Satellites et planètes

I- Les trois lois de Kepler :

En astronomie, les lois de Kepler décrivent les propriétés principales du mouvement des planètes autour du Soleil.
Les deux premières lois de Kepler sont publiées en 1609 et la troisième en 1618.
En 1687, s'appuyant sur les travaux de Galilée, Kepler et Huygens, Isaac Newton découvre la loi de la gravitation qui lui permet d'expliquer les trois lois de Kepler.

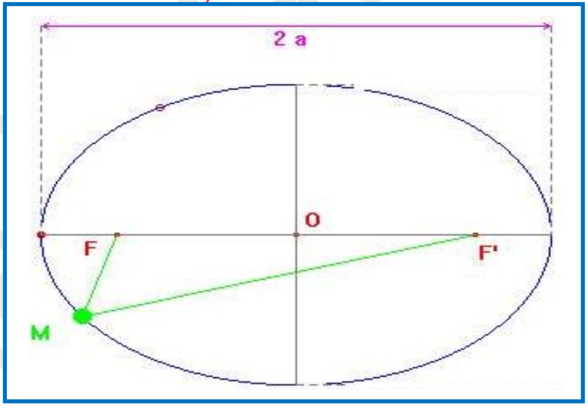
1) Première loi de Kepler : Loi des orbites ;

***) Caractéristiques d'une ellipse :**

L'ellipse est une courbe plane caractérisée par la relation : $MF + MF' = 2a$

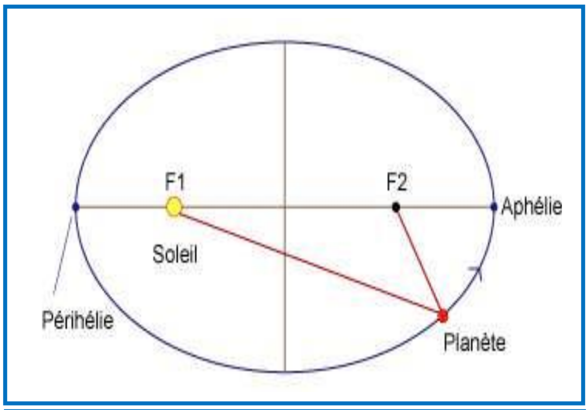
Avec :

- ✓ F *et* F' *sont les foyers de l'ellipse ;*
- ✓ M *un point de la courbe de l'ellipse ;*
- ✓ $2a$ *la longueur du grand axe*



***) Enoncé de la loi :**

« Dans le référentiel héliocentrique, la trajectoire du centre d'une planète est une ellipse dont l'un des foyers est le centre du soleil ».

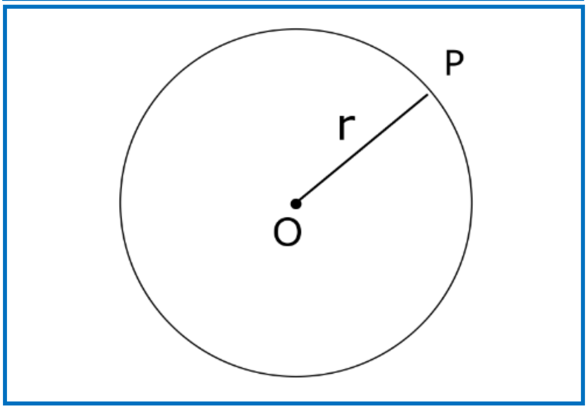


Remarque :

Le cercle est une ellipse particulière dont les deux foyers sont confondus en un point qui est le centre O du cercle.

$2a = 2r = d$

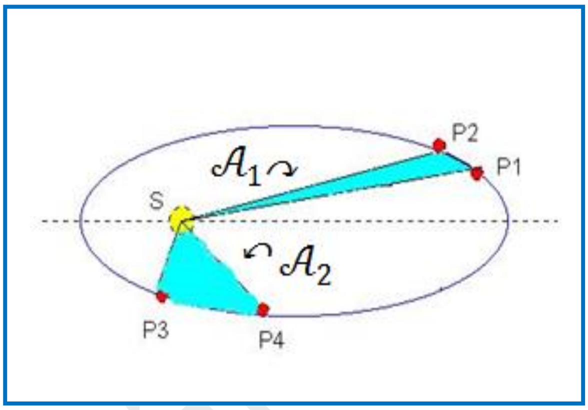
$\Longrightarrow a = r$



2) Deuxième loi de Kepler : Loi des aires ;

*) Enoncé de la loi :

Le segment de droite $[SP]$ qui relie le centre du soleil au centre de la planète balaie des aires égales pendant des durées égales.



*) Conséquence :

Durant Δt, le centre P de la planète parcoure la distance $\widehat{P_1P_2}$, et durant la même durée Δt le centre P parcoure la distance $\widehat{P_3P_4}$;

On d'après le schéma :

$$\mathcal{A}_1 = \mathcal{A}_2 \Longrightarrow \widehat{P_1P_2} < \widehat{P_3P_4}$$

Donc : $\frac{\widehat{P_1P_2}}{\Delta t} < \frac{\widehat{P_3P_4}}{\Delta t}$ *c.à.d. que :* $v_{P_1 \to P_2} < v_{P_3 \to P_4}$

$\Longrightarrow$ *Cette loi montre que la vitesse d'une planète est plus grande lorsqu'elle est plus proche du soleil.*

Remarque :

Dans le cas d'une orbite circulaire la vitesse de la planète est constante et dans ce cas la planète est en mouvement circulaire uniforme

3) Troisième loi de Kepler : Loi des périodes ;

*) Enoncé de la loi :

*Le carré de la période de révolution T d'une planète autour du soleil est proportionnel au cube de la longueur **a** du demi-grand axe de son orbite :*

$$\frac{T^2}{a^3} = k$$

K : est une constante qui dépend de l'astre attracteur $(s^2.m^{-3})$.

La période de révolution d'une planète ; c'est la durée nécessaire pour que la planète effectue un tour complet sur son orbite.

Remarque :

- ✓ *La valeur de la constante k est la même pour différentes planètes en révolutions autour du soleil.*
- ✓ *Pour les planètes d'orbites considérées circulaires de rayon r, la 3ème loi de Kepler s'écrit :*

$$\frac{T^2}{r^3} = k$$

- *Les lois de Kepler s'appliquent aussi aux satellites par rapport à ces planètes*
- *Pour les satellites de la terre, d'orbites considérées circulaires de rayon r, la 3ème loi de Kepler s'écrit :*

$$\frac{T^2}{r^3} = k'$$

k' *est la même pour les différentes satellites en révolutions autour de la Terre.*

4) Les lois de Kepler dans le cas d'une orbite circulaire :

1ère loi de Kepler :

Dans le référentiel héliocentrique, la trajectoire du centre d'une planète est un cercle dont le centre est le centre du soleil.

2ème loi de Kepler :

La vitesse de la planète est constante et dans ce cas la planète est en mouvement circulaire uniforme ;

3ème loi de Kepler :

*Le carré de la période de révolution T d'une planète autour du soleil est proportionnel au cube du rayon **r** de son orbite :*

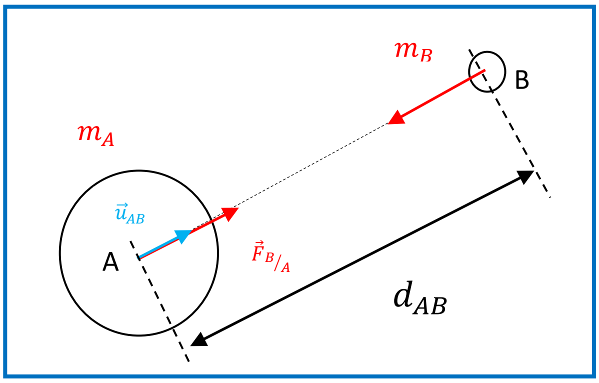
$$\frac{T^2}{r^3} = k$$

II- Mouvement orbital des planètes :

1) Loi de la gravitation universelle (Rappel). (énoncée par Newton en 1687)

Deux corps A et B de masse m_A et m_B éloignés par une distance d_{AB} exercent l'un sur l'autre des forces attractives dites forces d'attraction gravitationnelle, données par :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = -G.\frac{m_A.m_B}{{d_{AB}}^2}.\vec{u}_{AB}$$



$G = 6{,}67.10^{-11} N.m^2.Kg^{-2}$ *: constante de gravitation universelle.*

2) Mouvement orbital des planètes :

But : *Vérifions que, du fait des forces d'attraction universelle, une planète peut avoir un mouvement circulaire uniforme autour du soleil et déterminons les caractéristiques de son mouvement.*

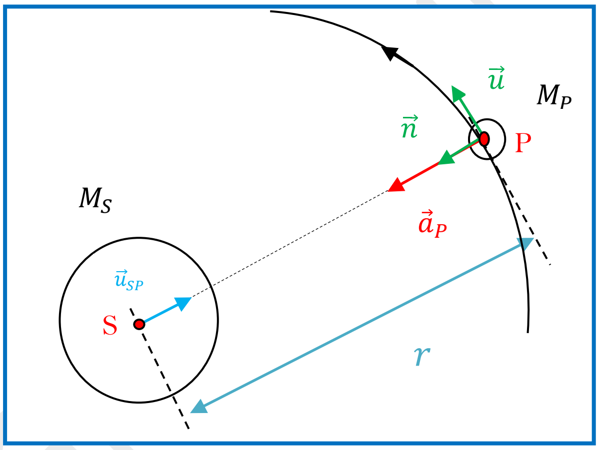
- *Considérons une planète, de centre P est de masse M_p, en mouvement circulaire de rayon r autour du soleil, de centre S et de masse M_s.*

a- Le vecteur accélération $\vec{a}_p$:

→ *Bilan de forces :*

∗) Le système étudie : {la planète}.

- $\vec{F}_{S/P}$: *la force exercée par le soleil sur la planète ;*



→ *Appliquant la deuxième loi de Newton :*

$$\sum \vec{F}_{ext} = M_p.\vec{a}_P$$

$$\Longrightarrow \vec{F}_{S/P} = M_p.\vec{a}_P \ ;$$

et on sait que : $\vec{F}_{S/P} = -G.\dfrac{M_S.M_p}{r^2}.\vec{u}_{SP}$

donc : $-G.\dfrac{M_S.M_p}{r^2}.\vec{u}_{SP} = M_p.\vec{a}_P$

d'où : $\vec{a}_P = -G.\dfrac{M_s}{r^2}.\vec{u}_{SP}.$

b- Les deux coordonnées a_T et a_N dans la base de Frenet :

On a : $\vec{a}_P = -G.\dfrac{M_s}{r^2}.\vec{u}_{SP}$

$\Longrightarrow$ $\vec{a}_P$ *est un vecteur centripète ($\vec{a}_P$ dirigé vers le centre attracteur) ; (figure ci-dessus)*

Donc : $a_T = 0$ (1)

$$\Longrightarrow \vec{a}_P = a_N.\vec{n} = \frac{{v_P}^2}{r}.\vec{n}$$

et on a : $\vec{a}_P = -G.\dfrac{M_s}{r^2}.\vec{u}_{SP}$

Donc : $a_N = \dfrac{{v_P}^2}{r} = G.\dfrac{M_s}{r^2}$ (2)

c- Nature du mouvement :

Montrons que le mouvement de la planète est circulaire uniforme :

On a d'après la relation (1) : $a_T = \dfrac{dv_P}{dt} = 0$

$\Longrightarrow v_p = Cte$

Donc le mouvement de la planète est uniforme ;

Et comme le mouvement de la planète est circulaire, alors le mouvement de la planète est circulaire uniforme.

d- La période de révolution T :

La période T de révolution est la durée de parcours d'une circonférence de longueur $2\pi r$ à la vitesse v :

$$\boxed{T = \frac{2\pi r}{v}}$$

On a d'après la relation (2) : $v_p = \sqrt{\frac{GM_S}{r}}$

Donc : $T = 2\pi r.\sqrt{\frac{r}{GM_S}}$ *soit aussi :* $T = 2\pi.\sqrt{\frac{r^3}{GM_S}}$

__Remarque :__

On a : $T = 2\pi.\sqrt{\frac{r^3}{GM_S}} \quad \Longrightarrow \quad T^2 = 4\pi^2.\frac{r^3}{GM_S}$

donc: $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S} = Cte = k$ (*la 3ème loi de Kepler*)

- ✓ *Le rapport* $\frac{T^2}{r^3}$ *est constant est indépendant de la masse de la planète étudiée, et dépend de la masse* M_S *de l'astre attracteur ;*
  $\Longrightarrow$ *On retrouve la troisième loi de Kepler pour une planète en mouvement circulaire uniforme autour du soleil ;*
- ✓ *La connaissance de* T *et de* r *pour une planète permet alors de calculer la masse du soleil.*

__Application n°1__ : Exercice n° 1 ; Série n°12

On considère que l'orbite de la Terre autour du soleil est circulaire de rayon r et de période $3,16.10^7 s$ *environ.*

1- *Quel est le référentiel adéquat pour décrire de tel mouvement ?*

2- *En appliquant la 2ème loi de Newton :*

2.1- *Déterminer l'expression du vecteur accélération* $\vec{a}_{Terre}$ *du centre T de la Terre dans le référentiel d'étude.*

2.2- *Déterminer les deux coordonnées* a_T *et* a_N *du vecteur accélération* $\vec{a}_{Terre}$ *dans la base de Frenet.*

2.3- *Déduire la nature du mouvement .*

2.4- *Trouver la relation exprimant la loi des périodes de Kepler*

2.5- *Calculer la masse du soleil.*

2.6- *Calculer la vitesse* v_T *de la Terre autour du soleil.*

On donne :

- $G = 6,67.10^{-11} N.m^2.Kg^{-2}$ *: constante de gravitation universelle;*

- La distance Terre-Soleil : $r = 150.10^6 Km$

Réponse : ....(Voir le tableau).............

1- Le référentiel adéquat pour décrire de tel mouvement est le référentiel héliocentrique.

2-

2.1-

→ Bilan de forces :

*) Le système étudie : $\{la\ Terre\}$.

- $\vec{F}_{S/Terre}$: la force exercée par le soleil sur la Terre ;

→Appliquant la deuxième loi de Newton :

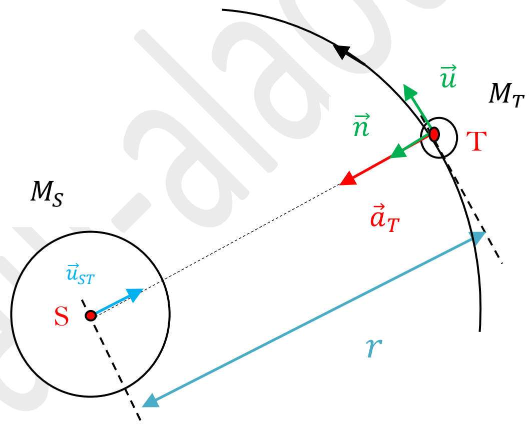
$$\sum \vec{F}_{ext} = M_T.\vec{a}_{Terre}$$

$\Longrightarrow \vec{F}_{S/Terre} = M_T.\vec{a}_{Terre}$;

et on sait que : $\vec{F}_{S/Terre} = -G.\frac{M_S.M_T}{r^2}.\vec{u}_{ST}$

donc : $-G.\frac{M_S.M_T}{r^2}.\vec{u}_{SP} = M_T.\vec{a}_{Terre}$

d'où : $\vec{a}_{Terre} = -G.\frac{M_S}{r^2}.\vec{u}_{ST}$



2.2- On a : $\vec{a}_{Terre} = -G.\frac{M_S}{r^2}.\vec{u}_{ST}$

$\Longrightarrow$ $\vec{a}_{Terre}$ est un vecteur centripète c.à.d. que : $\vec{a}_{Terre} \perp \vec{u}$

Donc : $a_T = 0$ (1)

$\Longrightarrow$ $\vec{a}_{Terre} = a_N.\vec{n} = \frac{{v_T}^2}{r}.\vec{n}$

et on a : $\vec{a}_{Terre} = -G.\frac{M_S}{r^2}.\vec{u}_{ST}$

Donc : $a_N = \frac{{v_T}^2}{r} = G.\frac{M_S}{r^2}$ (2)

2.3- On a d'après la relation (1) : $a_T = \frac{dv_T}{dt} = 0$

$\Longrightarrow v_T = Cte$

Donc le mouvement de la Terre est uniforme ;

Et comme le mouvement de la Terre est circulaire, alors le mouvement de la Terre est circulaire uniforme.

2.4- On sait que : $T = \frac{2\pi r}{v_T}$

Et on a d'après la relation (2) : $v_T = \sqrt{\frac{GM_S}{r}}$

Donc : $T = 2\pi r.\sqrt{\frac{r}{GM_S}}$

$\Longrightarrow T^2 = 4\pi^2.\frac{r^3}{GM_S}$

D'où : : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S} = Cte = k$ (la 3ème loi de Kepler)

2.5- Calculons M_S :

On a : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$ d' où: $M_s = \frac{4\pi^2 r^3}{T^2.G}$

A.N :

$$M_s = \frac{4\pi^2(150.10^9)^3}{(3{,}16.10^7)^2.6{,}67.10^{-11}} = 2.10^{30}Kg$$

2.6- On sait que : $v_T = \sqrt{\frac{GM_S}{r}}$

A.N : $v_T = \sqrt{\frac{6{,}67.10^{-11}\times 2.10^{30}}{150.10^9}} = 2{,}98.10^4 m/s.$

III- La satellisation :

1-Définition :

- On appelle satellite tout corps en mouvement orbital autour d'une planète.
- La satellisation consiste à mettre un satellite sur son orbite autour de la Terre en lui communiquant une vitesse lui permettant d'avoir un mouvement circulaire.

Remarque :

L'étude du mouvement d'un satellite autour d'une planète est la même qu'une étude du mouvement d'une planète autour du soleil ; il suffit de remplacer la masse de la planète qui gravite autour du soleil par la masse du satellite étudie et la masse du soleil par la masse de la planète étudiée.

2-Les satellites géostationnaires :

a- Définition :

Un satellite est géostationnaire s'il reste en permanence immobile pour un observateur terrestre.

Remarque :

Pour qu'un satellite paraît immobile par rapport à un observateur sur la terre il faut remplisse les trois conditions suivantes :

- Tourne dans le même sens de rotation de la terre autour de son axe polaire;
- Tourne avec une période de révolution T égale à celle de la terre (période

sidérale $T = 23h56min4s = 86164s$)

- ✓ *Tourne sur un orbite situé dans le plan équatorial.*

b- Altitude d'un satellite géostationnaire :

Déterminons l'altitude h pour qu'un satellite soit géostationnaire ;

L'altitude h *du satellite est imposée par la relation :*

$T = 2\pi.\sqrt{\frac{r^3}{GM_T}}$ *avec :* $r = R_T + h$

donc : $T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G.M_T}}$ *d'où :* $h = \sqrt[3]{\frac{T^2.G.M_T}{4\pi^2}} - R_T$

l'application numérique conduit à une altitude d'environ $36000Km$.

Rappel : Expression de l'intensité du champ de pesanteur g_0 *à la surface de la terre :*

Considérons un corps solide (S) *de masse m se trouvant à la surface de la Terre de masse* M_T *et de rayon* R_T *:*

On a d'après la loi de gravitation universelle :

$$F_{T/S} = G.\frac{m.M_T}{{R_T}^2} = m.g_o$$

D'où : $g_o = \frac{G.M_T}{{R_T}^2}$

Si le corps (S) *se trouve à une altitude h de la surface de la Terre, l'expression de l'intensité du champ de pesanteur* g_h *est donnée par :* $g_h = \frac{G.M_T}{(R_T+h)^2}$

On peut montrer que : $g_h = g_o.\frac{{R_T}^2}{(R_T+h)^2}$

Remarque :

On peut définir de la même manière l'intensité du champ de pesanteur, à la surface ou à une altitude h, d'une autre planète :

$$\begin{cases} g_{oP} = \frac{G.M_P}{{R_P}^2} \\ g_{hP} = \frac{G.M_P}{(R_P+h)^2} \end{cases}$$

Application n°2 : Exercice n° 2 ; Série n°12

Soit un satellite, de communication géostationnaire, de masse m.

1- *Citer les conditions satisfaites pour qu'un satellite soit géostationnaire ?*

2- *Représenter, sans échelle, le vecteur vitesse* $\vec{V}_{sat}$ *du satellite dans son orbite* circulaire et la force $\vec{F}_{T/sat}$ qu'exerce la Terre sur le satellite.

3- Ecrire l'expression de $\vec{F}_{T/sat}$.

4- Calculer l'altitude h du satellite considéré ponctuel, par rapport à la surface de la Terre.

5- Calculer la vitesse V_{sat} du satellite .

On donne :

- $G = 6{,}67.10^{-11} N.m^2.Kg^{-2}$: *constante de gravitation universelle;* $R_T = 6380Km$: *rayon de la Terre ;* $M_T = 5{,}98.10^{24} Kg$: *masse de la Terre ; Un jour sidéral vaut :* $86164s$.

Réponse : ....(Voir le tableau).............

1- Pour que le satellite soit géostationnaire, il faut que ce satellite :

- ✓ Tourne dans le même sens de rotation de la terre autour de son axe polaire;
- ✓ Tourne avec une période de révolution T égale à celle de la terre (période sidérale $T = 23h56min4s = 86164s$)
- ✓ Tourne sur un orbite situé dans le plan équatorial.

2- ....

الصفحة 8	RS31	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا –الدورة الاستدراكية 2011 – الموضوع – مادة: الفيزياء والكيمياء - شعبة العلوم الرياضية (أ) و (ب) (الترجمة الفرنسية)

Première partie (2,25 points) : Etude du mouvement d'un satellite artificiel

Le satellite HOTBIRD apparait immobile pour un observateur fixe sur la surface de la terre . Ce satellite est utilisé pour les télécommunications et les émissions radio et télévisées. Les paraboles fixées à la surface de la terre et orientées vers le satellite HOTBIRD captent les ondes électromagnétiques provenant de ce dernier sans qu'elles soient munies d'un dispositif permettant de suivre le mouvement du satellite HOTBIRD .

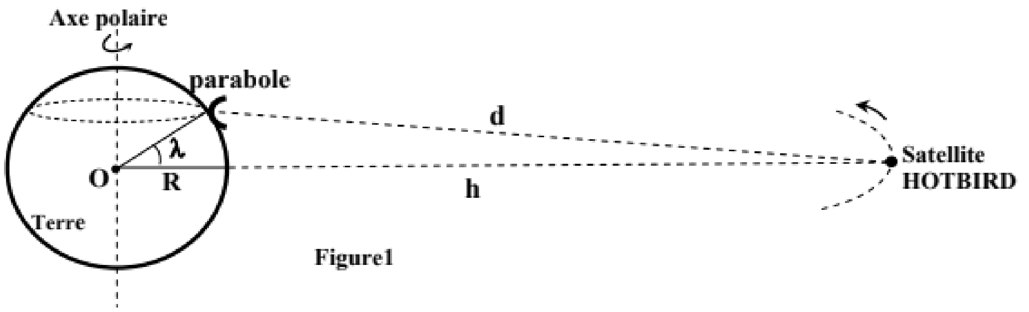


Figure1

Données :

- Masse de la Terre : $M_T = 5,98.10^{24}$ kg ;
- Rayon de la Terre : R = 6400 km ;
- Constante d'attraction gravitationnelle : $G = 6,67.10^{-11}$ (S.I) ;
- On suppose que la Terre est une sphère à répartition massique symétrique ;
- La Terre effectue un tour complet autour de se son axe polaire en T=23h56min4s ;
- La hauteur de l'orbite du satellite HOTBIRD par rapport à la surface de la terre est h = 36000 km .

1- La parabole et la réception des ondes électromagnétiques

Une parabole est fixée sur le toit d'une maison qui se trouve à la latitude $\lambda=33,5°$.

0,75 **1.1-** Calculer dans le référentiel géocentrique la vitesse v_p de la parabole concave supposée ponctuelle .

0,25 **1.2-** Justifier pourquoi il n'est pas nécessaire que la parabole soit munie d'un système rotatoire qui permet de suivre le mouvement du satellite HOTBIRD .

2- Etude du mouvement du satellite HOTBIRD

On assimile le satellite HOTBIRD à un point matériel de masse m_s .

0,75 **2.1-** En appliquant la deuxième loi de Newton , établir l'expression de la vitesse v_s du satellite HOTBIRD sur son orbite en fonction de G , M , R et h . calculer v_s .

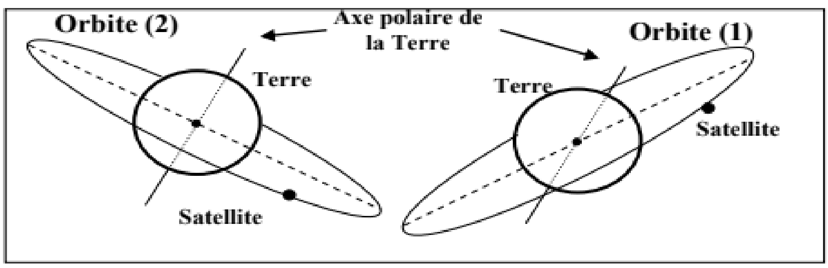
0, 5 **2.2-** On considère deux orbites hypothétiques (1) et (2) d'un satellite en mouvement circulaire uniforme comme l'indique la figure(2) .

Choisir la réponse juste en justifiant votre choix :

L'orbite qui correspond au satellite HOTBIRD est :

a) L'orbite (1) .

b) L'orbite (2) .



الصفحة	NS31	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا -الدورة العادية 2013 –الموضوع- مادة: الفيزياء والكيمياء- شعبة العلوم الرياضية (أ) و (ب) (الترجمة الفرنسية)
8 \ 8		

Deuxième partie(2,5 points): de l'orbite circulaire basse à l'orbite circulaire haute

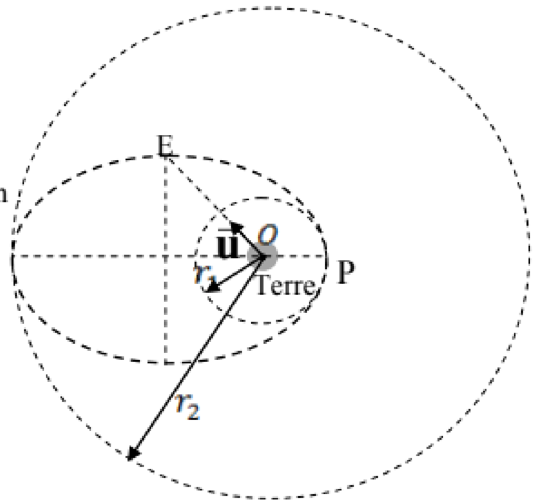
Johannes Kepler (1630-1571) a posé les trois lois qui permettent de décrire le mouvement des planètes et celui des satellites naturels.

Le mouvement des satellites artificiels autour de la Terre hors de l'atmosphère est gérée par les lois de Kepler.

Le transfert d'un satellite artificiel terrestre (S) sur une orbite circulaire basse de rayon r_1 vere une orbite circulaire haute de rayon r_2 se fait en passant par une orbite elliptique tangente aux deux orbites circulaires comme l'indique la figure 3 . Le centre O de la Terre constitue l'un des foyers de la trajectoire elliptique .

Données : $r_1 = 6700\,km$; $r_2 = 42200\,km$; constante de gravitation universelle $G = 6,67.10^{-11}S.I$

Masse de la Terre $M_T = 6,0.10^{24}\ kg$; On rappelle la propriété de l'ellipse de foyer O et O' et de demi-grand axe a : $OM + O'M = 2a$ avec M un point appartenant à l'ellipse .



On suppose que le satellite artificiel (S) est ponctuel et n'est soumis qu'à l'attraction de la Terre et que la Terre effectue un tour complet autour de son axe de rotation en 24h .

On étudie le mouvement de (S) dans le repère géocentrique .

0, 5 **1.** En utilisant l'équation aux dimensions , déterminer la dimension de la constante G.

1 **2**- On note T_1 et T_2 les périodes respectives de (S) sur l'orbite circulaire basse et l'orbite circulaire haute .

Exprimer T_1 en fonction de r_1 , r_2 et T_2 . Calculer la valeur de T_1 sachant (S) est géostationnaire sur l'orbite circulaire haute.

1 **3**- On considère le point E qui appartient au petit axe de la trajectoire elliptique défini par $\overrightarrow{OE} = OE.\vec{u}$ et $\|\vec{u}\| = 1$.Donner l'expression du vecteur accélération $\vec{a}_S$ de (S) au point E en fonction de G , M et OE .

Calculer $\|\vec{a}_s\|$ au point E .

الصفحة 8 / 8	RS30 F	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا – الدورة الاستدراكية 2017 – الموضوع – مادة: الفيزياء والكيمياء – شعبة العلوم الرياضية (أ) و (ب) – خيار فرنسية

Partie II : Détermination du rayon de l'orbite de la lune autour de la terre.

Le but de cette partie est de déterminer la distance Terre-Lune à partir de l'étude du mouvement de la Terre autour du Soleil et du mouvement de la Lune autour de la Terre.
Dans chaque cas, l'étude du mouvement se fait dans un référentiel considéré galiléen.
On considère que :
- le Soleil, la Terre et la Lune présentent une répartition de masse à symétrie sphérique.
- la Lune n'est soumise qu'à la force de gravitation universelle appliquée par la Terre .
- la Terre n'est soumise qu'à la force de gravitation universelle appliquée par le Soleil .

Données :

- La période de révolution du centre d'inertie G de la Terre autour du soleil : $T = 365,25$ jours ,
- La période de révolution du centre d'inertie G' de la Lune autour de la Terre : $T' = 27,32$ jours ,
- On considère que :- dans le référentiel héliocentrique , la trajectoire du centre G est assimilée à un cercle de rayon $R=1,49.10^8$ km centré sur le centre d'inertie du soleil .
  -dans le référentiel géocentrique, la trajectoire du centre G' est assimilée à un cercle de rayon r centré sur le centre G .

On note : M la masse du Soleil, m la masse de la Terre et m' celle de la Lune. On prend $\frac{M}{m} = 3,35.10^5$

0,25 **1**- Définir le référentiel géocentrique.

0,5 **2**- Choisir la proposition juste parmi les affirmations suivantes :

a-La constante de gravitation universelle s'exprime en $m.s^{-2}$.
b-Le vecteur accélération du centre G de la terre est tangent à son orbite circulaire autour du Soleil.
c-Dans un mouvement circulaire uniforme, le vecteur accélération a une direction constante.
d-La vitesse du mouvement circulaire uniforme d'une planète autour du Soleil ne dépend pas de la masse de la planète.

0,25 **3**-Donner l'expression vectorielle de la force d'attraction gravitationnelle exercée par le soleil sur la Terre, dans la base de Freinet $(\vec{u}, \vec{n})$.

0,5 **4**-En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que le mouvement du centre d'inertie G de la Terre autour du soleil est circulaire uniforme.

0,5 **5**-Etablir la relation traduisant la troisième loi de Kepler relative au mouvement du centre d'inertie G de la Terre autour du soleil.

0,75 **6** -Trouver l'expression du rayon r en fonction de m , M , T , T' et R et calculer sa valeur.

Partie II : Mouvement d'un satellite artificiel.

Le but de cette partie est de déterminer la masse de la Terre par deux méthodes.

Données :

- L'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre : $g_0 = 9{,}8\ m.s^{-2}$;
- Constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67.10^{-11}$ SI .
- On prendra $\pi^2 = 10$.

On considère que la Terre est sphérique de centre O, de rayon $R_T = 6400$ km , de masse M_T et ayant une répartition de masse sphérique.
On considère que le satellite artificiel n'est soumis qu'à la force d'attraction universelle exercée par la Terre.

1/1-1-En identifiant poids et force d'attraction universelle au niveau du sol, trouver l'expression de l'intensité de la pesanteur g_0 à la surface de la Terre en fonction de M_T , R_T et G .**(0,5pt)**

1-2- Calculer M_T . **(0,25pt)**

2- Dans le référentiel géocentrique considéré galiléen, un satellite artificiel (S) décrit une orbite circulaire autour de la Terre avec une période de révolution $T = 98\,min$. Le satellite se trouve à une altitude $h = 647\,km$ de la surface de la Terre.

2-1- Etablir la relation traduisant la troisième loi de Kepler relative au mouvement du centre d'inertie de (S).**(0,5pt)**

2-2-En déduire M_T la masse de la Terre et la comparer à celle trouvée à la question 1-2.**(0,5pt)**