

Nom _____ Groupe _____ Date _____

Partenaire _____

LABORATOIRE No 8

LES PLANÈTES DU SYSTÈME SOLAIRE

Étude préliminaire

Définissez les termes suivants:

Révolution

Rotation

Albédo

LABORATOIRE No 8

LES PLANÈTES DU SYSTÈME SOLAIRE

I. Introduction et objectifs

Un des problèmes les plus intéressants en astronomie concerne l'origine de notre système solaire. À partir de l'échelle planétaire, la gravitation règne en maître incontesté. Ainsi, les planètes connues et leurs satellites, les comètes, les astéroïdes, les météorites et sans doute un nombre de petits objets encore inconnus sont liés, par la gravitation, au Soleil. Avant de s'interroger sur les possibilités d'existence d'autres systèmes solaires, nous devons comprendre la naissance et l'évolution de notre système solaire. Ce laboratoire a pour but de vous familiariser avec les propriétés planétaires.

Après ce laboratoire, vous devrez être capable de:

- a) définir les termes suivants: *révolution*, *rotation*, *albédo*.
- b) connaître les lois de Kepler;
- c) connaître les lois de Newton.

LES MOUVEMENTS PLANÉTAIRES

Le mouvement orbital des planètes est une propriété étudiée depuis des siècles. Le terme révolution signifie un mouvement orbital d'un corps autour d'un autre. Toutes les planètes effectuent cette révolution autour du Soleil dans le sens direct (c'est-à-dire dans le sens anti-horaire vu du pôle Nord du système solaire). De plus, chaque planète décrit une rotation sur elle-même autour d'un axe qui la traverse. La plupart des planètes tournent sur elles-mêmes dans le même sens. Il y a toutefois quelques exceptions qui viennent rompre cette harmonie. Dans le système solaire extérieur, deux planètes, Uranus et Pluton, tournent sur elles-mêmes en étant couchées, c'est-à-dire que leur axe de rotation est pratiquement parallèle au plan du système solaire. Vénus, quant à elle, tourne sur elle-même carrément à l'envers, c'est-à-dire dans le sens horaire; on qualifie sa rotation de rétrograde.

L'orientation de l'axe de rotation d'une planète est précisée par **l'angle d'inclinaison** par rapport à un axe perpendiculaire au plan de l'orbite de la planète autour du Soleil. Ainsi, une inclinaison de 90° signifie un axe de rotation qui est incliné dans le plan de l'orbite de la planète tandis qu'une inclinaison de 0° indique que l'axe est perpendiculaire au plan orbital. Lorsqu'on compare les plans des orbites planétaires, on utilise l'écliptique, le plan de l'orbite terrestre comme référence. Ainsi, l'angle d'inclinaison entre le plan de l'orbite d'une planète et celui de la

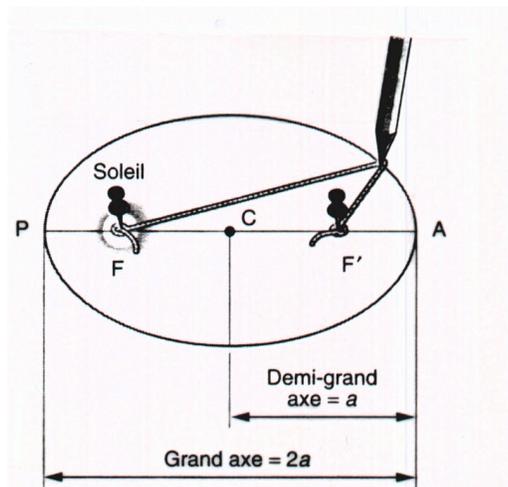
Terre est appelé l'inclinaison de l'orbite.

LES LOIS DE KEPLER

En interprétant les observations de Tycho Brahe, Kepler décrit le mouvement planétaire en termes de trois lois.

Première loi de Kepler

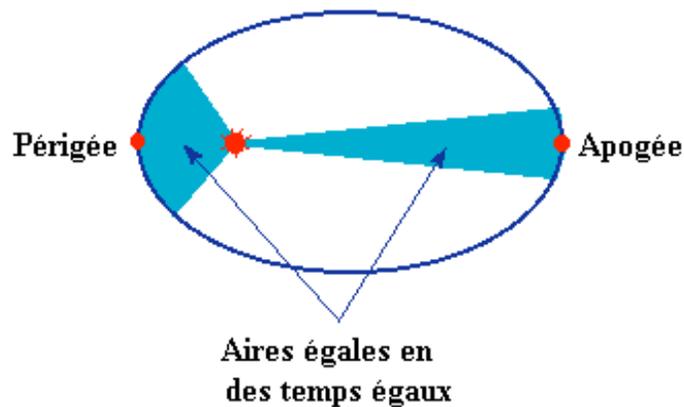
Les planètes tournent autour du Soleil sur des courbes fermées ou orbites appelées ellipses, ayant le Soleil localisé à un des foyers de l'ellipse. Le diagramme ci-dessous montre une ellipse



avec ses propriétés caractéristiques.

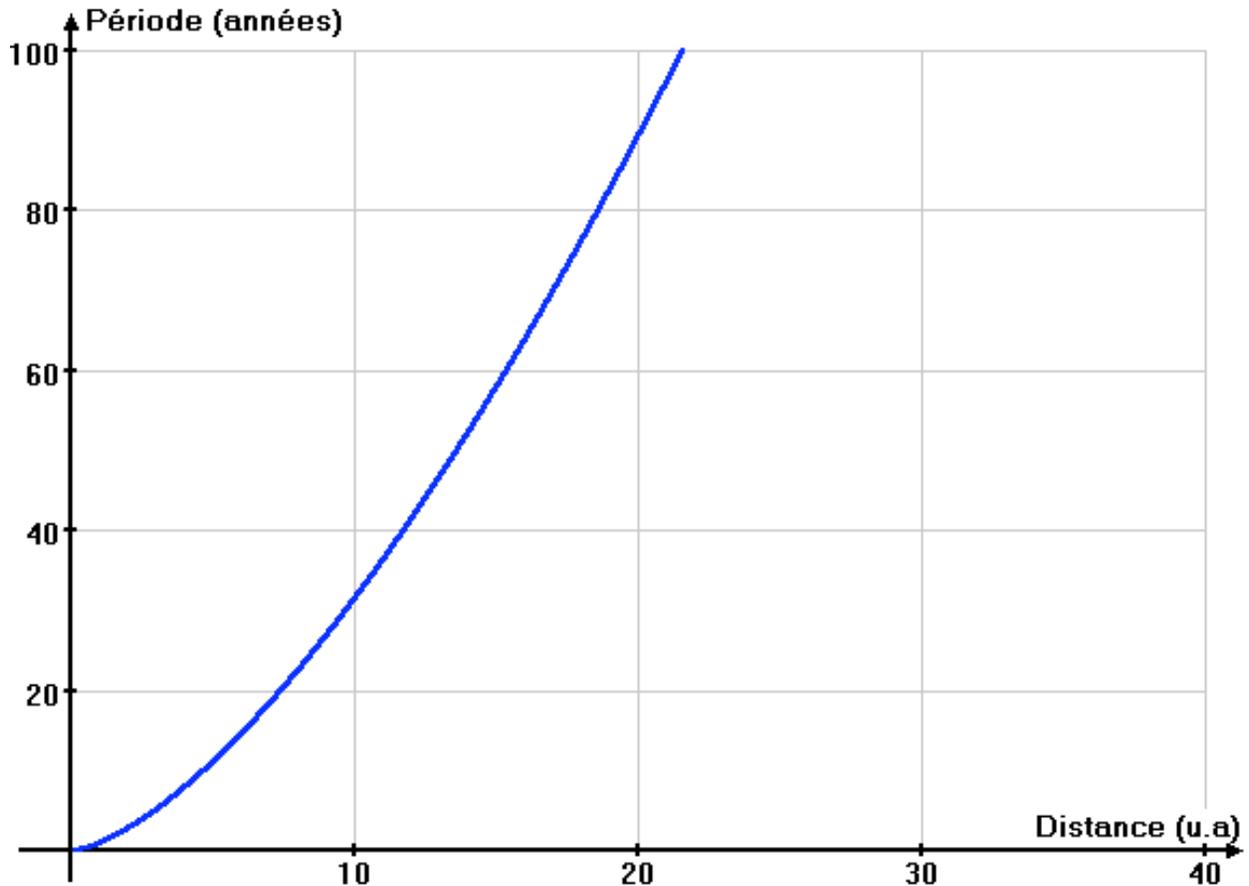
Deuxième loi de Kepler

La ligne qui relie la planète au Soleil balaie des aires égales en des temps égaux.



Troisième loi de Kepler

Le carré de la période (T) de révolution d'une planète est égal au cube du demi grand-axe. Le graphique ci-dessous illustre la relation période-distance.



La première loi de Kepler indique que les planètes ne sont pas toujours situées à la même distance du Soleil. Les distances extrêmes se situent le long du grand axe de l'ellipse et s'appellent *perihélie* (distance la plus près) et *l'aphélie* (distance la plus éloignée). Le demi grand axe (la moitié du grand axe) représente la distance moyenne séparant la planète du Soleil. La seconde loi de Kepler indique que la vitesse orbitale d'une planète varie et dépend de la distance qui la sépare du Soleil. La troisième loi de Kepler indique que les planètes ont des périodes de révolution plus grandes lorsqu'elles sont plus éloignées du Soleil. Notons que la période de révolution est le temps nécessaire d'une révolution complète autour du Soleil.

LES LOIS DE NEWTON

Les lois de Kepler décrivent, sans les expliquer, les mouvements planétaires. Le génie d'Isaac Newton a réussi à expliquer les mouvements planétaires en termes de *force gravitationnelle* et postulat ces fameuses lois.

Première loi de Newton (*la loi d'inertie*)

En l'absence de frottement ou de tout autre contrainte ou force, un objet continuera sur sa lancée en ligne droite et à vitesse constante.

Deuxième loi de Newton

Un corps soumis à l'action d'une force extérieure est accéléré dans la direction de cette force; son accélération est directement proportionnelle à la force extérieure qui agit sur lui.

$$F = ma$$

Troisième loi de Newton (action-réaction)

À toute action correspond une réaction égale et de sens opposé.

LA GRAVITATION UNIVERSELLE

Nous devons d'abord préciser que *l'accélération* est la mesure du changement de vitesse (grandeur et/ou direction). Le fait qu'une planète change de direction dans son mouvement de révolution autour du Soleil, implique qu'une force (dirigée vers le Soleil) agit sur elle.

Deux corps matériels s'attirent avec une force dirigée suivant la droite qui les joint, proportionnelle au produit de leur masse et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare.

$$F_G = \frac{Gm_1 m_2}{r^2}$$

Champ gravitationnel

Pour spécifier l'intensité de la gravitation à la surface d'une planète, il est utile de calculer la force de gravitation par unité de masse de l'objet attiré, appelée *champ gravitationnel* et dénotée par *g*.

La vitesse de libération

On définit la vitesse de libération comme étant la vitesse minimale qu'un objet doit atteindre pour se libérer du champ gravitationnel, et s'éloigner indéfiniment. Par exemple, à la surface de la Terre, la vitesse de libération est de *11,2 km/s*.

Masse d'une planète

On peut déterminer la masse d'une planète en observant la période de révolution d'un de ses satellites. On peut ainsi calculer la force gravitationnelle agissant sur ce satellite et par la suite en déduire la masse de la planète.

Aplatissement

Puisque le diamètre des planètes peut être photographié, le rapport du diamètre angulaire sur la distance (que l'on suppose connue) donne directement le diamètre planétaire. Plusieurs planètes possèdent des diamètres équatoriaux plus grands que leurs diamètres polaires. Cette propriété, appelée aplatissement, peut se calculer de la façon suivante:

$$\text{aplatissement} = \frac{\text{diamètre équatorial} - \text{diamètre polaire}}{\text{diamètre équatorial}}$$

Densité

Puisque la masse et les dimensions planétaires peuvent être connues, nous pouvons calculer la densité moyenne d'une planète. Cette mesure nous indique de quelle façon la matière de cette planète est comprimée. Vous devez toutefois noter que la densité moyenne n'est pas la densité à la surface, ni la densité au centre. La densité moyenne demeure très importante pour déterminer la composition interne d'une planète.

Température

Pour évaluer théoriquement la température moyenne d'une planète, il faut d'abord tenir compte du fait que celle-ci réfléchit directement dans l'espace un pourcentage de l'énergie solaire incidente. Ce facteur se nomme *albédo* et s'exprime habituellement par un chiffre compris entre 0 (réflexion nulle) et 1 (réflexion à 100%). Pour la Terre, l'albédo est de 35 %. Une fois l'albédo pris en considération, on peut supposer que la planète émet de la lumière et les équations du rayonnement (corps noir) nous permettent de calculer la température d'équilibre de la planète. Il faut noter que ce calcul tient compte de la distance séparant la planète du Soleil.

S'il y a une atmosphère au-dessus de la planète, celle-ci piège la radiation planétaire et fait augmenter la température de surface. Le processus de *piéger la radiation* jusqu'à ce qu'une température de surface plus haute soit atteinte est appelé **effet de serre**.

Aujourd'hui, les différentes propriétés planétaires sont étudiées afin de construire des modèles mathématiques des planètes. Ces modèles décrivent l'évolution des planètes et nous renseignent sur le processus d'évolution du système solaire.

Nom _____ Groupe _____ Date _____

Partenaire (s) _____

LABORATOIRE No 8

LES PLANÈTES DU SYSTÈMES SOLAIRES

RAPPORT DE LABORATOIRE

1. Afin de bien distinguer **rotation** et **révolution**, répondez aux questions ci-dessous.

Les illustrations ci-dessous illustrent Jupiter et les lunes galiléennes.



Positions des satellites de Jupiter à 21h00 le 21 janvier (image du haut), le 28 janvier (image du milieu) et le 4 février (image du bas)

a) Quel type de mouvement, *rotation* ou *révolution*, est illustré par les satellites ?

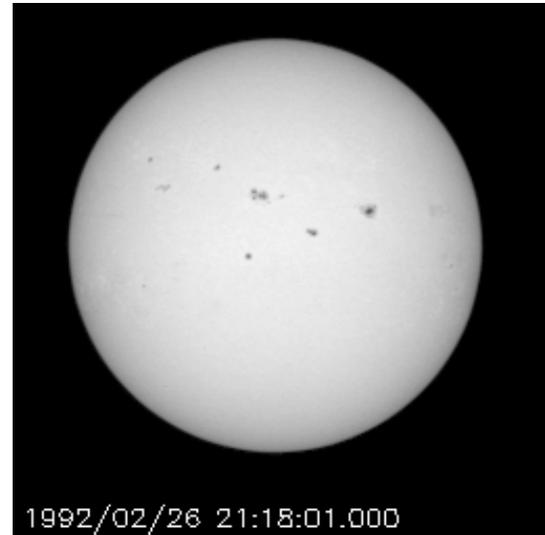
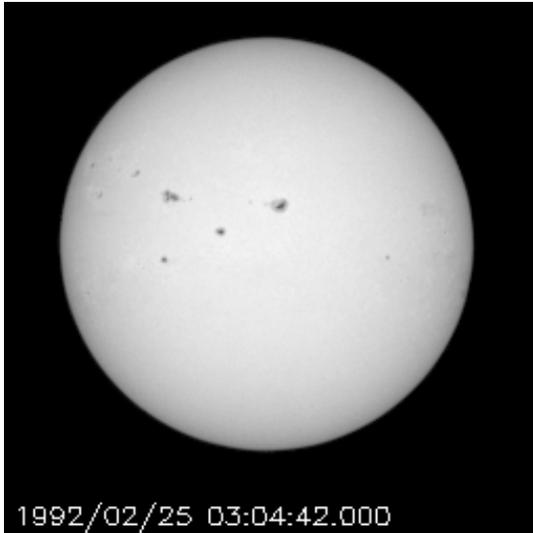
b) Déterminez la période de Ganymède (G). _____

c) La représentation ci-contre illustre les bandes sur la surface de Jupiter. Sachant que ces bandes sont parallèles à l'équateur de la planète et que l'axe de rotation de celle-ci est perpendiculaire à l'équateur, dessinez l'axe de rotation de Jupiter sur ce cliché.



d) En utilisant comme référence l'axe de rotation de Jupiter précisez de quelle façon sont orientés les plans du mouvement orbital des satellites (parallèle ou perpendiculaire à l'axe). _____

2) Les deux photographies ci-dessous illustrent le déplacement des taches solaires à la surface du Soleil.



a) De quel type de mouvement s'agit-il ? Supposez que ces taches sont fixes sur la surface solaire. _____

b) Déterminez approximativement la période de rotation du Soleil (en jours) _____

3) Les illustrations ci-dessous illustrent le changement de position des satellites d'Uranus le 1^{er} octobre



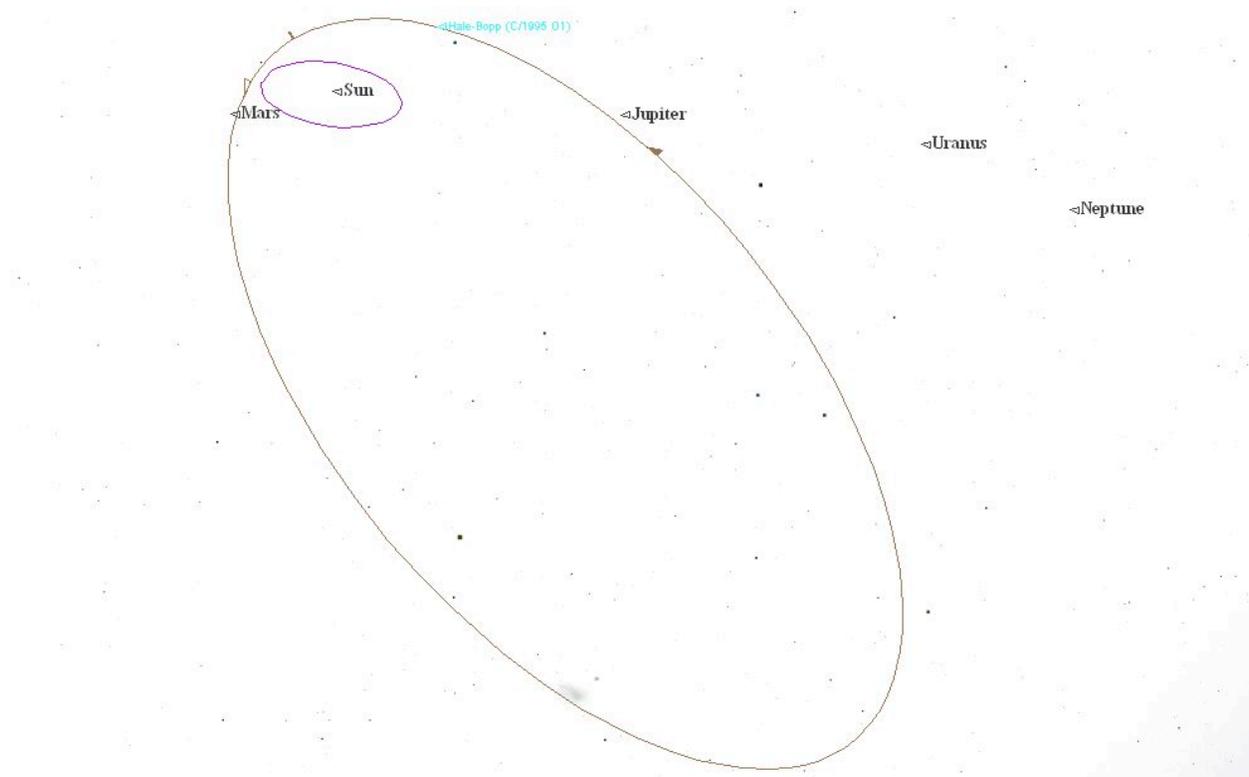
a) À partir du mouvement du satellite, déterminez si le plan orbital de celui-ci est parallèle ou perpendiculaire à la ligne de visée. _____

b) Sur l'illustration ci-contre, dessinez l'axe de rotation d'Uranus si l'orbite du satellite est située dans le plan équatorial.



4. La notion d'ellipse est très importante en astronomie. Les questions suivantes devraient vous amener une meilleure compréhension.

Voici l'orbite de la comète Hale Bopp



a) Marquez le centre de l'ellipse (au milieu du grand axe) par un petit x .

b) Utilisez une accolade pour indiquer la distance entre un foyer et le centre. Indiquez c .

c) En utilisant une accolade, indiquez la distance entre le centre et le bord de l'ellipse. Cette distance est appelée demi grand axe. Indiquez a .

d) L'excentricité e de l'orbite d'un astre est donnée par le rapport c/a , où c et a ont été déterminés dans les questions précédentes. La valeur de l'excentricité est comprise entre 0 et 1.

Il faut remarquer que plus l'aplatissement de l'ellipse augmente, plus e augmente.

Déterminez l'excentricité de l'ellipse dessinée.

$a =$ _____ cm $c =$ _____ cm $e =$ _____

5. L'excentricité de l'ellipse dessinée à la question précédente est caractéristique des orbites **cométaires**. En utilisant l'échelle suivante: 1cm = 1 u.a., complétez les questions ci-dessous.

a) Quelle est, en u.a., la distance du périhélie de la comète ? _____

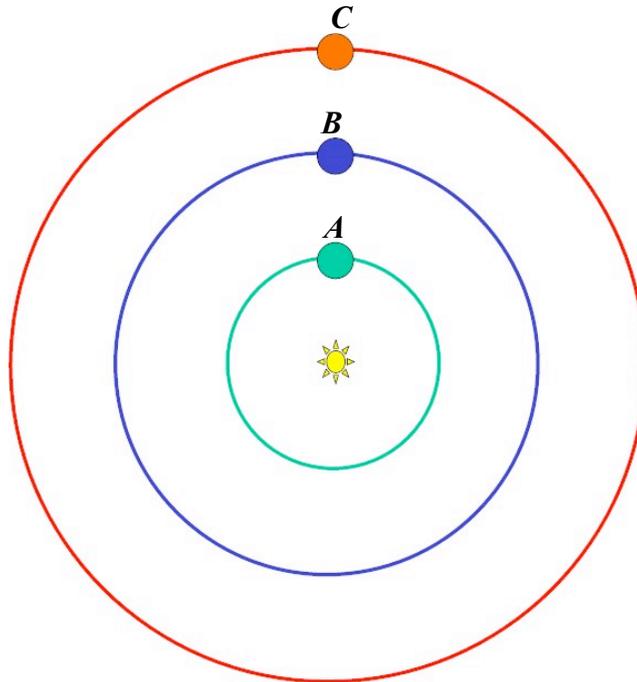
b) Quelle est, en u.a., la distance de l'aphélie de la comète ? _____

c) Quelle est la distance moyenne en u.a. ? _____

d) Que vaut, en u.a., le demi grand axe ? _____

e) Comparez (faites un rapport) le demi grand axe et la distance moyenne. _____

6. La troisième loi de Kepler relie la période orbite de révolution d'une planète à la distance moyenne de cette planète au Soleil. Complétez les questions ci-dessous.



- a) Le diagramme ci-dessus illustre les orbites de trois planètes **A**, **B** et **C**. Les rayons des orbites de ces planètes sont respectivement de 1 u.a., 2 u.a. et de 4 u.a. Si la période de révolution de la planète **A** vaut une année et que nous supposons que toutes les planètes possèdent la même vitesse (ce qui est faux), indiquez la position de chaque planète à la fin d'une année.
- b) Quelle est la période de révolution de la planète **B** ? _____
- c) Quelle est la période de révolution de la planète **C** ? _____
- d) En généralisant les résultats obtenus, quelle sera la période de Saturne qui se trouve à une distance moyenne de 10 u.a. du Soleil ? _____
- e) Puisque la période de Saturne est d'environ 30 ans, que déduisez-vous de la vitesse réelle de cette planète ? _____
- f) Vérifiez si la troisième loi de Kepler donne le bon ordre de grandeur pour la planète Saturne.

7. Les concepts de *champ gravitationnel* et de *vitesse de libération* peuvent être très utiles lors de l'étude de modèle atmosphérique. L'énergie moyenne de mouvement des atomes et molécules de gaz est directement liée à la température du gaz. En effet, dans une atmosphère à haute température, les atomes (ou molécules) d'un gaz possèdent une plus grande énergie que les atomes d'un gaz à basse température. Cette énergie de mouvement dépend de la masse des particules ainsi que du carré de la vitesse ($E \propto mv^2$).

- a) Dans une atmosphère planétaire dont la température est de 300 K, où tous les atomes possèdent la même énergie de mouvement, quels atomes sont les plus susceptibles de posséder une vitesse plus grande que la vitesse de libération, les plus légers (H, He) ou les plus lourds ?

- b) Pour des planètes de même dimension mais de masses différentes, quelle est la plus apte à maintenir une atmosphère ?

- c) Mercure et Mars sont pratiquement de même dimension. Quel facteur peut expliquer la présence d'une mince couche d'atmosphère sur Mars (CO_2) et l'absence d'atmosphère sur Mercure ? _____

d) L'hydrogène, l'élément le plus léger, peut s'échapper facilement de l'atmosphère d'une planète. Cependant, plusieurs phénomènes permettent à l'hydrogène de demeurer sur une planète, même si la gravité de surface n'est pas très grande. Trouvez un moyen, autre qu'une basse température, pour que l'hydrogène puisse être retenu sur la planète.

e) L'hélium est le deuxième élément le plus léger. La réponse que vous avez fournie en *d* serait-elle valable également pour l'hélium ?

8) L'aplatissement est une propriété planétaire simple qui nous renseigne sur la nature et la rotation d'une planète.

a) Sur le cliché ci-dessous, mesurez le diamètre polaire et le diamètre équatorial de la planète en millimètres et reportez vos mesures ci-dessous.



Diamètre polaire _____ mm

Diamètre équatorial _____ mm.

b) La différence entre le diamètre polaire et diamètre équatorial divisée par le diamètre équatorial indique l'aplatissement de la planète. À partir des résultats précédents, calculez l'aplatissement de la planète. _____

c) En vous référant aux tables de données planétaires, nommez les quatre planètes qui ont le plus fort aplatissement. _____

e) Nommez les quatre planètes qui tournent le plus rapidement sur elle-même.

f) Nommez les quatre planètes ayant la plus faible densité.

g) Quels sont les deux facteurs qui causent l'aplatissement des quatre planètes géantes ?

h) Pourquoi l'aplatissement sur l'illustration d'Uranus (question 3) n'est-il pas observable ?

9. Pour les questions suivantes, vous devez vous référer à la table des propriétés planétaires et des propriétés des satellites.

a) Les plans orbitaux (inclinaison de l'orbite) des planètes sont-ils inclinés avec des grands ou des petits angles par rapport au plan de l'orbite terrestre ? Considérer des angles inférieurs à 10° comme petits. _____

b) Si les plans orbitaux actuels des planètes représentent la distribution de la matière lors de la formation des planètes, sous quelle forme la matière pré planétaire était-elle distribuée autour du Soleil ? _____

c) Quelle planète possède l'inclinaison de son orbite la plus élevée ? _____

d) Quelle planète possède le plus grand albédo ? _____

e) Diviser les planètes en deux groupes selon leur densité.

Groupe 1 densité élevée _____

Groupe 2 densité faible _____

f) Est-ce que toutes les planètes d'un même groupe possèdent la même composition ?

g) Quel groupe de planètes possède le plus grand nombre de satellites ?

i) En considérant les dimensions relatives des satellites par rapport à leur planète, qu'est-ce qui vous semble différent pour le système Terre-Lune ?
