

La vitesse

En mécanique, la vitesse est une grandeur qui associe deux paramètres : une distance parcourue et le temps mis pour parcourir cette distance. En d'autres termes, la vitesse indique la distance parcourue par unité de temps. Généralement la distance parcourue est exprimée en mètre (m), voire en kilomètre (km) et le temps en seconde (s) voire en heure (h).

L'équation mathématique qui définit la vitesse est donc : $Vitesse = \frac{distance}{Temps}$, soit $V = \frac{d}{t}$. Ainsi, si je cours le 100 m en 10 s, ma vitesse a été de $V = \frac{100}{10} = 10 \text{ m/s}$.

1^{er} constat : la vitesse résulte d'un calcul.

Pour réaliser ce calcul, il faut être capable de mesurer d'une part, la distance parcourue, c'est à dire être capable de définir le point de départ et le point d'arrivée, et d'autre part, le temps en utilisant un outil tel que le chronomètre, ou tout autre procédé. Et bien entendu, ces mesures devront être suffisamment précises.

Elle est applicable dans toutes les situations, calcul de la vitesse d'un train, d'une voiture sur l'autoroute, d'une fusée, d'une course à pied. Dans notre cas nous allons l'appliquer au saut de Bob Beamon.

La vitesse moyenne d'un objet qui parcourt une distance dans un temps t est donnée par la formule :

$$V = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

Avec :

- Δd = distance donnée entre deux points. Dans l'exemple ci-dessous il correspond au bord de la planche d'appel et au talon de Beamon lorsqu'il atterrit dans le sable. Dans notre cas le bord de la planche d'appel est situé au point zéro du référentiel. Le Δd est égal à 0m et les talons de Beamon à 8,90m. [Plus de détails dans le document : le référentiel.](#)
- Δt = temps donné entre deux points. Nous reprenons les mêmes points que pour la distance donnée.

L_1 = distance d'appel
 L_2 = distance d'envol
 L_3 = distance d'atterrissage
 L = distance officielle

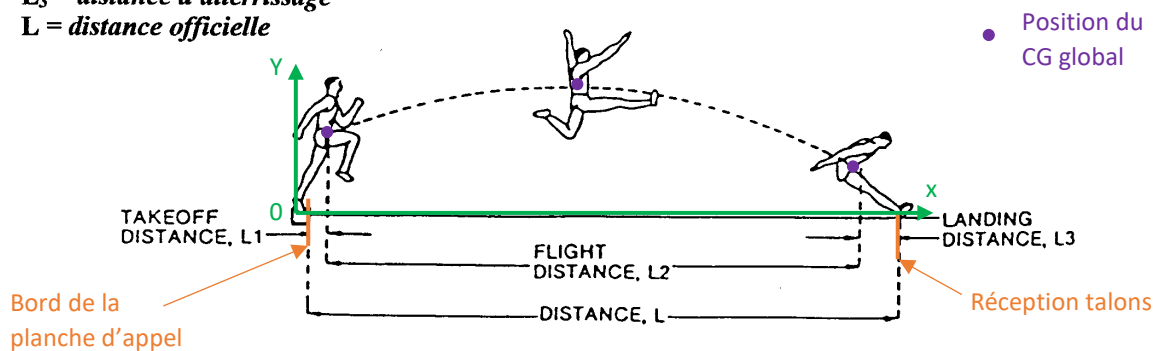


Figure 1: Présentation des différentes longueurs d'un saut en hauteur

Fiche Vitesse

Dans notre cas il n'est pas toujours simple de calculer le temps du saut en partant bien de la planche d'appel et de la réception des talons, ce temps peut facilement varier de $\pm 0,2s$. Pas de panique, une équipe de recherche au sein du laboratoire Pprime à Chasseneuil du Poitou avait calculé la vitesse horizontale de Bob Beamon pendant son saut, ils avaient trouvé une vitesse horizontale suivant l'axe V_x de $9,20 \text{ m/s}$.

C'est grâce à cette vitesse nous allons pouvoir retrouver le temps de la phase aérienne.

Pour calculer une distance à l'aide la formule précédente, il suffit de l'inverser et nous obtenons :

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

Avec :

- d = toujours en mètre
- v = toujours en mètre/seconde

Avec les données recueillies nous sommes en mesure d'appliquer la formule :

- $d = 8,9 \text{ m}$
- $v = 9,2 \text{ m/s}$

$$t = \frac{d}{v} = \frac{8,9 \text{ m}}{9,2 \text{ m/s}} = 0,967 \text{ s} \approx 1 \text{ s}$$

Nous obtenons $0,967$ seconde de phase aérienne. Lors de son saut en 1968, Bob Beamon est resté dans les airs pendant environ 1 seconde pour réaliser $8,9$ mètres.

Confirmons le temps d'une seconde avec la formule pour calculer la vitesse moyenne :

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{8,9 \text{ m}}{0,967 \text{ s}} = 9,20 \text{ m/s}$$

Nous pouvons également calculer la distance du saut avec nos données :

$$d = v * t = 9,20 \text{ m/s} * 0,967 \text{ s} = 8,896 \text{ m} \approx 8,9 \text{ mètres}$$

Nous obtenons $8,896$ mètres, très proche de $8,9$ mètres.

Bon à savoir :

En 1968 lors des jeux olympiques de Mexico, Pierre Blois était la seule personne qui s'intéressait au saut d'un certain Bob Beamon. Il réalisa un scoop mondial grâce à son « Robot Royal 24 » un appareil photographique sans support numérique. Il réalisa une extraordinaire séquence de 14 photos. Elles permirent de reconstituer ce saut avec un intervalle de temps de $1/8$ seconde. Le saut est représenté par 8 photos de $1/8$ secondes. $1/8 = 0,125s \rightarrow 0,125 * 8 = 1$ seconde.



Figure 2: Robot Royal 24 (8 photos/seconde)

Pour aller plus loin :

Cette vitesse moyenne peut être calculée sur la distance globale du saut ou par rapport aux positions des CG durant le saut. Les positions des CG même à leurs extrémités ne permettent pas d'obtenir la distance de 8,9m. En effet, les positions des CG globaux dépendent de la position des différents segments du corps à un instant donné.

Plus de détails dans le document : [Le centre de gravité et table anthropométrique.](#)

2^{ème} constat : De la mesure de ces deux grandeurs dépendent deux types de vitesse : VITESSE MOYENNE ET VITESSE INSTANTANEE.

- Prenons l'exemple d'une voiture roulant sur une autoroute.

Le compteur de vitesse indique une vitesse que l'on qualifie de **VITESSE INSTANTANEE**. En effet, elle varie à chaque instant dès lors que le conducteur appui ou non sur la pédale d'accélération. C'est cette vitesse que le radar de la gendarmerie contrôle.

Un autre type de contrôle de vitesse existe, que l'on appelle radar de tronçon. Cette fois ci, ce type de radar contrôle une **VITESSE MOYENNE**. En effet, entre deux détecteur de passage de la voiture installés sur le bord de l'autoroute et distant l'un de l'autre d'une valeur connue notée D, la voiture doit mettre un temps moyen T_{moyen} pour parcourir cette distance de telle sorte que la vitesse moyenne $V_{moyenne}$ de la voiture soit égale à 130km/h. Ainsi, $V_{moyenne} = \frac{D}{T_{moyen}} = 130 \text{ km/h}$. Mais rien n'empêche le conducteur de rouler à une vitesse supérieure à 130 km/h pendant un certain temps puis de ralentir pour qu'au final, la vitesse moyenne calculée soit de 130 km/h.

Exercice : Si la distance entre les deux détecteurs est égale à D=5 km, quel doit être le temps moyen pour que $V_{moyenne} = 130 \text{ km/h}$?

Réponse :

$$T_{moyen} = \frac{D}{V_{moyenne}} = \frac{5}{130} = 0,038 \text{ h} = 0,038 * 3600 = 138,46 \text{ s, puisque dans 1 h il y a 3600 s.}$$

3^{ème} constat : La vitesse ne peut être que la VITESSE D'UN POINT.

Revenons sur l'exemple précédent de la course de 100 m.

Mais, si nous observons le coureur, le mouvement des bras vont alternativement vers l'avant, puis vers l'arrière, les membres inférieurs ont alternativement des phase d'appui au sol et des phases de mouvement vers l'avant, alors que le coureur avance ! Mais alors, que signifie le fait que le coureur soit animée d'une vitesse, fuisse t'elle moyenne ou instantanée ?

Il paraît évident que nous ne pouvons pas attribuer la vitesse du coureur à ces membres inférieurs ni supérieurs compte tenu de leurs propres mouvements. En fait, la vitesse est attribuée à un point moyen du corps du coureur que l'on appelle **CENTRE DE GRAVITE GLOBAL DU CORPS (QR code fiche Centre de gravité)**. Chaque segment corporel du coureur possède un centre de gravité. Et l'ensemble de ces centres de gravité pondérés par la masse de chaque segment, permet de connaître, à chaque instant, la position du centre de gravité global du corps en mouvement.

Ainsi, il faut toujours préciser le point auquel on attribue la vitesse. Ainsi, si un coureur cycliste est animée d'une vitesse de 55 km/h, cela signifie que cette vitesse est celle du centre de gravité global du cycliste associé à son vélo. On note souvent le centre de gravité par la lettre G. Aussi, nous écrivons : $V_G = 55 \text{ km/h}$.

4^{ème} constat : le déplacement observé suppose de savoir par rapport à quoi, à quel objet de référence on observe ce déplacement.

Cet objet de référence est appelé référentiel (**QR code fiche référentiel**). Ainsi, par exemple, les déplacements ou les mouvements du vélo, de la voiture au cours du temps est relatif au référentiel. Ce référentiel est à choisir ; pour le vélo, la voiture, le plus simple est de prendre comme référence la terre que l'on considère immobile même si la terre tourne sur elle-même et autour du soleil. La route sert donc ici de référence, on parle en mécanique/physique de référentiel. Il faut donc toujours préciser quelle référence a été choisie pour calculer la vitesse.

A titre d'exemple, considérons deux cyclistes ; l'un roule à 50 km/h et l'autre à 35 km/h par rapport au référentiel terre. Soit comme écriture : $V_{G1/terre} = 50 \text{ km/h}$ et $V_{G2/terre} = 35 \text{ km/h}$. Le cycliste 1 va plus vite que le cycliste 2 de : $V_{G1/terre} - V_{G2/terre} = 15 \text{ km/h}$. Cette opération n'a été possible que parce que les vitesses des coureurs sont connues par rapport au même référentiel.

En résumé, que faut-il retenir ?

1) la vitesse se calcule par la relation :

$$Vitesse = \frac{\text{distance parcourue}}{\text{intervalle de Temps}} = \frac{D}{\Delta t}$$

2) Vitesse moyenne ; Vitesse instantanée :

Lorsque l'intervalle de temps Δt est grand, la vitesse calculée est appelée **VITESSE MOYENNE**. La vitesse calculée sera dite instantanée lorsque Δt sera petit. En conséquence, **PLUS Δt EST PETIT, ET PLUS LA VITESSE CALCULEE EST INSTANTANEE**. Par conséquent, cela dépend des outils de mesure utilisés. Ainsi, pour évaluer la variation instantanée de la distance parcourue, l'intervalle de temps pendant lequel est effectuée la mesure doit être le plus court possible, quelques dixièmes de seconde, voire quelques centièmes, voire si possible quelques millièmes de seconde.

3) Référentiel d'observation :

Le mouvement s'observe par rapport à un référentiel. Cela signifie que la vitesse calculée est relative à ce référentiel. Le choix de ce dernier est donc important et il doit toujours être précisé. Ainsi, le cycliste roule à 15 km/h par rapport à la route (terre) ; nous écrivons alors : $V_{G/terre} = 15 \text{ km/h}$.

Remarque : On entend souvent ce genre de propos : « je roule à 80 kilomètre heure » ce qui sous-entend la multiplication d'une distance par le temps. Mais attention, la vitesse représente bien une distance **DIVISÉE** par un temps, et **NON PAS** une distance **MULTIPLIÉE** par un temps. Voilà pourquoi on utilise le symbole / qui signifie diviser.

Conversion km/h en m/s : $\frac{1 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 0,277 \text{ m/s}$. Ainsi, 1 km/h = 0,277 m/s

Conversion m/s en km/h : $\frac{1 \text{ m}}{1 \text{ s}} = \frac{0,001 \text{ km}}{\frac{1}{3600} \text{ s}} = 3600 * 0,001 = 3,6 \text{ km/h}$. Ainsi, 1 m/s = 3,6 km/h.

Exercice plus complet : Analyse de la performance d'Usan Bolt réalisée lors de la finale du 100 m plat, aux championnats du monde qui se sont déroulés à Berlin, en 2009.

Ce coureur jamaïcain a établi le record du 100m à 9,58s.

- Précisez comment se déroule cette course ?
- Comment a été mesuré ce temps de course ? Discutez en particulier la distance qui est parcourue ?
- Définissez le référentiel d'observation dans lequel la course est analysée ?
- Calculez la vitesse moyenne d'Usan Bolt ? Convertissez cette vitesse en km/h. Quelle signification peut-on attribuer à cette vitesse ? Est-elle suffisante pour analyser la course d'Usan Bolt ?
- Le tableau ci-après présente les relevés de temps obtenus lors de la course d'Usan Bolt lors de son record du monde. *La colonne 1* représente la distance parcourue depuis le départ tous les 10 m ; *la colonne 2* le temps de passage en seconde d'Usan Bolt à ces distances ; *la colonne 3* prend en compte des intervalles de distance de 10m ; la colonne 4 précise le temps mis par Usan Bolt pour parcourir ces intervalles et la colonne 5 note la vitesse moyenne calculée sur ces intervalles de temps.

Col1	Col2	Col3	Col4	Col5
Distance (m)	temps (s)	Intervalle 10 m	durée par intervalle (s)	Vitesse par intervalle de 10 m (m/s)
0	0			
10	1,89	0-10	1,89	
20	2,88	10-20	0,99	
30	3,78	20-30	0,9	
40	4,64	30-40	0,86	
50	5,47	40-50	0,83	
60	6,29	50-60	0,82	
70	7,1	60-70	0,81	
80	7,92	70-80	0,82	
90	8,75	80-90	0,83	
100	9,58	90-100	0,83	

- Calculez le temps réalisé sur 100m par Usan Bolt. Pour cela, vous devez additionner la colonne 4 ; vérifiez le résultat qui doit être égal à 9,58s, la performance du coureur.
- Calculez la vitesse sur 100m et obtenir $\frac{100}{9,58} = 10,43 \text{ m/s}$. Est-ce une vitesse moyenne ou une vitesse instantanée ? Expliquez votre réponse.
- Calculez la vitesse d'Usan Bolt sur les intervalles de 10m et retrouver la colonne 5. Transcrivez ces vitesses moyennes en km/h. Est-ce une vitesse moyenne ou une vitesse instantanée ? Expliquez votre réponse.
- Représentez sur papier millimétré l'évolution du temps de passage d'Usan Bolt tous les 10 m (colonne 2) en fonction de la distance parcourue (colonne 1).
- Représentez sur papier millimétré, l'évolution du temps de passage tous les 10m [colonne 2 en fonction de la colonne 3] (figure 1). Discutez ce graphique.
- Représentez la durée par intervalle de 10m [colonne (4) en fonction de la colonne (3)] (figure 2). Discutez l'évolution de cette durée, expliquez.
- Représentez l'évolution de la vitesse d'Usan Bolt sur chaque intervalle de 10m [colonne (5) en fonction de la colonne (3)] (figure 3). Discutez ces variations.

Réfléchissons aux problèmes suivants :

1. Vous êtes assis dans un train TGV qui roule à $V_{\text{Train/terre}} = 320 \text{ km/h}$.

Question : **Quelle est la vitesse du centre de gravité de votre corps par rapport au train, par rapport à la terre ?**

Pour répondre à cette question, il faut définir préalablement le référentiel par rapport auquel vous évaluez votre vitesse. Si le référentiel est représenté par les rails, ou la terre, alors votre vitesse est égale à celle du TGV, c'est-à-dire 320 km/h (figure 4) : $V_{\text{Gpassager/terre}} = 320 \text{ km/h}$.

Par contre, si le référentiel est le TGV, votre vitesse est alors nulle : $V_{Gpassager/train} = 0$!

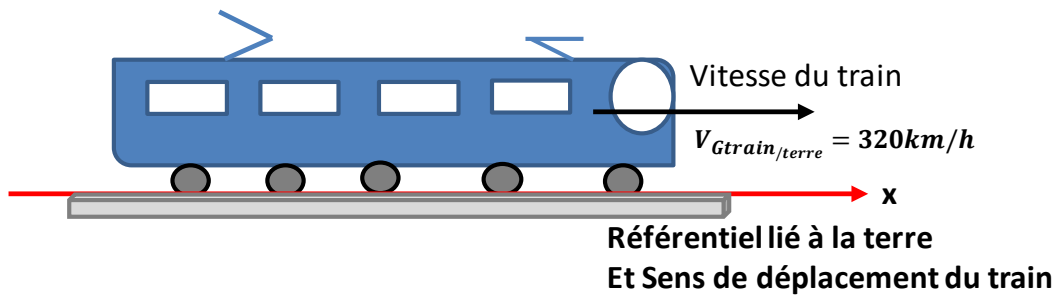


Figure 4 : la vitesse du train est de $V_{Gtrain/terre} = 320 \text{ km/h}$ par rapport à la terre

Remarque : Sur la figure 1, nous avons noté le référentiel lié à la terre par une flèche qui oriente positivement le sens du déplacement du train ; la vitesse du train est représentée par un segment fléché aussi appelé vecteur orienté dans le sens de déplacement du train défini positif.

- Maintenant, vous vous levez et marchez à une vitesse moyenne de 4 km/h dans le train et dans le même sens de déplacement que le train.

Question : **Quelle est la vitesse du centre de gravité de votre corps par rapport au train, et à la terre ?**

Votre vitesse par rapport au train est comme précisée dans l'énoncé égale à : $V_{Gpassager/train} = 4 \text{ km/h}$. Comme vous vous déplacez dans le même sens que celui du train, votre vitesse par rapport à la terre s'ajoute à celle du train, soit :

$$V_{Gpassager/terre} = V_{Gtrain/terre} + V_{Gpassager/train} = 324 \text{ km/h} \text{ (Figure 5).}$$

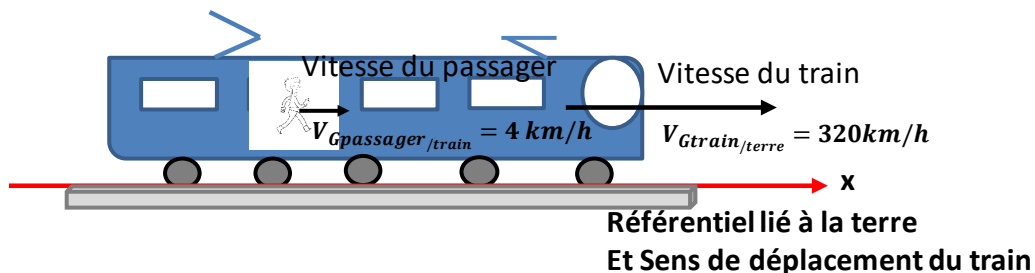


Figure 5 : le passager marche dans le train à une vitesse de $V_{Gpassager/train} = 4 \text{ km/h}$ par rapport au train. La flèche qui caractérise la vitesse du passager est dirigée dans le même sens que celle du train et du référentiel lié à la terre. Pour connaître la vitesse du passager par rapport à la terre, soit $V_{Gpassager/terre}$, il faut donc additionner les deux vitesses, ce qui s'écrit mathématiquement :

$$V_{Gpassager/terre} = V_{Gtrain/terre} + V_{Gpassager/train} = 324 \text{ km/h}$$

- Si vous marchez, avec la même vitesse, mais dans le sens contraire de déplacement du train.

Question : **Quelle est la vitesse du centre de gravité de votre corps par rapport au train, et à la terre ?**

Fiche Vitesse

Vous marchez dans le sens contraire que celui du train, par conséquent votre vitesse est orienté dans le sens négatif soit : $V_{Gpassager/train} = -4 \text{ km/h}$. Et, votre vitesse par rapport à la terre devient $V_{Gpassager/terre} = V_{Gtrain/terre} - V_{Gpassager/train} = 316 \text{ km/h}$ (à la terre, figure 6).

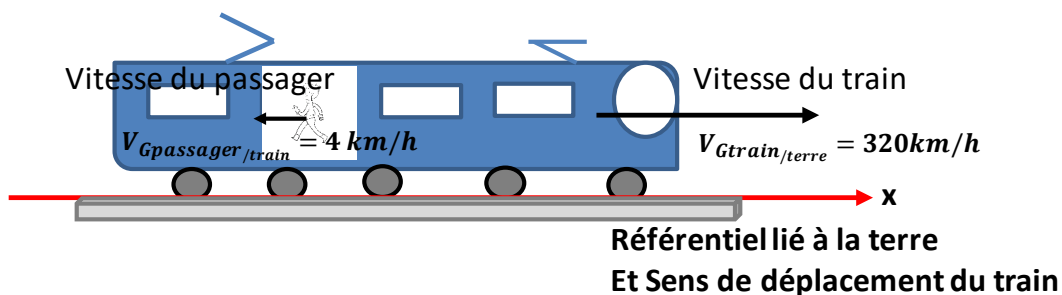


Figure 6 : le passager marche dans le sens contraire du déplacement train à une vitesse de 4km/h par rapport au train. La flèche qui caractérise la vitesse du passager est dirigée dans le sens contraire à celle du train et du référentiel lié aux rails (à la terre). Pour connaître la vitesse du passager par rapport à la terre, soit $V_{Gpassager/terre}$, il faut donc soustraire la vitesse du passager à celle du train, ce qui s'écrit mathématiquement :

$$V_{Gpassager/terre} = V_{Gtrain/terre} - V_{Gpassager/train} = 316 \text{ km/h.}$$

Le référentiel dans lequel la vitesse est calculée joue donc un rôle essentiel. Il est impératif de le définir avant d'analyser le mouvement d'un objet quel qu'il soit, d'un animal quel qu'il soit et d'un humain, quel qu'il soit, sportif, sédentaire, jeune, âgé.... . De plus, nous remarquons que la vitesse est toujours orientée dans le sens de déplacement de l'objet, ou de la personne, sur lesquels elle s'applique.

Exercice : Lâcher de balle

Vous courez à une vitesse de $V_{G/terre}=3\text{m/s}$ avec une balle de tennis tenue fermement dans la main (figure 9). Brusquement vous lâchez la balle verticalement. Quelle est la trajectoire empruntée par la balle ?

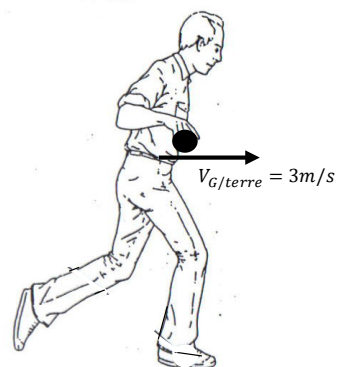
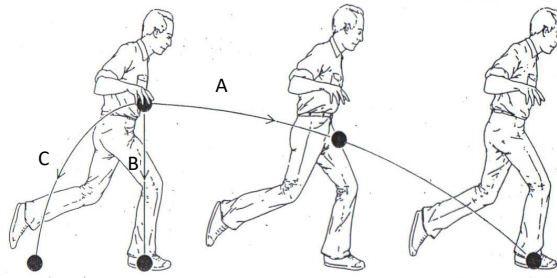


Figure 9 :

- Réponse A : vers l'avant (figure 10) ;
- Réponse B : trajectoire verticale (figure 10) ;
- Réponse C : en arrière (figure 10)



Correction :

Analyse de la performance d'Usain Bolt réalisée lors de la finale du 100 m plat, aux championnats du monde qui se sont déroulés à Berlin, en 2009.

Ce coureur jamaïcain a établi le record du 100m à 9,58s.

- Précisez comment se déroule cette course ?

Le sprinter est immobile dans les starting blocks. A l'ordre du starter et seulement à cet ordre, le sprinteur quitte les starting blocks pour parcourir le plus rapidement possible la distance des 100m. Le chronomètre électronique démarré également à l'instant du starter et s'arrête dès que le sprinteur franchit la ligne d'arrivée ; les chronomètres doivent être précis au centième, voire au millième de seconde pour départager ceux qui sont *ex æquo* pour les médailles. Au besoin, une photo finish départage les coureurs en visualisant si une partie de leur torse atteint le plan vertical du bord intérieur de la ligne d'arrivée. Comment a été mesuré ce temps de course ? Discutez en particulier la distance qui est parcourue ?

- Définissez le référentiel d'observation dans lequel la course est analysée ?

Le référentiel est placé sur la ligne du départ.

- Calculez la vitesse moyenne d'Usain Bolt ? Convertissez cette vitesse en km/h. Quelle signification peut-on attribuer à cette vitesse ? Est-elle suffisante pour analyser la course d'Usain Bolt ?

Usain Bolt a mis 9,58s pour parcourir 100m, la vitesse moyenne est donc égale à :

$$Vitesse (m/s) = \frac{100}{9,58} = 10,43m/s$$

$$Vitesse (km/h) = 10,43 * 3,6 = 37,57 km/h$$

- Le tableau ci-après présente les relevés de temps obtenus lors de la course d'Usain Bolt lors de son record du monde. *La colonne 1* représente la distance parcourue depuis le départ tous les 10 m ; *la colonne 2* le temps de passage en seconde d'Usain Bolt à ces distances ; *la colonne 3* prend en compte des intervalles de distance de 10m ; la colonne 4 précise le temps mis par Usain Bolt pour parcourir ces intervalles et la colonne 5 note la vitesse moyenne calculée sur ces intervalles de temps.
- Calculez le temps réalisé sur 100m par Usain Bolt. Le temps réalisé s'obtient en additionnant les temps de la colonne 4, soit : Temps =9,58s

Fiche Vitesse

- Calculez la vitesse sur 100m. La vitesse du sprinteur sur les 100m de course est égale à :

$V = \frac{100}{9,58} = 10,43 \text{ m/s}$. C'est une vitesse moyenne car l'intervalle de temps pour calculer la vitesse est important.

- Calculez la vitesse d'Usan Bolt sur les intervalles de 10m et retrouver la colonne 5. Transcrivez ces vitesse moyennes en km/h. Est-ce une vitesse moyenne ou une vitesse instantanée ?

Pour calculer la colonne 5, nous appliquons la formule connue $V = \frac{d}{t}$. Ce sont des vitesses moyenne car les intervalles de temps sont importants.

Col1	Col2	Col3	Col4	Col5	col6
Distance (m)	temps (s)	Intervalle 10 m	durée par intervalle (s)	Vitesse par intervalle de 10 m (m/s)	Vitesse par intervalle de 10 m (km/s)
0	0			col(3)/col(4)	col(5)*3,6
10	1,89	0-10	1,89	5,29	19,05
20	2,88	10-20	0,99	10,10	36,36
30	3,78	20-30	0,9	11,11	40,00
40	4,64	30-40	0,86	11,63	41,86
50	5,47	40-50	0,83	12,05	43,37
60	6,29	50-60	0,82	12,20	43,90
70	7,1	60-70	0,81	12,35	44,44
80	7,92	70-80	0,82	12,20	43,90
90	8,75	80-90	0,83	12,05	43,37
100	9,58	90-100	0,83	12,05	43,37

- Représentez sur papier millimétré l'évolution du temps de passage d'Usan Bolt tous les 10 m (colonne 2) en fonction de la distance parcourue (colonne 1).

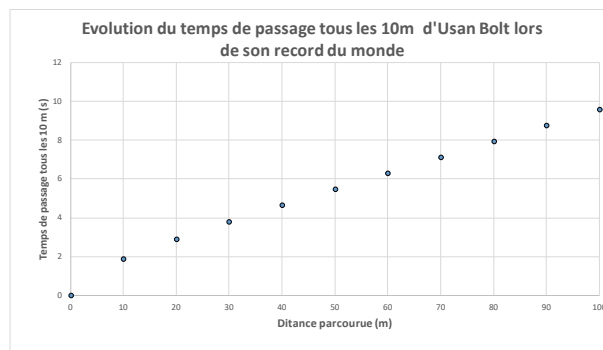


Figure 1 : Evolution du temps de passage d'Usan Bolt tous les 10 m

- Représentez sur papier millimétré, la durée par intervalle de 10m [colonne (4) en fonction de la colonne (3)] (figure 2). Discuter ce graphique.

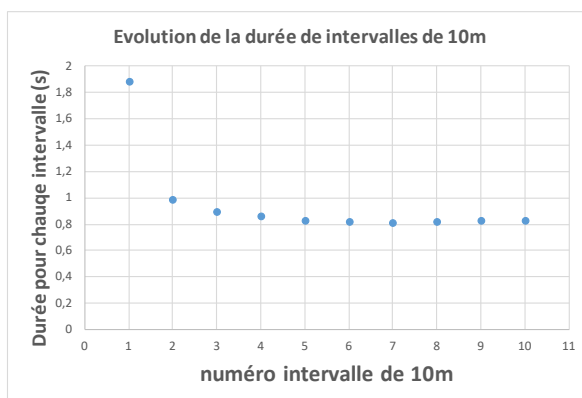


Figure 2 : Evolution de la durée par intervalle de 10m

Au départ de la course, le sprinteur met plus de temps pour parcourir les premiers intervalles de 10m. Une fois lancé, ces intervalles de temps sont relativement constants ce qui signifie que la vitesse du sprinteur est également relativement constante.

- Représentez l'évolution de la vitesse d'Usan Bolt sur chaque intervalle de 10m [colonne (5) en fonction de la colonne (3)] (figure 3). Discutez ces variations.

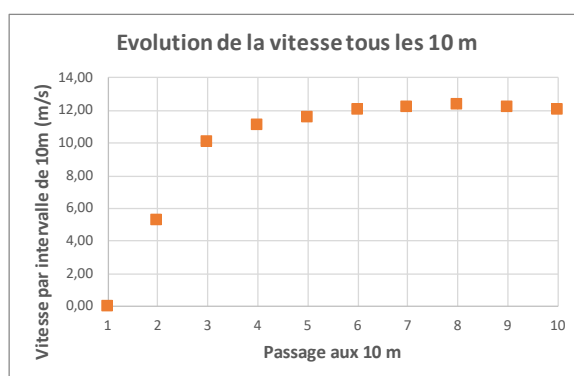


Figure 3 : l'évolution de la vitesse d'Usan Bolt sur chaque intervalle de 10m

La vitesse augmente au fur et à mesure de la mise en accélération du sprinteur pour se stabiliser vers les 60 de course.

Analyse des mouvements relatifs : Vous êtes assis dans un train TGV qui roule à $V_{G\text{train}/\text{terre}} = 320 \text{ km/h}$.

Question : **Quelle est la vitesse du centre de gravité de votre corps par rapport au train, par rapport à la terre ?**

Pour répondre à cette question, il faut définir préalablement le référentiel par rapport auquel vous évaluez votre vitesse. Si le référentiel est représenté par les rails, ou la terre, alors votre vitesse est égale à celle du TGV, c'est-à-dire 320 km/h (figure 4) : $V_{G\text{passager}/\text{terre}} = 320 \text{ km/h}$.

Par contre, si le référentiel est le TGV, votre vitesse est alors nulle : $V_{G\text{passager}/\text{train}} = 0 !$

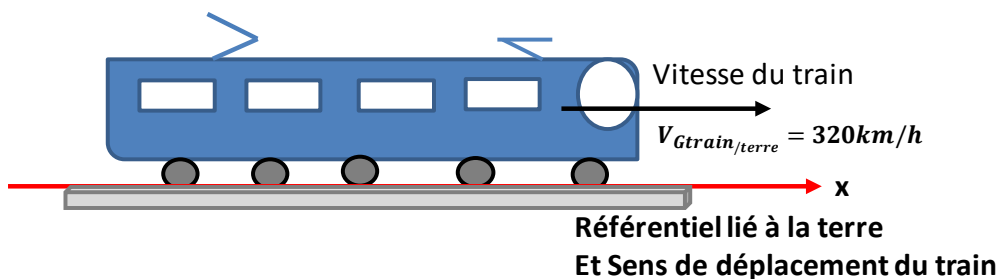


Figure 4 : la vitesse du train est de $V_{G_{train}/terre} = 320 \text{ km/h}$ par rapport à la terre

Remarque : Sur la figure 4, nous avons noté le référentiel lié à la terre par une flèche qui oriente positivement le sens du déplacement du train ; la vitesse du train est représentée par un segment fléché aussi appelé vecteur orienté dans le sens de déplacement du train défini positif.

- Maintenant, vous vous levez et marchez à une vitesse moyenne de 4 km/h dans le train et dans le même sens de déplacement que le train.

Question : **Quelle est la vitesse du centre de gravité de votre corps par rapport au train, et à la terre ?**

Votre vitesse par rapport au train est comme précisée dans l'énoncé égale à : $V_{G_{passager}/train} = 4 \text{ km/h}$. Comme vous vous déplacez dans le même sens que celui du train, votre vitesse par rapport à la terre s'ajoute à celle du train, soit :

$$V_{G_{passager}/terre} = V_{G_{train}/terre} + V_{G_{passager}/train} = 324 \text{ km/h} \text{ (Figure 5).}$$

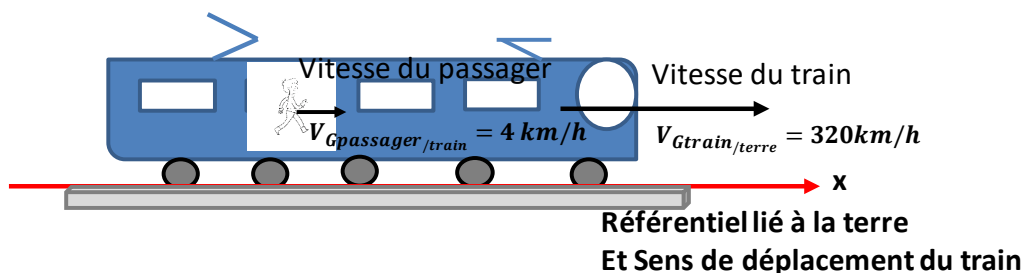


Figure 5 : le passager marche dans le train à une vitesse de $V_{G_{passager}/train} = 4 \text{ km/h}$ par rapport au train. La flèche qui caractérise la vitesse du passager est dirigée dans le même sens que celle du train et du référentiel lié à la terre. Pour connaître la vitesse du passager par rapport à la terre, soit $V_{G_{passager}/terre}$, il faut donc additionner les deux vitesses, ce qui s'écrit mathématiquement :

$$V_{G_{passager}/terre} = V_{G_{train}/terre} + V_{G_{passager}/train} = 324 \text{ km/h}$$

- Si vous marchez, avec la même vitesse, mais dans le sens contraire de déplacement du train.

Question : **Quelle est la vitesse du centre de gravité de votre corps par rapport au train, et à la terre ?**

Vous marchez dans le sens contraire que celui du train, par conséquent votre vitesse est orienté dans le sens négatif soit : $V_{G_{passager}/train} = -4 \text{ km/h}$. Et, votre vitesse par rapport à la terre devient $V_{G_{passager}/terre} = V_{G_{train}/terre} - V_{G_{passager}/train} = 316 \text{ km/h}$ (à la terre, figure 6).

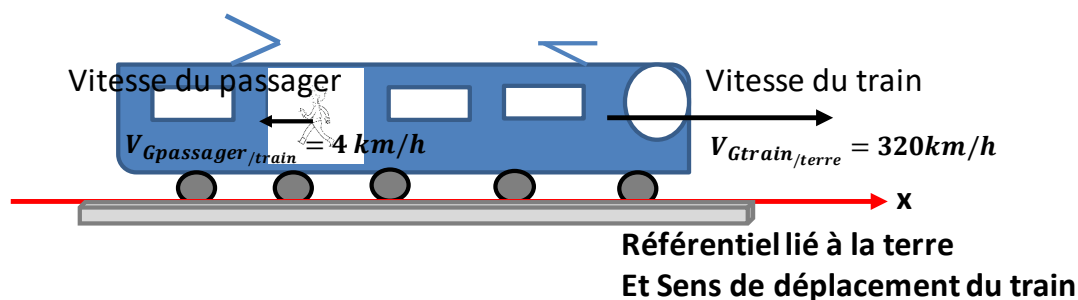


Figure 6 : le passager marche dans le sens contraire du déplacement train à une vitesse de 4km/h par rapport au train. La flèche qui caractérise la vitesse du passager est dirigée dans le sens contraire à celle du train et du référentiel lié aux rails (à la terre). Pour connaître la vitesse du passager par rapport à la terre, soit $V_{Gpassager/terre}$, il faut donc soustraire la vitesse du passager à celle du train, ce qui s'écrit mathématiquement :

$$V_{Gpassager/terre} = V_{Gtrain/terre} - V_{Gpassager/train} = 316 \text{ km/h.}$$

Le référentiel dans lequel la vitesse est calculée joue donc un rôle essentiel. Il est impératif de le définir avant d'analyser le mouvement d'un objet quel qu'il soit, d'un animal quel qu'il soit et d'un humain, quel qu'il soit, sportif, sédentaire, jeune, âgé.... . De plus, nous remarquons que la vitesse est toujours orientée dans le sens de déplacement de l'objet, ou de la personne, sur lesquels elle s'applique.

Exercice : Lâcher de balle

Vous courez à une vitesse de $V_{G/terre}=3\text{m/s}$ avec une balle de tennis tenue fermement dans la main (figure 9). Brusquement vous lâchez la balle verticalement. Quelle est la trajectoire empruntée par la balle ?

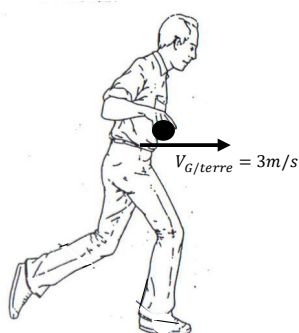
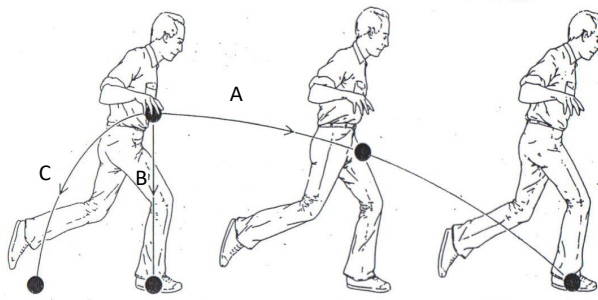


Figure 9 :

- Réponse A : vers l'avant (figure 10) ;
- Réponse B : trajectoire verticale (figure 10) ;
- Réponse C : en arrière (figure 10)



Réponse A, puisque la balle, tenue fermement dans la main du coureur, est animée de la même vitesse que celle du coureur au moment du lâcher, soit $V_{\text{balle/terre}} = 3 \text{ m/s}$. Au moment du lâcher, la balle va vers l'avant mais comme elle n'est soumise qu'à son propre poids (on néglige la résistance de l'air et donc les effets aérodynamiques), elle est en chute libre. La trajectoire de son centre de gravité est parabolique.

Cette expérience peut être réalisée en classe en essayant de faire chuter la balle dans un cercle posé devant le coureur.