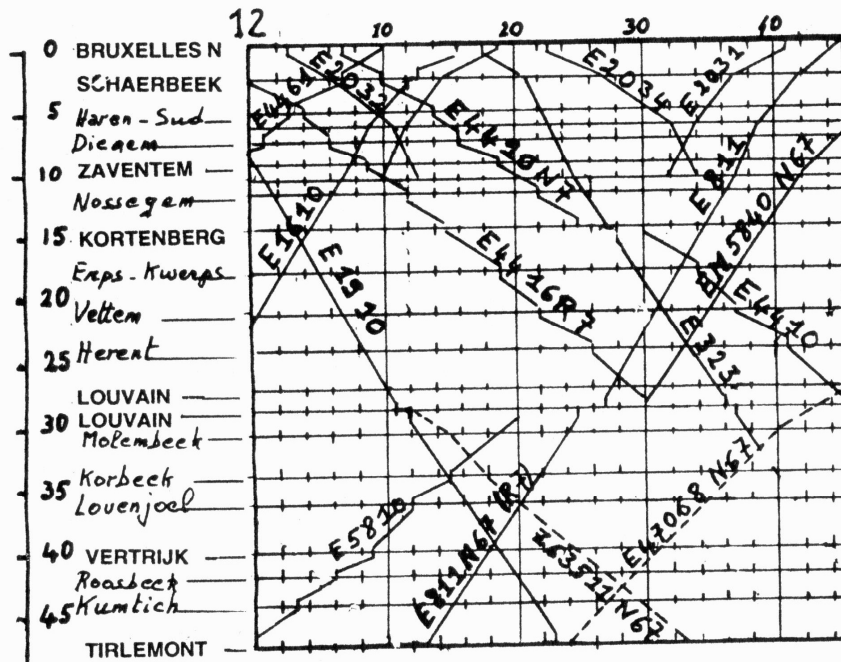


# Cinématique 2 – Le MRU

## 1. LE MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME. (MRU)

### 1.1. Exemple introductif :

Sur la figure, on a reproduit un fragment d'un document de la SNCB qui décrit le trafic ferroviaire entre Bruxelles Nord et Tirlemont entre 12h et 12h45. Dans ce graphique, chaque train porte un code. Les distances, exprimées en kilomètres entre les diverses gares et Bruxelles, sont mentionnées à gauche. Parmi les trains circulant entre Tirlemont et Louvain, quel est le plus rapide ? Trouve sa vitesse moyenne.



Résolution<sup>1</sup> : .....

### Remarque : la notation $\Delta$

La durée d'un phénomène est l'intervalle de temps nécessaire à son accomplissement. On la notera  $\Delta t$ . Par exemple, si un train part de  $t_0 = 8H00$  et arrive à l'instant  $t = 9H30$ , la durée de son parcours sera :  $\Delta t = t - t_0 = 9H30 - 8H00 = 1H30$  (on peut écrire aussi que  $\Delta t = t_f - t_i$ ). La notation  $\Delta$  peut s'appliquer aussi à d'autres grandeurs. Par exemple, la distance parcourue par un objet (en mouvement rectiligne) se note :  $\Delta e = e_t - e_0$  où  $e_t$  représente la position de l'objet à l'instant  $t$  et  $e_0$  la position de l'objet à l'instant initial.

<sup>1</sup> Il y a trois trains qui effectuent le trajet Tirlemont-Louvain. Le plus rapide est celui qui à la pente la plus forte. C'est le E811N67(R7). Il effectue le trajet (entre 15 et 20 km) en environ 12 minutes (90 km/h). L'évolution de ce train a été calculée comme s'il gardait la même vitesse au cours du temps, ce qui n'est évidemment pas le cas en réalité.

## 1.2. Caractéristiques d'un MRU

**Dans un mouvement rectiligne uniforme (MRU), la trajectoire est une droite (mouvement rectiligne) et la vitesse est constante (mouvement uniforme).**

Comme la trajectoire est une droite, on considérera que le mouvement s'effectue le long d'un axe orienté : l'axe des  $x$ ,  $x$  représentant la position de l'objet en mouvement.

Un mouvement rectiligne uniforme n'est qu'un modèle très simplifié de mouvement. Il est bien évident que la plupart des mouvements ne se font pas en ligne droite et à vitesse constante.

## 1.3. Rappel : unité SI de la vitesse

La valeur de la vitesse s'exprime en mètres par seconde (m/s), dans le système international (SI).

Dans la vie courante, on exprime généralement la vitesse en km par heure (km/h).

Transformation des m/s en km/h :

$$1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$$

*Pour transformer une vitesse en m/s en km/h, on multiplie par 3,6.*

*Inversement, pour transformer une vitesse en km/h en m/s, on divise par 3,6.*

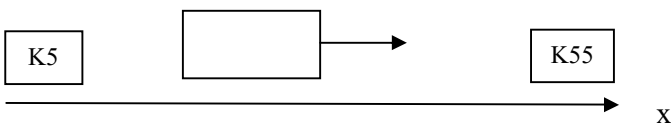
## 1.4. Lois du MRU

### 1.4.1. Loi de la vitesse et graphiques

Vitesse = constante

Observons une route depuis un référentiel dont l'axe des  $x$  est parallèle à la route.

**1<sup>er</sup> cas** : Considérons une voiture en MRU partant à 11H00 de la borne K5 d'une autoroute et arrivant à 11H30 à la borne K55. Elle se déplace dans le sens des  $x$  croissants.



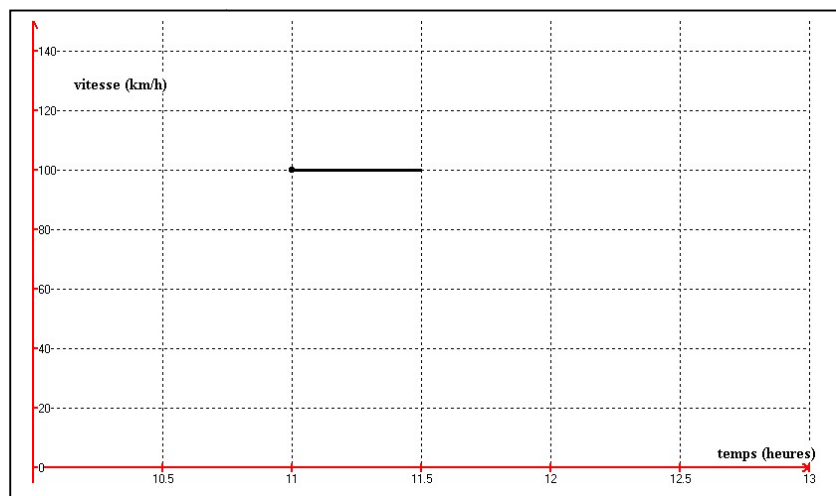
Sa vitesse est constante et vaut :  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_t - x_0}{t - t_0} = \frac{(55 - 5)\text{km}}{\frac{1}{2}\text{h}} = 100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$

Avec :

- $v$ , la vitesse (m/s)
- $\Delta x$ , la distance parcourue (m)
- $\Delta t = t - t_0$ , le temps de parcours (s)
- $x_t$ , la position à l'instant  $t$  (m)
- $x_0$ , la position initiale (m)

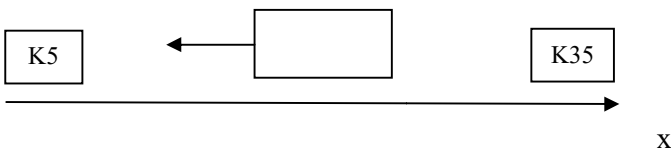
Dans ce cas, la vitesse est positive, le déplacement s'effectuant dans le sens des  $x$  croissants ( $\Delta x > 0$ ).

On obtient le graphique vitesse-temps suivant :



Le graphique obtenu est un segment de droite parallèle à l'axe des abscisses et située au-dessus de cet axe.

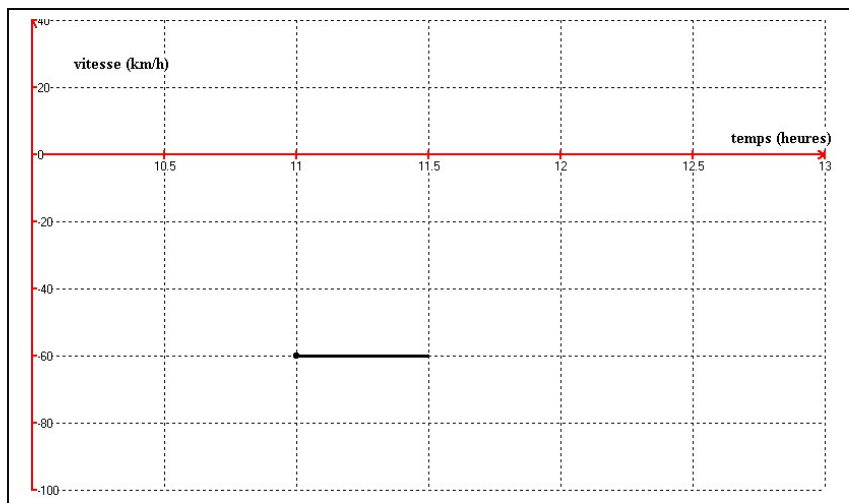
2<sup>ème</sup> cas : Considérons une voiture en MRU partant à 11H00 de la borne K35 d'une autoroute et arrivant à 11H30 à la borne K5. Elle se déplace dans le sens des  $x$  décroissants.



Sa vitesse est constante et vaut :  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_t - x_0}{t - t_0} = \frac{(5 - 35)\text{km}}{\frac{1}{2}\text{h}} = -60 \text{ km/h} = -16,7 \text{ m/s}$

Dans ce cas, la vitesse est négative, le déplacement s'effectuant dans le sens des  $x$  décroissants ( $\Delta x < 0$ ).

On obtient pour le graphique vitesse-temps un segment de droite parallèle à l'axe des abscisses mais située sous cet axe.



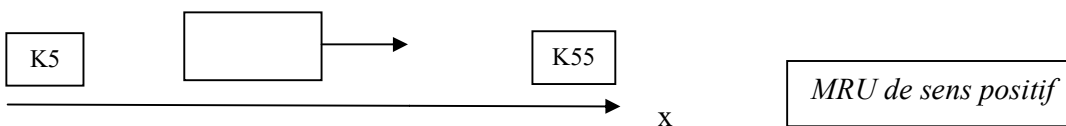
#### 1.4.2. Loi de la position et graphiques

Reprenons la formule  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_t - x_0}{t - t_0}$ . On cherche  $x_t$ , la position à l'instant  $t$ .

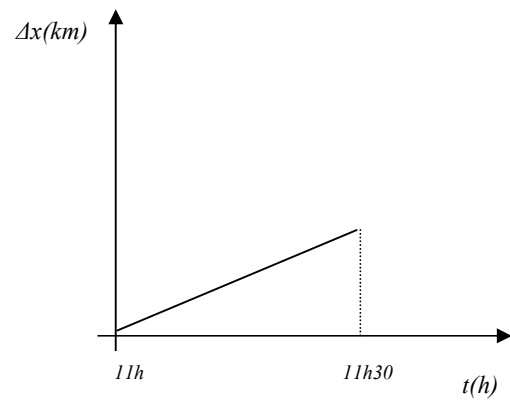
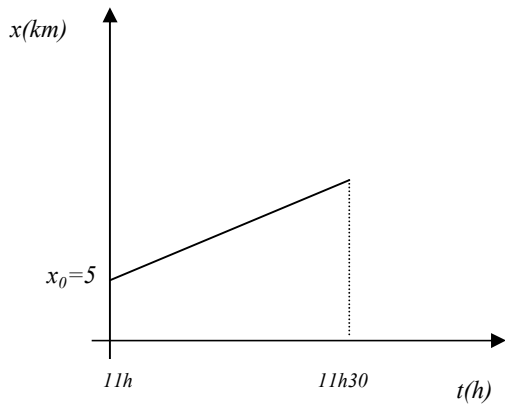
En transformant la formule, on obtient :

$$e_t = e_0 + v \cdot \Delta t$$

**1<sup>er</sup> cas** : Reprenons la voiture en MRU partant à 11H00 de la borne K5 d'une autoroute et arrivant à 11H30 à la borne K55. Elle se déplace dans le sens des  $x$  croissants. Sa vitesse est de 100 km/h.



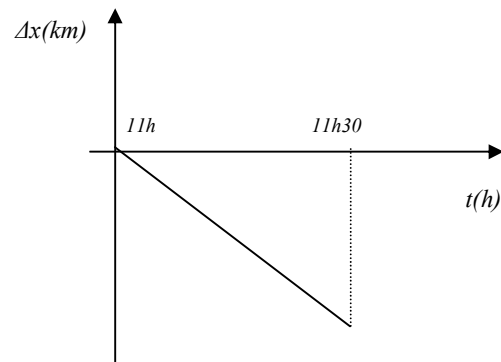
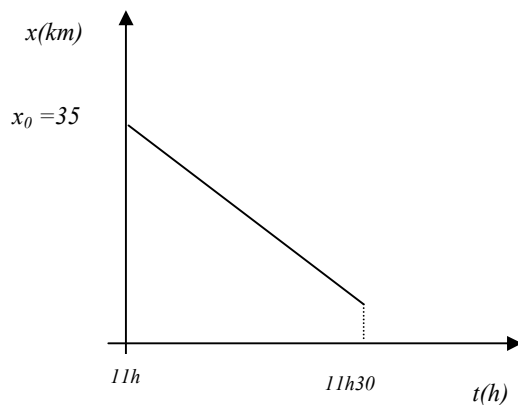
On obtient pour **le graphique position-temps**, une droite croissante ne passant pas par l'origine et recoupant l'axe des ordonnées en  $x_0 = 5$  km. Pour **le graphique distance parcourue ( $\Delta x$ ) en fonction du temps**, on obtient un segment de droite croissante passant par l'origine. La pente ou le coefficient angulaire de ces segments de droite est égal à la vitesse  $v$ .



**2<sup>ème</sup> cas** : Reprenons la voiture en MRU partant à 11H00 de la borne K35 d'une autoroute et arrivant à 11H30 à la borne K5. Elle se déplace dans le sens des  $x$  décroissants. Sa vitesse est de  $-60$  km/h.

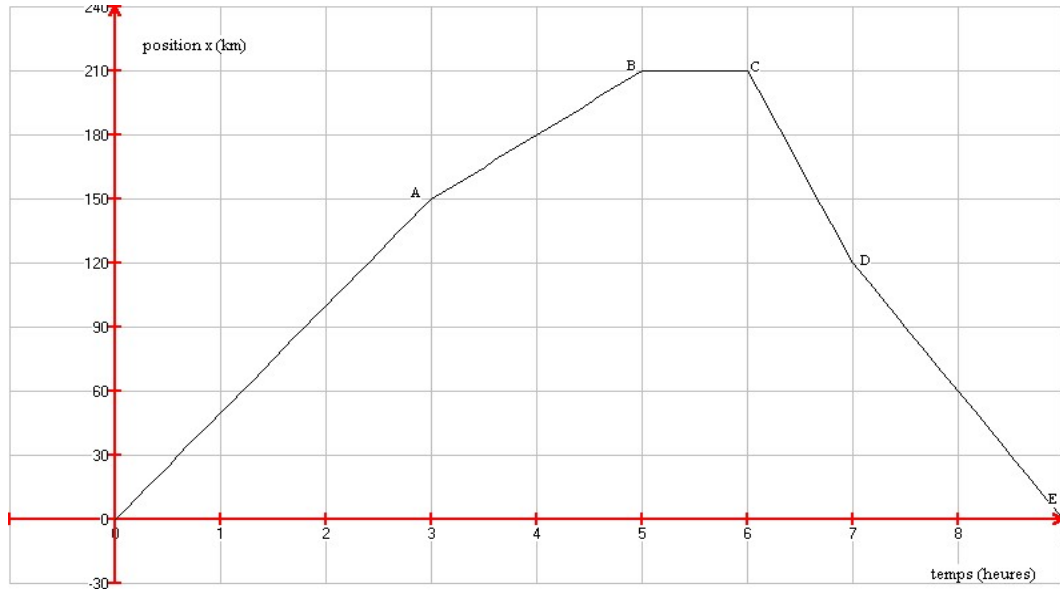


On obtient pour **le graphique position-temps**, une droite décroissante ne passant pas par l'origine et recoupant l'axe des ordonnées en  $x_0 = 35$  km. Pour **le graphique distance parcourue ( $\Delta x$ ) en fonction du temps**, on obtient un segment de droite décroissante passant par l'origine. La pente ou le coefficient angulaire de ces segments de droite est égal à la vitesse  $v$ .



### 1.5. Exercices

- 1) Au Moyen-Age, lors d'un tournoi de chevalerie, deux cavaliers s'affrontent dans un face à face, lance à la main. Ils sont séparés d'une distance de 100 m au départ et s'élancent simultanément. Le plus lent progresse à la vitesse moyenne de 32,4 km/h et l'autre va à sa rencontre à la vitesse moyenne de 39,6 km/h. Déterminez par méthode graphique et par calcul algébrique, le lieu du choc et la durée de la course avant celui-ci.
- 2) Un mobile est animé d'un MRU à une vitesse de 20 m/s. Quelle distance a-t-il parcourue en 15 min ?
- 3) Sur un circuit fermé, une auto parcourt à vitesse constante 450 km en 5 heures. Quelle est sa vitesse en km / h et en m / s ?  
Quelle est la distance parcourue après 2 h ?
- 4) Un train parcourt la distance horizontale de 60 km qui sépare les stations a et b à la vitesse constante de 72 km / h, s'arrête 16 min. 40 s. à la station b puis gravit la rampe de 30 km qui sépare les stations b et c à la vitesse de 36 km / h.  
Quel est le temps écoulé entre le départ en a et l'arrivée en c ?  
Représentation sur un graphique temps - vitesse.
- 5) La figure suivante représente le voyage aller-retour d'une voiture de Montréal à Québec. Peux-tu décrire le voyage, notamment en calculant sa vitesse ?



## 10.5. Exercices

- 1) Au Moyen-Age, lors d'un tournoi de chevalerie, deux cavaliers s'affrontent dans un face à face, lance à la main. Ils sont séparés d'une distance de 100 m au départ et s'élancent simultanément. Le plus lent progresse à la vitesse moyenne de 32,4 km/h et l'autre va à sa rencontre à la vitesse moyenne de 39,6 km/h. Déterminez par méthode graphique et par calcul algébrique, le lieu du choc et la durée de la course avant celui-ci. (**Rép. : 45 m et 5 s**)
- 2) Un mobile est animé d'un MRU à une vitesse de 20 m/s. Quelle distance a-t-il parcourue en 15 min ?
- 3) Un train de 150 m de long roule à la vitesse constante de 54 km/h. Combien de temps sera-t-il entièrement dans un tunnel de 300 m de long ? (**Rép. : 10 s**)  
(Olympiades de Physique 2006, qualifications, 5<sup>ème</sup> année)
- 4) Sur un circuit fermé, une auto parcourt à vitesse constante 450 km en 5 heures. Quelle est sa vitesse en km/h et en m/s ?  
Quelle est la distance parcourue après 2 h ?
- 5) Un train parcourt la distance horizontale de 60 km qui sépare les stations a et b à la vitesse constante de 72 km/h, s'arrête 16 min. 40 s. à la station b puis gravit la rampe de 30 km qui sépare les stations b et c à la vitesse de 36 km/h.

Quel est le temps écoulé entre le départ en a et l'arrivée en c ? (**Rép. : 1h56min**)

Représentation sur un graphique temps - vitesse.

- 6) La figure suivante représente le voyage aller-retour d'une voiture de Montréal à Québec. Peux-tu décrire le voyage, notamment en calculant sa vitesse ?



- 7) Un cycliste part d'une localité A et un automobiliste d'une localité B distante de A de 150 km. Ils se dirigent l'un vers l'autre sur le chemin rectiligne AB. Le cycliste et l'automobiliste roulent respectivement à la vitesse constante de 20 km/h et de 80 km/h. Sachant qu'ils sont partis à 9h00,
- Détermine l'endroit et l'heure de la rencontre (graphiquement et par calcul)  
(Rép.: à 10H30, à 30 km de A)
  - L'heure d'arrivée de l'automobiliste. (Rép.: 1h52min30s)

Trace un graphique vitesse-temps pour le cycliste et pour l'automobiliste.

- 8) Une voiture parcourt une distance de 500 km à 100 km/h. Elle s'arrête dans une station-service 10 min, puis se rend à son domicile, distant de 22 km, à une vitesse de 110 km/h. Quel est le temps nécessaire pour effectuer la totalité du parcours ?

Réponse: temps = 5h22min

- 9) Un motocycliste parcourt une distance de 50 km à 250 km / h. Combien de temps lui faudra-t-il en considérant qu'il réduit sa vitesse à 200 km / h dans les 10 derniers km ?

Réponse: temps = 756 s

- 10) Un basketteur parcourt 5 km entre A et B à la vitesse de 13 km/h. Il s'arrête 2 min 03 sec. Il repart et parcourt 1 km entre B et C à la vitesse de 17 km / h. Quel est le temps écoulé entre A et C ?

- 11) Mr X parcourt 30 km en 15 min. Il s'arrête 1H00 et repart pour 40 km en 20 min. Quelle est sa vitesse ?

Réponse: vitesse = 120 km/h (excepté lors de l'arrêt) et vitesse moyenne sur tout le parcours = 44 km/h

- 12) Un enfant en VTT parcourt la distance de 55 km qui sépare les forêts A et B à la vitesse de 30 km/h. Il s'arrête pour boire un verre en B pendant 15 min puis rentre à sa maison C distante de 30 km à la vitesse de 35 km/h. Quel est le temps écoulé entre A et C ?

Réponse: temps = 10586 s

- 13) Un bateau quitte le port A et se dirige vers le port B (distance A-B: 70 km) à une vitesse de 17 noeuds. Il s'arrête au port B pendant 25 min, puis il repart vers le port C qui se trouve à 70 km du port B en se déplaçant à la même vitesse. Quel est le temps écoulé entre A et C ?

Réponse: temps = 17522 sec (Rem.: 1 noeud = 0,514 m/s)

- 14) Une femme parcourt une distance de 1000 mètres en 2' 30". Quel est le temps qui s'est écoulé pour parcourir 250 mètres et la vitesse moyenne ?



- 15) Sur un circuit, une moto parcourt une distance de 480 km en 6 heures. Quelle est sa vitesse en km/h et sa distance parcourue après 3h30?  
vitesse = 80 km/h  
distance après 3H30 = 280 km
- 16) Michaël Johnson a parcouru le 200 m en 19 secondes et 32 centièmes. Quel sera son temps après 1 km en comptant qu'il perd 2 secondes tous les 200 m.  
temps après 1 km = 116,6 s
- 17) Un motard avance à une vitesse de 180 km/h pendant 2h30.  
a) Quelle distance a-t-il parcourue?  
b) Combien de temps lui faudra-t-il pour parcourir 2880 m?  
distance parcourue = 450 km  
temps pour 2880 m = 57,6 s
- 18) Sur un champ de course, un cheval parcourt une distance de 2,4 km en 8 min et 30 sec. Quelle est sa vitesse constante en m/s et en km/h?  
vitesse = 4,7 m/s
- 19) Un cycliste parcourt 156 km en 5h36. Quelle est sa vitesse moyenne en km/h et en m/s?  
vitesse moyenne = 7,74 m/s = 27,86 km/h
- 20) Un coureur parcourt 400 m en 4 min. Il fait les 200 premiers mètres en sprint en 1,5 min. Quelle est sa vitesse moyenne dans les 200 premiers mètres et dans les 200 derniers mètres ?  
vitesse (de 0 à 200m) = 2,22 m/s      vitesse (de 200 m à 400 m) = 1,333 m/s

### 1.6. Olympiades de Math : questions sur le MRU

#### 11 (demi-finale-1988)

- 21) Sans réponse préformulée - Un cycliste part d'une gare à midi et emprunte, à une vitesse de 20 km/h, la piste cyclable qui longe la voie ferrée. En cours de route, il fait une pause de  $\frac{3}{4}$  d'heure. Arrivé à destination, il décide de rentrer en train mais doit attendre son train durant 45 minutes. Celui-ci roule en moyenne à 80 km/h. Notre cycliste arrive à sa gare de départ à 19H30. Quelle distance, en km, a-t-il parcourue à vélo ?
- 22) Calcule ta vitesse moyenne après avoir effectué le trajet suivant: tu marches 120 mètres à une vitesse de 1 m/s, puis tu cours 150 mètres à une vitesse de 3 m/s. (Rép. : 1,588 m/s)

23) Le tableau suivant donne la position d'un mobile en fonction du temps.

Position (m)	0	20	40	60	80
Temps (sec)	0	1	2	3	4

- a) Trace le graphique de la position du mobile en fonction du temps.
- b) Détermine la vitesse du mobile et la relation qui donne la position en fonction du temps. (Rép. : 20 m/s)
- c) Quel temps mettra-t-il à parcourir 150 m ? (Rép. : 7,5 sec)

24) Une auto file à une vitesse de 100 km/h. Quelle distance parcourt-elle pendant le temps de réflexe du chauffeur avant de commencer à freiner ? On évalue ce temps de réflexe à  $1/10^{\text{ème}}$  de seconde. (Rép. : 2,7 m)

25) Détermine la vitesse du son d'après les données suivantes : on entend le sifflet à vapeur d'une usine 3,5 sec après avoir vu la vapeur s'échapper du sifflet; la distance entre l'usine et l'observateur est de 1158 mètres. On suppose que l'on voit la vapeur au moment où elle s'échappe du sifflet. (Rép. : 331 m/s)

26) Deux garçons demeurent dans la même rue, à 2700 mètres l'un de l'autre. Ils partent au même moment de leur logis et se rencontrent à 1000 mètres d'une des maisons. Sachant que le garçon le plus éloigné de son domicile a marché à une vitesse de 7,2 km/h, quelle a été la vitesse du deuxième ? (Rép. : 4,23 km/h)

**2. NOTIONS DE VITESSE INSTANTANÉE ET DE VITESSE MOYENNE.**

Soit un élève qui vient à l'Athénée en 45 min. Il suivra le trajet suivant (supposé rectiligne) en respectant scrupuleusement les limites de vitesse.

temps (min)	vitesse (km/h)	distance (km)
De 0 à 15 min	120	
De 15 à 30 min	60	
De 30 à 45 min	90	

Sa vitesse moyenne sur l'ensemble du parcours est égale à : .....

Si le conducteur avait roulé pendant 45 min à cette vitesse, il aurait parcouru 65 km. Il aurait roulé en MRU.

En réalité, de 0 à 15 min, le conducteur n'a pas roulé à 120 km/h, mais à 100, 106, 110, 125, selon les obstacles qu'il rencontre. Ces vitesses sont appelées **vitesse instantanées**.

La vitesse varie évidemment à chaque instant et n'est donc pas uniforme comme dans un MRU.