

FICHE DE LEÇON

Classe(s): Terminale D

THEME: MECANIQUE

TITRE DE LEÇON : MOUVEMENT DU CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE

Durée : (6 h)

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un référentiel galiléen.
Connaître	quelques référentiels galiléens (référentiel terrestre, référentiel géocentrique, référentiel héliocentrique).
Énoncer	le théorème du centre d'inertie.
Appliquer	- le théorème du centre d'inertie. - le théorème de l'énergie cinétique.

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Dans le car de ramassage, des élèves de la Terminale D du Collège IGES de Yopougon observent le mouvement d'une petite poupée suspendue au rétroviseur interne, par l'intermédiaire d'un fil inextensible. Ils constatent alors que :

- la poupée reste verticale lorsque le véhicule est immobile ou est à vitesse constante ;
- la poupée s'incline vers l'arrière quand le car accélère ;
- la poupée s'incline vers l'avant quand le car ralentit.

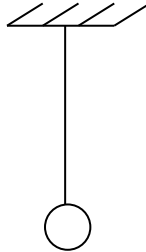
Pour comprendre ces observations, avec leurs camarades de classe, les élèves décident de connaître quelques référentiels, de les définir et d'établir un lien entre l'accélération et les forces extérieures

<u>Matériel par poste de travail</u> - Enregistrement n°5 ou enregistrement d'un mobile autoporteur relié à un point fixe par un élastique ou un ressort - Appareil à chute libre	<u>Supports didactiques</u> ▪ Livre de Physique AREX Terminale C et D. Planche de schéma
	<u>Bibliographie</u> ▪ Livre de Physique AREX Terminale C et D. ▪ Guide et programmes Terminale C et D.

Plan de la leçon

1 – RAPPELS :

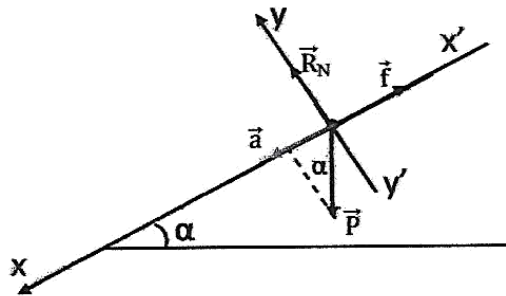
Moments didactiques/ Durée	Stratégies pédagogiques	Activités du professeur	Activités des élèves	Trace Ecrite
Présentation	Questions/ réponses	Rappels/pré requis ▪ Actions mécaniques ▪ Centre d'inertie ▪ Quantité de mouvement	Les élèves répondent aux questions	MOUVEMENT DU CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE
Développement	Questions/ Réponses	Faire lire la situation par un élève. -Que veulent faire les élèves?	Les élèves lisent la situation	1. <u>RAPPELS</u> 1.1- <u>NOTION DE FORCE</u> a) <u>Définition</u> Une force est une action mécanique exercée sur un système, capable éventuellement de le déformer, de le maintenir en équilibre, d'amorcer ou de modifier son mouvement. La force s'exprime en newton (N) et peut être mesurée grâce à un dynamomètre. b) <u>Caractéristique d'une force</u> Une force est une grandeur vectorielle caractérisée par : - Une direction - Un sens - Un point d'application - Un module exprimé en Newton (N) 1.2- <u>FORCES INTERIEURES – FORCES EXTERIEURES</u> a) <u>Forces intérieures</u> Elles correspondent aux interactions entre les différentes parties du système. b) <u>Forces extérieures</u>

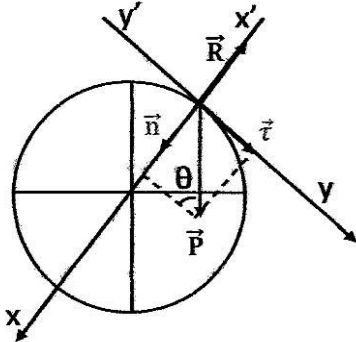
Développement (suite)	Expérimentation			Elles correspondent aux interactions entre le système et le milieu extérieur. Faire l'inventaire des forces extérieures agissant sur chacun des systèmes suivants : Exemple : - Bille - {bille + fil}  2. <u>REPÈRES GALILEENS : PRINCIPE DE L'INERTIE</u> 2.1- <u>REPÈRE GALILEEN</u> Un repère galiléen est un repère dans lequel le principe d'inertie s'applique en toute rigueur. Exemple : - Repère géocentrique - Repère terrestre peut être considéré comme galiléen pendant un bref temps. 2.2- <u>PRINCIPE DE L'INERTIE</u> Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie G d'un système isolé ou pseudo isolé décrit un mouvement rectiligne uniforme s'il est en mouvement ou reste au repos s'il est initialement immobile.
----------------------------------	-----------------	--	--	--

Développement (suite)	Travail individuel			3. <u>THEOREME DU CENTRE D'INERTIE</u> 3.1- <u>QUANTITE DE MOUVEMENT</u> Le vecteur-quantité de mouvement d'un solide de masse m en mouvement de translation à la vitesse $\vec{v}$ est : $\vec{P} = m \cdot \vec{v}$ La norme du vecteur-quantité de mouvement est : $P = m \cdot v$ La quantité de mouvement p s'exprime en $Kg \cdot m \cdot s^{-1}$ <u>Remarque</u> : Dans un référentiel galiléen, le vecteur-quantité de mouvement se conserve. 3.2- <u>RELATION FONDAMENTALE DE LA DYNAMIQUE</u> Dans un référentiel galiléen, la dérivée par rapport au temps du vecteur-quantité de mouvement d'un système est égale à la somme vectorielle des forces appliquées à ce système. $\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext}$ 3.3- <u>THEOREME DU CENTRE D'INERTIE</u> a) <u>Enoncé du théorème</u> D'après la relation fondamentale de la dynamique, on a : $\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext} \Leftrightarrow \sum \vec{F}_{ext} = \frac{d}{dt}(m \cdot \vec{v}) \text{ soit } \sum \vec{F}_{ext} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \text{ or } \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}$ D'où : $\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}$
---	-------------------------------	--	--	---

Développement (suite)	Exploitation			Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un système est égale au produit de sa masse par le vecteur-accélération de son centre d'inertie. $\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}$ b) Cas particuliers • Cas où $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{a} = \vec{0}$ $\left\{ \begin{array}{l} \vec{v} = \vec{0} \text{ le système est immobile} \\ \vec{v} = \overrightarrow{cste} \text{ le mouvement est uniforme} \end{array} \right\} \text{ Principe de l'inertie}$ • Cas où $\sum \vec{F}_{ext} = \overrightarrow{cste}$ $\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a} \Leftrightarrow \vec{a} = \overrightarrow{cste} \text{ or } \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a} \Leftrightarrow \vec{v} = \vec{at} + \vec{v}_0$ - Si $\vec{a}$ et $\vec{v}$ sont colinéaires alors le mouvement est rectiligne uniformément varié, - Si $\vec{a}$ et $\vec{v}$ ne sont pas colinéaires alors le mouvement est parabolique (prochain chapitre) 4. <u>THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE</u> Supposons que $\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}$ On définit $\vec{v} = \frac{d\vec{l}}{dt} \Rightarrow \vec{\delta l} = \vec{v} dt$ (déplacement élémentaire) Le travail élémentaire de la force $\vec{F}$ est : $\delta w(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{\delta l}$ $\delta w(\vec{F}) = \left(m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} \right) \cdot (\vec{v} dt) = m d\vec{v} \cdot \vec{v} = d \left(\frac{1}{2} m v^2 \right) \text{ donc } \delta w(\vec{F}) = d(E_C)$
---	---------------------	--	--	---

Développement (suite)				Le travail de la force $\vec{F}$ est : $W(\vec{F}) = \Delta E_c$ Enoncé du théorème : Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un solide entre deux instants, est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces s'exerçant sur le solide pendant la durée de la variation : $\sum W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = \Delta E_{c_{A \rightarrow B}}$ 5. <u>METHODE DE RESOLUTION D'UN PROBLEME DE MECANIQUE</u> Pour résoudre un problème mécanique il faut : - Préciser le système - Choisir un référentiel galiléen muni d'un repère orthonormé - Faire le bilan des forces appliquées au système (faire un schéma si possible) - Appliquer le théorème du centre d'inertie ou de l'énergie cinétique <u>Exemple 1</u> Un solide de masse m, glisse sans vitesse initiale selon la ligne de plus grande pente d'un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale. Nous admettrons que le solide est en translation. Les forces de frottement sont équivalentes à une force unique f. 1. Déterminer l'expression de l'accélération a du solide. En déduire la nature de son mouvement. 2. Donner l'expression de la vitesse pour une distance ℓ parcourue. <u>RESOLUTION</u> 1. <u>Donnons la nature du mouvement</u> - Système : le solide - Référentiel terrestre supposé galiléen
---	--	--	--	--

Développement (suite)	Questions /réponses			- Bilan des forces : - $\vec{P}$: le poids du solide - $\vec{R}_N$: la réaction du plan incliné - $\vec{f}$: force de frottement  Appliquons le théorème du centre d'inertie. $\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a} \text{ soit } \vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} = m \vec{a}$ Projection suivant (x'x) : $P \sin \alpha + 0 - f = ma$ Soit $a = g \sin \alpha - \frac{f}{m}$ g, α, m et f sont des constantes $\Rightarrow a = cste$ et la trajectoire est une droite : le mouvement est donc rectiligne uniformément varié. 2. <u>Donnons l'expression de la vitesse pour une distance ℓ parcourue</u> Appliquons le théorème de l'énergie cinétique : $\sum W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = \Delta E_{C_{A \rightarrow B}}$ $E_{C_B} - E_{C_A} = W(\vec{P}) + W(\vec{R}_N) + W(\vec{f}) \text{ or } W(\vec{R}_N) = 0 \text{ car } \vec{R}_N \perp \vec{v}$ $W(\vec{f}) = -f \cdot \ell$ $W(\vec{P}) = mgh = mg\ell \sin \alpha$ $v_a = 0 \text{ (Sans vitesse initiale)}$
---	--------------------------------	--	--	--

Développement (suite)	Travail individuel		D'où : $\frac{1}{2}mv^2 = mgl\sin\alpha - f \cdot \ell$ soit $v = \sqrt{2\ell \left(g \sin\alpha - \frac{f}{m} \right)}$ <u>N.B</u> : On peut aussi utiliser la relation : $2a(x - x_0) = v^2 - v_0^2$ Exemple 2 Un solide S de masse m assimilable à un point matériel est placé au sommet A d'une sphère de rayon r. Le solide S glisse sans frottement le long de la sphère. Sa vitesse initiale est $v_A = 0$. La position de S est déterminée par l'angle θ. 1. Déterminer l'expression de la réaction de la sphère sur le solide et en déduire la position où le solide S quitte la sphère. 2. Quelle est sa vitesse au moment où elle quitte la sphère ?  <u>RESOLUTION</u>
----------------------------------	-------------------------------	--	---

				1. Déterminons la réaction de la sphère - Système : Solide S - Référentiel terrestre supposé galiléen - Bilan des forces : - $\vec{P}$: le poids du solide - $\vec{R}$: la réaction normale de la sphère sur le solide S Choisissons le repère de Frenet $(S, \vec{\tau}, \vec{n})$ lié au référentiel terrestre Appliquons le théorème du centre d'inertie : $\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}$ soit $\vec{P} + \vec{R} = m \vec{a}$ Projection suivant les axes : $\vec{P} \begin{cases} P_{\tau} = P \cos \theta \\ P_n = P \sin \theta \end{cases} ; \vec{R} \begin{cases} R_{\tau} = 0 \\ R_n = -R \end{cases}$ et $\vec{a} \begin{cases} a_{\tau} = \frac{dv}{dt} \\ a_n = \frac{v^2}{r} \end{cases}$ Soit $R = mg \sin \theta - \frac{mv^2}{r}$ Le solide S quitte la sphère si et seulement si son contact avec cette dernière est rompu ; c'est à dire pour $R = 0 \Rightarrow mg \sin \theta - \frac{mv^2}{r} = 0$ (1) Déterminons l'expression de la vitesse v : Appliquons le théorème de l'énergie cinétique : $\sum W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = \Delta E_{C_{A \rightarrow B}}$ $E_{C_B} - E_{C_A} = W(\vec{P}) + W(\vec{R})$ or $W(\vec{R}) = 0$ car $\vec{R} \perp \vec{v}$ et $W(\vec{P}) = mgh$ avec $h = r(1 - \sin \theta)$ Soit $\frac{1}{2}mv^2 = mgr(1 - \sin \theta)$ d'où $v^2 = 2gr(1 - \sin \theta)$ (2) En portant (2) dans (1), on aboutit à : $\sin \theta = \frac{2}{3}$ soit $\theta = 41,81^\circ$ 1. Calculons la vitesse En remplaçant $\sin \theta$ par $\frac{2}{3}$ dans l'expression (2), on obtient : $v = \sqrt{\frac{2}{3}gr}$
--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

EVALUATION				
------------	--	--	--	--

