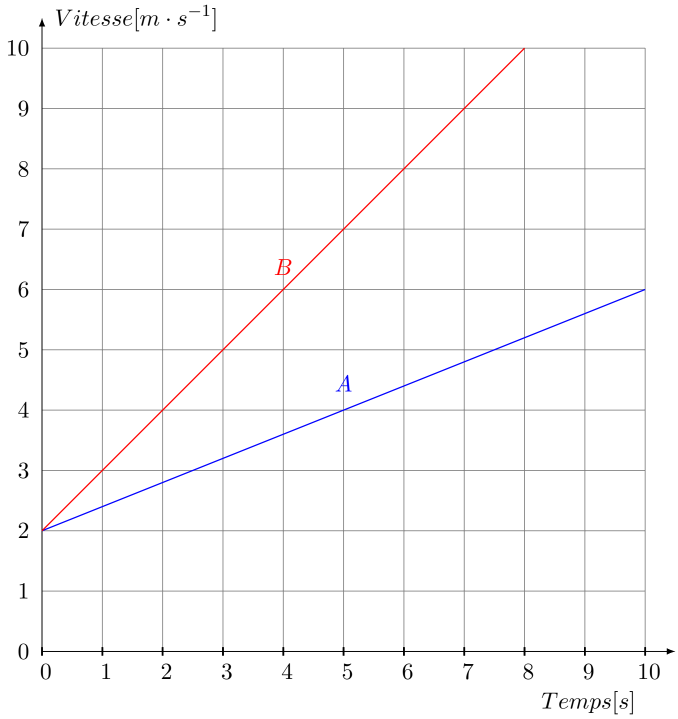


Figure 4.3 – Deux mobiles en MRUA

- Que peux-tu en conclure ?

  . . . .

  . . . .

L' **ACCÉLÉRATION** décrit la façon dont la vitesse varie au cours du temps, comme pour la vitesse, il est possible de calculer une valeur de l' **ACCÉLÉRATION MOYENNE** en faisant : $a_{moy} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ ou $a_{moy} = \dfrac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$

- Quelles sont les unités S.I. de l'accélération ?

  ....

  ....

- Trace, ci-dessous, l'allure du graphique de l'accélération en fonction du temps(vitesse croissante).

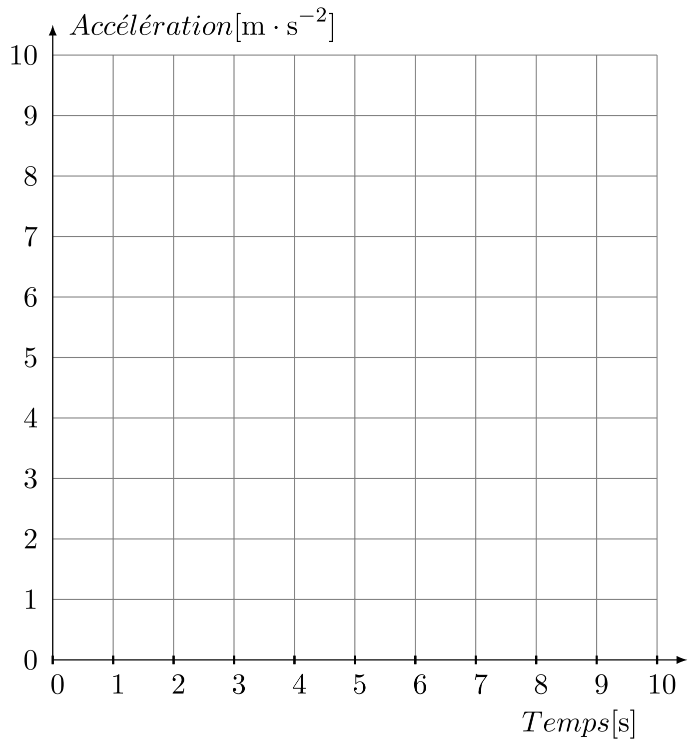


Figure 4.4 – Accélération en fonction du temps

- De quel type de fonction s'agit-il ?

  ....

- Écris l'équation correspondante, pense à adapter les symboles utilisés.

  ....

4.1.3 Graphique et équation horaire de la position

Nous avons vu que l'équation horaire de l'accélération est de degré « 0 » tandis que celle de la vitesse est de degré « 1 ». Il est donc logique que celle de la position soit du deuxième degré. Celle-ci est donnée par : $x(t) = x_0 + v_0 \cdot \Delta t + \frac{a}{2} \cdot \Delta t^2$
Trace, ci-dessous, l'allure du graphique de la position en fonction du temps (vitesse croissante).

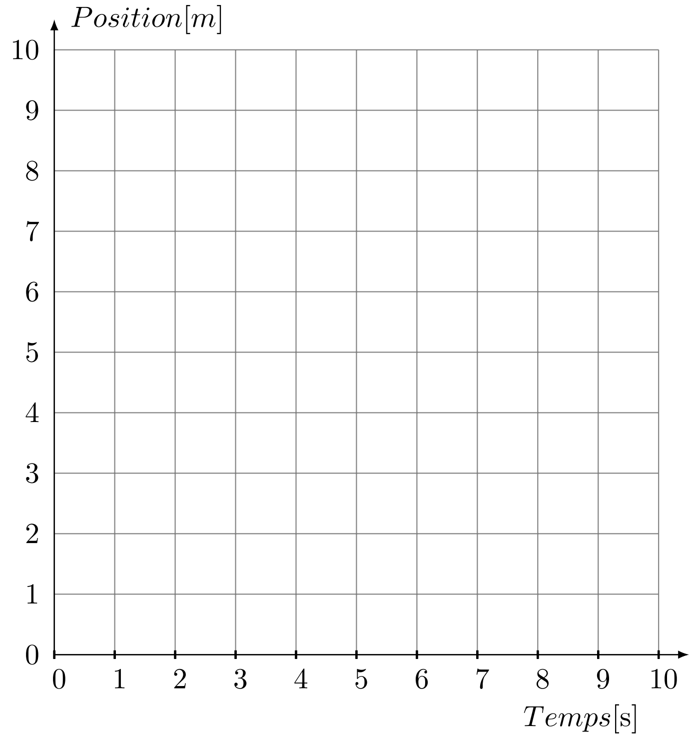


FIGURE 4.5 – Position en fonction du temps

4.2 Analyse de cas : la décélération

Jean est sur son vélo, il roule à la vitesse de 14,4[km/h] et se déplace dans le sens croissant du référentiel. Un chien traverse la route devant lui et Jean serre ses freins jusqu'à ce qu'il s'arrête.

- À partir du moment où il freine, comment varie la position de Jean ?

  . . . .

  . . . .
- Comment varie sa vitesse ?

  . . . .

  . . . .
- Comment varie son accélération, que vaut-elle ?

  . . . .

  . . . .
- Si on considère que son mouvement est décrit par un MRUA, trace l'allure du graphique de la position en fonction du temps, de la vitesse en fonction du temps et de l'accélération en fonction du temps.

4.3 Synthèse

4.3.1 Équations horaires du MRUA

Position

$x(t) = x_0 + v_0 \cdot \Delta t + \frac{a}{2} \cdot \Delta t^2$

Vitesse

$v(t) = v_0 + a \cdot \Delta t$

Accélération

$a = cst$

4.3.2 Graphiques types du MRUA

Les graphiques ci-dessous sont toujours ceux d'un mobile progressant dans le sens croissant du référentiel.

	Position en fonction du temps	Vitesse en fonction du temps	Accélération en fonction du temps
MRUA			
MRUD			

4.4 Exercices

Exercice 26 Une Opel Corsa 5 1.4 est à l'arrêt sur une piste de course. Un chronomètre est en fonctionnement. Lorsqu'il indique 33[s], la voiture commence à accélérer et lorsqu'il indique 44[s], elle a atteint la vitesse de 100[km/h]. Si on suppose que l'accélération est constante, calcule celle-ci en unités SI.

Exercice 27 Lors d'une démonstration, la Mercedes AMG F1W03 pilotée par Anthony Davidson a atteint la vitesse de 200 [km/h] en 5,7 secondes. Si on suppose que l'accélération est constante, calcule celle-ci en unités SI.

Exercice 28 Un objet qui, à la surface de la Terre, tombe d'une hauteur de 100[m] arriverait au sol 4,515 secondes plus tard avec une vitesse de 44,2945 m/s s'il n'y avait pas de frottements avec l'air. Calcule accélération de cet objet. À quoi correspond-elle ?

Exercice 29 Une voiture part du repos, accélère de manière constante puis, lorsqu'elle a atteint la vitesse souhaitée, continue à vitesse constante. Trace l'allure des graphiques de la position, de la vitesse et de l'accélération en fonction du temps pour cette situation.

Exercice 30 Un vélo roule à vitesse constante. Lorsqu'il rencontre un obstacle, il freine jusqu'à l'arrêt complet. Trace les graphiques de la position, de la vitesse et de l'accélération en fonction du temps pour cette situation.

Exercice 31 Un homme saute à l'élastique depuis un pont. Il commence par tomber en chute libre avec une accélération constante puis l'élastique commence à se tendre et il subit une décélération constante. Trace les graphiques de la position, de la vitesse et de l'accélération en fonction du temps pour cette situation entre le moment où il saute et celui où il atteint son point le plus proche du sol.

Exercice 32 Le graphique ci-dessous est celui de la vitesse en fonction du temps pour un mobile.

a) Trace un graphique plausible pour la position et l'accélération en fonction du temps.

b) Crée un scénario plausible.

Exercice 33 Le graphique ci-dessous est celui de la position en fonction du temps pour un mobile.

a) Que peux-tu dire concernant la vitesse initiale de ce mobile ?

b) Que vaut sa vitesse après 4 secondes ?

c) Que peux-tu dire concernant sa vitesse finale ?

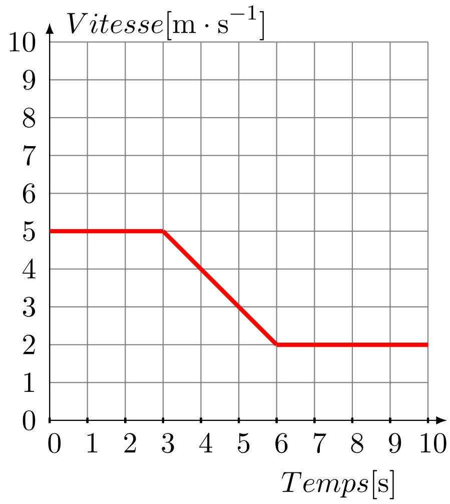


Figure 4.6 – Vitesse en fonction du temps

d) Que peux-tu dire concernant son accélération ?

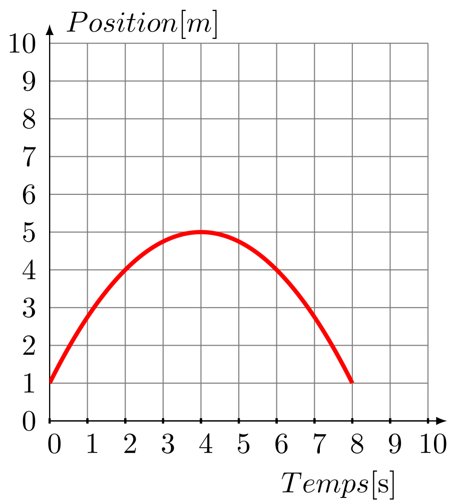


Figure 4.7 – Position en fonction du temps

Exercice 34 Une voiture accélère de 43,2 [km/h] à 93,6[km/h] en 6[s].

a) Quelle est son accélération ?

b) Quelle est la distance parcourue durant ce temps ?

Exercice 35 Une voiture ralenti et sa vitesse passe de accélère de 111,6 [km/h] à 46,8[km/h] en 12[s].

a) Quelle est son accélération ?

b) Quelle est la distance parcourue durant ce temps ?

Exercice 36 Un avion à réaction doit atteindre la vitesse de 80[m/s] pour décoller sur une piste de 1500[m] de long.

a) Quelle doit être son accélération ?

b) Combien de temps cela prend-il ?

Exercice 37 Un train mesurant 75[m] de long se met en marche et accélère uniformément. La locomotive croise un employé de chemin de fer à 140[m] de son point de départ à la vitesse de 25[m/s], quelle est la vitesse du train lorsque que le dernier wagon passe devant cet employé ?

Exercice 38 Un mobile se déplace à vitesse constante lorsqu'il passe devant une personne qui enclenche un chronomètre. Lorsque le chronomètre indique 323[s], le mobile commence à accélérer. Son accélération vaut : $a = 0,6[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}]$ et il atteint la vitesse de 1325,6$[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}]$ lorsque le chronomètre indique 2518[s]. Quelle était la vitesse de départ de ce mobile ?

Exercice 39 Un mobile se déplace avec une vitesse égale à $v_0 = 9,2[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}]$ lorsqu'il commence à accélérer. Son accélération vaut $a = 0,28[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}]$ et sa position 212[s] plus tard vaut $x = 10\,542{,}56[m]$. Quelle était la position initiale du mobile ?

Exercice 40 Un mobile se déplace avec une vitesse initiale égale à $v_0 = 8,3[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}]$. Lorsque sa position vaut $x = 2700[m]$, il commence à accélérer. Son accélération vaut $a = 0,27[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}]$. Quelle est la position de ce mobile 136[s] plus tard ?

Exercice 41 Pendant combien de temps un mobile doit-il accélérer pour que sa vitesse atteigne $133,3[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}]$. Sa vitesse de départ vaut : $v_0 = 7,5[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}]$ et son accélération : $a = 0,1[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}]$.

Exercice 42 Un mobile se déplace avec une vitesse initiale égale à $v_0 = 5,9[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}]$. Il commence à accélérer. Son accélération vaut $a = 2,6[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}]$. Quelle est la vitesse de ce mobile 1677[s] plus tard ?

Exercice 43 Un mobile se déplace à la vitesse constante de $v = 9,9[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}]$, lorsque sa position vaut $x_1 = 1900[m]$, il commence à accélérer. Sa position 1016[s] plus tard vaut $x_2 = 1\,353\,891{,}2[m]$. Quelle était l'accélération du mobile ?

Exercice 44 Un mobile se déplace à vitesse constante, lorsque sa position vaut $2600[m]$, il commence à accélérer. Son accélération vaut $a = 0,8[m\cdot s^{-2}]$ et sa position 2557[s] plus tard vaut $x = 2\,631\,451{,}7[m]$. Quelle était la vitesse initiale du mobile ?

Exercice 45 Un mobile se déplace avec une vitesse initiale égale à $v_0 = 9,9[m\cdot s^{-1}]$. Lorsque sa position vaut $x = 2800[m]$, il commence à freiner. Son accélération vaut $a = -1,7[m\cdot s^{-2}]$.

a) Combien de temps prend-il pour s'arrêter ?

b) Quelle distance prend-il pour s'arrêter ?

Exercice 46 Un mobile se déplace à la vitesse constante de $6,4[m\cdot s^{-1}]$, lorsque sa position vaut $x_1 = 1200[m]$, il commence à accélérer jusqu'à atteindre la position de $x_2 = 2788,44[m]$. Son accélération vaut $a = 0,62[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}]$. Pendant combien de temps le mobile a-t-il accéléré ?

Exercice 47 Une voiture se déplace à 140,4[km/h] sur une autoroute lorsqu'elle passe devant une voiture de police roulant à 95,4[km/h]. Une seconde plus tard, la voiture de police commence à accélérer avec une valeur de $a = 2[\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}]$.

a) Combien de temps après le dépassement la voiture de police rattrape-t-elle le chauffard ?
b) Quelle est la distance parcourue par les deux voitures entre le premier et le deuxième dépassement ?
c) Quelle est la vitesse de la voiture de police lorsqu'elle attrape-t-elle le chauffard ?

Exercice 48 Une voiture se déplace trop vite sur une autoroute lorsqu'elle passe devant une voiture de police roulant à 95,4[km/h]. Une seconde plus tard, la voiture de police commence à accélérer avec une valeur de $a = 2[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$ et 6[s] après le dépassement, la voiture de police rattrape le chauffard. Quelle était la vitesse de celui-ci ?

5 Tir vertical et chute libre

On appelle « tir vertical » une situation dans laquelle un objet est lancé verticalement vers le haut et « chute libre » une situation dans laquelle un objet est laché vers le bas.
Dans le cas du tir vertical, l'objet possède une vitesse initiale positive vers le haut mais l'attraction de la Terre implique qu'il possède une accélération dirigée vers le bas, il va donc freiner. Cela correspond exactement à ce qu'on peut observer : un objet lancé vers le haut va de moins en moins vite et il finit par atteindre une hauteur maximale à laquelle sa vitesse est nulle. Toutefois, sous l'effet de l'accélération de la pesanteur, l'objet va repartir vers le bas, il est alors en chute libre. Dans cette deuxième partie du mouvement, l'accélération étant dirigée dans le même sens que la vitesse, l'objet va aller de plus en plus vite vers le bas.

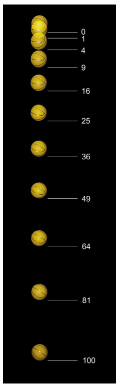


FIGURE 5.1 – Chronophotographie d'un tir vertical ou d'une chute libre. La vitesse verticale n'étant pas constante, l'écart entre deux positions varie pour chaque prise de vue.

Pour résumer :

	Ascension	Descente
Position	La position augmente mais de moins en moins vite.	La position diminue de plus en plus vite.
Vitesse	La vitesse est positive, mais elle diminue linéairement.	La vitesse est négative et sa valeur augmente linéairement (en valeur absolue).
Accélération	L'accélération est constante et dirigée vers le bas.	

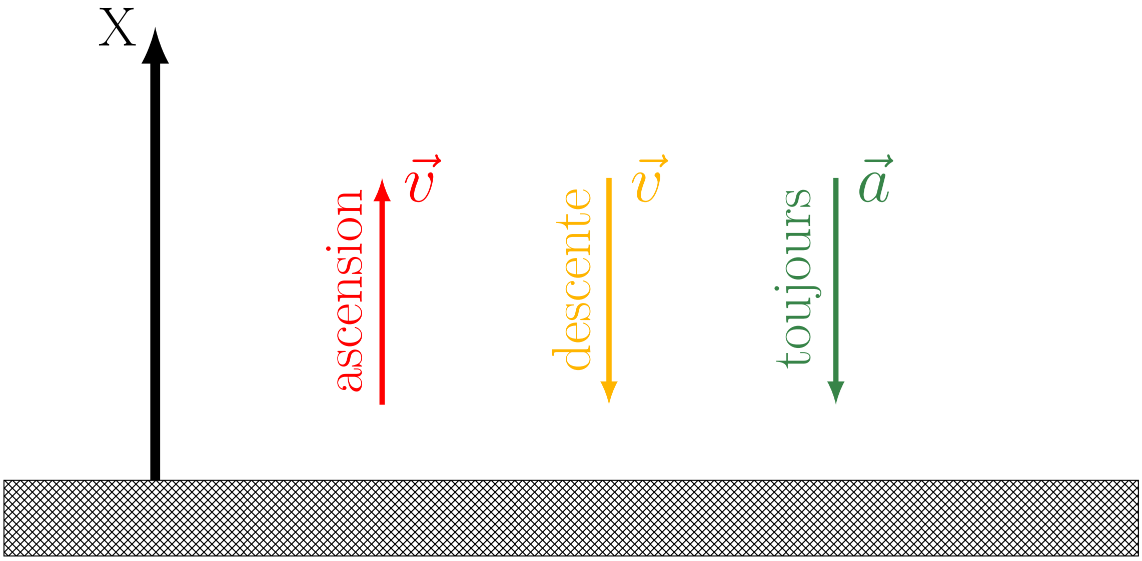


FIGURE 5.2 – Sens des vecteurs vitesse et accélération dans un tir vertical.

5.1 Graphiques

Le tir vertical étant un MRUA, le graphique de la position sera une parabole, celui de la vitesse une droite et celui de l'accélération une constante.

	Ascension	Descente
Position		
Vitesse		
Accélération		

5.2 Considérations mathématiques

Lorsqu'un objet est lancé vers le haut, il existe une hauteur maximale qu'il ne dépasse pas. Par contre, tous les points situés en dessous de cette hauteur maximale sont atteint deux fois : durant l'ascension et durant la descente.

- Dans le cadre d'une application numérique sur le tir vertical, une question dans laquelle il faut trouver à quel moment le mobile passe par un point situé au-delà de la hauteur maximale, impliqueront la résolution d'une équation du deuxième degré avec un delta négatif. Il n'y a donc pas de solution à cette équation, car le mobile ne passe à aucun moment par un point plus haut que la hauteur maximale.
- Une question dans laquelle il faut trouver à quel moment le mobile passe par un point situé entre le sol et la hauteur maximale impliquera la résolution d'un système d'équation avec un delta positif. Il y aura donc deux valeurs de temps possibles : une à l'ascension et une autre à la descente.
- Le seul point qui est atteint une et une seule fois et celui correspondant à la hauteur maximale. Cela impliquera la résolution d'une équation avec un delta nul.

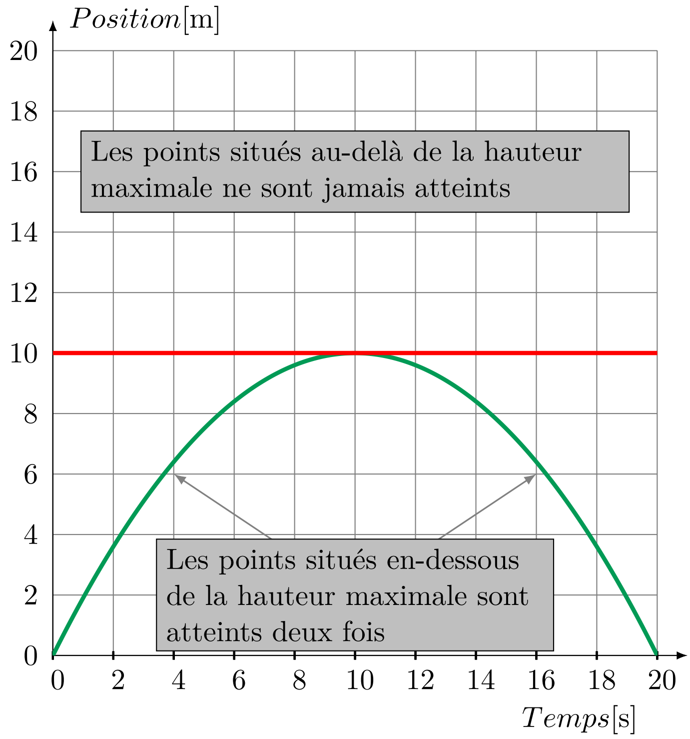


FIGURE 5.3 – Position en fonction du temps dans un tir vertical.

5.3 Exercices

Exercice 49 Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse initiale de $4[m/s]$.

a) Quelle est sa position après $0,3[s]$?

b) Quelle est sa vitesse après $0,5[s]$?

c) Que s'est-il passé entre ces deux instants ?

Exercice 50 Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse de $2[m/s]$.

a) Quelle est sa vitesse lorsqu'il arrive au sommet de sa course ?

b) À quel moment arrive-t-il au sommet de sa course ?

c) Quelle est sa position à ce moment, c'est-à-dire quelle est la hauteur maximale atteinte par l'objet ?

Exercice 51 Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse de $10[m/s]$.

a) À quels moments atteint-il la hauteur de $4[m]$?

b) À quel moment atteint-il la hauteur de $200[m]$?

c) À quel moment atteint-il sa hauteur maximale ?

Exercice 52 Un objet est lancé verticalement vers le haut avec une vitesse initiale de $5[m \cdot s^{-1}]$ depuis le haut d'un immeuble de $16[m]$ de haut. L'objet va s'élever puis retomber au pied de l'immeuble.

a) Quelle est sa vitesse d'impact ?

b) Combien de temps dure le parcours de l'objet entre le moment où il est lancé vers le haut et celui où il touche le sol ?

Exercice 53 Un objet tombe librement depuis une hauteur de $75[m]$. Lorsqu'il arrive à $25[m]$ du sol, un deuxième objet est lancé vers le bas depuis la hauteur de $75[m]$. Quelle doit être la vitesse initiale du deuxième objet pour qu'il touche le sol en même temps que le premier ?

6 Cinématique en deux dimensions : Tir horizontal

Le tir horizontal est une situation dans laquelle un objet est lancé horizontalement depuis une certaine hauteur.

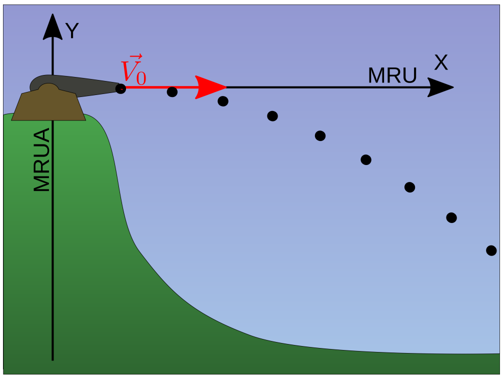


FIGURE 6.1 – Schéma d'un tir horizontal.

6.1 Indépendance des mouvements en deux dimensions

La photo ci-dessous est une chronophotographie présentant deux corps laissés en chute libre au même instant. Celui de gauche possède une vitesse en X non nulle, il s'agit donc d'un tir horizontal. Cette image montre que les deux corps tombent en même temps, la seule différence est que celui de gauche avance en même temps qu'il tombe.

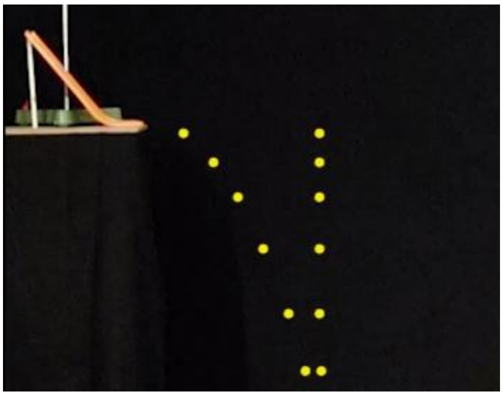
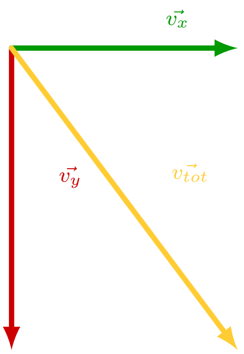


Figure 6.2 – Chronophotographie d'un tir horizontal comparé à une chute libre.

Dans un mouvement à deux dimensions, le mouvement horizontal est totalement indépendant du mouvement vertical. Le mouvement vertical est celui d'une chute libre : un MRUA causé par l'accélération de la pesanteur terrestre. L'accélération étant uniquement dirigée vers le bas, le mouvement horizontal du corps est celui d'un MRU.

6.2 Le vecteur vitesse dans un mouvement à deux dimensions

À un moment donné de sa trajectoire, le mobile possède à la fois une vitesse horizontale,$\vec{v_x}$, et une vitesse verticale, $\vec{v_y}$. La vitesse totale du mobile à un instant quelconque est donc donnée par la somme vectorielle de la vitesse horizontale et de la vitesse verticale. Cette somme se fait en utilisant le théorème de Pythagore : $v_{tot} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$



6.3 Exercices

Exercice 54 Un objet est lancé horizontalement depuis une hauteur de $6[m]$ et avec une vitesse de $4[m/s]$.

a) Combien de temps prend-il pour atteindre le sol ?

b) Quelle distance parcoure-t-il horizontalement avant de toucher le sol ?

c) Quelle est sa vitesse totale à l'impact ?

Exercice 55 Quelle doit être la vitesse initiale d'un projectile lancé horizontalement depuis une hauteur de $25[m]$ pour qu'il atteigne le sol à une distance horizontale de $40[m]$ par rapport à sa position de départ ?
Quelle sera sa vitesse totale à l'impact ?

Exercice 56 Un objet est lancé horizontalement avec une vitesse de $15[m/s]$. Il touche le sol avec une vitesse totale d'impact de $55[m/s]$. De quelle hauteur a-t-il été lâché ?

Exercice 57 Un objet est lancé horizontalement avec une vitesse de $10[m/s]$. Il touche le sol $5[m]$ plus loin, en distance horizontale. De quelle hauteur a-t-il été lancé ?

Exercice 58 Un objet est lancé horizontalement. Il touche le sol $5[s]$ plus tard et $10[m]$ plus loin.

a) De quelle hauteur a-t-il été lancé ?

b) Quelle est sa vitesse totale à l'impact ?

7 Tir oblique

On appelle « tir oblique », « tir parabolique » ou « tir balistique », une situation dans laquelle un objet est lancé vers le haut avec un angle par rapport à l'horizontale. Il s'agit d'un mouvement en deux dimensions, car le mobile se déplace à la fois selon l'axe X et l'axe Y.

> Dans ce mouvement, la position et la vitesse en Y sont données par les équations du tir vertical. La position et la vitesse en X sont données par les équations du MRU.

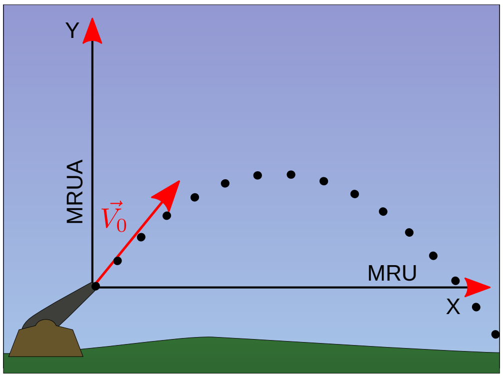


FIGURE 7.1 – Schéma d'un tir balistique.

7.1 Caractéristiques du tir oblique

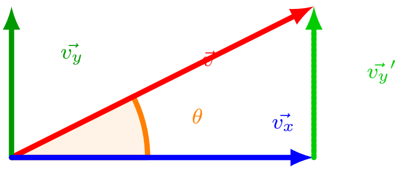
Comme le montre la chronophotographie ci-dessous, la trajectoire suivie par un objet lancé obliquement est une parabole.

Figure 7.2 – Chronophotographie d'un tir parabolique

7.2 Décomposition du vecteur vitesse

La vitesse, comme tout vecteur peut se décomposer en une composante verticale et une composante horizontale. Pour une vitesse $\vec{v}$ et un angle de tir Θ, on peut écrire :

- $v_x = v \cdot cos(\theta)$
- $v_y = v \cdot sin(\theta)$



7.3 Calcul du temps d'ascension

Lors d'un tir oblique avec une vitesse initiale $\vec{v}$ et un angle de tir θ, nous savons que :

- $v_x = v \cdot cos(\theta)$
- $v_y = v \cdot sin(\theta)$

La hauteur maximale est atteinte lorsque $v_y(t) = 0$. Si $t_0 = 0$ alors le temps d'ascension est donné par :

$$v_y(t) = v_{0y} + a \cdot \Delta t \ \rightarrow \tag{7.1}$$

$$0 = v_{0y} + a \cdot \Delta t \ \rightarrow \tag{7.2}$$

$$t = \frac{-v_{0y}}{a} \tag{7.3}$$

Puisque dans un tir oblique $v_{0y} = v \cdot sin(\theta)$, le temps pris pour atteindre la hauteur maximale est donné par :

$$t = \frac{-v_{0y}}{a} \ \rightarrow \tag{7.4}$$

$$t = \boxed{\frac{-v \cdot sin(\theta)}{a}} \tag{7.5}$$

7.4 Calcul de la hauteur maximale atteinte

Lors d'un tir oblique avec une vitesse initiale $\vec{v}$, un angle de tir θ et une hauteur initiale y_0, nous savons que le temps pris pour atteindre la hauteur maximale vaut : $t = \frac{-v \cdot sin(\theta)}{a}$.
En reprenant l'équation de la position verticale et en remplaçant le temps par celui pris pour atteindre la hauteur maximale et en remplaçant v_{0y} par $v \cdot sin(\theta)$, on obtient :

$$y(t) = y_0 + v_{0y} \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2 \tag{7.6}$$

où :

- $t = \frac{-v \cdot sin(\theta)}{a}$
- $v_{0y} = v \cdot sin(\theta)$
- $y_0 = 0$

Donc :

$$y(t) = v \cdot sin(\theta) \cdot \frac{-v \cdot sin(\theta)}{a} + \frac{a}{2} \frac{v^2 \cdot sin^2(\theta)}{a^2} \tag{7.7}$$

On peut arranger le premier terme puisqu'il y a deux fois les facteurs « v » et « $sin\theta$ », on peut aussi simplifier une partie des facteurs « a » dans le deuxième terme, cela donne :

$$y(t) = -\frac{v^2 \cdot sin^2(\theta)}{a} + \frac{1}{2} \frac{v^2 \cdot sin^2(\theta)}{a} \tag{7.8}$$

On peut finalement réduire cette somme pour obtenir :

$$\boxed{y(t) = \frac{-v^2 \cdot sin^2(\theta)}{2 \cdot a}} \tag{7.9}$$

7.5 Calcul du temps de chute

Nous savons que la hauteur maximale atteinte lors du tir oblique est donnée par : $y(t) = \frac{-v^2 \cdot sin^2(\theta)}{2 \cdot a}$. Quel est alors le temps pris par le mobile pour atteindre le sol depuis cette hauteur ?

Pour cela, il faut utiliser l'équation du mouvement vertical :

$$y(t) = y_0 + v_{0y} \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2 \tag{7.10}$$

où :

- $t_0 = 0$
- $v_{0y} = 0$
- $y_t = 0$, car on atteint le sol
- $y_0 = y_{max} = \frac{-v^2 \cdot sin^2(\theta)}{2 \cdot a}$

Donc :

$$0 = y_{max} + \frac{a}{2} \cdot t^2 \ \rightarrow \tag{7.11}$$

$$t = \sqrt{\frac{-2 \cdot y_{max}}{a}} \ \rightarrow \tag{7.12}$$

$$t = \sqrt{\frac{v^2 \cdot sin^2(\theta)}{a^2}} \tag{7.13}$$

Il est possible de supprimer la racine carrée, mais n'oublions pas que $\sqrt{x^2} = \pm x$, donc :

$$\boxed{t = -\frac{v \cdot sin(\theta)}{a}} \tag{7.14}$$

Nous avons pris la racine carrée négative, car « a » étant négatif, la racine carrée positive n'a pas de sens.

7.6 Calcul du temps de parcours total

La durée de l'ascension et celle de la descente étaient données par : $\frac{-v \cdot sin(\theta)}{a}$, la durée totale d'un tir oblique vaut donc :

$$\boxed{t_{tot} = \frac{-2 \cdot v \cdot sin(\theta)}{a}} \tag{7.15}$$

7.7 Calcul de la distance horizontale parcourue

Le temps total de parcours lors d'un tir oblique est donné par : $t_{tot} = \frac{-2 \cdot v \cdot sin(\theta)}{a}$. La distance parcourue horizontalement est donnée par $x(t) = x_0 + v_x \cdot \Delta t$ où :

- $t_0 = 0$
- $x_0 = 0$
- $v_x = v \cdot cos(\theta)$

Par conséquent, la distance totale parcourue horizontalement lors d'un tir oblique est donnée par :

$$x(t) = v \cdot cos(\theta) \cdot \frac{-2 \cdot v \cdot sin(\theta)}{a} \tag{7.16}$$

$$x(t) = \frac{-2 \cdot v^2 \cdot cos(\theta) \cdot sin(\theta)}{a} \tag{7.17}$$

Cette dernière expression peut encore être simplifiée, car elle contient une identité trigonométrique : $2 \cdot sin(\theta) \cdot cos(\theta) = sin(2 \cdot \theta)$. Par conséquent :

$$\boxed{x(t) = -\frac{v^2 \cdot sin(2\theta)}{a}} \tag{7.18}$$

7.8 Exercices

Exercice 59 Un mobile est lancé depuis le sol avec une vitesse initiale de $21[m/s]$ et avec un angle de 20° vers le haut.

a) À quelle distance va-t-il toucher le sol ?

b) Quelle sera sa vitesse d'impact ?

Exercice 60 Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse initiale de $12[m/s]$ et un angle de 30° vers le haut.

1. Quelle distance horizontale a-t-il franchi quand il est au sommet de sa course ?
2. Quelle est sa vitesse totale à ce moment ?
3. Combien de temps prend-il pour y arriver ?

Exercice 61 Quel doit être l'angle de tir pour toucher un objet situé à une distance de $127,4[m]$ si la vitesse initiale est de $50[m/s]$?

Exercice 62 Dans un tir oblique, avec quel angle faut-il lancer un objet pour qu'il aille le plus loin possible ?

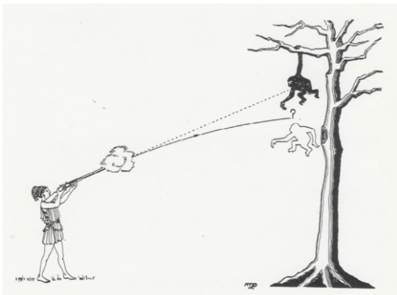
Exercice 63 Un objet est lancé avec un angle de 30° vers le haut. Quelle doit être sa vitesse initiale pour qu'il touche le sol à $50[m]$ du lanceur ?

Exercice 64 Un objet est lancé avec une vitesse de $150[m/s]$ et un angle de 70°.

a) Quelle est sa vitesse totale lorsqu'il se trouve à $50[m]$ horizontalement de son point de départ ?

b) À quelle hauteur se trouve-t-il ?

Exercice 65 Un chasseur souhaite tirer une flèche sur un singe situé au sommet d'un arbre de $50[m]$ de haut et situé à $30[m]$ de lui. Le chasseur tire sa flèche avec une vitesse de $20[m/s]$ et un angle de $59°$. Au même instant le singe se laisse tomber afin d'éviter la flèche. Montre que le singe aurait mieux fait de rester dans l'arbre !



Exercice 66 Un tigre bondi à l'horizontale du haut d'un rocher de $16[m]$ à une vitesse de $6[m/s]$. À quelle distance de la base du rocher atterrira-t-il ?

Exercice 67 Une lance à incendie tenue près du sol envoie un jet d'eau avec une vitesse de $13[m/s]$. Selon quels angles faut-il l'orienter pour que l'eau retombe $16[m]$ plus loin ?

Exercice 68 En exécutant un saut en longueur un athlète quitte le sol avec un angle de $28°$ et franchit $8,8[m]$. Détermine sa vitesse lors de l'impulsion.

Exercice 69 Détermine quelle est la distance supplémentaire franchie par une personne sautant sur la lune par rapport au même saut effectué sur la Terre (même vitesse, même angle). Considère que $g_{Lune} = \frac{1}{6} g_{Terre}$.

Exercice 70 En courant à $3m/s$, un plongeur se jette du haut d'une falaise et tombe dans la rivière située en dessous 2 secondes plus tard.

a) Quelle est la hauteur de la falaise ?

b) À quelle distance de la falaise le plongeur touche-t-il l'eau ?

Table des matières

Solution 1 Il faut multiplier par 3.6.

Solution 2 Il faut diviser par 3.6

Solution 3

Solution 4 $v = 19,486[\text{m/s}]$

Solution 5 $v = 7,407[\text{m/s}]$

Solution 6

Solution 7

Solution 8

a) $x(t) = -1500 + 2,083 \cdot \Delta t$

b) $\Delta t = 720[s]$

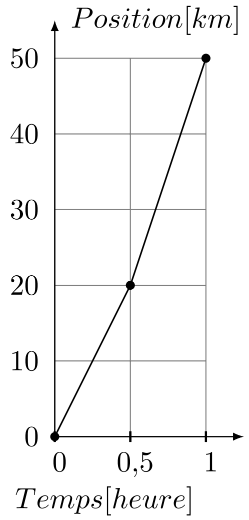
Solution 9 $\Delta x = 55,56[\text{m}]$

Solution 10

Solution 11

Solution 12

Solution 13 Le graphique ci-dessous décrit le mouvement d'une voiture. Tracez le graphique v(t) correspondant.



Solution 14 La voiture verte est plus rapide. À l'instant t1, la voiture verte dépasse la rouge.

Solution 15

Solution 16

Solution 17

Solution 18 Deux villes A et B sont séparées par une distance de 100 km. A 8 h, un cycliste quitte A à la vitesse constante de 20[km/h]. A 8h40, un motocycliste quitte B et se dirige vers A à la vitesse constante de 45[km/h].

a) Où et quand vont-ils se rencontrer ?

b) Quand seront-ils séparés par une distance de 45 km ?

c) Quelle vitesse aurait dû avoir la moto pour croiser le cycliste à 10h30 ?

d) Quelle est la durée séparant leur passage en une ville située à 30 km de A ?

Solution 19 Deux véhicules partent de A à 10h et se dirigent vers B distante de A de 130km. La première voiture se déplace à la vitesse constante de 80[km/h]. La seconde part à la vitesse constante de 60[km/h]. Après une demi-heure, elle s'arrête pendant 10 min puis repart à la vitesse constante de 120km/h.

a) Où et quand les 2 voitures vont-elles se dépasser ?

b) Quelle voiture va arriver la première ? Calculer son avance en minutes.

Solution 20 A l'instant t = 0s, un coureur 1 part d'un point A et court à la vitesse constante de 5[m/s]. Au même instant, un coureur 2 part d'un point B, situé 100m devant A et court à la vitesse de 2,5[m/s]. Au bout de combien de temps et à quelle distance de l'origine, le coureur 1 rattrape-t-il le coureur 2 ? (Résolution algébrique uniquement)

Solution 21 Deux piétons A et B se déplacent dans le même sens sur une route rectiligne. La vitesse de A est 5,4[km/h], celle de B est 3,6[km/h]. La distance qui les sépare à t = 0 est 80 m, B étant en avance sur A.

a) À quelle date t A dépassera-t-il B ?

b) Quelle sera alors la distance parcourue par chaque piéton depuis l'instant t = 0 ?

Solution 22 Robin des Bois aperçoit Marianne qui a faussé compagnie au shérif de Nottingham et qui s'éloigne en courant dans la forêt à une vitesse constante de 9[km/h]. Au moment où il l'aperçoit, la belle a 50m d'avance sur lui. On suppose que Robin des Bois avance à vitesse constante de 18 [km/h]sur son cheval au moment où il aperçoit Marianne. Au bout de combien de temps rejoindra-t-il Marianne ?

Solution 23 Un train quitte Bruxelles en direction de Paris à 14h05min à la vitesse moyenne de 240km/h. Un autre train quitte Paris en direction de Bruxelles à 14h15min avec une vitesse moyenne de 280km/h. La distance entre Bruxelles et Paris est de 300km. A quelle distance de Bruxelles ces trains se croisent-ils et à quelle heure (heure, minutes et secondes) ?

Solution 24 Un voleur part en courant à la vitesse constante de 24km/h, un policier parti 40s plus tard cherche à le rejoindre en courant à la vitesse moyenne de 28km/h.

a) Le voleur pourra-t-il être arrêté à temps si un complice se trouve 400m plus loin avec une voiture puissante ?

b) Calculer la durée de la poursuite et la distance parcourue

Solution 25 Un lièvre et une tortue font la course. Ils courent tous-deux à une vitesse uniforme : 1 [m/s] pour le lièvre et 0,2 [m/s] pour la tortue. La course a lieu sur un parcours rectiligne de 150 mètres. La tortue reçoit un avantage au départ : elle commence sa course à 120 mètres de la ligne de départ.

a) Quelle est la position du lièvre après 60 secondes de course ? Où se trouve la tortue au même moment ?

b) Où se trouve le lièvre quand la tortue a parcouru 20 mètres ?

c) Qui gagne la course ?

Solution 26 $a = 2,525[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$

Solution 27 $a = 9,747[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$

Solution 28 $a = 9,81[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$, il s'agit de l'accélération de la pesenteur terrestre : g.

Solution 29 Une voiture part du repos, accélère de manière constante puis, lorsqu'elle a atteint la vitesse souhaitée, continue à vitesse constante. Trace l'allure des graphiques de la position, de la vitesse et de l'accélération en fonction du temps pour cette situation.

Solution 30 Un vélo roule à vitesse constante. Lorsqu'il rencontre un obstacle, il freine jusqu'à l'arrêt complet. Trace les graphiques de la position, de la vitesse et de l'accélération en fonction du temps pour cette situation.

Solution 31 Un homme saute à l'élastique depuis un pont. Il commence par tomber en chute libre avec une accélération constante puis l'élastique commence à se tendre et il subit une décélération constante. Trace les graphiques de la position, de la vitesse et de l'accélération en fonction du temps pour cette situation entre le moment où il saute et celui où il atteint son point le plus proche du sol.

Solution 32 Le graphique ci-dessous est celui de la vitesse en fonction du temps pour un mobile.

a) Trace un graphique plausible pour la position et l'accélération en fonction du temps.

b) Crée un scénario plausible.

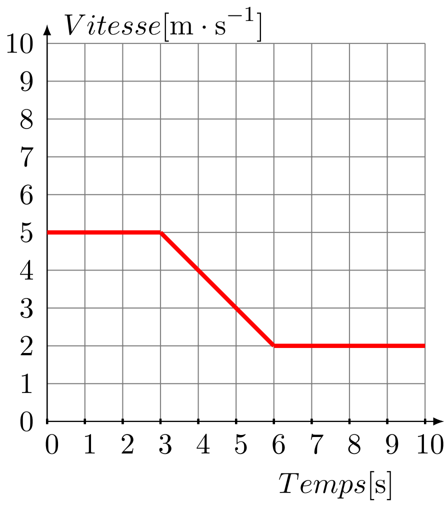


Figure 7.3 – Vitesse en fonction du temps

Solution 33 Le graphique ci-dessous est celui de la position en fonction du temps pour un mobile.

a) Que peux-tu dire concernant la vitesse initiale de ce mobile ?

b) Que vaut sa vitesse après 4 secondes ?

c) Que peux-tu dire concernant sa vitesse finale ?

d) Que peux-tu dire concernant son accélération ?

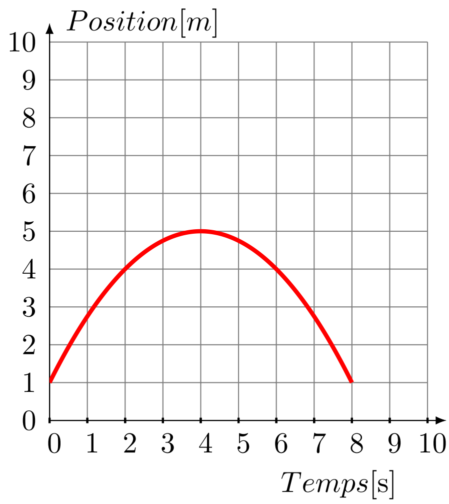


FIGURE 7.4 – Position en fonction du temps

Solution 34 $a = 2,333[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]; \Delta x = 114[m]$

Solution 35 $a = -1,5[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]; \Delta x = 264[m]$

Solution 36 $a = 2,133[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]; \Delta t = 37,5[\mathrm{s}]$

Solution 37 Un train mesurant 75[m] de long se met en marche et accélère uniformément. La locomotive croise un employé de chemin de fer à 140[m] de son point de départ à la vitesse de 25[m/s], quelle est la vitesse du train lorsque que le dernier wagon passe devant cet employé ?

Solution 38 Un mobile se déplace à vitesse constante lorsqu'il passe devant une personne qui enclenche un chronomètre. Lorsque le chronomètre indique 323[s], le mobile commence à accélérer. Son accélération vaut : $a = 0,6[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$ et il atteint la vitesse de 1325,6$[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}]$ lorsque le chronomètre indique 2518[s]. Quelle était la vitesse de départ de ce mobile ?

Solution 39 Un mobile se déplace avec une vitesse égale à $v_0 = 9,2[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}]$ lorsqu'il commence à accélérer. Son accélération vaut $a = 0,28[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$ et sa position 212[s] plus tard vaut $x = 10\,542{,}56[m]$. Quelle était la position initiale du mobile ?

Solution 40 Un mobile se déplace avec une vitesse initiale égale à $v_0 = 8,3[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}]$. Lorsque sa position vaut $x = 2700[m]$, il commence à accélérer. Son accélération vaut $a = 0,27[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$. Quelle est la position de ce mobile 136[s] plus tard ?

Solution 41 Pendant combien de temps un mobile doit-il accélérer pour que sa vitesse atteigne $133,3[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}]$. Sa vitesse de départ vaut : $v_0 = 7,5[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}]$ et son accélération : $a = 0,1[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$.

Solution 42 Un mobile se déplace avec une vitesse initiale égale à $v_0 = 5,9[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}]$. Il commence à accélérer. Son accélération vaut $a = 2,6[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$. Quelle est la vitesse de ce mobile 1677[s] plus tard ?

Solution 43 Un mobile se déplace à la vitesse constante de $v = 9,9[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}]$, lorsque sa position vaut $x_1 = 1900[m]$, il commence à accélérer. Sa position 1016[s] plus tard vaut $x_2 = 1\,353\,891{,}2[m]$. Quelle était l'accélération du mobile ?

Solution 44 Un mobile se déplace à vitesse constante, lorsque sa position vaut $2600[m]$, il commence à accélérer. Son accélération vaut $a = 0,8[m \cdot s^{-2}]$ et sa position 2557[s] plus tard vaut $x = 2\,631\,451{,}7[m]$. Quelle était la vitesse initiale du mobile ?

Solution 45 Un mobile se déplace avec une vitesse initiale égale à $v_0 = 9,9[m \cdot s^{-1}]$. Lorsque sa position vaut $x = 2800[m]$, il commence à freiner. Son accélération vaut $a = -1,7[m \cdot s^{-2}]$.

a) Combien de temps prend-il pour s'arrêter ?

b) Quelle distance prend-il pour s'arrêter ?

Solution 46 Un mobile se déplace à la vitesse constante de $6,4[m \cdot s^{-1}]$, lorsque sa position vaut $x_1 = 1200[m]$, il commence à accélérer jusqu'à atteindre la position de $x_2 = 2788,44[m]$. Son accélération vaut $a = 0,62[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$. Pendant combien de temps le mobile a-t-il accéléré ?

Solution 47 Une voiture se déplace à 140,4[km/h] sur une autoroute lorsqu'elle passe devant une voiture de police roulant à 95,4[km/h]. Une seconde plus tard, la voiture de police commence à accélérer avec une valeur de $a = 2[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$.

a) Combien de temps après le dépassement la voiture de police rattrape-t-elle le chauffard ?

b) Quelle est la distance parcourue par les deux voitures entre le premier et le deuxième dépassement ?

c) Quelle est la vitesse de la voiture de police lorsqu'elle attrape-t-elle le chauffard ?

Solution 48 Une voiture se déplace trop vite sur une autoroute lorsqu'elle passe devant une voiture de police roulant à 95,4[km/h]. Une seconde plus tard, la voiture de police commence à accélérer avec une valeur de $a = 2[\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}]$ et 6[s] après le dépassement, la voiture de police rattrape le chauffard. Quelle était la vitesse de celui-ci ?

Solution 49 Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse initiale de $4[m/s]$.

a) Quelle est sa position après $0,3[s]$?

b) Quelle est sa vitesse après $0,5[s]$?

c) Que s'est-il passé entre ces deux instants ?

Solution 50 Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse de $2[m/s]$.

a) Quelle est sa vitesse lorsqu'il arrive au sommet de sa course ?

b) À quel moment arrive-t-il au sommet de sa course ?

c) Quelle est sa position à ce moment, c'est-à-dire quelle est la hauteur maximale atteinte par l'objet ?

Solution 51 Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse de $10[m/s]$.

a) À quels moments atteint-il la hauteur de $4[m]$?

b) À quel moment atteint-il la hauteur de $200[m]$?

c) À quel moment atteint-il sa hauteur maximale ?

Solution 52 Un objet est lancé verticalement vers le haut avec une vitesse initiale de $5[m \cdot s^{-1}]$ depuis le haut d'un immeuble de $16[m]$ de haut. L'objet va s'élever puis retomber au pied de l'immeuble.

a) Quelle est sa vitesse d'impact ?

b) Combien de temps dure le parcours de l'objet entre le moment où il est lancé vers le haut et celui où il touche le sol ?

Solution 53 Un objet tombe librement depuis une hauteur de $75[m]$. Lorsqu'il arrive à $25[m]$ du sol, un deuxième objet est lancé vers le bas depuis la hauteur de $75[m]$. Quelle doit être la vitesse initiale du deuxième objet pour qu'il touche le sol en même temps que le premier ?

Solution 54 Un objet est lancé horizontalement depuis une hauteur de $6[m]$ et avec une vitesse de $4[m/s]$.

a) Combien de temps prend-il pour atteindre le sol ?

b) Quelle distance parcoure-t-il horizontalement avant de toucher le sol ?

c) Quelle est sa vitesse totale à l'impact ?

Solution 55 Quelle doit être la vitesse initiale d'un projectile lancé horizontalement depuis une hauteur de $25[m]$ pour qu'il atteigne le sol à une distance horizontale de $40[m]$ par rapport à sa position de départ ?
Quelle sera sa vitesse totale à l'impact ?

Solution 56 $v_{y;impact} = -52,92[m/s]$ $t_{chute} = 5,394[s]$ $y_0 142,7[m]$

Solution 57 $t_{chute} = 0,5[s]$ $y_0 = 1,226[m]$

Solution 58 $y_0 = 122,6[m]$ $v_x = 2[m/s]$ $v_{y;impact} = -49,05[m/s]$ $v_{impact} = 49,09[m/s]$

Solution 59 Un mobile est lancé depuis le sol avec une vitesse initiale de $21[m/s]$ et avec un angle de $20°$ vers le haut.

a) À quelle distance va-t-il toucher le sol ?

b) Quelle sera sa vitesse d'impact ?

Solution 60 Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse initiale de $12[m/s]$ et un angle de $30°$ vers le haut.

1. Quelle distance horizontale a-t-il franchi quand il est au sommet de sa course ?
2. Quelle est sa vitesse totale à ce moment ?
3. Combien de temps prend-il pour y arriver ?

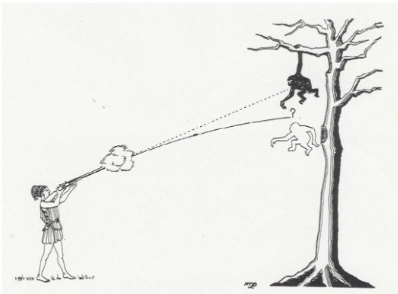
Solution 61 $\theta_1 = 15°$ $\theta_2 = 75°$

Solution 62 $\theta = 45°$

Solution 63 Un objet est lancé avec un angle de $30°$ vers le haut. Quelle doit être sa vitesse initiale pour qu'il touche le sol à $50[m]$ du lanceur ?

Solution 64 $t_{50} = 0,9746[s]$ $v_y = 131,4[m/s]$ $v_{tot} = 141,1[m/s]$ $y = 132,7[m]$

Solution 65 Un chasseur souhaite tirer une flèche sur un singe situé au sommet d'un arbre de $50[m]$ de haut et situé à $30[m]$ de lui. Le chasseur tire sa flèche avec une vitesse de $20[m/s]$ et un angle de $59°$. Au même instant le singe se laisse tomber afin d'éviter la flèche. Montre que le singe aurait mieux fait de rester dans l'arbre !



Solution 66 $t = 1,8[s]; x(t) = 10,8[m]$

Solution 67 $\theta_1 = 34,12$ $\theta_2 = 55,88$

Solution 68 $v_0 = 10,204[m/s]$

Solution 69 Détermine quelle est la distance supplémentaire franchie par une personne sautant sur la lune par rapport au même saut effectué sur la Terre (même vitesse, même angle). Considère que $g_{Lune} = \frac{1}{6} g_{Terre}$.

Solution 70 En courant à $3m/s$, un plongeur se jette du haut d'une falaise et tombe dans la rivière située en dessous 2 secondes plus tard.

a) Quelle est la hauteur de la falaise ?

b) À quelle distance de la falaise le plongeur touche-t-il l'eau ?