Dima Dima Physique | TC | TRONC COMMUN SCIENTIFIQUE — PHYSIQUE

Série N°3 : La gravitation universelle

CORRIGÉ INTÉGRALEMENT EXPLIQUÉ

Démarche guidée, calculs détaillés et conclusion à chaque question.

Méthode à retenir

Avant un calcul : **(1)** identifier les données ; **(2)** convertir dans les unités adaptées ; **(3)** écrire la formule littérale ; **(4)** remplacer par les valeurs avec les unités ; **(5)** conclure et vérifier si le résultat est cohérent.

Exercice 1 – Vrai ou faux

1. Réponse expliquée.
Faux. La gravitation est une interaction entre toutes les masses, sur Terre, dans l'espace et ailleurs dans l'Univers.

2. Réponse expliquée.
Vrai. Deux masses s'attirent mutuellement par gravitation ; les forces pointent chacune vers l'autre corps.

3. Réponse expliquée.
Faux. La loi $F = Gm_Am_B/d^2$ montre que, si d est doublée, $F' = F/2^2 = F/4$.

4. Réponse expliquée.
Vrai. Les deux forces d'une même interaction ont des intensités égales, mais des sens opposés.

5. Réponse expliquée.
Faux. $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N\,m^2/kg^2}$ est une constante universelle, indépendante des corps étudiés.

6. Réponse expliquée.
Faux. Le poids est une force, mesurée en **newtons (N)** ; le kilogramme (kg) est l'unité de masse.

7. Réponse expliquée.
Vrai dans le modèle local étudié. La pesanteur g dépend du lieu, pas de la masse de l'objet test.

8. Réponse expliquée.
Vrai dans le modèle sphérique extérieur : $g(h) = GM/(R+h)^2$. Lorsque h augmente, le dénominateur augmente, et g diminue.

Exercice 2 – Interaction gravitationnelle

1. Réponse expliquée.
La valeur de la force vaut $F = G\frac{m_Am_B}{d^2}$. Avec $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N\,m^2/kg^2}$, les masses m_A, m_B sont en kg, la distance des centres d en m et F en N.

2. Réponse expliquée.

Dessiner les points A (à gauche) et B (à droite). Au point A, tracer $\vec{F}_{B/A}$ orienté **vers** B. Au point B, tracer $\vec{F}_{A/B}$ orienté **vers** A. Les deux flèches sont sur la droite (AB).

3. Réponse expliquée.
Ces forces ont la **même direction** (AB), des **sens opposés**, et la **même intensité** Gm_Am_B/d^2. Leurs points d'application sont différents : l'une sur A, l'autre sur B.

4. Réponse expliquée.
Une interaction est dite « à distance » car elle existe même si les corps ne se touchent pas. On n'a donc pas besoin d'un câble ni d'un contact entre A et B.

Exercice 3 – Deux masses ponctuelles

1. Réponse expliquée.
Données : $m_A = 2\,\text{kg}$, $m_B = 40\,\text{kg}$, $d = 1\,\text{m}$. $F = Gm_Am_B/d^2 = 6{,}67 \times 10^{-11} \times (2 \times 40)/1^2 = 5{,}336 \times 10^{-9}\,\text{N}$.

2. Réponse expliquée.
Par réciprocité de l'interaction, la force de B sur A a la même intensité : $5{,}336 \times 10^{-9}\,\text{N}$, mais son sens est opposé.

3. Réponse expliquée.
Si $d' = 2\,\text{m}$, $F' = Gm_Am_B/2^2 = F/4 = 1{,}334 \times 10^{-9}\,\text{N}$. Le facteur 4 vient du carré de la distance.

Exercice 4 – Masse, distance et force

1. Réponse expliquée.
Situation 1 : $m'_A = 2m_A$; $F_1 = G(2m_A)m_B/d^2 = 2F_0$ et $F_1/F_0 = 2$.

2. Réponse expliquée.
Situation 2 : $m'_B = 3m_B$; $F_2 = Gm_A(3m_B)/d^2 = 3F_0$; quotient 3.

3. Réponse expliquée.
Situation 3 : $d' = 2d$; $F_3 = Gm_Am_B/(2d)^2 = F_0/4$; quotient $1/4$.

4. Réponse expliquée.
Situation 4 : les masses donnent un facteur $2 \times 3 = 6$; la distance doublée donne un facteur $1/4$. Au total $F_4 = (6/4)F_0 = 1{,}5F_0$. Règle : proportionnalité au produit des masses et inversement au carré de la distance.

Exercice 5 – Représenter les forces à l'échelle

1. Réponse expliquée.
L'action de B sur A s'applique en A et vise B ; celle de A sur B s'applique en B et vise A. Ce sont des forces attractives, portées par la droite joignant les deux centres.

2. Réponse expliquée.
Une flèche de 1 cm représente $2\times10^{-8}\,\text{N}$. Pour $8\times10^{-8}\,\text{N}$, la longueur vaut $L = 8\times10^{-8}/(2\times10^{-8}) = 4\,\text{cm}$.

3. Réponse expliquée.
Placer A et B distants de 7 cm sur la feuille. Depuis A, tracer une flèche de 4 cm vers B ; depuis B, tracer une flèche de 4 cm vers A. Les flèches peuvent se chevaucher : les forces restent distinctes par leur point d'application.

Exercice 6 – Interaction Terre–Lune

1. Réponse expliquée.
$d = 3{,}95 \times 10^5$ km. Comme $1\,\text{km} = 10^3\,\text{m}$, $d = 3{,}95 \times 10^{5+3} = 3{,}95 \times 10^8$ m.

2. Réponse expliquée.
$F = \frac{GM_TM_L}{d^2} = \frac{(6{,}67\times10^{-11})(5{,}95\times10^{24})(7{,}37\times10^{22})}{(3{,}95\times10^8)^2}$. On calcule les puissances séparément : $10^{-11+24+22-16} = 10^{19}$, puis les coefficients ; on obtient $F \approx 1{,}88 \times 10^{20}$ N.

3. Réponse expliquée.
La Lune attire la Terre avec la même intensité $1{,}88 \times 10^{20}$ N, mais dans le sens opposé à la force exercée par la Terre sur la Lune.

4. Réponse expliquée.
Sur une droite Terre–Lune : au centre de la Lune, flèche vers le centre terrestre ; au centre de la Terre, flèche vers le centre lunaire. Ne pas confondre la direction (même droite) et le sens (opposé).

Exercice 7 – Poids et masse

1. Réponse expliquée.
La relation est $P = mg$ avec P en N, m en kg et g en N/kg.

2. Réponse expliquée.
$P = 2{,}5 \times 9{,}8 = 24{,}5$ N.

3. Réponse expliquée.
Le poids s'applique au centre de gravité G ; sa direction est verticale ; son sens est vers le bas ; son intensité est 24,5 N.

4. Réponse expliquée.
On isole m dans $P = mg$: $m = P/g = 49/9{,}8 = 5{,}0$ kg.

5. Réponse expliquée.
La masse représente la quantité de matière du corps dans ce modèle scolaire : elle est indépendante du lieu ; le poids change si g change. Sur la Lune, une même masse a un poids plus faible.

Exercice 8 – Variation locale de g

1. Réponse expliquée.
Pour $m = 75$ kg : au pôle Nord, $P_N = 75 \times 9{,}830 = 737{,}25$ N ; à l'équateur, $P_E = 75 \times 9{,}789 = 734{,}175$ N ; à Rabat, $P_R = 75 \times 9{,}796 = 734{,}70$ N.

2. Réponse expliquée.
Le plus grand poids est au **pôle Nord**. La différence extrême vaut $737{,}25 - 734{,}175 = 3{,}075$ N.

3. Réponse expliquée.
Non. La masse demeure 75 kg ; seule la valeur de g change avec la position géographique.

Exercice 9 – Intensité de pesanteur terrestre

1. Réponse expliquée.
$R_T = 6400\,\text{km} = 6400 \times 10^3\,\text{m} = 6{,}4 \times 10^6$ m.

2. Réponse expliquée.
Sur un objet de masse m posé à la surface, la gravitation donne $F = GM_Tm/R_T^2$. Le poids vaut $P = mg_0$. En identifiant $P = F$, on a $mg_0 = GM_Tm/R_T^2$. On divise par $m \neq 0$: $g_0 = GM_T/R_T^2$.

3. Réponse expliquée.

Dans $g_0 = GM_T/R_T^2$, la masse m du petit corps a disparu lors de la simplification. g_0 ne dépend donc pas de m dans le modèle.

4. Réponse expliquée.
$g_0 = \frac{6{,}67\times10^{-11}\times6{,}0\times10^{24}}{(6{,}4\times10^{6})^2} = \frac{40{,}02\times10^{13}}{40{,}96\times10^{12}} \approx 9{,}77\,\text{N/kg}$, proche de 9,8 N/kg.

Exercice 10 – Poids à une altitude

1. Réponse expliquée.
$R_T = 6400\,\text{km} = 6\,400\,000\,\text{m}$, $h = 1000\,\text{m}$. La distance *au centre* de la Terre est $d = R_T + h = 6\,401\,000\,\text{m} = 6{,}401 \times 10^6\,\text{m}$.

2. Réponse expliquée.
La loi est $F = \frac{GM_Tm}{(R_T+h)^2}$. On utilise $R_T + h$, et non simplement h, car la gravitation dépend de la distance entre les centres.

3. Réponse expliquée.
$F = \frac{(6{,}67\times10^{-11})(6\times10^{24})(1500)}{(6{,}401\times10^{6})^2} \approx 1{,}4648 \times 10^4\,\text{N}$. Le calcul montre que le poids est très légèrement inférieur au poids à la surface.

4. Réponse expliquée.
$g(h) = F/m \approx 14648/1500 = 9{,}765\,\text{N/kg}$. Avec les mêmes données, $g_0 \approx 9{,}771\,\text{N/kg}$; on vérifie $g(h) < g_0$ comme attendu pour une altitude positive.

Exercice 11 – Relation $g(h)$

1. Réponse expliquée.
Si $h = 0$, $g(0) = g_0(R_T/R_T)^2 = g_0 \times 1 = g_0$. Cette vérification montre que la formule correspond à la surface.

2. Réponse expliquée.
$g(1600) = 9{,}8\left(\frac{6400}{6400+1600}\right)^2 = 9{,}8(0{,}8)^2 = 6{,}272\,\text{N/kg}$. On peut garder les distances en km car le rapport utilise la même unité en haut et en bas.

3. Réponse expliquée.
$g_0/4 = g_0\left(\frac{R_T}{R_T+h}\right)^2$. On simplifie par g_0 : $1/4 = (R_T/(R_T+h))^2$. On prend la racine positive : $1/2 = R_T/(R_T+h)$. D'où $R_T + h = 2R_T$ et $h = R_T = 6400\,\text{km}$.

Problème 1 – Satellite terrestre

1. Réponse expliquée.
$r = R_T + h = 6400 + 400 = 6800\,\text{km} = 6{,}8 \times 10^6\,\text{m}$.

2. Réponse expliquée.
Point d'application : centre de masse du satellite S ; direction : droite joignant S au centre terrestre O ; sens : **vers le centre de la Terre** ; intensité calculée à la question suivante.

3. Réponse expliquée.
$F = \frac{GM_Tm}{r^2} = \frac{(6{,}67\times10^{-11})(6{,}0\times10^{24})(800)}{(6{,}8\times10^{6})^2} \approx 6{,}92 \times 10^3\,\text{N}$.

4. Réponse expliquée.
$g(h) = F/m = \frac{GM_T}{r^2} \approx 6924/800 = 8{,}65\,\text{N/kg}$.

5. Réponse expliquée.
Surface, dans le même modèle : $P_0 = mGM_T/R_T^2 \approx 800 \times 9{,}77 = 7{,}82 \times 10^3\,\text{N}$. À 400 km, $P_h \approx$

$6{,}92 \times 10^3$ N. Le rapport $P_h/P_0 = (R_T/(R_T+h))^2 \approx 0{,}886$; le poids diminue, mais ne devient pas nul.

Problème 2 – Planète fictive

1. Réponse expliquée.
$g_Y = P/m = 42/5{,}0 = 8{,}4\,\text{N/kg}$.

2. Réponse expliquée.
De $g_Y = GM_Y/R_Y^2$, on isole $M_Y = g_Y R_Y^2/G$. $M_Y = \frac{8{,}4(7{,}0\times10^6)^2}{6{,}67\times10^{-11}} \approx 6{,}17 \times 10^{24}\,\text{kg}$.

3. Réponse expliquée.
À l'altitude $h = R_Y$, la distance au centre est $2R_Y$, donc la pesanteur est divisée par 4 : $g(h) = 8{,}4/4 = 2{,}1\,\text{N/kg}$. Pour $m = 2{,}0\,\text{kg}$: $F = mg(h) = 4{,}2\,\text{N}$.

4. Réponse expliquée.
Le premier objet possède $m = 5{,}0\,\text{kg}$. À la même altitude, son poids vaut $P' = 5{,}0 \times 2{,}1 = 10{,}5\,\text{N}$.

5. Réponse expliquée.
L'altitude change le champ de gravitation et donc le poids, pas la quantité de matière. La masse reste 5,0 kg à la surface et en altitude.

Problème 3 – Distance inconnue

1. Réponse expliquée.
On part de $F = Gm_Am_B/d^2$. Multiplier par d^2, puis diviser par F : $d^2 = Gm_Am_B/F$. Prendre la racine positive : $d = \sqrt{Gm_Am_B/F}$.

2. Réponse expliquée.
$d = \sqrt{\frac{6{,}67\times10^{-11}\times500\times800}{6{,}67\times10^{-7}}} = \sqrt{40} = 6{,}32\,\text{m}$.

3. Réponse expliquée.
Pour multiplier la force par 4, on divise la distance par 2 car $F \propto 1/d^2$. Donc $d' = d/2 = 3{,}16\,\text{m}$.

4. Réponse expliquée.
La force est proportionnelle à chacune des masses. Si m_B double à distance inchangée, $F' = 2F = 1{,}334 \times 10^{-6}\,\text{N}$.

5. Réponse expliquée.
Placer A à gauche, B à droite. Tracer $\vec{F}_{B/A}$ depuis A vers B et $\vec{F}_{A/B}$ depuis B vers A. Les flèches doivent avoir la même longueur si l'on choisit une échelle commune.

Méthode à retenir

Pour réviser : Ne mémorisez pas seulement la réponse numérique : refaites les étapes et expliquez chaque formule avec vos propres mots.