

TP 1 Caractéristiques des vecteurs-vitesse et accélération

Notion de quantité de mouvement

Compétences exigibles :

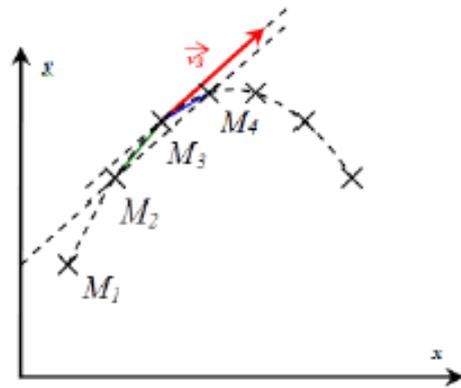
- Choisir un référentiel d'étude.
- Définir et reconnaître des mouvements (rectiligne uniforme, rectiligne uniformément varié, circulaire uniforme, circulaire non uniforme) et donner dans chaque cas les caractéristiques du vecteur accélération.
- Définir la quantité de mouvement p d'un point matériel.
- Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour interpréter un mode de propulsion par réaction à l'aide d'un bilan qualitatif de quantité de mouvement.

Document 1 : Le vecteur-vitesse

Le vecteur-vitesse $\vec{v}(t)$ caractérise la variation du vecteur-position en fonction du temps. Il s'exprime donc comme la dérivée par rapport au temps de son vecteur position.

Le vecteur-vitesse instantanée au point M_i s'écrit donc :

$$\boxed{\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}}{dt}} \quad \begin{cases} t \text{ en s} \\ OM \text{ en m} \\ v \text{ en m.s}^{-1} \end{cases}$$



Les caractéristiques du vecteur-vitesse sont les suivantes :

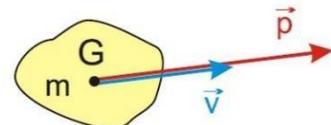
$$\vec{v}(t) \begin{cases} \text{direction : tangent à la trajectoire} \\ \text{sens : celui du mouvement} \\ \text{valeur (norme) : } \|\vec{v}\| = v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \end{cases}$$

Un mouvement est rectiligne uniforme si le vecteur-vitesse est constant : $\boxed{\vec{v} = cte}$
 Il garde même direction, même sens, et même valeur au cours du temps.

Document 2 : Le vecteur-quantité de mouvement

Le vecteur « quantité de mouvement » \vec{p} d'un point matériel est égal au produit de sa masse m par son vecteur vitesse \vec{v} :

$$\boxed{\vec{p} = m\vec{v}} \quad \begin{cases} p \text{ s'exprime en kg.m.s}^{-1} \\ m \text{ s'exprime en kg} \\ v \text{ s'exprime en m.s}^{-1} \end{cases}$$



La quantité de mouvement découle de la définition de l'inertie.

L'inertie est la résistance qu'exerce un corps de masse m à changer son état de mouvement.

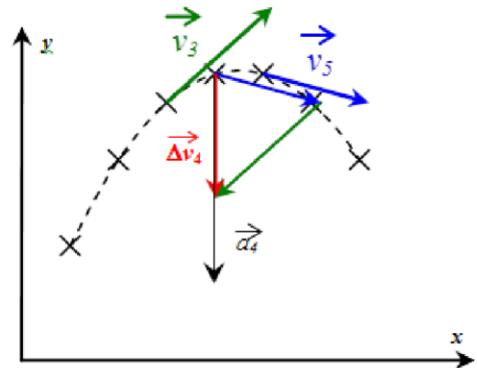
En d'autres termes, si le corps est au repos il sera « difficile » de le bouger et si le corps est en mouvement il est « difficile » de l'arrêter. Cette « difficulté » est liée à la masse m .

Document 3 : Le vecteur-accélération

Le **vecteur-accélération** $\vec{a}(t)$ caractérise la **variation du vecteur-vitesse en fonction du temps**. Il s'exprime donc comme la **dérivée par rapport au temps** du vecteur-vitesse.

Le vecteur-accélération au point M_i s'écrit donc :

$$\boxed{\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\overline{OM}}{dt^2}} \quad \begin{cases} t \text{ en s} \\ v \text{ en m.s}^{-1} \\ a \text{ en m.s}^{-2} \end{cases}$$

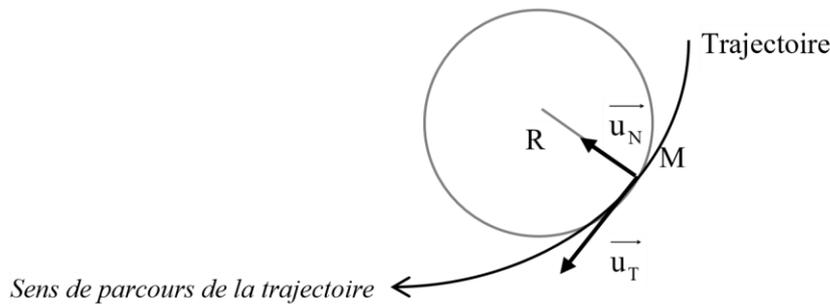


Les caractéristiques du vecteur-accélération sont les suivantes :

$$\vec{a}(t) \begin{cases} \text{direction : celle du vecteur } \overline{\Delta v}(t) \\ \text{sens : celui du vecteur } \overline{\Delta v}(t) \\ \text{valeur (norme) : } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \|\vec{a}\| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \end{cases}$$

Dans le repère mobile $(M, \vec{u}_T, \vec{u}_N)$ appelé repère de Frénet, voici l'expression de l'accélération :

$$\vec{a} = a_T \vec{u}_T + a_N \vec{u}_N \quad ; \quad \text{avec} \quad \boxed{a_T = \frac{dv}{dt}} \quad \text{et} \quad \boxed{a_N = \left(\frac{v^2}{R}\right)}$$



\vec{u}_T est le vecteur unitaire tangent à la trajectoire. \vec{u}_N est le vecteur unitaire normal à la trajectoire et R le rayon de courbure de cette trajectoire au point considéré.

Document 4 : Analyse des vidéos

L'analyse des documents vidéo se fait avec Latis Pro. Voir la rubrique « **V. Exploiter une vidéo** » de la fiche d'utilisation de Latis Pro, disponible le jour des E.C.E.

Les vidéos sont regroupées dans le dossier « TP 1 » sur le serveur

I. Etude de mouvements

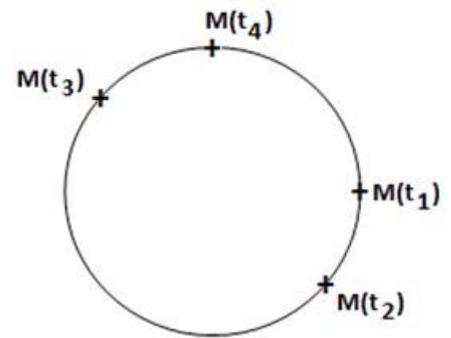
1.1. Le mouvement circulaire uniforme

Objectif : déterminer les caractéristiques des vecteurs-vitesse $\vec{v}(t)$ et accélération $\vec{a}(t)$ à tout instant t du mouvement à partir du pointage de la vidéo « **disque33t.avi** ».

Réaliser un pointage précis de l'une des deux billes blanches, en réalisant un **étalonnage**, puis obtenir une vingtaine de points. « Terminer la sélection manuelle », puis « Transférer vers les vecteurs ».

Appel de vérification

- Représenter les vecteurs $\vec{v}(t)$ et $\vec{a}(t)$ aux points $M(t_1)$, $M(t_2)$, $M(t_3)$, $M(t_4)$ dans le cas d'un mouvement circulaire uniforme.
- Dans le cas d'un mouvement circulaire uniforme, aux incertitudes de mesure près :
 - La norme du vecteur-vitesse $\vec{v}(t)$ varie-t-elle ?
 - La direction du vecteur-vitesse $\vec{v}(t)$ évolue-t-elle ?
- Exprimer l'accélération $\vec{a}(t)$ en fonction de $\vec{a}_T(t)$ et/ou $\vec{a}_N(t)$
.....
.....
- A l'aide du document 3, justifier que l'une des deux composantes du vecteur-accélération est nulle
.....
.....



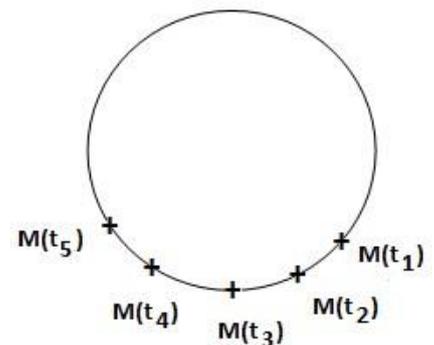
Appel n°1 (ANA/ REA) : Appeler le professeur pour qu'il valide votre pointage et son exploitation
(A) : réussi (B) : aide partielle (C) : aide intense (D) : échoué

1.2. Le mouvement circulaire varié

Objectif : déterminer les caractéristiques des vecteurs-vitesse $\vec{v}(t)$ et accélération $\vec{a}(t)$ à tout instant t du mouvement à partir du pointage de la vidéo « **pendule.avi** ».

Réaliser un pointage précis du centre du pendule, après avoir choisi comme origine le point de fixation (noir) avec le support vertical, et après avoir étalonné les distances. Choisir « Sélection auto des points ». Sélectionner l'extrémité du pendule en « sélection de l'objet », puis l'image entière pour la « sélection de la zone ». Puis lancer la « détection ». Enfin, « Transférer vers les vecteurs ».

- Représenter les vecteurs $\vec{v}(t)$ et $\vec{a}(t)$ aux points $M(t_1)$, $M(t_2)$, $M(t_3)$, $M(t_4)$, $M(t_5)$ dans le cas d'un mouvement circulaire varié.
- Dans le cas d'un mouvement circulaire varié, aux incertitudes de mesure près :
 - La norme du vecteur-vitesse $\vec{v}(t)$ varie-t-elle ?
 - La direction du vecteur-vitesse $\vec{v}(t)$ évolue-t-elle ?



- Comment sont les sens des vecteurs-vitesse et accélération dans le cas où le mouvement est accéléré ?
- Comment sont les sens des vecteurs-vitesse et accélération dans le cas où le mouvement est décéléré ?
.....
- Exprimer l'accélération $\vec{a}(t)$ en fonction de $\vec{a}_T(t)$ et/ou $\vec{a}_N(t)$
.....
- A l'aide du document 3, justifier qu'aucune des composantes du vecteur-accélération n'est nulle.
.....

Appel n°2 (ANA/ REA) : Appeler le professeur pour qu'il valide votre pointage et son exploitation
(A) : réussi (B) : aide partielle (C) : aide intense (D) : échoué

I.3. Le mouvement rectiligne uniforme

Objectif : déterminer les caractéristiques des vecteurs-vitesse $\vec{v}(t)$ et accélération $\vec{a}(t)$ tout instant t du mouvement à partir du pointage de la vidéo « **mvt_rect_unif.avi** ».

Réaliser un pointage précis du centre de gravité du mobile, après avoir réalisé un étalonnage. Obtenir une vingtaine de points. « Terminer la sélection manuelle », puis « Transférer vers les vecteurs ».

Dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme, aux incertitudes de mesure près :

- La norme du vecteur-vitesse $\vec{v}(t)$ varie-t-elle ?
- La direction du vecteur-vitesse $\vec{v}(t)$ évolue-t-elle ?
- Exprimer l'accélération $\vec{a}(t)$ en fonction de $\vec{a}_T(t)$ et/ou $\vec{a}_N(t)$
.....
- A l'aide du document 3, justifier que les deux composantes du vecteur-accélération sont nulles
.....

Appel n°3 (ANA/ REA) : Appeler le professeur pour qu'il valide votre pointage et son exploitation
(A) : réussi (B) : aide partielle (C) : aide intense (D) : échoué

I.4. Le mouvement rectiligne accéléré

Objectif : déterminer les caractéristiques des vecteurs-vitesse $\vec{v}(t)$ et accélération $\vec{a}(t)$ tout instant t du mouvement à partir du pointage de la vidéo « **mvt_rect_acc.avi** ».

Réaliser un pointage précis du centre de gravité (gris) du mobile, après avoir réalisé un étalonnage. Obtenir une vingtaine de points. « Terminer la sélection manuelle », puis « Transférer vers les vecteurs ».

- Dans le cas d'un mouvement rectiligne accéléré, aux incertitudes de mesure près :
 - La norme du vecteur-vitesse $\vec{v}(t)$ varie-t-elle ?
 - La direction du vecteur-vitesse $\vec{v}(t)$ évolue-t-elle ?
- Exprimer l'accélération $\vec{a}(t)$ en fonction de $\vec{a}_T(t)$ et/ou $\vec{a}_N(t)$

.....

.....
- A l'aide du document 3, justifier que l'une des deux composantes du vecteur-accélération est nulle

.....

.....
- Quelles seraient les caractéristiques des vecteurs-vitesse et accélération dans le cas d'un mouvement rectiligne décéléré ?

.....

.....

Appel n°4 (ANA/ REA) : Appeler le professeur pour qu'il valide votre pointage et son exploitation

(A) : réussi (B) : aide partielle (C) : aide intense (D) : échoué

II. Conservation de la quantité de mouvement

II.1. Etude quantitative d'une propulsion

Présentation du dispositif :

On a fixé deux chariots sur un banc à coussin d'air, un ressort est comprimé entre les chariots 1 et 2 maintenus en contact par une ficelle. À l'instant où l'on brûle la ficelle, le ressort se détend.

La masse du ressort est négligeable devant les masses des chariots

La masse du chariot 1 est $m_1 = 85$ g ; la masse du chariot 2 est $m_2 = 91$ g.

L'action des frottements est négligeable.

Le système « chariot 1 + chariot 2 » peut être considéré comme un système pseudo isolé.

Remarques concernant la vidéo

On considère que la mise en mouvement des mobiles est équivalente à une propulsion par réaction.

Cette séquence est filmée (« *propulsion.avi* »).



Mouvements de chaque mobile par pointage :

- Se placer à l'image 9 et étalonner
- Cliquer sur l'orientation adéquate des axes (correspondant au sens de déplacement du chariot 1
- Cliquer sur *sélection manuelle des points*. Effectuer le pointage des positions successives de la marque blanche (milieu de la marque) pour avoir la position x_1 du chariot 1. Puis *terminer la sélection manuelle des points*.
- Cliquer sur nouvelle étude et conserver les données des courbes précédentes.

- Se placer à nouveau à l'image 9, puis cliquer sur l'orientation adéquate des axes (correspondant au sens de déplacement du chariot 2).
 - Cliquer sur *sélection manuelle des points*. Effectuer le pointage des positions successives de la marque blanche (milieu de la marque) pour avoir la position x_2 de du chariot 2. Puis *terminer la sélection manuelle des points*.
- Fermer la fenêtre. C'est automatiquement sauvegardé.
- Dans *liste des courbes* , renommer « *Mouvement_X1* » en « x_1 » et « *Mouvement_X2* » en « x_2 ».
- Eventuellement, si vous n'etes pas satisfait de la qualité de votre pointage, modéliser les courbes obtenues
- Afficher les valeurs de x_1 et x_2 dans le tableur (F11).

Appel de vérification

Vitesses et quantités de mouvement de chaque mobile :

- Proposer une méthode pour déterminer les vitesses v_1 et v_2 des chariots n°1 et n°2.

- Afficher les valeurs de v_1 et v_2 dans le tableur, puis la moyenne de chacune en cliquant sur « *Traitements* », « *Calculs spécifiques* », « *Statistiques* ». Glisser la courbe de « v_1 », puis sélectionner le nombre maximal de points, puis demander la « *moyenne* ».
- Glisser le résultat obtenu dans le tableau. Procéder de même pour « v_2 ».

- Que peut-on dire de la valeur des vecteurs-vitesse \vec{v}_1 et \vec{v}_2 à chaque instant, en tenant compte des incertitudes de mesure (environ 10%) : a-t-on $v_1 = v_2$?

- Proposer une méthode pour déterminer les quantités de mouvement p_1 et p_2 des chariots n°1 et n°2.

Afficher les valeurs de p_1 et p_2 dans le tableur, puis la moyenne de chacune en cliquant sur « *Traitements* », « *Calculs spécifiques* », « *Statistiques* ». Glisser la courbe de « p_1 », puis sélectionner le nombre maximal de points, puis demander la « *moyenne* ».

- Glisser le résultat obtenu dans le tableau. Procéder de même pour « p_2 ».

- Que peut-on dire de la valeur des vecteurs-quantité de mouvement \vec{p}_1 et \vec{p}_2 à chaque instant, en tenant compte des incertitudes de mesure (environ 10%) : a-t-on $p_1 = p_2$?

Appel n°5 (ANA/ REA) : Appeler le professeur pour qu'il valide votre pointage et son exploitation

(A) : réussi (B) : aide partielle (C) : aide intense (D) : échoué

- Sachant que les vecteurs \vec{p}_1 et \vec{p}_2 sont opposés, que peut-on dire du vecteur somme des quantités de mouvement $\vec{p}_{\text{totale après}} = (\vec{p}_1 + \vec{p}_2)$?

.....

- En précisant les forces extérieures, justifier que le système est pseudo-isolé au cours de l'expérience.

.....

Comme le système total est immobile au départ : $\vec{p}_{\text{totale après}} = \vec{0}$

- Conclusion :

Pour un système pseudo-isolé, le vecteur-quantité de mouvement \vec{p}_{totale} est _____ au cours du mouvement : on dit qu'il y a _____ de la quantité de mouvement.

II.2. Etude qualitative d'une propulsion

Visionner les vidéos « lance_bouchon.mp4 » et « lance_patate.mp4 ».

A partir de la conclusion ci-dessus, et du document 2, expliquer la mise en mouvement du véhicule. Pourquoi parle-t-on de propulsion par réaction ?

Enfin, expliquer qualitativement pourquoi dans le cas du lance-bouchon celui-ci est éjecté avec une vitesse plus grande que la patate ?

Appel n°6 (VAL / COM) : Appeler le professeur pour qu'il évalue vos réponses

(A) : Précis, complet (B) : Incomplet (C) : Très incomplet (D) : Non traité

Barème de correction ELEVENOTE.....Classe TS					
	Compétence évaluée	A	B	C	D
Appel n°1	ANA/ REA	3	2	1	0
Appel n°2	ANA/ REA	3	2	1	0
Appel n°3	ANA/ REA	3	2	1	0
Appel n°4	ANA/ REA	3	2	1	0
Appel n°5	ANA/ REA	3	2	1	0
Appel n°6	VAL / COM	5	4	2	1

TOTAL	
-------	--