

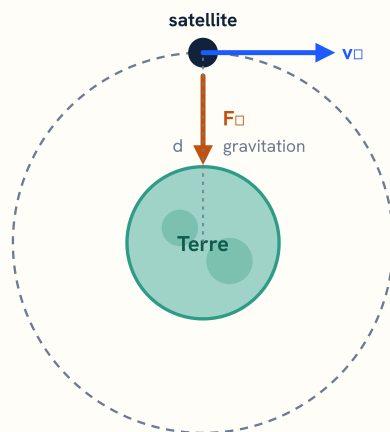
Introduction

Pourquoi la Lune tourne-t-elle autour de la Terre sans tomber ? Comment prévoir le mouvement des planètes ? La réponse tient en une force : la **gravitation**. Trois lois, énoncées par Kepler, décrivent avec une précision remarquable le mouvement des astres.

Dans ce chapitre, tu vas découvrir la **force de gravitation**, le **mouvement des satellites** et les **trois lois de Kepler**.

I. La force de gravitation

Deux corps qui possèdent une masse **s'attirent**. C'est la **loi de la gravitation universelle**, énoncée par Newton.



$$F = G \cdot m \cdot M / d^2$$

m, M : masses · d : distance
G : constante de gravitation

Schéma 1 — Un satellite décrit une orbite (souvent quasi circulaire) autour de la Terre. La force de gravitation F , toujours dirigée vers le centre de la Terre, courbe sa trajectoire ; sa vitesse v reste tangente à l'orbite.

Loi de la gravitation universelle. Deux corps de masses m et M , séparés par une distance d , s'attirent avec une force de valeur : $F = G \times (m \times M) / d^2$ où $G \approx 6,67 \times 10^{-11}$ (SI) est la **constante de gravitation universelle**. La force est dirigée selon la droite qui relie les deux corps.

Cette force **diminue très vite avec la distance** : si la distance double, la force est divisée par **quatre** (à cause du carré au dénominateur).

II. Le mouvement d'un satellite

Un **satellite** en orbite autour de la Terre n'est soumis qu'à la **force de gravitation** terrestre, toujours **dirigée vers le centre** de la Terre. C'est elle qui **courbe** sa trajectoire et le maintient en orbite.

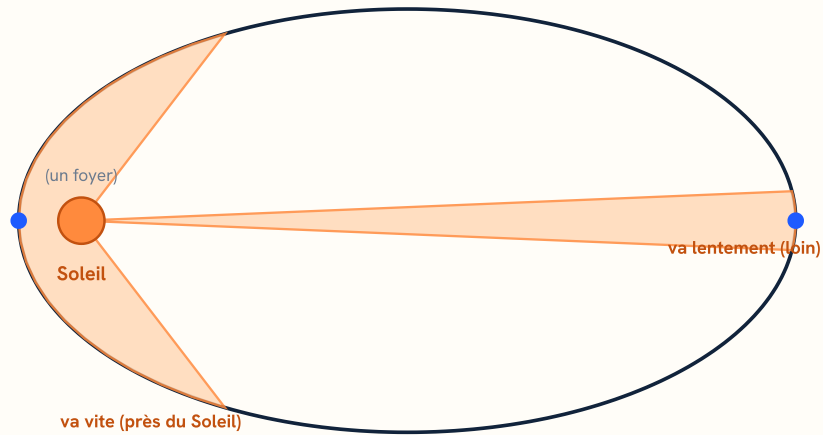
Pour une orbite **circulaire** :

- le mouvement est **uniforme** (la vitesse garde une **valeur constante**) ;
- le vecteur vitesse \mathbf{v} est **tangent** à la trajectoire ;
- l'accélération est dirigée **vers le centre** de la Terre.

III. Les lois de Kepler

Au début du XVII^e siècle, Kepler a énoncé **trois lois** décrivant le mouvement des planètes autour du Soleil.

LOIS DE KEPLER



Loi des aires : les 2 aires colorées sont égales (mêmes durées)

Loi des périodes : $T^2 / a^3 = \text{constante}$

Schéma 2 — Loi des orbites : la planète décrit une ellipse dont le Soleil est un foyer. Loi des aires : le segment Soleil-planète balaie des aires égales en des durées égales (la planète va plus vite près du Soleil). Loi des périodes : T^2/a^3 est constante.

Les trois lois de Kepler.

- 1. Loi des orbites** : chaque planète décrit une **ellipse** dont le **Soleil** occupe l'un des **foyers**.
- 2. Loi des aires** : le segment reliant le Soleil à la planète balaie des **aires égales** pendant des **durées égales**. La planète va donc **plus vite près du Soleil** et plus lentement quand elle en est loin.
- 3. Loi des périodes** : le rapport **T^2 / a^3** est le **même** pour toutes les planètes (T : période de révolution ; a : demi-grand axe de l'orbite).

L'essentiel à retenir

À retenir.

- **Gravitation** : $F = G \times (m \times M) / d^2$; force attractive qui diminue avec le carré de la distance.
- Un **satellite** n'est soumis qu'à la gravitation, dirigée **vers le centre** ; en orbite circulaire, son mouvement est **uniforme** et sa vitesse **tangente**.
- **Lois de Kepler** : orbites **elliptiques** (Soleil au foyer) ; **aires égales en durées égales** (plus rapide près du Soleil) ; $T^2/a^3 = \text{constante}$.

Exercices

Exercice 1 — Force de gravitation

Deux corps s'attirent par gravitation.

1. Écris l'expression de la valeur de la force de gravitation entre deux masses m et M distantes de d .
2. Que devient cette force si on **double** la distance d ?

Exercice 2 — Les lois de Kepler

1. Énonce la **loi des orbites** (1^{re} loi de Kepler).
2. Énonce la **loi des aires** (2^e loi de Kepler).

Exercice 3 — Loi des aires

Une planète décrit une orbite elliptique autour du Soleil.

1. En quel point de son orbite se déplace-t-elle le **plus vite** ?
2. Quelle loi de Kepler permet de l'expliquer ?

Exercice 4 – Mouvement d'un satellite

Un satellite décrit une orbite circulaire autour de la Terre.

1. Quelle est la seule force qui s'exerce sur lui ? Dans quelle direction est-elle dirigée ?
2. Le vecteur vitesse du satellite est-il dirigé vers la Terre ou tangent à l'orbite ?

Corrigés

Corrigé de l'exercice 1

1. $F = G \times (m \times M) / d^2$, où G est la constante de gravitation universelle.
2. Si la distance **double**, le dénominateur d^2 est **multiplié par 4** : la force est donc **divisée par 4**.

Corrigé de l'exercice 2

1. **Loi des orbites** : chaque planète décrit une **ellipse** dont le **Soleil** occupe l'un des foyers.
2. **Loi des aires** : le segment Soleil-planète balaie des **aires égales** pendant des durées égales.

Corrigé de l'exercice 3

1. La planète se déplace le plus vite lorsqu'elle est **la plus proche du Soleil**.
2. C'est la **loi des aires** (2^e loi de Kepler) qui l'explique : pour balayer une aire égale en un temps égal alors qu'elle est proche du Soleil, la planète doit aller plus vite.

Corrigé de l'exercice 4

1. La seule force est la **force de gravitation** exercée par la Terre ; elle est dirigée **vers le centre de la Terre**.

2. Le vecteur vitesse est **tangent à l'orbite** (il n'est pas dirigé vers la Terre).