

CORRIGE – TP/TD n°7 – Module 5 : Les interactions – Interaction gravitationnelle et Poids d'un objet

I) Les interactions mécaniques

- **Expérience (vidéo)** : un lanceur de marteau effectue un lancer ... (visionner la vidéo d'URL : <http://www.youtube.com/watch?v=KnHUA20WEU> notamment de 0:05 à 0:15)



Action du lanceur durant ces 2 phases :

1. Que fait le lanceur pendant ces 2 phases ?

1ère phase : Il se met à tourner sur lui-même, en saisissant et soulevant le marteau, qui s'élève dans l'air au fur et à mesure de la prise de vitesse du lanceur.

2ème phase : il lâche le marteau, qui prend son envol et semble avoir une trajectoire parabolique.

2. Pendant quelle phase peut-on dire que le lanceur est en interaction avec le marteau ?

Uniquement la première, car les 2 sont en contact indirect, via le filin d'acier et la poignée, tous deux reliés au marteau. C'est durant cette phase que le marteau est entraîné par le lanceur, mais aussi le marteau "tire" sur le bras du lanceur qui doit résister pour ne pas être entraîné vers le marteau (d'où la nécessité de tourner sur lui-même en ayant une posture presque assise, genoux fléchis ...) : le lanceur exerce une action sur le marteau, le marteau, en retour, exerce aussi une action sur le lanceur !

3. Tenter alors de compléter la définition d'une interaction (voir ci-dessous).

A retenir !

Définition d'une interaction : Une interaction est une action réciproque d'un corps sur l'autre, une action à double sens, donc ...

II) La première des interactions : l'interaction gravitationnelle

- Il existe, dans l'univers, une interaction permanente, à distance, entre tous les corps qui ont une masse, et dont l'intensité peut être calculée par la relation suivante :

A retenir !

Intensité d'interaction gravitationnelle : c'est l'intensité de l'interaction entre 2 corps de masse respective m_1 et m_2 , séparés par une distance d_{1-2} . On la note $F_{1/2}$ et :

$$F_{1/2} = G.m_1.m_2 / d_{1-2}^2$$

avec : G : constante gravitationnelle ($= 6,67.10^{-11}$); m_1 et m_2 : masse (kg);

d_{1-2} : distance entre les centres G1 et G2 des 2 corps 1 et 2 (m) ;

$F_{1/2}$: intensité de l'interaction (en Newton, noté N)

- Le marteau qui tourne autour du lanceur avant qu'il le lâche est comparable aux **planètes** qui tournent autour du **Soleil** . Les **planètes**, par contre restent sur leur orbite : cela signifie que :

L'interaction gravitationnelle entre les **planètes** et le **Soleil** s'exerce tout le temps et partout dans l'espace .

4. Comment évolue l'intensité de cette interaction gravitationnelle si la distance séparant les 2 corps augmente ? Justifier.

Dans la formule précédente, la distance (au carré) étant au dénominateur, si elle augmente, alors la force gravitationnelle, elle, diminue !

5. Même question si on double les masses des 2 corps respectifs ?

Les masses étant au numérateur, si les masses doublent toutes les 2, alors la force gravitationnelle sera multipliée par 4.

6. Compléter alors l'encadré ci-dessous :

A retenir !

1. L'interaction existant entre tous les corps massiques est l'interaction gravitationnelle.
2. Cette interaction existe entre 2 objets si ceux ci ont une **masse** .
3. Cette interaction existe dans tout l'univers (galaxies, systèmes stellaires jusqu'au niveau des **atomes**).
4. Un corps exerce sur un autre corps une action d'autant plus **grande** que sa masse (kg) est **grande** .
5. Cette interaction dépend de la distance, elle est d'autant plus **petite** que la **distance** entre les 2 corps est **grande** .

7. Calculer l'intensité de cette interaction gravitationnelle entre la Terre de masse $m_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ et le lanceur de marteau de masse 115 kg , situé à la surface terrestre (on précise que le rayon terrestre est de $R_T = 6370 \text{ km}$).

$$\begin{aligned} F_{TL} &= G \cdot m_T \cdot m_L / d_{TL}^2 \\ &= (6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} \cdot 115) / (6370 \cdot 10^3)^2 \\ &= 1128 \text{ N} \end{aligned}$$

8. Mêmes questions pour l'intensité gravitationnelle entre ce même lanceur et le marteau de 5 kg , lorsqu'il le lance, à bout de bras, de longueur 70 cm .

$$\begin{aligned} F_{ML} &= G \cdot m_M \cdot m_L / d_{LM}^2 \\ &= (6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5 \cdot 115) / (0,70)^2 \\ &= 7,82 \cdot 10^{-8} \text{ N} = 7,82 \cdot 10^1 \text{ nN} \end{aligned}$$

9. Calculer le rapport entre l'interaction Terre-Lanceur et Marteau-Lanceur.

$$(1128 / 7,8 \cdot 10^{-8}) = 1,45 \cdot 10^{10} = 14,5 \text{ milliards !}$$

En conclusion, la Terre attire le lanceur 14,5 milliards plus fort que le marteau ...

10. Conclure, en argumentant, sur le fait que sur Terre, on peut s'autoriser à dire que seule la Terre nous attire.

La force gravitationnelle est bien largement supérieure à la force d'attraction que les objets exercent autour de nous ... ! On peut les négliger, et d'ailleurs on ne les ressent pas !

11. Pourquoi peut-on dire que cette interaction gravitationnelle est une interaction "à distance" ?

Car la terre nous attire, par exemple, sans qu'on ait de contact avec elle : par exemple, lorsqu'on saute "en l'air", on n'est pas en contact avec elle, et pourtant, elle nous attire, ce qui fait qu'on finit par retomber au sol ...

12. Attire-t-on la Terre ? Justifier.

C'est une interaction, donc oui, nous attirons la Terre aussi, avec la même force, car la formule marche dans les 2 sens : $F_{TL} = G.m_T.m_L / d_{TL}^2 = G.m_L.m_T / d_{LT}^2 = F_{LT}$

Remarque : en revanche, cette force, la même exercée, par la terre sur nous, et nous sur la terre, n'est pas suffisante pour "déstabiliser" la terre, bien trop massive, mais suffisante pour avoir un effet sur nous, bien plus léger ...

III) L'interaction gravitationnelle sur Terre : le poids d'un objet

- Plutôt que de s'intéresser dans un premier temps à ce qui se passe dans l'univers et le macrocosme, on s'intéresse à ce qui se passe sur Terre.
- On peut alors exprimer plus simplement la force d'interaction gravitationnelle dans le cas de l'attraction de la Terre sur un objet quelconque situé à son voisinage ... on appelle alors cette force attractive : le poids.

Le Poids : c'est une force qui est exercée par la **force** sur un objet et possède donc une unité : le **Newton (N)**.

!!!!!! ... A NE PAS CONFONDRE avec !!!!!

La Masse : c'est une grandeur qui a pour unité (S.I : Système International) le kilogramme, qui est simplement une grandeur qui représente l'ensemble de la matière qui le constitue !



- A la surface Terrestre, le poids d'un corps se calcule très facilement grâce à la relation suivante :

A retenir !

Poids d'un corps : un corps de masse m situé sur Terre subit de la part de la Terre une attraction d'intensité :

$$P = m \cdot g$$

avec : P : poids de l'objet (force attractive exercée par la Terre) (en N);

m : masse de l'objet (kg); g : intensité de la pesanteur (= $9,81 N/kg$)

13. Calculer le poids du lanceur de marteau sur Terre.

$$P = m \cdot g = 115 \cdot 9,81 = 1128 N.$$

14. Comparer cette valeur avec celle trouvée à la question 8/9. Conclure.

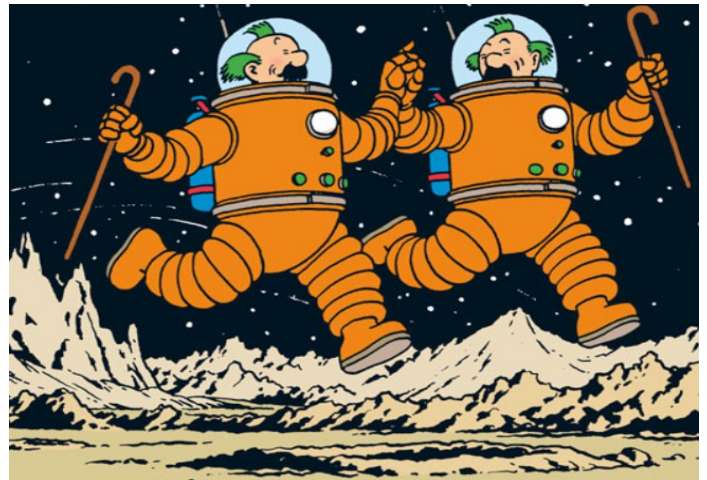
On retrouve la même valeur, car le poids est la force attractive d'origine gravitationnelle qu'exerce la terre sur un corps de masse m , donc, on peut utiliser la formule du poids uniquement à la surface terrestre, alors que la 1ère formule peut être utilisée dans tout l'univers !

BONUS

- En fait, l'intensité de la pesanteur n'est pas la même partout, la valeur de $9,81 \text{ N/kg}$ n'est à peu près constante qu'à la surface terrestre ...
- Sa valeur peut être calculée n'importe où, sur Terre ou même sur d'autres corps célestes par la formule :

$$g(h) = G.M_{cc} / (R_{cc} + h)^2$$

avec : M_{cc} : masse du corps céleste (en kg), *Extrait de Tintin "On a marché sur la Lune"*
 R_{cc} : rayon du corps céleste (en m),
 h : altitude au voisinage de ce corps céleste (en m),
 G : constante gravitationnelle universelle ($=6,67.10^{-11}$)



15. Calculer l'intensité de la pesanteur lorsqu'on se trouve au sommet de l'Himalaya (point culminant terrestre, à 8848 m) puis conclure.

$$g(8848) = G.m_T / (R_T + h)^2 = 6,67.10^{-11} * 5,97.10^{24} / (6370.10^3 + 8848)^2 = 9,79 \text{ N/kg}$$

C'est donc très peu différent des $9,81$ habituellement pris dans les calculs (différence de $0,02$, ce qui représente un écart de $0,02/9,81 * 100\% = 0,2\%$, c'est très peu !). On peut donc, en tout point de la Terre, prendre cette valeur de $9,81$ sans faire de grande erreur de calcul ...

16. Calculer l'intensité de la pesanteur lunaire g_L , sachant que la masse lunaire est de : $m_L = 7,342.10^{22} \text{ kg}$ et son rayon : 1737 km .

En reprenant la formule précédente donnant l'intensité de la pesanteur terrestre, mais en substituant la masse de la Lune à celle de la Terre, on obtient :

$$g_L = (G.M_L / R_L^2) = (6,67.10^{-11} * 7,342.10^{22} / (1737.10^3)^2) = 1,62 \text{ N/kg}$$

17. Tenter d'expliquer les bonds des Dupondt sur la Lune.

Etant sur la Lune et donc bien moins "attirés" que sur Terre, si on garde une musculature humaine terrestre, alors chaque effort de saut (commandé par le cerveau et exécuté par les muscles) est trop grand pour la Lune : le saut exécuté sera bien plus efficient que sur Terre ... En revanche on comprend aussi pourquoi en apesanteur (ou en tous cas bien moindre), les muscles du squelette ont tendance à s'atrophier : les efforts à réaliser étant presque réduits à néant, maintenir les muscles par le corps n'est plus nécessaires ... Les spationautes doivent donc artificiellement s'entretenir pour ne pas

perdre trop de leur masse musculaire, afin de revenir sur Terre dans les meilleures conditions.