TRAVAUX DIRIGES DE PHYSIQUES : INTERACTION GRAVITATIONNELLE.

EXERCICE 1 :3ème loi de Kepler

1. Jupiter, comme la terre sont des planètes du système solaire. Elles tournent autour du soleil de masse M_S sur des orbites quasiment circulaires de rayons R_S et R_T.

La force responsable de ses mouvements est la force de gravitation universelle d'intensité : $F = G\frac{m_1\,m_2}{d_{12}^2}$ (1)

Que représente G, m_1, m_2 et d_{12} dans la formule (1) ?

Quel est le référentiel utilisé pour fournir les données du tableau (A) ?

	Période T en jours	Rayon de l'orbite en 10^6 km
Terre	$T_T = 365$	$R_T = 150$
Jupiter	$T_J = 4333$	R_J

Tableau (A)

Dans ce référentiel établir l'expression de la période T_T du mouvement de la terre sur son orbite en fonction de G, M_S et R_T. Calculer la valeur du rapport $\frac{T_T^2}{R_T^3}$. Ecrire l'expression de la période T_J du mouvement de Jupiter sur son orbite en fonction de G, M_S et R_J. En déduire la valeur de R_J.

2. Jupiter possède des satellites qui tournent autours d'elle sur des orbites considérées comme circulaires de rayon r.
Données :

	IO	EUROPE	GANYMEDE	CALLISTO
Période T en heures	42,5	85,2	172	400
Rayon de l'orbite r (10^6 kilomètres)	0,42	0,67	1,07	1,88
T^2 (10^{11} s^2)	0,23	0,94	3,8	20,64
r^3 (10^{26} m^3)	0,74	3	12,2	66,4

Tableau (B)

2.1 Quel est le référentiel utilisé pour fournir les données du tableau (B) ?

2.2 Dans ce référentiel, donner l'expression littérale de la période d'un satellite en fonction de G, M_J (masse de Jupiter) et de r.

2.3 Représenter le graphe donnant les variations de T^2 en fonction de r^3.

Echelle : 1 cm $\leftrightarrow 10^{11}$ s^2 ; 1 cm $\leftrightarrow 4.10^{26}$ m^3.

2.4 Utiliser le graphe pour calculer la masse de Jupiter.

On donne : $G = 6{,}67.10^{-11}$SI.

EXERCICE 2

La lune satellite de la terre

1. On considère un système dont le centre est animé d'un mouvement circulaire uniforme. Donner la ou les lettres correspondant aux affirmations correctes, dans la liste suivante :

La somme des forces extérieures appliquées à ce système peut être représentée par un vecteur :
a. constant, b. de vecteur constante, c. normal de la trajectoire, d. colinéaire au vecteur- vitesse

2. Etude d'un satellite de la terre.

2.1 Un satellite tourne au dessus de la terre à une attitude h, d'un mouvement circulaire uniforme.

2.1.1 Quel est le centre de la trajectoire ?

2.1.2 Représenter sur un schéma la (ou les) force(s) s'exerçant sur le satellite.

2.1.3 Déterminer l'accélération du mouvement du centre d'inertie du satellite en fonction de :
g_o : intensité de la pesanteur à la surface de la terre, R_T : le rayon de la terre et h.

2.1.4 Etablir la relation $T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T+h)^3}{g_0\,R_T^2}}$ donnant la période de révolution en fonction de l'attitude h.

2.2 Cas de la Lune.

L'observation de la Lune indique que la période de révolution autour de la terre vaut : $T_L = 27{,}3$ jours.

2.2.1 Vérifier que la distance Terre-Lune est égale $d_{TL} = 384.10^3$ km

2.2.2 Déterminer la force que la terre exerce sur la lune.

3. La loi de gravitation universelle s'écrit $F = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$. Donner la signification de chacun des termes de cette formule.

Données: $R_T = 6,4.10^3$ km, $d_{TL} = 384.10^3$ km, $g_o = .9,8$ m.s^{-2}, $M_L = 7,35.10^{22}$ kg.

EXERCICE 3

La Terre est assimilée à une sphère de rayon R_T et de masse M_T. Elle possède une répartition de masse à symétrie sphérique. On suppose galiléen, le repère géocentrique dont l'origine coïncide avec le centre de la Terre et dont les axes ont une direction fixe par rapport aux étoiles.

1. Deux corps sphériques de masses m_1 et m_2, dont les centres sont distants de r exercent l'un sur l'autre des forces d'attraction ayant pour intensité : $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ .G est la constante de gravitation universelle.

1.1

1.1.1 Ecrire l'expression de l'intensité F_0 de force que la Terre exerce sur un corps ponctuel de masse m = 1 kg placé à sa surface.

1.1.2

a) Déduire de la question 1.1.1, l'expression de la masse M_T de la Terre en fonction de g_o, R_T et G.

b) Calculer M_T. On donne : G = $6,67.10^{-11}$ S.I. ; g_o = 9,8 m.s-2 ; R_T = 6370 km. Montrer qu'à l'attitude h au-dessus de la Terre, l'intensité du champ de gravitation est donnée par la relation : $g = g_0\frac{R_T^2}{(R_T+h)^2}$

g_o est l'intensité du champ de gravitation terrestre au niveau sol.

2. Un satellite assimilé à un point matériel décrit une orbite circulaire dont le centre est confondu avec celui de la Terre. Il est à l'attitude h.

2.1 Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.

2.2 Etablir en fonction de g_o, R_T et h, l'expression de :

2.2.1 la vitesse v du satellite ; 2.2.2 la période T du satellite ;

2.3 Calculer v et T.

2.4 On pose r = R_T + h.

2.4.1 Montrer que le rapport $\frac{T^2}{r^3}$ est égal à une constante. C'est la 3è loi de Kepler.

2.4.2 Exprimer le rapport $\frac{T^2}{r^3}$ en fonction de M_T et G.

2.4.3 Calculer la masse M_T de la Terre. Cette valeur est-elle compatible avec celle de la question 1.1.2 ?

On donne : h = 300 km.

EXERCICE 4

On désigne par R le rayon de la terre, supposée sphérique et homogène ; M la masse de la terre ; G la constante de gravitation universelle ; h l'altitude.

1.
   1.1 Enoncer la loi d'attraction universelle.
   1.2 A partir de la loi d'attraction universelle, établir l'expression de l'intensité du champ de gravitation terrestre **G** en fonction de G, M, R et h.
   1.3 Quelle est l'expression de l'intensité du vecteur champ de gravitation terrestre $\mathbf{G}_0$ au sol ? En déduire que $\mathbf{G} = \mathbf{G}_0 \frac{R_T^2}{(R_T+h)^2}$
2. La navette spatiale Columbia a été placée sur une orbite circulaire à l'altitude h = 250 km. Etablir dans un repère géocentrique, les expressions de vitesse V de ce satellite et de sa période de révolution T en fonction de, R et h. Application numérique : R= 6370 km ; $\mathbf{G}_0$ = 9,81 m..s^{-2}.
3. Le plan de l'orbite de Columbia passait de 28 novembre 1983 par Cherbourg et Nice. Ces deux villes sont distantes de 940 km. On néglige la rotation terrestre. Calculer l'intervalle de temps séparant les passages de Columbia au dessus de ces deux villes.

EXERCICE 5

On considère, dans un référentiel géocentrique, un satellite S de masse m gravitant autour de la Terre d'un mouvement uniforme sur une orbite supposée circulaire de rayon r et située dans un plan sensiblement équatorial.

1. On utilisera la valeur g_0 de l'intensité de la pesanteur sur la Terre supposée sphérique, de rayon R et de masse M. En utilisant la loi d'attraction universelle, exprimer la vitesse angulaire ω_S de S en fonction de r, g_0 et R.
2. Application numérique : Calculer ω_S ainsi que la période T_S avec les valeurs approchées suivantes : R = $6,40.10^6$ m ; g_0 = 9,81 N.kg^{-1} ; r = $3,85.10^8$ m (résultats avec trois chiffres significatifs).
3. Compte tenu de la vitesse angulaire de rotation de la Terre sur elle-même que l'on calculera, verra-t-on, de la Terre, le satellite S se déplacer vers l'Est ou vers l'Ouest ? Justifier votre réponse.
4. Calculer l'accélération « a » subie par le satellite dans son mouvement orbital. En déduire la masse du satellite m si la force attractive terrestre F vaut environ 2.10^{20} N.
5. Connaissez-vous déjà ce satellite par d'autres sources d'informations (presse, télévision, etc.) ?