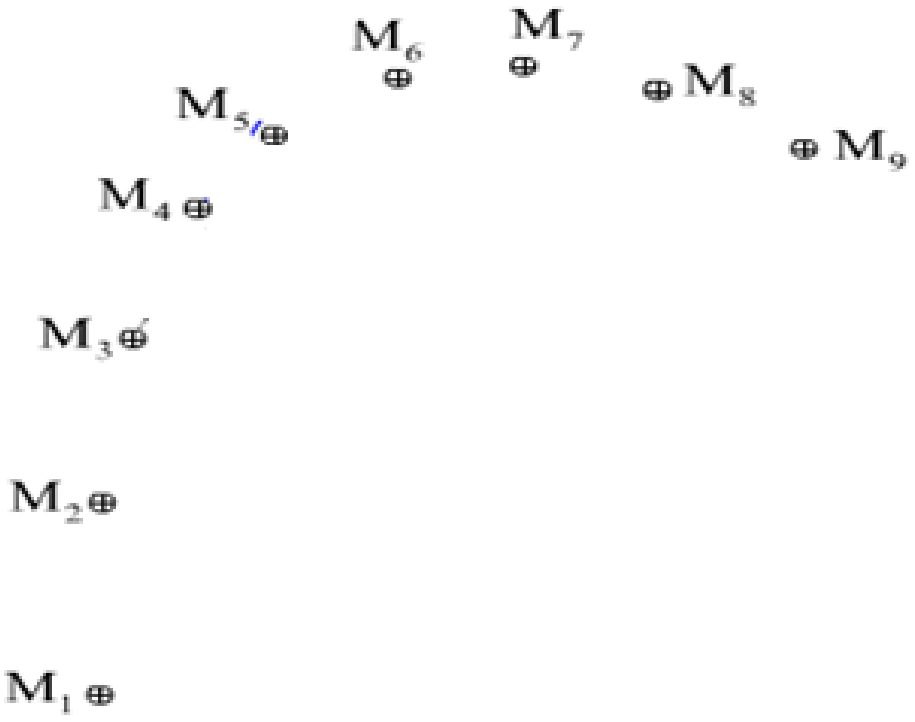
Mouvement et interaction	Chapitre 11: Mouvement et seconde loi de Newton

I) Vecteur vitesse et vecteur position (rappel)

I-1 Définition de la cinématique

I-2 Le vecteur position(vidéo)

I-3 Le vecteur vitesse $\vec{v}$ (vidéo)



I-4 caractéristiques du vecteur vitesse au point M

I-5 Méthode pour tracer le vecteur vitesse instantanée

II) Le vecteur accélération $\vec{a}$ (vidéo)

II-1 Etude expérimentale

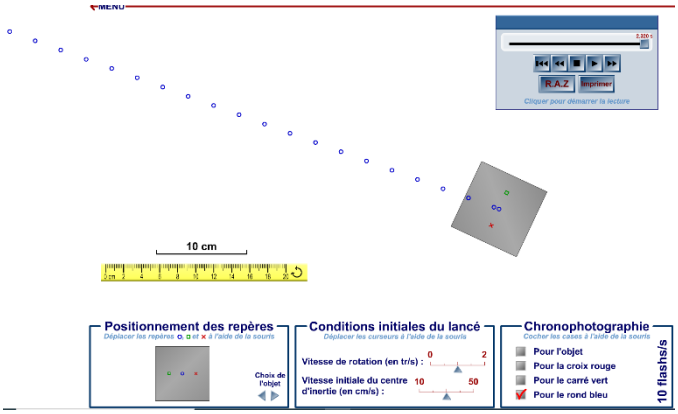
II-2 Définition du vecteur accélération

II-3 Caractéristiques du vecteur accélération au point M

II-4 Méthode pour tracer le vecteur accélération instantanée.

III) Caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération de quelques mouvements particuliers

III-1 Mouvement rectiligne



Clique sur l'animation table à coussin d'air

Au cours d'un mouvement rectiligne, la trajectoire d'un point M est une _____.

On étudiera 3 types de mouvements rectilignes:

- **Mouvement rectiligne uniforme (vidéo)**

Cliquer sur l'**animation vitesse position et accélération** et paramétrer le logiciel de manière à avoir un mouvement rectiligne uniforme

1) Quelle propriété possède le vecteur vitesse.

2) Que vaut le vecteur accélération ? Justifier.

Dans un référentiel donné le mouvement d'un point M est **rectiligne uniforme** si en chaque instant son **vecteur vitesse** est _____ :

$\vec{v}$ = constante ⇔ _____

Le vecteur accélération instantanée est égal au vecteur _____ quel que soit t en effet:

$\vec{a}(t) = (\frac{d\vec{v}}{dt})_t$ = = _____ écrit d'une autre façon:

$\vec{a}_i$ = _____

Vidéo : expression de x(t), v_x(t) et a_x(t)

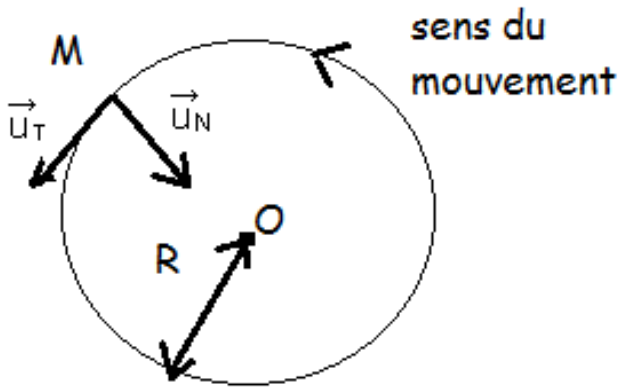
- Mouvement rectiligne uniformément accéléré (vidéo)

Cliquer sur l'**animation vitesse position et accélération** et paramétrer le logiciel de manière à avoir un mouvement uniformément accéléré. Quelle propriété possède le vecteur accélération ? Justifier.

Dans un référentiel donné le mouvement d'un point M est **rectiligne uniformément accéléré** si en chaque instant son **vecteur accélération** est _____et que sa trajectoire est une _____:
$\vec{a}$ = _____ ⇔ mouvement rectiligne uniformément varié

- Mouvement rectiligne quelconque

Dans un référentiel donné le mouvement d'un point M est **rectiligne quelconque** si en chaque instant son vecteur accélération et vitesse est _____ et que sa **trajectoire** est une _____.



III-2 Mouvement circulaire

- Mouvement circulaire uniforme (vidéo)

Mouvement circulaire non uniforme (vidéo)

IV) Dynamique, seconde loi de Newton

Introduction: La **dynamique** est une discipline de la **mécanique classique** qui étudie les corps en mouvement sous l'influence des **actions mécaniques** qui leur sont appliquées. Elle combine la **statique** qui étudie l'équilibre des corps au repos, et la **cinématique** qui étudie le mouvement.

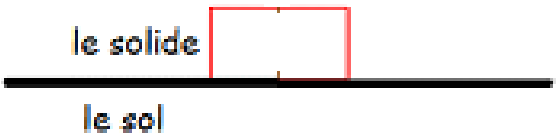
les 2 lois suivantes ne sont vérifiées que dans un référentiel galiléen.

Exemple de référentiel Galiléen:

- référentiel terrestre, lié à la surface de la Terre, (table, quai d'un train etc.) utilisé pour étudier les mouvements des solides au voisinage proche de la Terre
- référentiel géocentrique, lié au centre de la Terre, utilisé pour étudier les mouvements des satellites de la Terre ainsi que celui de la Lune
- référentiel héliocentrique, lié au centre du soleil, pour étudier les mouvements des planètes autour du soleil.

IV-1 Rappel : première loi de Newton ou principe d'inertie (vidéo)

Clique sur l'animation: **table à coussin d'air (Ostralo.net)**



1) Le mouvement se fait sans frottement. Représentez sur un schéma les forces s'exerçant sur le palet. Que dire de la somme vectorielle des forces s'exerçant sur le palet lorsqu'il est au repos ? Lorsqu'il est en mouvement ?
2) Caractériser le mouvement du centre d'inertie dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
3) Enoncer la première loi de Newton appelé également le principe d'inertie.

A compléter avec les mots : rectiligne uniforme, isolé, galiléen, pseudo-isolé, repos.

Lorsqu'un système matériel est _____ (soumis à des forces qui se compensent) ou _____ (soumis à aucune force) par rapport à un référentiel _____ alors soit :

- il est au _____
- soit le mouvement de son centre d'inertie est _____ . Son vecteur vitesse est alors constant.

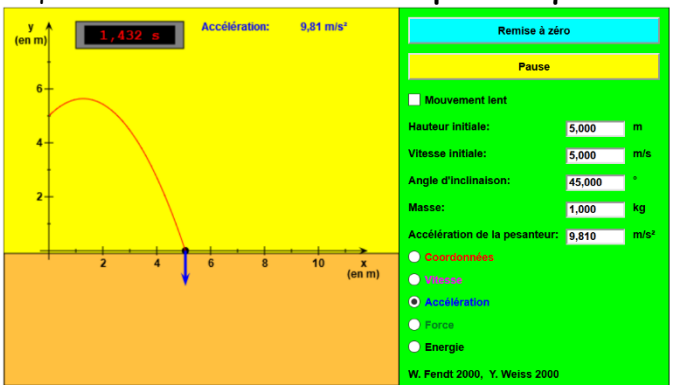
La réciproque est vraie.

Si $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{O} \Leftrightarrow$ $\vec{v}_G$ est constant

IV-2 Deuxième loi de Newton ou principe fondamental de la dynamique

Vidéo : attention dans cette vidéo on parle de la dérivée de la quantité de mouvement par rapport au temps. Ce n'est plus au programme, donc appliquer directement la relation $\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}$

Clique sur l'animation **mouvement parabolique sans frottement.**



1) Que vaut la somme des forces extérieures appliquées au solide ?
2) Quelles sont les caractéristiques (direction, sens norme) du vecteur accélération $\vec{a}$
3) Quelle est la relation entre le vecteur accélération et le vecteur champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$?
4) Proposer une formule correspondant à la seconde loi de Newton dans le cas général.
A compléter avec les mots : masse m, forces extérieures, vecteur accélération $\vec{a}$

Seconde loi de Newton : Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des _____ _____appliquées à un système matériel est égale au produit de la_____ du système par le _____de son centre d'inertie :

$\sum \vec{F}_{ext} =$

Exercice 1: démontrer que la première loi de Newton est un cas particulier de la seconde loi.

Exercice 2 (vidéo): dans le cas de la chute libre (mouvement sans frottement dans un champ de pesanteur terrestre), que vaut le vecteur accélération ?

Résumé : chapitre 11: Mouvement et seconde loi de Newton

I) Vecteur position / vitesse /accélération

Le vecteur position(vidéo)

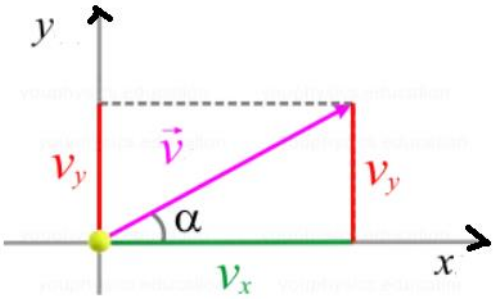
Dans le repère cartésien $R(0,\vec{\imath},\vec{\jmath},)$, Le vecteur position $\overrightarrow{OM} = x.\vec{\imath} + y.\vec{\jmath}$
x et y sont les coordonnées du vecteur position dans le repère R cartésien orthonormé.
La norme du vecteur position, notée $\left\|\overrightarrow{OM}\right\| = \sqrt{x^2 + y^2}$
Unité légale : x,y et $\left\|\overrightarrow{OM}\right\|$ en mètre (m).

Le vecteur vitesse $\vec{v}_{\square}$(vidéo)

Dans un référentiel donné, **le vecteur vitesse instantanée** à l'instant t d'un point M du **système,** noté $\vec{v}_{\square}(t_{\square})$, est égale à la **dérivée** du **vecteur position** $\overrightarrow{OM}$ par rapport au temps:

$$\vec{v}(t) = d\left(\frac{\overrightarrow{OM}}{dt}\right)_t = d\left(\frac{x.\vec{\imath} + y.\vec{\jmath}}{dt}\right)_t = \left(\frac{dx}{dt}\right).\vec{\imath} + \left(\frac{dy}{dt}\right).\vec{\jmath} = v_x.\vec{\imath} + v_y.\vec{\jmath}$$

$$\vec{v}(t)\begin{cases} v_x = \vec{v}.\vec{\imath} = v.\cos(\alpha) \\ v_y = \vec{v}.\vec{\jmath} = v.\cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = v.\sin(\alpha) \end{cases}$$



v_x et v_y sont les coordonnées du vecteur vitesse dans le repère cartésien orthonormé R.
La norme du vecteur vitesse vaut :
$\|\vec{v}\| = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2}$

Unité légale : v_x , vy, et v : en mètre par seconde ($m.s^{-1}$).

$\vec{v}(t)$
- *direction*: tangente à la trajectoire
- *sens*: celui du mouvement
- *point d'application*: le point M de la trajectoire à l'instant t
- *valeur* ou norme $v = \|\vec{v}\| = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2}$
  l'unité légale m.s^-1

vecteur accélération

Dans un référentiel donné, le **vecteur accélération** instantanée à l'instant t d'un point M du **système,** noté $\vec{a}(t)$, est égale à la **dérivée** du **vecteur vitesse instantanée** $\vec{v}(t)$ par rapport au temps:

$$\vec{a}(t) = lim_{\Delta t \to 0}\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \left(\frac{d\vec{v}}{dt}\right)_t = = a_x.\vec{\imath} + a_y.\vec{\jmath}$$

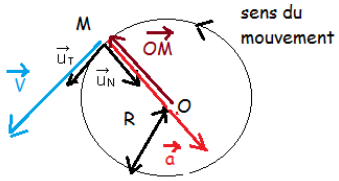
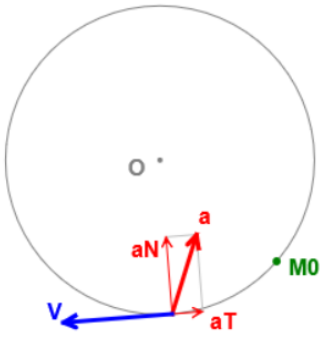
$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$$

a_x et a_y sont **les coordonnées** du vecteur accélération dans le repère cartésien orthonormé R.
a_x est la **dérivée première** par rapport au temps de la coordonnée de la **vitesse v_x** sur l'axe des x; c'est la **dérivée seconde** par rapport au temps de **l'abscisse x**.
a_y est la dérivée première par rapport au temps de la coordonnée de la vitesse v_y sur l'axe des y; c'est la dérivée seconde par rapport au temps de l'ordonnée y.
La norme du vecteur accélération vaut :$a = \|\vec{a}\| = \sqrt{{a_x}^2 + {a_y}^2}$
Unité légale pour les coordonnées et la norme: le mètre par seconde au carré ($m.s^{-2}$).

$\vec{a}(t)$ | *direction*: identique à celle du vecteur variation de vitesse $d\vec{v}$
sens: *celui* du vecteur variation de vitesse $d\vec{v}$
point d'application: *le point M*
une valeur $a = \|\vec{a}\| = \sqrt{{a_x}^2 + {a_y}^2}$ l'unité légale est le mètre par seconde au carré ($m.s^{-2}$)

II) Caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération de quelques mouvements particuliers

mouvement	vecteur position	vecteur vitesse	vecteur accélération	trajectoire
mouvement rectiligne	$\overrightarrow{OM} = x.\vec{\imath} + y.\vec{\jmath}$	$\vec{v} =$ constante $\vec{v}(t) = d(\frac{\overrightarrow{OM}}{dt})_t$ $= d(\frac{x.\vec{\imath} + y.\vec{\jmath}}{dt})_t$ $= (\frac{dx}{dt}).\vec{\imath} + (\frac{dy}{dt}).\vec{\jmath} = v_x.\vec{\imath}$ $+ v_y.\vec{\jmath}$	$\vec{a}(t) = (\frac{d\vec{v}}{dt})_t = \vec{0}$	une droite
Mouvement rectiligne uniformément accéléré	$\overrightarrow{OM} = x.\vec{\imath} + y.\vec{\jmath}$	varie	$\vec{a}=$ constante	une droite
Mouvement rectiligne quelconque	$\overrightarrow{OM} = x.\vec{\imath} + y.\vec{\jmath}$	varie	varie	une droite
mouvement circulaire uniforme 	$\overrightarrow{OM} = -R.\overrightarrow{U_N}$ avec R rayon de la trajectoire	$\vec{v} = v.\overrightarrow{U_T}$(varie) v = constante	$\vec{a} = \frac{v^2}{R}.\vec{u}_N$ (varie) a = constante	un cercle
mouvement circulaire quelconque 	$\overrightarrow{OM} = -R.\overrightarrow{U_N}$ avec R rayon de la trajectoire	$\vec{v} = v.\overrightarrow{U_T}$(varie) 'v' varie	:$\vec{a} = \frac{v^2}{R}.\vec{u}_N + .\vec{u}_T$(varie) 'a' varie	un cercle

III) Lois de Newton

III-1) Première loi de Newton ou principe d'inertie (vidéo)

Lorsqu'un système matériel est pseudo-isolé (soumis à des forces qui se compensent) ou isolé (soumis à aucune force) par rapport à un référentiel galiléen alors soit :

- il est au repos
- soit le mouvement de son centre d'inertie est rectiligne uniforme . Son vecteur vitesse est alors constant.

La réciproque est vraie.

Si $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow$

$\vec{v}_G$ est constant

III-2 deuxième loi de Newton ou principe fondamental de la dynamique

Seconde loi de Newton : Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un système matériel est égale au produit de la masse m du système par le vecteur accélération de son centre d'inertie : $\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}$