Cinématique 3 – Le MRUA

1.1. Introduction

Quand on regarde un objet qui se déplace, on se rend vite compte que son mouvement est rarement uniforme. Par exemple, si l'on observe une voiture qui avance dans une rue droite, on s'aperçoit que sa vitesse n'est pas constante ; la vitesse augmente rapidement au démarrage, puis elle varie plus ou moins avec les accélérations et les freinages. De même, si on lance un objet verticalement vers le haut, on constate que sa vitesse diminue rapidement pendant la montée et augmente progressivement pendant la descente.

Pour que la vitesse varie il faut qu'il y ait une accélération ou une décélération.

Dans le cas où l'accélération (ou la décélération) est constante au cours du temps, on parle de ***mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA) ou décéléré.***

Considérons un automobiliste qui roule à 100 km/h et qui passe à 120 km/h en 10 sec. Il a donc accéléré et on a :

$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} =$$

a_1 représente l'accélération moyenne sur la période de 10 s.

S'il accélère encore, et passe de 120 à 160 km / h en 20 s, alors,

$$a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} =$$

a_2 représente l'accélération moyenne sur la période de 20 s.

L'accélération a_1 est égale à a_2. ***Le mouvement est dit uniformément accéléré***. L'accélération est constante.

1.2. Unité de l'accélération

Dans le système international d'unités, l'unité d'accélération est le ***mètre par seconde au carré : m/s²***.
Donc, dans le cas d'une accélération de 1 m/s², la vitesse augmente de 1 m/s toutes les secondes.

1.3. ***Lois du MRUA***

1.3.1. Loi de l'accélération et graphiques

$$\mathbf{a} = \frac{\Delta \mathrm{v}}{\Delta \mathrm{t}} = \frac{v_t - v_0}{t - t_0} = \textbf{constante}$$

Avec :

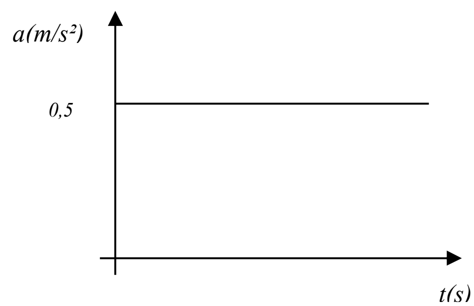
Δv : variation de vitesse (m/s)
$\Delta t = t - t_0$: temps de parcours (s)
v_t : vitesse à l'instant t (m/s)
v_0 : vitesse initiale (m/s)

Graphiques

1

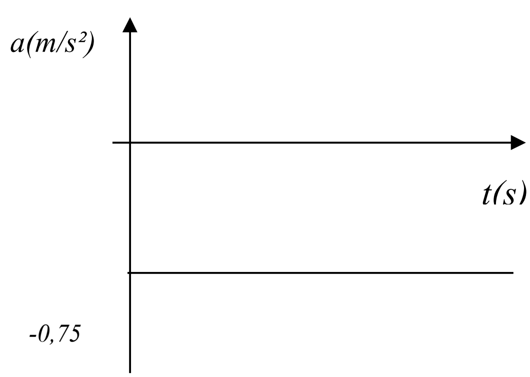
1er cas : Dans un jeu, un enfant à l'arrêt se lance subitement à la poursuite d'un autre enfant. Son accélération est positive et vaut 0,5 m/s^2.

MRUA : a > 0



On obtient une droite parallèle à l'axe des abscisses et située au-dessus de cet axe. La vitesse augmente de manière "régulière".

2èmer cas : L'enfant décide ensuite de ralentir et de s'arrêter. Au cours de sa décélération, l'accélération est négative et vaut -0,75 m/s^2.



MRUD : a < 0

On obtient une droite parallèle à l'axe des abscisses et située en-dessous de cet axe. La vitesse diminue de manière "régulière" (décélération).

1.3.2. Loi de la vitesse et graphiques

Soit une voiture qui roule à une vitesse initiale v_0 puis qui prend un mouvement rectiligne uniformément accéléré d'accélération a (c'est-à-dire que la vitesse du mobile augmente de "a" m/s toutes les secondes).

en t = 0, $v_t = v_0$

en t = 1 s, $v_t = v_0 + a.(1 - 0)$

en t = 2 s, $v_t = v_0 + a + a = v_0 + a.(2 - 0)$

en t = 3 s, $v_t = v_0 + a.(3 - 0)$

après t sec, $v_t = v_0 + a.(t - t_0)$

On en déduit que dans un MRUA,

$$\boxed{v_t = v_0 + a \cdot \Delta t = v_0 + a \cdot (t - t_0)}$$

> v_t : vitesse à l'instant t en m / s
> v_0 : vitesse initiale en m / s
> a : accélération constante en m / s^2
> $\Delta t = t - t_0$: l'intervalle de temps en s

Remarque : dans un MRU, l'accélération est nulle, la formule devient donc :
$v = v_0$ = constante

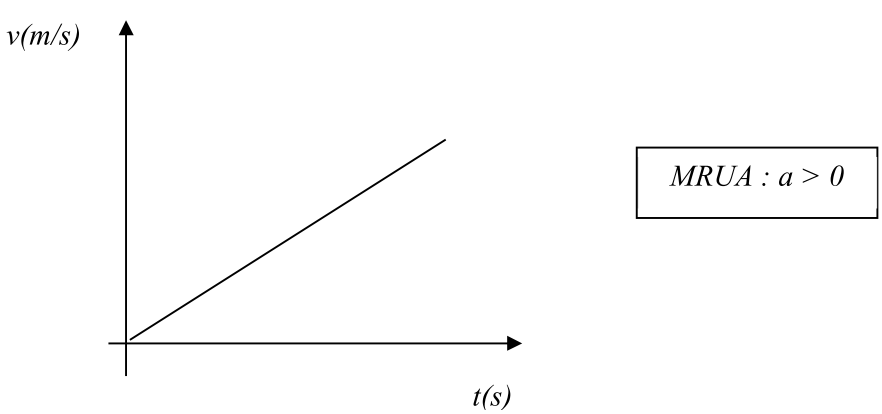
Graphiques

1er cas : Reprenons l'enfant qui s'élance avec une accélération de 0,5 m/s^2. Sa vitesse initiale v_0 est nulle.

Après 1 s, il a atteint la vitesse de : v_1 = 0,5.1 = 0,5 m/s

Après 2 s, il a atteint la vitesse de : v_2 = 0,5.2 = 1 m/s

Après 5 s, il a atteint la vitesse de : v_5 = 0,5.5 = 2,5 m/s



On obtient une droite croissante passant par l'origine dont la pente ou le coefficient angulaire est égal à l'accélération "a" (positive). Si l'enfant était animé d'une vitesse initiale v_0, la droite recouperait l'axe des ordonnées en v_0.

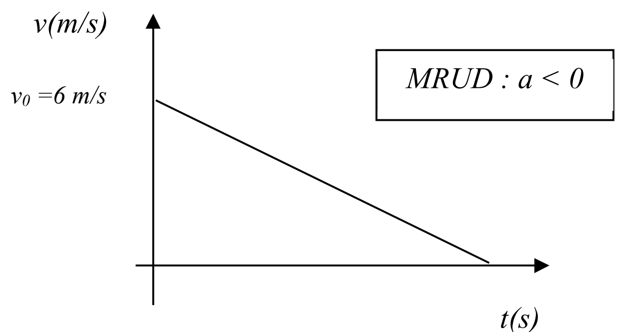
2ème cas : Prenons le cas d'un enfant possédant une vitesse de 6 m/s et qui décide de ralentir et de s'arrêter avec une décélération de a = -0,75 m/s^2.

Après 1 s, sa vitesse a diminué et vaut : v_1 = 6 – 0,75.1 = 5,25 m/s

Après 2 s, sa vitesse est de : v_2 = 6 – 0,75.2 = 4,5 m/s

Après 5 s, sa vitesse est de : v_5 = 6 – 0,75.5 = 2,25 m/s

Il s'arrêtera après 8 s.



On obtient une droite décroissante passant par l'origine dont la pente ou le coefficient angulaire est égal à l'accélération "a" (négative). Dans ce cas, l'enfant la droite recouperait l'axe des ordonnées en v_0 = 6 m/s.

1.3.3. Loi de la position et graphiques

La loi de la position est donnée par :

$$\boxed{x_t = x_0 + v_0\,\Delta t + \frac{a(\Delta t)^2}{2}}$$

Avec :
x_t : position à l'instant t en m
x_0 : position initiale en m
v_0 : vitesse initiale en m / s
Δt : intervalle de temps en s
a : accélération constante en m / s^2

Graphiques

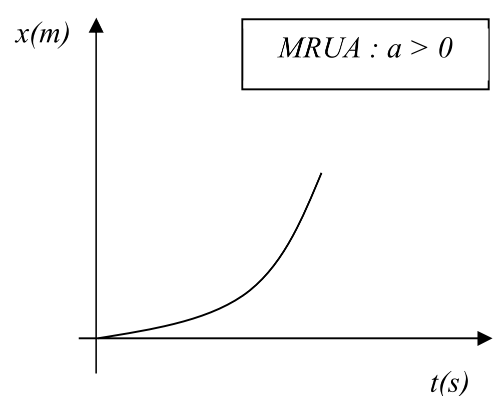
1er cas : Reprenons l'enfant qui s'élance avec une accélération de 0,5 m/s^2. Sa vitesse initiale v_0 est nulle tout comme sa position initiale x_0.

Après 1 s, il a atteint la position : $x_1 = \frac{0,5.(1)^2}{2}$ = 0,25 m

Après 2 s, il a atteint la position : $x_2 = \frac{0,5.(2)^2}{2}$ = 1 m

Après 5 s, il a atteint la position : $x_5 = \frac{0,5.(5)^2}{2}$ = 6,25 m

Après 8 s, il a atteint la position : $x_8 = \frac{0,5.(8)^2}{2}$ = 32 m



On constate que le graphique obtenu est une portion de parabole (fonction du 2ème degré) passant par l'origine, la concavité étant tournée vers les y positifs $\cup$.

La vitesse en un point de la courbe est donnée par la pente de la tangente à la courbe en ce point. Dans ce 1er cas, on constate que la pente de la tangente et donc la vitesse a tendance à augmenter au cours du temps.

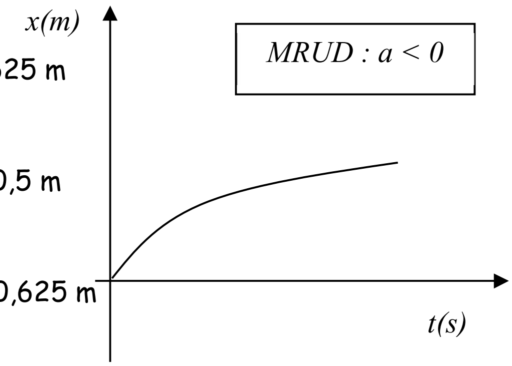
<u>2ème cas :</u> Reprenons l'enfant possédant une vitesse de 6 m/s et qui décide de ralentir et de s'arrêter avec une décélération de a = -0,75 m/s^2. Sa position initiale x_0 est nulle.

Après 1 s, il a atteint la position : $x_1 = 6.1 + \dfrac{-0{,}75.(1)^2}{2} = 5{,}625$ m

Après 2 s, il a atteint la position : $x_2 = 6.2 + \dfrac{-0{,}75.(2)^2}{2} = 10{,}5$ m

Après 5 s, il a atteint la position : $x_5 = 6.5 + \dfrac{-0{,}75.(5)^2}{2} = 20{,}625$ m

Après 8 s, il a atteint la position : $x_8 = 6.8 + \dfrac{-0{,}75.(8)^2}{2} = 24$ m



Comme on a vu précédemment que l'enfant s'arrêtait après 8 s, il est inutile de continuer.

On constate que le graphique obtenu est une portion de parabole (fonction du 2ème degré) passant par l'origine, la concavité étant tournée vers les y négatifs $\cap$.
La vitesse en un point de la courbe est donnée par la pente de la tangente à la courbe en ce point. Dans ce 2ème cas, on constate que la pente de la tangente et donc la vitesse a tendance à diminuer au cours du temps (décélération).

1.4. <u>Applications</u>

1) Un cycliste partant du repos atteint en MRUA la vitesse de 36 km/ h en 4 min 10 s. Calcule l'accélération et le déplacement effectué. *(Rép. : 0,04 m/s^2 et 1250 m). Trace les graphiques a = f (t), v = f(t) et x = f(t)*

2) Quelle distance (à partir du repos) a parcouru une auto soumise à une accélération constante de 5 m/s^2 pendant 20 secondes ? (MRUA) (Rép. : 1000 m)
   Que vaudra la vitesse après 6 s ? ***(Rép. : 30 m/s)***

3) Un vélo partant du repos est soumis à une accélération constante de a = 2 m/s^2; il parcourt 0,1 km. Quelle vitesse a-t-il atteinte ? (Rép. : 20 m/s)

4) Un train au repos prend un mouvement uniformément accéléré d'accélération 0,5m/s^2 jusqu'à atteindre la vitesse de 72 km/h.
   Il continue ensuite sa trajectoire à la vitesse constante de 72 km/h pendant 20 min.
   a) Quelle distance a-t-il parcourue avant d'atteindre 72 km/h ? ***(Rép. : 400 m)***
   b) Trace le graphique de v(t), x(t) et a(t).

5) Un train démarre avec une accélération constante. Après 20 sec, sa vitesse est de 36 km/h.
   Calcule : a) son accélération. ***(Rép. :0,5 m/s²)***
   b) sa vitesse 5 sec après son départ. ***(Rép. : 2,5 m/s)***

6) Une voiture partant du repos atteint en MRUA la vitesse de 50 km/h en 0,7 min. Calcule l'accélération et le déplacement effectué après 0,7 min. (Rép. : a = 0,33 m/s^2 et Δx = 291 m)

7) Un train est animé d'un MRU, et parcourt 200 km à la vitesse est de 90 km/h. Il freine et l'action des freins produit une décélération de a = - 0,8 m/s^2, (on prendra x_0 = 0)

   a) Au bout de combien de temps s'arrêtera-t-il ? *(8031,25 s)*
   b) Quelle distance aura-t-il parcourue durant le freinage ? (*390,6 m)*
   c) Trace le graphique de la vitesse en fonction du temps.

8) Un mobile partant du repos est soumis à une accélération constante de a = 1,5 m/s^2 ; il parcourt 0,2 km.

   a) Quelle vitesse a-t-il atteinte après 0,2 km ? (v en km/h)
   b) Quelle distance aura-t-il parcourue après 40 s ? (d en m)
   c) Trace le graphique de l'accélération en fonction du temps.
   d) Quelle est l'allure du graphique du déplacement en fonction du temps dans un MRUA ?

9) Soit un premier coureur en MRU à la vitesse de v = 3 m/s. Un deuxième coureur en MRUA se déplace à une vitesse v = 0,4.t (v en m/s, t en s).

Calcule graphiquement le temps pris par le deuxième coureur pour atteindre la vitesse du premier coureur.

10) Trace le graphique de la position en fonction du temps d'un mobile partant du repos et démarrant avec une accélération constante de 1,5 m/s^2.

Cours préparatoire : QCM de Physique (Licence en Sciences Biomédicales)
Sélectionne la réponse qui correspond le mieux à l'analogie entre les termes de départ :
Accélération : vitesse
   a) Distance : déplacement
   b) Déplacement : vitesse
   c) Vitesse : déplacement
   d) Déplacement : accélération
   e) Travail : énergie

2. QUESTIONS RECAPITULATIVES SUR LE MRU ET LE MRUA

1) La vitesse moyenne est-elle toujours différente de la vitesse instantanée ?

2) L'accélération est-elle toujours plus grande que 1 ?

3) Quand le graphe des déplacements d'un mouvement est-il différent d'une droite ?

4) Quelle est l'allure du graphique des déplacements dans un MRUA ?

5) Si une voiture est soumise à une accélération constante de 7 m/s^2, cela veut dire que toutes les secondes, sa vitesse augmente de …

6) Coche le type de mouvement correspondant aux tableaux de mesures suivants :

Δt (sec)	x (m)
0	-12
1	-12
2	-12
3	-12
4	-12

- ❑ *MRU*
- ❑ *MRUA à vitesse initiale nulle*
- ❑ *Autre type de mouvement*
- ❑ *Pas de mouvement*

Δt (sec)	v (m/s)
0	1,5
1	1,5
2	1,5
3	1,5

- ❑ *MRU*
- ❑ *MRUA à vitesse initiale nulle*
- ❑ *Autre type de mouvement*
- ❑ *Pas de mouvement*

Δt (sec)	a (m/s^2)
0	3
2	3
4	3
6	3

- ❑ *MRU*
- ❑ *MRUA*
- ❑ *Autre type de mouvement*
- ❑ *Pas de mouvement*

Δt (sec)	a (m/s^2)
0	0
2	2
4	4
6	6

- ❑ *MRU*
- ❑ *MRUA à vitesse initiale nulle*
- ❑ *Autre type de mouvement*
- ❑ *Pas de mouvement*

Δt (sec)	v (m/s)
0	0
2	4
4	7
6	9
8	10

- ❑ *MRU*
- ❑ *MRUA à vitesse initiale nulle*
- ❑ *Autre type de mouvement*
- ❑ *Pas de mouvement*

Δt (sec)	x (m)
0	0
2	3
4	6
8	12

- ❑ *MRU*
- ❑ *MRUA à vitesse initiale nulle*
- ❑ *Autre type de mouvement*
- ❑ *Pas de mouvement*

7) Quelle sera la vitesse après 1 minute d'un mobile partant du repos dont a = 36 m/s² ? ***(Rép. : 2160 m/s)***

8) Un avion met 12 s pour parcourir 540 m lors d'un MRUA, lorsqu'il part du repos. Calcule a et v après 12 s. ***(Rép. :7,5 m/s2 et 90 m/s)***
9) Une voiture part du repos et prend une accélération constante. Au bout de 5 s, sa vitesse est de 36 km/h. Calcule a, v après 15 s et Δx après 15 s. ***(Rép. : 2 m/s2, 30 m/s, 225 m)***

10) Un avion atterrit avec une vitesse de 288 km/h. A partir de sa prise de contact avec le sol, il est vigoureusement freiné (a = - 40 m/s²). Calcule le temps qu'il mettra pour s'immobiliser. ***(Rép. : 2 s)***

11) Un mobile dont la vitesse est de 600 m/min acquiert une accélération de 5 m/s². Après combien de temps sa vitesse sera-t-elle de 100 km/h ? ***(Rép. : 3,6 s)***

12) Un train démarre et prend un MRUA. Après 3 s, sa vitesse est de 2 m/s. Lorsqu'il atteint la vitesse de 60 km/h, son mouvement devient uniforme.
Calcule :
    - L'accélération. ***(Rép. : 0,666 m/s²)***
    - La durée du MRUA. ***(Rép. :25 s)***
    - La distance parcourue pendant ce temps. ***(Rép. : 208,33 m)***

13) Un avion au départ prend un MRUA. Sachant qu'après 5 secondes sa vitesse est de 144 km/h, calcule :
    - Son accélération
    - La distance parcourue en 10 s.

(Rép. : 8 m/s² et 400 m)

14) Un train roule à 72 km/h. Il freine (a = -1 m/s²). Calcule :
    - Le temps qui s'écoulera avant l'arrêt.
    - La distance parcourue du freinage jusqu'à l'arrêt.

(Rép. : 20 s et 200 m)

15) Complète les phrases suivantes :
    - La vitesse moyenne d'un mobile se calcule par la formule : v_{moy} = …………
    - Un mobile effectue un mouvement rectiligne si sa trajectoire est ………………….
    - Un mobile effectue un mouvement de rotation si sa trajectoire est …………………
    - Lorsque la vitesse d'un mobile augmente au cours du temps, on dit alors que son mouvement est ……………
    - Lorsque la vitesse d'un mobile reste constante au cours du temps, on dit alors que son mouvement est ……………

16) Pour parcourir la distance Audincourt-Paris soit 490 km environ, un automobiliste a mis 5 heures. Quelle a été sa vitesse moyenne en m/s et en km/h ? ***(Rép. : 27,2 m/s)***

17) Un joueur de foot déclenche un tir fulgurant des 25 mètres. La vitesse du ballon au moment de la frappe a été mesurée à 108 km/h. Détermine le temps que mettra le ballon pour atteindre la cage du gardien adverse. ***(Rép. : 0,833 s)***

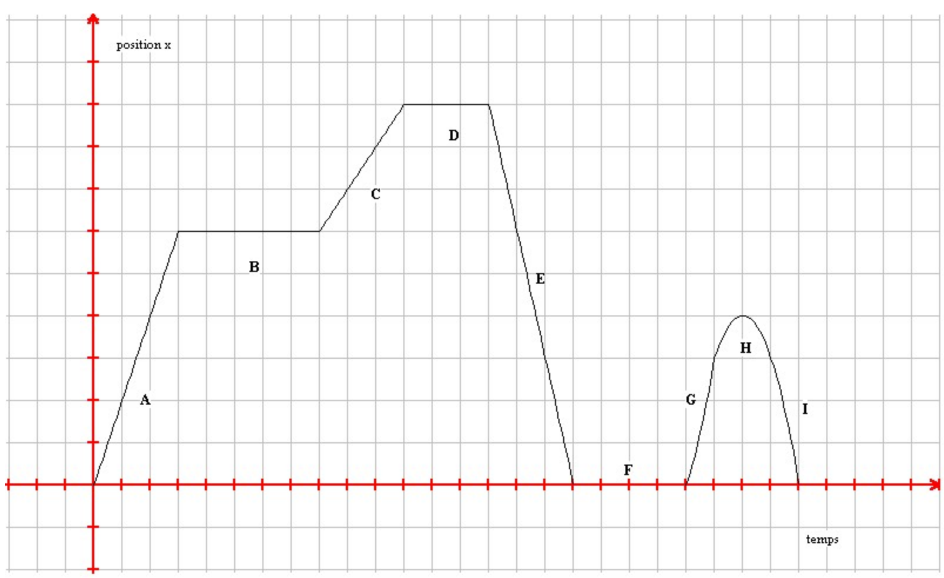
18) Lors d'une épreuve de triathlon, un concurrent a réalisé les performances suivantes :

- Natation : 1h 12 min 51 s — pour les 4 km de nage
- Cyclisme : 3 h 00 min 10 s — pour les 120 km de trajet
- Course à pied : 1 h 41 min 12 s — pour les 30 km de course

On veut déterminer la vitesse moyenne dans chaque discipline, puis la vitesse moyenne de l'épreuve complète.

a) Convertis les temps en secondes pour les 3 épreuves.
b) Convertis en mètres la distance pour les 3 épreuves.
c) Calcule la vitesse moyenne de chaque épreuve en m/s.
d) Convertis chaque vitesse en km/h.
e) Calcule la vitesse moyenne de l'épreuve complète en m/s et en km/h. ***(Rép. :26,1 km/h)***

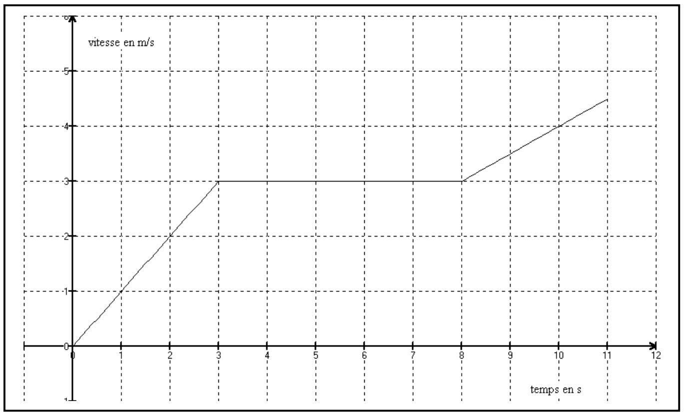
19) La figure suivante donne les positions successives d'un véhicule au cours du temps.



- *A quelle étape la plus grande vitesse en valeur absolue est-elle atteinte : à l'étape A, à l'étape C, à l'étape D ou à l'étape F ? Pourquoi ?*
- *A quelle étape le plus grand trajet est-il effectué : à l'étape A, à l'étape B, à l'étape E ou à l'étape I ? Pourquoi ?*
- *Voici trois affirmations : Réponds par **vrai**, **faux** ou **on n'a pas suffisamment d'information.***
  1. Le véhicule a gravi une pente aux étapes A, C et G.
  2. Le véhicule s'est arrêté aux étapes B, D et F.
  3. Le véhicule est revenu en arrière à l'étape E.
- *Calcule la vitesse à l'étape E*

20) Soit un footballeur à l'entraînement qui effectue en MRU 10 km en ½ h. Trace les graphiques de la vitesse et de la distance parcourue en fonction du temps.

21)



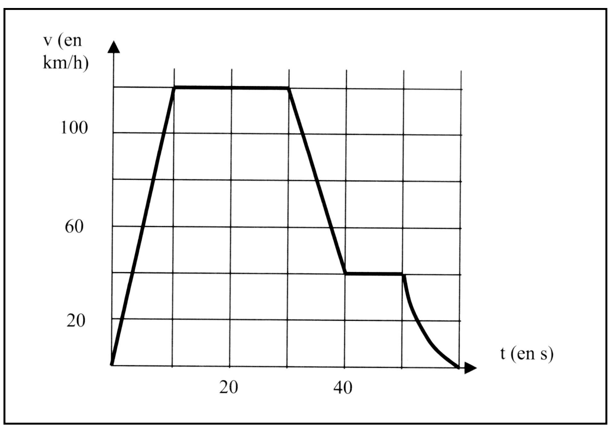
Décris les 3 types de mouvement suivi par la voiture.

Que vaut la vitesse après 5 s ?
Que vaut la vitesse après 10 s ?
Que vaut l'accélération en t = 2 s ?
Calcule la distance parcourue entre t = 3 s et t = 8 s.

22) Soit un athlète courant en MRU à v = 4 m/s. Un autre athlète se déplace à une vitesse v = 0,7 t. Calcule graphiquement le temps pris par le coureur 2 pour atteindre la vitesse du coureur 1.

23) Un bus roulant à une vitesse de 80 km/h freine et s'arrête en 15 s. Calcule l'accélération puis trace les graphiques de l'accélération, de la vitesse et de la distance parcourue en fonction du temps.

24) Olympiades de physique 2005 (5ème année), question 15
Le mouvement d'une voiture le long d'une route rectiligne, dans le sens de l'axe x, est donné par le graphique vitesse-temps v(t) suivant :



Coche **toutes** les affirmations correctes parmi les suivantes :

- ☐ La voiture se déplace toujours dans le même sens.
- ☐ Entre t = 20 s et t = 30 s, le mouvement est un mouvement rectiligne uniformément varié (accélération non nulle).
- ☐ Entre t = 40 s et t = 60 s, la voiture freine.
- ☐ Pendant les 10 premières secondes, l'accélération vaut 12 m/s².
- ☐ La vitesse moyenne au cours des 50 premières secondes est 84 km/h.

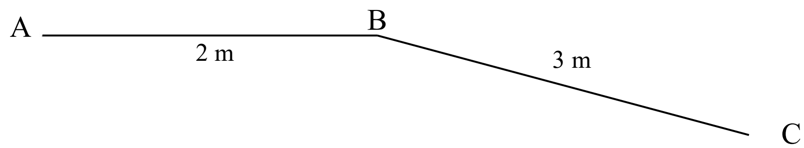
25)Olympiade de Math 2005, question 22

Pour arriver à l'heure à un rendez-vous, M. Lelièvre doit rouler à une vitesse moyenne de 60 km/h. S'il effectue la première moitié du trajet à la vitesse moyenne de 40 km/h, quelle devra être la vitesse moyenne de M. Lelièvre sur la seconde moitié du trajet pour être au rendez-vous à l'heure convenue ?

(a) 120 km/h (b) 100 km/h (c) 90 km/h (d) 80 km/h
(e) Il manque des données pour pouvoir trouver cette vitesse moyenne

26)Olympiades de physique 2006 (5ème année), question 4

Une bille roule sur la piste suivante. Sur AB, son mouvement est rectiligne uniforme et, sur BC, rectiligne uniformément varié ($a = 2\ m/s^2$). Après combien de temps cette bille arrive-t-elle en C sachant qu'elle est lancée en A (vers C) à 50 cm/s ? (la vitesse ne change pas de valeur en B).



(a) 10 s (b) 5,7 s (c) 1,8 s (d) 5,5 s (e) 1,5 s

3. CHUTE DES CORPS

3.1. Expériences

Expérience 1 : Laissons tomber d'une même hauteur deux objets de masses très différentes. On constate que les deux objets arrivent en même temps au sol.

Expérience 2 : Laissons maintenant tomber une pièce de monnaie et un morceau de papier découpé à la même taille. On constate que la pièce arrive la première au sol.

Question : Pourquoi la pièce et le morceau de papier n'arrivent-ils pas en même temps ?

....

....

....

Dans la suite du cours, on ne tiendra pas compte de la résistance de l'air. On considérera que les corps tombent dans le vide. C'est ***la chute libre***.

On peut conclure de l'expérience 1 que deux corps de masses différentes tombant d'une même hauteur arrivent en même temps au sol (si on néglige la résistance de l'air).

Question : Si on laisse tomber une pièce, quel type de mouvement prendra-t-elle si on ne tient pas compte de la résistance de l'air ?

....

....

....

L'équation du mouvement est donc du type : $\Delta x = v_0.\Delta t + \frac{a.(\Delta t)^2}{2} \Rightarrow \Delta x = \frac{a.(\Delta t)^2}{2}$

(On considérera dans la suite que v_0 est nul)

Expérience 3

Si on connaît Δx, la hauteur de chute, en mesurant le temps de chute Δt avec un chronomètre, on peut déterminer la valeur de l'accélération a.

Hauteur de chute : ....   Temps de chute : ....

$\Rightarrow a = \frac{2.\Delta x}{(\Delta t)^2} \cong$

Dans ce cas, « a » est appelé l'***accélération de la pesanteur*** et sera noté "g".

3.2. Equations

Si on considère que $\Delta x = h$, la hauteur de chute,

On a :

$$\boxed{h = ½ \,.\, g \,.\, (\Delta t)2} \qquad \boxed{vt = g \,.\, \Delta t}$$

On en déduit que $\Delta t = v_t / g$,

$\Rightarrow h = (½ \,.\, g \,.\, v_t^2)/g^2 = ½ \,.\, v_t^2/g$ $\qquad \Rightarrow v_t^2 = 2 \,.\, g \,.\, h \quad \Rightarrow v_t = \sqrt{2gh}$

$$\boxed{v_t = g \,.\, \Delta t = \sqrt{2gh}}$$

$g = 9{,}81$ m / s^2, l'accélération de la pesanteur. Ces formules sont valables si $v_0 = 0$.

***Remarque* : variation de « g » en fonction de l'altitude et de la latitude :**

***g* varie avec l'altitude**:
à 0 m: $g = 9{,}81$ m/s^2 (variable selon l'endroit)
à 1000 m: $g = 9{,}807$ m/s^2
à 10000 m: $g = 9{,}779$ m/s^2

***g* varie avec la latitude**:
à l'équateur: $g = 9{,}780$ m/s^2
à Bruxelles: $g = 9{,}811$ m/s^2
au pôle Nord: $g = 9{,}832$ m/s^2

3.3. Explication de l'expérience 1

Si on laisse tomber un gros objet lourd et un petit objet léger, ils arrivent en même temps au sol, bien que leur masse soient différentes. Ces deux corps sont soumis uniquement à l'action de la pesanteur ($g = 9{,}81$ m / s^2) et tombent donc de la même façon.

En effet, dans les équations de la chute libre d'un corps, ***la masse n'intervient pas*** et par conséquent, le temps de chute ne dépend que de la hauteur de chute et de *g*.

3.4. Mouvement vertical vers le haut

Si une balle est lancée verticalement vers le haut, sa vitesse diminue de 9,81 m/s toutes les secondes. La montée et la descente sont symétriques dans l'espace et dans le temps autour du sommet. En négligeant la résistance de l'air, la valeur absolue de la vitesse d'un objet est la même pour une altitude donnée à la montée comme à la descente. (la montée est la même que si le film de la descente est tourné en sens inverse)

3.5. Applications sur la chute libre des corps

1) Soit un élève turbulent qui monte sur le toit de l'Athénée et laisse tomber un petit caillou sur un de ses professeurs. Combien de temps mettra le caillou pour arriver sur la tête du prof ?

2) Une pierre est lancée jusqu'à une hauteur de 2,5 m au-dessus du niveau d'un pont qui surplombe une rivière située 15 m plus bas.

   a) Avec quelle vitesse la pierre a-t-elle été lancée ? (***Rép.*** *: 7 m/s*)
   b) Quelle est la vitesse acquise par la pierre au contact de l'eau ? ***(Rép.*** *: 18,5 m/s)*

3) Combien de temps (en sec) mettra une pierre tombant de la 1ère tour PETRONA pour atteindre le sol ? (hauteur de la tour = 451,9 m). Quelle est la vitesse après 4 sec ? ***(Rép.: 9,6 sec et 39,2 m/s)***

4) Une pierre tombe du sommet d'une tour et atteint le sol au bout de 0,05833 min.

Calcule : a) la hauteur de la tour ***(Rép. : 60 m)***
b) la vitesse de la pierre au moment où elle touche le sol ***(Rép. : 34,3 m/s)***

5) Vérifie que la formule $v_t = \sqrt{2gh}$ est dimensionnellement correcte.

6) Un marteau et une plume, lâchés simultanément près de la surface de la Terre ne restent pas ensemble lorsqu'ils tombent. Cependant, si on réalisait cette expérience sur la Lune, alors ils tomberaient ensemble. L'explication de ceci est le fait que :
   a) L'air sur la Lune est plus dense que sur la Terre
   b) Il n'y a pas d'air sur la Lune
   c) La Lune n'a pas de gravité
   d) La gravité de la Lune est beaucoup plus faible que celle de la Terµre
   e) La gravité de la Lune est beaucoup plus forte que celle de la Terre

LE RECORD DE CHUTE LIBRE

Le lieutenant I.M. Chisov de l'ancienne Union Soviétique conduisait son Ilyushin 4 un jour de grand froid de janvier 1942, quand il fut attaqué par 12 Messerschmitts allemands. Convaincu qu'il n'avait aucune chance de survivre, s'il restait dans son avion gravement touché, Chisov sauta d'une altitude de 6700 m. Les chasseurs ennemis bourdonnant tout autour, Chisov décida habilement, de s'échapper du champ de bataille en chute libre. Son plan était de n'ouvrir son parachute qu'à une altitude de l'ordre de 300 m. Malheureusement, il perdit connaissance au cours de sa chute. Par chance, il tomba au bord d'un ravin escarpé couvert d'un mètre de neige. Arrivant avec une vitesse de 200 km/h, il laboura la neige le long de la pente jusqu'au fond. Chisov se réveilla 20 minutes plus tard, contusionné et endolori, mais miraculeusement ne souffrant que d'une commotion de la colonne vertébrale et d'une fracture du bassin. Trois mois plus tard, il reprit son travail comme instructeur de vol.

(Hecht E., Physique, De Boeck Université, 1999)