

Chapitre 10

Modélisation d'une interaction : forces

1. Modélisation d'une action par une force

L'action mécanique d'un système extérieur (acteur A) sur le système étudié (receveur B) peut être modélisée par une force. Une force est caractérisée par une direction, un sens et une norme $F_{A/B}$ exprimée en newton (N). Elle peut être représentée par un vecteur $\overrightarrow{F_{A/B}}$ ayant la même direction et le même sens que la force et une norme proportionnelle à $F_{A/B}$.

On distingue les actions de contact des actions à distance.

Remarque

Seule une action s'exerce sur un objet. Le raccourci « force exercée par... », utilisé pour identifier une force, devra donc être compris comme « force modélisant une action exercée par ... ».

Éviter des erreurs

Ne pas confondre le sens (vers le bas, vers la gauche, etc.) et la direction (verticale, horizontale, etc.) d'une force.

Ne pas confondre le vecteur représentant une vitesse et celui représentant une force.

2. Principe des actions réciproques

Deux systèmes sont en interaction s'ils exercent une action l'un sur l'autre, c'est-à-dire si le mouvement ou l'immobilité de l'un dépend de l'existence de l'autre.

Le principe des actions réciproques, appelé également troisième loi de Newton, s'applique à tous les objets en interaction et s'énonce comme suit :

Quel que soit leur état de mouvement ou de repos, deux systèmes A et B en interaction exercent l'un sur l'autre des forces vérifiant la relation vectorielle :

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}}$$

$\overrightarrow{F_{A/B}}$ est la force exercée par A sur B.

$\overrightarrow{F_{B/A}}$ est la force exercée par B sur A.

Point maths

La relation précédente peut s'écrire :

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = k \cdot \overrightarrow{F_{B/A}} \text{ avec } k = -1 \text{ qui est un nombre réel.}$$

Cette relation traduit le fait que le vecteur $\overrightarrow{F_{A/B}}$ et le vecteur $\overrightarrow{F_{B/A}}$ sont colinéaires.

$\overrightarrow{F_{A/B}}$ et $\overrightarrow{F_{B/A}}$ ont la même direction.

Comme $k < 0$, $\overrightarrow{F_{A/B}}$ et $\overrightarrow{F_{B/A}}$ sont de sens opposés.

$$\text{Enfin, } \|\vec{F}_{A/B}\| = |k| \cdot \|\vec{F}_{B/A}\| = 1 \times \|\vec{F}_{B/A}\|$$

$\vec{F}_{A/B}$ et le vecteur $\vec{F}_{B/A}$ ont la même norme.

3. Caractéristiques de quelques forces

3.1 - Force d'interaction gravitationnelle

L'interaction gravitationnelle entre deux points matériels A et B, de masses m_A et m_B et séparés d'une distance d , est modélisée par des forces d'interaction

gravitationnelle $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ telles que :

$$\vec{F}_{A/B} = -G \frac{m_A m_B}{d^2} \cdot \vec{U}_{A/B}$$

$\vec{U}_{A/B}$ est le vecteur de norme 1, de direction (AB), et orienté de A vers B.

D'autre part,

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}.$$

Les unités du système international sont :

m_A et m_B en kilogramme de symbole (kg),

d en mètre de symbole m,

$\vec{F}_{A/B} = \vec{F}_{B/A}$ en newton de symbole (N),

$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} = 6,67 \times 10^{-11}$ Newton par mètre carré et par kilogramme à la puissance moins deux est la constante de gravitation.

La loi de la gravitation universelle précédente, énoncée par Newton, est vérifiée pour des points matériels. Cette loi se généralise au cas de systèmes présentant une répartition sphérique de masse, comme la Terre en considérant que toute la masse est concentrée en leur centre.

La relation vectorielle peut s'écrire :

$$\vec{F}_{A/B} = k \cdot \vec{U}_{AB} \text{ avec } k = -G \frac{m_A m_B}{d^2}$$

$\vec{F}_{A/B}$ et \vec{U}_{AB} sont donc colinéaires mais de sens opposés car $k < 0$. Comme \vec{U}_{AB} a une norme égale à 1, $F_{A/B} = |k| \cdot u_{AB}$, conduit à $F_{A/B} = G \frac{m_A m_B}{d^2}$.

Ainsi, la force d'interaction gravitationnelle exercée par un point matériel A de masse m_A sur un point matériel B de m_B , situé à une distance d de A, a les caractéristiques suivantes :

- direction : la droite (AB) ;
- sens : vers A ;
- norme : $F_{A/B} = G \frac{m_A m_B}{d^2}$

Histoire des sciences

Isaac Newton (né en 1642 et mort en 1727) est un mathématicien, physicien, astronome anglais. Il est notamment célèbre pour ses travaux sur la lumière et la gravitation universelle.

Vocabulaire

Dans ce chapitre, les points matériels sont des objets dont les dimensions sont petites par rapport à la distance qui les sépare.

3.2 - Poids d'un objet

À la surface d'une planète, un système de masse m est soumis à la pesanteur de cet astre. Cette action est modélisée par le poids qui peut être représenté par \vec{P} .

Les caractéristiques du poids sont :

- sa direction : celle de la verticale du lieu (par définition) ;
- son sens : orienté du haut vers le bas ;
- sa norme : $P = m \cdot g$.

Unités du système international :

P : norme du poids en newton (N) ;

m : masse du système en kilogramme (kg) ;

g : intensité de la pesanteur sur la planète (en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$) ;

En première approximation, on peut identifier le poids d'un système à la force d'interaction gravitationnelle exercée par la planète sur ce système.

3.3 - Force modélisant l'action exercée par un support ou par un fil

Les actions de contact exercées par un support ou par un fil sur un système sont modélisées par des forces dont les expressions mathématiques ne sont pas connues *a priori*.

Ces forces sont souvent notées :

\vec{R} : pour la réaction exercée par le support pour s'opposer à l'action du système qui s'appuie sur lui ;

\vec{T} : pour la tension exercée par le fil sur le système.

Leurs caractéristiques dépendent entre autres de l'état d'immobilité ou de mouvement du système et des autres forces qui s'appliquent sur le système.