Terminale Spécialité Physique-Chimie	Thème : Mouvement et interactions	M.KUNST-MEDICA	La Salle Avignon Frères des Écoles Chrétiennes
Chapitre 8 : Mouvement dans un champ de gravitation		Cours livre p 264 à 266	

Nom : …………………… Prénom : ………………… Classe : ……………………

Mon livret « plan de travail et parcours d'exercices ».

A remettre au professeur le jour du DS avec les feuilles d'exercices

Site internet : http://www.lasallesciences.com

Les « attendus » du chapitre

Bilan	Mon opinion après avoir réalisé les exercices	Avis du professeur après le DS
AD 8.1 : Les satellites de Mars.		
Déterminer les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération du centre de masse d'un système en mouvement circulaire dans un champ de gravitation newtonien.	- +	- +
Établir et exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas d'un mouvement circulaire.	- +	- +
AN 8.2 : Neptune et ses satellites		
Exploiter à l'aide d'un langage de programmation des données astronomiques ou satellitaires pour tester les deuxième et troisième lois de Kepler	- +	- +
AD 8.3 : Les satellites artificiels de la Terre		
Déterminer les caractéristiques d'un satellite géostationnaire.	- +	- +

Les bons réflexes pour les exercices

Si l'énoncé demande de…	Il est nécessaire de…
Déterminer les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération du centre de masse d'un système en mouvement circulaire dans un champ de gravitation.	**Réflexe 1** Ex. 4 p. 270 • **Schématiser** l'astre attracteur, le système {planète} et le repère de Frenet. • **Exprimer** la force de gravitation $\vec{F}_{A/P} = G \times \frac{m \times M}{r^2} \vec{u}_n$ et appliquer la deuxième loi de Newton $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ pour obtenir le vecteur accélération $\vec{a}$. • **Rappeler**, dans le repère de Frenet, l'expression du vecteur accélération : $\vec{a} = \frac{v^2}{r}\vec{u}_n + \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\vec{u}_t$. • **En déduire**, par identification des deux expressions de $\vec{a}$, les caractéristiques du vecteur vitesse $\vec{v}$.
Établir la troisième loi de Kepler dans le cas d'un mouvement circulaire.	**Réflexe 2** Ex. 8 p. 271 • **Utiliser** l'expression de la période de révolution $T = \frac{2\pi \times r}{v}$. • **Remplacer** la valeur v de la vitesse obtenue à partir de la deuxième loi de Newton dans l'expression de T. • **Exprimer** le rapport $\frac{T^2}{r^3}$.
Exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas d'un mouvement circulaire.	**Réflexe 3** Ex. 10 p. 271 • **Énoncer** la troisième loi de Kepler. • **Isoler** la grandeur recherchée. • **Effectuer** les calculs en faisant attention aux unités.

Les vidéos du chapitre

https://www.youtube.com/watch?v=EdIcPhGOMLg
Vidéo cours mouvement dans un champ de gravitation (Stella)

Le plan de travail
(surligner les étapes réalisées)

A faire après l'AD 8.1 : Les satellites de Mars.

Lire *la correction de l'AD 8.1*
Étudier *le « I » du cours*

Exercices d'application : 2-3-4-5-6-7-p 270 à 271

1 Le mouvement des satellites et des planètes

2 Donner les caractéristiques d'une force de gravitation (1)

CORRIGÉ

| Construire un vecteur.

1. Exprimer la force de gravitation exercée par la Terre sur la Lune.

2. Représenter cette force en utilisant l'échelle 1 cm pour $0{,}5 \times 10^{20}$ N.

Données

- Masse de la Terre : $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg.
- Masse de la Lune : $M_L = 7{,}36 \times 10^{22}$ kg.
- Distance moyenne entre le centre de la Terre et le centre de la Lune : $r = 3{,}84 \times 10^5$ km.
- Constante universelle de gravitation : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N·m²·kg⁻².

3 Donner les caractéristiques d'une force de gravitation (2)

| Effectuer un calcul.

Météosat est une constellation de satellites artificiels de la Terre situés à une altitude de 35 800 km.
À cette altitude, le champ de gravitation terrestre a pour valeur $\mathcal{G}_T = 2{,}23 \times 10^{-1}$ N·kg⁻¹.

- Déterminer la valeur de la force de gravitation exercée par la Terre sur un satellite Météosat de masse $m = 400$ kg.

4 Exploiter les coordonnées d'un vecteur accélération

CORRIGÉ

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

Le centre de masse P de Phobos, satellite naturel de la planète Mars, est en mouvement circulaire autour de cette planète.

1. Déterminer les coordonnées du vecteur accélération du centre de masse de Phobos dans le repère de Frenet lié au référentiel « marsocentrique ».

2. Montrer que le mouvement de P est uniforme.

Utiliser le réflexe 1

5 Caractériser le vecteur accélération du centre de masse d'une planète

| Effectuer un calcul.

Vénus a une trajectoire quasiment circulaire dans le référentiel héliocentrique.

1. Donner l'expression vectorielle de la force de gravitation exercée par le Soleil sur Vénus.

2. Par application de la deuxième loi de Newton, déterminer les caractéristiques du vecteur accélération du centre de masse V de Vénus dans le référentiel héliocentrique.

Données

- Masse du Soleil : $M_S = 1{,}99 \times 10^{30}$ kg.
- Distance moyenne entre le centre du Soleil et le centre de Vénus : $r = 1{,}08 \times 10^8$ km.
- Constante universelle de gravitation : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N·m²·kg⁻².

6 Déterminer les caractéristiques d'une vitesse

CORRIGÉ

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

Le télescope spatial Hubble a permis de nombreuses découvertes dans le domaine de l'astrophysique.
Il est placé sur une orbite quasiment circulaire à une altitude $h = 600$ km par rapport à la surface de la Terre.

1. Par application de la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées du vecteur accélération du centre de masse H de Hubble dans le repère de Frenet lié au référentiel géocentrique.

2. Déterminer les coordonnées du vecteur vitesse de Hubble dans le repère de Frenet.

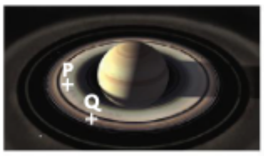
3. Calculer la valeur de la vitesse de Hubble dans le référentiel géocentrique.

Données

- Masse de la Terre : $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg.
- Rayon de la Terre : $R_T = 6{,}37 \times 10^3$ km.
- Constante universelle de gravitation : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N·m²·kg⁻².

7 Exploiter l'expression de la valeur de la vitesse d'un corps céleste

| Effectuer des calculs.



Les anneaux de Saturne sont essentiellement composés de glace et de poussière.
Si on néglige l'interaction des particules des anneaux entre elles et dans l'approximation de trajectoires circulaires, chaque constituant est animé d'un mouvement circulaire de rayon r avec une vitesse de valeur $v = \sqrt{\dfrac{G \times M_S}{r}}$ dans le référentiel « saturnocentrique ».

1. Comparer la valeur de la vitesse de deux constituants P et Q positionnés sur deux anneaux différents.

2. Les périodes de révolution des constituants P et Q sont-elles identiques ?

A faire après l'AN 8.2 : Neptune et ses satellites et après AD 8.3 : Les satellites artificiels de la Terre.

<u>Lire</u> la correction de l'AN 8.2 et de l'AD 8.3
<u>Étudier</u> le « II » et « III » du cours.
<u>Visionner</u> la vidéo du cours « mouvement dans un champ de gravitation ».

Exercices d'application : 8-9-10-11 p 270 à 271

8 Établir la troisième loi de Kepler (1)

CORRIGÉ | Effectuer des calculs.

Europe est un satellite de Jupiter, de masse M_J. Son orbite, de rayon r, est supposée circulaire. Sa vitesse a pour valeur $v = \sqrt{\frac{G \times M_J}{r}}$.

1. Établir l'expression de sa période de révolution T.

2. En déduire la valeur du rapport $\frac{T^2}{r^3}$.

3. Énoncer la troisième loi de Kepler dans le référentiel « jupiterocentrique ».

Utiliser le réflexe 2

9 Établir la troisième loi de Kepler (2)

| Interpréter une formule.

La Lune est le seul satellite naturel de la Terre. Elle décrit une trajectoire circulaire de rayon r dans le référentiel géocentrique. Sa période de révolution T autour de la Terre a pour expression $T = 2\pi \times r \times \sqrt{\frac{r}{G \times M_T}}$.

• Déterminer l'expression de la constante relative à la troisième loi de Kepler.

10 Exploiter la troisième loi de Kepler (1)

CORRIGÉ | Exploiter un tableau.

Les plus gros satellites de Jupiter, encore appelés satellites galiléens, ont été découverts par GALILÉE.
On donne les périodes de révolution T et le rayon r de la trajectoire quasi circulaire de deux de ces satellites :

Satellite	T (jours)	r (km)
Io	1,77	$4{,}22 \times 10^5$
Ganymède	7,15	$1{,}07 \times 10^6$

1. Énoncer la troisième loi de Kepler dans le référentiel « jupiterocentrique ».

2. Montrer que les données du tableau confirment que ces deux satellites sont en orbite autour de Jupiter.

Utiliser le réflexe 3

11 Exploiter la troisième loi de Kepler (2)

| Utiliser un modèle pour prévoir.

Europe est un satellite de Jupiter dont le rayon r de l'orbite est $6{,}71 \times 10^5$ km.

• Exploiter le tableau de l'exercice 10 et la troisième loi de Kepler pour calculer la période de révolution de Europe.

A faire la semaine et les jours qui précède le devoir surveillé

<u>Visionner</u> à nouveau la vidéo de cours « mouvement dans un champ de gravitation »
<u>Reprendre</u> et <u>étudier</u> le cours. Possibilité de lire dans le livre : cours p 264 à 266
<u>Reproduire</u> une fiche de la partie « essentiel » et la <u>maitriser</u>

Faire l'exercice résolu sans correction, puis corriger

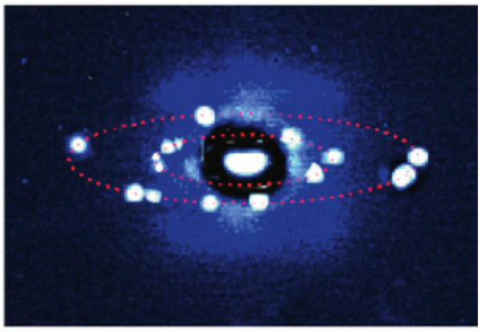
L'astéroïde Sylvia

| Exploiter des informations ; effectuer des calculs ; discuter un modèle.

L'astéroïde Sylvia est le premier astéroïde découvert à posséder deux satellites naturels baptisés Remus et Romulus.
On s'intéresse au mouvement du centre de masse P de l'astéroïde Sylvia qui décrit autour du Soleil une orbite assimilée à un cercle de rayon r.
L'étude se fait dans le référentiel héliocentrique considéré comme galiléen.

Donnée

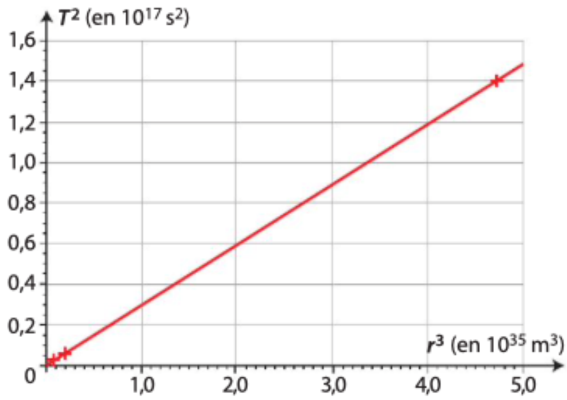
Constante universelle de gravitation : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$.



> Photomontage montrant les positions de Remus et Romulus autour de Sylvia

1. a. Montrer que, dans le cas d'un mouvement circulaire, le mouvement de l'astéroïde Sylvia de masse M, autour du Soleil de masse M_S, est uniforme.
b. Établir l'expression de la valeur v de la vitesse de l'astéroïde Sylvia sur son orbite, puis donner son expression vectorielle $\vec{v}$.

2. a. Établir la troisième loi de Kepler dans le référentiel héliocentrique.
b. Le graphique ci-contre a été tracé en prenant en compte les paramètres caractéristiques de trois planètes du système solaire dont la trajectoire autour du Soleil est quasi circulaire.
Ce graphique traduit-il la troisième loi de Kepler ?



3. L'astéroïde Sylvia gravite autour du Soleil avec une période de révolution de 6,521 ans.
Déterminer le rayon r de l'orbite de l'astéroïde Sylvia.

4. Les deux satellites Romulus et Remus décrivent une orbite circulaire autour de Sylvia. La période de révolution de Romulus est 87,6 heures.
Les distances entre chaque satellite et Sylvia sont 710 kilomètres pour Remus et 1 360 kilomètres pour Romulus.
En appliquant la troisième loi de Kepler, déterminer la masse de l'astéroïde Sylvia dans le cadre de l'hypothèse d'un mouvement circulaire.

Solution rédigée

- **On utilise le Réflexe 1.**

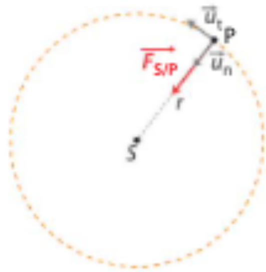
Schématisation de la situation

Expression de la force de gravitation et application de la deuxième loi de Newton

Rappel de l'expression de l'accélération dans le repère de Frenet

Déduction, par identification des expressions, des caractéristiques de la vitesse

1. a. On étudie le mouvement du système {Sylvia} modélisé par son centre de masse P dans le référentiel héliocentrique supposé galiléen.



La seule force qui s'applique sur le système est la force de gravitation exercée par le Soleil. Son expression dans le repère de Frenet est : $\vec{F}_{S/P} = G \times \dfrac{M_S \times M}{r^2}\,\vec{u}_n$.

Appliquons la deuxième loi de Newton :

$\Sigma\vec{F} = M\vec{a}$ donc $\vec{F}_{S/P} = G \times \dfrac{M_S \times M}{r^2}\,\vec{u}_n = M\vec{a}$. D'où $\vec{a} = G \times \dfrac{M_S}{r^2}\,\vec{u}_n$.

Dans le repère de Frenet, $\vec{a} = \dfrac{v^2}{r}\,\vec{u}_n + \dfrac{dv}{dt}\,\vec{u}_t$.

Par identification des accélérations tangentielles, $\dfrac{dv}{dt} = 0$. Il vient v = cte, le mouvement est uniforme.

b. Par identification des accélérations normales, $\dfrac{v^2}{r} = G \times \dfrac{M_S}{r^2}$. On en déduit que $v = \sqrt{\dfrac{G \times M_S}{r}}$. Le vecteur vitesse a pour expression $\vec{v} = v \times \vec{u}_t$ avec $v = \sqrt{\dfrac{G \times M_S}{r}}$.

- **On utilise le Réflexe 2.**

Utilisation de la définition de la période T

Remplacement de l'expression de v dans T

Expression du rapport $\dfrac{T^2}{r^3}$

2. a. La période de révolution de l'astéroïde est $T = \dfrac{2\pi \times r}{v}$,

soit $T = 2\pi \times r \times \sqrt{\dfrac{r}{G \times M_S}}$ d'où $T^2 = 4\pi^2 \times \dfrac{r^3}{G \times M_S}$.

On obtient finalement $\dfrac{T^2}{r^3} = \dfrac{4\pi^2}{G \times M_S}$ = constante.

b. La représentation graphique $T^2 = f(r^3)$ est une droite qui passe par l'origine. Il y a donc proportionnalité entre T^2 et r^3 : $T^2 = k \times r^3$ où k est le coefficient de proportionnalité.

Ainsi, $\dfrac{T^2}{r^3} = k$, ce qui confirme la troisième loi de Kepler.

3. La période de révolution de Sylvia est 6,521 ans, soit $2{,}058 \times 10^8$ s.

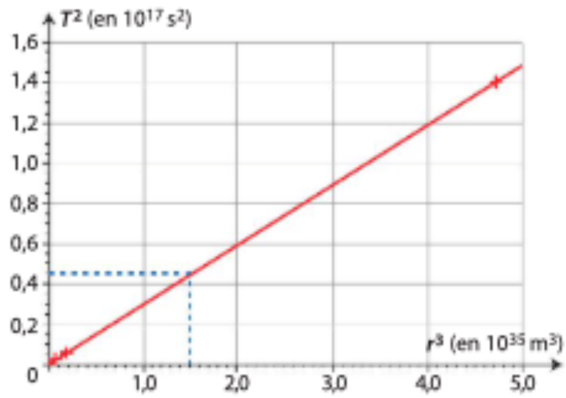
On calcule :

$T^2_{\text{Sylvia}} = 0{,}4235 \times 10^{17}\ \text{s}^2$.

On lit graphiquement :

$r^3 = 1{,}5 \times 10^{35}\ \text{m}^3$,

d'où $r = 5{,}3 \times 10^{11}$ m.



- **On utilise le Réflexe 3.**

Énoncé de la troisième loi de Kepler

Isolement de la grandeur recherchée

Calcul en faisant attention aux unités

4. Par application de la troisième loi de Kepler aux satellites de Sylvia, on a :

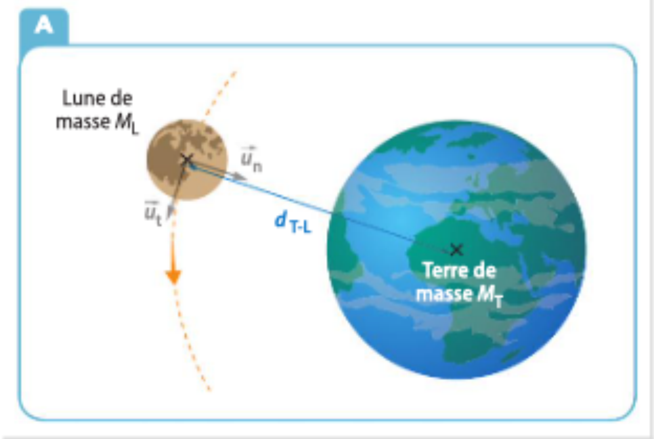
$$\left(\frac{T^2}{r^3}\right)_{\text{Remus}} = \left(\frac{T^2}{r^3}\right)_{\text{Romulus}} = \frac{4\pi^2}{G \times M}$$

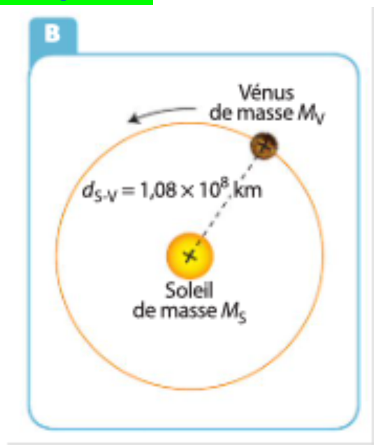
Donc $M = \dfrac{4\pi^2}{G} \times \left(\dfrac{r^3}{T^2}\right)_{\text{Romulus}}$

$M = \dfrac{4\pi^2}{6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}} \times \dfrac{(1\,360 \times 10^3)^3\ \text{m}^3}{(87{,}6 \times 3\,600)^2\ \text{s}^2}$ d'où $M = 1{,}50 \times 10^{19}$ kg.

La masse de Sylvia est $1{,}50 \times 10^{19}$ kg.

Répondre au QCM de fin de chapitre





Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s), puis vérifier la correction p. 462.	A	B	C

1 Le mouvement des satellites et des planètes

Si erreur, revoir § 1 p. 264

	A	B	C
1. Pour étudier le mouvement de la Lune autour de la Terre, le référentiel le plus approprié est :	le référentiel géocentrique.	un référentiel terrestre.	le référentiel héliocentrique.
2. La force de gravitation exercée par la Terre sur la Lune (schéma A) a pour expression :	$\vec{F} = -G \times \dfrac{M_L \times M_T}{d_{T\text{-}L}^2}\,\vec{u}_t$	$\vec{F} = -G \times \dfrac{M_T}{d_{T\text{-}L}^2}\,\vec{u}_n$	$\vec{F} = G \times \dfrac{M_L \times M_T}{d_{T\text{-}L}^2}\,\vec{u}_n$
3. D'après la deuxième loi de Newton, le vecteur accélération de la Lune, lors de son mouvement autour de la Terre (schéma A), a pour expression :	$\vec{a} = G \times \dfrac{M_T}{d_{T\text{-}L}^2}\,\vec{u}_n$	$\vec{a} = G \times \dfrac{M_L}{d_{T\text{-}L}^2}\,\vec{u}_n$	$\vec{a} = G \times \dfrac{M_L \times M_T}{d_{T\text{-}L}^2}\,\vec{u}_n$
4. Le vecteur vitesse de la Lune lors de son mouvement circulaire autour de la Terre est :	tangent au mouvement.	normal au mouvement.	de valeur constante.

2 Les Lois de Kepler

Si erreur, revoir § 2 p. 265

	A	B	C
5. Lorsqu'une comète sur son orbite, dans le référentiel héliocentrique, s'éloigne du Soleil, la valeur de sa vitesse :	augmente.	diminue.	reste constante.
6. D'après la troisième loi de Kepler appliquée dans le référentiel héliocentrique, pour une trajectoire circulaire de rayon r et de période de révolution T :	$T^2 = \text{cte} \times r^3$	$\dfrac{T^2}{r^3} = \text{cte}$	$\dfrac{T^3}{r^2} = \text{cte}$
7. D'après la troisième loi de Kepler appliquée dans le référentiel héliocentrique, pour une trajectoire circulaire de rayon $r_{\text{planète}}$ et de période de révolution $T_{\text{planète}}$:	$\dfrac{T_{\text{Vénus}}^2}{T_{\text{Neptune}}^2} = \dfrac{r_{\text{Vénus}}^3}{r_{\text{Neptune}}^3}$	$T_{\text{Vénus}}^2 \times r_{\text{Neptune}}^3 = T_{\text{Neptune}}^2 \times r_{\text{Vénus}}^3$	$\dfrac{T_{\text{Vénus}}^2}{r_{\text{Neptune}}^3} = \dfrac{T_{\text{Neptune}}^2}{r_{\text{Vénus}}^3}$
8. Dans le référentiel héliocentrique, et dans l'approximation des trajectoires circulaires, le rapport $\dfrac{T^2}{d_{S\text{-}V}^3}$ est $3{,}0 \times 10^{-19}\ \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$. La période de révolution de Vénus est :	$3{,}8 \times 10^{14}$ s	$2{,}3 \times 10^3$ jours	$1{,}9 \times 10^7$ s

Faire les exercices suivants de fin de chapitre

Exercice (type bac) : Quatre satellites terrestres artificiels

Passionné d'astronomie, un élève a collecté sur le réseau Internet de nombreuses informations concernant les satellites artificiels terrestres. Il met en oeuvre ses connaissances de physique pour les vérifier et les approfondir. Dans tout l'exercice, on notera :

- Masse de la Terre: M_T (répartition de masse à symétrie sphérique de centre O)
- Rayon de la Terre: R_T
- Masse du satellite étudié: m_S
- Altitude du satellite étudié: h
- Constante de gravitation universelle: G

Les questions 2 et 3 sont indépendantes.

1. Le premier satellite artificiel.

Si la possibilité théorique de mettre un satellite sur orbite autour de la Terre fut signalée en 1687 par Isaac Newton, il a fallu attendre le 4 octobre 1957 pour voir le lancement du premier satellite artificiel, Spoutnik 1, par les soviétiques.

1.1. Exprimer vectoriellement la force exercée par la Terre sur Spoutnik 1, supposé ponctuel, et la représenter sur un schéma.
1.2. L'étude se fait dans un référentiel géocentrique considéré comme galiléen.
En appliquant la deuxième loi de Newton établir l'expression vectorielle de l'accélération du satellite.

2. Les satellites artificiels à orbites circulaires.

Le télescope spatial Hubble, qui a permis de nombreuses découvertes en astronomie depuis son lancement en 1990, est en orbite circulaire à 600 km d'altitude et il effectue un tour complet de la Terre en 100 minutes.

<u>2.1. Étude du mouvement du satellite Hubble dans un référentiel géocentrique</u>

- En reprenant les résultats de la partie 1, montrer sans calcul que le mouvement circulaire de Hubble est uniforme.
- Exprimer littéralement sa vitesse en fonction des grandeurs M_T, R_T, h et G .
- Exprimer la période T de son mouvement en fonction des grandeurs précédentes puis retrouver la troisième loi de Kepler appliquée à ce mouvement circulaire (l'énoncé de cette loi n'est pas demandé ici).

2.2. Cas d'un satellite géostationnaire

Les satellites météorologiques comme Météosat sont des appareils d'observation géostationnaires.

2.2.1. Qu'appelle-t-on satellite géostationnaire ?
2.2.2. *On propose trois trajectoires hypothétiques de satellite en mouvement circulaire uniforme autour de la Terre.*

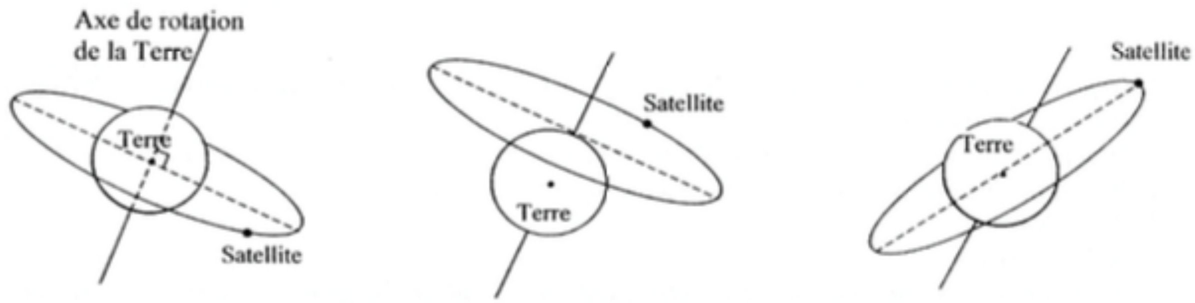


Figure 1 Figure 2 Figure 3

a. Montrer que, seule, l'une de ces trajectoires est incompatible avec les lois de la mécanique.
b. Quelle est la seule trajectoire qui peut correspondre au satellite géostationnaire ? Justifier la réponse.

3. Les satellites artificiels à orbites elliptiques.

Les satellites peuvent être placés sur différentes orbites, en fonction de leur mission. Un incident lors de leur satellisation peut modifier l'orbite initialement prévue. Hipparcos, un satellite d'astrométrie lancé par la fusée Ariane le 8 août 1989, n 'a jamais atteint son orbite prévue. Un moteur n'ayant pas fonctionné, il est resté sur une orbite elliptique entre 36 000 km et 500 km d'altitude.

3.1. *Les satellites artificiels obéissent aux lois de Kepler.*
La deuxième loi de Kepler, dite « loi des aires », précise que « des aires balayées par le rayon, reliant le satellite à l'astre attracteur, pendant des durées égales, sont égales ».
Énoncer les deux autres lois dans le cas général d'une orbite elliptique.
3.2. Sans souci exagéré d'échelle ni d'exactitude de la courbe mathématique, dessiner l'allure de l'orbite du satellite Hipparcos. Placer sur ce schéma le centre d'inertie de la Terre et les points A et P correspondant respectivement aux valeurs 36 000 km et 500 km données dans le texte.
3.3. En appliquant la loi des aires au schéma précédent montrer, sans calcul, que la vitesse d'Hipparcos sur son orbite n'est pas constante.
3.4. Préciser en quels points de son orbite sa vitesse est maximale, minimale.

4. Les missions des satellites artificiels.

Aujourd'hui, plus de 2600 satellites gravitent autour de la Terre. Ils interviennent dans de nombreux domaines : téléphonie, télévision, localisation, géodésie, télédétection, météorologie, astronomie ...
Leur spectre d'observation est vaste, optique, radar, infrarouge, ultraviolet, écoute de signaux radioélectriques ...

4.1. Sachant que le spectre optique correspond à la lumière visible, donner les limites des longueurs d'onde dans le vide de ce spectre et situer l'infrarouge et l'ultraviolet.
4.2. La célérité de la lumière dans le vide est $3{,}0 \times 10^8$ m.s^{-1}, en déduire les limites en fréquence de la lumière visible.
4.3. Pourquoi doit on préciser « dans le vide » pour donner les valeurs des longueurs d'onde ?

Faire les exercices du livret révisions Physique Bac

Faire les exercices n° 45 à 58 et les exercices type bac 9, 10 et 11 .
Compléter la fiche « Compétences Physique »

Exercice 45 :

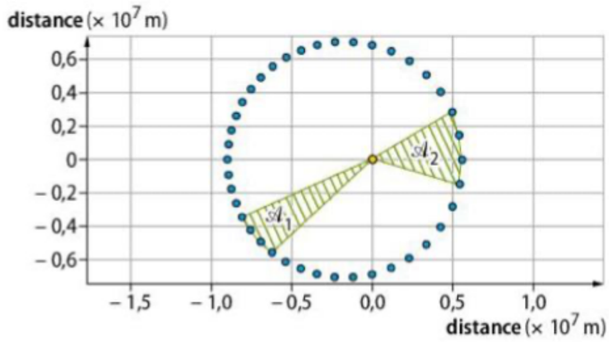
Données : Distance entre les centres de la Terre et de la Lune : r = $3,84 \times 10^5$ m.
Masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg ;
constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2}$.
Masse de la Lune : $M_L = 7,36 \times 10^{22}$ kg.

1. Exprimer la force de gravitation exercée par la Terre sur la Lune.
2. Représenter cette force en utilisant l'échelle 1 cm pour $0,5 \times 10^{20}$ N.

Exercice 46 :

1. Donner la définition d'un référentiel planétocentrique.
2. Énoncer les trois lois de Kepler dans un référentiel planétocentrique pour un satellite.
3. On considère la trajectoire circulaire.
   a. Que peut-on alors déduire de la deuxième loi de Kepler ?
   b. Écrire la relation de la 3ème loi de Kepler dans ce cas ?

Exercice 47 : Thémisto est un des satellites de Jupiter. La simulation de la trajectoire de ce satellite donne la représentation suivante. Chaque position de Thémisto, modélisée par un point bleu, est relevée à intervalle de temps constant. Deux aires balayées A_1 et A_2 sont représentées.



1. Dans quel référentiel considéré galiléen a-t-on obtenu cette trajectoire ?
2. Jupiter, le point jaune, est-elle au centre de l'orbite de Thémisto ?
3. En utilisant la première loi de Kepler, justifier l'allure de la trajectoire.
4. Quelle relation existe-t-il entre les aires A_1 et A_2 ? Justifier.
5. Que peut-on dire des distances parcourues par le satellite dans le cas des aires A_1 et A_2 ? Quelle est la conséquence pour la vitesse du satellite ?
6. Est-ce en accord avec les différentes positions des points ?

Exercice 48 : Cérès, astre classé dans la catégorie des planètes naines, gravite autour du Soleil dans une ceinture d'astéroïde située entre Mars et Jupiter. Les distances de l'aphélie et du périhélie sont respectivement de $4,47 \times 10^8$ km et $3,81 \times 10^8$ km.
Données : demi-grand axe terre-soleil : $a_T = 1,50 \times 10^8$ km ; période de révolution : T = 365,25 jours.

1. Que pouvez déduire des distances du périhélie et de l'aphélie sur la nature de la trajectoire ?
2. Représenter, sans soucis d'échelle, l'orbite de Cérès. Indiquer les positions de l'aphélie et du périhélie.
3. Calculer la valeur du demi-grand axe a_c.
4. En utilisant la 3e loi de Kepler, la période de rotation de la Terre et la valeur du demi-grand axe de la Terre, calculer la période de révolution de Cérès.

Exercice 49 : Le 29 octobre 2018, le satellite CFOSAT, de masse m, a été mis en orbite circulaire autour de la Terre à une altitude de 519 km par le CNES et son homologue chinois le CNSA, pour cartographier les vents et les vagues à la surface des océans.
Données : Rayon terrestre : $R_T = 6{,}4 \times 10^3$ km ; masse de la Terre : $M_T = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg ; Constante gravitationnelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2}$.

1. Schématiser la situation et représenter la force de gravitation exercée par la Terre sur le satellite.
2. Montrer que le mouvement du centre de masse du satellite CFOSAT est uniforme dans le référentiel géocentrique.
3. Donner les caractéristiques du vecteur vitesse $\vec{v}$ du centre de masse du satellite dans ce référentiel.
4. Déterminer la période de révolution T du satellite.

Exercice 50 : Europe est un satellite de Jupiter, de masse M_J. Son orbite, de rayon r, est supposée circulaire.
Sa vitesse a pour valeur $v = \sqrt{\frac{G.M_J}{r}}$

1. Établir l'expression de sa période de révolution T.
2. En déduire la valeur du rapport $\frac{T^2}{r^3}$
3. Énoncer la troisième loi de Kepler dans le référentiel « jupiterocentrique ».

Exercice 51 : Les plus gros satellites de Jupiter, encore appelés satellites galiléens, ont été découverts par Galilée. On donne les périodes de révolution T eet le rayon r de la trajectoire quasi circulaire de deux de ces satellites :

Satellite	*T* (jours)	*r* (km)
Io	1,77	$4{,}22 \times 10^5$
Ganymède	7,15	$1{,}07 \times 10^6$

1. Énoncer la troisième loi de Kepler dans le référentiel « jupiterocentrique ».
2. Montrer que les données du tableau confirment que ces deux satellites sont en orbite autour de Jupiter.

Exercice 52 : Le télescope spatial Hubble a permis de nombreuses découvertes dans le domaine de l'astrophysique.
Il est placé sur une orbite quasiment circulaire à une altitude h = 600 km par rapport à la surface de la Terre.
Données : Rayon terrestre : R_T = 6 370 km ; masse de la Terre : $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg ; Constante gravitationnelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2}$.

1. Par application de la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées du vecteur accélération du centre de masse H de Hubble dans le repère de Frenet lié au référentiel géocentrique.
2. Déterminer les coordonnées du vecteur vitesse de Hubble dans le repère de Frenet.
3. Calculer la valeur de la vitesse de Hubble dans le référentiel géocentrique.

Exercice 53 : On étudie le mouvement de la Terre autour du Soleil dans le cadre de l'approximation des trajectoires circulaires.
Données : Distance entre les centres de la Terre et du Soleil : $d_{ST} = 149{,}6 \times 10^9$ m.
constante gravitationnelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2}$; masse du Soleil : $M_S = 1{,}99 \times 10^{30}$ kg.

1. Dans quel référentiel considéré galiléen doit-on se placer afin d'étudier ce mouvement ?
2. Exprimer vectoriellement la force qui modélise l'action mécanique exercée par le Soleil sur la Terre, puis la représenter sur un schéma, sans souci d'échelle.
3. Montrer que le mouvement de la Terre est uniforme.
4. Exprimer littéralement la vitesse de la Terre autour du Soleil, puis calculer sa valeur.
5. Exprimer puis calculer la période de révolution T_T de la Terre autour du Soleil, en seconde puis en jour.

Exercice 54 : La myriade de satellites GPS (global positioning system) est placée sur une orbite en étant animé d'un mouvement circulaire et uniforme à une altitude de h = 1,38 x 10^4 m.
Données : Rayon terrestre : R_T = 6 370 km ; masse de la Terre : M_T = 6,0 x 10^{24} kg ;
constante gravitationnelle : G = 6,67 x 10^{-11} $m^3.kg^{-1}.s^{-2}$.

1. Dans quel référentiel considéré galiléen le mouvement d'un satellite GPS est-il décrit ?
2. En utilisant la deuxième loi de Newton, montre que la vitesse de ce type de satellite s'écrit :

$$v = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T + h}}$$

3. En déduire que la période de révolution du satellite est : $T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T+h)^3}{G.M_T}}$
4. Calculer la période de révolution.
5. Combien de tour de la Terre réalise ces satellites par jour ?

Exercice 55 : Le tableau ci-contre donne la période de révolution de quelques planètes du système solaire, ainsi que le rayon de leur orbite assimilable à un cercle dans le référentiel héliocentrique.

Satellite	Mars	Jupiter	Saturne
T (an)	1,88	11,86	29,44
r (x 10^6 km)	228	778	1 427

Données : Constante gravitationnelle : G = 6,67 x 10^{-11} $m^3.kg^{-1}.s^{-2}$; 1 an = 3,156 x 10^7 s.

1. Établir l'expression de la valeur de la vitesse du centre de masse d'une de ces planètes dans le référentiel héliocentrique.
2. En déduire l'expression de sa période de révolution en fonction de G, r et M_S (masse du soleil)
3. Donner l'expression du rapport dans le référentiel héliocentrique. La troisième loi de Kepler est-elle vérifiée ?
4. Déterminer la masse M_S du Soleil.
5. Justifier en quoi la troisième loi de Kepler est une « balance cosmique ».

Exercice 56 : Un satellite géosynchrone est un satellite possédant une orbite circulaire et une période de révolution de T = 86 164 s.

La période de révolution d'un satellite s'écrit : $T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T+h)^3}{G.M_T}}$ où h est la hauteur par rapport au sol, R_T le rayon de la Terre et M_T la masse de la Terre.
Données : Rayon terrestre : R_T = 6 370 km ; masse de la Terre : M_T = 6,0 x 10^{24} kg ;
Constante gravitationnelle : G = 6,67 x 10^{-11} $m^3.kg^{-1}.s^{-2}$.
Période de rotation de la Terre sur elle-même : 23 h 56 min 4s

1. Comparer la période de révolution d'un satellite géosynchrone et la période de rotation de la Terre sur elle-même.
2. Calculer la distance par rapport au sol de ce satellite.
3. Trois orbites circulaires sont données sur les figures **1**, **2** et **3**. Montrer l'une des orbites est incompatible avec les lois de la mécanique.

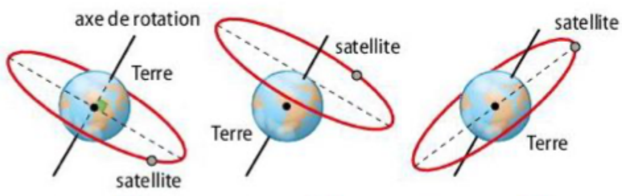
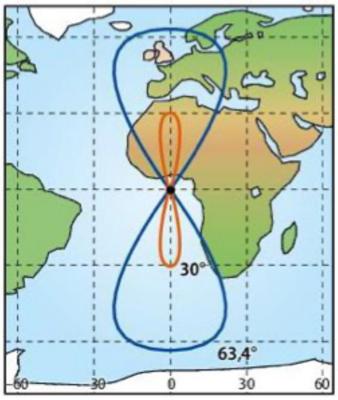


Figure 1 Figure 2 Figure 3

4. D'après les figures ci-dessus, indiquer les situations qui sont susceptibles de représenter une orbite géosynchrone.
5. Un satellite géosynchrone est géostationnaire si celui-ci reste à la verticale d'un point sur terre. Quel est le plan de son orbite ?
6. Quel est le sens de rotation de ce satellite ?
7. Indiquer à quelle figure ci-dessus correspond ce type de satellite.

Exercice 57 : La représentation ci-contre montre la trajectoire de deux satellites géosynchrones dont le plan orbital est décalé de 30° et de 63,4° par rapport au plan l'équatorial.
Un satellite géosynchrone possède une orbite circulaire et une période de révolution égale à la période de rotation de la Terre sur elle-même.



1. Dans quel référentiel considéré galiléen sont représentés les trajectoires de ces deux satellites.
2. Quelle forme obtiendrait-on avec un satellite géostationnaire ?

Exercice 58 : Le niveau moyen global des océans est un indicateur majeur du réchauffement climatique. L'altimétrie satellitaire est une méthode de mesure importante, car elle permet d'assurer un suivi mondial précis et continu depuis 1993. Depuis son lancement en 2013, le satellite franco-indien SARAL assure toujours cette mission.
Données : Rayon terrestre : R_T = 6 370 km ; masse de la Terre : $M_T = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg ;
Constante gravitationnelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ $m^3.kg^{-1}.s^{-2}$.
Période de rotation de la Terre sur elle-même : T_T = 23,93 h.
Masse du satellite SARAL : m_S = 400 kg
Vitesse du satellite SARAL : v_S = 7,47 $km.s^{-1}$.

1. Préciser le nom du référentiel galiléen dans lequel le mouvement du satellite peut être étudié.
2. En supposant une orbite circulaire, schématiser la trajectoire sans souci d'échelle.
3. En déduire la nature du mouvement d'après la deuxième loi de Kepler.
4. Dans le cas de SARAL, préciser la direction prise par son vecteur accélération. Représenter le vecteur $\overrightarrow{a_S}$ sur le schéma.
5. Montrer que le vecteur vitesse de SARAL a pour valeur : $v_S = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T+h}}$
6. Calculer l'altitude h du satellite SARAL à l'aide des données.
7. Préciser en le justifiant si SARAL est géostationnaire.

TYPE BAC 9 : VOYAGE AUTOUR DE SATURNE

En Juillet 2004, la sonde européenne Cassini-Huygens nous a livré ses premiers clichés des anneaux de Saturne.
Elle a également photographié Titan, le plus gros satellite de Saturne, situé à une distance R_T de Saturne. L'excentricité orbitale des satellites étant très faible, on supposera leurs trajectoires circulaires.

Dans tout l'exercice, on se place dans le référentiel saturno-centrique, centré sur Saturne et dont les trois axes sont dirigés vers trois étoiles lointaines supposées fixes.
On considère que la planète Saturne et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons des orbites des satellites sont supposés grands devant leur taille.

Données : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ S.I. : constante de gravitation universelle.
Concernant Titan : $R_T = 1{,}22 \times 10^6$ km (rayon de l'orbite de Titan).
Concernant Saturne : $R_S = 6{,}0 \times 10^4$ km (rayon de la planète Saturne).
T_S = 10 h 39 min (période de rotation de Saturne sur elle-même).
$M_S = 5{,}69 \times 10^{26}$ kg (masse de Saturne).

1. Quelques caractéristiques de Titan :

1.1. Forces
On considère que la seule force gravitationnelle exercée sur Titan provient de Saturne.
1.1.1. Nommer la (les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) au satellite Titan, de masse M_T.
1.1.2. Représenter qualitativement sur un schéma, Saturne, Titan, et la (les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) sur Titan.
1.1.3. Donner l'expression vectorielle de cette (ces) force(s).

1.2. Accélération et vitesse
On étudie le mouvement du centre d'inertie T de Titan. S est le centre d'inertie de Saturne.
Soit $\vec{u}$ le vecteur unitaire porté par la droite ST dirigé de S vers T.
1.2.1. Exprimer son accélération vectorielle $\vec{a}$ en précisant la loi utilisée.
1.2.2. On se place dans la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$ centrée en T dans laquelle $\vec{t}$ est un vecteur unitaire porté par la tangente à la trajectoire et orienté dans le sens du mouvement et $\vec{n}$ un vecteur unitaire perpendiculaire à $\vec{t}$ et dirigé vers l'intérieur de la trajectoire ($\vec{n} = -\vec{u}$).
On donne l'expression de $\vec{a}$ dans la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$: $\vec{a} = a_t\,\vec{t} + a_n\,\vec{n}$
Donner les expressions littérales de a_t et de a_n en fonction de la vitesse v du satellite.
1.2.3. À quelle composante se réduit l'accélération vectorielle $\vec{a}$ de Titan dans la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$? Compléter alors le schéma précédent, avec la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$ et l'accélération $\vec{a}$ de Titan.

1.3. Type de mouvement
1.3.1. Montrer que le mouvement de Titan est uniforme.
1.3.2. Retrouver l'expression de la vitesse de Titan sur son orbite autour de Saturne : $v = \sqrt{\frac{GM_S}{R_T}}$

2. D'autres satellites de Saturne :

Après le survol de Titan, la sonde Cassini a survolé le satellite Encelade en février 2005.
On peut considérer que dans le référentiel saturno-centrique, Encelade à un mouvement de révolution circulaire uniforme, dont la période (en jour terrestre), est $T_E = 1{,}37$ et le rayon est R_E.

2.1. Loi de Kepler
La relation qui lie la période T de révolution d'un satellite, sa vitesse v et le rayon R de son orbite est T = $T = \frac{2\pi R}{v}$.
Sa vitesse de révolution autour de Saturne est donnée par : $v = \sqrt{\frac{GM_S}{R}}$.
2.1.1. Retrouver la troisième loi de Kepler $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G\,M_S}$.
2.1.2. Utiliser la troisième loi de Kepler pour déterminer la valeur du rayon R_E de l'orbite d'Encelade.

3. Sonde saturno-stationnaire :

On cherche dans cette partie à déterminer l'altitude h à laquelle devrait se trouver la sonde Cassini pour être saturno-stationnaire (immobile au-dessus d'un point de l'équateur de Saturne).

3.1. Quelle condition doit-on avoir sur les périodes T_S (rotation de Saturne sur elle-même) et T_C (révolution de Cassini autour de Saturne) pour que la sonde soit « saturno-stationnaire »?

3.2. Altitude de la sonde
3.2.1. En utilisant la troisième loi de Kepler donnée à la question **2.1.1.** , montrer que l'altitude h de la sonde peut se calculer avec la relation: $h = \sqrt[3]{\frac{T_C^2\,G\,M_S}{4\,\pi^2}} - R_S$
3.2.2. Calculer la valeur de h.

TYPE BAC 10 : SATELLITES D'OBSERVATION

Les satellites d'observation sont des objets spatiaux en orbite circulaire autour de la Terre. Leur mission principale est d'effectuer des observations de l'atmosphère, des océans, des surfaces émergées et des glaces, et de transmettre à une station terrestre les données ainsi obtenues.

1. ENVISAT : un satellite circumpolaire.

C'était le plus gros satellite européen d'observation lors de son lancement le 1er mars 2002. Ses capteurs peuvent recueillir des données à l'intérieur d'une bande de largeur au sol de 3000 km permettant une observation biquotidienne de l'ensemble de la planète.

Données : Constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ USI

ENVISAT : masse : $m = 8200$ kg
altitude moyenne : $h = 800$ km
orbite contenue dans un plan passant par les pôles

TERRE : masse : $M = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg
rayon : $R = 6{,}38 \times 10^{3}$ km
période de rotation propre : 1436 minutes

On rappelle l'expression de la valeur de la force d'interaction gravitationnelle entre deux corps de masse m_A et m_B, de centres A et B, de répartition de masse à symétrie sphérique, distants de d = AB : $F = G.\frac{m_A m_B}{d^2}$

1.1.1 Recopier et représenter sur la figure 1 de l'ANNEXE la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre (sa répartition de masse étant supposée à symétrie sphérique) sur le satellite supposé ponctuel et noté S. Donner l'expression vectorielle de cette force en représentant le vecteur unitaire choisi sur la figure 1.
1.1.2 Calculer la valeur de cette force.

1.2 En considérant la seule action de la Terre, établir l'expression vectorielle de l'accélération du satellite dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, en fonction de M, h et R.

1.3 Sur la figure 2 de l'ANNEXE recopier représenter, sans souci d'échelle, le vecteur accélération à trois dates différentes correspondant aux positions A, B et C du satellite.

1.4 Montrer que, dans le cas d'un mouvement circulaire, dont on admettra sans démonstration qu'il est uniforme, la vitesse du satellite a pour expression : $v = \sqrt{\frac{G\,M}{R+h}}$.
1.5 Calculer la vitesse du satellite en $km.s^{-1}$.

1.6 Donner l'expression de la période de révolution du satellite en fonction de sa vitesse et des caractéristiques de la trajectoire R et h. Puis calculer sa valeur.

2. METEOSAT 8 : un satellite géostationnaire.

Ce satellite a été lancé par ARIANE 5 le 28 août 2002. Il est opérationnel depuis le 28 janvier 2004.
La position d'un satellite géostationnaire parait fixe aux yeux d'un observateur terrestre. Situé à une altitude H voisine de 36000 km, il fournit de façon continue des informations couvrant une zone circulaire représentant environ 42% de la surface de la Terre.

2.1. Donner les trois conditions à remplir par METEOSAT 8 pour qu'il soit géostationnaire.

2.2 Troisième loi de Képler dans le cas général d'une trajectoire elliptique :

Pour tous les satellites, le rapport entre le carré de la période de révolution T et le cube du demi-grand axe r de sa trajectoire est le même : $\frac{T^2}{r^3}$ = constante = K.
Dans le cas d'une trajectoire circulaire r correspond au rayon de la trajectoire.
En utilisant les réponses aux questions 1.4 et 1.6, établir l'expression de la constante K en fonction de G et M pour les satellites étudiés. Calculer K dans le système international d'unités.

2.3. En déduire, pour METEOSAT 8, la valeur de R+H, puis celle de H.

2.4. La mise en place du satellite sur l'orbite géostationnaire s'effectue en plusieurs étapes.
Tout d'abord, ARIANE 5 amène le satellite hors de l'atmosphère et le largue sur une orbite de transfert. L'orbite de transfert parcourue par le satellite est une ellipse (voir figure 3 **de L'ANNEXE**) dont le périgée **P** se situe à une altitude voisine de 200 km et l'apogée **A** à l'altitude de l'orbite géostationnaire voisine de 36000 km.
Ensuite le « moteur d'apogée » du satellite lui permettra d'obtenir la vitesse nécessaire à sa mise sur orbite géostationnaire lors des passages successifs par l'apogée.

- À l'aide des données ci-dessus, calculer la longueur r du demi-grand axe de la trajectoire sur cette orbite de transfert.

À l'aide de la troisième loi de Képler, en déduire la période T du satellite sur cette orbite de transfert

ANNEXES

Figure 1

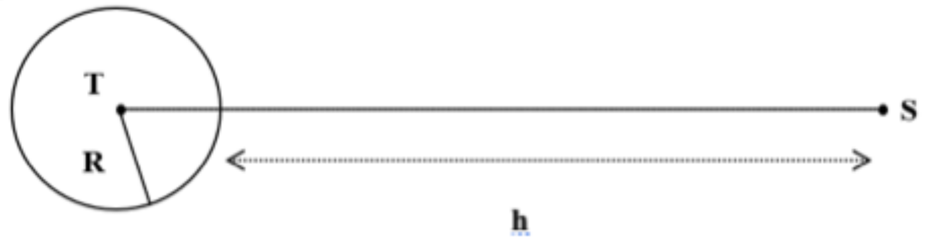


Figure 2

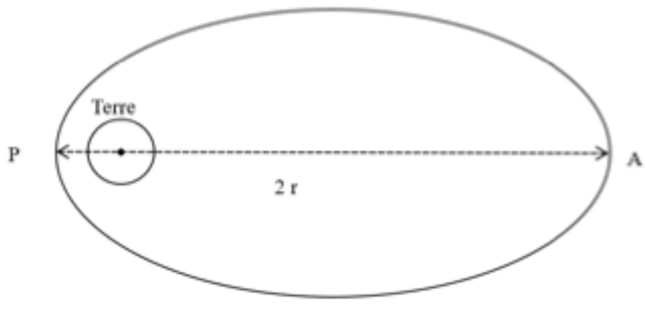
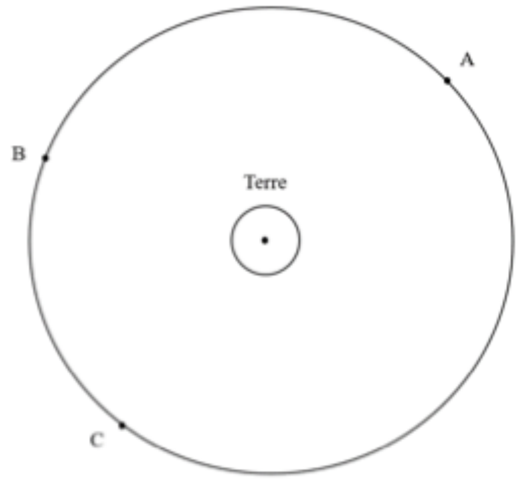


Figure 3



TYPE BAC 11 : LE CERCLE DES PLANÈTES DISPARUS

La planète Pluton, découverte par l'américain Clyde Tombaugh en 1930 était considérée comme la neuvième planète de notre système solaire.
Le 5 janvier 2005, une équipe d'astronomes a découvert sur des photographies prises le 21 octobre 2003 un nouveau corps gravitant autour du Soleil.
Provisoirement nommé 2003 UB313, cet astre porte maintenant le nom d'Éris, déesse grecque de la discorde.
La découverte d'Éris et d'autres astres similaires (2003 EL. 61, 2005 FY9...) a été le début de nombreuses discussions et controverses acharnées entre scientifiques sur la définition même du mot « planète ».
Au cours d'une assemblée générale, le 24 août 2006 à Prague 2500 astronomes de l'Union Astronomique Internationale (UAI) ont décidé de déclasser Pluton comme planète pour lui donner le rang de « planète naine ».

1. Orbite d'Éris

Éris parcourt une orbite elliptique autour du Soleil avec une période de révolution T_E d'environ 557 années terrestres.

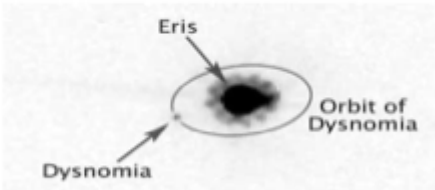
<u>*Données :*</u>

Période de révolution terrestre : T_T =1,00 an
Période de révolution de Pluton : T_P = 248 ans

1.1. Énoncer précisément la troisième loi de Kepler, relative à la période de révolution d'une planète autour du Soleil, dans le cas d'une orbite elliptique.
1.2. L'orbite d'Éris se situe-t-elle au-delà ou en-deçà de celle de Pluton ? Justifier sans calcul.

2. Découverte de Dysnomia

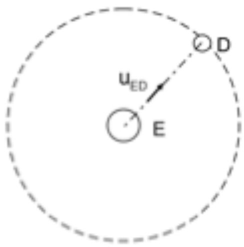
Les astronomes ont découvert ensuite qu'Éris possède un satellite naturel qui a été baptisé Dysnomia (fille d'Éris et déesse de l'anarchie). Six nuits d'observation depuis la Terre ont permis de reconstituer l'orbite de Dysnomia. On obtient la photographie ci-contre.



NASA, ESA and M. Brown (California Institute of Technology)

<u>Données :</u>

M_E *et* M_D *sont les masses respectives d'Eris et de Dysnomia*
Masse de Pluton : $M_P = 1{,}31\times10^{22}$ kg
Rayon de l'orbite circulaire de Dysnomia $R_D = 3{,}60\times10^{7}$ m
Période de révolution de Dysnomia : T_D = 15,0 jours x $1{,}30\times10^{6}$ s
Constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ $m^3.kg^{-1}.s^{-2}$



2.1. Mouvement de Dysnomia

Le *mouvement de Dysnomia autour d'Eris est supposé circulaire et uniforme*.

2.1.1. Définir le référentiel permettant d'étudier le mouvement de Dysnomia autour d'Éris. Par la suite, ce référentiel sera considéré comme galiléen.
2.1.2. Établir l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre d'inertie de Dysnomia en fonction des paramètres de l'énoncé et d'un vecteur unitaire $\overrightarrow{u_{ED}}$ représenté sur le schéma ci-contre.
2.1.3. Préciser la direction et le sens de ce vecteur accélération.

2.1.4. Montrer que la période de révolution T_D de Dysnomia a pour expression $T_D = 2\,\pi\sqrt{\frac{R_D^3}{G.M_E}}$.

Retrouve-t-on la troisième loi de Kepler ? Justifier.

2.2. Masse d'Éris

2.2.1. Déduire de l'expression de T_D (question 2.1.4.) celle de la masse M_E d'Éris. Calculer sa valeur.
2.2.2. Calculer le rapport des masses d'Éris et de Pluton $\frac{M_E}{M_P}$.
Expliquer alors pourquoi la découverte d'Éris a remis en cause le statut de planète pour Pluton.

Faire le DS de l'année N-1

Se mettre en situation durant 1h et faire le DS type de l'année N-1 si disponible en ligne. Comparer sa copie avec la correction.

Préparer la pochette de révisions

Elle doit contenir le livret « Parcours d'exercices et l'ensemble des exercices faits dans le chapitre, les fiches de révisions réalisées.

Après mes révisions, je me sens dans l'état d'esprit suivant pour aborder le devoir surveillé :