

- Cours en ligne
- Cours presentiels

 **MATHS**

 **PC**

 **SVT**

La science autrement...



Nos programmes:

Niveaux : Moyen/Secondaire



Programme Wolof

Apprentissage avec des cours
exclusivement en Wolof



Programme Social

Prise en charge d'élèves avec
des problèmes de moyens



Tous les élèves

Renforcement de capacité
en ligne



Prépa Concours

Préparation des concours comme :
ESP - EMS - ENSA - IPSL
ISFAR ENSAE



77 106 98 79
77 575 04 18



TD GRAVITATION UNIVERSELLE AU BAC

EXERCICE 1 (BAC 2012-S1)

N.B. Les questions 3.2 et 3.3 sont indépendantes de la question 3.1.

Le premier lanceur Ariane est une fusée à trois étages qui pèse, avec sa charge utile (satellite), 208 tonnes au décollage. Le premier étage qui fonctionne pendant 145 secondes est équipé de 4 moteurs Viking V alimentés par du peroxyde d'azote N_2O_4 (masse de peroxyde emportée : 147,5 tonnes). L'intensité de la force de poussée totale $\vec{F}$ est **constante** pendant le fonctionnement des réacteurs et vaut $F = 2445 \text{ kN}$.

Ce lanceur peut mettre en orbite circulaire basse de 200 km d'altitude un satellite de 4850 kg ; il peut également placer sur une orbite géostationnaire un satellite ; comme il peut placer en orbite héliosynchrone des satellites très utiles pour des applications météorologiques.

3.1 Etude du mouvement d'ascension de la fusée.

On étudie le mouvement de la fusée dans le référentiel terrestre qu'on suppose galiléen.

Le champ de pesanteur est supposé uniforme dans le domaine étudié et son intensité est : $g_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

On choisit un axe Oz vertical dirigé vers le haut.

On néglige les frottements et la poussée d'Archimède dans l'air ainsi que l'action des autres planètes.

La fusée Ariane s'élève verticalement sous l'action de la force de poussée $\vec{F}$ due à l'éjection des gaz.

Cette force est donnée par : $\vec{F} = -\mu \vec{V}_E$, relation où $\vec{V}_E$ est la vitesse d'éjection des gaz par rapport à la fusée

et μ le débit constant des gaz qui s'exprime par : $\mu = -\frac{dm}{dt} \frac{dm}{dt}$ avec $-dm$ la masse de gaz éjectée pendant la durée dt .

3.1.1 On désigne par m_0 la masse de la fusée à la date $t = 0$, début de l'ascension et m la masse de la fusée à la date t . Montrer que : $m = m_0 - \mu.t$. (0,5 point)

3.1.2 Calculer, à l'aide des données numériques utiles fournies en début d'énoncé, le débit des gaz μ et la norme V_E de la vitesse d'éjection des gaz. (0,5 point)

3.1.3 Appliquer le théorème du centre d'inertie à la fusée et en déduire l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ en fonction du poids $\vec{P}$ de la fusée, de m et de la force de poussée $\vec{F}$. (0,25 point)

3.1.4 En déduire que la norme de $\vec{a}$ s'écrit $a(t) = \frac{\mu V_E}{m_0 - \mu t} - g_0$. Le mouvement de la fusée est-il uniformément accéléré ? Justifiez sans calcul. (0,5 point)

3.2. Étude du mouvement d'un satellite artificiel situé à basse altitude ($h = 200 \text{ km}$)

On suppose que la Terre, de masse M_T , de rayon R_T et de centre O , est une sphère et qu'elle présente une répartition de masse à symétrie sphérique et que le satellite peut être assimilé à un point matériel.

Le satellite artificiel S, de masse m_s , décrit une orbite circulaire de rayon r autour de la Terre. On suppose que le satellite est soumis uniquement à la force gravitationnelle exercée par la Terre. On notera K , la constante de gravitation universelle.

3.2.1 Exprimer l'intensité du champ de gravitation terrestre $G(h)$ en fonction de M_T , R_T , h et K puis en fonction de R_T , h et G_0 (G_0 étant l'intensité du champ de gravitation terrestre au sol). (0,5 point)

3.2.2 Montrer que le mouvement du satellite dans le référentiel géocentrique est uniforme. (0,5 point)

3.2.3 En déduire l'expression de la vitesse V_s du satellite en fonction de G_0 , R_T et h puis celle de sa période de révolution T_s . (0,5 point)

3.2.4 Calculer V_s et T_s sachant que $G_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$; $h = 200 \text{ km}$ et $R_T = 6400 \text{ km}$. (0,5 point)

3.3. METEOSAT 8 : un satellite géostationnaire.

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

Ce satellite a été lancé par ARIANE 5 le 28 août 2002. Il est opérationnel depuis le 28 janvier 2004.

Il fournit de façon continue des informations couvrant une zone circulaire représentant environ 42% de la surface de la Terre.

3.3.1. Préciser les conditions à remplir par METEOSAT 8 pour qu'il soit géostationnaire. (0,5 point)

3.3.2. En déduire, pour METEOSAT 8, la valeur du rayon R_T+h de son orbite puis celle de son altitude h . (0,75 point)

Données : $G_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$; $R_T = 6370 \text{ km}$; $K = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ S.I.}$; $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

EXERCICE 2 (BAC 2008-S2)

Uranus est la 7^e planète du système solaire. Elle a été découverte en 1781 par William Herschelle. Elle fut mieux connue par l'homme grâce à son survol, en 1986, par la sonde Voyager II. Uranus met 84 ans pour faire un tour complet autour du soleil. Les cinq plus gros satellites de la planète Uranus ont été découverts grâce aux observations depuis la Terre entre 1787 et 1948. Il s'agit de : Miranda, Ariel, Umbriel, Titania et Obéron.

Le tableau qui suit précise le rayon de la trajectoire de l'orbite décrite par chaque satellite autour d'Uranus et la période de révolution (durée d'un tour autour d'Uranus) :

Satellite	Rayon de l'orbite r (10^6 m)	Période de révolution T (jour)
MIRANDA	129,8	1,4
ARIEL	191,2	2,52
UMBRIEL	266,0	4,14
TITANIA	435,8	8,71
OBERON	582,6	13,50

Dans tout le problème, on suppose que la répartition de masse des astres est à symétrie sphérique. Les mouvements des différents satellites d'Uranus sont étudiés dans le référentiel « Uranocentrique » supposé galiléen. On donne : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ SI}$. On prendra 1 jour = 86400 s.

3.1 On se propose de déterminer la vitesse d'un satellite d'Uranus. On admet que le centre d'inertie du satellite effectue un mouvement circulaire dans le référentiel « Uranocentrique ».

3.1.1 Rappeler la définition d'un référentiel géocentrique. Définir, par analogie, le référentiel « Uranocentrique ». (0,50 pt)

3.1.2 Montrer que le mouvement du satellite est uniforme. (0,75 pt)

3.1.3 Etablir l'expression de la vitesse V du centre d'inertie du satellite en fonction du rayon r de sa trajectoire et de sa période T de révolution. (0,25 pt)

3.1.4 Faire l'application numérique pour le satellite Umbriel. (0,25 pt)

3.2 Dans la suite, on cherche à déterminer la masse M d'Uranus par deux méthodes.

3.2.1 Méthode graphique.

La courbe de la fonction $V^2 = f\left(\frac{1}{r}\right)$ où V est la vitesse du satellite dans le référentiel « Uranocentrique »

et r le rayon de l'orbite autour d'Uranus est représentée à la page 4.

a) Etablir l'expression de la vitesse V en fonction de G , M et r . (0,25 pt)

b) En vous aidant de la courbe, déterminer la masse d'Uranus (il n'est pas demandé de rendre la courbe avec la copie ; on expliquera seulement le mode d'exploitation). (0,50 pt)

3.2.2 Utilisation de la troisième loi de Kepler

- a) Etablir la 3^e loi de Kepler $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$ (0,50 pt)
- b) En utilisant les informations données sur les satellites, montrer, aux erreurs d'expériences près, que le rapport $\frac{T^2}{r^3}$ est une constante dont on donnera la valeur numérique. (0,50pt)
- c) En déduire la masse d'Uranus et comparer le résultat avec celui obtenu par la méthode graphique. (0,50 pt)

EXERCICE 3 (BAC 2010-S2)

Données : Constante de gravitation $G = 6,6710^{-11}$ S.I., masse de la Terre $M = 6.10^{24}$ kg,
Rayon de la terre $R = 6400$ km, distance Terre-Soleil $d = 1,5.10^8$ km.

- 3.1 Deux corps ponctuels A et B, de masses respectives m et m' , séparés par une distance d , s'attirent selon la loi de la gravitation universelle.
Rappeler l'expression de l'intensité des forces d'interaction gravitationnelle, s'exerçant entre les corps A et B. (0,25 pt)
- 3.2 Dans l'espace, le soleil, la Terre et autres astres, peuvent être considérés comme des corps ponctuels. Le Soleil exerce sur la Terre une force de gravitation d'intensité $F = 3,5.10^{22}$ N.
Déterminer la valeur de la masse du Soleil. (0,5 pt)
- 3.3 Dans le champ de gravitation, un satellite de la Terre, en mouvement dans le plan de l'équateur, y effectue un mouvement circulaire uniforme à l'altitude $h_1 = 400$ km.
3.3.1 Préciser le référentiel d'étude du mouvement de ce satellite. (0,25 pt)
3.3.2 Exprimer la vitesse linéaire V de ce satellite, puis calculer sa valeur. (0,5 pt)
3.3.3 Etablir les expressions littérales de la période T et de la vitesse angulaire ω du satellite dans ce même repère. Faire l'application numérique. (01 pt)
- 3.4 Entre autres conditions, un satellite de la Terre est géostationnaire si la période de son mouvement vaut 86.400 s. Justifier cette valeur de la période. (0,25 pt)
- 3.5 Exprimer puis calculer l'altitude h d'un satellite géostationnaire. (0,75pt)

EXERCICE 4 (BAC 2015-S2)

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.

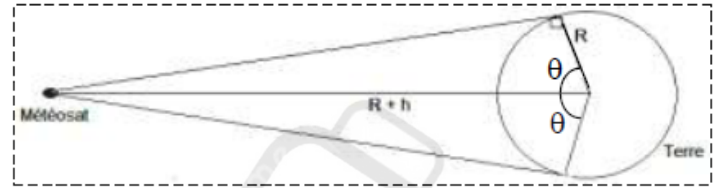
Dans cet exercice, on se propose d'étudier le mouvement circulaire d'un satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique supposé galiléen et de déterminer la fraction de la surface terrestre couverte par le faisceau électromagnétique envoyé par un tel satellite.

- 3.1. Enoncer la loi de gravitation universelle puis donner, schéma à l'appui, sa formulation vectorielle. (0,5 pt)
- 3.2. En déduire l'expression vectorielle du champ de gravitation terrestre $\vec{g}$ à l'altitude h .
Etablir alors l'expression de g en fonction de sa valeur g_0 au sol, de l'altitude h et du rayon R de la Terre. (0,5 pt)
- 3.3. Montrer que le mouvement du satellite géostationnaire est uniforme. (0,5 pt)
- 3.4. Etablir, en fonction de g_0 , R et h , l'expression de la vitesse v du satellite sur son orbite et celle de sa période T . (0,5 pt)
- 3.5. a) Qu'appelle-t-on satellite géostationnaire ? (0,25 pt)
b) Montrer, par un calcul, que l'altitude du satellite géostationnaire vaut $h = 3,58.10^4$ km. (0,5 pt)

3-6 Météosat-8 est un de ces satellites géostationnaires.

3-6-1 Calculer la fraction de la surface terrestre couverte par le faisceau électromagnétique envoyé par Météosat-8. (0,5 pt)

3-6-2 Dire si les observations faites par Météosat-8 concernent toujours la même zone de la Terre ou non. (0,25 pt).



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 $T_1 = 8,6 \cdot 10^4$ s
- Valeur du champ de gravitation terrestre au sol : $\mathcal{G}_0 = 9,8$ S.I

EXERCICE 5 (BAC 2017-S2)

La sonde spatiale SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) est un satellite qui a été mis en orbite par la fusée ATLAS II. Elle a pour mission d'étudier la structure interne du soleil, la chaleur de son atmosphère et les origines du vent solaire.

Dans ce qui suit, on étudie le mouvement de la sonde.

3.1 Au décollage, le mouvement de la fusée ATLAS II est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen. La fusée et son équipement (y compris la sonde) ont une masse $M = 850$ tonnes supposée constante durant le décollage. La force de poussée $\vec{F}$ générée par les propulseurs de la fusée a une intensité égale à $16 \cdot 10^6$ N durant la phase de décollage.

3.1.1 Déterminer la valeur algébrique de l'accélération du centre d'inertie de la fusée durant le décollage sachant que le repère d'espace choisi est l'axe vertical (OZ) orienté vers le haut et que le centre d'inertie de la fusée est initialement confondu avec l'origine O. (0,5 pt)

3.1.2 Etablir la loi horaire de son altitude $z(t)$ durant cette phase. Calculer l'altitude à la date $t = 15$ s. (0,5 pt)

3.2 Le Soleil, de centre S et de masse M_S et la Terre de centre T et de masse M_T , sont considérés comme des astres présentant une répartition de masse à symétrie sphérique. On admet que la Terre décrit autour du Soleil, d'un mouvement uniforme, une orbite circulaire de centre S et de rayon d .

Sa période de révolution est de 365,25 jours.

3.2.1 On suppose que la Terre ne subit que l'action du Soleil. Exprimer la vitesse angulaire de la Terre sur son orbite en fonction de G , M_S et d . (0,5 pt)

3.2.2 En déduire la valeur de la masse M_S du Soleil. (0,25 pt)

3.2.3 Le satellite SOHO, assimilé à un point matériel P de masse m , est placé à un endroit très particulier du système solaire, le point de Lagrange L_1 , situé à la distance ℓ du centre de la Terre. Il décrit autour du Soleil, d'un mouvement uniforme, une orbite circulaire de rayon $b = d - \ell$.

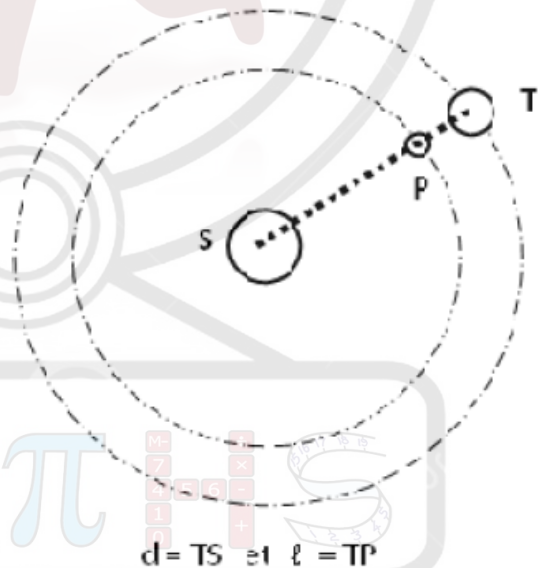
Les centres de S, P et T sont constamment alignés.

3.2.3.1. A quelle vitesse angulaire SOHO tourne-t-il autour du Soleil ? Justifier la réponse. (0,25 pt)

3.2.3.2. Faire l'inventaire des forces qui agissent sur le satellite P. Les représenter sur un schéma. (0,5 pt)

3.2.3.3 En appliquant le théorème du centre d'inertie au satellite et en tenant compte du résultat obtenu à la question 3.2.1, établir la relation entre d ,

ℓ et le rapport des masses $\frac{M_T}{M_S}$, (0,5 pt)



3.2.3.4. Tenant compte du fait que le point de Lagrange L_1 est situé beaucoup plus près du centre de la Terre que de celui du Soleil, on peut faire l'approximation $\frac{\ell}{d} \ll 1$.

Etablir alors la relation : $\left(\frac{\ell}{d}\right)^3 = \frac{M_T}{3 M_S}$

Calculer la distance ℓ situant le point de Lagrange à la Terre.

(0,5 pt)

3.3 Quel est l'avantage d'un satellite comme SOHO par rapport à des observatoires terrestres?

(0,25 pt)

3.4 D'après un article extrait d'un hebdomadaire de vulgarisation scientifique « *SOHO est le premier observatoire spatial à être placé à un endroit très particulier du système solaire le point de Lagrange L_1 du nom d'un mathématicien français qui en a découvert l'existence... A cet endroit précis où l'attraction du Soleil équilibre très exactement l'attraction de la Terre, le satellite spatial peut observer le Soleil 24h sur 24* ».

L'information fournie par cet article selon laquelle SOHO est situé à un endroit précis où l'attraction du Soleil équilibre très exactement l'attraction de la Terre est-elle compatible avec le mouvement circulaire uniforme de SOHO autour du Soleil ? Justifier la réponse.

(0,25 pt)

Données : masse de la Terre $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg ; distance Terre-Soleil $d = 1,50 \cdot 10^8$ km ;

Constante de gravitation $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N.m².kg⁻² ; intensité du champ de gravitation terrestre au sol, $g_0 = 9,80$ m.s⁻².

EXERCICE 6 (BAC 2019-S2)

En 1997 a été effectuée une mission spatiale destinée à l'exploration de Saturne. Huit ans plus tard la sonde d'exploration s'est posée sur Titan le plus gros des satellites de Saturne.

Le tableau ci-après rassemble les données relatives à Titan et à trois autres satellites de Saturne.

Satellite	Distance moyenne au centre de Saturne r (en km)	Période de révolution T	Rapport $\frac{T^2}{r^3}$
Janus	$159 \cdot 10^3$	17 h 38 min	
Encelade	$238 \cdot 10^3$	1 j 8 h 53 min	
Dione	$377 \cdot 10^3$	2 j 17 h 41 min	
Titan	$1220 \cdot 10^3$	15 j 22 h 41 min	

3.1 On s'intéresse à l'étude du mouvement d'un satellite supposé ponctuel de masse m en orbite circulaire de rayon r autour de Saturne. Le mouvement est étudié dans un référentiel lié à Saturne qui sera considéré comme un référentiel galiléen. On suppose que le satellite est soumis à la seule action de Saturne. On assimile Saturne à un corps sphérique de masse M possédant une répartition sphérique de masse.

3.1.1 Après avoir rappelé la loi de la gravitation universelle, faire un schéma où seront représentés Saturne, le satellite et la force de gravitation exercée par Saturne sur le satellite.

On notera K , la constante de gravitation et on prendra $K = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N.m².kg⁻².

(0,5 point)

3.1.2 Par application de la deuxième loi de Newton déterminer les caractéristiques du vecteur accélération du mouvement du satellite.

(0,5 point)

3.1.3. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.

(0,25 point)

3.1.4. Etablir la relation entre la période de révolution T du satellite et le rayon r de sa trajectoire.

(0,25 point)

3.2 Recopier le tableau ci-dessus et le compléter par les valeurs du rapport $\frac{T^2}{r^3}$.

La 3^{ème} loi de Kepler est-elle vérifiée ?

(0,75 point)

NB : On utilisera les unités du système international pour le calcul du rapport $\frac{T^2}{r^3}$

3.3 Déterminer la masse M de Saturne.

(0,5 point)

3.4 On définit l'énergie potentielle d'interaction gravitationnelle E_p entre Saturne et le satellite par :

$$\frac{dE_p}{dr} = F(r) ; \text{ relation où } F(r) \text{ est l'intensité de la force de gravitation que l'un exerce sur l'autre.}$$

3.4.1 En choisissant $E_p = 0$ quand r tend vers l'infini, déterminer l'expression de E_p

(0,5 point)

3.4.2. Comparer l'énergie potentielle E_p avec l'énergie cinétique E_c du satellite.

(0,25 point)

3.4.3. Déterminer l'énergie mécanique totale E_m du satellite en fonction de k , M , m et r .

La calculer pour Titan de masse $m = 1,35 \cdot 10^{23}$ kg.

(0,5 point)

EXERCICE 7 (BAC 2020-S2)

Dans le domaine de l'aéronautique, une navette spatiale désigne conventionnellement un véhicule spatial pouvant revenir sur Terre en effectuant un atterrissage contrôlé à la manière d'un avion et pouvant être réutilisé pour une mission ultérieure. Le vol d'une navette spatiale comprend trois étapes : le lancement, le vol orbital et l'atterrissage. On se propose d'étudier le vol orbital.

Dix minutes après le décollage, la navette est en mouvement circulaire uniforme autour de la terre à l'altitude h .

Sa masse est $m = 69,68 \cdot 10^3$ kg. L'intensité du champ de gravitation terrestre à l'altitude h est $G_h = 6,95 \text{ m.s}^{-2}$.

Le rayon de la terre est $R_T = 6380$ km. La masse de la terre sera notée M_T .

3.1 Rappeler l'expression de la force de gravitation universelle, puis établir l'expression de l'intensité du champ de gravitation G_h en fonction de G_0 , R_T et h ; G_0 étant l'intensité du champ de gravitation au sol ($G_0 = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$).

(0,5 point)

3.2 En déduire l'expression de l'altitude h de la navette. Calculer sa valeur.

(0,5 point)

3.3 Etablir l'expression de la vitesse V du centre d'inertie de la navette à l'altitude h en fonction de G_h , R_T et h .

Calculer cette vitesse V pour $h = 1196$ km.

(0,75 point)

3.4 Etablir l'expression de la période T de révolution de la navette à l'altitude h en fonction de R_T , V et h .

Calculer la période T .

(0,5 point)

3.5 La navette se trouvant à l'altitude h , se déplace d'Ouest en Est.

Calculer l'intervalle de temps Δt qui sépare deux passages successifs de la navette à la verticale d'un point de la Terre.

On rappelle que la période de révolution de la Terre autour de l'axe des pôles est $T_T = 86164$ s.

(0,75 point)

3.6 La navette doit être mise sur l'orbite d'altitude $h' = 2h$ pour une autre mission avant son retour.

3.6.1 Donner l'expression de l'énergie mécanique de la navette évoluant à l'altitude h en fonction de G_0 , R_T , m et h .

L'expression de l'énergie potentielle de gravitation du satellite est ;

$$E_p(r) = -\frac{K M_T m}{r} \text{ avec } r \text{ le rayon de l'orbite de la navette.}$$

(0,5 point)

3.6.2 Déterminer l'énergie que doivent fournir les moteurs pour faire passer la navette de l'altitude h à l'altitude $h' = 2h$.

(0,5 point)

