

Exercices M1: Cinématique du point

A) Questions de compréhension

1) Un voyageur dans un train en mouvement à vitesse constante laisse tomber un objet. Esquisser l'allure de la trajectoire :

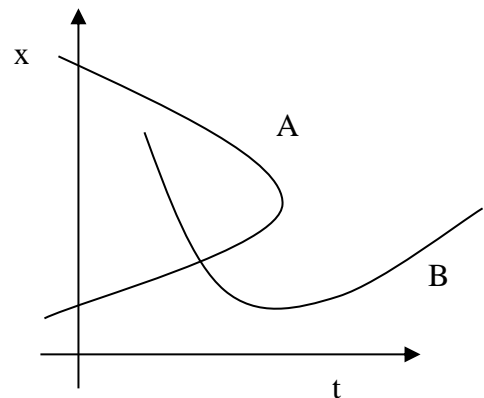
- pour un observateur extérieur, immobile sur le trottoir,
- pour le voyageur dans le train,
- pour un voyageur dans un autre train qui dépasse le premier.

2) Un point mobile M se déplace dans un plan. On le repère par ses coordonnées x et y dans un repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{j}) . Les équations horaires de son mouvement sont :

$$x = 3t + 1 \quad ; \quad y = 4t - 1 \quad (x \text{ et } y \text{ en cm, } t \text{ en s})$$

- Etablir l'équation $y = f(x)$ de sa trajectoire. Quelle est sa nature ?
- Déterminer la distance parcourue par M entre les dates $t = 0$ s et $t = 1$ s.
- Déterminer la distance parcourue par M entre les dates t et $t + 1$ s. Conclure.

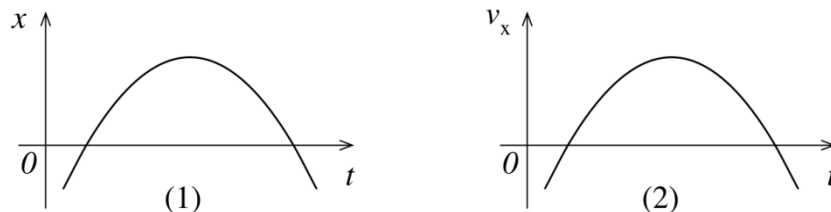
3) (Fig. à droite) Dans la figure suivante, deux courbes A et B représentent des relations entre la position x et le temps t . Ces courbes représentent-elles toutes les deux un mouvement possible? Justifiez une éventuelle réponse négative.



4) Vrai ou faux ?

- Un mouvement rectiligne est dit uniforme si le mobile parcourt des distances égales en des durées égales.
- Dans un diagramme (t, v) , la distance parcourue par le mobile n'est pas représentée.
- Si la vitesse d'un point mobile est constante, le mouvement de ce point est nécessairement rectiligne.
- Dans un diagramme (t, x) , la vitesse du mobile n'est pas représentée.
- Un mouvement dans lequel le vecteur vitesse et le vecteur accélération sont constants est possible.
- Si un mouvement est uniforme, le vecteur accélération est toujours nul.
- La donnée « $a = 10 \text{ms}^{-2}$ » signifie que la vitesse du corps considéré augmente de 1ms^{-1} en 10s.
- Lorsque l'accélération du centre d'inertie d'un solide est nulle, le solide n'est soumis à aucune force.
- La vitesse moyenne sur un trajet est toujours égale à la moyenne algébrique des vitesses sur les différentes étapes du trajet.
- Un chariot accéléré à partir du repos parcourt $2m$ en $1s$. En $2s$ il parcourt $4m$.
- Le vecteur accélération est en tout point tangent à la trajectoire.
- Lorsqu'on parcourt la moitié du chemin à 10km/h , et l'autre moitié à 20km/h , la vitesse moyenne vaut 15km/h .

- b) Lorsqu'on parcourt la moitié du temps à 10 km/h , et l'autre moitié à 20 km/h , la vitesse moyenne vaut 15 km/h .
- 5) Dessiner $x = f(t)$ d'un mobile animé d'un MRUA tel que : $x_0 > 0$; $v_{0x} < 0$ et $a_x > 0$.
 - 6) Deux véhicules A et B, initialement au repos à la même position dans l'espace, ont même accélération. Quels sont les rapports entre leurs vitesses et leurs positions si A accélère deux fois plus longtemps que B ?
 - 7) Bernard et Francesco roulent côte à côte à bicyclette à la vitesse de 36 km/h . Subitement Bernard accélère et prend $4,5 \text{ m}$ d'avance au bout de 3 s . La vitesse de Francesco n'a pas varié. L'accélération de Bernard est-elle la même suivant qu'on prend comme référentiel la Terre ou Francesco ? Expliquer.
 - 8) Dans un test automobile, on lit : Départ : $0 - 100 \text{ km/h} : 8,3 \text{ s}$ Reprises: $80 - 120 \text{ km/h} : 5,6 \text{ s}$
A quelles grandeurs physiques ces données se réfèrent-elles? Calculez-les.
 - 9) Voici les représentations graphiques de deux mouvements différents (1) et (2).



Indiquer sur les représentations (1) et (2) les points pour lesquels la vitesse v_x est nulle. Décrire l'évolution de la vitesse v_x lors du mouvement (1), et de l'accélération a_x lors du mouvement (2).

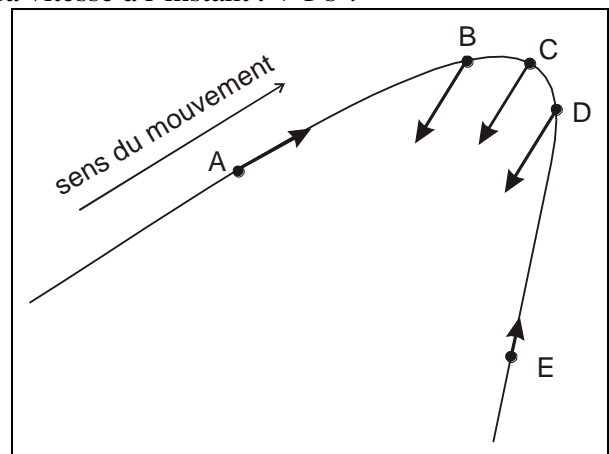
10) a) Une boule est lancée sur un plan incliné avec une vitesse initiale positive. Le sens positif correspond à l'ascension. Comment évoluent les signes de la vitesse et de l'accélération?

b) Une voiture, animée d'une vitesse $v_x = -15 \text{ m/s}$ à un instant t , accélère avec une accélération qui vaut $a_x = -2 \text{ m/s}^2$. Quelle sera sa vitesse à l'instant $t + 1 \text{ s}$?

11) Mouvement curviligne

Voici le vecteur accélération représenté en différentes positions A, B, C, D, E occupés successivement par le mobile.

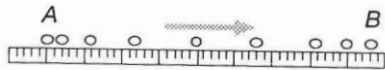
Décrire, pour chacune de ces positions, si la vitesse du mobile est en train d'augmenter, de diminuer ou de rester constante.



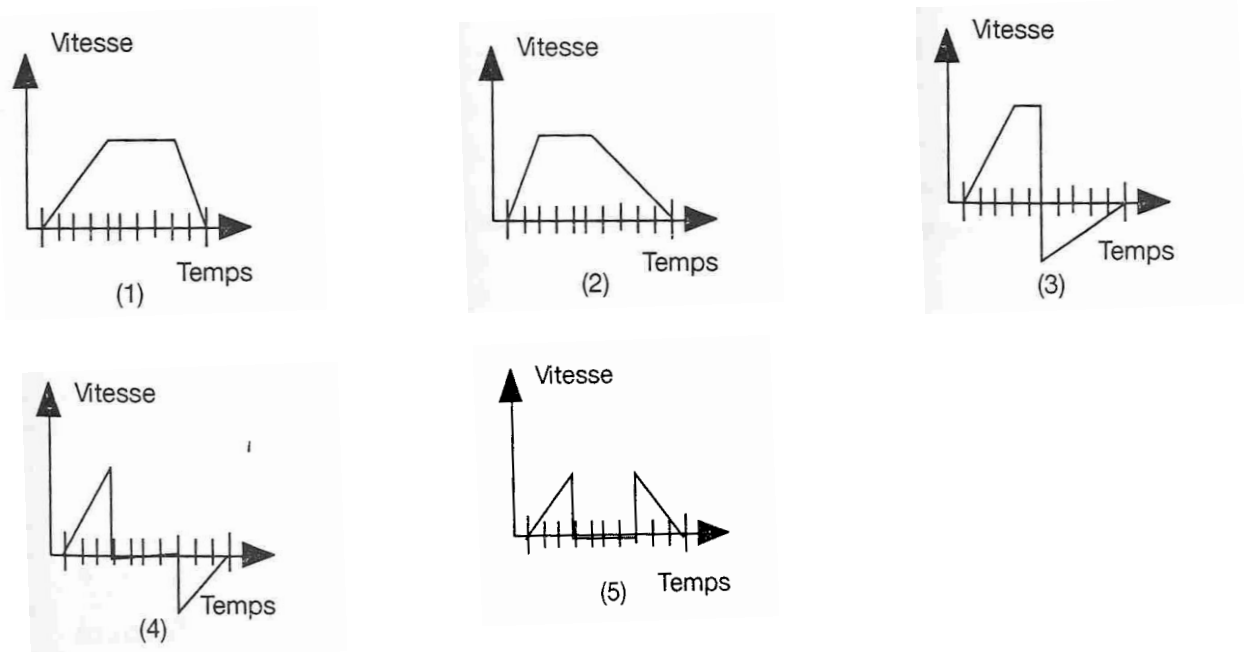
B) Exercices officiels

C1 Etude stroboscopique d'un mouvement

Le diagramme ci-dessous représente les positions d'un même mobile entre son départ A et son arrêt B, notées à intervalles de temps réguliers (comme sur une photographie stroboscopique).



Quel est le diagramme vitesse-temps qui figure le mieux ce mouvement ?



C2 Avion à pédales

En 1979, Brian Allen parcourait la distance séparant Folkestone, en Grande-Bretagne, du Cap Gris-Nez, en France, à bord de l'avion à pédales Gossamer Albatross. Il parcourut une distance en ligne droite de 38,5 km en 2 h 49 min. Quelle était sa vitesse moyenne ?

$$(v_m = 13,7 \text{ km/h} = 3,80 \text{ m/s})$$

C3 Dupond et Dupont

Dupond et Dupont font une randonnée à bicyclette à travers l'Oesling. Avant de partir, Dupond se plaint de la longueur et de la difficulté du parcours vallonné, long de 50 km. Dupont lui répond : «Étant donné que nous reviendrons en fin de promenade à notre lieu de départ, nous aurons autant de montées que de descentes. Après chaque effort durant la montée, tu pourras te reposer en descendant en roue libre. Ainsi, si tu montes à une vitesse de 5 km/h, tu pourras descendre les côtes à 45 km/h, ce qui donnera une vitesse moyenne de 25 km/h. Nous serons donc de retour dans 2 heures.»

Dupont a-t-il raison ?

Au bout de combien de temps seront-ils de retour ?

$$(\Delta t = 5,56 \text{ h})$$

C4 Etude qualitative de mouvements rectilignes.

Complétez, pour les mouvements rectilignes suivants, le tableau suivant :

	position x en fonction du temps t : $x(t)$	composante de la vitesse selon x : v_x en fonction du temps t : $v(t)$	Courte description du mouvement
1			
2			
3	Courte description du mouvement		

C5 Accélération moyenne

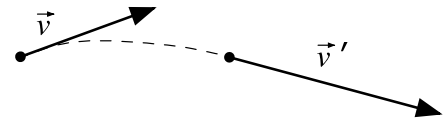
Déterminez l'accélération moyenne dans chacun des cas suivants.

- Un DC10 partant du repos atteint sa vitesse de décollage de 360 km/h en 50 s.
- Un avion Corsair de la marine s'approche d'un porte-avions à 180 km/h et il est arrêté par un filet en 4 s.
- Une capsule d'entraînement atteint 1440 km/h en 2 s.

$$(a_x = 2 \text{ m/s}^2 ; a_x = -12,5 \text{ m/s}^2 ; a_x = 200 \text{ m/s}^2)$$

C6 Vecteur accélération

La figure ci-contre montre les vecteurs vitesse instantanée à deux instants séparés de 1 s. Les directions des vecteurs forment un angle de 35° et la valeur de la vitesse passe de 4 m/s à 6 m/s.

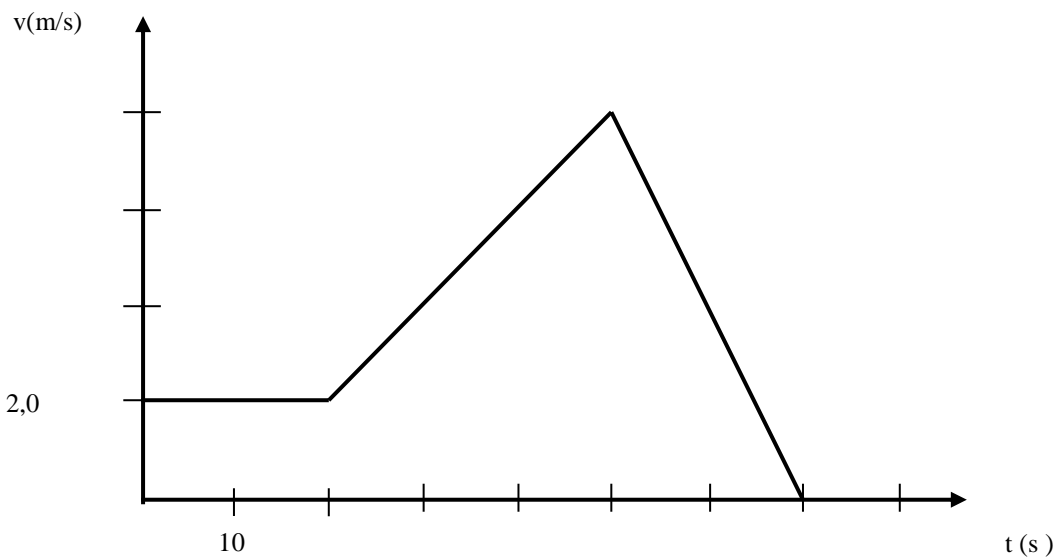


- Déterminer graphiquement le vecteur variation de vitesse.
- Déterminer la valeur de l'accélération.

C7

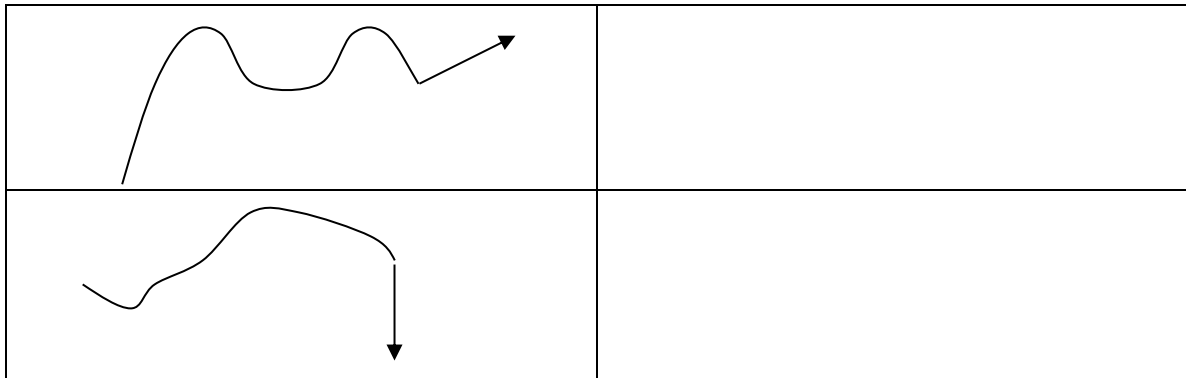
Le graphique ci-dessus montre la vitesse d'un mobile en mouvement rectiligne en fonction du temps.

- Calculez les accélérations des différentes phases du mouvement.
Tracez un graphique de l'accélération en fonction du temps (à l'échelle).
- Déterminer la distance parcourue par le mobile pendant les 50 premières secondes ?
- La distance après 70s ?



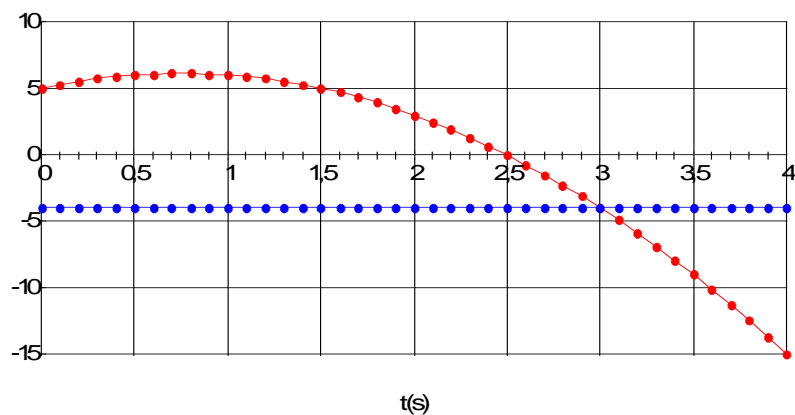
C8 Evolutions de mouvements accélérés

Voici deux situations distinctes ; la flèche représente l'accélération. Expliquez comment vont évoluer la trajectoire et la vitesse (motivez) !



C9 Etude graphique du MRUV

Voici l'enregistrement du mouvement d'un chariot sur un rail incliné.



- Précisez laquelle des courbes est la position : x , respectivement la composante de l'accélération selon Ox : a_x . Motivez votre choix.
- Etablissez l'expression de $x(t)$, de $v_x(t)$ et de $a_x(t)$ à partir du graphique.
- Rajoutez la composante de la vitesse selon Ox : $v_x(t)$ sur le graphique.
- Où le mouvement est-il accéléré, où est-il freiné ? Expliquez !

($x(t) = -2t^2 + 3t + 5$ et $v_x(t) = -4t + 3$)
(décélération dans le sens des x croissant entre 0 et 0,75 s et accélération dans le sens des x décroissants entre 0,75 s et 4s.)

C10 TGV

Un train à grande vitesse de masse $M = 400$ tonnes roule sur une voie horizontale à la vitesse 252 km/h. Le conducteur provoque le ralentissement de la rame et obtient une décélération constante de $0,75 \text{ m/s}^2$. Calculer la distance parcourue, lorsque la vitesse du train est tombée à 108 km/h. ($\Delta x = 2,67 \text{ km}$)

C11 Freinage sur autoroute

Un automobiliste roule sur un tronçon d'autoroute rectiligne à la vitesse de 130 km/h. Soudain, un obstacle fixe apparaît sur la voie à une distance $d = 120$ m. Le conducteur freine immédiatement et réduit sa vitesse à 105 km/h au bout d'une durée $t = 1$ s.

- Calculer la valeur de la décélération.
- Si l'on suppose que la décélération de l'automobile reste constante, à quelle distance de l'obstacle la voiture va-t-elle s'arrêter ?
- On envisage maintenant cette éventualité : le conducteur ne réagit pas tout de suite et commence à freiner une seconde après l'apparition de l'obstacle. Il impose alors à son véhicule la décélération calculée au point a).
À quelle distance de l'obstacle l'automobile va-t-elle s'arrêter ?

($a_x = -6,94$ m/s² b) $\Delta x = 26,1$ m c) $d=10$ m derrière l'obstacle => choc.)

C12 Piétons

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 quelle date A dépassera-t-il B ?
- Quelle sera alors la distance parcourue par chaque piéton depuis l'origine des temps ?
- Représentez sur un graphique la position des piétons en fonction du temps.

(a) $t = 160$ s ; b) $\Delta x_A=240$ m et $\Delta x_B=160$ m)

C13 Paris-Luxembourg

A Luxembourg, un voyageur prend à 06.00h du matin le train pour Paris. Ce train roule à une vitesse de 100 km/h. A 07.00h, un second voyageur part de Paris en direction de Luxembourg, à la vitesse de 150 km/h. A Reims, qui se trouve à 150 km de Paris, le train tombe en panne et doit s'arrêter pendant une heure, puis repart avec la même vitesse vers le Luxembourg.

- Trouver graphiquement le lieu et la date de la rencontre, sachant que la distance Paris-Luxembourg vaut 400 km.
- Quelle est la vitesse moyenne du 2e train Paris-Luxembourg. (t=8h30 à Reims)

C14 Poursuite

Un automobiliste roule à la vitesse constante de 120 km/h sur une route rectiligne où la vitesse est limitée à 90 km/h. Un motard de la Police part à sa poursuite. Il démarre au moment précis où l'auto passe devant lui. Le motard est animé d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré qui le fait passer de 0 à 100 km/h en 10 s.

- Calculez la durée de la poursuite.
- Déterminez la distance parcourue lors de la poursuite.
- Interprétez les résultats sur un graphique (pas nécessairement à l'échelle).
- Calculez la vitesse du motard lorsqu'il rattrape l'auto.

(a) $t=24$ s b) $\Delta x_M = \Delta x_A=800$ m d) $v_{xM}=66,7$ m/s=240km/h)

C15 Rien ne sert de courir...

Sur le quai d'une gare, une voyageuse, en retard, court à une vitesse constante de 8 m/s pour essayer d'attraper son train. Le train démarre alors qu'elle est à une distance d du dernier wagon et décrit un MRUA d'accélération $a = 0,5 \text{ m/s}^2$.

- Montrez que pour $d = 100 \text{ m}$, la voyageuse ne peut pas rejoindre son train. Déterminez la distance minimale séparant la pauvre voyageuse du train.
- Déterminez à quelle date la voyageuse rejoint le train, si $d = 40 \text{ m}$.
- Déterminez quelle devrait être la distance maximale d_{\max} pour que la voyageuse puisse atteindre le dernier wagon.
- Interprétez les résultats sur un graphique (pas nécessairement à l'échelle).
(a) $\Delta = 64 - 100 < 0$ pas de solut. pour l'éq. du 2° degré ; $d_{\min} = 36 \text{ m}$ b) $t = 6,20 \text{ s}$ (et $t = 25,8 \text{ s}$) c) $d_{\max} = 64 \text{ m}$

C16 : Chute libre :

Les hauteurs des plongeurs d'une piscine sont de 1m, 3m et 10m. Si on néglige la résistance de l'air, calculer :

- le temps de chute pour chaque plongeur
- la vitesse du plongeur au moment de son entrée dans l'eau pour chaque plongeur
(avec $g = 9,8 \text{ m/s}^2$: $0,45 \text{ s}$; $0,78 \text{ s}$; $1,43 \text{ s}$)

C17 : Chute libre

Une pierre est lancée verticalement vers le haut à partir d'une falaise située à 30 m au-dessus du niveau de la mer avec une vitesse initiale de 30 m/s. La résistance de l'air est négligée.

- Quelle(s) force(s) agit/agissent sur la pierre pendant son vol ?
- Décrivez le mouvement de la pierre jusqu'à ce qu'elle touche le sol.
- Après combien de temps va-t-elle changer de sens ?
- Calculer la hauteur atteinte par la pierre ?
- Calculer la durée de vol de la pierre ?

(a) poids b) MRU décélééré vertical jusqu'à l'arrêt au sommet ensuite MRU accéléré vers le bas jusqu'à heurter la surface de l'eau c) avec $g = 10 \text{ m/s}^2$: $t = 3,0 \text{ s}$ d) $h = 45 \text{ m}$ audessus de la falaise ou 75 m au-dessus du niveau de la mer e) $t = 6,9 \text{ s}$)

C 18 : Chute libre

On laisse tomber une pierre dans un puits profond et on entend le bruit de la chute au bout de 4,5 secondes. Nous savons que le son parcourt 340 mètres par seconde. $g = 10 \text{ m/s}^2$

Calculer la profondeur du puits

- ne tenant pas compte de la vitesse du son ($h = 101 \text{ m}$)
- en tenant compte de la vitesse du son ($h = 90 \text{ m}$)

C19 : Chute de pierres

Anne étudie la chute de deux pierres : elle laisse tomber la première du haut d'un immeuble de hauteur h égale à 20 m sans vitesse initiale et mesure la durée de la chute. Envisager deux repères : origine au pied de l'immeuble et origine au point de lancement de la pierre. a) Établir les équations horaires de la pierre dans chacun des deux repères! b) Déterminer la durée de chute de la pierre. Dépend-elle du repère ?

Exercices supplémentaires :

20) On lance successivement deux balles de tennis avec une vitesse $v_0=10\text{m/s}$ verticalement vers le haut. L'écart entre le lancement de la première et de la deuxième balle est de 1s. Quand et où vont se rencontrer les deux balles?

Rép : Equation du MRUA avec $a=-g=-10\text{m/s}^2$

1ère balle: $y_1 = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_0 \cdot t$

2ème balle: $y_2 = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot (t-1)^2 + v_0 \cdot (t-1)$ car pour $t=1\text{s}$, $y_2=0$

Rencontre: $y_1=y_2$

$-\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_0 \cdot t = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot (t^2 - 2t + 1) + v_0 \cdot t - v_0$

$g \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot v_0 = 0$ quand?: $t_R = \frac{\frac{1}{2}g + v_0}{g} = 1,5\text{s}$ où? $y_R = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_0 \cdot t = 3,75\text{m}$

21) a) Une voiture roule à 50km/h avant de freiner avec une décélération $a=3\text{m/s}^2$. Déterminer la distance de freinage d parcourue jusqu'à l'arrêt.

b) La même voiture roule maintenant à 70km/h avant de freiner sous les mêmes conditions.

c) Quelle sera la vitesse après la distance de freinage d obtenue sous a)? Commenter.

Rép. a) $v_0=50\text{km/h}=13,9\text{m/s}$ $a=-3\text{m/s}^2$

durée du freinage: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = -\frac{v_0}{t} \Leftrightarrow t = \frac{-v_0}{a} = \frac{-13,9}{-3} = 4,63\text{s}$ distance: $d = \frac{v_0 + 0}{2} \cdot t = 32,2\text{m}$

b) $v_0=70\text{km/h}=19,44\text{m/s}$ $a=-3\text{m/s}^2$

vitesse après freinage sur une distance $d=32,2\text{m}$:

$2a \cdot d = v^2 - v_0^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{2 \cdot a \cdot d + v_0^2} = 13,6\text{m/s} = 49\text{km/h}$

22) (Fig. à droite) Un véhicule se déplace à partir de $x_0=0$ sur un trajet rectiligne. Sa vitesse est caractérisée par le diagramme suivant.

- a) Indiquer sur les 5 intervalles de temps :
- la valeur algébrique de l'accélération a .
 - le déplacement Δx

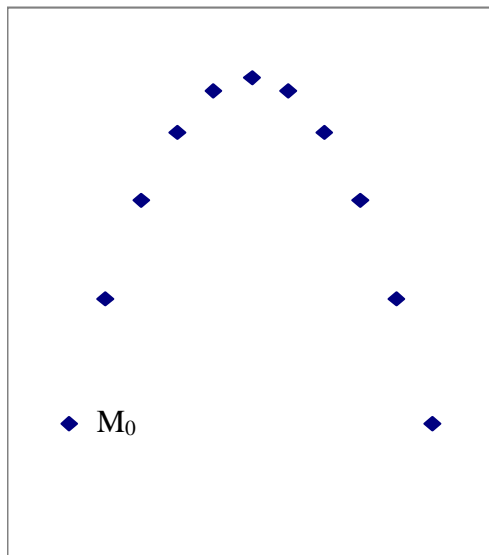


b) Déterminer à la fin du mouvement à $t=100\text{s}$

- la position x finale ($x=900\text{m}$)
- le chemin parcouru en valeur absolue ($l = \sum |\Delta x_i| = 1500\text{m}$)

Rép.a)

$0 < t < 30\text{s}$	$30 < t < 50\text{s}$	$50 < t < 60\text{s}$	$60 < t < 80$	$80 < t < 100$
$a_1 = 1\text{m/s}^2$	$a_2 = 0$	$a_3 = -3\text{m/s}^2$	$a_4 = 0$	$a_5 = -1,5\text{m/s}^2$
$\Delta x_1 = 450\text{m}$	$\Delta x_2 = 600\text{m}$	$\Delta x_3 = 150\text{m}$	$\Delta x_4 = 0$	$\Delta x_5 = -300\text{m}$



23) (Fig. à gauche) Sur l'enregistrement suivant $\tau=0,05\text{s}$

- Construire le vecteur vitesse en M_1 et M_9 .
- Déduire le vecteur accélération moyenne.

Échelle: vitesse ($0,1\text{m/s} \rightarrow 1\text{cm}$)
accélération ($0,5\text{m/s}^2 \rightarrow 1\text{cm}$)