



# ETINCELLE

## PHYSIQUE CHIMIE

Manuel de l'élève

### Auteurs

**El heddari Mohammed**

Ex-Inspecteur pédagogique  
du cycle secondaire qualifiant  
(Coordinateur)

**Fazazi Driss**

Ex-Inspecteur pédagogique  
du cycle secondaire qualifiant

**Mjahed Nour-eddine**

Inspecteur pédagogique  
du cycle secondaire qualifiant

**El-Khomssi El-ghali**

Inspecteur pédagogique  
du cycle secondaire qualifiant

**Ifadissen Abderrahim**

Inspecteur pédagogique  
du cycle secondaire qualifiant

**El ferroune Al radi**

Inspecteur pédagogique  
du cycle secondaire qualifiant

**Moujahid Rachid**

Inspecteur pédagogique  
du cycle secondaire qualifiant

## PARTIE 1



# Mécanique

### Leçon 1

#### La gravitation universelle ..... 13

Activité documentaire : Échelle des longueurs dans l'univers	14
Activité documentaire : Loi d'attraction universelle	15
Activité documentaire : Poids d'un corps	16
Cours	17
Auto-évaluation	19
Exercice résolu	20
Exercices	21

### Leçon 2

#### Exemples d'actions mécaniques ..... 23

Activité documentaire : Forces extérieures et forces intérieures	24
Activité documentaire : Forces réparties et forces localisées	25
Activité expérimentale : La force pressante et ses caractéristiques	26
Cours	27
Auto-évaluation	30
Exercice résolu	31
Exercices	32

### Leçon 3

#### Le mouvement ..... 35

Activité documentaire : Relativité du mouvement	36
Activité expérimentale : Vitesse instantanée	37
Activité expérimentale : Mouvement rectiligne uniforme	38
Activité expérimentale : Mouvement circulaire uniforme	39
Cours	40
Auto-évaluation	46
Exercice résolu	47
Exercices	48

### Leçon 4

#### Le principe d'inertie ..... 51

Activité expérimentale : Principe d'inertie	52
Activité expérimentale : Centre d'inertie	53
Activité expérimentale : Relation barycentrique	54
Cours	55
Auto-évaluation	57
Exercice résolu	58
Exercices	59

### Leçon 5

#### Force exercée par un ressort - Poussée d'Archimède ..... 63

Activité expérimentale : La force exercée par un ressort	64
Activité expérimentale : Réaction d'un fluide	65
Cours	66
Auto-évaluation	68
Exercice résolu	69
Exercices	70

### Leçon 6

#### Équilibre d'un corps soumis à l'action de trois forces ..... 73

Activité expérimentale : Première condition d'équilibre	74
Activité expérimentale : Force de frottement	75
Cours	76
Auto-évaluation	78
Exercice résolu	79
Exercices	80

### Leçon 7

#### Équilibre d'un solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe ..... 83

Activité expérimentale : Effet d'une force sur la rotation d'un solide - moment d'une force	84
Activité expérimentale : Couple de deux forces	85
Activité expérimentale : 2 <sup>ème</sup> Condition d'équilibre	86
Activité expérimentale : Couple de torsion	87
Cours	88
Auto-évaluation	91
Exercice résolu	92
Exercices	93



# Électricité

## Leçon 1

### Le courant électrique continu ..... 99

Activité expérimentale : Électrisation de la matière.....	100
Activité expérimentale : Le courant électrique.....	101
Activité expérimentale : Intensité du courant électrique.....	102
Cours.....	103
Auto-évaluation.....	107
Exercice résolu.....	108
Exercices.....	109

## Leçon 2

### La tension électrique ..... 111

Activité expérimentale : Tension électrique continue.....	112
Activité expérimentale : Mesure de la tension électrique.....	113
Activité expérimentale : Lois de la tension continue.....	114
Activité expérimentale : Tension alternative sinusoïdale.....	115
Cours.....	116
Auto-évaluation.....	120
Exercice résolu.....	121
Exercices.....	122

## Leçon 3

### Association de conducteurs ohmiques ..... 125

Activité expérimentale : Notion de conductance.....	126
Activité expérimentale : Association de résistors.....	127
Activité expérimentale : Montage diviseur de tension.....	128
Cours.....	129
Auto-évaluation.....	131
Exercice résolu.....	132
Exercices.....	133

## Leçon 4

### Caractéristiques de quelques dipôles passifs ..... 135

Activité expérimentale : Diodes.....	136
Activité documentaire : Quelques dipôles passifs.....	137
Cours.....	138
Auto-évaluation.....	140
Exercice résolu.....	141
Exercices.....	142

## Leçon 5

### Caractéristique d'un dipôle actif ..... 145

Activité expérimentale : Caractéristique d'un générateur.....	146
Activité expérimentale : Caractéristique d'un électrolyseur.....	147
Activité documentaire : Point de fonctionnement d'un circuit.....	148
Cours.....	149
Auto-évaluation.....	152
Exercice résolu.....	153
Exercices.....	154

## Leçon 6

### Le transistor ..... 157

Activité expérimentale : Le transistor.....	158
Activité expérimentale : Régimes de fonctionnement d'un transistor.....	159
Activité expérimentale : Quelques montages avec transistor.....	160
Cours.....	161
Auto-évaluation.....	164
Exercice résolu.....	165
Exercices.....	166

## Leçon 7

### L'amplificateur Opérationnel ..... 169

Activité expérimentale : L'amplificateur opérationnel (AO).....	170
Activité expérimentale : Quelques montages avec ampli Op.....	171
Cours.....	172
Auto-évaluation.....	174
Exercice résolu.....	175
Exercices.....	176

## PARTIE 3



# Chimie

### Leçon 1

#### Les espèces chimiques ..... 181

**Activité expérimentale :** Substances chimiques dans un produit naturel ..... 182

**Activité expérimentale :** Substances chimiques dans un produit manufacturé ..... 183

**Activité expérimentale :** Identification des espèces chimiques ..... 184

**Cours** ..... 185

**Auto-évaluation** ..... 189

**Exercice résolu** ..... 190

**Exercices** ..... 191

### Leçon 2

#### Extraction, Séparation et Identification des espèces chimiques ..... 193

**Activité expérimentale :** L'extraction par solvant ..... 194

**Activité expérimentale :** L'extraction par hydro-distillation ..... 195

**Activité expérimentale :** Chromatographie sur couche mince (ccm) ..... 196

**Cours** ..... 198

**Auto-évaluation** ..... 201

**Exercice résolu** ..... 202

**Exercices** ..... 203

### Leçon 3

#### Synthèse des espèces chimiques ..... 205

**Activité documentaire :** Intérêt de la chimie de synthèse ..... 206

**Activité expérimentale :** Synthèse d'une espèce chimique identique à une naturelle ..... 207

**Cours** ..... 209

**Auto-évaluation** ..... 210

**Exercice résolu** ..... 211

**Exercices** ..... 212

### Leçon 4

#### Le modèle de l'atome ..... 215

**Activité documentaire :** L'évolution du modèle de l'atome ..... 216

**Activité documentaire :** Structure de la matière ..... 217

**Activité expérimentale :** Les constituants de l'atome : noyau et cortège électronique ..... 218

**Activité expérimentale :** Conservation de l'élément chimique ..... 219

**Cours** ..... 220

**Auto-évaluation** ..... 225

**Exercice résolu** ..... 226

**Exercices** ..... 227

### Leçon 5

#### Géométrie de quelques molécules ..... 231

**Activité documentaire :** Règles du «duet» et de l'«octet» ..... 232

**Activité documentaire :** Représentation de Lewis ..... 233

**Activité documentaire :** Géométrie des molécules ..... 234

**Cours** ..... 235

**Auto-évaluation** ..... 249

**Exercice résolu** ..... 240

**Exercices** ..... 241

### Leçon 6

#### Tableau périodique des éléments chimiques ..... 243

**Activité documentaire :** Classification Périodique des éléments chimiques ..... 244

**Cours** ..... 245

**Auto-évaluation** ..... 248

**Exercice résolu** ..... 249

**Exercices** ..... 250

### Leçon 7

#### De l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique : La mole ..... 253

**Activité documentaire :** La mole : Unité de comptage des entités chimiques ..... 254

<b>Activité documentaire</b> : La quantité de matière d'un gaz	255
Cours	256
Auto-évaluation	259
Exercice résolu	260
Exercices	261

## Leçon 8

### Concentration molaire des espèces

moléculaires en solution	263
--------------------------	-----

<b>Activité expérimentale</b> : Dilution d'une solution	264
Cours	266
Auto-évaluation	267

### Outils et fiches ressources

Réponse aux QCM	283
Fiches T.P	284
Fiches T.P	285
Fiches T.P	286
Glossaire - Index	287
Bibliographie	288

Exercice résolu	268
Exercices	269

## Leçon 9

### Transformation chimique - bilan

de la matière	271
---------------	-----

<b>Activité expérimentale</b> : Modélisation de la transformation chimique	272
--	-----

<b>Activité expérimentale</b> : Bilan de matière	273
--	-----

Cours	275
-------	-----

Auto-évaluation	279
-----------------	-----

Exercice résolu	280
-----------------	-----

Exercices	281
-----------	-----

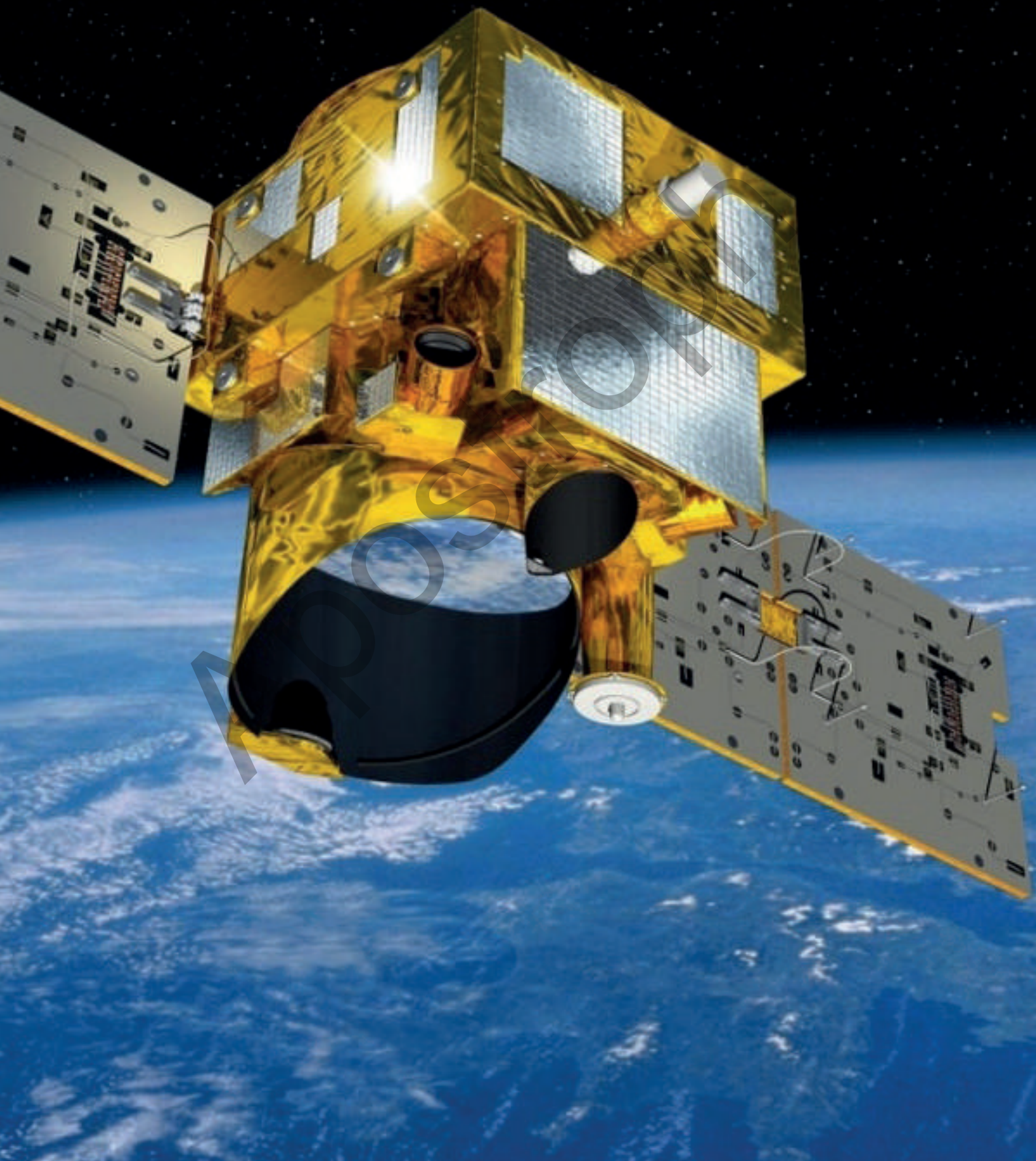


PARTIE 1

# Mécanique

Leçon 1	La Gravitation universelle	13
Leçon 2	Exemples d'actions mécaniques	23
Leçon 3	Le mouvement	36
Leçon 4	Le Principe d'inertie	51
Leçon 5	Force exercée par un ressort - Poussée d'Archimède	63
Leçon 6	Équilibre d'un corps soumis à l'action de trois forces	73
Leçon 7	Équilibre d'un corps susceptible de tourner autour d'un axe fixe	83

- ▼ Le satellite Mohammed VI-A, lancé depuis la base de Kourou en Guyane française dans la nuit de mardi à mercredi le 8 novembre 2017, vise à renforcer les capacités du Maroc dans les domaines scientifique et technique. Il est destiné à un usage strictement civil.
- ▼ Le Maroc est le troisième pays d'Afrique à posséder cette technologie, après l'Afrique de Sud et l'Égypte.



→ Répondre aux questions suivantes qui évoquent les pré-requis concernant la mécanique

Indiquer la(les) bonne(s) réponse(s)

	A	B	C
1 L'expression de la vitesse moyenne est :	$V_m = \frac{d}{\Delta t}$	$V_m = \frac{\Delta t}{d}$	$V_m = d \times \Delta t$
2 L'unité de la vitesse dans le système international est :	m.s <sup>-1</sup>	km.h <sup>-1</sup>	m.h <sup>-1</sup>
3 Si la valeur de la vitesse augmente au cours du mouvement, le mouvement est :	retardé	accélééré	uniforme
4 Le poids d'un corps est une action de :	à distance	de contact répartie	de contact localisée
5 L'unité de l'intensité de la force dans le système international est :	le Newton (N)	le mètre (m)	le kilogramme (kg)
6 L'instrument de mesure de l'intensité d'une force est :	la balance	la règle graduée	le dynamomètre
7 L'intensité du poids s'exprime par la relation :	$P = \frac{m}{g}$	$P = m \cdot g$	$P = \frac{g}{m}$
8 Le poids d'un corps :	diminue avec l'altitude	augmente avec l'altitude	reste invariable
9 Sur terre, le poids d'un corps est dû à :	la force d'attraction de la Terre	la force d'attraction du Soleil	la force de répulsion de la Terre
10 Si un solide est en équilibre soumis à deux forces, $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ :	$\vec{F}_1 = \vec{F}_2$	$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$	$F_1 = F_2$
11 Quelle est la représentation juste ? (Sachant que le corps est au repos)			
12 Quelle est la représentation juste ? (Sachant que le corps est au repos)			



# La gravitation universelle

> *Quelle est l'action responsable du mouvement des planètes autour du soleil ?*

## Objectifs d'apprentissages

- Connaître les forces d'attraction universelle.
- Connaître l'échelle des longueurs dans l'univers et dans l'atome.
- Connaître la loi d'attraction universelle (Relation de gravitation universelle).
- Connaître la force exercée par la Terre sur un corps : poids du corps  $P = m \cdot g$ .
- Utiliser la relation :  $g = g_0 \frac{R^2}{(R + h)^2}$

## Prérequis

- Savoir les caractéristiques d'une force
- Savoir représenter un vecteur force
- Savoir le principe des actions réciproques

## Prolongements

- Identification avec la loi de coulomb (1<sup>ère</sup> bac)
- Loi de Kepler (2<sup>ème</sup> bac)
- Atome et mécanique de Newton (2<sup>ème</sup> bac)

▸ Les planètes gravitent autour du soleil sur des orbites bien définies, sans ni s'éloigner ni s'approcher.

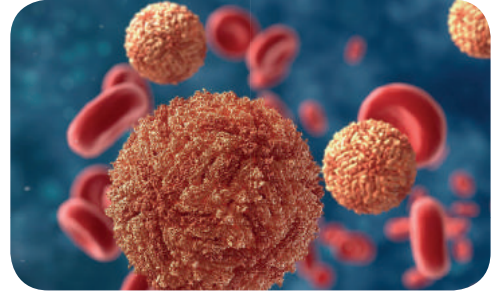


# I Échelle des longueurs dans l'univers

## Mise en situation

Les microscopes permettent la découverte des objets de plus en plus petits. Les télescopes, les satellites et les sondes spatiales permettent l'exploration de l'espace. De l'infiniment petit à l'infiniment grand, les longueurs varient de quelques femto mètres à quelques milliards d'années lumières.

→ Comment peut-on classer ces longueurs ?



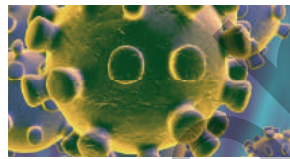
## Documents à analyser :



Galaxie d'Andromède  
Diamètre  $\approx 220000$  a.l.



Terre - Lune  
Distance  $\approx 384000$  km

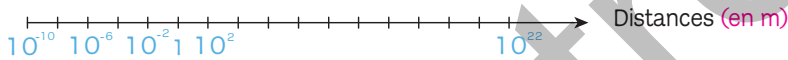


Corona virus  
Diamètre  $\approx 100$  nm



Atomes de silicium  
Diamètre  $\approx 220$  pm

Doc 1 : Dimensions d'objets de différentes tailles



Doc 2 : Axe des ordres de grandeurs

- L'écriture scientifique d'un nombre est l'écriture de la forme :  $a \cdot 10^n$  :  $1 \leq a < 10$  et  $n$  un entier naturel.
- L'ordre de grandeur est la puissance de dix la plus proche du nombre :  $10^n$  si  $a < 5$ , et  $10^{n+1}$  si  $a \geq 5$ .

Doc 3 : Quelques règles

### Sous multiples :

- $1\text{mm} = 10^{-3}\text{m}$  ;
- $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$  ;
- $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$  ;
- $1\text{pm} = 10^{-12}\text{m}$ .

### Unités :

- $1\text{ua} = 1,5 \cdot 10^8\text{ km}$
- $1\text{al} = 9,5 \cdot 10^{12}\text{ km}$

## Piste de travail :

### Extraire des informations

1. Écrire scientifiquement les diamètres des objets présentés au **Doc. 1** et les classer par ordre croissant.
2. Préciser l'ordre de grandeur de chaque diamètre. Utiliser les règles **Doc. 3**.

### Interpréter

3. Quel est l'intérêt de l'ordre de grandeur d'une longueur ?
4. Placer chaque objet du **Doc. 1** sur l'axe des ordres de grandeurs **Doc. 2**.

### Conclure

5. Rédiger une conclusion de cette activité en respectant la chronologie des étapes à suivre pour déterminer un ordre de grandeur.

### Mobiliser

6. La distance  $D$  du centre de la Terre au centre de la voie lactée est environ 265 millions de milliards de kilomètres. Après un petit calcul, un élève du tronc commun affirme que l'ordre de grandeur de  $D$  (en km) est  $10^{16}$ . Justifier son affirmation ou la corriger si nécessaire.

## Loi d'attraction universelle

### Mise en situation

Le niveau des mers et des océans est en mouvement régulier.

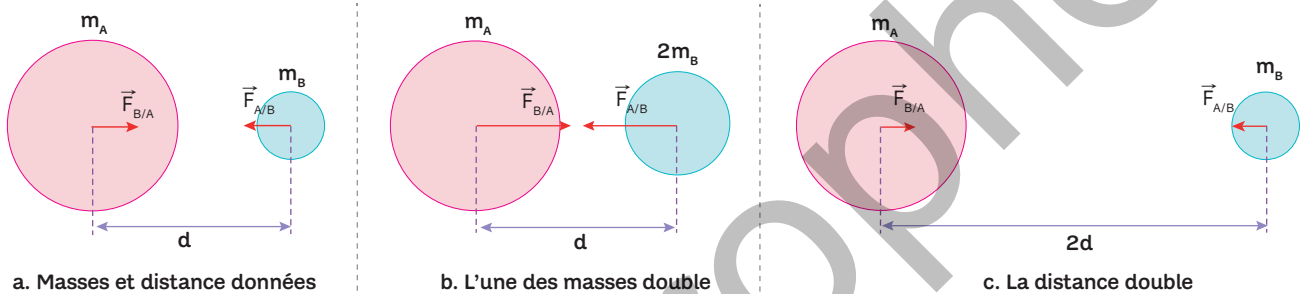
Lors de la pleine lune, les marées sont de plus grande amplitude. Au contraire, lors du premier et du dernier quartier, l'amplitude est plus faible.

→ Comment peut-on expliquer le phénomène des marées ?



Doc 1 : Pleine lune

### Documents à analyser :



**N.B :** Les vecteurs forces sont représentés avec une même échelle

Doc 2 : Forces d'interactions (les vecteurs forces sont représentés avec une même échelle).

L'intensité de la force d'attraction entre deux corps est directement proportionnelle au produit de leurs masses et inversement proportionnelle au carré de la distance séparant leurs centres.

Doc 3 : Formulation actuelle de la loi éditée par Newton dans (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*).

### Piste de travail :

#### Extraire des informations

1. En se basant sur le **Doc. 1**, postuler des hypothèses pouvant mettre en évidence la cause des marées.
2. Observer le **Doc. 2**, déduire les grandeurs physiques influant sur l'intensité de la force de gravitation.

#### Interpréter

3. Présenter l'analogie entre les schémas du **Doc. 2** et le texte du **Doc. 3**.
4. En se basant sur l'analogie précédente, expliquer le phénomène des marées et déduire la validité des hypothèses de la question 1.

#### Conclure

Déduire de ce qui précède la modélisation mathématique convenable parmi les suivantes :

- $F = G \cdot m_A \cdot m_B \cdot d^2$ ,  $F = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$ ,  $F = G \cdot \frac{d^2}{m_A \cdot m_B}$
- $G$  est une constante.

5. Préciser l'unité (SI) de la constante  $G$ .

#### Mobiliser

6. Comment varie l'intensité de la force d'attraction universelle entre la Terre et la Lune si cette dernière s'approche de la Terre ?

- Objectif**
- Connaître la relation :  $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$  ;
  - Utiliser la relation  $g = g_0 \frac{g^2}{(R+h)^2}$ .

## Poids d'un corps

### Mise en situation

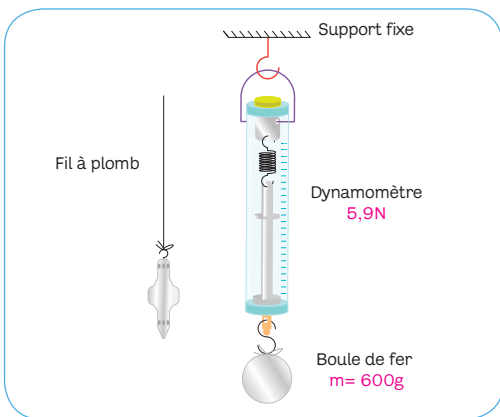
La Terre exerce sur tout objet situé à sa proximité, une action attractive modélisée par la force d'attraction universelle. Simultanément elle exerce une action répulsive à cause de sa rotation autour de l'axe passant par ses pôles. Ces actions sont modélisées par une force appelée « Poids ».

→ **Quelle relation y a-t-il entre le poids d'un corps et la force d'attraction universelle qu'il subit de la part de la Terre?**

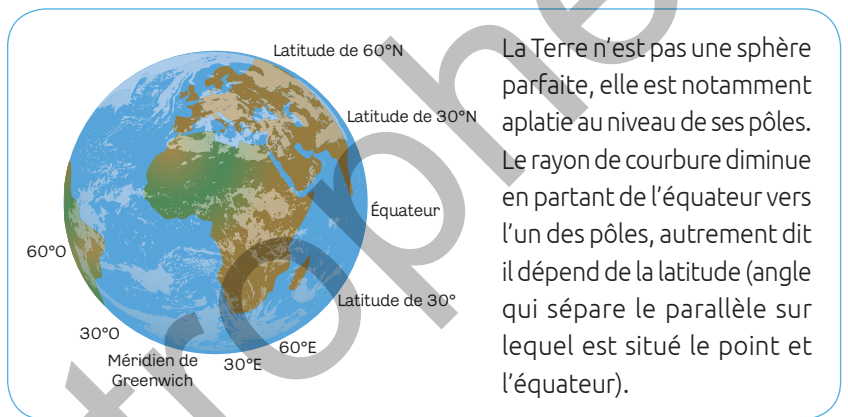


Doc 1 : Fil à plomb

### Documents à analyser :



Doc 2 : Boule en équilibre



Doc 3 : Latitude

La Terre n'est pas une sphère parfaite, elle est notamment aplatie au niveau de ses pôles. Le rayon de courbure diminue en partant de l'équateur vers l'un des pôles, autrement dit il dépend de la latitude (angle qui sépare le parallèle sur lequel est situé le point et l'équateur).

### Piste de travail :

#### Extraire des informations

1. Donner les caractéristiques du poids de la boule de fer **Doc. 2**.

#### Interpréter

2. En appliquant la loi de la gravitation universelle, calculer l'intensité de la force d'attraction  $F_{T/B}$  modélisant l'action de la Terre sur la boule de fer.

3. Comparer  $F_{T/B}$  avec le module  $P$  du poids de la boule.

#### On donne :

- La masse de la Terre :  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$  kg ;
- Le rayon moyen de la Terre :  $R_T = 6380$  km ;
- $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  N.m<sup>2</sup>.kg<sup>-2</sup>.

4. Peut-on négliger l'effet de la rotation de la Terre autour d'elle-même ?

5. Justifier l'utilisation du fil à plomb pour matérialiser la verticale **Doc. 1**.

6. Montrer que l'intensité de pesanteur  $g$  en un point d'altitude  $h$  par rapport à la surface de la Terre peut s'exprimer sous la forme suivante :  $g = G \cdot M_T / (R_T + h)^2$ .

7. Soit  $g_0$  l'intensité de pesanteur à la surface de la Terre, déduire l'expression de  $g_0$  et montrer que :  $g = g_0 \cdot R_T^2 / (R_T + h)^2$ .

8. Déduire comment varie donc  $g$  en fonction de l'altitude ? Justifier.

9. En s'appuyant sur le texte du **Doc. 3**, déduire comment varie  $g$  avec la latitude ?

#### Conclure

10. En exploitant ce qui précède, exprimer le poids  $\vec{P}$  d'un corps en fonction de sa masse  $m$  et du vecteur champ de pesanteur  $\vec{g}$ .

#### Mobiliser

11. Un élève affirme qu'il se sentira « plus léger » sur l'équateur que sur le pôle nord. A-t-il raison ou non ? Justifier.

## I Échelles des longueurs dans l'univers

→ Activité 1

### 1 • Multiples et sous multiples

L'unité internationale de mesure des distances est « Le mètre (Doc. 1) », mais elle est inadaptée à la mesure de distances très grandes (espace) ou très petites (atomes).

Le tableau suivant donne quelques multiples et sous multiples de l'unité de mesure dans les échelles des distances microscopiques et macroscopiques.

	Nombre		Symbole	Préfixe
Échelle macroscopique	$10^9$	Milliard	G	Giga
	$10^6$	Million	M	Méga
Échelle microscopique	$10^{-6}$	Millionième	$\mu$	micro
	$10^{-9}$	Milliardième	n	nano

### 2 • Dimensions astronomiques

#### • Unité astronomique

Pour mesurer les distances entre les planètes du système solaire, la distance Terre-Soleil, est considérée comme unité de mesure.

Elle est appelée : **unité astronomique** et notée (ua).  $1 \text{ ua} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$

#### • Année lumière

L'unité astronomique n'est pas adaptée à la mesure de distances plus grandes, comme celles dans la galaxie (Doc. 2).

On définit une autre unité : l'année lumière est la distance parcourue dans le vide par la lumière pendant une année, on la note (al).

Sachant que la célérité de la lumière dans le vide est  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  et l'année contient 365,25 jours = 31557600 s.

$$1 \text{ al} = 31557600 \times 3 \cdot 10^8 \quad 1 \text{ al} \approx 9,47 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

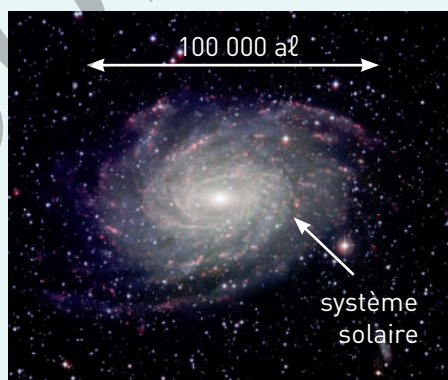


Doc. 1 Mètre étalon

#### ? Le saviez-vous ?

Le 7 avril 1795, le **mètre** fut adopté comme mesure étalon.

Il fut défini par « Delambre » comme **les dix millièmes** parties de la moitié du méridien Terrestre.



Doc. 2 Notre galaxie : la voie lactée

## II Loi d'attraction universelle

→ Activité 2

Les corps s'attirent dans l'espace à cause de leurs masses, de telle sorte que les deux forces d'interactions (Doc. 3) ont :

- Même droite d'action ; Sens contraires ; Même intensité :  $F_{A/B} = F_{B/A} = F$ .

Dans le cas de deux corps (A) et (B), ponctuels ou de symétrie sphérique, cette intensité est donnée par la formule :

$$F = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$$

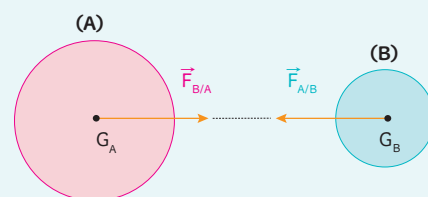
Ou :

- $m_A$  et  $m_B$  : Les masses respectives de (A) et (B) ;
- $d$  : La distance séparant les centres de gravité des deux corps.
- $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$  : La constante d'attraction universelle.

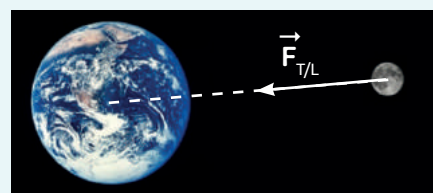
**EXEMPLE :** L'expression de l'intensité de la force modélisant l'action de la Terre sur la Lune (Doc. 4) est :

$$F_{T/L} = G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{d^2}$$

**A.N. :**  $F_{T/L} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 7,32 \cdot 10^{22}}{(1,5 \cdot 10^{11})^2} \approx 2 \cdot 10^{20} \text{ N}$



Doc. 3 Interaction gravitationnelle entre deux corps sphériques



Doc. 4 Terre-Lune



# La pesanteur

→ Activité 3

## 1 • Signification du poids d'un corps

La Terre applique sur les corps en interaction avec elle deux actions :

- **Une action attractive** à cause de sa masse modélisée par la force d'attraction universelle.
- **Une action centrifuge** à cause de sa rotation autour de l'axe passant par ses pôles.

Le poids d'un corps est la somme de ces deux actions.

En négligeant la force centrifuge devant la force centripète, on peut écrire :

$$P = F$$

## 2 • Intensité du champ de pesanteur

On considère un corps ponctuel (satellite artificiel par exemple **Doc. 5**) de masse  $m$  se trouvant à l'altitude  $h$  par rapport au sol.

La distance entre le centre de ce corps et le centre de la Terre est donc :  $d = R_T + h$ .

Avec  $R_T$  : le rayon moyen de la Terre.

L'intensité du poids du corps à cette altitude est :  $P = G \frac{m \cdot M_T}{(R_T + h)^2} = m \frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)^2}$

**On pose :**  $g_h = \frac{GM_T}{(R_T + h)^2}$

On l'appelle intensité de pesanteur à l'altitude  $h$ .

L'intensité du champ de pesanteur  $g_0$  au niveau de la surface de la Terre

**(Doc. 6)** ( $h = 0$ ) sera **donc :**  $g_0 = \frac{GM_T}{R_T^2}$

**A.N. :**  $g_0 \approx 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

**REMARQUE :** L'intensité de pesanteur ne dépend pas de la masse du receveur, mais de la masse de l'acteur et de la distance entre leurs centres de gravité.

## 3 • Variation de l'intensité de pesanteur avec l'altitude

À partir des expressions de  $g_h$  et  $g_0$ , on peut établir la relation entre  $g_h$  et  $g_0$ .

**On a :**  $\frac{g_h}{g_0} = \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$  **D'où :**  $g_h = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$

**REMARQUE :** On peut aussi écrire :  $P_h = P_0 \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$

Avec :  $P_h = mg_h$  Poids du corps à l'altitude  $h$  ;

$P_0 = mg_0$  Poids du corps à la surface de la Terre.

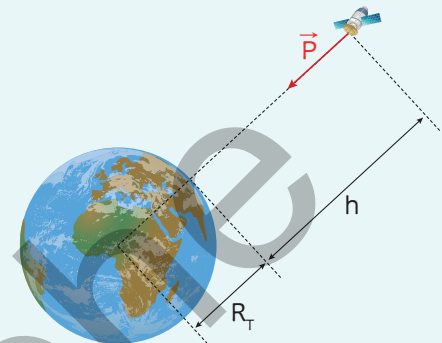
Lorsqu'on s'élève dans le ciel (**Doc. 7**), l'intensité de pesanteur diminue.

**EXEMPLE :** L'intensité de pesanteur à l'altitude  $h = 100 \text{ km}$  au-dessus du sol Terrestre est :  $g_h = 9,5 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ . L'intensité de pesanteur diminue avec l'altitude.

**REMARQUE :** Le pourcentage duquel l'intensité de pesanteur a diminué du sol jusqu'à l'altitude  $h = 100 \text{ km}$  est :  $\% = \frac{g_0 - g_h}{g_0} \cdot 100$ . **A.N. :**  $\% \approx 3 \%$ .

### Le saviez-vous ?

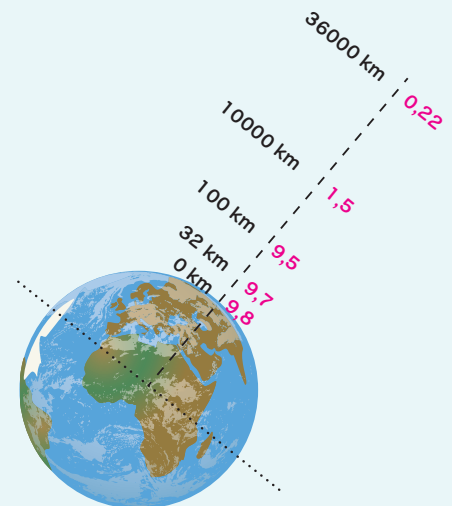
Un corps ponctuel est un corps dont les dimensions sont négligeables devant la distance d'observation (de celui qui observe le mouvement).



**Doc. 5** Poids d'un satellite



**Doc. 6** Niveau de référence



**Doc. 7** g et altitude



**1 Y a-t-il différence entre la force d'attraction universelle et le poids d'un corps ?**

Pour Chaque question indiquer la (ou les) proposition(s) juste(s).

	A	B	C	D
1 L'unité du poids d'un corps est	Le kilogramme	Le Newton	Le mètre	Le gramme
2 La force d'attraction universelle modélisant l'action de la Terre sur un corps est	Une force de contact	Une force à distance	Une force localisée au centre de gravité du corps ;	Une force répartie.
3 L'intensité de la force d'attraction entre deux corps sphériques de masses $m_A$ et $m_B$ de rayons $R_1$ et $R_2$ et de contours distants de la distance $d$ est	$F = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d}$	$F = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$	$F = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{(d + R_1 + R_2)^2}$	$F = G \cdot \frac{m_A + m_B}{d^2}$
4 L'intensité de pesanteur Terrestre	Augmente lorsqu'on s'élève dans le ciel	Diminue lorsqu'on s'élève dans le ciel	Augmente sur sol lorsqu'on se dirige vers le pôle nord de la Terre	Reste toujours constante
5 Le poids d'un corps à la surface de la Lune vaut le sixième de sa valeur sur le sol Terrestre car	Sa masse sur la Lune vaut le sixième de sa valeur sur Terre	La masse de la Lune vaut le sixième de la masse de la Terre	La Lune est très loin de la Terre	L'intensité de pesanteur sur la Lune vaut le sixième de sa valeur sur Terre
6 Lorsqu'un corps tombe	il est attiré par la Terre	Il attire la Terre	Ils s'attirent mutuellement	IL n'y a aucune attraction entre le corps et la Terre
7 L'ordre de grandeur du diamètre d'un atome est	$10^{-10}$ m	$10^{-15}$ m	$10^{-6}$ m	$10^0$ m

**2 Mettre une croix (X) dans la case qui convient**

	Vrai	Faux
1 Un ballon qui monte dans le ciel n'est pas attiré par la Terre		
2 La Lune ne tombe pas sur Terre parce qu'elle tourne		
3 L'intensité de pesanteur sur Terre est minimale à l'équateur		
4 À la surface de la Terre le poids d'un corps s'exprime par : $P = m \cdot g_0$		
5 Le poids d'un corps augmente avec la l'altitude lorsque cette dernière augmente		

### Énoncé

Le satellite européen METOP-A, lancé en 2006, est le premier satellite dont la trajectoire passe au-dessus des pôles géographiques, il a été destiné à la récolte d'informations sur l'atmosphère afin d'améliorer les prévisions météorologiques.

**On donne :**

- La masse du satellite :  $m = 4,1$  tonnes ;
- La trajectoire du satellite est circulaire et située à l'altitude  $h = 8,2 \cdot 10^2$  km par rapport au sol Terrestre.
- La durée pour accomplir un tour est 101 min.
- $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  (SI),  $M_T = 5,97 \cdot 10^{24}$  kg,  $R_T = 6,38 \cdot 10^6$  m.

- 1 • Calculer la valeur de l'intensité de la force gravitationnelle, modélisant l'action de la Terre sur le satellite.
- 2 • Déduire la valeur de la force gravitationnelle, modélisant l'action du satellite sur la Terre.
- 3 • Donner les caractéristiques de ces deux forces et les représenter sur un schéma.
- 4 • Calculer la valeur de l'intensité de pesanteur à l'altitude du satellite, et déduire la valeur de l'intensité du poids du satellite.



Satellite METOP-A

#### LIRE

Il faut bien lire l'énoncé, et souligner « au fluorescent » les termes intéressants et les données.

### Solutions

1 • On sait que l'expression de l'intensité de la force de gravitation universelle modélisant l'action de la Terre sur le satellite est :  $F_{T/S} = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{d^2}$

Avec :  $d = R_T + h$ , on obtient :  $F_{T/S} = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2}$

AN :

### Conversions

$m = 4,1$ ,  $t = 4,1 \cdot 10^3$  kg,  $h = 8,2 \cdot 10^2$  km =  $h = 8,2 \cdot 10^5$  m

alors :  $F_{T/S} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \cdot 4,1 \cdot 10^3}{(6,38 \cdot 10^6 + 8,2 \cdot 10^5)^2} = 3,1 \cdot 10^4$  N

2 • D'après le principe des actions réciproques, les deux forces d'interactions doivent avoir la même intensité.

Donc :  $F_{S/T} = F_{T/S} = 3,1 \cdot 10^4$  N.

3 • Les caractéristiques des forces  $\vec{F}_{T/S}$  et  $\vec{F}_{S/T}$  sont :

$\vec{F}_{T/S}$	$\vec{F}_{S/T}$
Point d'application : $G_S$	Point d'application : $G_T$
Direction : droite ( $G_S G_T$ )	Direction : droite ( $G_S G_T$ )
Sens : de $G_S$ vers $G_T$	Sens : de $G_T$ vers $G_S$
Intensité : $F_{T/S} = 3,1 \cdot 10^4$ N	Intensité : $F_{S/T} = 3,1 \cdot 10^4$ N



4 • On sait que :

$$g = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

AN :  $g = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24}}{(6,38 \cdot 10^6 + 8,2 \cdot 10^5)^2} = 7,7$  N.kg<sup>-1</sup>

#### RÉDIGER

Il faut écrire d'abord les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.

#### APPLICATION NUMÉRIQUE

S'assurer que les données sont dans le SI, si non il faut les convertir.

Il faut respecter le nombre de chiffres significatifs.

#### RAISONNER

Il faut justifier en citant les lois utilisées.



## Maîtriser ses connaissances

### • Données :

Constante de gravitation Universelle :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  (S.I).

### 1 L'ordre de grandeur

Exprimer (en mètre) les longueurs suivantes, et écrire le résultat sous forme d'écriture scientifique avec trois chiffres significatifs :

- Diamètre de la Terre : 12750 km
- Les plus petites bactéries mesurent environ 0,1 à 0,2 micromètre
- Longueur d'une molécule : 0,43 nm
- Longueur d'un microbe : 50  $\mu$ m
- La taille d'un virus ne dépasse pas les 400 nm
- Diamètre de notre galaxie :  $1,2 \cdot 10^{10}$  km
- Rayon de l'atome de Fluor : 42 pm

### 2 Sur la Terre ou la Lune

On considère un engin de masse  $m = 1,2t$ .

**1 •** Calculer  $P_{OT}$ , la valeur du poids de cet engin à la surface de la Terre.

**2 •** Calculer la valeur de  $P_{OL}$ , poids du même engin à la surface de la Lune sachant que :  $g_{OT} = 6 \cdot g_{OL}$ .

**3 •** Déterminer l'altitude  $h$  par rapport à la surface de la Terre où doit se trouver l'engin pour qu'il ait un poids Terrestre  $P_{HT}$  égal à  $P_{OL}$ .

### • Données :

$g_{OT} = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $R_T = 6378 \text{ km}$

### 3 Satellite de Mars

Phobos est un satellite de la planète Mars, qui gravite autour d'elle suivant une trajectoire circulaire de rayon  $r = 9378 \text{ km}$ . On considérera que la planète Mars et son satellite sont à répartition sphérique de masse.



**1 •** Exprimer l'intensité  $F_{M/P}$  de la force modélisant l'action de Mars sur son satellite Phobos.

**2 •** Donner l'unité de la constante de gravitation.

**3 •** Calculer l'intensité de cette force.

**4 •** Représenter sur un schéma le vecteur modélisant cette force.

### • Données :

Masse de la planète Mars :  $M_M = 6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}$  ;

Masse du satellite Photos :  $M_P = 9,6 \cdot 10^{15} \text{ kg}$ .

## Renforcer ses capacités

### 4 Satellite artificiel

**1 •** Un satellite artificiel (S) de masse  $m$  se trouve à l'altitude  $h$  par rapport au sol Terrestre.

**a.** Écrire l'expression de l'intensité de la force modélisant l'attraction de la Terre au satellite (S).

**b.** Calculer la valeur de cette force.

### • Données :

$m = 1200 \text{ kg}$ ,  $h = 36000 \text{ km}$ .

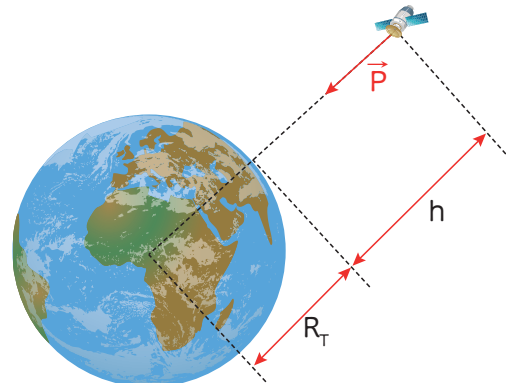
**2 •** Champs de pesanteur :

**a.** Écrire l'expression de l'intensité de pesanteur  $g_h$  à l'altitude  $h$  par rapport au sol Terrestre. En déduire son expression  $g_{OT}$  au niveau du sol Terrestre. Calculer la valeur de  $g_{OT}$ .

**b.** Calculer la valeur de  $h$  où l'intensité de pesanteur devient :  $g_h = \frac{g_{OT}}{4}$ .

### • Données :

$M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ,  $R_T = 6400 \text{ km}$ ,  $m = 1200 \text{ kg}$ ,  $h = 36000 \text{ km}$



### 5 Poids et altitude

La masse d'un alpiniste et son équipement est de 100 kg.

**1 •** Calculer le poids de l'alpiniste équipé au niveau de la mer.

**2 •** Calculer le poids de l'alpiniste équipé au sommet d'Everest d'altitude 8848 m par rapport au niveau de la mer.

**3 •** De quel pourcentage ce poids a-t-il varié ?

**4 •** Un compagnon de cet alpiniste a, au sommet de cette montagne, le même poids de l'alpiniste au niveau de la mer.



Quelle est la masse de ce compagnon ?

## 6 Pesanteur au voisinage de la planète Mars

1 • Donner l'expression de l'intensité de pesanteur à la surface de Mars en fonction de son rayon  $R_M$  et sa masse volumique  $\rho_M$ .

2 • En déduire l'intensité  $P_0$  du poids d'un corps de masse  $m = 2500 \text{ kg}$  se trouvant sur son sol.

3 • À quelle altitude par rapport au sol de Mars ce poids deviendrait  $P = \frac{P_0}{16}$  ?

• **Données :**

$$R_M = 3400 \text{ km}, \rho_M = 4000 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\text{Le volume d'une sphère de rayon } R \text{ est : } V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

## Perfectionner ses compétences

### 7 Comparaison de forces

Deux balles de tennis (notées 1 et 2) de même masse  $m = 58 \text{ g}$ , sont posées sur le sol, de façon à ce que leurs centres de gravités sont distants de  $d = 50 \text{ cm}$ .

1 • Exprimer et calculer les intensités des forces d'interaction gravitationnelles  $\vec{F}_{1/2}$  et  $\vec{F}_{2/1}$  existantes entre les deux balles.

2 • Représenter ces forces sur un schéma.

3 • Comparer la force exercée par une balle sur l'autre à la force exercée par la Terre sur l'une d'elles.

4 • Conclure pourquoi les balles n'entrent pas en collision.

• **Données :**

$$M_T = 6.10^{24} \text{ kg},$$

$$R_T = 6378 \text{ km}$$

### 8 Variation de l'intensité de pesanteur

1 • L'intensité de pesanteur en un lieu de la surface de la Terre au niveau de la mer est  $g_0$ . Calculer son intensité au sommet du mont Toubkal d'altitude  $h = 4165 \text{ m}$  par rapport au niveau de la mer.

2 • Calculer le pourcentage duquel a diminué cette intensité de pesanteur depuis le niveau de la mer jusqu'au sommet du mont Toubkal.

3 • À quelle altitude  $H$  par rapport au niveau de la mer, cette intensité aura diminuée de 1% ?

• **Données :**

$$g_0 = 9,80 \text{ N.kg}^{-1}, R_T = 6378 \text{ km}$$

### 9 Application de la gravité

L'intensité de pesanteur est une grandeur mesurable à l'aide d'appareils appelés gravi mètres.

La mesure de cette intensité de pesanteur au sommet du mont Toubkal d'altitude  $h_1$  au-dessus du niveau de la mer donne la valeur  $g_1$ , et donne la valeur  $g_2$  au sommet du mont Everest d'altitude  $h_2$  au-dessus du niveau de la mer.

1 • Donner l'expression de l'intensité de pesanteur à une altitude  $h$  au-dessus du niveau de la mer, en fonction de  $G$ ,  $M_T$  (masse de la Terre),  $R_T$  (rayon de la Terre) et  $h$ .

2 • Déduire des mesures précédentes de l'intensité de pesanteur, les valeurs de  $R_T$  et  $M_T$ .

• **Données :**

$$h_1 = 4165 \text{ m},$$

$$h_2 = 8848 \text{ m},$$

$$g_1 = 9,825 \text{ N.kg}^{-1},$$

$$g_2 = 9,811 \text{ N.kg}^{-1}.$$

### 10 Point d'équigravité

Ganymède est le septième satellite de Jupiter, et le plus gros des satellites du système solaire, même plus grand que certaines planètes.



Ganymède gravite sur une trajectoire supposée circulaire de rayon moyen  $r$ .

Une sonde spatiale passe entre Jupiter et Ganymède à une distance  $d$  du centre de Ganymède.

1 • Écrire les expressions des intensités de pesanteur  $g_G$  et  $g_J$  créées respectivement par Ganymède et Jupiter au niveau de la sonde spatiale.

2 • Exprimer  $d$  en fonction de  $r$ ,  $M_G$  et  $M_J$  en un lieu d'équigravité où  $g_G = g_J$ . Calculer la valeur de  $d$ .

• **Données :**

$$r = 1,07.10^6 \text{ km}, M_G = 1,49.10^{23} \text{ kg}, M_J = 1,9.10^{27} \text{ kg}.$$

### 11 Masse de Jupiter

En mars 1979, la sonde Voyager 1 (de masse) s'approche de Jupiter que l'on assimile à une sphère de rayon  $R_J$  et de masse  $M_J$  répartie sphériquement.

Aux altitudes  $h_1 = 2,78.10^5 \text{ km}$  et  $h_2 = 6,50.10^5 \text{ km}$ , la sonde mesure respectivement  $g_1 = 1,04 \text{ N.kg}^{-1}$  et  $g_2 = 0,24 \text{ N.kg}^{-1}$ .

1 • Exprimer en fonction des données la masse de Jupiter.

2 • Calculer sa valeur.