Lycée Joliot Curie à 7	**Physique – Chapitre X**	Classe de 1ère Spé φχ

COURS n°10

« Etude du mouvement d'un système »

- Vecteur variation de vitesse.
- Lien entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci.
- Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système modélisé par un point matériel en mouvement pour construire les vecteurs variation de vitesse. Tester la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système.

Comment décrire et prévoir le mouvement d'un « corps » ?

Comment prévoir la trajectoire d'un corps en mouvement ?

La trajectoire d'un corps est ……… Une trajectoire est une courbe dont les points correspondent aux positions successives occupées par un système au cours de son mouvement.

I- Vers la seconde loi de Newton !

1- Déterminer le vecteur variation vitesse $\Delta\vec{V}$ dans le cas d'une chute libre sans vitesse initiale ?

2- Déterminer le vecteur variation vitesse $\Delta\vec{V}$ dans le cas d'une chute libre avec vitesse initiale ?

Considérons une balle de masse m_b lancée dont on repère le centre d'inertie représenté par les points M_1, M_2 , … à intervalle de temps τ = 40 ms

L'objectif est de déterminer les vecteurs variation vitesse $\Delta\vec{v}_2 = \vec{v}_3 - \vec{v}_1$ et $\Delta\vec{v}_6 = \vec{v}_7 - \vec{v}_5$ de façon à étudier les variations du vecteur vitesse au cours du mouvement.

Echelle de la trajectoire y=f(x)

12,9 cm ↔ 4,5 m

d cm ↔ D (m)

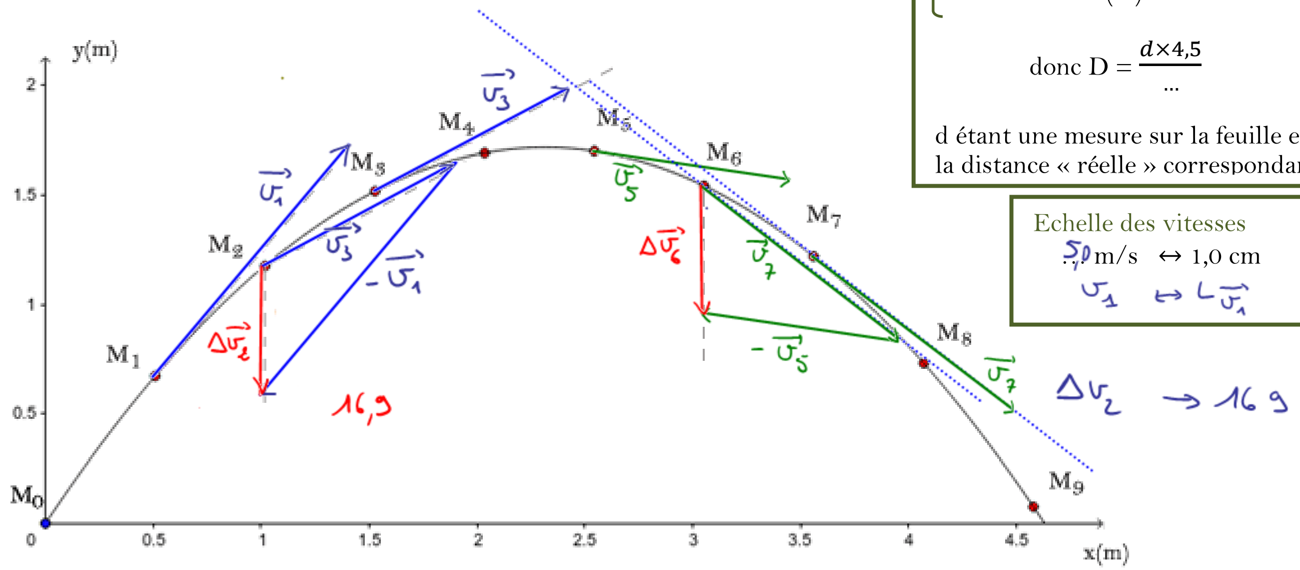
donc $D = \frac{d \times 4,5}{...}$

d étant une mesure sur la feuille et D la distance « réelle » correspondante

Echelle des vitesses

5,0 m/s ↔ 1,0 cm

$v_1 \leftrightarrow L_{\vec{v}_1}$



Calcul des valeurs des vitesses et tracé des vecteurs vitesses $\vec{v}_1$, $\vec{v}_3$, $\vec{v}_5$ et $\vec{v}_7$

$v_1 = \frac{M_0M_1 + M_1M_2}{2\tau} = \frac{0,85 + 0,73}{2 \times 40.10^{-3}} = 19,8 \text{ m/s}$

$v_3 = \frac{M_2M_3 + M_3M_4}{2\tau} = \frac{0,61 + 0,53}{2 \times 40.10^{-3}} = 14,3 \text{ m/s}$

$\frac{19,8}{5} = 4 \text{ cm}$

$v_5 = \frac{M_4M_5 + M_5M_6}{2\tau} = \frac{0,51 + 0,54}{2 \times 40.10^{-3}} = 13,1 \text{ m/s}$

$v_7 = \frac{M_6M_7 + M_7M_8}{2\tau} = \frac{0,61 + 0,71}{2 \times 40.10^{-3}} = 16,5 \text{ m/s}$

Calcul des longueurs des 4 vecteurs vitesse à l'échelle

$L_{\vec{v}_1} = \frac{v_1 \times 1}{5} = \frac{19,8}{5} = 4,0 \text{ cm}$ et $L_{\vec{v}_3} = 2,9 \text{ cm}$

$L_{\vec{v}_5} = 2,62 \text{ cm}$ et $L_{\vec{v}_7} = 3,3 \text{ cm}$

Après avoir tracé les 2 vecteurs variation de vitesse $\Delta\vec{v}_2$ **et** $\Delta\vec{v}_6$ on en déduit leurs valeurs

On mesure leurs longueurs $L_{\Delta\vec{v}_2}$ = 1,7 cm et $L_{\Delta\vec{v}_6}$ = 1,7 cm

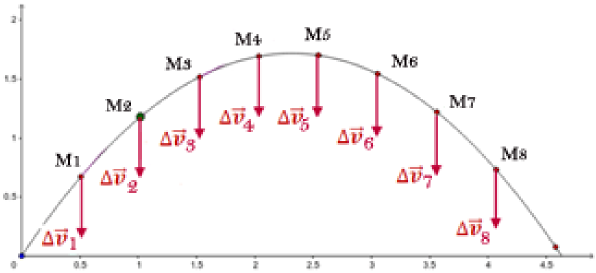
et leurs valeurs $\Delta v_2 = \frac{1,7 \times 5}{1} = 8,5 \text{ m/s}$ et $\Delta v_6 = \frac{1,7 \times 5}{1} = 8,5 \text{ m/s}$

<u>1ère conclusion :</u>

Comme nous l'avons fait pour $\Delta\vec{v}_2$ **et** $\Delta\vec{v}_6$, nous pouvons généraliser en disant qu'au point M_i :

$$\Delta\vec{v}_i = \vec{v}_{i+1} - \vec{v}_{i-1}$$

Nous remarquons que tous les vecteurs $\Delta\vec{v}_i$ sont égaux:
- même direction…….. : verticale……
- même sens………….. : vers le bas…



3- Bilan des forces appliquées à la balle :

Le **système étudié** est ici la balle. Il est noté

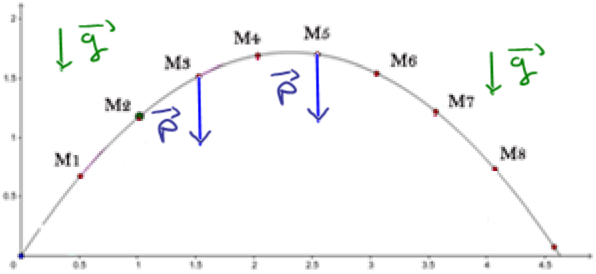
Référentiel d'étude choisi: ..{balle}………………..

Faire un bilan des forces appliquées au système, c'est lister les forces qui s'appliquent au système :

Dans notre cas : Il n'y a que le poids

$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{P} = m\vec{g}$

où $\vec{g}$ est le vecteur champ de pesanteur



<u>2ème conclusion :</u>

Les vecteurs $\sum \overrightarrow{F_{ext}}$ et $\Delta\vec{v}$ sont colinéaires.. : même direction… et même sens.

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = k \times \Delta\vec{v} \quad \text{avec } k > 0$$

Dans notre cas

$\sum \vec{F}_{ext} = k \times \Delta\vec{v}$

$\Rightarrow \vec{P} = k \times \Delta\vec{v}$

$\Rightarrow m\vec{g} = k \times \Delta\vec{v}$

(même norme)

$\Rightarrow mg = k\,\Delta v$

$\Rightarrow k = \frac{mg}{\Delta v}$

4 –Relation approchée entre le vecteur variation vecteur vitesse $\overrightarrow{\Delta v}$ et $\sum \overrightarrow{F_{ext}}$

Dans un référentiel donné, si le système est soumis à une ou plusieurs forces constantes, le vecteur variation de vitesse $\overrightarrow{\Delta v}$ de ce système pendant une faible durée Δt et la somme vectorielle de ces forces sont reliés de façon approchée par la relation suivante :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

avec m étant la masse du système exprimée en kg

ou

Cette relation sera appelée **seconde loi de Newton**.

<u>Remarques:</u>

- La seconde loi de Newton est cohérente avec notre 2ème conclusion :

$\sum \vec{F}_{ext} = m \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \Rightarrow \sum \vec{F}_{ext} = \frac{m}{\Delta t} \times \Delta\vec{v}$ posons $k = \frac{m}{\Delta t}$ on a $\sum \vec{F}_{ext} = k \times \Delta\vec{v}$

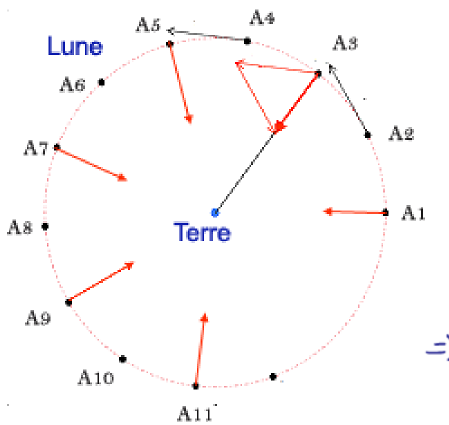
- Dans le cas du mouvement de la balle que nous avons étudié, la seule force qui s'applique sur la balle est le poids. La seconde loi de Newton s'écrit :

$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{P} = \boxed{m\vec{g} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}}$ donc $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{g}$ et $\frac{\Delta v}{\Delta t} = g$

les 2 vecteurs sont égaux donc même norme

- Le vecteur $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ (variation du vecteur vitesse $\Delta\vec{v}$ divisé par une durée) est une accélération

<u>Exercice : Mouvement de la lune autour de la terre</u>



Système étudié: {lune}

Référentiel choisi: géocentrique…………

Bilan des forces : Il n'y a que la force de gravitation universelle

$\vec{F}_{T/L} = G \times \frac{m_L \times m_T}{d^2_{T-L}}\,\vec{u}$

Force exercée par la terre sur la lune.

Appliquons la seconde loi de Newton :

$\sum \vec{F}_{ext} = m_L \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

$\Rightarrow G \times \frac{\cancel{m_L} \times m_T}{d^2_{T-L}}\,\vec{u} = \cancel{m_L} \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

$\Rightarrow \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = G\frac{m_T}{d^2_{T-L}}\,\vec{u}$

2 vecteurs égaux donc même norme

$\Rightarrow \Delta\vec{v} = G \times \frac{m_T}{d^2_{TL}} \times \Delta t\,\vec{u}$

$\Rightarrow \Delta v = G\,\frac{m_T}{d^2_{TL}} \times \Delta t$

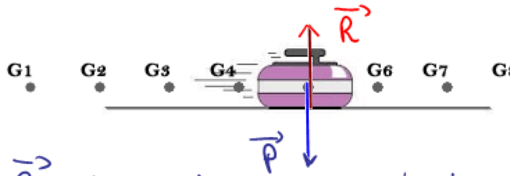
4- Derrière la seconde loi de Newton se cache la première loi de Newton (Principe d'…………)

Considérons le mouvement de la pierre en granite pendant une partie de curling :

La pierre est en mouvement rectiligne uniforme
trajectoire droite $\vec{v} = \vec{cst}$

Le vecteur vitesse de la pierre $\vec{v}_{pierre}$ est donc un vecteur constant donc $\Delta\vec{v} = \vec{0}$

Appliquons la seconde loi de Newton :



- $\vec{R}$: réaction du support. La force exercée par le support sur la pierre
- $\vec{P}$ le poids de la pierre ; Force exercée par la terre sur la pierre.

$\sum \vec{F}_{ext} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{0}$ car $\vec{v} = \vec{cst} \neq 0$

$\Rightarrow \vec{R} + \vec{P} = \vec{0}$ { mouvement rectiligne uniforme

Prenons un objet posé sur une table.

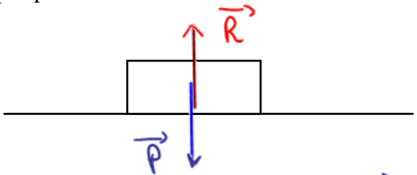
L'objet est immobile……

Le vecteur vitesse de l'objet $\vec{v}_{objet} = \vec{0}$.

Le vecteur vitesse de l'objet $\vec{v}_{objet}$ est donc un vecteur constant et égal à zéro

donc $\Delta\vec{v} = \vec{0}$

Appliquons la seconde loi de Newton :



Bilan des forces : $\vec{R}$ et $\vec{P}$

Seconde loi de Newton

$\sum \vec{F}_{ext} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ avec $\Delta\vec{v} = \vec{0}$

$\Rightarrow \sum \vec{F}_{ext} = \vec{R} + \vec{P} = \vec{0}$

Énonçons le **principe d'inertie** :

Si le vecteur vitesse $\vec{v}$ est un vecteur constant $\vec{v} = \vec{cst}$ alors les forces qui s'exercent sur l'objet (système) se compensent

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$$

La réciproque est …………

Si les forces exercées sur un système se compensent $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ alors le système est en mouvement rectiligne uniforme ou immobile

$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

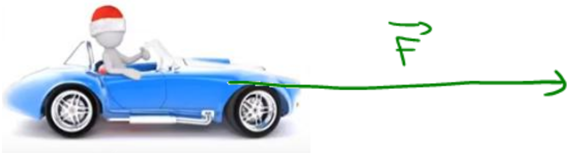
2ème loi de Newton

L'objet est immobile : $\vec{v} = \vec{0}$ donc $\Delta\vec{v} = \vec{0}$	$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$
L'objet est en mouvement rectiligne uniforme : $\vec{v} = \uparrow$ constant donc $\Delta\vec{v} = \vec{0}$	$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$

1ère loi de Newton

II- Influence de la masse m du système :

Supposons un cycliste et une voiture à l'arrêt à un feu rouge.

 $\vec{f}$	Au moment où le cycliste démarre pour atteindre une certaine vitesse il aura une certaine variation de vitesse $\overrightarrow{\Delta v}$ La force nécessaire pour atteindre cette vitesse est notée $\vec{f}$
 $\vec{F}$	De la même façon, la voiture démarre pour atteindre la même vitesse que le cycliste, il aura une certaine variation de vitesse $\overrightarrow{\Delta v}$ La force nécessaire pour atteindre cette vitesse est notée $\vec{F}$

Plus la masse d'un système m est élevée plus il sera difficile…… de modifier la vitesse du système

D'après la relation approchée: $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \mathbf{m} \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

Donc si m augmente et que l'on souhaite atteindre une variation de vitesse $\overrightarrow{\Delta v}$ donnée, il faudra exercer, sur le système, des forces plus élevées