I- Description d'un mouvement d'un point : cinématique

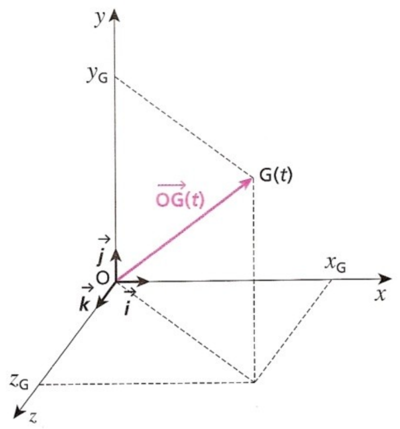
Vecteur position

La position d'un mobile noté **M** s'exprime par rapport à un …………………………………… noté **O.**
L'observateur O est encore appelé le ……………………………………….. .

La position de M par rapport à O désigne :

- la …………………………………… suivant laquelle O « voit » M ;
- le …………………………………… vers lequel M est « vu » de O ;
- la …………………………………… entre O et M.

La position de M par rapport à O, se comporte donc mathématiquement comme un ………………………………. .



En cinématique on étudie le mouvement d'un système par rapport à un référentiel. Pour cela on choisira un repère orthonormé qui nous permettra d'étudier la variation au cours du temps de la position du système étudié réduit en un point : G ou M. On parle de système ponctuel

Le vecteur position aura pour expression :

$$\overrightarrow{OG}(t) = ...(t)\vec{i} + ...(t)\vec{j} + ...(t)\vec{k}$$

Nous étudierons des mouvements plans : z(t) = 0

donc l'expression devient :

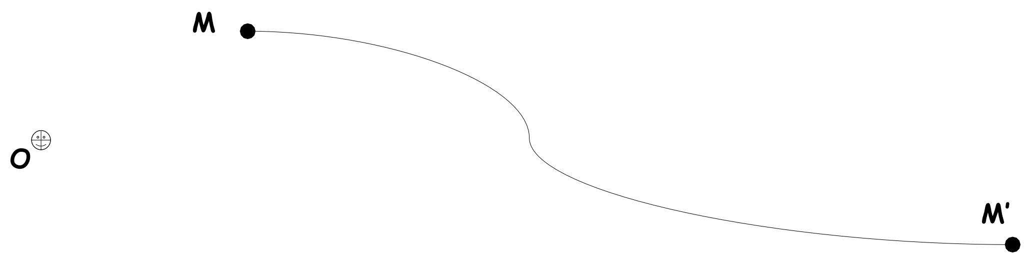
$$\overrightarrow{OG}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j}$$

que nous présenterons sous la forme suivante

$$\overrightarrow{OG}(t)\begin{Bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{Bmatrix}$$

Définition : vecteur position :

Définition : trajectoire :



Déplacement

- Le mobile se trouve à l'instant t en M et à l'instant t' en M'.
- Pendant la durée :……….=….−……, le mobile s'est déplacé de la quantité vectorielle : ………………..
- Ce déplacement ………………… peut encore s'écrire sous la forme de la variation du vecteur ……………

Définition : vecteur déplacement :

………………………=………………………−……………………………… .

Vecteur vitesse instantanée :

Si on considère à un instant t où le mobile se trouve en un point M de la trajectoire, un tout petit déplacement $\overrightarrow{MM'}$ (nous parlerons plus tard de ***déplacement élémentaire***) pendant une durée Δt infiniment petite (une ***durée élémentaire***, « qui tend vers zéro ! ») :

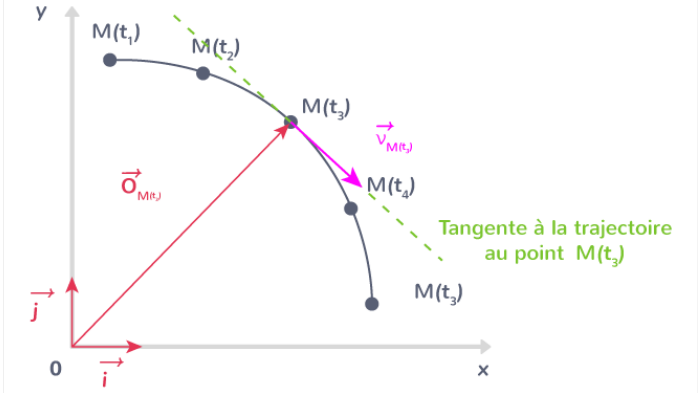
- la direction de $\overrightarrow{MM'}$, s'approche de ………………………………………………… ;
- le sens de $\overrightarrow{MM'}$ est celui ……………………………………………………………………… ;
- la norme $\left\| \dfrac{\overrightarrow{MM'}}{t} \right\|$ tend vers la valeur de ……………………………………………… ;

Définition : vecteur vitesse instantané :

$$\vec{v} = \lim_{t \to 0} \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t} = \lim_{t \to 0} \frac{\overrightarrow{OM'} - \overrightarrow{OM}}{\Delta t} = \lim_{t \to 0} \frac{\overrightarrow{OM}(t+\Delta t) - \overrightarrow{OM}(t)}{\Delta t} = \frac{d\ldots\ldots}{d\ldots\ldots\ldots}$$

$\vec{v}$ est un vecteur caractérisé par : direction :
sens :
norme :
point d'application :

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/vitesse.swf



$$\vec{v}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \overrightarrow{OG}}{\Delta t} = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$$

$$\vec{v}(t) = \frac{\ldots\ldots}{\ldots\ldots}(t)\,\vec{i} + \frac{\ldots\ldots}{\ldots\ldots}(t)\,\vec{j}$$

$$\vec{v}(t) = \ldots{}_x(t)\,\vec{i} + \ldots{}_y(t)\,\vec{j}$$

$$\vec{v}\begin{Bmatrix} v_x = \dfrac{dx}{dt} \\ v_y = \dfrac{dy}{dt} \end{Bmatrix}$$

II- Modification d'un mouvement : vecteur accélération

Définition : vecteur accélération instantanée :

$$\vec{a}=\lim_{t\to 0}\frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t}=\lim_{t\to 0}\frac{\vec{v}(t+\Delta t)-\vec{v}(t)}{\Delta t}=\frac{d\ldots\ldots}{d\ldots\ldots\ldots}$$

$\vec{a}$ est un vecteur caractérisé par :

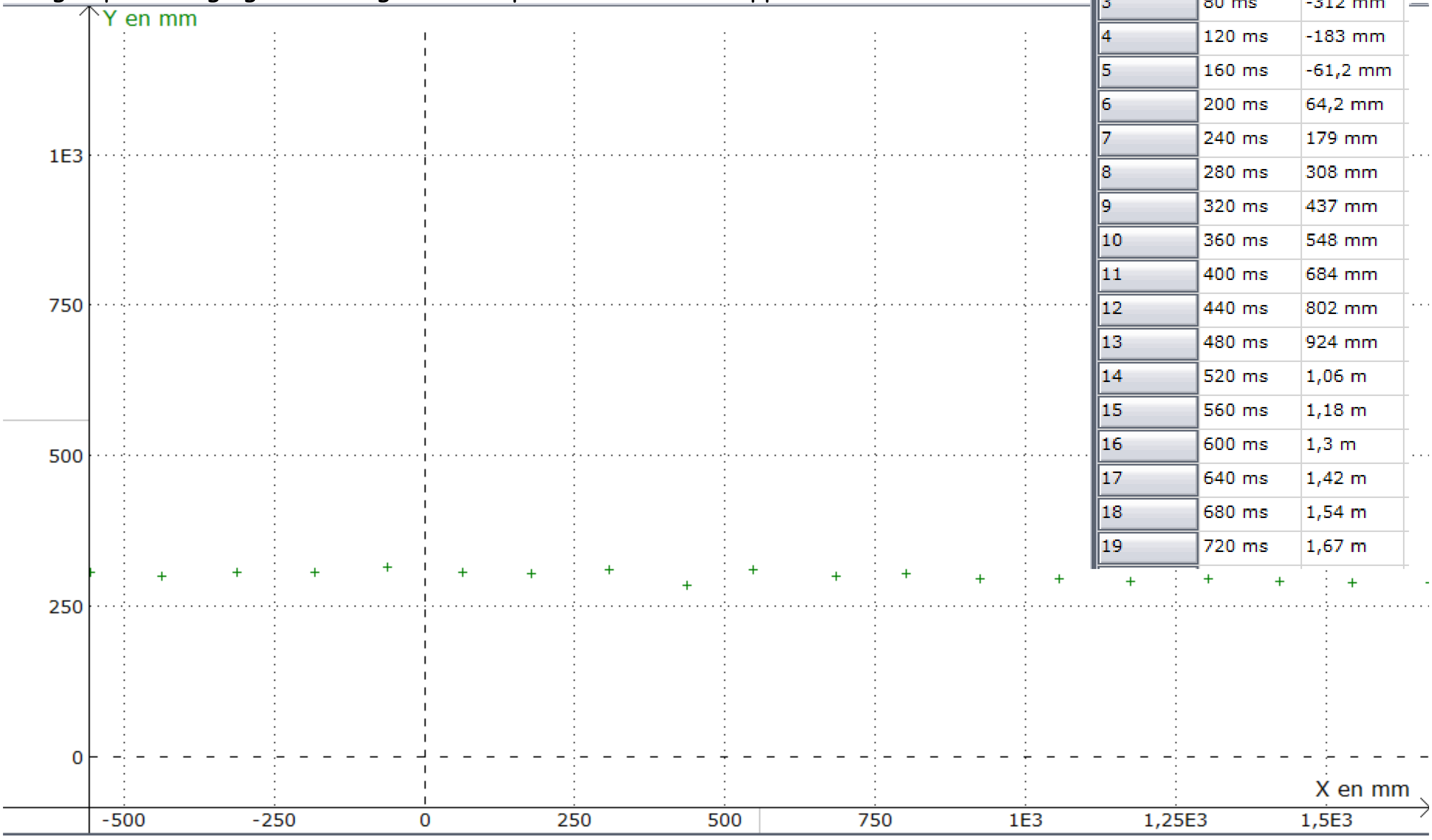
- direction : parallèle à .....
- sens : de même sens que ....
- norme : $\left\|\frac{\ldots\ldots}{\ldots\ldots}\right\|$
- point d'application :

Le vecteur accélération d'un point G à l'instant t est la dérivée par rapport au temps du vecteur vitesse à cette date. Une accélération s'exprime en m.s^{-2}.

$\vec{a}(t)=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}=\frac{d\vec{v}}{dt}$ $\vec{a}(t)=\frac{d\ldots\ldots_x}{d\ldots\ldots}(t)\vec{i}+\frac{d\ldots\ldots_y}{d\ldots\ldots}(t)\vec{j}$ $\vec{a}(t)=\ldots\ldots_x(t)\vec{i}+\ldots\ldots_y(t)\vec{j}$	$\vec{a}\begin{cases}a_x=\frac{dv_x}{dt}\\ a_y=\frac{dv_y}{dt}\end{cases}$

Exemple 1 : <u>*mouvement rectiligne uniforme.*</u>

Le mouvement d'un mobile est enregistré et ses positions successives sont pointées image après image grâce au logiciel Latispro©. Les relevés apparaissent ci-dessous.



	Temps (X)	X
	s	m
1	0 s	-556 mm
2	40 ms	-438 mm
3	80 ms	-312 mm
4	120 ms	-183 mm
5	160 ms	-61,2 mm
6	200 ms	64,2 mm
7	240 ms	179 mm
8	280 ms	308 mm
9	320 ms	437 mm
10	360 ms	548 mm
11	400 ms	684 mm
12	440 ms	802 mm
13	480 ms	924 mm
14	520 ms	1,06 m
15	560 ms	1,18 m
16	600 ms	1,3 m
17	640 ms	1,42 m
18	680 ms	1,54 m
19	720 ms	1,67 m

- Première méthode géométrique : - tracer en quelques points le vecteur vitesse instantanée.
  - construire en ces points le vecteur accélération.
- Deuxième méthode analytique : - reporter sur un graphe l'abscisse x en fonction du temps ; en déduire un modèle de $x(t)$.
  - en déduire $v(t)$ puis $a(t)$.

Généralisation :

mouvement rectiligne :

mouvement uniforme :

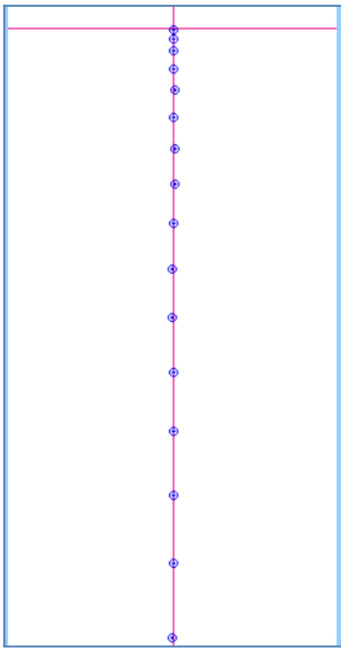
mouvement rectiligne et uniforme :

- $\vec{a} = \ldots\ldots\ldots$
- $\vec{v} = \ldots\ldots\ldots\ldots \; donc \; v = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \dfrac{\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots}{\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots}$

Remarque : Schématiser le dispositif et faire le bilan des actions exercées sur le mobile. Commenter.

Exemple 2 : mouvement rectiligne uniformément accéléré

On relève de même (12 images par seconde) dans le tableau ci-dessous, les positions successives d'un objet en mouvement de chute libre.



t	x	y	v
s	m	m	m / s
0	0,000	-0,004	0,00
0,04	0,000	-0,004	0,00
0,08	0,000	-0,004	0,00
0,12	0,000	-0,004	0,39
0,16	0,000	-0,036	0,89
0,2	0,000	-0,076	1,29
0,24	0,000	-0,139	1,68
0,28	0,004	-0,210	2,06
0,32	0,000	-0,304	2,51
0,36	0,004	-0,411	2,85
0,4	0,004	-0,532	3,19
0,44	0,000	-0,666	3,64
0,48	-0,004	-0,823	4,03
0,52	-0,004	-0,988	4,46
0,56	0,000	-1,180	4,90
0,6	0,000	-1,380	5,25
0,64	0,000	-1,600	5,63
0,68	0,000	-1,830	6,00
0,72	-0,004	-2,080	6,38
0,76	0,000	-2,340	

- Première méthode géométrique : - tracer en quelques points le vecteur vitesse instantanée. Vérifier les valeurs de v indiquées dans le tableau.
  - construire en ces points le vecteur accélération.
- Deuxième méthode analytique : - reporter sur un graphe la distance parcourue notée : x en fonction du temps ; en déduire un modèle de (t) .
  - reporter sur un graphe $v(t)$ puis $a(t)$. Les modèles correspondant sont-ils cohérents avec celui de x(t) ?

Généralisation :

mouvement rectiligne :

mouvement uniformément accéléré :

mouvement rectiligne uniformément accéléré :

- $\vec{a} = \ldots\ldots\ldots \; donc \; a = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \dfrac{\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots}{\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots}$

- $\vec{v} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$

- $l = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$

Remarque : Schématiser le dispositif et faire le bilan des actions exercées sur le mobile. Commenter.

Exemple 3 : mouvement circulaire

La Lune est le seul satellite naturel de la Terre. C'est le deuxième objet le plus brillant dans le ciel après le Soleil.

La Lune effectue une rotation autour de la Terre en 29.5 jours (Période synodique). La rotation de la Lune sur elle-même qui est de 27,32 jours est sensiblement la même que sa révolution autour de la Terre (révolution sidérale). De fait, elle présente toujours le même hémisphère (nommé donc " face visible de la Lune "). Cette rotation synchrone résulte des frottements qu'ont entrainés les marées causées par la Terre à la Lune qui ont progressivement amené la Lune à ralentir sa rotation sur elle-même, jusqu'à ce que la période de ce mouvement coïncide avec celle de la révolution de la Lune autour de la Terre.

Le cycle des phases lunaires est créé par la lumière du Soleil qui est réfléchie à sa surface en fonction de l'angle entre la Terre, la Lune et le Soleil.

Le rayon orbital moyen est de 384 400 km, soit une trentaine de diamètres terrestres. L'orbite de la Lune est elliptique. A son apogée, la Lune est distante de 406 700 km, et lorsqu'elle est au périgée, elle se rapproche jusqu'à 356 400 km. On en déduit donc que sa distance à la Terre varie donc de 11%. D'une manière générale, le diamètre apparent de la Lune est identique à celui du Soleil, à 0,5° près.

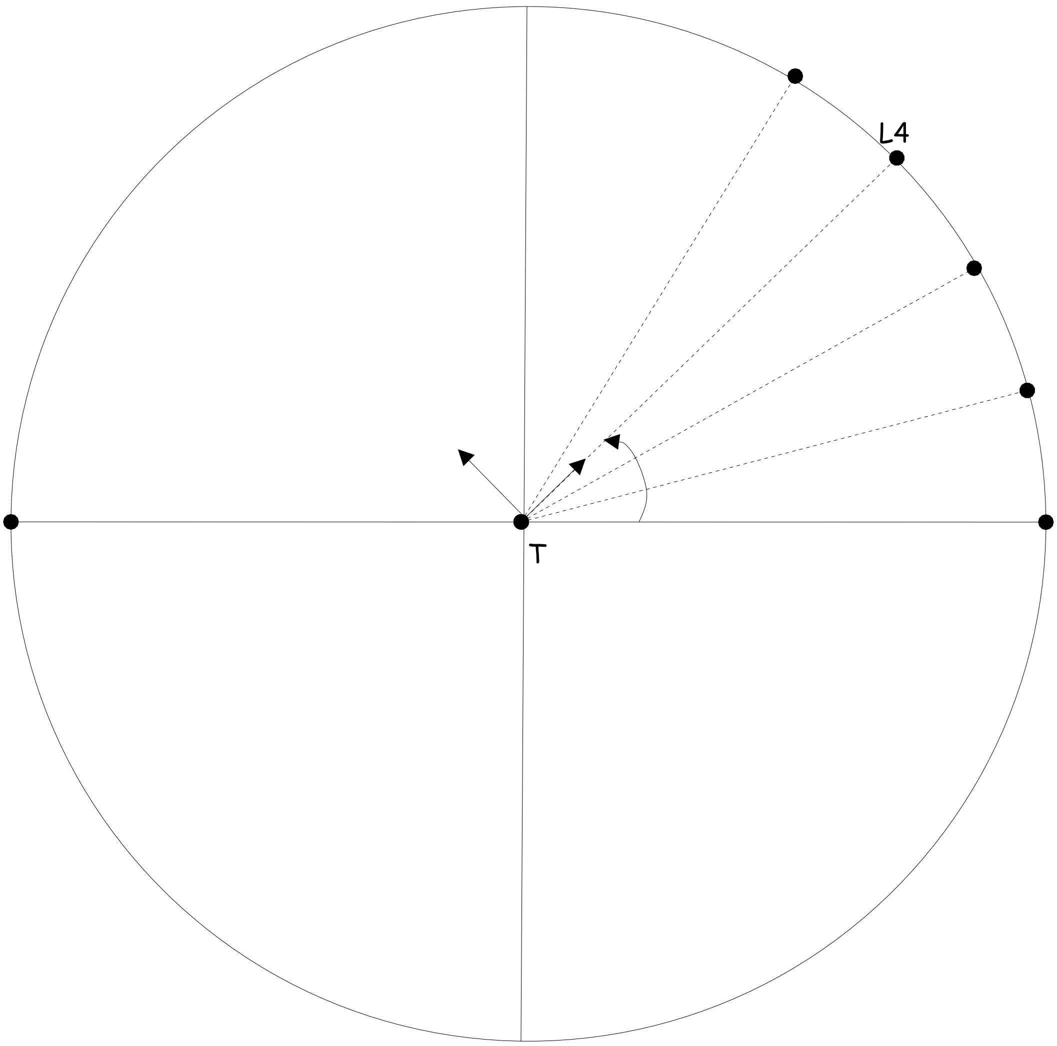
La première sonde a avoir visité la Lune fut la sonde soviétique Luna2 en 1959. Le premier alunissage eut lieu le 20 juillet 1969 et le dernier en 1972. Durant l'été 1994 la sonde Clémentine a dressé la carte de sa surface.

La Lune	
Demi-grand axe	384 400 km
Périhélie	363 104 km
Aphélie	405 696 km
Excentricité	0.0549
Inclinaison sur l'écliptique	5.16 °
Période de révolution	27.3220 j
Rayon moyen	1 737.00 km
Masse	7.35×10^{22} kg
Volume	2.197×10^{10} km^3
Densité	3.344 g/cm^3
Gravité de surface	1.624 m/s^2
Vitesse de libération	2376 m/s
Période de rotation	27.322 j
Température	-233/123 °C
Inclinaison de l'axe	6.68°
Nom anglais	Moon

Les forces gravitationnelles entre la Terre et la Lune provoquent les marées ainsi qu'un éloignement de notre satellite (3.8 centimètres par an).

La Lune n'a aucune atmosphère. Mais la sonde Clémentine nous a laissé supposer qu'il pouvait y avoir de la glace d'eau dans quelques cratères profonds près du pole sud de la Lune qui est ombragé en permanence. Cela a été confirmé par la sonde Lunar Prospector. Il y a également de la glace au pole nord.

La Lune possède un champ magnétique 1000 fois plus faible que celui de la Terre. Elle ne possède pas d'atmosphère.



Sur la figure ci-contre, on a construit, 5 positions successives de la Lune autour de la terre ayant balayé un vingt-quatrième de tour, soit 15° d'angle : nous faisons l'approximation d'un mouvement circulaire et uniforme.

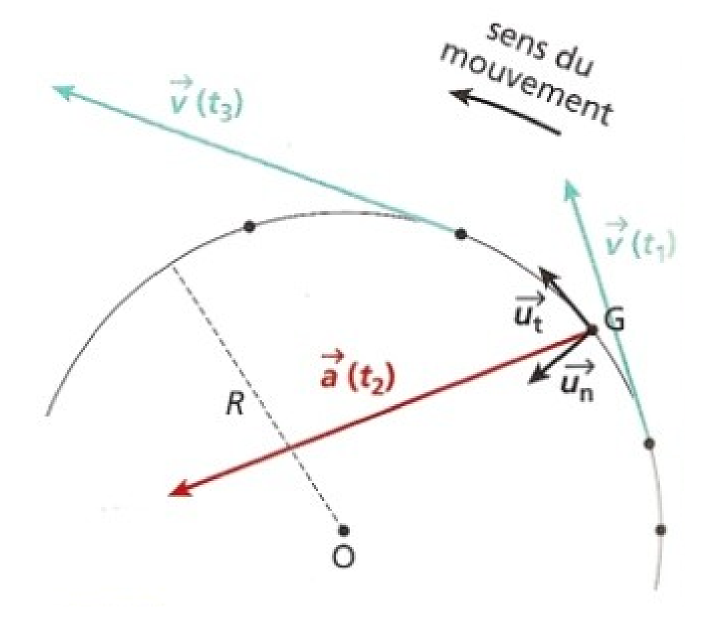
1°) Justifier la nature du mouvement admis de la Lune.

2°) A partir des données fournies, tracer avec précision et soin, les vecteurs vitesse aux points 3 et 5. Choisir une échelle des vitesses adaptée

3°) Construire, ***au point n°4***, le vecteur variation de vitesse. En déduire les caractéristiques l'accélération $\vec{a}_4$ du centre d'inertie de la Terre en ce point.

4°) Calculer au point 4 le rapport $\frac{v^2}{R}$. Commenter.

5°) Schématiser le dispositif et faire le bilan des actions exercées sur le mobile. Commenter.



On utilisera un **repère** dit **de Frenet**.
$\vec{u}_t$ est tangent à la trajectoire en G dans le sens du mouvement.
$\vec{u}_n$est orthogonal à la trajectoire en G et dirigé vers le centre O.
Le vecteur vitesse a pour expression.

$$\vec{v}(t) = ...(t)\vec{u}_{....}$$

Le vecteur accélération a pour expression.

$$\vec{a}(t) = \frac{....}{....}\vec{u}_{....} + \frac{....}{....}\vec{u}_{....}$$

Si le mouvement est uniforme l'expression de l'accélération devient

$$\vec{a}(t) = \frac{v^2}{R}\vec{u}_n$$

(L'accélération estdans ce cas dite centripète)

III- La deuxième loi de Newton

Référentiel galiléen

Un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel le principe d'inertie est vérifié.
Citer des exemples de référentiels galiléens et non galiléens:

Centre de masse d'un système

Lors de l'étude du mouvement d'un système, on ramène le système en un point où toute la masse y est concentrée. Ce point est appelé centre des masses ou centre de gravité G.

Enoncé de la deuxième loi de Newton

Dans un référentiel galiléen, le vecteur accélération est proportionnel à la résultante des forces qui lui sont appliquées.

………….. = …………….

- Masse du système : m en kg
- Somme des forces appliquées au système : ΣF en N
- Accélération du système : a en $m.s^{-2}$