La cinématique

1. Introduction

La ***mécanique*** est la partie de la physique qui permet de décrire et de comprendre les mouvements des corps matériels. Dans la mécanique, on peut distinguer trois grandes parties : la cinématique, la dynamique et la statique.
La ***cinématique*** est la partie de la mécanique qui décrit les mouvements sans envisager les causes, les circonstances et les effets de ces mouvements.
La ***dynamique*** est la partie de la mécanique qui cherche à expliquer les causes des mouvements.
La ***statique*** est la partie de la mécanique qui étudie les situations caractérisées par l'absence de mouvement. (Etude des corps en équilibre)
Cette année, nous mous limiterons à l'étude de la cinématique.

2. Notions importantes

2.1 MOBILE PONCTUEL

Un mobile est un corps qui peut être mis en mouvement

Un **mobile ponctuel** est un mobile fictif dont les dimensions sont ramenées à celles d'un point dans le but d'en simplifier l'étude du mouvement.

Ainsi si on étude le mouvement d'une voiture se déplaçant sur une route, sur notre feuille on le représentera par un point qui se déplace. C'est plus facile !

2.2 POSITION

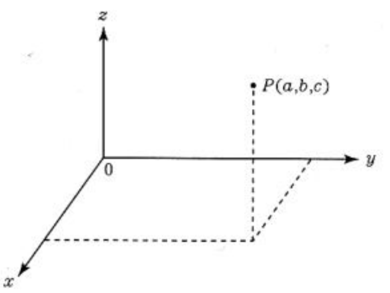
En mécanique, la première chose à faire est de pouvoir situer un point dans l'espace afin de caractériser son état de repos ou son état de mouvement.

La position d'un corps est ce qui permet de le situer dans l'espace. Elle est donnée par ses coordonnées (x, y, z) dans un système de référence.

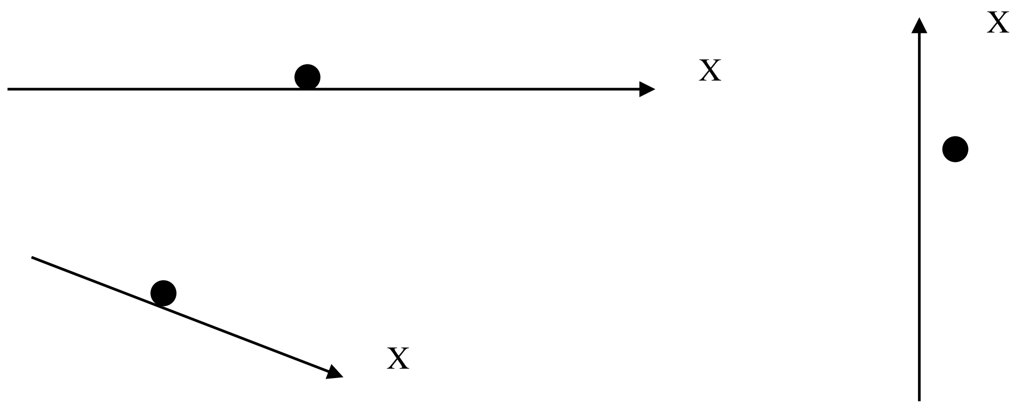
2.3 SYSTEME DE REFERENCE OU REFERENTIEL

2.3.1 Définition

Un système de référence est un ensemble de trois axes sécants non coplanaires d'origine O qui permet de caractériser les positions d'un corps.
Lorsque le centre de la Terre est choisi comme origine du repère, on parle de repère ***géocentrique****.*
Si l'origine O est placée sur le Soleil, on parle de repère ***héliocentrique ou copernicien***



Dans cette partie du cours, nous nous limiterons à l'étude du mouvement d'objets qui se déplacent en ligne droite. Un seul axe de référence suffit alors. On l'appellera X .



2.4 TRAJECTOIRE D'UN MOBILE

La trajectoire est l'ensemble des positions occupées par le corps au cours du temps.

(elle est ajoutée en noir sur le schéma).

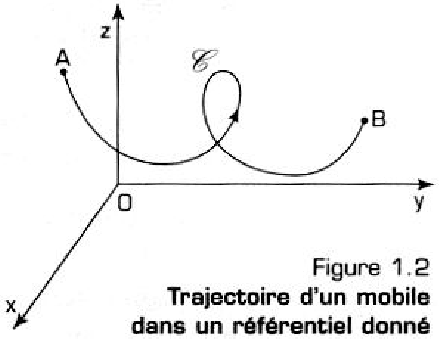


Figure 1.2
Trajectoire d'un mobile dans un référentiel donné

2.5 DUREE DU MOUVEMENT

Je pars de la maison à 7 h 55 min, j'arrive à l'école à 8 h 10 min.

Comme nous venons de l'indiquer, nous pouvons simplement imaginer un point qui se déplace (sans plus préciser). Cet exemple va nous permettre de définir quelques termes...

- 7 h 55 min est ***l'instant initial*** *(t_0)* , la maison est la position initiale (X_0)
- 8 h 10 min est ***l'instant final*** *(t_f)* , l'école est la position finale (X)
- La durée de mon trajet (*Δt)* est de 15 minutes (8 h 10 - 7 h 55) : $\Delta t = t_f - t_0$.

La durée d'un phénomène (ici, mon trajet), s'obtient en soustrayant les instants (les heures) de fin et de début.

Δt est aussi l'intervalle de temps qui sépare deux événements (ici, le départ de la maison et l'arrivée à l'école).
Δ est la lettre grecque delta majuscule. Correspondant à notre «D », elle est utilisée pour rappeler que nous devons calculer *une différence*.

La position initiale est la position occupée par le point mobile à l'instant initial t_0 c'est-à-dire à l'instant où débute l'observation (ici, la maison).

2.6 VITESSE MOYENNE

2.6.1 Exemples

1. Supposons que l'on se rende dans le sud de la France situé à plus ou moins 1000 km de chez nous et ce en 12 h 30 min. Nous pouvons dire que le véhicule s'est déplacé à la vitesse moyenne de 1000 / 12.5 = 80 km/h
2. Le 9 juillet 1995, lors d'un contre la montre, Indurain relie Huy et Seraing distants de 53 km en 1h 03 min. On sait qu'il n'a pas toujours roulé à la même vitesse mais nous dirons qu'il a une vitesse moyenne de 53 / 1.05 = 50.48 km/h

2.6.2 Définition

La vitesse moyenne (au sens commun) d'un mobile est la grandeur qui caractérise la rapidité avec laquelle le mobile s'est déplacé le long de sa trajectoire.

Cette vitesse se calcule simplement en en divisant la distance parcourue d par la durée du parcours Δt

$$\mathbf{V_{moy} = d / \Delta t}$$

Les unités

Si la distance parcourue d est en mètre (m) et le temps Δt en seconde (s) , la vitesse moyenne (notée souvent Vm) s'exprime en m/s mais elle peut aussi s'exprimé en km/h
Il est important de savoir convertir les 2 sortes d'unités.

1km/h = 1000 m / 3600 s = 1m / 3.6 s

ou **1m/s = 3.6 km /h**

Pour passer des km/h en m/s : on divise par 3,6
Pour passer des m/s en km/h : on multiplie par 3,6

2.6.3 Exercices

1. Convertissez les vitesses suivantes en *m/s* :
72 km/h, 5 km/h (vitesse d'un marcheur), 30 km/s (vitesse de la Terre autour du Soleil).
(rép : 20m/s 1,39m/s 30000 m/s)

2. Convertissez en km/h :
10 *m/s* (vitesse moyenne d'un sprinter), 330 *m/s* (vitesse du son dans l'air).
(rép : 36 km/h 1190 km/h)

3. Un athlète court un marathon (42,195 km) en 2 h 5 min 42 s. Calculez sa vitesse moyenne.
(rép : 5,59 m/s = 20,1 km/h)

4. Je pars de la maison à 8 h 20 min 30 s. Le compteur de ma voiture indique 437,2 km. Je me gare près du bureau à 9 h 2 min 40 s. Le compteur indique 486,5 km. Calculez la vitesse moyenne durant le trajet (en *m/s* et en km/h).
(rép : 19,5 m/s = 70,2 km/h)

5. Lors d'une épreuve contre la montre de 20 km, un cycliste parcourt les 10 premiers kilomètres 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?
(rép : 26,7 km/h = 7,41 m/s)

6. Convertissez les vitesses suivantes en m/*s* : 108 km/h, 1000 km/h.
(rép : 30 et 278 m/s)

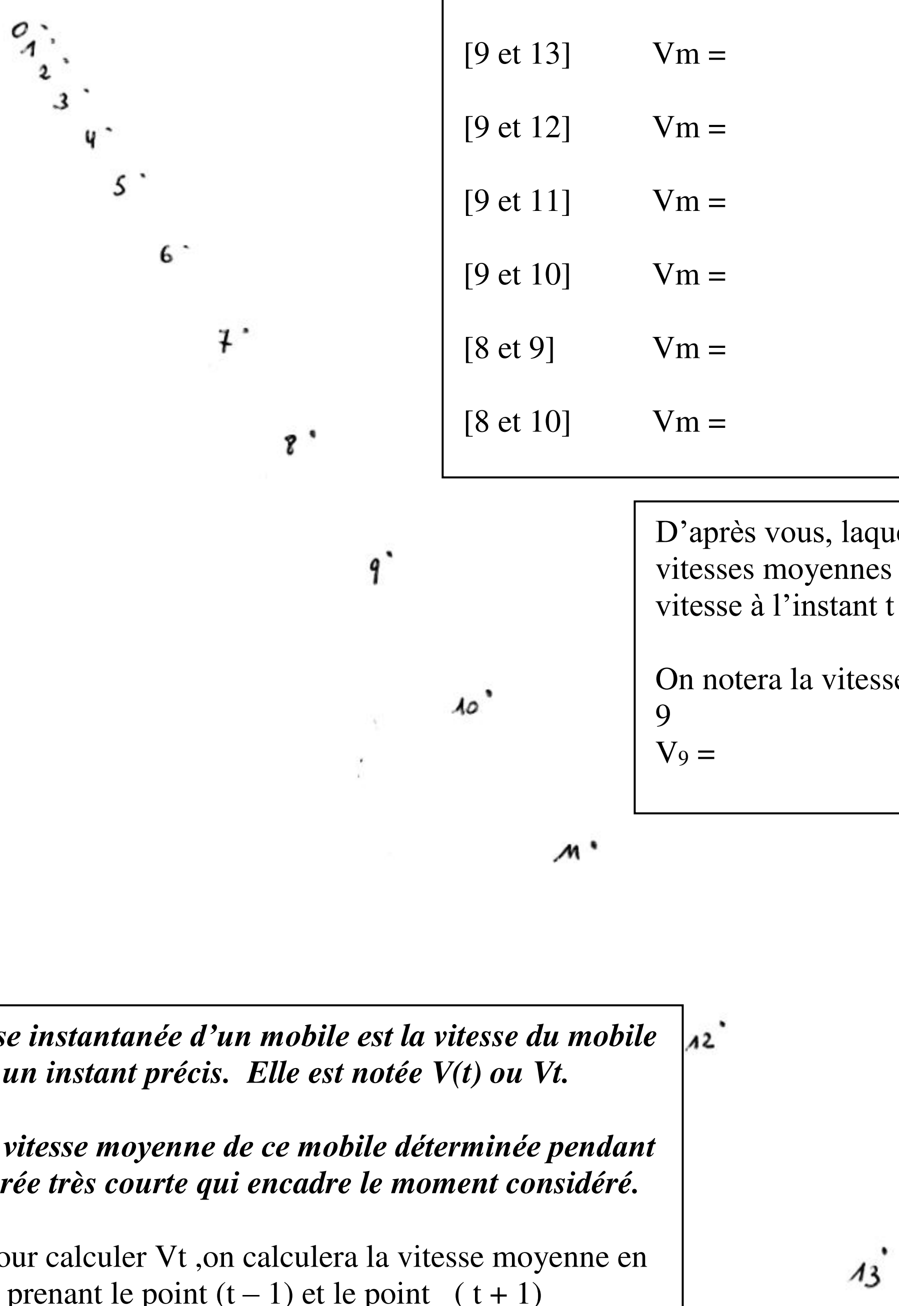
7. Une limace rampe sur une distance de 20 cm en 2 minutes. Exprimer sa vitesse moyenne en *m/s* et en km/h.
(rép : 0,00167 m/s = 0,00601 km/h)

8. Hakkinen occupait en 1999 la pôle position du grand prix d'Allemagne. Il avait, au cours des essais, effectué un tour du circuit d'Hockenheim (long de 6,823 km) en 1 min 42,950 s. Vérifiez qu'il a roulé, durant ce tour, à la vitesse moyenne d'environ 239 km/h.
(rép : 66,3 m/s = 239 km/h)

2.7 VITESSE INSTANTANEE

2.7.1 Exemple

Supposons qu'un objet se déplace en ligne droite en laissant une trace (un point) toutes les secondes. Comment peut-on faire pour estimer la vitesse à l'instant 9



Calculer la vitesse moyenne Vm entre les points :

[9 et 13]	Vm =
[9 et 12]	Vm =
[9 et 11]	Vm =
[9 et 10]	Vm =
[8 et 9]	Vm =
[8 et 10]	Vm =

D'après vous, laquelle de toutes ces vitesses moyennes indique le mieux la vitesse à l'instant t = 9 ?

On notera la vitesse instantanée au point 9
V_9 =

La vitesse instantanée d'un mobile est la vitesse du mobile à un instant précis. Elle est notée V(t) ou Vt.

C'est la vitesse moyenne de ce mobile déterminée pendant une durée très courte qui encadre le moment considéré.

Ainsi pour calculer Vt ,on calculera la vitesse moyenne en prenant le point (t – 1) et le point (t + 1)
Ceci sera très utile pour exploiter les expériences du cours

Calculer à partir de l'exemple précédent la vitesse instantanée aux instants t = 6s et t = 12 s

3. Mouvement rectiligne uniforme

Dans les chapitres qui suivent, nous allons nous intéresser plus particulièrement à des mouvements qui se déroulent sur une ligne droite.

3.1 DEFINITION

Le mouvement est rectiligne si sa trajectoire est une droite.

3.1.1 Remarques

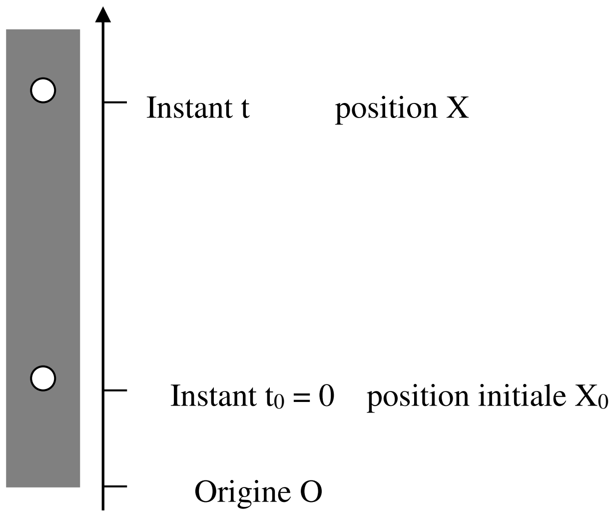
Dans ce cas particulier d'un mouvement rectiligne, rappelons que l'étude se fera en prenant :

Un axe de référence noté X
Une origine 0
Un instant initial t_0
Un sens d'orientation positif de l'axe

Les différentes positions dans ce cas seront en fonction des différents instants notées : $x(t_0)$ $x(t_1)$, $x(t_2)$, $x(t_3)$,…ou pour simplifier x_0 , x_1 , x_2, x_3 , ..

3.2 MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME (MRU)

3.2.1 Expérience : montée d'une bulle dans un tube rempli d'huile ou d'eau



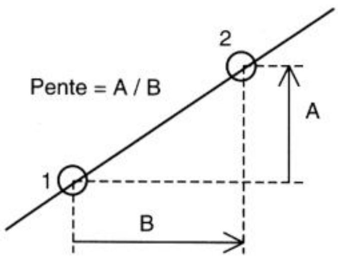
3.2.2 Exploitation

- Noter dans un tableau de mesures les différentes positions x parcourues depuis l'origine en fonction du temps t
- Faire le graphique x en fonction de t (x = f(t))
- Comment est le graphique x en fonction de t (x = f(t)) ?
- Comment évolue x en fonction de t ?
- Calculer la vitesse du mobile aux différents instants (par la méthode des points avant et après)
- Faire le graphique de la vitesse en fonction du temps v = f(t)
- Comment est le graphique v = f(t) ?
- Comment évolue v en fonction de t ?
- Calculer la pente du graphique x = f(t). A quoi correspond-t-elle ?

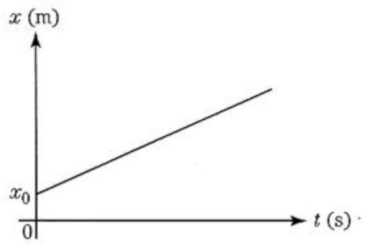
3.2.3 MRU : conclusions

1. Le graphique $x = f(t)$ est une droite passant par la valeur x_0

Rappel sur l'équation d'une droite

mathématique	physique
$Y = mx + p$ m= le <u>coefficient angulaire</u> ou coefficient de direction ou <u>la pente</u> $m = \Delta y / \Delta x$ $\Delta y = y_2 - y_1$ et $\Delta x = x_2 - x_1$  p = l'ordonnée à l'origine p est la valeur de y obtenue en faisant x = 0 p est l'intersection de la droite avec l'axe Y	$X = m\,t + p$ $m = \Delta X / \Delta t$ $\Delta X = X_2 - X_1$ et $\Delta t = t_2 - t_1$ Analysez les unités de m $\rightarrow$ ***m représente la vitesse moyenne de la bulle*** $m = V = \Delta X / \Delta t$ P = Xo qui représente la position initiale de la bulle Conclusion L'équation de notre droite est : **X = Xo + V . t**

L'équation de position X = Xo + V . t est une équation qui permet à chaque instant t de trouver la nouvelle position x du mobile connaissant sa position initiale et sa vitesse.



Le calcul de la vitesse par la méthode du point avant et du point après montre effectivement que le coefficient directeur de la droite dans la graphique x = f(t) est bien la vitesse du mobile et que cette vitesse est constante dans notre mouvement

<u>On appelle mouvement rectiligne uniforme, un mouvement dans lequel la trajectoire est une droite et dans lequel la vitesse est constante.</u>

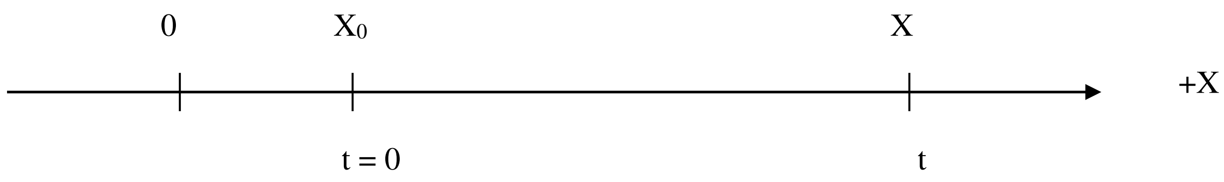
Attention : ***Ne pas confondre position et déplacement***

Les positions sont notées X et les déplacements d

Connaissant X et Xo, la valeur du déplacement est : $d = X - Xo$

3.2.4 MRU : lois du mouvement : généralisation

Supposons un corps en MRU depuis une position initiale X_0 (en $t_0 = 0$) jusqu'à la position X atteinte à l'instant t

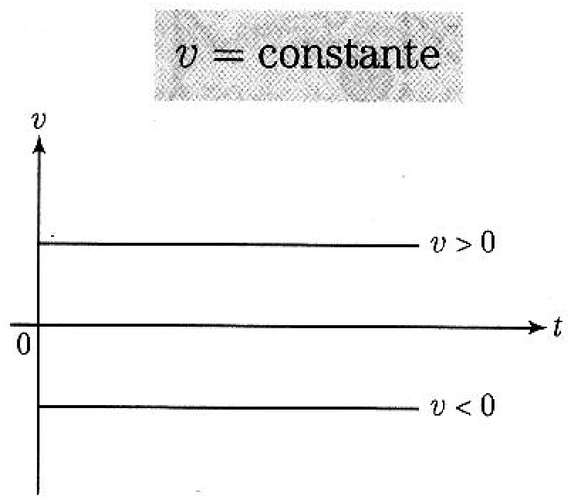


Dans un MRU

<u>Loi de la vitesse</u> **V = <u>constante</u> = (X - X0) / t = d / t**

☝ Remarque sur le signe de la vitesse

Si X > X0 alors V > 0 , la vitesse est positive
→ le mobile se déplace dans le sens positif de la trajectoire
Si X< X0 alors V< 0 , la vitesse est négative ( )
→ le mobile se déplace dans le sens négatif de la trajectoire
Si X = X0 alors la vitesse = 0
→ le mobile est à l'arrêt



<u>Le graphe v = f(t) est une droite horizontale</u>.

Loi de la position $$X = X_0 + V\ .\ t$$

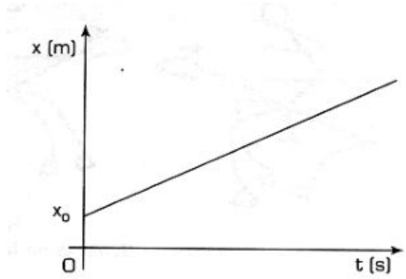


Figure 1.16a
Graphe x = f(t) pour un MRU de sens positif

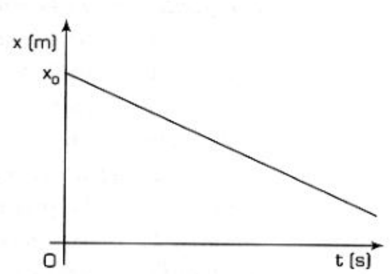


Figure 1.16b
Graphe x = f(t) pour un MRU de sens négatif

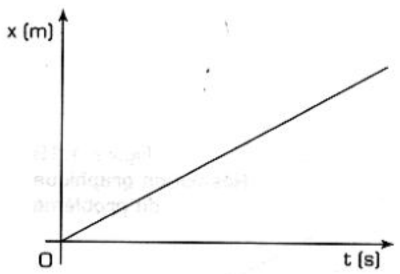


Figure 1.17a
Graphe x = f(t) pour un MRU de sens positif, si $x_0 = 0$

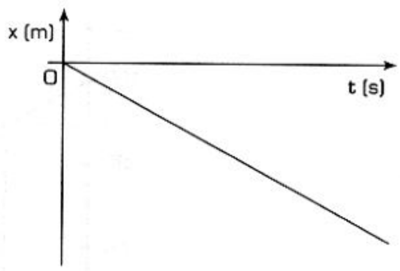
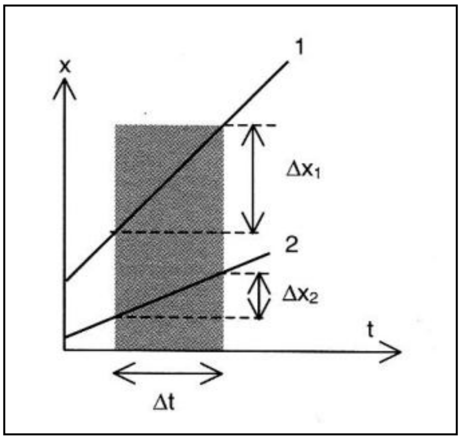


Figure 1.17b
Graphe x = f(t) pour un MRU de sens négatif, si $x_0 = 0$

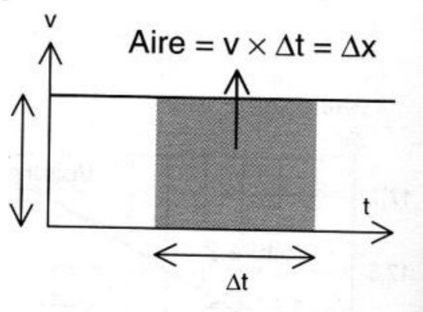
Le graphe x = f(t) est une droite oblique



Attention :
la pente de ces graphes $\Delta X / \Delta t$ donne la vitesse du mobile.
Plus la pente du graphique est grande, plus la vitesse est élevée.

Complément

La distance parcourue en MRU pendant une durée est : $d = V\ .\ \Delta t$

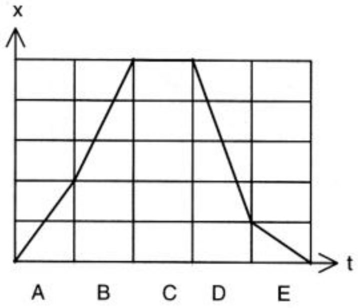


Sur le graphe v =f(t) , V est la hauteur et Δt est la base → d est donc l'aire de ce rectangle

3.3 EXERCICES SUR LE MRU

Remarque importante

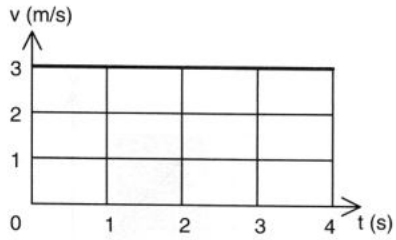
On supposera dans tous les exercices qui suivent que les mouvements dont il est question se déroulent en ligne droite et à vitesse constante (ou qu'ils sont formés d'une succession de MRU, comme dans les exercices 1, 2 et 4). C'est rarement le cas dans la pratique. On imagine mal une voiture rouler pendant deux heures en ligne droite et à vitesse constante ! Néanmoins, cette idéalisation permet de résoudre certains problèmes. Il s'agit aussi d'un premier pas vers l'étude des situations plus réalistes que nous rencontrerons plus tard.

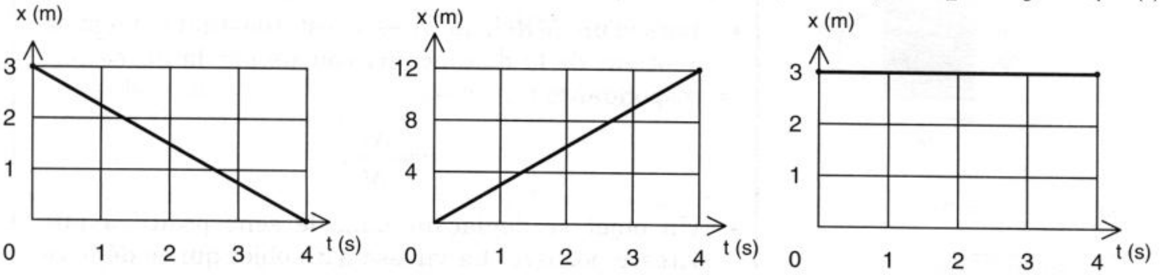


1. Le graphique ci-contre représente les cinq étapes (A à E) du voyage d'un cycliste.
   Durant quelle(s) étape(s)…
   a. sa vitesse est-elle positive ?
   b. sa vitesse est-elle nulle ?
   c. sa vitesse est-elle négative ?
   d. sa vitesse a-t-elle la plus grande valeur positive?
   e. le cycliste roule-t-il le plus vite ?
   f. la plus grande distance est-elle parcourue ?

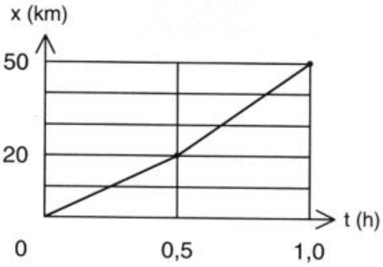
2. Un homme marche en ligne droite jusqu'au coin de la rue pour poster une lettre. Là, il rencontre un ami, bavarde quelques instants puis revient chez lui en courant, toujours en ligne droite. Tracez des graphiques vraisemblables pour $x(t)$ et $v(t)$.

3. Lequel des trois graphiques $x(t)$ ci-dessous correspond-il au graphique $v(t)$ donné ci-contre ? Justifiez votre réponse.

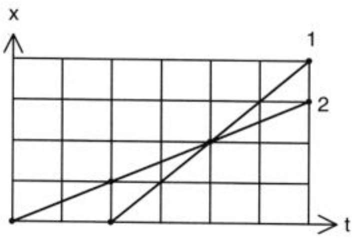




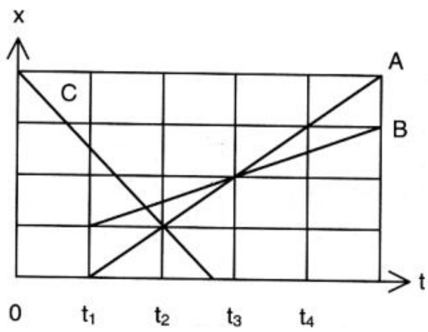
4. Le graphique ci-contre décrit le mouvement d'une voiture. Tracez le graphique $v(t)$ correspondant.



5. Deux voitures (1 et 2) roulent sur une même route (graphique ci-contre).
   a. Quelle est la voiture la plus rapide ?
   b. Que se passe-t-il à l'instant t_1 ?



6. Trois voitures (A, B et C) se déplacent sur une même route rectiligne (graphique ci-contre).
   Les propositions suivantes sont-elles vraies ou fausses ?
   a. Les trois véhicules se déplacent dans le même sens.
   b. A est la plus rapide.
   c. A dépasse C à l'instant t_2.
   d. A dépasse B à l'instant t_3.
   e. À l'instant t_2, A roule moins vite que B.
   f. À l'instant t_1, B est plus près de A que de C.

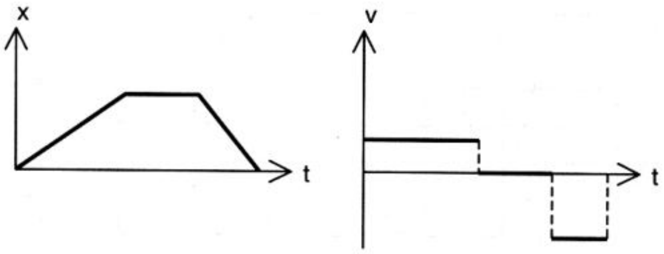


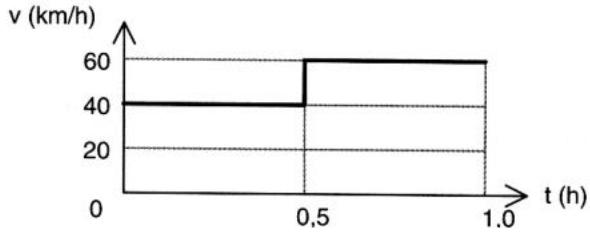
7. Deux voitures partent en même temps de deux villes A et B distantes de 120 km. Elles roulent l'une vers l'autre. La voiture partie de A roule à 60 km/h, celle partie de B à 90 km/h. Déterminez graphiquement à quelle heure et à quelle distance de la ville A les voitures se croiseront.

8. Deux automobiles A et B partent d'un même endroit sur la même route rectiligne. Elles roulent dans le même sens. A part à 13 h et B à 13 h 30 min. A roule à 80 km/h et B à 110 km/h.
   Déterminez graphiquement l'heure et l'endroit du dépassement.

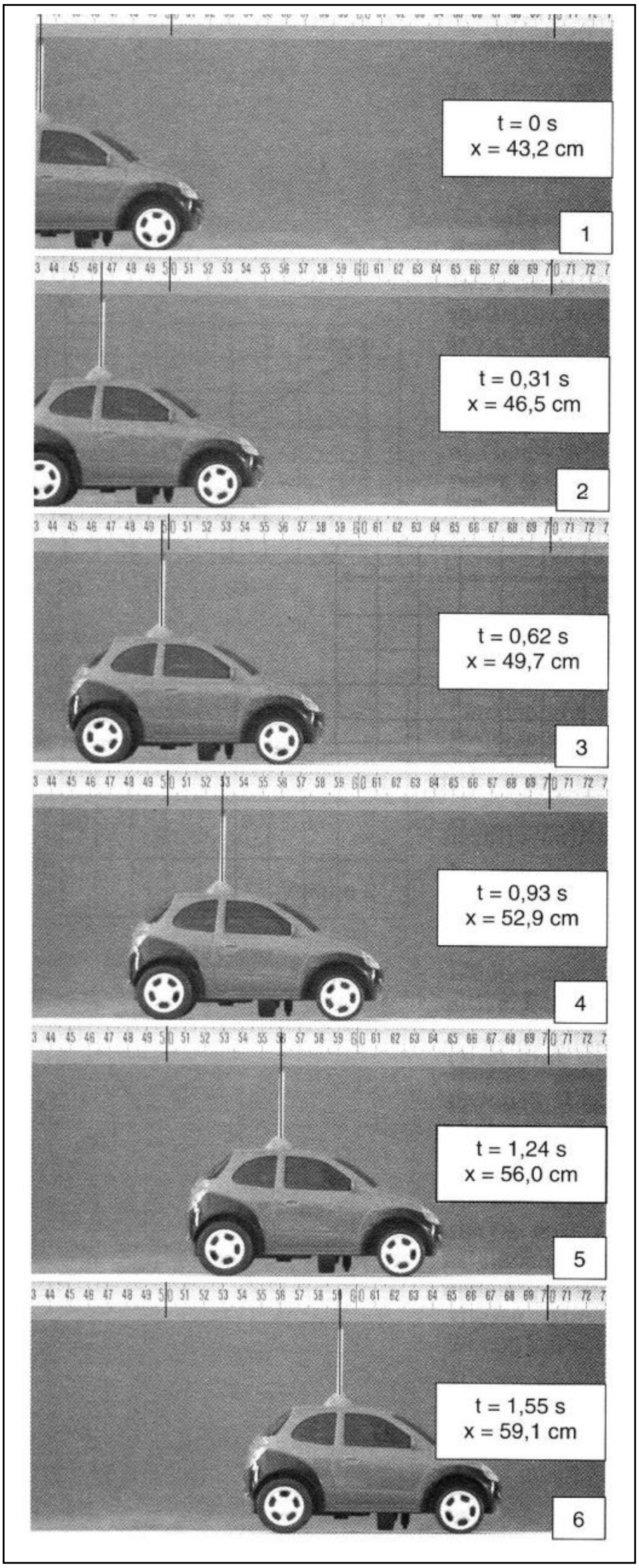
9. Deux trains venant de deux gares A et B distantes de 400 km roulent l'un vers l'autre sur des voies parallèles. Le premier, parti de A à midi, roule à 120 km/h. Le second, parti de B deux heures plus tôt, roule à 80 km/h.
   Déterminez graphiquement l'heure et l'endroit du croisement.

Solutions

1. a/ A et B ; b/ C ; c/ D et E ; d/ B ; e/ D ; f/ D.
2. 

3. Le 2e : 12 m sont parcourus en 4 s et c'est le seul graphique pour lequel la vitesse est positive ; elle est nulle dans le 3e graphique.
4. 

5. a/ La 1 ; b/ 1 dépasse 2.
6. a/ F ; b/ F ; c/ F (ils se croisent) ; d/ V ; e/ F ; f/ V.
7. 48 minutes après le départ (= 0,8 h), à 48 km de A.
8. À 14 h 50 min (14,833 h), à 147 km du départ.



Dans un tableau de mesures,(x, t , v) noter :

1. les différentes positions x parcourues en fonction du temps
2. Faire le graphique x en fonction de t (x = f(t))
3. Calculer la vitesse du mobile aux différents instants (par la méthode des points avant et après) et en déduire la vitesse moyenne
4. Faire le graphique de la vitesse en fonction du temps v = f(t)
5. En déduire le type de mouvement de la voiture

4. MRUV (mouvement rectiligne uniformément varié)

4.1 EXPERIENCE : LE PLAN INCLINE

Etude d'une bille roulant sur un rail incliné.

4.2 EXPLOITATION

- Noter dans un tableau de mesures, les différentes positions x parcourues depuis l'origine en fonction du temps t (nombre de tops du métronome)
- Faire le graphique x en fonction du nombre de tops (x = f(t))
- Comment est le graphique x en fonction de t (x = f(t)) ?
- Comment évolue x en fonction de t ?
- *(Facultatif) Comment peut-on redresser cette courbe ?*
- *(Facultatif) Réaliser le graphique x en fonction de* ***t²*** *(x = f(t²))*

- Analyser la distance parcourue d entre *deux tops successifs* et ce en fonction du temps

Une distance d sur un temps nous renseigne sur la vitesse moyenne entre 2 tops .

- Faire le graphique de la « vitesse » en fonction du temps v = f(t)
- Comment est le graphique v = f(t) ?
- Comment évolue v en fonction de t ?

- Calculer la pente du graphique V = f(t). A quoi correspond-t-elle ?

4.3 MRUV : CONCLUSIONS

1. ***Le graphique $x = f(t)$ est une courbe*** (parabole) ce qui ne correspond pas à une fonction générale du premier degré. On n'est donc pas en présence d'un MRU

2. *(Facultatif) Le graphique $x = f(t^2)$ est une droite*
   Les deux grandeurs x et t^2 sont donc proportionnelles ➔ $x = k \cdot t^2$

La distance parcourue par la bille est proportionnelle au carré du temps écoulé.

3. ***Le graphique $v = f(t)$ est une droite oblique***

Les deux grandeurs V et t sont donc proportionnelles ➔ $V = k' t$

La vitesse du mobile est proportionnelle au temps écoulé.

La vitesse augmente d'une manière uniforme

On dit que la bille accélère ou que le corps subi une accélération pendant sa descente.

On appelle MRUV un mouvement dans lequel la vitesse varie (augmente ou diminue) d'une manière uniforme ou dans lequel l'accélération est constante.

4.4 MRUV : LOIS DU MRUV

Dans les expériences précédentes, on s'est arrangé pour simplifier certaines choses.
En effet, le début du mouvement coïncidait avec l'origine 0 de l'axe X et à cet endroit la vitesse du mobile était de 0 m/s.

Schématisons une situation plus générale

Appelons

- 0 : origine du repère
- X_0 : position à l'instant t = 0 ou la <u>position initiale</u>
- X : la position à l'instant t
- V_0 : la vitesse à l'instant t = 0 ou <u>vitesse initiale</u>
- V : la vitesse à l'instant t
- a : l'accélération du mouvement
- t : temps que dure le mouvement

<u>Loi de l'accélération</u> $$\mathbf{a = constante = V - V_0 \ / \ t}$$

L'accélération est une grandeur qui caractérise <u>la variation de vitesse en fonction du temps</u>

Elle est d'autant plus grande que la vitesse varie beaucoup en peu de temps.

On définit l'accélération d'un mobile comme étant le rapport de la variation de vitesse V sur le temps t mis pour l'obtenir.

Elle se note a

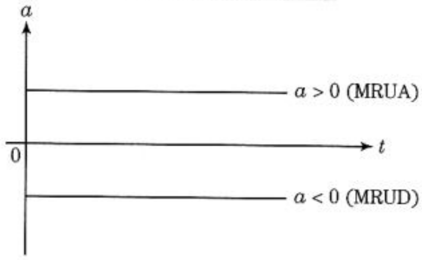
$$\mathbf{a = \Delta V / t = V - V_0 \ / \ t = constante \ \ pour\ un\ MRUV}$$

Les unités

V en m/s et t en s alors a s'exprime en **m / s^2**

Un mètre par seconde carré est l'accélération d'un mobile dont la vitesse augmente uniformément de 1m/s par seconde écoulée.

a = constante



<u>Le graphe a = f(t) est une droite horizontale</u>

Le mouvement <u>uniformément varié</u> est le mouvement dans lequel la <u>vitesse varie d'une manière uniforme</u> ou dans lequel <u>l'accélération est constante</u>.

Remarque sur le signe de l'accélération

Si V > V0 alors a > 0 , **<u>l' accélération est positive</u>**
→ **<u>le mobile voit sa vitesse augmenter</u>** → il accélère → MRUA
mouvement rectiligne uniformément accéléré

Si V< V0 alors a< 0 , **l' accélération est négative**
→ **<u>le mobile voit sa vitesse diminuer</u>** → il ralentit → MRUD
mouvement rectiligne uniformément décéléré

Si V = V0 alors a = 0 **, l' accélération est nulle**
→ le mobile se déplace à vitesse constante → MRU
mouvement rectiligne uniforme

Exemples d'accélération

Le tableau 1.6 reprend quelques ordres de grandeur d'accélération et leur durée d'application.

mobile	$\lvert a \rvert$ (m/s²)	durée (s)
ascenseur (au démarrage)	2	3
automobile (arrêt brutal)	10	3
atterrissage en parachute	50	0,2
ouverture du parachute	200	0,2
atterrissage dans un filet de pompier	200	0,1
atterrissage de chute libre	1500	0,02
accident mortel	10000	0,01

Tableau 1.6

<u>Loi de la vitesse</u> $$\mathbf{V = V_0 + a \cdot t}$$

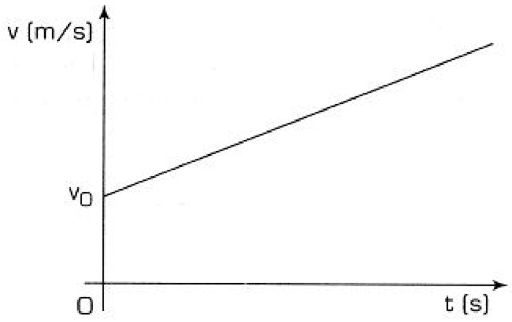


Figure 1.27a
Graphe v = f(t) pour un MRUA

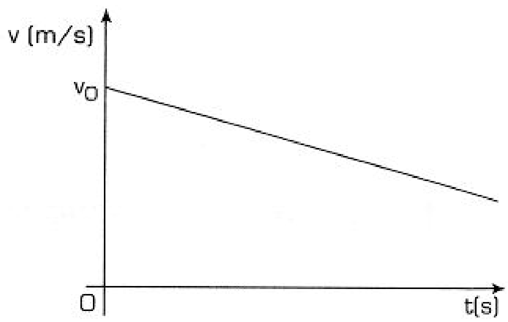


Figure 1.27b
Graphe v = f(t) pour un MRUD

<u>Le graphe v = f(t) est une droite oblique</u>

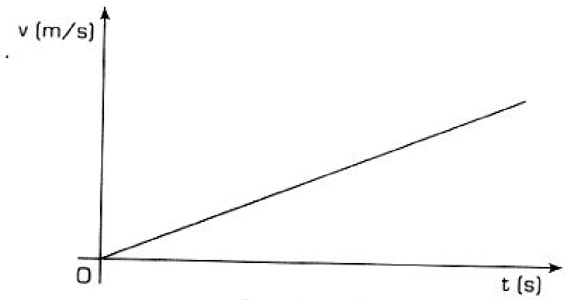
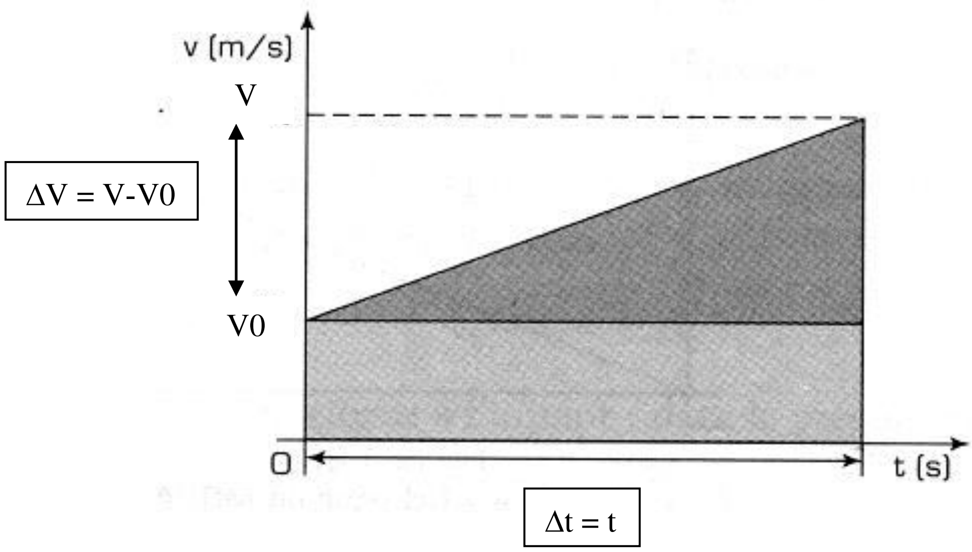


Figure 1.28
Graphe v = f(t) pour un MRUA
où $v_0 = 0$

Attention

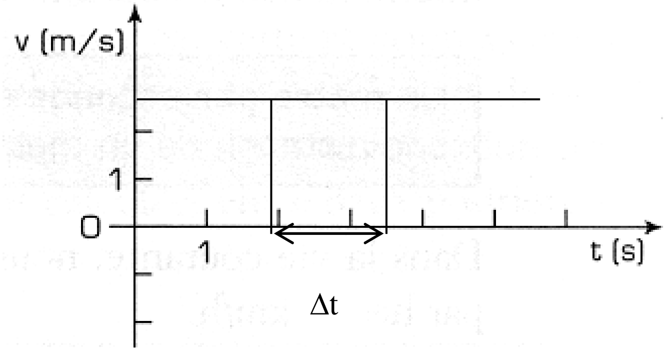
La pente $\Delta V / \Delta t$ de ces graphes donne la valeur de l'accélération a du mobile

Rappel sur la pente d'une droite



Loi de la position

Rappelons nous que dans un MRU, la vitesse est constante



De ce fait, la surface V.Δt représente la distance parcourue par le mobile en MRU

Par analogie la surface située en dessous de la droite dans le graphique V = f(t) du MRUA représente aussi la distance parcourue en MRUA par le mobile.

Cette surface représente d = aire d'un rectangle + aire d'un triangle

$$d = V_0.t + (V - V_0)\, t/2$$

$$a = (V - V_0) / t$$

$$\mathbf{d = V_0.t + a \,.\, t^2/2}$$

Comme $d = X - X_0$

$$\mathbf{X = X_0 + V_0.t + a \,.\, t^2/2}$$

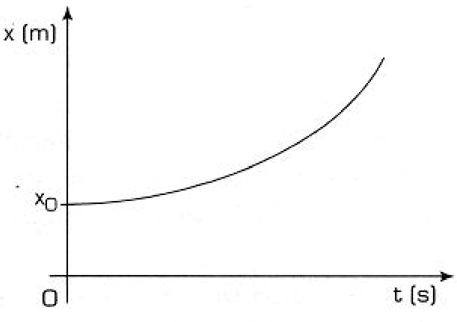


Figure 1.31a
Graphe x = f(t) pour un MRUA

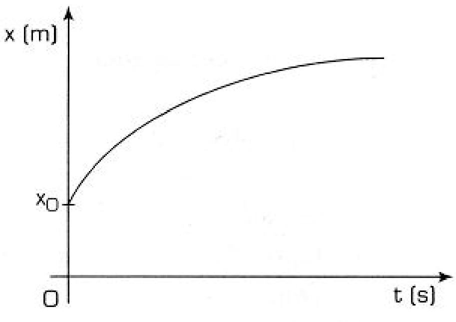


Figure 1.31b
Graphe x = f(t) pour un MRUD

<u>Le graphe x = f(t) est une parabole</u>* *(fonction du second degré en t)

4.5 APPLICATION (MRU / MRUV)

Nous connaissons maintenant 2 grands types de mouvement les MRU et les MRUV.
Il convient de faire attention, car ces 2 mouvements ont des lois de position, de vitesse et d'accélération différentes. Il vous donc faire attention lors de la résolution d'un exercice et voir s'il s'agit d'un MRU ou d'un MRUV.

Voyons comment l'appliquer dans un exemple simple…

Une voiture roule à 20 m/s pendant 4 s. Le conducteur commence alors à freiner, produisant une accélération de – 5 m/s². La voiture s'arrête au bout de 4 s de freinage. Nous allons d'abord calculer sa position à la fin du MRU puis après 2 s de freinage et finalement au moment de son arrêt.

Choisissons comme $t = 0$ s le début du MRU et $x = 0$ m la position à cet instant.

- Première phase : le MRU

  En $t = 4$ s, la voiture a parcouru 80 m. Elle se trouve en $x = 80$ m.

- Deuxième phase : le MRUV

  En $t = 4$ s (début du freinage), $v = 20$ m/s et $x = 80$ m.

  En $t = 6$ s (2 s après le début de freinage), elle a parcouru, depuis le début du freinage :

  $$\Delta x = 20 \times 2 - 5 \times 2^2 / 2 = 30 \text{ m.}$$

  Elle se trouve donc en $x = 110$ m (80 + 30).

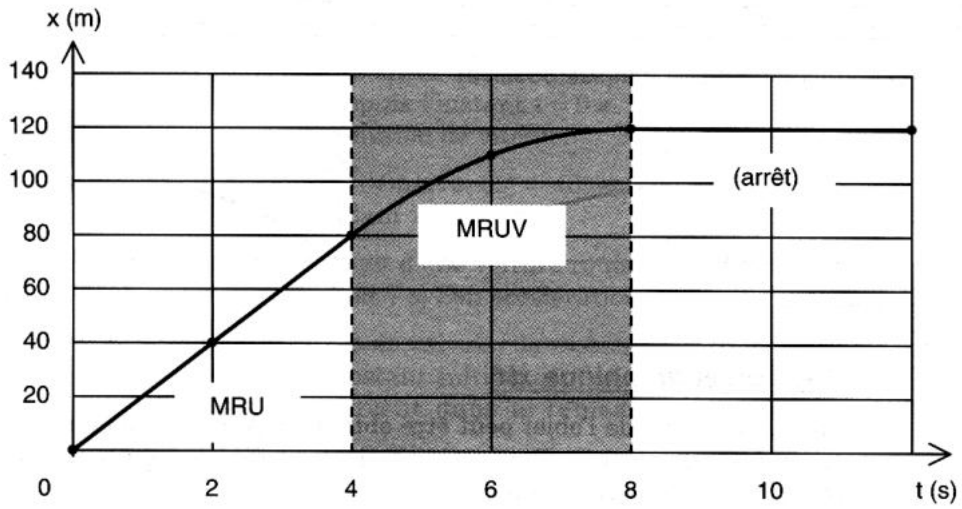
En t = 8 s (à la fin des 4 s de freinage), elle a parcouru, depuis le début du freinage :

$\Delta x = 20 \times 4 - 5 \times 4^2 / 2 = 40$ m.

Elle se trouve donc en x = 120 m (80 + 40).

- Par la suite, la voiture étant arrêtée, elle reste au même endroit (x = 120 m).

Le graphique $x(t)$ ci-dessous représente les deux parties du mouvement. La partie correspondant aux 4 s d'accélération (zone en grisé) montre, bien entendu, le même type de courbe que le graphique $\Delta x(t)$ des MRUV : une parabole.



t (s)	v (km/h)
0	40
3	45
6	50
9	55
12	60

1. Le tableau ci-contre donne la vitesse d'un mobile à différer moments.
Peut-il s'agir d'un MRUV ? Justifiez.

t (s)	v (km/h)
40	105
45	102
50	99
55	96

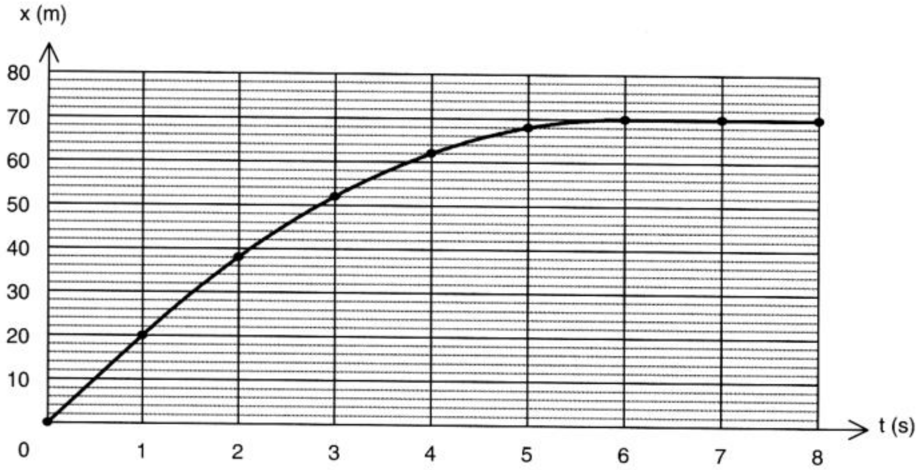
4.6 Exercices

2. Même question qu'en 1 avec le tableau à droite

3. Un chariot démarre suivant un MRUV. Son accélération vaut 2 m/s².
   a. Tracez le graphique donnant sa vitesse pendant les 5 premières secondes de son mouvement.
   b. Calculez les distances parcourues depuis le départ jusqu'aux instants 1, 2, 3, 4 et 5 s.
   c. Tracez le graphique donnant la distance parcourue depuis le départ pour les 5 premières secondes du mouvement.

4. Une voiture roulant à 10 m/s commence à freiner. Son accélération vaut –2 m/s².
   a. Au bout de combien de temps s'arrête-t-elle ?
   b. Quelle distance a-t-elle alors parcourue depuis le début du freinage ?
   c. Tracez le graphique de la vitesse en fonction du temps, depuis le début de la décélération jusqu'à l'arrêt.
   d. Tracez le graphique de la distance parcourue en fonction du temps, depuis le début de la décélération jusqu'à l'arrêt.

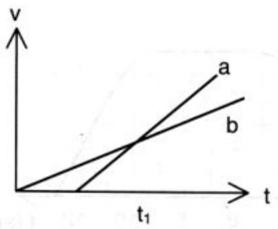
5. Une voiture roule à vitesse constante. Soudain, le conducteur voit un obstacle. Une seconde plus tard (temps de réflexe), il commence à freiner. Le graphique ci-dessous représente le mouvement depuis l'instant où le conducteur aperçoit l'obstacle ($t = 0$ s).



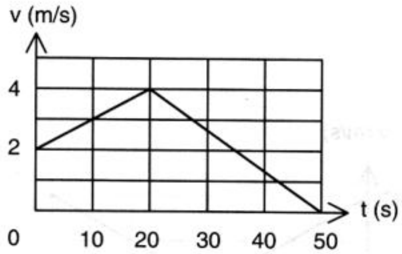
   a. Au bout de combien de temps la voiture s'arrête-t-elle ?
   b. Quelle est la distance d'arrêt (entre l'instant où le conducteur voit l'obstacle et l'arrêt) ?
   c. Quelle est la vitesse de la voiture au début du freinage ?
   d. Quelle est la distance parcourue par la voiture pendant le temps de réflexe ?
   e. Quelle est l'accélération pendant le freinage ?
   f. Quelle est la vitesse en $t = 4$ s ?
   g. Faites un graphique $v(t)$.

6. Une voiture aborde la bande de lancement d'une autoroute à 54 km/h. Son conducteur accélère (a = 1,5 m/s², constante) pour atteindre une vitesse suffisante avant de s'insérer dans le trafic. Combien de temps lui faudra-t-il pour atteindre 108 km/h ? Quelle distance aura-t-il alors parcourue ?

7. Quelle est, parmi les 4 égalités ci-dessous, celle qui correspond à la loi de l'accélération dans un MRUV (k est une constante non nulle) :
$a = k \cdot t$ $\quad a = k \cdot t^2$ $\quad a = -k \cdot t$ $\quad a = k$.

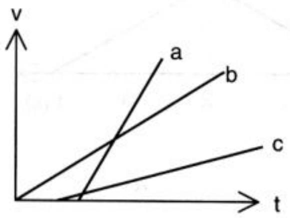


8. Deux voitures démarrent du même endroit et roulent sur une même route rectiligne (graphique ci-contre).
   a. Quelle est celle qui a la plus grande accélération ?
   b. Que se passe-t-il à l'instant t_1 ?
   c. Les deux voitures sont-elles au même endroit à l'instant t_1 ? Si non, quelle est celle qui a de l'avance ? Justifiez.



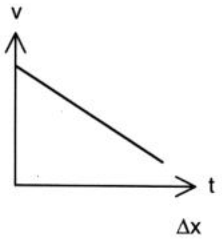
9. Le graphique ci-contre représente 50 secondes du mouvement d'un objet. Calculer la distance qu'il parcourt :
   a. durant les 20 première secondes,
   b. durant les 30 secondes suivantes.

Des exercices pour s'entraîner

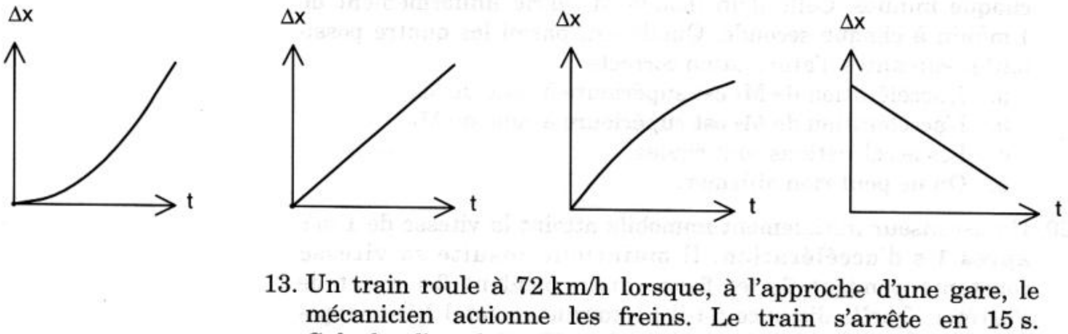


10. Classez les trois mouvements du graphique ci-contre par ordre d'accélération croissante.

11. Pour pouvoir décoller, un petit avion doit atteindre 144 km/h. Que doit valoir l'accélération constante nécessaire à son décollage sur une piste de 300 m ? Quelle est la durée de la phase d'élan ?

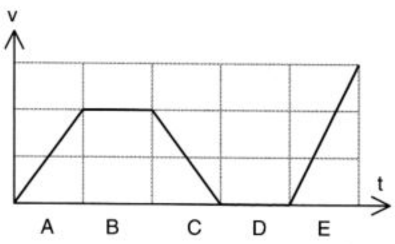


12. Parmi les 4 graphiques $\Delta x(t)$ ci-dessous, quel est celui qui correspond le mieux au graphique de la vitesse proposé ci-contre ?

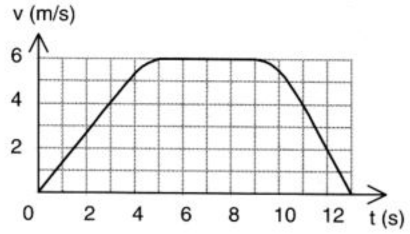


13. Un train roule à 72 km/h lorsque, à l'approche d'une gare, le mécanicien actionne les freins. Le train s'arrête en 15 s. Calculez l'accélération (supposée constante) et la distance de freinage.

14. Le graphique ci-contre représente l'évolution de la vitesse d'un train au cours du temps. Les 5 étapes (A à E) ont la même durée.
Lors de quelle(s) étape(s)…
   a. la plus grande distance est-elle parcourue ?
   b. la plus grande vitesse instantanée est-elle atteinte ?
   c. la vitesse est-elle constante ?
   d. l'accélération est-elle positive ?
   e. l'accélération est-elle négative ?

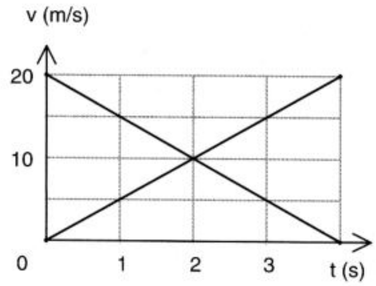


15. Un ascenseur se déplace du rez-de-chaussée au treizième étage d'un immeuble. L'évolution de sa vitesse est donnée par le graphique ci-contre.
   a. Quelle distance parcourt-il pendant les 3 premières secondes de son mouvement ?
   b. Quelle est son accélération en $t = 3$ s ?



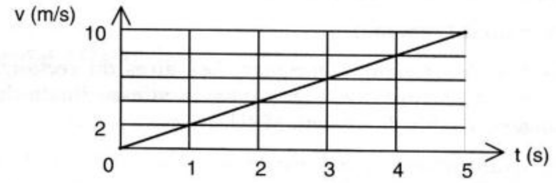
16. Une balle de fusil ayant une vitesse de 400 m/s percute un sac de sable. La balle s'arrête au bout de 30 cm. Calculez l'accélération et la durée du freinage (supposé uniforme).

17. Le graphique ci-contre représente le mouvement de deux objets. Est-il vrai ou faux d'affirmer que :
   a. les mobiles se déplacent dans le même sens ?
   b. l'un des mobiles ralentit ?
   c. de $t = 0$ s à $t = 2$ s, les mobiles ont parcouru la même distance ?
   d. les accélérations des deux mobiles sont égales en valeur absolue ?
   e. les mobiles ont parcouru tous deux 40 m au cours des 4 secondes représentées ?
   f. entre $t = 1$ s et $t = 3$ s, les mobiles ont la même vitesse moyenne ?
   g. en $t = 2$ s, l'un des mobiles a parcouru une distance 3 fois plus grande que l'autre ?



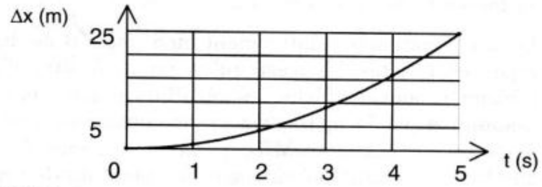
Solutions (1 à 17)

1. **Oui, la vitesse augmente de 5 km/h toutes les 3 s.**
2. **Oui, la vitesse diminue de 3 km/h toutes les 5 s.**
3. **a/**



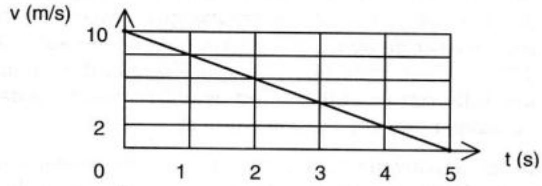
b/ 1, 4, 9, 16 et 25 m ;

c/

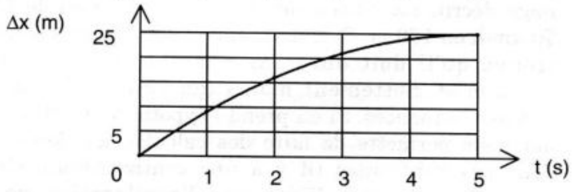


4. **a/ 5 s ; b/ 25 m ;**

c/

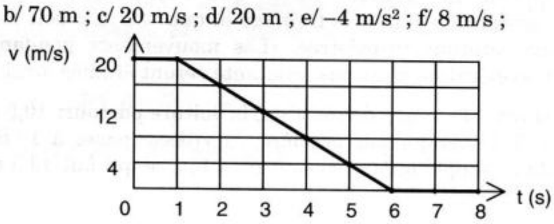


d/



5. **a/ 6 s ; b/ 70 m ; c/ 20 m/s ; d/ 20 m ; e/ –4 m/s² ; f/ 8 m/s ;**

g/



6. **Δt = 10 s ; Δx = 225 m.**
7. **$a = k$.**
8. **a/ a ; b/ elles vont à la même vitesse ; c/ la voiture « b » a de l'avance sur a : les distances parcourues par les voitures depuis le départ sont égales aux aires des triangles jusqu'à t_1. Celui correspondant à b est plus grand (b est partie plus tôt).**
9. **a/ 60 m ; b/ 60 m (aires du trapèze et du triangle).**
10. **c, b, a.**
11. **a = 2,67 m/s² ; Δt = 15 s.**
12. **Le 3ᵉ.**
13. **a = –1,33 m/s² ; Δx = 150 m.**
14. **a/ B ; b/ E ; c/ B et D ; d/ A et E ; e/ C.**
15. **a/ 6 m ; b/ 1,33 m/s².**
16. **a = –267 000 m/s² ; Δt = 0,0015 s.**
17. **Seul le C est faux.**

5. La chute libre

5.1 CHUTE D' OBJETS DANS L' AIR

1. Laissons tomber simultanément, de 2 m de haut, *une feuille de papier et une balle de tennis*. La balle atteint le sol bien avant la feuille qui virevolte lentement, semblant planer dans l'air.
Ce premier essai suggère que les objets tombent d'autant plus vite qu'ils sont plus lourds. C'est ce que pensait Aristote.

2. Recommençons l'expérience en *froissant la feuille en boule avant de la lâcher*. Cette fois, la balle et la feuille froissée arrivent au sol pratiquement en même temps. Pourtant, le poids de la feuille n'a pas changé! Contrairement à ce qu'affirmait Aristote, ce n'est pas la différence de poids qui compte. C'est l'air qui joue un rôle important en ralentissant la feuille intacte.
La résistance de l'air est d'autant plus grande que la surface que lui offre l'objet est plus importante.

3. Recommençons, mais d'un peu plus haut (3,5 m). Cette fois, la balle a un petit peu d'avance sur la boule de papier. La différence de poids a peut-être une influence... mais en tout cas pas aussi forte que le croyait Aristote.

4. Faisons une dernière expérience. Lâchons simultanément, de 3,5 m de haut, *deux objets de poids très différents... mais pas trop légers: une balle de tennis et une grosse bille d'acier* (une planche posée sur le sol permet d'éviter les dégâts lors de l'impact). Ils arrivent simultanément au sol.

Comparons les deux dernières expériences. Ce n'est pas la différence de poids qui est importante, mais à nouveau la résistance de l'air. C'est l'air qui freine la boule de papier dans la troisième expérience: plus les objets tombent de haut, plus leur vitesse augmente... plus la résistance augmente. Il suffit de sortir sa main par la fenêtre d'une voiture roulant à 40 ou 100 km/h pour se rendre compte que la résistance de l'air augmente avec la vitesse. Et plus les objets sont massifs, moins la résistance de l'air a de l'effet sur eux.

Conclusions

L'air freine plus la boule de papier que la balle de tennis. Ce freinage ne devient perceptible que si la vitesse est assez importante, c'est-à-dire si les objets sont lâchés d'assez haut.

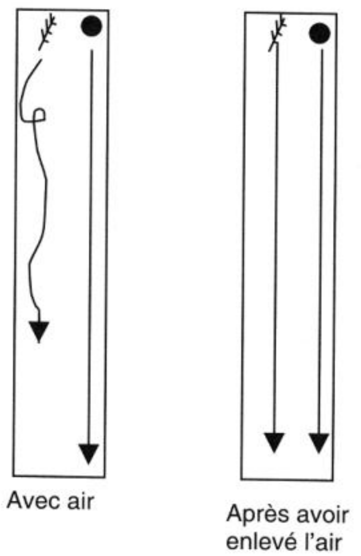
La différence de poids des corps ne semble pas avoir une grande importance dans une chute où la résistance de l'air ne joue pratiquement aucun rôle. ***C'est le cas si les objets ne sont pas trop légers, n'offrent pas une grande surface à l'air, ne tombent pas de trop haut.***

5.2 EXPERIENCE DU TUBE DE NEWTON

Vers 1600, Galileo Galilei dit Galilée (1564 - 1642), le maître à penser de la physique de la fin de la Renaissance, défendit l'idée que, s'il n'y avait pas d'air, tous les objets, quel que soit leur poids, tomberaient exactement de la même manière.
La confirmation de cette intuition nécessitait la réalisation d'essais de chutes en l'absence d'air. Ceci ne put être réalisé que plus tard (fin du XVIIe siècle), lorsque les « pompes à vide» furent inventées.

En 1971, lors d'une mission Apollo, David Scott fit solennellement, pour des centaines de millions de téléspectateurs, l'expérience sur la Lune. Il lâcha en même temps un marteau et une plume d'aigle. Les deux objets tombant dans le vide presque parfait (la Lune ne possède pas d'atmosphère) arrivèrent simultanément au sol. Galilée ne s'était pas trompé!

5.2.1 Expérience



Au laboratoire, nous pouvons enlever une bonne partie de l'air d'un tube en l'aspirant avec une pompe à vide (mais on ne peut faire un vide parfait). Dans ce tube (appelé tube de Newton) sont enfermés un morceau de plomb et un morceau de plume.

Si nous laissons l'air, la plume tombe beaucoup moins vite que le plomb.

Mais, quand l'air est enlevé, la plume tombe aussi vite que le plomb. C'est l'expérience du « tube de Newton ». Tous les corps tombe à la même vitesse quelque soit leur masse

5.2.2 Définition

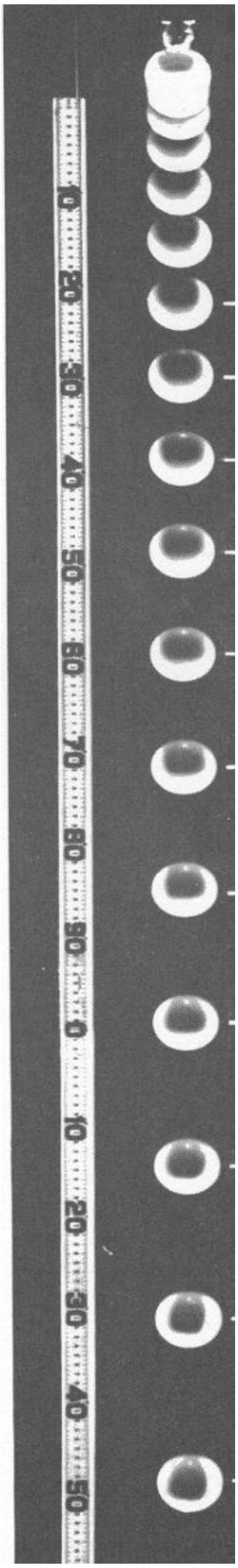
Par chute libre, on entend la chute des corps sans aucune opposition. Elle ne peut avoir lieu que dans le vide.

On peut montrer que si on s'arrange pour que l'action de l'air soit faible (par exemple en utilisant des objets assez lourds, pas trop étendus, et en ne les lâchant pas de trop haut), la chute dans l'air peut être considérée comme libre.

Étude de la chute libre

Voici l'étude chronophotographique d'une bille de billard en chute libre.
Les photos sont prises tous les 1/30 s

- Faire un tableau de mesure avec le temps t, la position X et la vitesse V
- Faire le graphe v = f(t)
- Calculer l'accélération a de la chute libre



t = 0 x = 12.5 cm

t = 1/30 x = 18.5 cm

t = 2/30 x = 25 cm

t = 3/30 x = 32.5 cm

t = 4/30 x = 41.5 cm

t =5/30 x = 51.5 cm

t =6/30 x = 62.5 cm

t =7/30 x = 74.5 cm

t =8/30 x = 88 cm

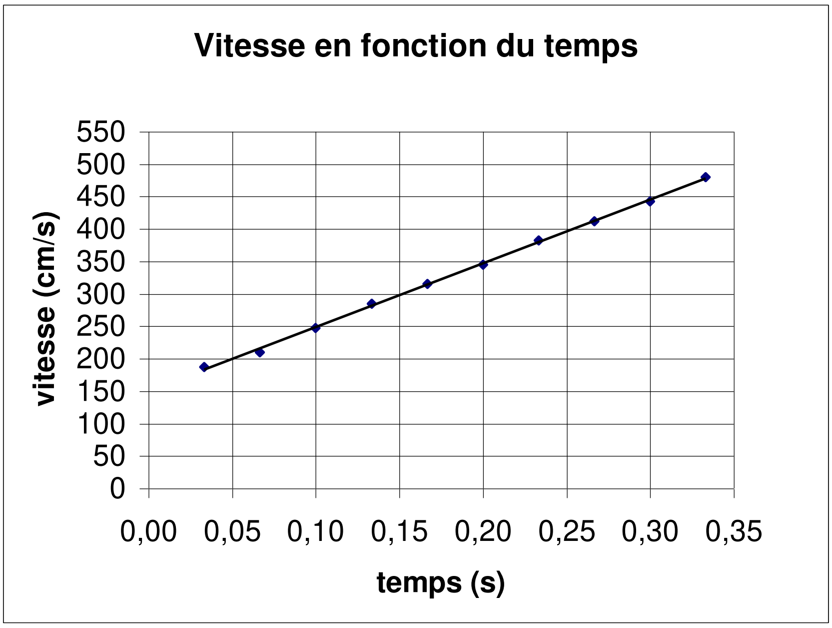
t =9/30 x = 102 cm

t =10/30 x = 117.5

t =11/30 x = 134 cm

t =12/30 x = 152 cm

5.2.3.1 Conclusions



Le calcul de la pente du graphe V = f(t) donne une valeur de l'accélération égale à 9,8 m/s²

Tout corps lâché au voisinage de la Terre tombe verticalement.
L'étude de la chute montre que tous les corps en chute libre (ne subissant pas ou très peu les frottements de l'air) sont en MRUA.
L'accélération est la même quelle que soit la masse du corps.
Elle est notée g et vaut 9,81 m/s²
Notons que la valeur de g sera arrondie à 10 m/s² pour les applications numériques.

5.2.3.2 Lois de la chute libre

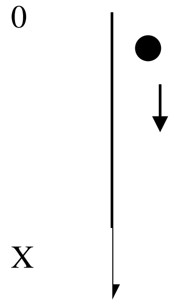
Ces lois découlent de celles établies pour le MRUA dans lesquelles on remplace a par g

Loi de l'accélération $\quad$ **$a = g =$ constante $= 10$ m/s²**

Loi de la vitesse $\quad$ **$V = g \cdot t$**

Loi de la position $\quad$ **$X = g.t^2 / 2$**

X étant la distance parcourue verticalement depuis le début de la chute.
On la note aussi h (hauteur)



5.3 LANCEMENT D'UN OBJET VERS LE HAUT

On peut montrer expérimentalement que lancer un objet vers le haut est exactement le symétrique de la chute: si la résistance de l'air est négligeable, le mouvement est un MRUV.

Dans les exercices, on choisit, ***pour la montée***, ***le sens positif vers le haut***.
La vitesse est donc positive et diminue. L'accélération est alors négative et vaut - g.
La durée de la montée puis celle de la descente sont identiques, l'objet qui retombe retrouve finalement sa vitesse de départ.

5.4 EXERCICE

1. Une pierre lâchée d'un pont touche la surface de l'eau au bout de 2,5s.
   Quelle est sa vitesse au sol ?
   Quelle est la hauteur du pont ?
   (rép : 25m/s / 31,25 m)
2. Une balle est lâchée d'une fenêtre située à 20 m du sol.
   Combien de temps lui faut-il pour atteindre le sol
   Quelle est sa vitesse finale ?
   (rép : 2s / 20m/s)
3. Un hélicoptère capable de rester sur place laisse tomber des colis d'un hauteur de 200m.Quelle est la durée de la chute et la vitesse du colis au sol ?
   (rép : 6,32s / 63,2 m/s)

4. De quelle hauteur doit tomber un corps pour que sa chute dure 1s ?
   (rép : 5m)

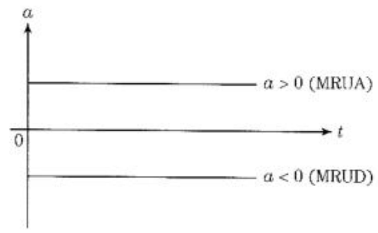
5. Représenter l'évolution d'une chute libre en t=0 , t=1 , t=2, t=3 , t=4,.. (échelle : 5m de chute égal 1 cm)

MRU	MRUV

Loi de l'accélération

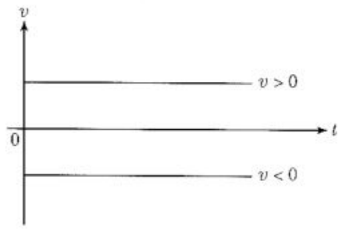
MRU : $a = 0$

MRUV : $a = \text{constante}$

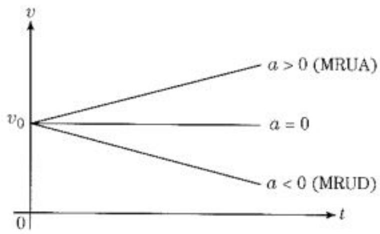


Loi de la vitesse

MRU : $v = \text{constante}$

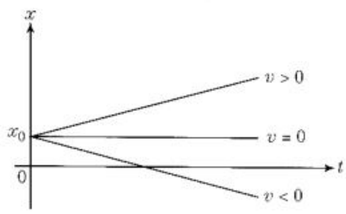


MRUV : $v = v_0 + a \cdot \Delta t$

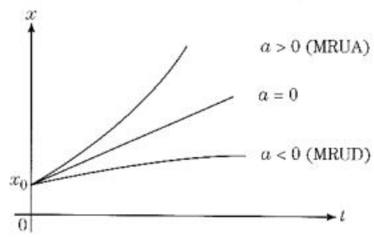


Loi de la position

MRU : $x = x_0 + v \cdot \Delta t$



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

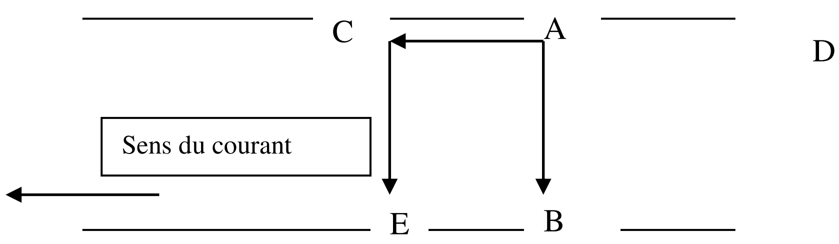


4. Mouvement à deux dimensions

4.1 *COMPOSITION DE DEUX MOUVEMENTS UNIFORMES*

4.1.1 Introduction

Supposons que nous soyons au bord d'un cours d'eau. Un pêcheur désire traverser d'une berge à l'autre avec son canot à moteur.



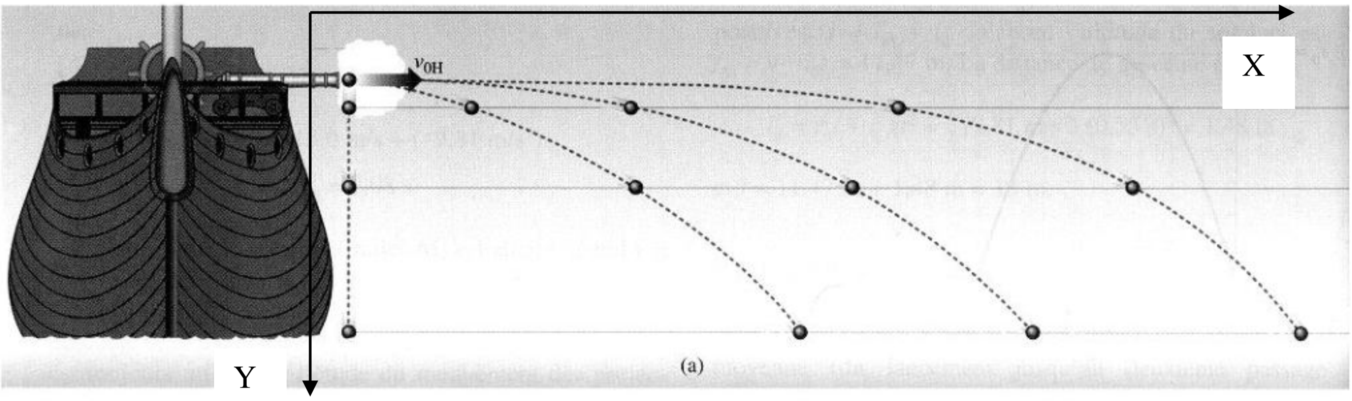
S'il n'y a pas de courant, il parcourt la distance AB de 100m en une minute en MRU. Supposons que le courant soit aussi de 100m par minute. Si le pêcheur coupe son moteur, de A il se dirigerait vers C en MRU à la vitesse du courant.
Quel serait son mouvement si le moteur et le courant agissent en même temps ?

- Si le pêcheur tente de remonter le fleuve, son canot se maintient au même point A.
  Au bout d'une minute, il n'a pas progressé.
  C'est ce qui se serait passé si le moteur l'avait entraîné vers D pendant une minute sur un fleuve immobile puis s'il avait été entraîné, moteur coupé, pendant la minute suivante par le courant.
- Si le pêcheur descend la rivière, moteur et courant agissant ensemble, il a au bout d'une minute, parcouru une distance de 200m.
  A nouveau, les choses se passent exactement comme si, pendant une minute, le moteur avait agit seul sur un fleuve immobile et qu'ensuite, moteur coupé, le canot est entraîné par le courant pendant une minute.

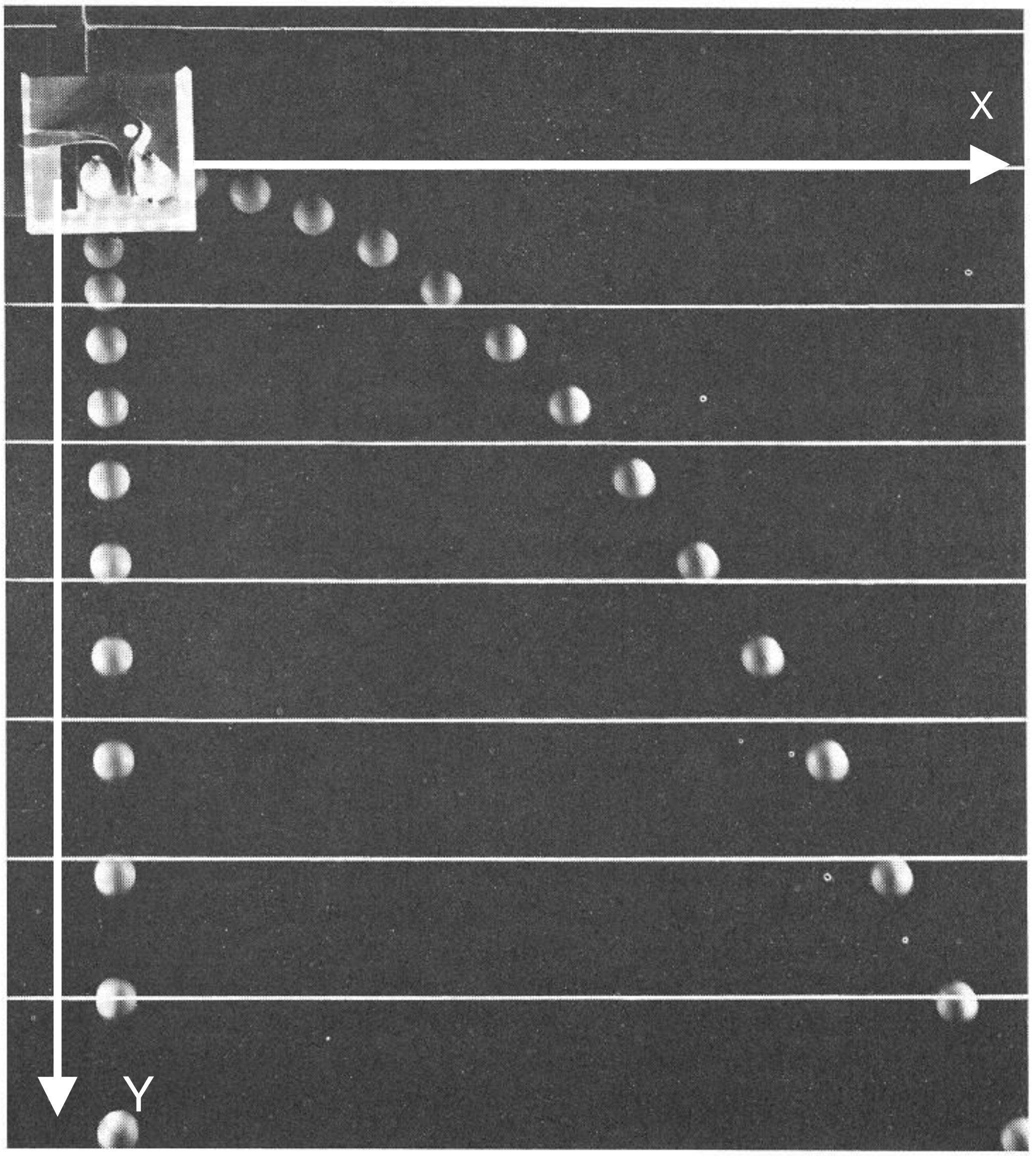
Dans les 2 cas, l'effet résultant du moteur et du courant agissant simultanément est le même que s'ils agissaient successivement de manière indépendante.

- Si le pêcheur veut traverser le fleuve quand il y du courant, il est facile de prévoir le mouvement en regardant les effets successifs du moteur et du canot.
  Une minute avec le moteur (cours d'eau au repos), il va de A vers B
  Une minute d'action isolée du fleuve le porterait de B vers E
  Une seule minute pendant laquelle les deux agissent simultanément le conduit de A vers E
  C'est ce qui est réellement observé.

4.2 TIR HORIZONTAL



Plusieurs expériences peuvent illustrer la trajectoire lors du tir horizontal. Le corps décrit une courbe que nous appellerons parabole



4.2.1 Expériences

- Au même instant, on ***lance*** une bille lancée horizontalement et on en ***laisse tomber*** une deuxième → ***elles arrivent au sol en même temps***
- Au même instant, on lance des billes horizontalement avec des vitesses différentes→ ***elles arrivent au sol en même temps***
- L'étude de la photographie de la chute d'une bille et de la bille lancée horizontalement montre que ***la bille en chute verticale est toujours à la même hauteur que la bille tirée horizontalement***
- La même photo montre que ***la bille tirée horizontalement poursuit son mouvement horizontal comme si elle ne tombait pas.***

4.2.2 Conclusions

- les mouvements verticaux des deux billes sont identiques, en dépit de la différence de mouvement horizontal.
- la vitesse de déplacement horizontal de la 2^{eme} bille est constante en dépit de son mouvement de chute.

Il semble donc que la bille lancée horizontalement subisse en même temps 2 types de mouvement différents

- ***un MRU selon un axe horizontal X***
- ***une chute libre suivant un axe vertical Y avec une accélération de 9 ,81 m/s²***

Le mouvement horizontal est indépendant du mouvement vertical.

Le mouvement réel de la bille lancée horizontalement est donc une <u>composition</u> d'un MRU suivant l'axe X et d'une chute libre suivant l'axe Y.

Dans le cas du tir horizontal, la durée du mouvement est indépendante de la vitesse horizontale, elle est identique à celle d'une chute libre.

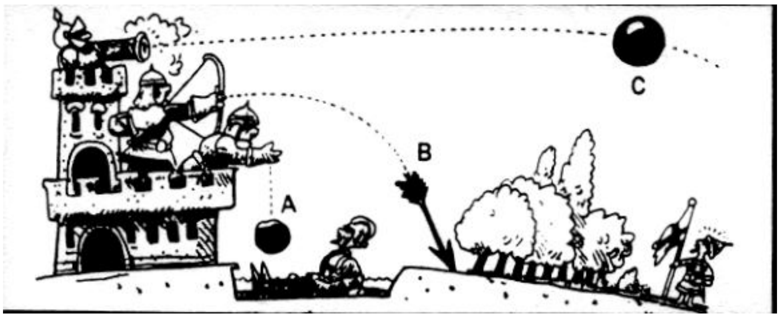
4.2.3 Exercices

Dans tous les exercices, on supposera la chute libre. Prendre 10 m/s² comme accélération de cette chute.

1. Une bille roule à 1 m/s sur une table horizontale haute de 0,8 m. Elle en tombe. À quelle distance du pied de la table touche-t-elle le sol ?
2. Une bille roule sur une table horizontale haute de 0,8 m. Elle en tombe et touche le sol à 1,5 m du pied de la table. Calculez la vitesse de la bille au moment où elle quitte la table.
3. Une bille roule sur une table horizontale haute de 0,8 m. Elle en tombe et touche le sol à 1,5 m du pied de la table. Que se passerait-il si :
   a. la bille roulait deux fois plus vite sur la table ?
   b. la table était deux fois plus haute ?

Réponses
1. 40 cm / 2. 3,75 m/s / 3a : temps de chute identique , chute à 3 m du pied
3b : le temps de chute serait multiplié par racine de 2 et la chute se passerait 2,12 m du pied)

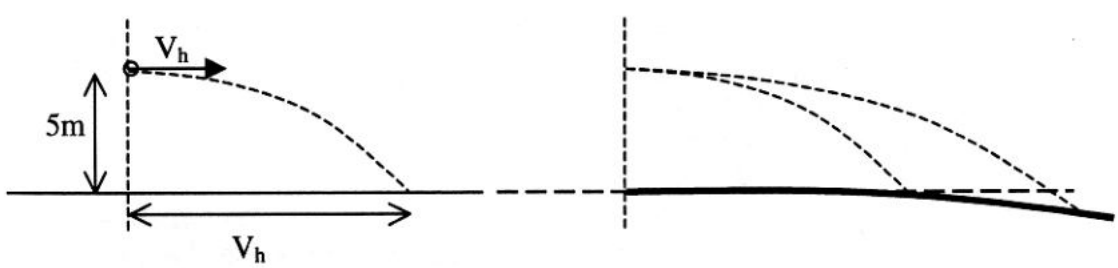
4.3 VITESSE DE SATELLISATION AUTOUR DE LA TERRE



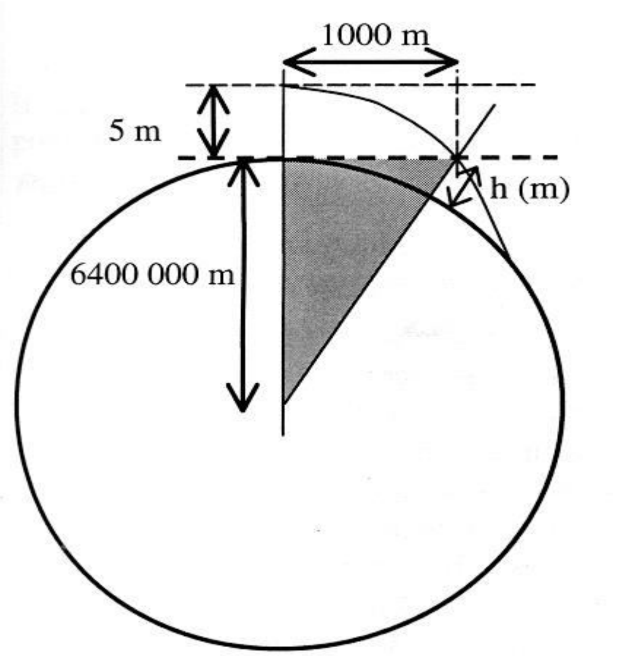
A : vitesse initiale nulle
Chute verticale
B : V = 30 m/s
On dépasse les douves
C : V = 400 m/s
On dépasse l'horizon
D : V = 7800 m/s
On dépasse les antipodes

Nous savons que la durée de chute est indépendante de la vitesse horizontale
De plus une bille qui tombe de 5 m , le fait en 1 seconde

Plaçons nous à 5 m du sol.
Lançons une bille horizontalement à 10 m/s. Elle s'écarte horizontalement de 10 m (car MRU) avant de toucher le sol .
Lancée horizontalement à une vitesse de 1000 m/s. Elle parcourrait 1000 m avant de toucher le sol. (A condition que la Terre soit plate et qu'il n'y ait pas d'obstacles, ni d'air, ….)



Sachant que le rayon de la Terre est de 6400 km, répondez à la question suivante :



A quelle hauteur h du sol, l'objet lancé à 5 m de haut et avec une vitesse de 1000m/s se trouve-t-il après 1s ?

Pythagore nous donne la réponse : 7,8 cm
En effet :
$X^2 : 6400000^2 + 1000^2$
X = 6400000,078 m avec X = R + h
Donc h = 7,8 cm

Pour une vitesse initiale de 10 km/s, vérifier que l'objet est bien à 7,8 m du sol après 1 s de chute.

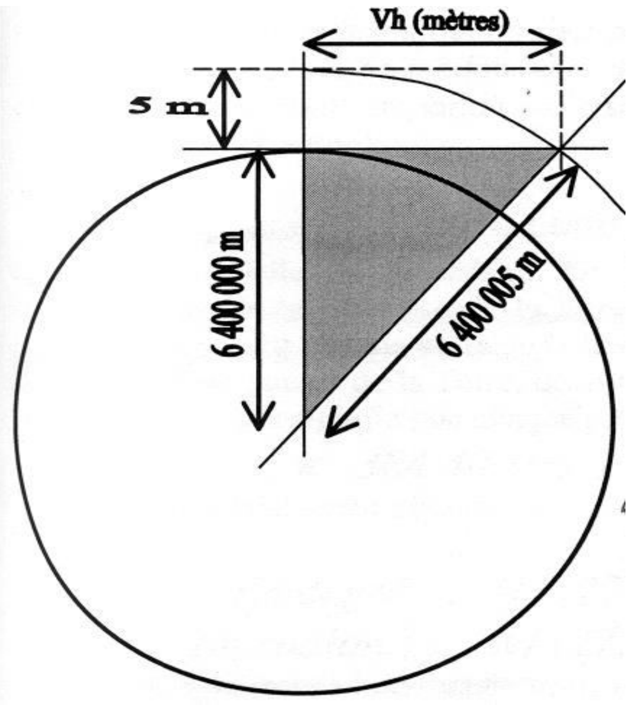
Pouvons nous imaginer une vitesse de départ telle que l'objet ne tomberait pas sur le sol mais ne s'en éloignerait pas non plus ?
Donc cet objet évoluerait continuellement à 5m du sol.

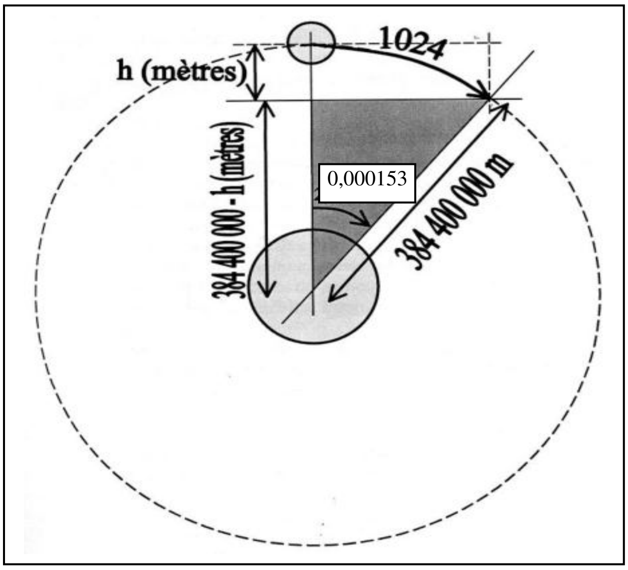
Un tel objet ferait le tour de la Terre sans la toucher évoluant sur un cercle : on dit qu'il est satellisé

Cherchons la vitesse de satellisation.

Un calcul simple montre que la vitesse au départ doit être de 8000 m/s soit 28800 km/h.

En pratique, pour lancer un satellite, il faut être au-dessus des montagnes, en l'absence d'air … Pour cela, ils sont lancés à une altitude minimale de 400 km et leur vitesse de satellisation est de l'ordre de 7700 m/s





4.4 ACCELERATION DE LA LUNE

Recherchons l'accélération verticale de la Lune vers la Terre.

La Lune tourne autour de la Terre sur un cercle de 384.400 km de rayon en 27,3 jours.

Cela signifie que chaque seconde, elle décri un arc de cercle d'une longueur L

L = 2 . Π . R / t = 2 . Π . 384 400 000 / 27,3 . 24 . 3600 = 1024 m (en 1 seconde)

L'angle parcouru par seconde est α : 360 / 27.3 . 24 . 3600 = 0,000153 °

Rappel : un côté de l'angle droit = hypoténuse . cos (de l'angle adjacent)

Donc 384 400 000 . cos (0.000153°) = 384 399 999, 99864 m

La différence par rapport à l'hypoténuse n'est que de **0,00136 m** soit 1,36 mm

C'est de cette hauteur que tombe la Lune chaque seconde et ce en MRUA

Etant en chute libre $h = at^2 / 2$ → $a = 2h / t^2$

→ a = 2,72 mm²/s soit **a = 0,00272 m/s²**
Cette accélération est très faible et sa valeur sera exploitée dans la suite du cours.

Comme la bille lancée horizontalement, la Lune tombe (verticalement) en même temps qu'elle avance (horizontalement). Le résultat est la rotation observée.

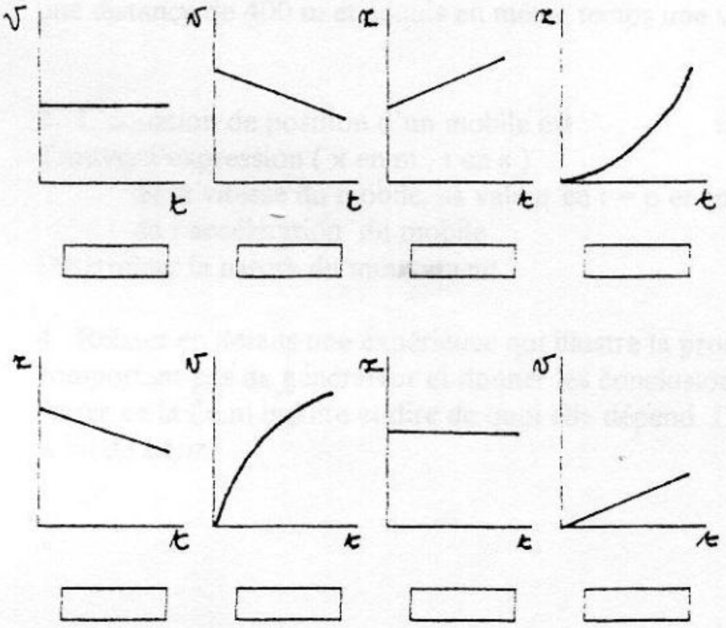
À l'objection courante: «Mais si la Lune subit une force de même nature que celle qui fait tomber les objets, elle devrait tomber sur la Terre», NEWTON répond qu'effectivement elle tombe.
En effet, on peut établir une analogie entre la rotation de la Lune autour de la Terre et le mouvement d'un projectile lancé horizontalement par un canon. Le projectile va d'autant plus loin qu'il est rapide et qu'il part de haut

Si la Lune ne se précipite pas sur la Terre comme le ferait par exemple une pomme, c'est parce qu'elle se comporte comme un obus qui serait lancé à une vitesse de 1 km/s d'une tour dont la hauteur serait de 384000 km. Le projectile irait «retomber» à une distance supérieure au rayon terrestre qui est d'environ 6 400 km : la Lune ne rencontre donc pas la Terre.

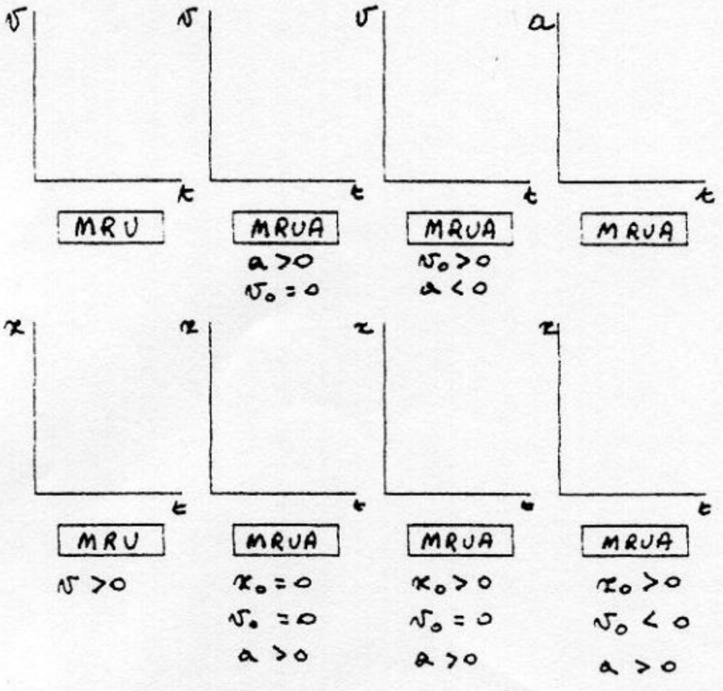
La Lune tourne donc «en tombant »

7. Graphiques.

Indiquer quel est le mouvement représenté (MRU. MRUA ou autre)



Représenter un exemple de graphique dans chacun des cas ci-dessous



Questions à préparer sur le tir parabolique

1. Que savez-vous sur le temps de chute d'une bille lâchée et d'une bille lancée horizontalement ?
2. Une bille lancée horizontalement avec une vitesse de 4 m/s touchera le sol plus rapidement que si elle est lancée à 2m/s ? V ou F
3. Expliquer comment on peut interpréter le tir horizontal à partir de deux autres mouvements rectilignes plus simples.
4. Re présenter sur une feuille quadrillée le mouvement de la bille lâchée et d'une bille lancée horizontalement en même temps ? Faire au moins 4 positions différentes pour les deux billes.
5. Représenter la Terre par un cercle et <u>démontrer</u> que si on lance horizontalement un objet d'une hauteur de 5 m, il lui faut une vitesse de 8000 m/s pour être satellisé.
   (rayon terrestre = 6400 km)
6. Que se passerait-il si on le lançait avec une vitesse plus grande ou une vitesse plus petite ?
7. Sachant que la distance Terre-Lune est de 384000 km et que la Lune tourne autour de la Terre en 27,3 jours, expliquer comment on a pu calculer que la Lune tombe verticalement vers la Terre de 0,00136 m chaque seconde. En déduire son accélération.