

Cinématique et dynamique Newtoniennes

Exercices du livre TS physique chimie Hachette chapitre 5

La mécanique est l'étude des mouvements des déformations et des états d'équilibres de système physiques.

La cinématique est l'étude des mouvements indépendamment des causes qui les produisent.

La dynamique est la partie de la mécanique qui étudie un mouvement à partir des forces.

1) Les étapes de l'étude dynamique d'un système



1-1) Définir le système étudié

Le système étudié est un solide de centre d'inertie G. Seul le mouvement de G est étudié en terminale.

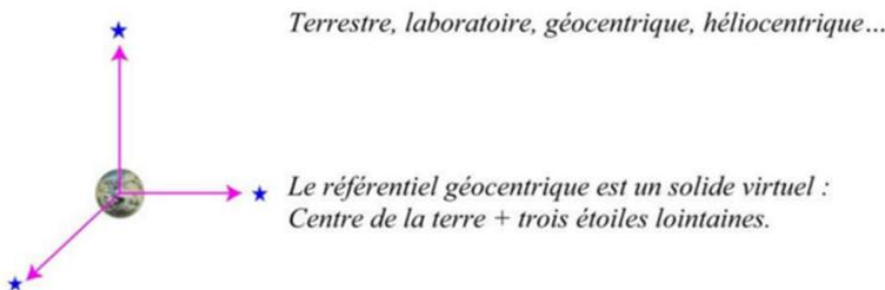
Tout ce qui ne fait pas partie du système constitue le milieu extérieur.

1-2) Choisir un référentiel d'étude

La notion de relativité du mouvement vue en classe de seconde montre la nécessité de choisir un solide de référence ou référentiel avant une étude cinématique ou dynamique.

Un référentiel est donc un solide de référence.

Exemples de référentiels :



Exercice n°7 page 146

7 Choisir un référentiel d'étude (2)

Pour chacune des situations suivantes, choisir le référentiel d'étude le plus adapté compte tenu du système :

- a. Terre tournant autour du Soleil ;
- b. satellite artificiel terrestre ;
- c. cycliste roulant sur une route ;
- d. Io en rotation autour de Jupiter.

1-3) Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées au système choisi

Les forces extérieures sont les forces exercées sur le système par un ou des corps qui n'appartiennent pas au système étudié.

Exemple : faire le bilan des forces qui s'exercent sur un solide posé au fond d'une piscine.


1-3) Relever éventuellement les conditions initiales (vitesse et position)

Il faut parfois penser à relever ou à définir les conditions initiales du mouvement :

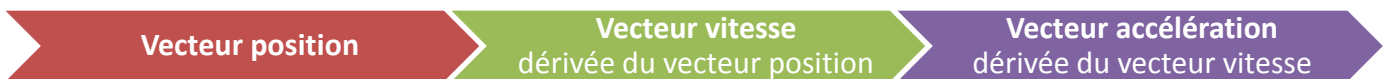
- La vecteur vitesse à l'instant $t=0$
- Le vecteur position à l'instant $t=0$

2) La description des mouvements

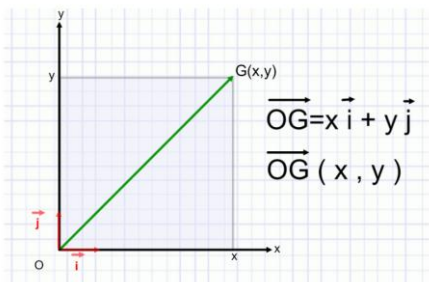
La trajectoire est la courbe dans l'espace, formée par l'ensemble des positions successives du centre d'inertie G du système au cours du mouvement.

	<i>trajectoire</i>	<i>mouvement</i>
	<i>droite</i>	<i>rectiligne</i>
	<i>Cercle</i> (ou une partie du cercle)	<i>circulaire</i>
	<i>courbe</i>	<i>curviligne</i>

Trois grandeurs vectorielles liées mathématiquement sont indispensables pour mener à bien l'étude dynamique.



2-1) Le vecteur position



Exercice n° 21 page 148

21 Coordonnées du vecteur position

COMPÉTENCES Calculer; construire et exploiter un graphique.

« L'homme-canon » est un spectacle de foire, qui consiste à propulser d'un canon un homme convenablement protégé, par la brutale détente d'un ressort comprimé. Lors d'un spectacle, les équations horaires de l'homme-canon modélisé par un point matériel M dans un repère orthonormé $(O; \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ lié au référentiel d'étude sont :

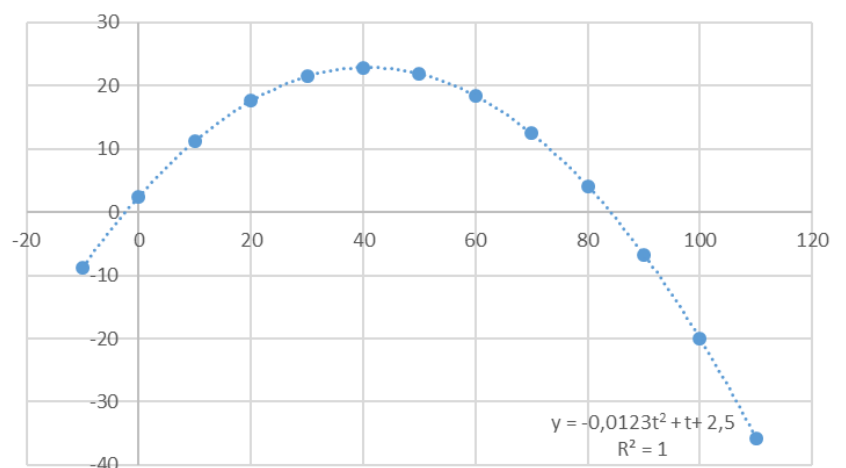
$$x = 20 t; \quad y = -4,9 t^2 + 20 t + 2,5; \quad z = 0$$

\vec{j} est vertical; \vec{i} et \vec{k} sont horizontaux.

Les coordonnées sont exprimées en mètre et les dates en seconde.

1. La trajectoire est plane. Justifier cette affirmation.
2. À l'aide d'un tableur ou d'une calculatrice, calculer les coordonnées du point M toutes les 0,5 seconde, de 0 à 4 s. Représenter ces positions.
3. Déterminer graphiquement à quelle distance du canon il faut placer le matelas de réception.

Ex n°21 page 148



2-2) Le vecteur vitesse instantané

Le plus souvent lorsque le mouvement est plan :

$$\vec{V}_G = \frac{d\vec{OG}}{dt} \quad \text{avec} \quad \vec{OG} = x\vec{i} + y\vec{j}$$

$$\vec{V}_G = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} \quad \text{on écrit : } \vec{V}_G \begin{pmatrix} \frac{dx}{dt} \\ \frac{dy}{dt} \end{pmatrix}$$

$$\vec{V}_G \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} ;$$

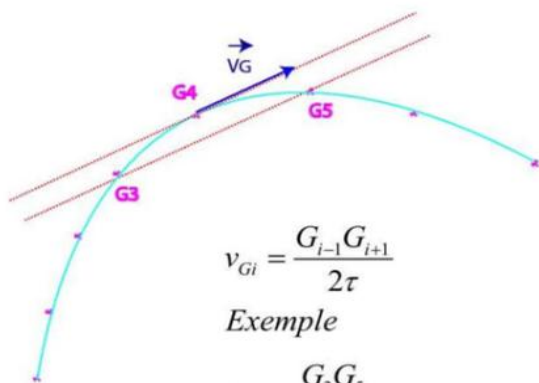
$$v_x = \frac{dx}{dt} ; v_x \text{ est la vitesse selon Ox}$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} ; v_y \text{ est la vitesse selon Oy}$$

La vitesse v est la norme du vecteur vitesse

$$v = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2)}$$

Le vecteur \vec{V}_G est tangent à la trajectoire dans le sens du mouvement.



Détermination de la valeur approchée d'une vitesse instantanée.

τ durée constante entre deux enregistrements

$$v_{G_i} = \frac{G_{i-1}G_{i+1}}{2\tau}$$

Exemple

$$v_{G_4} = \frac{G_3G_5}{2\tau}$$

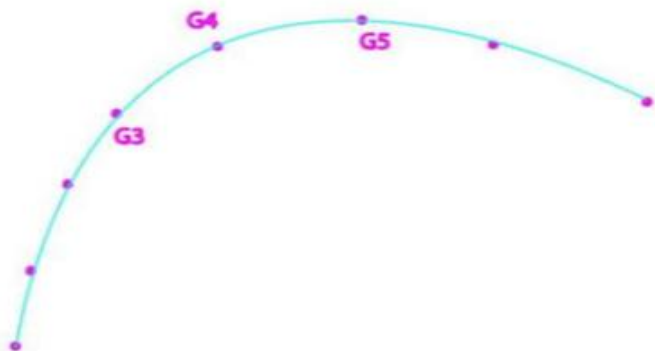
2-3) Le vecteur accélération instantané

Si le mouvement est plan :

$$\vec{a}_G = \frac{d\vec{v}_G}{dt} = \frac{d^2\vec{OG}}{dt^2}$$

$$\vec{a}_G \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix} \quad \text{ou} \quad \vec{a}_G \begin{pmatrix} \frac{dv_x}{dt} \\ \frac{dv_y}{dt} \end{pmatrix} \quad \text{ou} \quad \vec{a}_G \begin{pmatrix} \frac{d^2x}{dt^2} \\ \frac{d^2y}{dt^2} \end{pmatrix}$$

Unité de l'accélération : $m.s^{-2}$



$$\vec{a}_{Gi} = \frac{\vec{v}_{G_{i+1}} - \vec{v}_{G_{i-1}}}{2\tau}$$

Exercice n° 22 page 149

22 Calculer les coordonnées des vecteurs vitesse et accélération

COMPÉTENCES Exploiter une relation; exploiter un tableau.

- À partir des données de l'exercice précédent, calculer les coordonnées v_x et v_y du vecteur vitesse \vec{v} du point M à chaque instant.
- Quelle est la valeur du vecteur vitesse \vec{v}_1 à $t_1 = 1$ s?
- Exprimer les coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération \vec{a} du point M à chaque instant.
- Que peut-on dire de l'évolution de la valeur du vecteur \vec{a} au cours du temps? Qualifier ce mouvement.

t	x(t)	y(t)	vx	vy	ax	ay	a
-0,5	-10	-8,725	20	24,9	0	-9,8	9,8
0	0	2,5	20	20	0	-9,8	9,8
0,5	10	11,275	20	15,1	0	-9,8	9,8
1	20	17,6	20	10,2	0	-9,8	9,8
1,5	30	21,475	20	5,3	0	-9,8	9,8
2	40	22,9	20	0,4	0	-9,8	9,8
2,5	50	21,875	20	-4,5	0	-9,8	9,8
3	60	18,4	20	-9,4	0	-9,8	9,8
3,5	70	12,475	20	-14,3	0	-9,8	9,8
4	80	4,1	20	-19,2	0	-9,8	9,8
4,5	90	-6,725	20	-24,1	0	-9,8	9,8
5	100	-20	20	-29	0	-9,8	9,8
5,5	110	-35,725	20	-33,9	0	-9,8	9,8

2-4) Le vecteur quantité de mouvement

$$\vec{p} = m \vec{v}$$

Vous aurez plus de précisions par la suite sur ce vecteur et son utilisation.

3) Les lois de Newton

3-1) La 1^{ère} loi de Newton

Enoncé de la première loi de Newton (principe d'inertie) étudié en classe de seconde :

Dans un référentiel Galiléen tout corps demeure au repos ou en mouvement rectiligne uniforme si les forces qu'il subit se compensent.

18 Déterminer des forces inconnues

Un skieur de masse $M = 60 \text{ kg}$ glisse à vitesse de valeur constante sur une piste rectiligne qui fait un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale.



Le skieur est modélisé par son centre de gravité S . On considère qu'il est soumis à trois forces :

- son poids \vec{P} ;
- l'action normale du sol \vec{R} (perpendiculaire au plan de la piste);
- une force de frottement \vec{f} (parallèle à la piste et de sens opposé au déplacement).

1. Quelle relation vérifient ces forces? Justifier.
 2. Schématiser, à l'échelle 1 cm pour 200 N et en respectant les angles, les vecteurs qui modélisent ces forces.
 3. Déduire de la construction les valeurs de \vec{R} et de \vec{f} .
- Donnée : $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

3-2) La 2^{ème} loi de Newton

Dans un référentiel Galiléen, la somme des forces extérieures appliquées au système est égale au produit de la masse du système par le vecteur accélération du centre d'inertie G .

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$$

Remarque :

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

Alors : $m \cdot \vec{a}_G = \vec{0}$

D'où $\vec{a}_G = \vec{0}$

Le vecteur accélération étant nul, le vecteur vitesse est constant.

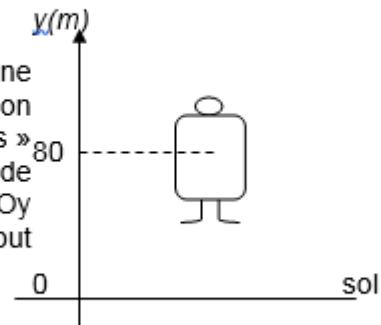
Le mouvement est donc rectiligne uniforme.

On retrouve le principe d'inertie.

2. Problème technique

Après à peine quelques dizaines de mètres, le jet-pack ne répond plus et tombe en panne : au bout de 80 m d'ascension verticale, la vitesse de Rocketeer est nulle. Le « Super héros » amorce alors un mouvement de chute verticale. La position de Rocketeer et de son équipement est repérée selon l'axe Oy vertical dirigé vers le haut et la date $t = 0$ s correspond au début de la chute, soit à l'altitude $y_0 = 80$ m.

Le schéma ci-contre est tracé sans souci d'échelle.

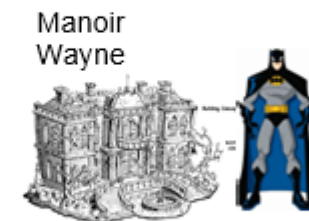
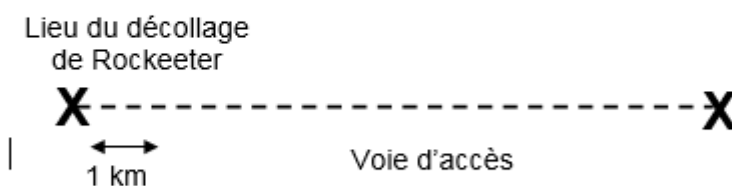


2.2. Montrer que lors de cette chute, la position de Rocketeer est donnée par l'équation horaire :

$$y(t) = -5t^2 + 80 \quad \text{avec } t \text{ en seconde et } y \text{ en mètre.}$$

2.3. À quelques kilomètres du lieu de décollage de Rocketeer se trouve le Manoir Wayne, demeure d'un autre super héros, Batman. Alerté par ses superpouvoirs dès le début de la chute de Rocketeer, ce dernier saute dans sa Batmobile, véhicule se déplaçant au sol.

Emplacement du Manoir Wayne :



<http://batman.wikia.com>

Quelle doit-être la valeur minimale de la vitesse moyenne à laquelle devra se déplacer Batman au volant de sa Batmobile pour sauver à temps son ami Rocketeer ? Commenter.

3-3) La 3^{ème} loi de Newton

Enoncé de la troisième loi de Newton ou principe des actions réciproques :

« Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B ».

$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = -\vec{F}_{B \rightarrow A}$$

Exemples à analyser

