LYCEE TECHNIQUE
SEYDINA LIMAMOU LAYE
Guédiawaye - Dakar

*Année scolaire: 2019-2020*
*Cellule de Sciences Physiques*
*Classe: TS2*

# SERIE D'EXERCICES SUR $P_4$ : GRAVITATION UNIVERSELLE

## EXERCICE 1:

La constante de gravitation universelle est $G = 6{,}67.10^{-11}$ S.I.

On considère une planète P de masse M. Le mouvement de l'un de ses satellites S, assimilé à un point matériel de masse m, est étudié dans un référentiel considéré comme galiléen, muni d'un repère dont l'origine coïncide avec le centre O de la planète P et les trois axes dirigés vers trois étoiles fixes.

On admet que la planète a une distribution de masse à symétrie sphérique et que l'orbite de son satellite est un cercle de centre O et de rayon r.

1/ Donner les caractéristiques de la force de gravitation exercée par la planète P sur le satellite S. Faire un schéma.

2/ Donner l'expression du vecteur champ de gravitation créé par la planète P au point où se trouve le satellite S. Représenter ce vecteur champ sur le schéma précédent.

3/ Déterminer la nature du mouvement du satellite S dans le référentiel d'étude précisé.

4/ Exprimer le module de la vitesse linéaire v et la période de révolution T du satellite S en fonction de la constante de gravitation G, du rayon r de la trajectoire du satellite et de la masse M de la planète P.

Montrer que le rapport $\frac{T^2}{r^3}$ est une constante.

5/ Sachant que l'orbite du satellite S a un rayon r = 185 500 km et que sa période de révolution vaut T = 22,6heures, déterminer la masse M de la planète P.

6/ Un autre satellite S' de la planète P a une période de révolution T' = 108.4 heures. Déterminer le rayon r' de son orbite.

## EXERCICE 2:

Un satellite supposé ponctuel, de masse m, décrit une orbite circulaire d'altitude h autour de la Terre assimilée à une sphère de rayon $R_T$. On fera l'étude dans un référentiel géocentrique considéré comme galiléen.

1/ Etablir l'expression de la valeur g du vecteur champ de gravitation à l'altitude h en fonction de sa valeur $g_0$ au niveau du sol, de $R_T$ et de h.

2/ Déterminer l'expression de la vitesse $v_S$ du satellite, celle de sa période T et celle de son énergie cinétique Ec. AN: **$m_S = 1020$ kg, $R_T = 6400$ km, h = 400 km, $g_0 = 9{,}8$ m.s$^{-2}$**

3/ L'énergie potentielle du satellite dans le champ de pesanteur à l'altitude h est donnée par la relation:

$$Ep = -\frac{G M_T m_S}{R_T + h};$$

Relation où G est la constante de gravitation et $M_T$ la masse de la Terre et en convenant que Ep = 0 pour h = ∞.

Justifier le signe négatif et exprimer Ep en fonction de $m_S$, $g_0$, $R_T$ et h.

Déterminer l'expression de l'énergie mécanique E du satellite puis comparer Ep à Ec et E à Ec.

4/ On fournit au satellite un supplément d'énergie E = + $5.10^8$ J. Il prend alors une nouvelle orbite circulaire. En utilisant les résultats du 3, déterminer:

a/ Sa nouvelle énergie cinétique et sa vitesse,

b/ Sa nouvelle énergie potentielle et son altitude.

## EXERCICE 3:

Les satellites géostationnaires sont utilisés, entre autres, en télécommunication, en météorologie et dans le domaine militaire. Ils ont pour rôle de recevoir et de réémettre, vers une zone couvrant une partie de la surface terrestre, des signaux électromagnétiques.

Dans cet exercice, on se propose d'étudier le mouvement circulaire d'un satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique supposé galiléen et de déterminer la fraction de la surface terrestre couverte par le faisceau électromagnétique envoyé par un tel satellite.

1/ Enoncer la loi de gravitation universelle puis donner, schéma à l'appui, sa formulation vectorielle.

2/ En déduire l'expression vectorielle du champ de gravitation terrestre $\mathcal{G}$ à l'altitude h.

Etablir alors l'expression de $\mathcal{G}$ en fonction de sa valeur $\mathcal{G}_0$ au sol, de l'altitude h et du rayon R de la Terre.

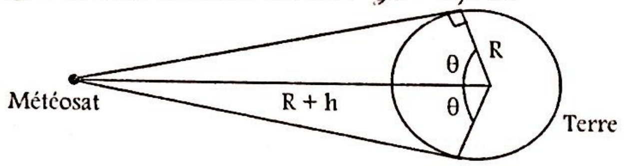
3/ Montrer que le mouvement du satellite géostationnaire est uniforme.

4/ Etablir, en fonction de $\mathcal{G}_0$, R et h, l'expression de la vitesse v du satellite sur son orbite et celle de sa période T.

5/ a/ Qu'appelle-t-on satellite géostationnaire ?

b/ Montrer, par un calcul, que l'altitude du satellite géostationnaire vaut h = $3{,}58.10^4$ km.

6/ Météosat-8 est un de ces satellites géostationnaires.
a/ Calculer la fraction de la surface terrestre couverte par le faisceau électromagnétique envoyé par Météosat-8.
b/ Dire si les observations faites par Météosat-8 concernent toujours la même zone de la Terre ou non.
***On donne :***
▶ La surface S de la calotte sphérique de rayon R, vue sous l'angle 2θ depuis le centre de la Terre est donnée par: $S = 2\pi R^2(1 - \cos\theta)$.
▶ Rayon terrestre R = 6400 km; période de rotation de la Terre sur elle-même $T_T = 8{,}6.10^4$ s
▶ Valeur du champ de gravitation terrestre au sol : $\mathcal{G}_0 = 9{,}8$ S.I




**EXERCICE 4:**

**Les questions 1et 2 sont indépendantes**

1/ Soit un satellite de masse m se trouvant à une distance $d_1$ du centre de la terre et à une distance $d_2$ du centre du soleil.
a/ Représenter les forces auxquelles il est soumis sur un axe joignant les centres de la terre et du soleil.
b/ Au point d'équigravité, les attractions de le terre et du soleil sont égales. Calculer en ce point la distance $d_2$ qui sépare le satellite du soleil.
**On donne: m = 2t ; $R_T$ = 6400km ; $M_T = 610^{24}$kg ; Go =9,8m/s² ; distance terre-soleil d = $150.10^6$ km ; M (soleil) = $2.10^{30}$kg.**
2/ Un satellite tourne autour de la Terre, sur une orbite circulaire de rayon r, dans le plan équatorial terrestre. La Terre est supposée à symétrie sphérique.
Etablir l'expression de l'intervalle de temps Δt sépare deux passages consécutifs à la verticale d'un point donné de l'équateur en fonction de $T_T$ (période de la terre) et $T_S$ (période du satellite):
a/ Lorsque le sateilite se déplaçant dans le même sens de rotation que la terre.
b/ Lorsque le satellite se déplaçant dans le sens opposé de rotation que la terre.

**EXERCICE 5**

La terre est assimilable à une sphère homogène de centre O, de masse M et de rayon R. Le champ de gravitation créé par la terre en tout point A de l'espace situé à une distance r du point O est: $\vec{g} = -\frac{GM}{r^2}\vec{u}$;

relation où G la constante de gravitation universelle et $\vec{u} = \frac{\overrightarrow{OA}}{OA}$

1/ Un satellite S de masse m décrit d'un mouvement uniforme une orbite circulaire de rayon r autour de la terre.
Le mouvement est rapporté au repère géocentrique et on suppose que S est soumis à la seule action du champ de gravitation terrestre.
a/ Exprimer la vitesse v de S en fonction de l'intensité $g_0$ du champ de gravitation au sol, de R et de r.
b/ Déduire l'expression de la période T du mouvement. Calculer T.
**A.N: R = 6400 km ; r = 8000 km ; $g_0$ = 9,8 m.s⁻².**

2/ A partir du travail élémentaire $dw = \vec{f}.\overrightarrow{dr}$ de la force de gravitation exercée par la terre sur le satellite, montrer que le travail de $\vec{f}$, lors de son déplacement du sol jusqu'à l'ordre de rayon r est donné par: $W = mg_0R^2(\frac{1}{r} - \frac{1}{R})$.

3/ En déduire l'expression de l'énergie potentielle du système terre - satellite en fonction de $g_0$, m, r et R. On choisira le niveau du sol comme état de référence pour l'énergie potentielle.
4/ Exprimer l'énergie cinétique de S en fonction de m, $g_0$, r et R. Déduire l'expression de l'énergie mécanique totale.
5/ Il se produit une très faible variation dr du rayon, telle que la trajectoire puisse toujours être comme circulaire. Exprimer la variation dv de la vitesse qui en résulte et montrer que $dv = -\frac{\pi}{T}dr$