

1. Mouvement

Un corps est en mouvement lorsqu'il occupe successivement des positions différentes dans l'espace. L'ensemble de ces positions se nomme trajectoire. Les mouvements peuvent être classés suivant trois cas.

a) Suivant la forme de la trajectoire

La trajectoire définit le mouvement; il peut être rectiligne, circulaire, hélicoïdal, parabolique, etc.

b) Suivant le sens du parcours

Lorsque la trajectoire est parcourue dans un seul sens, le mouvement est continu; au contraire, si le mobile se déplace dans un sens, puis dans l'autre, le mouvement est alternatif.

c) Suivant les espaces parcourus

Un mobile qui parcourt des espaces égaux, pendant des temps égaux, est animé d'un mouvement uniforme. Dans les autres cas, le mouvement est varié.

1. 1. Mouvement rectiligne uniforme

C'est un mouvement dans lequel la trajectoire est rectiligne, la vitesse du mobile constante. Les espaces parcourus sont égaux, dans des temps égaux, quel que soit l'instant considéré.

$$v = \frac{s}{t}$$

- v [m/s] vitesse
- s [m] espace parcouru (« space », tiré de l'anglais, symbole international)
- t [s] temps

La vitesse d'un mobile est égale au chemin parcouru dans l'unité de temps. Elle s'exprime par exemple suivant les cas en [km/h], [m/min], [m/s].

Attention

Dans tous les problèmes, il faut tenir compte des unités dans lesquelles les valeurs ont été données et faire les transformations nécessaires.

Exemple 1

Un train parcourt 180 kilomètres en 2 heures. Calculer sa vitesse en mètres par seconde.

Solution

Vitesse en kilomètres par heure

$$v = \frac{s \text{ [km]}}{t \text{ [h]}} = \frac{180}{2} = 90 \text{ km/h}$$

Pour calculer la vitesse en [m/s], il faut modifier les unités

$$\frac{\text{km} \cdot 1000}{\text{h} \cdot 3600} = \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$v = 90 \text{ km/h} \rightarrow 90 \frac{1000}{3600} \text{ m/s} = 25 \text{ m/s}$$

Exemple 2

Une automobile parcourt en 1 minute 10 secondes la distance de 2 kilomètres. A quelle vitesse en kilomètres à l'heure roule-t-elle?

Solution

Temps $t = 70$ s

Espace parcouru $s = 2$ km

Vitesse en mètres par seconde

$$v = \frac{s \text{ [m]}}{t \text{ [s]}} = \frac{2 \times 1000}{70} = 28,57 \text{ m/s}$$

Vitesse en kilomètres par heure

$$v = 28,57 \text{ m/s} \frac{3600}{1000} = 102,852 \text{ km/h}$$

1. 2. Mouvement rectiligne des liquides

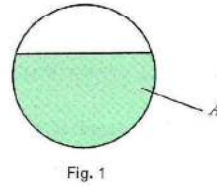


Fig. 1
Section cylindrique

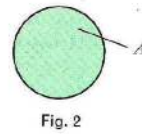


Fig. 2

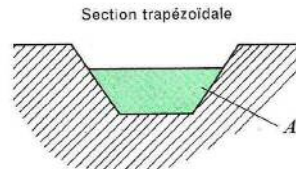


Fig. 3

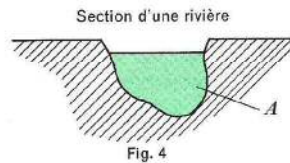


Fig. 4

Considérons une conduite quelconque où s'écoule un liquide (fig. 1 à 4). Le débit est la quantité de liquide qui s'écoule pendant l'unité de temps. La vitesse du liquide dans une conduite n'est pas uniforme; nous allons considérer la vitesse moyenne.

Débit volumique

$$Q_v = v \cdot A$$

Q_v [m³/s] débit volumique
 v [m/s] vitesse moyenne d'écoulement
 A [m²] section utilisée de la conduite

Remarque

Dans cette formule comme dans d'autres, il est nécessaire d'accorder les unités; par exemple, si le débit volumique est donné en litres par seconde ou [dm³/s], la vitesse est exprimée en [dm/s] et la section utile A en [dm²].

Exemple 3

Une pompe centrifuge débite 800 litres par minute dans une conduite de 150 millimètres de diamètre. Quelle est la vitesse de l'eau en mètres par seconde?

1. 3. Mouvement rectiligne uniformément accéléré

1. 3. 1. Accélération

Lorsqu'une bille roule le long d'un plan incliné, sa vitesse augmente régulièrement. Admettons qu'au bout d'une seconde sa vitesse atteint 2 mètres par seconde et que pendant la seconde suivante sa vitesse augmente encore de 2 mètres par seconde, et ainsi de suite chaque seconde.

L'accroissement de vitesse pendant chaque seconde est l'accélération du mouvement.

L'unité d'accélération est le mètre par seconde, par seconde [m/s²].

Si la vitesse v est exprimée en [m/s] et le temps t en [s], nous avons:

$$a = \frac{v}{t} = \frac{\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}{[\text{s}]} = \left[\frac{\text{m}}{\text{s} \cdot \text{s}} \right] = \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

Ainsi nous constatons que l'accélération s'exprime en [m/s²].

Exemple 4

Un mobile partant du repos atteint la vitesse de 60 mètres par seconde après 15 secondes. Calculer son accélération.

Solution

$$a = \frac{v}{t} = \frac{60}{15} = 4 \text{ m/s}^2$$

Solution

De la formule générale

$$Q_v = v \cdot A$$

nous tirons la vitesse

$$v = \frac{Q_v}{A}$$

en accordant les unités, nous avons:

$$v = \frac{Q_v}{A} = \frac{\left[\frac{\text{l}}{\text{s}} \right]}{\left[\text{dm}^2 \right]} \text{ ou } \frac{\left[\frac{\text{dm}^3}{\text{s}} \right]}{\left[\text{dm}^2 \right]} = \left[\frac{\text{dm}}{\text{s}} \right]$$

On doit donc introduire dans la formule le débit volumique en [dm³/s] et la section en [dm²]. On trouve la vitesse du liquide en [dm/s].

$$v = \frac{Q_v}{A} = \frac{800}{\pi \cdot d^2} = \frac{800}{\pi \times 1,5^2}$$

$$= \frac{800 \times 4}{60 \times \pi \times 1,5^2} = 7,5 \text{ dm/s}$$

En transformant: 7,5 dm/s correspond à 0,75 m/s.

2^e possibilité, en transformant au préalable le débit en [m³/s] et la section en [m²]:

$$v = \frac{Q_v}{A} = \frac{\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]}{[\text{m}^2]} = \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$v = \frac{Q_v}{\pi d^2} = \frac{0,800}{\pi \times 0,15^2} = \frac{0,800 \times 4}{60 \times \pi \times 0,15^2}$$

$$v = 0,75 \text{ m/s}$$

1. 3. 2. Vitesse

Dans un mouvement uniformément accéléré, la vitesse croît proportionnellement au temps, et dépend de l'accélération (fig. 5).

La vitesse est nulle au départ et, au bout de t secondes, elle vaudra:

$$v = a \cdot t$$

v [m/s] vitesse
 a [m/s²] accélération ou décélération
 t [s] temps

Exemple 5

Un mobile est soumis à une accélération de 10 mètres par seconde, par seconde. Quelle est sa vitesse après 45 secondes?

Solution

$$v = a \cdot t = 10 \times 45 = 450 \text{ m/s}$$

[m/s] [m/s²] [s]

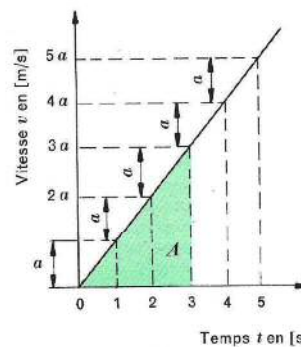


Fig. 5
Graphique vitesse-temps

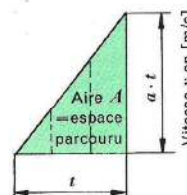


Fig. 6

1. 3. 3. Espace parcouru

L'espace s parcouru par la bille est proportionnel à l'aire A mesurée sur le diagramme des vitesses (fig. 6).

$$s = \frac{t \cdot at}{2} = \frac{1}{2} at^2$$

s [m] espace parcouru

$$s = \frac{a \cdot t^2}{2} \text{ ou } s = \frac{v \cdot t}{2}$$

Exemple 6

Quel est le chemin parcouru par un mobile qui est soumis pendant 10 secondes à l'accélération terrestre, soit 9,81 mètres par seconde, par seconde?

Solution

$$s = \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{9,81 \times 10^2}{2} = 490,5 \text{ m}$$

Exemple 7

Un mobile est animé d'un mouvement uniformément accéléré, avec une accélération de 1,5 mètre par seconde, par seconde (1,5 m/s²). Quelle sera sa vitesse en mètres par seconde [m/s], sa vitesse moyenne et le chemin parcouru après 1 minute et 40 secondes?

Solution numérique

Temps 1 min 40 s = 100 s

$$v = a \cdot t = 1,5 \times 100 = 150 \text{ m/s}$$

[m/s] [m/s²] [s]

$$v_{\text{moy}} = \frac{a \cdot t}{2} = \frac{1,5 \times 100}{2} = 75 \text{ m/s}$$

$$s = \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{1,5 \times 100^2}{2} = 7500 \text{ m}$$

ou 7,5 km

Exemple 8

Calculer l'accélération et l'espace parcouru par une automobile qui, partie du repos, atteint une vitesse de 100 kilomètres à l'heure, en 15 secondes.

Solution

$$v = 100 \text{ km/h} \Rightarrow \frac{100 \times 1000}{3600} = 27,77 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{27,77}{15} = 1,85 \text{ m/s}^2$$

$$s = \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{1,85 \times 15^2}{2} = 208,1 \text{ m}$$

Solution graphique

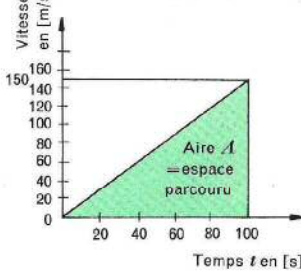


Fig. 7

1. 3. 4. Le mobile à une vitesse initiale

Vitesse à l'instant t

Si le mobile, avant d'être accéléré, possède déjà une vitesse initiale v_0 , il faut additionner, à cette vitesse, l'augmentation de la vitesse due à l'accélération pour obtenir la vitesse v_t à l'instant t (fig. 8).

$$v_t = v_0 + v \text{ et } v = a \cdot t \text{ d'où}$$

$$v_t = v_0 + a \cdot t$$

v_t [m/s]	vitesse à l'instant t
v_0 [m/s]	vitesse initiale
a [m/s ²]	accélération ou décélération
t [s]	temps

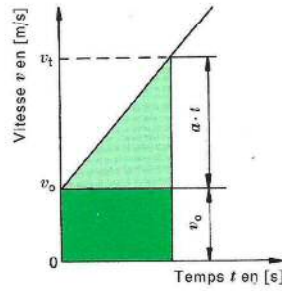


Fig. 8

Exemple 9

Une automobile est animée d'une vitesse initiale de 40 km/h; à partir de cet instant, sa vitesse s'accroît de 1,5 mètre par seconde, par seconde (1,5 m/s²). Quelle sera sa vitesse après 15 secondes, exprimée en [m/s] et en [km/h]?

Solution

$$v_0 = 40 \text{ km/h} \Rightarrow 40 \frac{1000}{3600} = 11,11 \text{ m/s}$$

$$v_t = v_0 + a \cdot t$$

[m/s] [m/s] [m/s²] [s]

$$v_t = 11,11 + 1,5 \times 15 = 33,61 \text{ m/s}$$

$$v_t = 33,61 \text{ m/s} \Rightarrow 33,61 \frac{3600}{1000} = 120,996 \text{ km/h}$$

1. 3. 5. Espace parcouru

Pour le chemin parcouru total, il faut tenir compte du chemin déjà parcouru par le mobile pendant son mouvement rectiligne uniforme et de celui dû à l'accélération.

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Exemple 10

Quel sera le chemin parcouru par un automobiliste roulant à la vitesse de 10 mètres par seconde, qui accélère de 5 mètres par seconde au carré pendant 15 secondes?

Solution

$$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

[m] [m/s] [s] [m/s²] [s]

$$s = 10 \times 15 + \frac{1}{2} \times 5 \times 15^2$$

$$s = 150 + 562,5 = 712,5 \text{ m}$$

1. 4. Mouvement rectiligne uniformément retardé

Au lieu d'être accéléré, un mobile, sur une trajectoire rectiligne, peut voir sa vitesse diminuer progressivement. On dit dans ce cas que le mouvement est rectiligne uniformément retardé. On parlera alors non plus d'accélération, mais de décélération ou d'accélération négative.

1. 4. 1. Décélération

La décélération est une diminution de vitesse par unité de temps et s'exprime aussi, comme l'accélération, en [m/s²]; son symbole est également a . Pour le calcul de a on soustrait de la vitesse initiale v_0 la vitesse v_t à l'instant t (qui peut être nulle si le mobile décélère jusqu'à l'arrêt) et on divise par la durée t de décélération.

$$a = \frac{v_0 - v_t}{t}$$

1. 4. 2. Vitesse

La vitesse à un instant donné sera la vitesse initiale v_0 moins la décélération jusqu'à l'instant t (fig. 9).

$$v_t = v_0 - a \cdot t$$

[m/s]	[m/s]	[m/s ²]	[s]
-------	-------	---------------------	-----

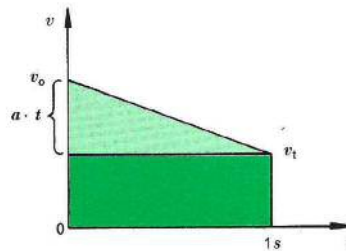


Fig. 9

Exemple 11

La vitesse d'un mobile atteint 100 mètres par seconde avant d'être freiné. Pendant le freinage, qui dure 3 secondes, la décélération est de 10 mètres par seconde au carré. Quelle sera la vitesse du mobile après le freinage?

Solution

$$v = v_0 - a \cdot t$$

[m/s]	[m/s]	[m/s ²]	[s]
-------	-------	---------------------	-----

$$v = 100 - 10 \times 3 = 70 \text{ m/s}$$

