

# Fiche 13

## Gravitation et poids

### Ressources utilisées

- Physique Chimie TS 2012, <https://mesmanuels.fr/>, p. 156
- <https://mesmanuels.fr/feuilleter/9782218953965>, mieux pour KEPLER, p. 201

### Pré-requis

- Définition d'un système mécanique (ponctuel) et d'un référentiel
- Interactions, forces et lois de NEWTON
- Interactions et champs

### Éléments imposés possibles

Vignettes de Tintin « On a marché sur la lune » ; analogies champs gravitationnel et électrostatique ; champ gravitationnel sur la lune ; satellite géostationnaire ; ...

**Remarque** Attention à ne pas faire de hors sujet et à ne pas oublier le poids.

### Introduction pédagogique

**Niveau** Terminale S, programme 2012. Les attendus autour des notions de « Gravitation et poids » sont les suivants :

- Connaître et exploiter les trois lois de NEWTON dans le cadre des champs de pesanteur et électrostatique uniformes (analogies envisageables).
- Démontrer pour les trajectoires circulaires que le mouvement d'un astre est uniforme (établir vitesse et période).
- Connaître et exploiter les lois de KEPLER, en particulier la troisième dans le cadre d'un mouvement circulaire.

Ces trois axes amènent à différentes possibilités pour une leçon de ce type, qui peuvent être discriminées par l'élément imposé.

**Difficultés** Principale difficulté est mathématique, à ce stade de l'année : l'intégration non triviale de la loi de NEWTON (pour palier cela, donner les formules d'intégration avec constante d'intégration ou aller vers une méthode alternative : recherche par la dérivation, en tâtonnant...).

**Travaux dirigés** Étude de la chute libre, sans et avec vitesse initiale ; étude d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.

Étude de satellisation ; activité documentaire sur la révolution d'astres dans le système solaire...

**Travaux pratiques** Pointages vidéos pour des chutes libres.

Modélisation à l'aide d'un logiciel tel que Python.

# Élément imposé sur le champ gravitationnel

**Remarque** Voir la leçon de M. LECONTE à ce sujet, de beaux schémas

## Introduction

### 13.1 L'interaction gravitationnel

#### 13.1.1 La force et le champ gravitationnel

#### 13.1.2 Le poids, sur Terre et ailleurs

### 13.2 Une étude complète : la chute libre

#### 13.2.1 Définition du système, méthode

Projection

Méthode systématique.

#### 13.2.2 Résolution

**Expérience** Utilisation d'un script Python pour tracer la parabole et calculer le point d'arrivée...

## Conclusion

Conclure en revenant sur le cadre de l'étude ici; ouvrir sur au choix : analogies gravitation/électrostatique ET/OU lois qui régissent les orbites des astres, lois de KEPLER

# Élément imposé sur les lois de KEPLER

## Introduction

Revenir sur la leçon qui précède (donc celle sur le champ gravitationnel et la force associée...) Donner le cadre de l'étude : trajectoires circulaires, et particulièrement uniformes.

Attraction gravitationnelle : rappel de seconde, entre deux masses ponctuelles A et B :

$$\vec{F}_{A/B} = -\mathcal{G} \frac{m_A m_B}{r^2} \vec{u}_{AB}, \quad (13.1)$$

où  $\mathcal{G} = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{k}^{-2}$  est la constant de gravitation *universelle*. La loi reste valable, en prenant les centres d'astres, pour des objets dont la répartition de la masse est sphérique (typiquement, en première approche : la Terre, le Soleil...).

**Remarque** Dans un cours sur les champs, on aura pu définir le champ terrestre tel que :

$$\vec{F} = m\vec{g}. \quad (13.2)$$

## 13.1 Satellites et mouvement circulaire

### 13.1.1 Repère de FRENET

**Remarque** Que l'on donnera à chaque fois aux élèves : l'indiquer ! On le retrouve en dérivant le vecteur  $O\vec{M} = r\vec{e}_r$ .

On étudiera tout au long de cette partie (attention, par dans la seconde partie!) des mouvements totalement circulaires : on décrit donc la position d'un point qui évolue sur un cercle autour d'une position  $O$ . Pour cela, on a recourt au repère de FRENET pour l'accélération :

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{u}_t + \frac{v^2}{R} \vec{u}_n, \quad (13.3)$$

où les vecteurs unitaires sont le vecteur tangeant et le vecteur radial dirigé vers le centre.

### 13.1.2 Description du problème et hypothèses

Si l'on considère un satellite en mouvement circulaire autour d'un astre, on peut appliquer sensiblement la même méthode que d'habitude [on fait par ailleurs le schéma].

Projection

Méthode systématique.

La deuxième loi de NEWTON amène alors à l'écriture de :

$$m\vec{a} = -\mathcal{G} \frac{mM}{R^2}, \text{ où } R \text{ est constant, rayon du mouvement!} \quad (13.4)$$

### 13.1.3 Mouvement uniforme et période

En combinant alors la forme de l'accélération dans le repère de FRENET et la deuxième loi de NEWTON, on parvient alors aux résultats que :

- la vitesse est constante *en norme* ; en effet, ...
- la période de révolution  $T$ , c'est à dire le temps que le satellite met à parcourir le périmètre  $2\pi R$ , est tel que :

$$v = \frac{2\pi R}{T}. \quad (13.5)$$

Il y a deux remarques importantes à faire ici ! D'abord, le mouvement est uniforme (la norme de la vitesse est constante) pourtant, le corps est accéléré ! Alors que se passe-t-il ? Souvenons-nous qu'il ne s'agit pas d'un corps en mouvement rectiligne, mais circulaire ; le vecteur vitesse n'est donc pas constant, même si ça norme l'est ! Or, l'accélération est la dérivée de ce vecteur et non uniquement de la norme. Physiquement, il faut se dire que le satellite a une vitesse constante en norme, qui tendrait s'il n'y avait aucune accélération, à l'envoyer à l'infini rectilignement. L'accélération, comme le voit bien dirigée vers le centre, « ramène » l'objet vers le centre ; l'effet de l'accélération est donc la modification de la direction de la vitesse !

La seconde remarque porte sur la notion de période et son lien avec le rayon que l'on peut exploiter à nouveau comme :

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{MG} = \text{constante !} \quad (13.6)$$

Cette relation, on la retrouve aussi dans un cadre plus général, qui est celui de la mécanique céleste en général dans laquelle n'existent pas seulement, et même rarement, des mouvements simplement circulaires.

## 13.2 Vers une généralisation : les lois de KEPLER

**Histoire** Johannes KEPLER est un physicien Allemand ayant travaillé à l'étude des astres et de leurs mouvements au XVI<sup>ème</sup> siècle.

### 13.2.1 Les lois de KEPLER

## Conclusion