

Examen du 8 janvier 2009
Questions de cours
15 minutes (sans documents ni calculatrice)

1. Points de Lagrange

Position du problème dynamique ; propriétés et localisation des points ; exemples de positionnement d'objets naturels et artificiels au voisinage de certains points de Lagrange dans le système solaire

2. Coordonnées équatoriales et écliptiques

Définitions de l'ascension droite et de la déclinaison ; définitions de la latitude et de la longitude écliptiques ; valeurs approchées de la latitude écliptique et de la déclinaison du Soleil aux solstices d'hiver et d'été

3. Hauteur d'échelle

Démontrer que la relation entre pression P et altitude z est de la forme $P = P_0 \exp(-z/H)$; préciser la valeur de H dans la basse atmosphère terrestre, et l'altitude à laquelle P est divisé par 2,7 environ

4. Radioastronomie

Gammes de longueurs d'onde accessibles dans la fenêtre radio ; grand radiotélescope installé en France ; très grand radiotélescope en construction au Chili (noms et caractéristiques principales)

5. Grands télescopes contemporains

Principes simplifiés et intérêts de : l'optique adaptative, l'optique active, l'interférométrie optique

Examen du 11 janvier 2007
Introduction à l'astrophysique, exercices
1 h (documents de cours et calculatrice autorisés)

1. Exploration des planètes intérieures (14)

Mercure et Vénus, plus proches du Soleil que la Terre, sont encore appelées planètes intérieures. Une sonde spatiale européenne, Venus Express, a été lancée fin 2005 pour arriver autour de Vénus quelques mois plus tard ; une autre sonde européenne, BepiColombo, est en cours de réalisation, pour un lancement en 2013 et une arrivée autour de Mercure environ 6 ans plus tard.

- a) Dessiner à l'échelle les orbites de Mercure, Vénus et la Terre (par exemple avec 1 UA = 5 cm), Représenter sur cette figure l'orbite de Hohmann permettant d'aller de la Terre à Vénus. Rappeler l'expression du demi grand-axe A de l'orbite de Hohmann entre la Terre et une planète de demi-grand axe a . Rappeler également l'expression de la vitesse orbitale sur une orbite képlérienne de demi-grand axe A en un point distant de r du Soleil.
- b) Quelle serait la durée théorique (en mois) du transfert de la Terre à Vénus ? Et celle du transfert de la Terre à Mercure ?
- c) Déterminer les valeurs numériques de la vitesse v_1 de la Terre sur son orbite, de la vitesse v_2 au niveau de la Terre sur une orbite de Hohmann entre la Terre et Vénus, et donc du Δv initial à communiquer à une sonde spatiale partant de la Terre vers Vénus.
- d) Calculer la vitesse v_3 au niveau de Vénus sur l'orbite de Hohmann précédente, la vitesse v_4 de Vénus sur son orbite, et donc le Δv final à communiquer à cette même sonde spatiale pour qu'elle effectue son rendez-vous avec Vénus.
- e) Effectuer également le calcul du Δv initial pour une sonde spatiale allant de la Terre à Mercure.
- f) De même, effectuer le calcul du Δv final pour une sonde spatiale allant de la Terre à Mercure.
- g) Comparer le ΔV total (initial + final) pour Vénus au ΔV total pour Mercure. Proposer une explication au fait qu'aucune sonde n'a encore mise en orbite autour de Mercure. Quelle(s) solutions peut-on suggérer pour y parvenir ?

On admettra, pour simplifier le problème, que les planètes décrivent des orbites circulaires dans l'écliptique. On veillera à employer des unités homogènes dans les formules.

Données numériques

$G = 6,67 \times 10^{-11}$ SI

$M_{\text{Soleil}} = 2 \times 10^{30}$ kg

1 UA = $1,496 \times 10^{11}$ m

Demi-grand axe Vénus = 0,723 UA

Demi-grand axe Mercure = 0,387 UA

2. Système imageur embarqué (/6)

Un système imageur constitué de deux caméras CCD, la WAC (wide angle camera) et la NAC (narrow angle camera), est embarqué sur la sonde Rosetta qui se mettra en orbite autour du noyau d'une comète en 2014. La distance focale, l'ouverture, le champ, et la résolution angulaire par pixel sont indiqués ci-dessous.

- a) Déterminer les expressions de la taille maximale de l'image s , du diamètre du miroir principal D , et de la résolution X (en mètre) observée à la surface du noyau cométaire, que l'on supposera situé à 10 km de la sonde
- b) Calculer les valeurs correspondantes pour chacune des deux caméras

Données numériques

	NAC	WAC	Unités
Distance focale	700	140	mm
Rapport d'ouverture	f/8	f/5,6	
Champ	2,35	12,1	degré
Résolution angulaire	20	100	micro-radian/pixel

Introduction à l'astrophysique, janvier 2009
Éléments de correction (à vérifier)

I. Exploration des planètes intérieures

- a) *Dessin soigneux, avec orbite bitangente à celles de la Terre et de Vénus*
 $A = (1/2) (1 + a)$, en UA
 $v = [GM (2/r - 1/A)]^{1/2}$
Environ 8 mois
- b) *Pour Vénus, environ 4,8 mois*
Pour Mercure, environ 3,5 mois
- c) $v_1 \approx 30$ km/s
 $v_2 \approx 27$ km/s, d'où une différence de l'ordre de - 3 km/s
- d) $v_3 \approx 38$ km/s
 $v_4 \approx 35$ km/s, d'où une différence de l'ordre de - 2 km/s
- e) $v_2 \approx 22$ km/s, d'où une différence de l'ordre de - 8 km/s
- f) $v_3 \approx 57$ km/s
 $v_4 \approx 48$ km/s, d'où une différence de l'ordre de - 9 km/s
- g) ΔV total pour Mercure \approx - 17 km/s
 ΔV total pour Vénus \approx - 5 km/s
Une mission directe vers Mercure, avec un ΔV aussi élevé, est impossible techniquement. Elle devient désormais possible (missions Messenger Nasa et BepiColombo ESA) avec l'emploi de l'assistance gravitationnelle et/ou de la propulsion électrique.

2. Système imageur embarqué

Il vient

$s = f \tan \theta$, où θ correspond au champ,

$D = f/n$, où n est le rapport d'ouverture,

$X = L \tan r$, où r la résolution angulaire par pixel et L la distance de la surface.

D'où	NAC	WAC	Unités
Taille max. image s	30	25	mm
Diamètre miroir D	25	88	mm
Résolution en surface X	0,2	1	m