Cours de physique: cinquième

Yves Delhaye

14 septembre 2006

Première partie

Mouvements réels

Chapitre 1

Les Mouvements à deux dimensions : Cinématique du mouvement curviligne

1.1 Introduction

1.1.1 Texte à analyser

1.1.2 Rappels de cinématique

Système de référence(repère orthonormé ou cartésien), trajectoire

Tableau des grandeurs vue en cinématique

Grandeurs	symboles	unités	formule
position	e (ou x, ou r)	m	$e_f(t) = e_i + v_i.t + 1/2.a.\Delta t^2$
déplacement	$\Delta e(ou\Delta x, ou\Delta r)$	m	$\Delta e = e_f(t) - e_i = v_i.t + 1/2.a.\Delta t^2$
instant	t	s	-
durée	Δt	s	$\Delta t = t_f - t_i$ e
vitesse	v	m/s	$v_f(t) = v_i + .a.\Delta t$
accélération	a	m/s^2	-

1.1.3 La notion de trajectoire d'Aristote à Galilée en passant par Léonard de Vinci : les boulets de canons

1.2 Le vecteur vitesse

Nous allons faire une généralisation de la notion de vitesse.

1.2.1 Rappel mathématique : les vecteurs

Composantes et additions de vecteurs.
Les caractéristiques d'un vecteur $\overrightarrow{w}$sont :

* Sa direction,
* son sens,
* sa grandeur (ou intensité),
* son point d'application,
* en physique, nous aurons une caractéristique en plus : son unité (m pour le vecteur position).

En physique, nous aurons une caractéristique en plus : son unité (m pour le vecteur position)

1.2.2 Position, vitesse, accélération, force : des grandeurs vectorielles

Imaginons les mouvement d'un objet (mouche, ...) sur une vitre.
– Cette vitre définit un **repère orthonormé (x,y)**.
– Soit **M** l'endroit où se trouve la mouche à l'instant **t**.
(dessin)
⇒ Ce qui définit donc
– une position **r** de coordonnées **(x,y)** par rapport à l'origine **O** des axes,
– C'est un vecteur, le vecteur $\overrightarrow{r}$.

$$\boxed{vecteur\overrightarrow{r} : \overrightarrow{r} = \overrightarrow{OM} \qquad (1.1)}$$

Si nous laissons la mouche se déplacer, à l'instant t' elle se trouve à la postion $\overrightarrow{r'}$
⇒ Ce qui définit le vecteur déplacement $\overrightarrow{\Delta r}$

$$vecteur\overrightarrow{\Delta r} : \overrightarrow{\Delta r} = \overrightarrow{r'} - \overrightarrow{r} \tag{1.2}$$

$$\Rightarrow \overrightarrow{\Delta r} = \overrightarrow{MM'} \tag{1.3}$$

car $\overrightarrow{OM'} = \overrightarrow{OM} + \overrightarrow{MM'}$ et. $\overrightarrow{r'} = \overrightarrow{\Delta r} + \overrightarrow{\Delta r}$
(dessin)

1.2.3 Le vecteur vitesse moyenne

$$\overrightarrow{v_{moy}} = \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} \tag{1.4}$$

Les caractéristiques du vecteur $\overrightarrow{v_{moy}}$sont :
* Sa direction : $\parallel \overrightarrow{\Delta r}$,
* son sens : le même que $\overrightarrow{\Delta r}$,
* sa grandeur : $\approx \frac{\overline{\Delta r}}{\Delta t}$,
* son point d'application : M,
* son unité (m/s).

1.2.4 Le vecteur vitesse instantanée

$$\overrightarrow{v_{inst}} = \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} \tag{1.5}$$

avec Δt petit

càd. $\Delta t = t' - t$ avec $t' \rightarrow t$
(t et t' presque égaux mais pas tout à fait.)

$$\Rightarrow M' \rightarrow M$$

La droite MM' devient alors **tangente** à la trajectoire en M.
Les caractéristiques du vecteur $\overrightarrow{v_{inst}}$sont :
* Sa direction : **tangente** à la trajectoire en M,
* son sens : le sens du mouvement,
* sa grandeur : $\approx \frac{\overline{\Delta r}}{\Delta t} avec t' \rightarrow t$,
* son point d'application : M ,
* son unité (m/s).

(dessin)

1.3 Exercice

Représenter les vecteurs vitesses instantanées sur la photo et comparer leurs grandeurs.

Chapitre 2

Les Mouvements à deux dimensions : Le tir horizontal

2.1 Introduction

2.1.1 3 exemples

- Lançons une balle avec la même force, soit vers le haut, soit en biais, soit à l'horizontale. La balle suit des trajectoires différentes. Dessinons les.
- Faisons des mouvements de va et vients verticaux avec une lampe de poche. Selon que nous restons sur place ou que nous nous déplaçons la trace de la lampe, sa trajectoire, n'est pas la même.
- Qu'en est il si le porteur de lampe est fixe et si l'observateur passe (en voiture ?) à proximité ?
- Si nous lâchons une balle, nous savons (depuis la $4^{ème}$) que le mouvement sera une chute libre en MRUA. Si, maintenant, sommes dans un train en marche et désirons laisser tomber une balle dans un seau posé sur le quai, nous savons que nous ne devons pas laisser tomber la balle à la verticale du seau mais "avant". Une personne se trouvant sur le quai verra la balle tomber selon une trajectoire courbée et pas à la verticale. Si nous sommes dans le train, comment nous apparaît la trajectoire ?
- Si maintenant, nous sommes sur un pont et désirons laisser tomber une balle dans un seau ... posé sur le toit du train ! Qu'allons nous faire ? Quelle sera l'apparence de la trajectoire si nous sommes dans le train ou sur le pont ?

La notion de système de référence, rappelée au chapitre précédent, prend clairement beaucoup d'importance dans les quatre derniers exemples. Les courbes ne seront pas les mêmes selon l'endroit où se trouve l'observateur : Si vous êtes sur le pont la balle tombe tout droit (en MRUA), si vous êtes sur le train la trajectoire est courbe. Pourtant, c'est la même balle qui tombe et elle prend autant de temps pour tomber quelque soit l'endroit où se trouve l'observateur. En y réfléchissant, est ce si différent dans le premier exemple ?

2.2 Expériences

2.2.1 Chronophotographie

Faisons la chronophotographie de deux balles identiques qui tombent, l'une à la verticale, l'autre est poussée sur le côté au début de la chute. (Quand je lâche ma balle depuis le train, je cesse de la pousser. Je lui ai donné une poussée horizontale et donc une vitesse horizontale, sans plus.)

Comptons les spots correspondants aux balles, le nombre est le même.

Nous pouvons conclure que les balles mettent le même temps pour arriver au sol.

Le mouvement vertical est le même !

2.2.2 Travail

Représentons notre chronophotographie sur un diagramme avec un système d'axe. Les images de la chronophotographie sont prises tous les $20^{èmes}$ de seconde, le sommet gauche est l'origine (0,0) du repère.

Répondez aux questions suivantes :

1. Écrivez les coordonnées (x ;y) de chaque image de la balle. Ces coordonnées nous donnent les composantes (x ;y) du vecteur position $\overrightarrow{r}$.
2. Oubliez la composante y et faites un tableau de la composante x de $\overrightarrow{r}$ en fonction du temps (tous les $20^{èmes}$ de seconde).
   Cette composante s'écrit : $\overrightarrow{r_x}$ et comme elle dépend du temps elle s'écrira : $\overrightarrow{r_x(t))}$
   (par facilité nous ne regarderons que l'intensité $r_x(t)$ $\overrightarrow{r_x(t))}$)
   Ce mouvement horizontal est il un MRU ou un MRUA ?
3. idem pour $\overrightarrow{r_y(t))}$
4. Après une demi seconde, déterminez la vitesse horizontale $\overrightarrow{v_x(0,5))}$.
5. Après une demi seconde, déterminez la vitesse verticale $\overrightarrow{v_y(0,5))}$.
6. Déterminez le vecteur vitesse instantanée $\overrightarrow{v(0,5))}$ alors par l'addition des vecteurs : Sa longueur $v(0,5)$ et l'angle qu'il fait avec l'horizontale.

2.3 Conclusions

Si un objet est lancé horizontalement (à la surface de la terre), alors

- les mouvements horizontaux et verticaux sont indépendants !
- Le mouvement horizontale est un MRU. La vitesse horizontale $\overrightarrow{v_x(t))}$ **est constante** ; Le déplacement horizontal est proportionnel au temps :

$$\overrightarrow{\Delta r_y(t))} = \overrightarrow{v_x(t))}.\Delta t) \tag{2.1}$$

- Le mouvement vertical, lui, est un MRUA. L'accélération $\overrightarrow{a_y)}$ est constante, dirigée vers le bas est égale g ($g = 9,81 m/s^2$)
- sa vitesse verticale $\overrightarrow{v_y(t))}$ est égale à

$$\overrightarrow{v_y(t))} = \overrightarrow{g}.\Delta t \tag{2.2}$$

- La position verticale est égale à

$$\overrightarrow{r_y(t))} = \frac{1}{2}.\overrightarrow{g}.\Delta t^2 \tag{2.3}$$

- Le vecteur vitesse de l'objet est obtenu à tout instant par l'addition de $\overrightarrow{v_x(t))}$ et de $\overrightarrow{v_y(t)}$.
  - L'intensité du vecteur se calcule par la relation de Pythagore

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 \tag{2.4}$$

  - le vecteur vitesse est tangant à la trajectoire. Son angle avec l'horizontale se calcule par la relation :

$$tg(\Theta) = \frac{v_y}{v_\times} \tag{2.5}$$

2.4 Le système de référence

Si nous représentons maintenant la chute de la balle depuis un train, la trajectoire a 2 allures très différentes selon que nous sommes ou non dans le train.

2.5 Questions exercices

2.6 Composition de MRUs et de MRUAs à deux dimensions

2.6.1 Composition de deux MRUs perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant

Introduction

2.6.2 Tableau récapitulatif :2 MRUs

Grandeur	en X	en Y	Unité
$\overrightarrow{e_i}$			(m)
$\overrightarrow{v_i}$			(m/s)
$\overrightarrow{a_i}$			(m/s^2)
$\overrightarrow{e(t)}$			(m)
$\overrightarrow{v(t)}$			(m/s)
$\overrightarrow{a(t)}$			(m/s^2)
$\overrightarrow{e_f}$			(m)
$\overrightarrow{v_f}$			(m/s)
$\overrightarrow{a_f}$			(m/s^2)

2.6.3 Composition de deux MRUs non-perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant revisité

Introduction

2.6.4 Tableau récapitulatif :2 MRUs

Grandeur	en X	en Y	Unité
$\overrightarrow{e_i}$			(m)
$\overrightarrow{v_i}$			(m/s)
$\overrightarrow{a_i}$			(m/s^2)
$\overrightarrow{e(t)}$			(m)
$\overrightarrow{v(t)}$			(m/s)
$\overrightarrow{a(t)}$			(m/s^2)
$\overrightarrow{e_f}$			(m)
$\overrightarrow{v_f}$			(m/s)
$\overrightarrow{a_f}$			(m/s^2)

2.6.5 Composition d'un MRU et d'un MRUA perpendiculaires : L'avion et le colis humanitaire, le tir horizontal

Application : bien séparer position $\vec{p}$, vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$

Résultats de la table tracante

$\vec{p}, \vec{v}, \vec{a}$ **à t=0 et à t quelconques**

2.7 Tableau récapitulatif : 1 MRUA et un MRU perpendiculaire ou le tir horizontal

Grandeur	en X	e
$\overrightarrow{e_i}$	$e_{ix} = 0$	e_{iy}
$\overrightarrow{v_i}$	$v_{ix} = ...$	v_{iy}
$\overrightarrow{a_i}$	$a_{ix} = a_x = 0$	$a_{iy} = a_y =$
$\overrightarrow{e(t)}$	... $e_x(t) = e_{ix} + v_{ix}.t + 1/2.a_x.t^2 = 0 + v_{ix}.t + 0$	$e_y(t) = e_{iy} + v_{iy}.t + 1/2.a_y$
$\overrightarrow{v(t)}$	$v_x(t) = v_{ix} + a_x.t$	$v_y(t) =$
$\overrightarrow{a(t)}$	$a_x(t) = a_{ix} = a_x$	$a_y(t) =$
$\overrightarrow{e_f}$	$e_{fx} = v_{ix}.t_f$	$e_{fy} = h - (1$
$\overrightarrow{v_f}$	$v_{fx} = v_{ix}$	$v_{fy} = ($
$\overrightarrow{a_f}$	$a_{fx} = 0$	$a_{fx} = a$

2.7.1 Composition d'un MRU et d'un MRUA non-perpendiculaires : Le boulet de canon, la balle de golf, le ballon de football

2.7.2 2 MRUAs avec vitesses initiales

Grandeur	en X	en Y	Unité
$\overrightarrow{e_i}$	$e_{ix} = ...$	$e_{iy} = ...$	(m)
$\overrightarrow{v_i}$	$v_{ix} = ...$	$v_{iy} = ...$	(m/s)
$\overrightarrow{a_i}$	$a_{ix} = a_x = ...$	$a_{ix} = a_x = ...$	(m/s^2)
$\overrightarrow{e(t)}$	$e_x(t) = e_{ix} + v_{ix}.t + 1/2.a_x.t^2$	$e_y(t) = e_{iy} + v_{iy}.t + 1/2.a_y.t^2$	(m)
$\overrightarrow{v(t)}$	$v_x(t) = v_{ix} + a_x.t$	$v_y(t) = v_{iy} + a_y.t$	(m/s)
$\overrightarrow{a(t)}$	$a_x(t) = a_{ix} = a_x$	$a_y(t) = a_{iy} = a_y$	(m/s^2)
$\overrightarrow{e_f}$	$e_{fx} = ...$	$e_{fy} = ...$	(m)
$\overrightarrow{v_f}$	$v_{fx} = ...$	$v_{fy} = ...$	(m/s)
$\overrightarrow{a_f}$	$a_{fx} = a_x = a_{ix}$	$a_{fx} = a_x = a_{ix}$	(m/s^2)

2.7.3 Importance du référentiel

Chapitre 3

Mouvement Circulaire Uniforme : Cinématique du mouvement curviligne

Temps prévu :

– 10 périodes

Objectifs :

– Expliquer la différence entre changement de vitesse en grandeur ou en direction.
– Interpréter les mouvements en termes de conservation ou de modification par les forces.
– Repérer les duos d'actions spécifiques sur divers exemples.
– Associer l'analyse d'un mouvement au système de référence.
– Estimer vitesse et accélération dans quelques exemples.

Savoirs :

– Forces et mouvements (lois de Newton)
– Mouvement circulaire.
– Période
– vitesse circulaire
– accélération centripète
– force centripète

3.1 Introduction

3.1.1 mise en situation

3.1.2 Tâche

3.2 Force centripète

3.2.1 Introduction

Rappel : le principe d'inertie

$$MRU \Leftrightarrow \Sigma\overrightarrow{F} = \overrightarrow{0}$$
$$Mouvement\ varie \Leftrightarrow \Sigma\overrightarrow{F} \neq \overrightarrow{0}$$

mouvement circulaire uniforme

3.2.2 Définitions : période, vitesse d'un mouvement circulaire uniforme, ...

* Un objet de masse m
* en mouvement circulaire uniforme
  * de rayon R (m)
  * et de centre C
  * décrit des arcs Δs (m)
  * en des durées égales Δt. (s)
* La durée d'une révolution complète est la période T (s)
  * Ex : L'aiguille des secondes d'un horloge est en MCU et a une période T de $60s$.
  * Ex : L'aiguille des minutes d'un horloge a une période T de ......
  * Ex : L'aiguille des heures d'un horloge a une période T de ......

En MCU, la vitesse v est égale à la longueur d'arc de cercle parcourue par unité de temps. Càd.

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

où
Δt est la durée nécessaire (s)
pour parcourir

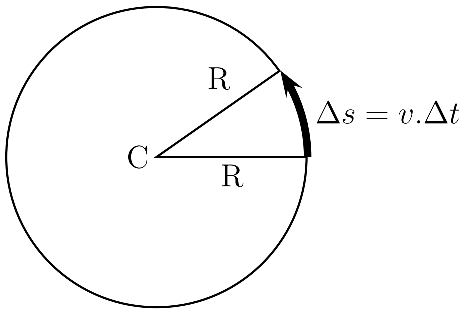
Δs la longueur d'arc (m).

Attention : Rappel le sens positif est le sens contraire des aiguilles d'une montre.

Pour un tour (une circonférence) : $\Delta s = 2\pi R$ et $\Delta t = T$

Et donc :

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$



Exemple :

L'horloge de l'hôtel de ville a une trotteuse qui fait exactement 1m de long. Quelle est la vitesse v de la pointe de la trotteuse ?

* Données :
  * $R = 1m$
  * $T = 60s$
* Inconnue :
  * $v = ?(m/s)$
* Formule :
  * $v = \frac{2\pi R}{T}$
* Solution :
  * $v = \frac{2\pi 1}{60}(m/s)$
  * $v = \frac{6{,}28}{60}(m/s)$
  * $v = 0.1(m/s)$

Caractéristiques du vecteur vitesse

Rappelons que les caractéristiques d'un vecteur sont :

* Sa direction,
* son sens,
* sa grandeur et
* son point d'application.

Au chapitre précédent, nous avons vu qu'en tout point de la trajectoire, le vecteur vitesse $\overrightarrow{v}$ est tangent à la trajectoire.

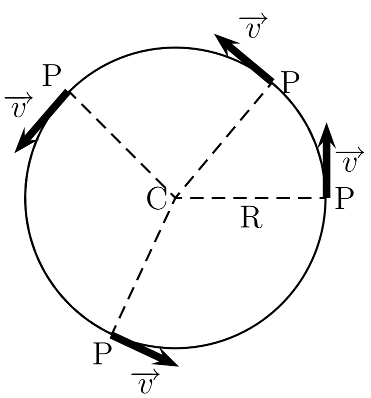
Ici, dans un mouvement circulaire, la trajectoire est la circonférence du cercle. Si $\overrightarrow{v}$ est tangent à la circonférence du cercle, alors $\overrightarrow{v}$ est perpendiculaire au rayon R.

$$\overrightarrow{v} \perp R$$

Le vecteur vitesse $\overrightarrow{v}$ est dans le sens du mouvement. La grandeur de $\overrightarrow{v}$ est v. Son point d'application est le centre de masse du mobile en mouvement sur la circonférence.

Et donc, les caractéristiques du vecteur $\overrightarrow{v}$sont :

* Sa direction : $\overrightarrow{v} \perp R$
* son sens : le sens du mouvement
* sa grandeur : $v = \frac{2\pi R}{T}$
* son point d'application : le centre de masse du mobile désigné par P.



Vitesse angulaire

La vitesse $\overrightarrow{v}$ mesure le déplacement (m). Il peut être utile de mesurer la vitesse angulaire. La vitesse angulaire est liée à la période et aux "nombre de tours" par seconde. Elle est une mesure de l'angle fait par unité de temps. Plutôt que de mesurer en l'angle en degré, par convention, elle est donnée en "radians par seconde" :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\Delta s}{R\Delta t}$$

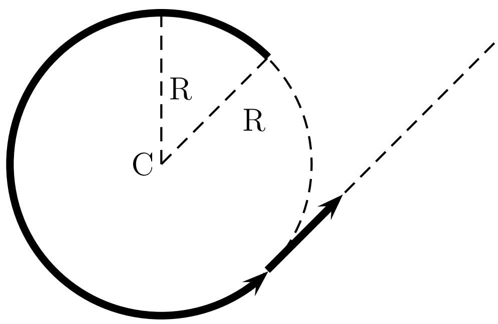
(rad/s)

3.2.3 La force centripète

Si nous faisons tourner un objet au bout d'une corde, nous devons tirer sur la corde. Il faut donc exercer une force vers le centre de rotation. Cette force courbe sans cesse la trajectoire.

Cette force est la force centripète.

Si nous cessons d'exercer cette force, si nous lâchons la corde par exemple, alors il n'y a plus de force exercée sur l'objet et conformément au principe d'inertie, il part en ligne droite. (si nous négligeons les frottements, la gravité, ...) C'est le principe d'une fronde.



Remarquons que nous n'avons pas besoin de force centrifuge ! Cette force existe dans le langage de tous les jours mais n'existe pas en tant que telle. Les physiciens parlent de "pseudo-force".

3.2.4 L'accélération centripète

Rappel : principe fondamental de la dynamique

$$F = m.a$$

Nous avons vu au chapitre précédent que la position et la vitesse était des grandeurs vectorielles, rappelons que l'accélération est aussi une grandeur vectorielle. Dès lors $F = m.a$ devient, sous forme vectorielle,

$$\overrightarrow{F} = m.\overrightarrow{a}$$

Ce que cette relation indique c'est que la force $\overrightarrow{F}$ est proportionnelle à l'accélération $\overrightarrow{a}$. Comme la masse m ne peut pas être négative, les vecteurs $\overrightarrow{F}$ et $\overrightarrow{a}$ sont de même direction et de même sens.

Application de principe fondamental de la dynamique en MCU

L'accélération $\overrightarrow{a}$ est donc aussi dirigée vers le centre.

La vitesse v est certes constante, mais nous ne sommes plus en MRU. Le vecteur $\overrightarrow{v}$ est bien de grandeur v constante MAIS la **direction** du vecteur $\overrightarrow{v}$ change continuellement. Notons que ce changement est régulier, nous y reviendrons.

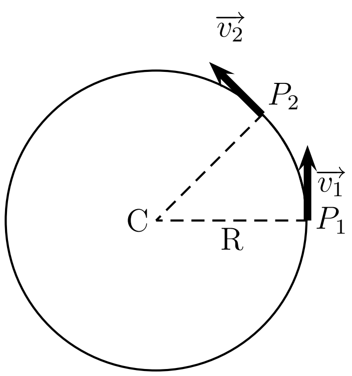
Définissons donc maintenant l'accélération vectorielle !

$$\overrightarrow{a} = \frac{\Delta \overrightarrow{v}}{\Delta t}$$

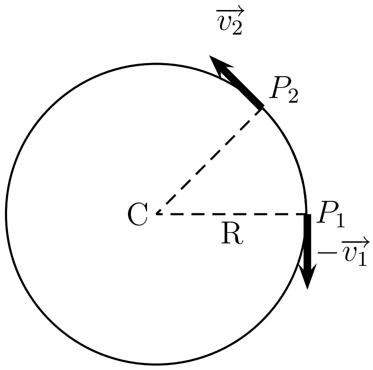
Différence de vitesses vectorielles

Ce changement de vitesse $\Delta \overrightarrow{v}$ est une différence de vitesse. En MRU, nous faisions $\Delta v = v_2 - v_1$, ici, avec des grandeurs vectorielles nous faisons

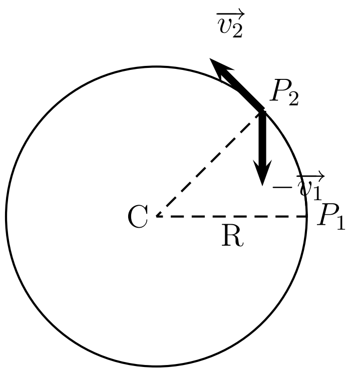
$$\Delta \overrightarrow{v} = \overrightarrow{v_2} - \overrightarrow{v_1}$$



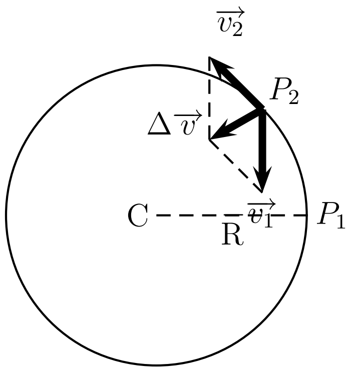
Faire une différence de vecteurs revient à additionner un vecteur $\overrightarrow{v_2}$ et l'opposé de $\overrightarrow{v_1}$.



Comme nous pouvons déplacer un vecteur pour faire la différence, nous avons maintenant :



Ou encore :



Remarque : Le vecteur $\Delta\overrightarrow{v}$ ne pointe pas parfaitement vers le centre car souvenons nous que les définitions de la vitesse et de l'accélération impliquent de prendre Δt petit. Ce qui n'est pas le cas dans les illustrations précédentes.

Conclusion

$\Delta\overrightarrow{v} = \overrightarrow{v_2} - \overrightarrow{v_1} = \overrightarrow{v_2} + (-\overrightarrow{v_1})$ est donc bien dirigé vers le centre et que l'accélération $\overrightarrow{a}$ sera aussi dirigée vers le centre. L'accélération $\overrightarrow{a}$ est donc bien centripète.

Le principe fondamental de la dynamique et la définition de $\overrightarrow{a}$ comme différence de vitesses sont concordantes.

3.2.5 Grandeur de la force et de l'accélération centripète

introduction

Nous connaissons maintenant

* le point d'application (le point P : centre de masse de l'objet de masse m)
* la direction (selon une droite reliant le centre C et le point P) et
* le sens (pointant vers le centre C)

de la force centripète. Ceci est aussi valable pour l'accélération centripète.

Mais nous ne connaissons pas encore sa grandeur (ou intensité). Étudions ici cette question.

Considérations expérimentales

Si nous faisons tourner une masse autour de nous (au lancer de marteau, en faisant tourner une fronde, ...), nous pouvons constater rapidement une série de choses :

La force (centripète) que nous devons exercer pour retenir l'objet en rotation est d'autant plus grande que :

* la masse m de l'objet est grande,
* la grandeur v de la vitesse est grande,
* le rayon R est petit.

Cette dernière considération est un peu contraire au sens commun.

Conclusion

Des mesures précises nous permettent de déduire la relation suivante :

$$F = m\frac{v^2}{R}$$

Comme $F = m.a$ peut s'écrire $a = \frac{F}{m}$, nous déduisons que, pour un mobile en MCU, l'intensité de l'accélération centripète vaut :

$$a = \frac{F}{m} == \frac{v^2}{R}$$

3.3 Exercices :

1. La circonférence de la Terre est approximativement de 40 000 km et elle effectue un tour sur elle-même en approximativement 24h. Quelle est la vitesse v de quelqu'un se trouvant à l'équateur ?
   * Données :
     * $Circ \approx 40000km = ...m$
     * $T \approx 24h = ...S$
   * Inconnue :
     * $v =?(m/s)$
   * Formule :
     * $Circ = 2\pi R$
     * $v = \frac{2\pi R}{T}$
     * $v = \frac{Circ}{T}$
   * Solution :
     * $v = \frac{Circ}{T}$
     * $v = \frac{......}{.....}(m/s)$
     * $v = ...(m/s)$
2. La Terre tourne autour du soleil en approximativement 365 jours. La lumière met approximativement 8 minutes pour parcourir la distance entre la Terre et le Soleil. Sachant que la vitesse de la lumière est approximativement 300 000 km/s, quelle est la vitesse v de la Terre dans son mouvement orbital autour du Soleil ?

3. La Lune tourne autour de la Terre en approximativement 28 jours. La lumière met approximativement 1 seconde pour parcourir la distance entre la Terre et la Lune. Sachant que la vitesse de la lumière est approximativement 300 000 km/s, quelle est la vitesse v de la Lune dans son mouvement orbital autour de la Terre ?
4. On fait tourner un poids de $1kg$ attaché à une corde de longueur $= 2m$, un tour est fait en $4s$. Quelle est la valeur de v.
5. Valeurs de $/omega$ et de a pour tous les problèmes précédents.
6. A partir des relations entre vitesse v, rayon R, période T et accélération centripète a, prouver que la force centripète F peut s'écrire :

$$F = m\frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

3.4 Applications : Pourquoi les pneus lisses sont-ils dangereux ?

Deuxième partie

Modèle de l'univers et gravitation universelle

Chapitre 4

Les Mouvements à deux dimensions : Cinématique du mouvement curviligne

Temps prévu :

– 10 périodes

Objectifs :

– Expliquer la différence entre changement de vitesse en grandeur ou en direction.
– Interpréter les mouvements en termes de conservation ou de modification par les forces.
– Repérer les duos d'actions spécifiques sur divers exemples.
– Associer l'analyse d'un mouvement au système de référence.
– Estimer vitesse et accélération dans quelques exemples.

Savoirs :

– Forces et mouvements (lois de Newton)
– Mouvement circulaire.

4.1 Introduction

4.1.1 La notion de trajectoire d'Aristote à Galilée en passant par Léonard de Vinci : les boulets de canons

4.1.2 Rappel mathématique : les vecteurs

4.1.3 Position, vitesse, accélération, force : des grandeurs vectorielles

Ne pas mélanger les pommes et les poires

4.2 Composition de MRUs et de MRUAs à deux dimensions

4.2.1 Composition de deux MRUs perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant

4.2.2 Composition de deux MRUs non-perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant revisité

4.2.3 Composition d'un MRU et d'un MRUA perpendiculaires : L'avion et le colis humanitaire

Application : bien séparer position $\vec{p}$, vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$

Résultats de la table tracante

$\vec{p}, \vec{v}, \vec{a}$ à t=0 et à t quelconques

4.2.4 Composition d'un MRU et d'un MRUA non-perpendiculaires : Le boulet de canon, la balle de golf, le ballon de football

4.2.5 Importance du référentiel

4.2.6 Applications : Pourquoi les pneus lisses sont-ils dangereux ?

4.2.7

Chapitre 5

Les Mouvements à deux dimensions : Cinématique du mouvement curviligne

Temps prévu :

– 10 périodes

Objectifs :

– Expliquer la différence entre changement de vitesse en grandeur ou en direction.
– Interpréter les mouvements en termes de conservation ou de modification par les forces.
– Repérer les duos d'actions spécifiques sur divers exemples.
– Associer l'analyse d'un mouvement au système de référence.
– Estimer vitesse et accélération dans quelques exemples.

Savoirs :

– Forces et mouvements (lois de Newton)
– Mouvement circulaire.

5.1 Introduction

5.1.1 La notion de trajectoire d'Aristote à Galilée en passant par Léonard de Vinci : les boulets de canons

5.1.2 Rappel mathématique : les vecteurs

5.1.3 Position, vitesse, accélération, force : des grandeurs vectorielles

Ne pas mélanger les pommes et les poires

5.2 Composition de MRUs et de MRUAs à deux dimensions

5.2.1 Composition de deux MRUs perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant

5.2.2 Composition de deux MRUs non-perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant revisité

5.2.3 Composition d'un MRU et d'un MRUA perpendiculaires : L'avion et le colis humanitaire

Application : bien séparer position $\vec{p}$, vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$

Résultats de la table tracante

$\vec{p}, \vec{v}, \vec{a}$ à t=0 et à t quelconques

5.2.4 Composition d'un MRU et d'un MRUA non-perpendiculaires : Le boulet de canon, la balle de golf, le ballon de football

5.2.5 Importance du référentiel

5.2.6 Applications : Pourquoi les pneus lisses sont-ils dangereux ?

5.2.7

Troisième partie

Electromagnétisme

Chapitre 6

Les Mouvements à deux dimensions : Cinématique du mouvement curviligne

Temps prévu :

– 10 périodes

Objectifs :

– Expliquer la différence entre changement de vitesse en grandeur ou en direction.
– Interpréter les mouvements en termes de conservation ou de modification par les forces.
– Repérer les duos d'actions spécifiques sur divers exemples.
– Associer l'analyse d'un mouvement au système de référence.
– Estimer vitesse et accélération dans quelques exemples.

Savoirs :

– Forces et mouvements (lois de Newton)
– Mouvement circulaire.

6.1 Introduction

6.1.1 La notion de trajectoire d'Aristote à Galilée en passant par Léonard de Vinci : les boulets de canons

6.1.2 Rappel mathématique : les vecteurs

6.1.3 Position, vitesse, accélération, force : des grandeurs vectorielles

Ne pas mélanger les pommes et les poires

6.2 Composition de MRUs et de MRUAs à deux dimensions

6.2.1 Composition de deux MRUs perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant

6.2.2 Composition de deux MRUs non-perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant revisité

6.2.3 Composition d'un MRU et d'un MRUA perpendiculaires : L'avion et le colis humanitaire

Application : bien séparer position $\vec{p}$, vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$

Résultats de la table tracante

$\vec{p}, \vec{v}, \vec{a}$ à t=0 et à t quelconques

6.2.4 Composition d'un MRU et d'un MRUA non-perpendiculaires : Le boulet de canon, la balle de golf, le ballon de football

6.2.5 Importance du référentiel

6.2.6 Applications : Pourquoi les pneus lisses sont-ils dangereux ?

6.2.7

Chapitre 7

Les Mouvements à deux dimensions : Cinématique du mouvement curviligne

Temps prévu :

– 10 périodes

Objectifs :

– Expliquer la différence entre changement de vitesse en grandeur ou en direction.
– Interpréter les mouvements en termes de conservation ou de modification par les forces.
– Repérer les duos d'actions spécifiques sur divers exemples.
– Associer l'analyse d'un mouvement au système de référence.
– Estimer vitesse et accélération dans quelques exemples.

Savoirs :

– Forces et mouvements (lois de Newton)
– Mouvement circulaire.

7.1 Introduction

7.1.1 La notion de trajectoire d'Aristote à Galilée en passant par Léonard de Vinci : les boulets de canons

7.1.2 Rappel mathématique : les vecteurs

7.1.3 Position, vitesse, accélération, force : des grandeurs vectorielles

Ne pas mélanger les pommes et les poires

7.2 Composition de MRUs et de MRUAs à deux dimensions

7.2.1 Composition de deux MRUs perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant

7.2.2 Composition de deux MRUs non-perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant revisité

7.2.3 Composition d'un MRU et d'un MRUA perpendiculaires : L'avion et le colis humanitaire

Application : bien séparer position $\vec{p}$, vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$

Résultats de la table tracante

$\vec{p}, \vec{v}, \vec{a}$ à t=0 et à t quelconques

7.2.4 Composition d'un MRU et d'un MRUA non-perpendiculaires : Le boulet de canon, la balle de golf, le ballon de football

7.2.5 Importance du référentiel

7.2.6 Applications : Pourquoi les pneus lisses sont-ils dangereux ?

7.2.7

Chapitre 8

Les Mouvements à deux dimensions : Cinématique du mouvement curviligne

Temps prévu :

– 10 périodes

Objectifs :

– Expliquer la différence entre changement de vitesse en grandeur ou en direction.
– Interpréter les mouvements en termes de conservation ou de modification par les forces.
– Repérer les duos d'actions spécifiques sur divers exemples.
– Associer l'analyse d'un mouvement au système de référence.
– Estimer vitesse et accélération dans quelques exemples.

Savoirs :

– Forces et mouvements (lois de Newton)
– Mouvement circulaire.

8.1 Introduction

8.1.1 La notion de trajectoire d'Aristote à Galilée en passant par Léonard de Vinci : les boulets de canons

8.1.2 Rappel mathématique : les vecteurs

8.1.3 Position, vitesse, accélération, force : des grandeurs vectorielles

Ne pas mélanger les pommes et les poires

8.2 Composition de MRUs et de MRUAs à deux dimensions

8.2.1 Composition de deux MRUs perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant

8.2.2 Composition de deux MRUs non-perpendiculaires : Le nageur et le tapis roulant revisité

8.2.3 Composition d'un MRU et d'un MRUA perpendiculaires : L'avion et le colis humanitaire

Application : bien séparer position $\vec{p}$, vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$

Résultats de la table tracante

$\vec{p}, \vec{v}, \vec{a}$ à t=0 et à t quelconques

8.2.4 Composition d'un MRU et d'un MRUA non-perpendiculaires : Le boulet de canon, la balle de golf, le ballon de football

8.2.5 Importance du référentiel

8.2.6 Applications : Pourquoi les pneus lisses sont-ils dangereux ?

8.2.7

Table des matières