

Chapitre 9

Description du mouvement

1. Système

Un système est un objet (ou un groupe d'objets) que l'on distingue volontairement de son environnement (le milieu extérieur) afin d'en faire son étude.

L'étude du mouvement d'un système est simplifiée en modélisant le système par un point. Cependant, cela peut impliquer la perte de certaines informations sur le mouvement du système.

Vocabulaire

En mécanique, un être humain et un marteau sont appelés des objets. Un marteau peut être considéré comme un système indéformable : la distance entre deux points quelconques de ce marteau reste constante. Un être humain est un système déformable car la distance entre deux points quelconques de l'être humain varie.

2. Relativité du mouvement

2.1 - Définition du référentiel

Pour étudier le mouvement d'un système, il faut préciser le solide choisi comme référence, appelé le référentiel. À un référentiel, sont associés :

– un repère d'espace qui permet d'indiquer la position du système ;

– un repère de temps qui permet d'associer une date à chaque position repérée dans le référentiel choisi.

Pour repérer un événement dans le temps, il faut choisir une horloge et une origine des dates. L'unité de temps du système international est la seconde.

2.2 - Choix du référentiel

Le choix du référentiel d'étude dépend des expériences réalisées et de l'interprétation que l'on souhaite en faire. Un système peut être en mouvement dans un référentiel et immobile dans un autre.

Pour étudier le mouvement d'un objet sur la Terre ou au voisinage de la Terre, on choisit le plus souvent le référentiel terrestre : il est constitué par la Terre ou par tout objet immobile par rapport à la Terre, auquel sont associés des repères d'espace et de temps. Dans ce référentiel, la Terre est immobile et on peut étudier par exemple le mouvement de voitures de course.

Pour étudier le mouvement de la Lune ou d'un satellite autour de la Terre, on utilise le référentiel géocentrique, défini par un solide de référence formé par le centre de la Terre et des étoiles lointaines considérées comme fixes, auquel sont associés des repères d'espace et de temps. Dans ce référentiel, la Terre tourne sur elle-même.

Pour étudier le mouvement des planètes autour du Soleil, on utilise le référentiel héliocentrique, défini par un solide de référence formé par le centre du Soleil et des étoiles lointaines considérées comme fixes, auquel sont associés des repères d'espace et de temps. Dans ce référentiel, la Terre tourne autour du Soleil.

L'identification des échelles temporelles et spatiales pertinentes permet de décrire au mieux le mouvement d'un système.

Exemple

Au cours d'une action de jeu, le mouvement d'un joueur de football peut être étudié dans le référentiel terrestre.

Point maths

Un système est en translation si tout vecteur liant deux points de ce système reste identique à lui-même au cours du temps. Par exemple, la nacelle d'une grande roue est en translation.

3. Description du mouvement

3.1 - Trajectoire

La trajectoire d'un point est l'ensemble des positions successives occupées par ce point au cours du temps. C'est une courbe : droite, cercle, arc de cercle, etc. qui dépend du référentiel d'étude.

L'étude du mouvement de différents points d'un système montre des trajectoires variées mais il existe toujours un point dont la trajectoire est plus simple que celles des autres points. Pour les objets homogènes de forme simple, ce point correspond au centre de symétrie de l'objet. On choisit alors ce point pour modéliser le système mais cette modélisation s'accompagne alors d'une perte d'informations, sur la rotation du système sur lui-même par exemple.

Exemple

Dans le référentiel terrestre, le centre d'un boomerang a une trajectoire plus simple que celles des autres points de ce projectile.

3.2 - Vitesse

Le vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$ d'un point est le segment de droite orienté joignant les positions successives M et M' prises par ce point au cours du temps.

Le vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$ est caractérisé par :

- une direction : celle du segment $[\overrightarrow{MM'}]$;
- un sens : de M vers M' ;
- une norme égale à la distance $\overline{MM'}$, en mètre (*m*) ;
- une origine placée au point M.

Le vecteur vitesse moyenne $\overrightarrow{V_m}$ d'un point entre deux positions M_n et M_p occupées au cours du temps par ce point, respectivement aux dates t_n et t_p , est défini par :

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\overrightarrow{M_n M_p}}{t_p - t_n}.$$

Ainsi :

– le vecteur \vec{V}_m a même sens et même direction que le vecteur déplacement $\overrightarrow{M_n M_p}$

– la norme du vecteur \vec{V}_m vaut :

$$V_m = \|\vec{V}_m\| = \left\| \frac{\overrightarrow{M_n M_p}}{t_p - t_n} \right\| = \frac{\overrightarrow{M_n M_p}}{t_p - t_n} \geq 0$$

Les unités du système international sont :

V_m en mètre par seconde, de symbole ($m \cdot s^{-1}$) ;

$M_n M_p$ en mètre, de symbole (m) ;

$t_p - t_n \geq 0$ et s'exprimant en seconde (s).

Dans cette expression, M_n et M_p est la distance entre M_n et M_p .

Le point d'origine du vecteur vitesse moyenne est généralement un point situé entre M_n et M_p .

Le vecteur vitesse \vec{V} d'un point est assimilable au vecteur vitesse moyenne \vec{V}_m lorsque les positions successives de ce point $M_n = M$, et $M_p = M'$ sont très proches l'une de l'autre et que l'intervalle de temps $\Delta t = t_p - t_n$ devient très petit.

L'expression s'écrit :

$$\vec{V} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t}$$

Les coordonnées du vecteur vitesse sont des grandeurs algébriques.

Dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme, le vecteur vitesse est constant : son sens, sa direction et sa norme sont des constantes.

Dans le cas d'un mouvement rectiligne non uniforme, la norme du vecteur vitesse varie mais pas sa direction.

Point maths

Une grandeur est algébrique si elle peut prendre des valeurs positives ou négatives.

Vocabulaire

Un mouvement est uniforme si la valeur de la vitesse (ou la norme du vecteur vitesse) reste constante.