Partie Comprendre : Lois et modèles

CHAP 05-POLY Lois de Newton

Objectifs : Quelles lois permettent d'étudier un mouvement ?

Notions et contenus	Compétences exigibles
Temps, cinématique et dynamique newtoniennes Description du mouvement d'un point au cours du temps : vecteurs position, vitesse et accélération	Extraire et exploiter des informations relatives à la mesure du temps pour justifier l'évolution de la définition de la seconde. Choisir un référentiel d'étude. Définir et reconnaître des mouvements (rectiligne uniforme, rectiligne uniformément varié, circulaire uniforme, circulaire non uniforme) et donner dans chaque cas les caractéristiques du vecteur accélération. Définir la quantité de mouvement d'un point matériel
Référentiel galiléen. Les 3 lois de Newton	Connaître et exploiter les trois lois de Newton ; les mettre en œuvre pour étudier des mouvements dans des champs de pesanteur et électrostatique uniformes. *Mettre en oeuvre une démarche expérimentale pour étudier un mouvement.*
Conservation de la quantité de mouvement d'un système isolé.	*Mettre en oeuvre une démarche expérimentale pour interpréter un mode de propulsion par réaction à l'aide d'un bilan qualitatif de quantité de mouvement.*

1. SYSTEMES MECANIQUES ET REFERENTIELS

1.1. Systèmes mécaniques

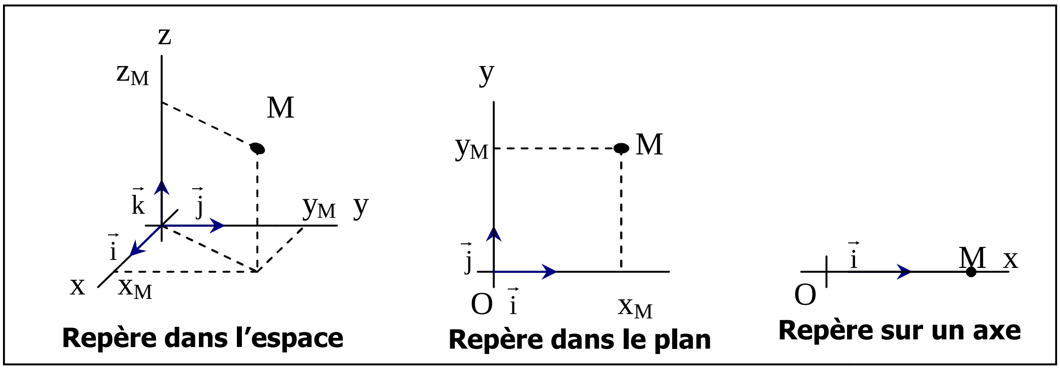
On appelle système………………… que l'on distingue de son environnement et dont on étudie ………………………

On se limitera à l'étude du mouvement …………………………… de ce système **(système ……………………………….).**

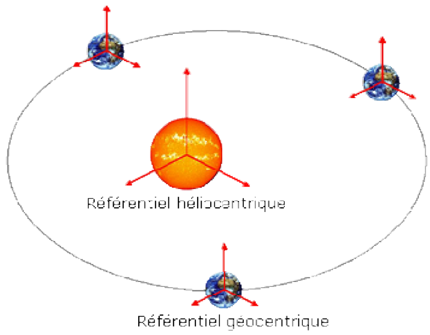
1.2. Référentiel

Le référentiel est le………………………… par rapport auquel on décrit le………………………………… d'un mobile.

Pour repérer un point dans un référentiel, on choisit un ………………………………………………… lié à ce référentiel.



Exemples de référentiels



➔ **Référentiels ……………………………**

➔ **Référentiel ………………………………**

➔ **Référentiel ………………………………**

Remarque :

- Le mouvement d'un objet dépend du ………………………………

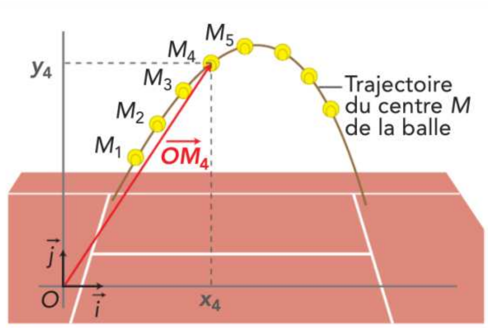
- Le mouvement est la combinaison de ……………………………, de ………………………… et de …………………………………

Ex. mouvement rectiligne uniforme : trajectoire ………………, vitesse ……………………., accélération ……………

2. VECTEUR POSITION

animation: déterminer les coordonnées d'un vecteur position

2.1. Repère d'espace et de temps



Doc. 1 Mouvement d'un système, trajectoire et représentation d'un vecteur position dans le repère orthonormé $(O ; \vec{i}, \vec{j})$.

Dans un repère mathématique $(O, \vec{i}, \vec{j})$
L'objet M a comme coordonnées M(x(t), y(t))

Vecteur position :

$\overrightarrow{OM(t)}$ =

ou :

$\overrightarrow{OM(t)}$ =

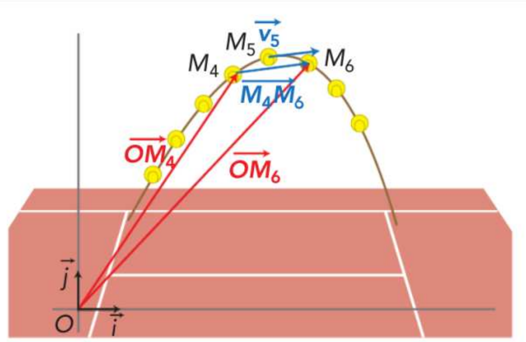
Valeur ou norme : OM(t) ou $\|\overrightarrow{OM(t)}\|$ = … … … … … … … … …

Application : Soit un point M dont les coordonnées sont x(t) = 2t+1 et y(t) = -t+5, calculer la distance du point O au point M à la date t= 2,0 s.

2. VECTEUR VITESSE

2.1. Vecteur vitesse moyenne

a) Par exemple pour le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_5}$



Doc. 2 Détermination du vecteur vitesse $\vec{v_5}$ à la date t_5.

$\overrightarrow{v_5}$=

b) Caractéristiques

$\overrightarrow{v_5}$ a la direction et le sens de ……………………
et pour valeur : v_5 =………………………

$\overrightarrow{v_{moy}}$ =

c) Méthode pour tracer un vecteur vitesse (cf TP)

ANIMATION : tracer vecteur vitesse

2.2. Vecteur vitesse instantannée

a) Définition

$\overrightarrow{v(t)}$ =

- La notation $\frac{df(t)}{dt}$ désigne la dérivée par rapport au temps de la fonction $f(t)$. En mathématiques, on la note $f'(t)$.
- La dérivée d'un vecteur $\vec{u}(t)$ de coordonnées $\begin{pmatrix} u_x(t) \\ u_y(t) \end{pmatrix}$ est le vecteur $\vec{v}'(t)$ de coordonnées $\begin{pmatrix} \frac{du_x(t)}{dt} \\ \frac{du_y(t)}{dt} \end{pmatrix}$ ou $\begin{pmatrix} u'_x(t) \\ u'_y(t) \end{pmatrix}$.

Dans un référentiel donné, **le vecteur vitesse instantanée à l'instant t d'un point M** du système, noté $\overrightarrow{v(t)}$, est égal à la ……………………………………………………………………………………

Exemple : $\overrightarrow{v(t_5)}$= ……………………………………………………………

b) Coordonnées du vecteur vitesse

On a : $\overrightarrow{OM}$ = …………………… Or $\vec{v}$ = …………………………= ………………………………

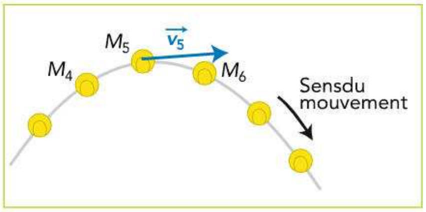
D'où $\overrightarrow{v(t)}$ ou $\overrightarrow{v(t)}$

c) Caractéristiques du vecteur vitesse

Direction : ……………………………………………

Sens : …………………………………………………

Valeur : v(t) =…………………………………………



Doc. 4 Le vecteur vitesse est toujours tangent à la trajectoire au point considéré et dans le sens du mouvement.

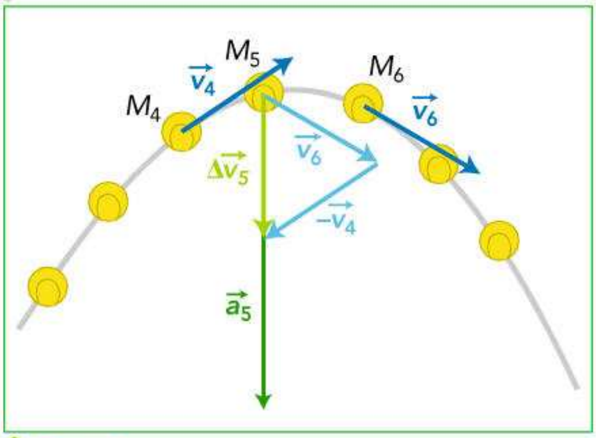
Application : Soit un point M se déplaçant en suivant les équations horaires : x(t) = 3t, y(t) = $-4{,}9t^2 + t$
Exprimer les coordonnées du vecteur vitesse au cours du temps puis calculer la valeur de la vitesse à t = 2s ?

3. VECTEUR ACCELERATION

3.1. Vecteur accélération moyenne

a) Par exemple pour le vecteur accélération $\overrightarrow{a_5}$

$\overrightarrow{a_5}$=



Doc. 6 Construction du vecteur accélération $\vec{a_5}$ à la date t_5.

b) Caractéristiques

$\overrightarrow{a_5}$ **a la direction et le sens de ……………**

***et* pour valeur : $a_5 = \cdots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots ..$**

Attention : $\overrightarrow{\Delta v_5}$ **= ………………………** ***mais :*** $\Delta v_5 \neq$ **………………………**

c) Méthode pour tracer un vecteur accélération (cf TP)

ANIMATION : tracer d'un vecteur variation de vitesse puis d'un vecteur accéleration ou mieux ICI

3.2. Vecteur accélération instantannée

a) Définition

$\vec{a}$ =

En mathématiques, si f est une fonction de t, on note sa dérivée seconde f "(t). On a alors :

$$f''(t) = \frac{d}{dt}\left(\frac{df(t)}{dt}\right) = \frac{d^2 f(t)}{dt^2}$$

3.3. Coordonnées

On a : $\vec{v}$ = …………………………… Or $\vec{a}$ = ………………………………… = …………………………………

d'où : $\vec{a}$ $\vec{a}$ ou $\vec{a}$

Valeur : a =……………………………………………

Application : Soit un point M se déplaçant en suivant les équations horaires : x(t) = 3t, y(t) = –4,9t^2 + t
Exprimer les coordonnées du vecteur accélération au cours du temps puis calculer la valeur de l'accélération à t = 2s ?

4. VECTEUR QUANTITE DE MOUVEMENT

4.1. Définition

$\vec{p}$ =

4.2. Caractéristiques

$\vec{p}(t)$
- *direction* : ………………………………
- *sens* : ……………………………………
- *point d'application* : ………………….
- *une valeur* p = ………………………

5. RECONNAITRE UN MOUVEMENT

5.1. Mouvements rectilignes uniformes

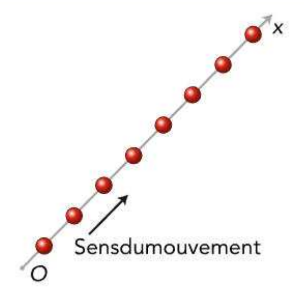
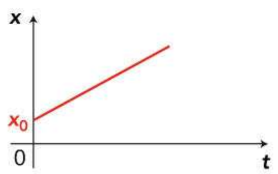
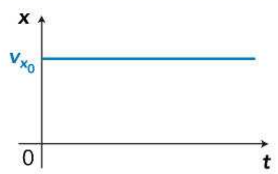
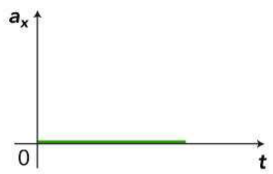
a) Définition

- Dans un référentiel donné, le mouvement d'un système est rectiligne et uniforme lorsque la trajectoire est ………………………………..…. et la valeur de sa vitesse est ……………………….

- Dans un référentiel donné, un système a un mouvement rectiligne uniforme si son ………………… …………………..a toujours même direction, même sens et même valeur : il est …………………… Son vecteur ……………………… est alors égal, à chaque instant, au vecteur nul :

$\vec{v}$ = et $\vec{a}$ =

b) Graphiques ANIMATION

Chronophotographie d'un mouvement rectiligne uniforme sur un axe (Ox)	Représentation graphique de la coordonnée x de la position en fonction du temps	Représentation graphique de la coordonnée v_x de la vitesse en fonction du temps	Représentation graphique de la coordonnée a_x de l'accélération en fonction du temps
	 Équation de la représentation graphique : $x(t) = v_{x_0} \cdot t + x_0$	 Équation de la représentation graphique : $v_x(t) = v_{x_0}$	 Équation de la représentation graphique : $a_x(t) = 0$

5.2. Mouvements rectilignes uniformément variés

a) Définition

- Dans un référentiel donné, le mouvement d'un système est rectiligne et uniformément varié lorsque sa trajectoire est …………………………… et la valeur de son accélération est …………………..

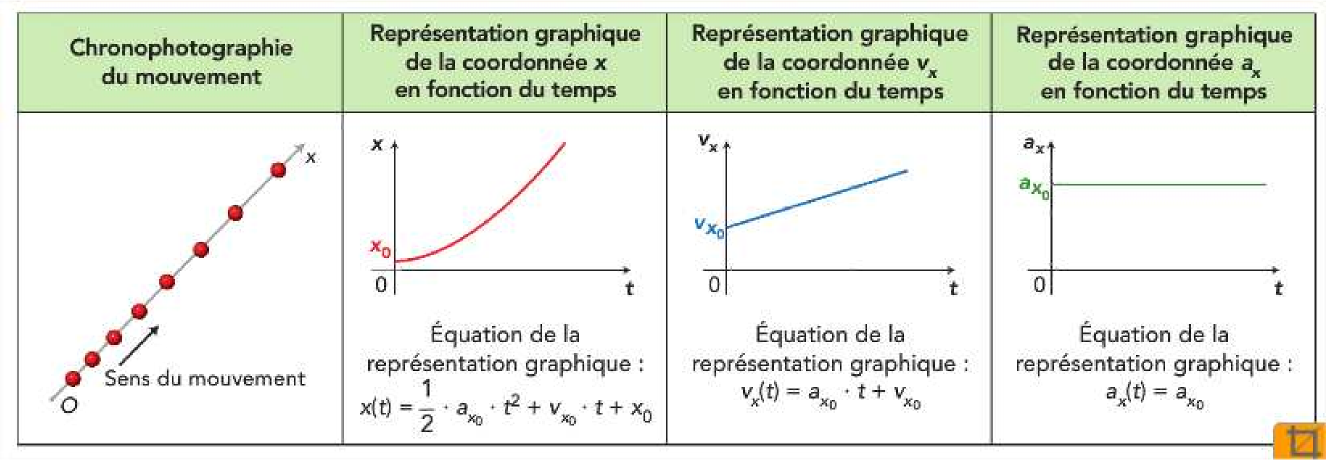
- La valeur de la vitesse est alors ……………………………………………

- Dans un référentiel donné, un système a un mouvement rectiligne uniformément varié si son …………………………… a toujours même direction, même sens et même valeur; il est ………………...

- Le mouvement rectiligne est accéléré si les vecteurs accélération et vitesse sont …………………………

- Le mouvement est décéléré (ralenti) si les vecteurs accélération et vitesse sont ……………..…………….

b) Graphiques ANIMATION (mvt à accélération constante)



5.3. mouvements circulaires uniformes ANIMATION (mvt planètes ds le repère héliocentrique

a) définition

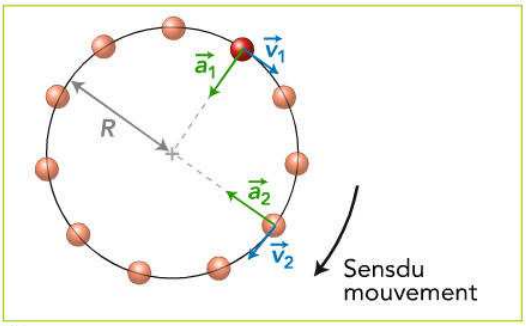
- Dans un référentiel donné, un système a un mouvement circulaire uniforme si sa trajectoire est une portion de cercle de rayon R et si la valeur v de sa vitesse est ……………………..

b) Vecteur accélération

- Le vecteur accélération est ………………………,

et la valeur de valeur a de l'accélération est …………………. :

a =……………….



Doc. 9 Chronophotographie d'un mouvement circulaire uniforme.

- Dans le cas d'un mouvement circulaire uniforme, la valeur de …………………et celle de ……………….. sont constantes

5.4. mouvements circulaires non uniformes

a) Définition

- ***Dans le cas d'un mouvement circulaire non uniforme, la valeur de l'accélération n'est pas ………..***

b) Vecteur accélération

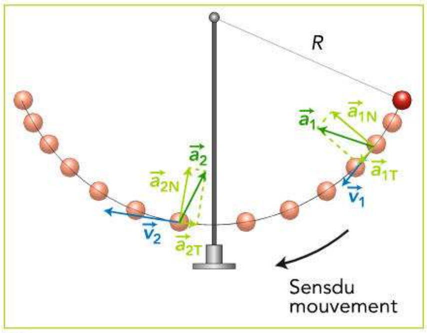
À chaque instant, le vecteur accélération a se décompose en deux vecteurs : $\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_N$

- $\vec{a}_T$ ***est l'accélération …………………….. : elle est tangente à la trajectoire orientée dans le sens du mouvement, de valeur***

a_T = ……..

- $\vec{a}_N$ ***est l'accélération ……………… : elle est centripète, de valeur***

a_N = ……………



Doc. 10 Chronophotographie d'un mouvement circulaire non uniforme et décomposition du vecteur accélération.

6. LES LOIS DE NEWTON

6.1. Référentiel Galiléen

- C'est un référentiel dans lequel s'appliquent les lois de Newton

6.2. 1ère loi de Newton: Le principe de l'inertie ANIMATION principe d'Inertie

Ds un réf Galiléen,

Si un corps est au repos ou s'il a un mouvement rectiligne uniforme, les forces qu'il subit ……………………………………

(la sommes des $\overrightarrow{forces}$ = ……….)

Réciproque :

Si les forces agissant sur un corps se compensent,

alors le corps est soit ………………………. soit en ……………………………………………………………………………………

Rq : ANIMATION 1ère loi de Newton

6.3. 2ème loi de Newton ou principe fondamentale de la dynamique ANIMATION 2ème loi de Newton

Ds un réf Galiléen si v n'est pas constante,

$\sum \overrightarrow{\mathbf{F}_{(\text{extérieures})}} =$

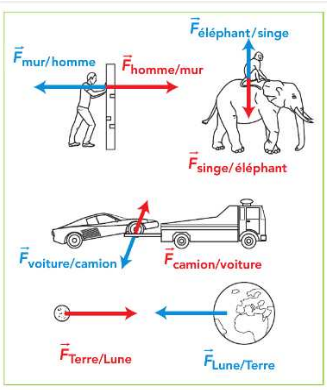
Si m reste constant :

$\sum \overrightarrow{\mathbf{F}_{(\text{extérieures})}} =$

6.4. 3ème loi de Newton : Principe des actions réciproques ANIMATION 3ème loi de Newton

Soit A et B , deux corps en interaction,

$\overrightarrow{F_{A\to B}} =$



Doc. 14 Dans ces quatre situations, deux systèmes sont en interaction. On a représenté à chaque fois la force exercée par le système 1 sur le système 2 et la force exercée par le système 2 sur le système 1.

7. APPLICATION A LA PROPULSION PAR REACTION

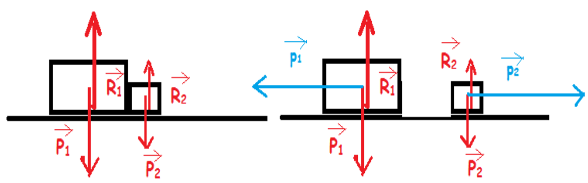
ANIMATION (lance patate) **ANIMATION (fusée)**

$\sum \vec{F}_{ext} =$ or $\sum \vec{F}_{ext} =$ d'où $\dfrac{d\vec{p}}{dt} =$ donc $\vec{p} =$

Avant séparation, la quantité de mouvement du système est ……………….puisque le système est ………………. : $\vec{p}_i =$…….

Après séparation, la quantité de mouvement des deux sous systèmes est …………………………. puisque la quantité de mouvement ……………………………. : $\vec{p}_f =$……………………….. $\Rightarrow \vec{p}_1 =$……………

La ………………………………………………………………………………………… permet d'expliquer la propulsion par réaction.



avant séparation des 2 sous systèmes $\vec{p}_i = \vec{0}$

après séparation des 2 sous systèmes $\vec{p}_f = \vec{0}$

8. COMPLEMENTS : Dérivées Primitives

OPÉRATIONS SUR LES DÉRIVÉES lorsque u et v sont des fonctions dérivables sur un intervalle I

FONCTION	DERIVEE
u +v	u' +v'
k.u (k : constante)	k.u'
uv	u'.v +u.v'
$\dfrac{1}{v}$	$-\dfrac{v'}{v^2}$
$\dfrac{u}{v}$	$\dfrac{u'.v - u.v'}{v^2}$
u^n	$n.u'.u^{n-1}$
$\sqrt{u}$	$\dfrac{u'}{2.\sqrt{u}}$

FONCTION f	FONCTION DERIVEE f'
$f(x) = k$ (constante)	$f'(x) = 0$
$f(x) = x$	$f'(x) = 1$
$f(x) = a.x + b$	$f'(x) = a$
$f(x) = x^n$	$f'(x) = n.x^{n-1}$
$f(x) = \sqrt{x}$	$f'(x) = \dfrac{1}{2\sqrt{x}}$
$f(x) = \dfrac{1}{x}$	$f'(x) = -\dfrac{1}{x^2}$
$f(x) = \cos(x)$	$f'(x) = -\sin(x)$
$f(x) = \sin(x)$	$f'(x) = \cos(x)$
$f(x) = \tan(x)$	$f'(x) = 1 + \tan^2(x) = \dfrac{1}{\cos^2(x)}$
$f(t) = \cos(\omega.t + \varphi)$	$f'(t) = -\omega.\sin(\omega.t + \varphi)$
$f(t) = \sin(\omega.t + \varphi)$	$f'(t) = \omega.\cos(\omega.t + \varphi)$
$f(t) = \tan(\omega.t + \varphi)$	$f'(t) = \omega.(1 + \tan^2(\omega.t + \varphi))$