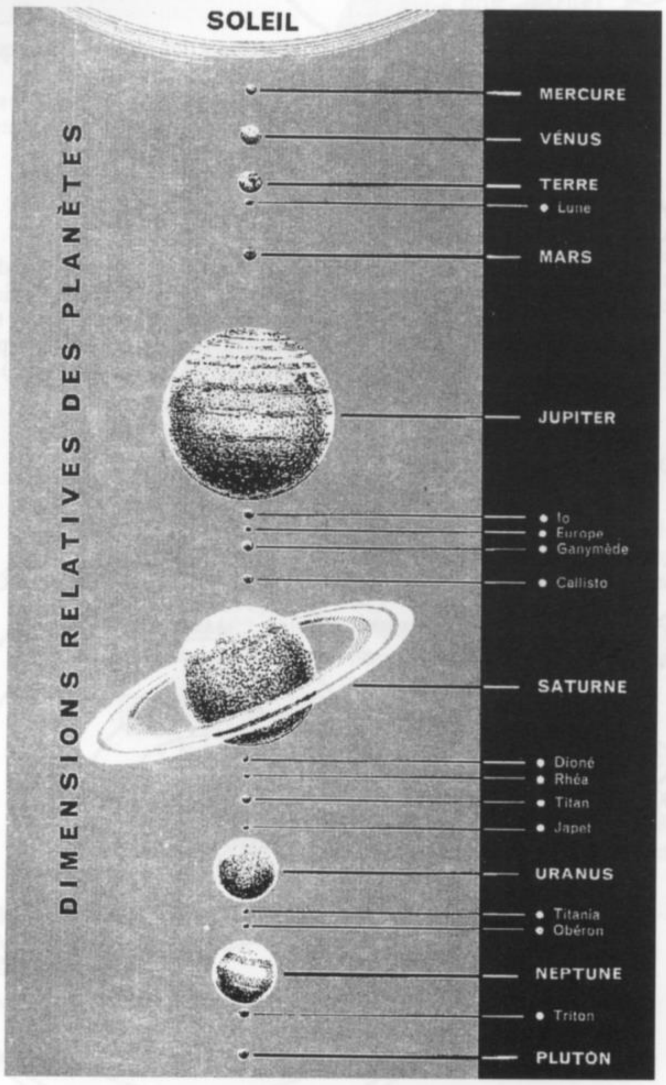
GALION THÈMES

Planètes



15, quai André Lassagne – 69001 LYON
1995

Survol

1 Vers 600 av. J.-C.

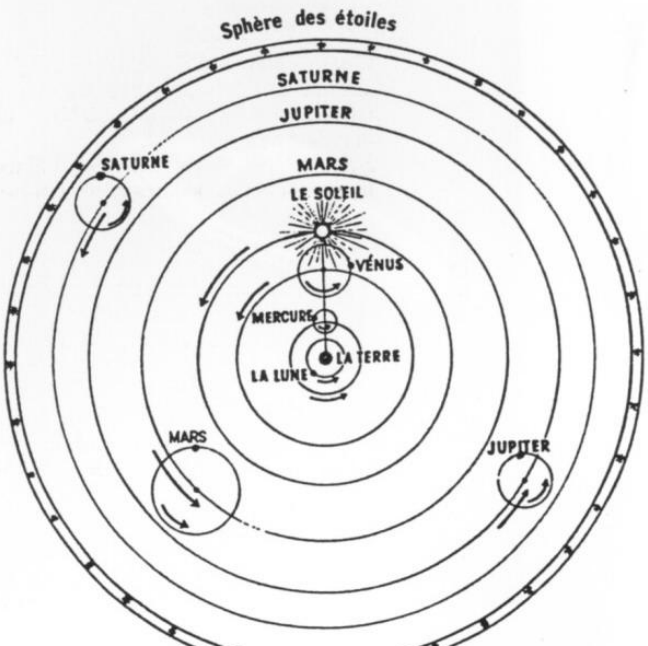
Pour *Anaximandre* (610 av. J.-C.), la Terre est un disque suspendu dans l'espace autour duquel tournent de grandes roues d'épaisseurs variables portant le Soleil, la Lune, les Étoiles. Pour *Aristote* et *Platon* (400 av. J.-C.) l'univers tout entier est compris dans une sphère qui porte les étoiles fixes, la Terre étant au centre (système GÉOCENTRIQUE).

2 Vers 300 av. J.-C.

Aristarque est le premier à supposer que c'est le Soleil qui est fixe, la Terre et les étoiles tournant autour de lui (système HÉLIOCENTRIQUE). Il calcula très grossièrement les distances Terre-Soleil et Terre-Lune. Ces idées considérées comme “impures” sont très vite abandonnées.

3 200 après J.-C.

Hipparque et *Ptolémée* (90-168) reprennent le système dans lequel la Terre est le centre du Monde. La Terre, qui est sphérique, est au centre de sphères extérieures contenant les étoiles et tournant à vitesse constante (voir dessin ci-contre). On explique les mouvements des planètes (PLANETA : *errant*, en grec) au moyen de cercles secondaires (épicycles).



Gravure de *Ptolémée*

4 | 1500 après J.-C.

Copernic (1473-1543) après avoir constaté des faiblesses dans le système de Ptolémée, revient au système héliocentrique : la Terre est à nouveau en mouvement autour du Soleil. Copernic la munit aussi d'un mouvement sur elle-même : un tour en 23 h 56 min d'Ouest en Est.
Galilée (1564-1642) défend le système de Copernic. Il est condamné par l'Inquisition en 1633.

5 | 1600 après J.-C.

C'est *Képler* (1571-1630) élève de *Ticho-Brahé* qui, le premier énonce des lois précises sur le mouvement des planètes : ses calculs sont facilités grâce à l'invention des logarithmes un peu à la même époque.
En 1687, Newton achève l'élaboration de la théorie des mouvements planétaires et généralise les lois de Képler.

6 | Au XXème siècle

- En 1957, un premier satellite artificiel, véritable "planète" de la Terre (Spoutnik - URSS).
- En 1961, un premier homme dans l'espace (Gagarine, URSS).
- En 1969, le premier homme sur la Lune (Armstrong et Aldrin, U.S.A.).
- … et c'est le 31 octobre 1992 que le Pape Jean-Paul II "absout Galilée et ses juges" après 13 ans d'enquêtes.

1 Les idées d'Aristarque

Aristarque de Samos est considéré comme l'un des premiers grands savants de l'Antiquité grecque.

Il vivait à Samos, petite île grecque de la Mer Égée, vers 300 av. J.-C., tout près de Milet, où avait vécu avant lui Thalès (600 av. J.-C.) et dont Aristarque connaissait les travaux. Pythagore lui-même naquit à Samos vers 500 av. J.-C. : cette petite île grecque est donc considérée par les mathématiciens comme l'un des berceaux de la géométrie !

Aristarque s'intéressa à la trigonométrie, aux mouvements des planètes, aux éclipses et en particulier à la manière de calculer des distances interplanétaires. Il fut le premier à énoncer que la Terre et les planètes tournent autour du Soleil, et ceci dix-sept siècles avant Copernic (1473-1543) !

Dans l'un de ses ouvrages, Aristarque écrit :

> *"La distance du Soleil à la Terre est plus grande que 18 fois, mais plus petite que 20 fois la distance de la Lune à la Terre."*

Voyons comment il est parvenu à ce résultat génial (et sans calculatrice !) à partir d'une idée toute simple.

Le Soleil S éclaire la Lune L : une demi-sphère lunaire est éclairée, l'autre reste dans l'ombre.

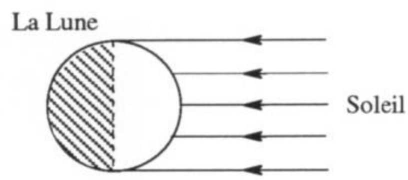
Suivant la position de la Terre par rapport à la Lune, le terrien voit une lune "entière", ou une demi-lune ou un croissant de lune ...

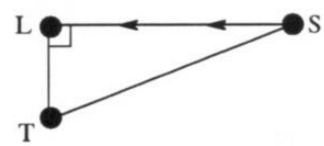
Ce sont les phases de la Lune.

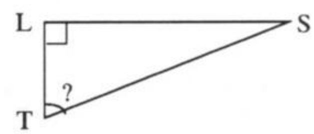
En particulier, lorsque nous voyons exactement une demi-lune éclairée, c'est que la direction (Lune-Soleil) (LS) est perpendiculaire à la direction (Lune-Terre) (LT).

La situation peut alors se représenter par une figure géométrique simple : Le triangle TLS est rectangle en L.

Si l'on est capable d'évaluer l'angle $\widehat{LTS}$ (et Aristarque savait le faire) et si l'on connaît la distance LT, c'est-à-dire Terre-Lune, alors on sait calculer la distance Terre-Soleil TS !







À vous de jouer !

➡ Indiquez les formules à utiliser pour calculer TS connaissant TL et l'angle $\widehat{LTS}$. Comment pratiquement peut-on évaluer cet angle ?

➡ Sachant qu'Aristarque avait trouvé pour l'angle $\widehat{LTS}$ la valeur 87°, et en prenant TL comme unité, calculez la distance TS et expliquez la phrase d'Aristarque citée ci-dessus.

Mais vous, vous avez la chance de disposer d'une calculatrice !

➡ On sait maintenant que la distance Terre-Lune TL vaut 380 000 km (en moyenne) : trouver alors TS en kilomètres.

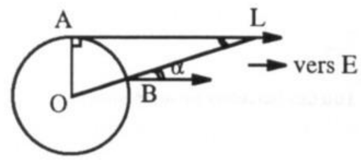
➡ Pour l'angle, la mesure d'Aristarque n'était pas très correcte, et pour cause ! Depuis on a fait mieux et on trouve 89,75° : calculez alors TS de manière plus précise.

Vous avez remarqué que l'on peut trouver ainsi la distance Terre-Soleil à condition de savoir trouver d'abord la distance Terre-Lune.

2 Des distances et des angles

❖ La distance Terre-Lune

À partir d'un point A de la Terre, on vise la Lune L à son coucher, et une étoile E qui se trouve être dans la même direction que L.

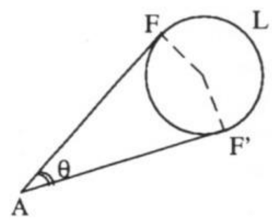


Au même instant, à partir du point B on vise la même étoile E ; comme E est très loin, les droites (AE) et (BE) sont considérées comme parallèles.

On a mesuré l'angle $\widehat{LBE} = 0{,}96°$ (environ). Sachant que le rayon de la Terre OA vaut environ 6370 km, calculer la distance AL (Terre - Lune) en kilomètres.

❖ et le rayon de la Lune

Sachant que, vue d'un point A de la Terre, la lune L est vue sous un angle $\theta = \widehat{FAF'}$ qui vaut environ 0,50° (diamètre apparent), calculer approximativement le rayon de la Lune en kilomètres.

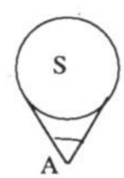


❖ La distance Terre-Soleil

En utilisant les résultats d'Aristarque (voir activité précédente), calculer la distance moyenne Terre-Soleil en kilomètres.

❖ et le rayon du Soleil

Sachant que, d'un point A de la Terre, le disque solaire est vu sous un angle moyen de 32' environ, calculer en kilomètres la distance moyenne Terre-Soleil.



❖ Curieux ...!

• En supposant que la trajectoire de la Lune autour de la Terre est un cercle, montrer que cette trajectoire peut être entièrement contenue à l'intérieur du Soleil.

• Un plaisantin veut empiler des lunes à partir de la Terre, les unes sur les autres, pour arriver au Soleil ... Combien en faut-il ?

• Vérifiez ce tableau, très approximatif ...

Rayon de la Terre	Rayon de la Lune	Rayon du Soleil	Distance Terre-Lune	Distance Terre-Soleil
R	$\frac{R}{3{,}7}$	109 R	60 R	1146 R

3 Tracer une ellipse

Vous avez sans doute déjà entendu parler des planètes du système solaire, par exemple Vénus, Saturne, Jupiter et bien sûr la Terre.

C'est à Prague, vers 1620, que le mathématicien et astronome Képler, élève de Ticho-Brahé, après de nombreuses observations astronomiques et de très nombreux calculs, énonce sa première loi que voici :

"Les planètes décrivent des ellipses dont le soleil occupe l'un des foyers."

Il en est ainsi de la Terre et de toute autre planète. Vous trouverez la liste des principales planètes du système solaire à la page 16.

Mais pour commencer, voyons un peu ce qu'est une ellipse, ce que sont ses axes, ses foyers.

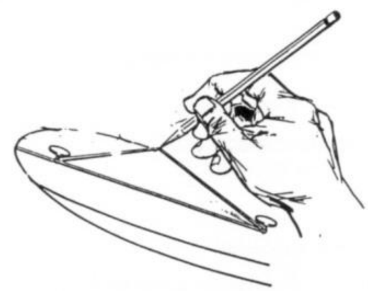
✱ Voici son tracé avec une ficelle et deux punaises ...

Observez le dessin ci-dessous.

Une ficelle assez fine est fixée au moyen de deux punaises sur une planche à dessin ; le crayon glissant le long de la ficelle, décrit une courbe fermée : cette courbe est une ellipse.

Avec un peu d'entraînement, vous saurez sans peine la tracer aussi bien que possible.

Commencez avec une ficelle de 18 cm par exemple et un écartement des punaises de 10 cm, puis, avec la même longueur de ficelle, un écartement des punaises de 8 cm, puis un écartement de 5 cm, de 2 cm ...

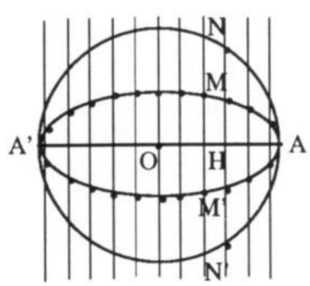


✱ À partir d'un cercle

On peut aussi tracer un ellipse à partir d'un cercle comme il est indiqué ci-dessous. D'abord, tracer un diamètre [AA'], puis des cordes perpendiculaires à (AA') ; sur chaque corde, telle que [NN'], placer M tel que HM = k.HN, puis M' symétrique de M par rapport à (AA').

Essayez en prenant par exemple $k = \frac{2}{3}$, puis sur un autre dessin avec $k = \frac{1}{2}$ ... mais il faut que les cordes soient assez nombreuses et bien parallèles.

Joindre ensuite tous les points M par une ligne continue.



4 Ellipse et Géométrie

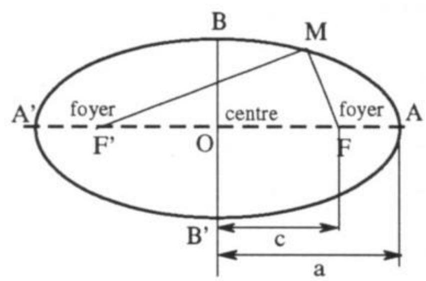
❖ Description

L'ellipse est une courbe fermée ayant deux foyers F et F', ce sont les “punaises” qui tiennent la ficelle.

Les axes de symétrie (AA') et (BB') sont perpendiculaires et se coupent au centre de symétrie O.

Si M est un point quelconque de cette courbe, puisque la longueur de la ficelle ne change pas, on a toujours :

MF + MF' constant : on pose MF + MF' = 2a



AA' est le **grand axe** : AA' = 2a

BB' est le **petit axe** :
on pose BB' = 2b (b < a).

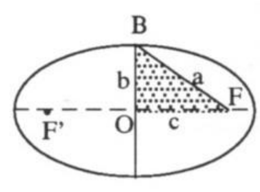
On pose aussi FF' = 2c donc
OF = OF' = c (distance focale)

L'excentricité est le nombre
$e = \frac{c}{a}$ ou $e = \frac{OF}{OA}$.

L'aplatissement est le nombre $\frac{a-b}{a}$.

❖ Des formules bien utiles

Sur le croquis ci-contre, le triangle BOF est rectangle en O. On peut utiliser le théorème de Pythagore :



$BF^2 = BO^2 + OF^2$

Or, on a BF = BF' = a puisque BF + BF' = 2a

BO = b et OF = c.

D'où la relation : $\boxed{a^2 = b^2 + c^2}$.

Cette relation est intéressante car elle permettra de calculer un des trois nombres a, b ou c si l'on connaît les deux autres. Et l'on peut ensuite calculer aussi l'excentricité et l'aplatissement de la trajectoire.

Le cercle

On peut considérer que c'est une ellipse particulière obtenue si les deux foyers F et F' sont confondus : on a alors a = b et l'aplatissement est nul.

Si l'ellipse est de faible aplatissement, on l'assimile souvent à un cercle comme nous le verrons dans les activités qui suivent.

5 Des activités avec des ellipses

❶ Pour une ellipse, on a $2a = 20$ et $e = 0{,}8$. Calculer c, puis b, puis l'aplatissement.

Cette fois, si $2a = 20$ et $2c = 10$, calculer b, e et l'aplatissement.

❷ Construire, à l'aide de deux punaises (en F et F'), d'une ficelle (FMF'), d'un crayon (M), une ellipse de grand axe 15 cm (la longueur AA') et d'excentricité 0,8.

Sur le même dessin, tracer une autre ellipse de même grand axe ($2a = 15$ cm) et cette fois d'excentricité 0,5, et une troisième avec $e = 0{,}2$.

❸ Construire de même une ellipse de grand axe 12 cm et de petit axe 10 cm. Quelle est son excentricité ? son aplatissement ?

❹ Pourquoi dans une ellipse l'excentricité est-elle un nombre plus petit que 1 ?

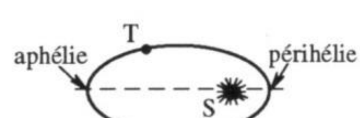
❺ Trouver approximativement l'excentricité et l'aplatissement de chacune des ellipses dessinées ci-dessous, après avoir tracé les axes. Marquer ensuite les foyers avec une règle et un compas.

❻ La trajectoire de la Terre est une ellipse avec $a = 1{,}496 \times 10^8$ km environ et $b = 1{,}4957 \times 10^8$ km environ. Quelle est l'excentricité de sa trajectoire ? Quel est l'aplatissement ? Quelle est la distance des deux foyers en kilomètres ? Que dire de cette trajectoire ? Dessiner la trajectoire terrestre à une échelle convenable de telle sorte qu'elle puisse tenir dans votre feuille de format $21 \times 29{,}7$.

❼ Une unité astronomique (1 UA) est la distance moyenne de la Terre au Soleil : on a environ : $\boxed{1 \text{ UA} = 149\ 597\ 870 \text{ km}}$.

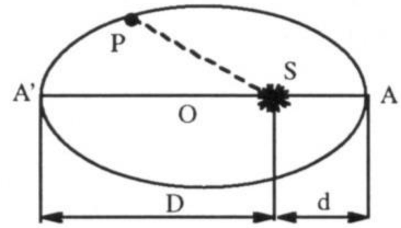
Sachant que la lumière parcourt environ 3×10^5 km en une seconde, combien de temps met la lumière du soleil pour nous parvenir ?

❽ Au périhélie (22 décembre), la distance Terre-Soleil est $1{,}476 \times 10^8$ km environ et à l'aphélie (21 juin) cette distance est de $1{,}524 \times 10^8$ km environ : à quoi correspondent ces dates et ces points sur la trajectoire de la Terre ?



6 C'est loin du soleil !

Lorsque l'on recherche des informations sur le système solaire, pour chaque planète on trouve la distance maximale au soleil (D) et la distance minimale (d).



Ces deux données permettent de retrouver sans peine les caractéristiques de l'ellipse qui est la trajectoire de la planète, sachant que le soleil S occupe un foyer.

On a en effet : $D = SA'$ d'où $D = a + c$ (A' est l'aphélie : le plus éloigné)

$d = SA$ d'où $d = a - c$ (A est le périhélie : le plus rapproché).

La distance moyenne de la planète au soleil est donc $\frac{D+d}{2}$.

Montrer que $\boxed{a = \frac{D+d}{2}}$. Montrer ensuite que $\boxed{c = \frac{D-d}{2}}$.

Comment calculer alors l'excentricité e ? Comment calculer b ?

À vous de jouer !

Voici en millions de kilomètres, les valeurs de D et de d pour quelques planètes du système solaire :

	Mercure	Vénus	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune	Pluton
D	69,7	109	249,1	815,7	1507	3004	4537	7375
d	45,9	107,4	206,7	740,9	1347	2735	4456	4425

➡ Pour chaque trajectoire, calculer en millions de kilomètres les longueurs a, c, b, puis l'excentricité e et l'aplatissement.

➡ Donner a et b en unités astronomiques en vous souvenant que 1 UA est la distance moyenne de la Terre au Soleil, soit 1 UA $\approx 1{,}496 \times 10^8$ km.

Dessiner les trajectoires

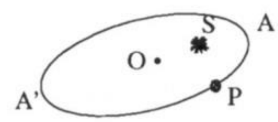
Si l'on représente chaque planète par un point sur une feuille assez grande, et si l'on imagine que toutes ces planètes sont situées sur une demi-droite, dont le soleil serait l'origine, marquer le point "terre" à 0,5 cm du point "Soleil", puis placer les autres planètes en respectant les grandeurs relatives données par notre tableau.

7

Quelle période !

Nous avons vu, à l'activité 4 que la longueur AA' est la longueur du grand axe 2a de l'ellipse : AA' = 2a.

Le nombre a (OA = OA' = a) est la **distance moyenne** de la planète au soleil S, ou demi-grand axe.



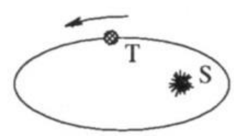
Vous savez que la distance moyenne de la Terre T au Soleil S est souvent prise pour unité de longueur : c'est l'unité astronomique désignée par 1 UA.

À l'activité 6, vous avez calculé les distances moyennes de diverses planètes au soleil en unités astronomiques.

Voici un mot nouveau : on appelle **période de révolution** d'une planète le temps mis pour faire un tour sur sa trajectoire.

On la désigne par T et on l'exprime en jours ou en années.

Ainsi, pour la Terre, on a T = 365 jours (un an !).



Képler a énoncé une troisième loi sur le mouvement des planètes. La voici :

> "Les carrés des périodes de révolution des planètes sont proportionnels aux cubes des demi-grands axes de leur trajectoire".

C'est-à-dire que, pour deux planètes de périodes respectives T et T', de distances moyennes au soleil a et a', on a la formule :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{T'^2}{a'^3} \quad .$$

À vous de jouer !

➞ Pour chacune des planètes du système solaire de l'activité 6, calculer la distance moyenne au soleil, c'est-à-dire le demi-grand axe de sa trajectoire en unités astronomiques à 0,1 près.

➞ Voici des périodes de révolution en années ou en jours :

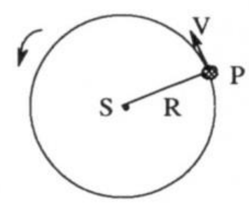
Mercure	Vénus	Terre	Jupiter	Pluton
88 jours	224,7 jours	365,25 jours	11,86 ans	247,7 ans

Avec ces données, et bien sûr avec vos calculatrices, vérifiez cette troisième loi de Képler. Attention aux unités pour les périodes !

➞ Trouver la période de Saturne, de Neptune, de Mars et d'Uranus.

8 À grande vitesse

Une planète tourne donc autour du Soleil : la trajectoire en forme d'ellipse, d'aplatissement faible, peut être souvent assimilée à un cercle dont le centre est le soleil et dont le rayon est a (distance moyenne) c'est ce que nous ferons dans cette activité. Mais "révisons" un peu le mouvement circulaire uniforme.



Dans un mouvement uniforme, où la vitesse constante est V, la distance parcourue, pendant le temps t, est :

$\boxed{D = V.t}$.

Lorsque la planète fait un tour sur un cercle de rayon R, le périmètre est $2\pi R$.

On a donc $2\pi R = V.t$.

Le temps mis par une planète pour effectuer un tour sur sa trajectoire est appelé durée de révolution ; on désigne cette durée par T.

Avec R = a, on a donc : $2\pi a = V.T$ d'où $T = \dfrac{2\pi a}{V}$.

À vous de jouer !

► En appliquant la loi deKépler de l'activité 7, c'est-à-dire que $\dfrac{T^2}{a^3}$ est une constante K et en remplaçant T par $\dfrac{2\pi a}{V}$, montrez que le produit $a.V^2$ est constant pour toutes les planètes.

Ce résultat remarquable permet de déterminer la vitesse moyenne V de chaque planète sur sa trajectoire. Il suffit de connaître la vitesse d'une planète et évidemment les "rayons" des trajectoires.

► Pour la Terre, la période est T = 365 jours environ.

Le rayon a de la trajectoire de la Terre autour du Soleil est environ $1{,}496 \times 10^8$ km. Calculer alors en kilomètres par seconde, à 0,1 près, la vitesse moyenne V de la terre sur son orbite.

► En utilisant la propriété ci-dessus (a V^2 constante), déterminer les vitesses moyennes pour les principales planètes du système solaire.

9 Une fonction : (rayon a) → (vitesse V)

Après avoir calculé les vitesses V pour les principales planètes : Mercure, Vénus, Pluton, Terre, Neptune, Mars, Uranus, Jupiter, Saturne, vous allez maintenant organiser ces résultats.

Ranger ces planètes dans l'ordre croissant de distances moyennes au soleil (a), d'abord Mercure avec a ≈ 58 etc. jusqu'à Pluton avec a ≈ 6000.

Utiliser pour cela le tableau ci-contre.

Dans la troisième colonne indiquer la vitesse V sur l'orbite en km/s, en face de chaque planète.

Que remarquez-vous pour l'ordre de ces vitesses ?

Planète	Distance a millions de km	Vitesse V km/s
Mercure	58	...
Pluton	6000	...

À vous de jouer pour un graphique

En utilisant une feuille de papier millimétré assez grande, vous allez représenter chaque planète par un point (abscisse : valeur de a ; ordonnée : valeur de V).

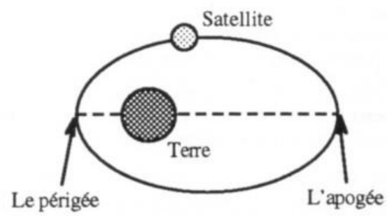
Mais attention à la graduation des axes, ce n'est pas très facile !

L'axe des abscisses doit être gradué jusqu'à 6000 (pour Pluton) et l'axe des ordonnées jusqu'à 5 environ. C'est donc un travail de précision !

10 Des satellites de la Terre

La Lune tourne autour de la Terre : c'est le satellite naturel de la Terre. Mais il existe de nombreux satellites artificiels qui ont été lancés par des fusées (Ariane, Titan, Atlas, Saturne, Navette, etc.) pour différents usages : télécommunications, exploration de l'espace, connaissance de la Terre, prévision météorologique, surveillance ...

Dans cette page, nous ne nous intéresserons qu'aux satellites de la Terre.



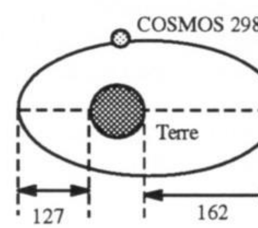
Comme les planètes du système solaire, les satellites de la Terre suivent les lois de Képler. Ils décrivent autour de la Terre des orbites elliptiques dont la Terre occupe un des foyers. Le point de l'orbite le plus éloigné de la Terre s'appelle l'apogée et le point le plus rapproché s'appelle le périgée.

Si a est la distance moyenne du satellite au centre de la Terre et T sa période de révolution, le quotient $\frac{a^3}{T^2}$ est le même pour tous les satellites de la Terre.

♦ Sachant que la distance minimale Terre-Lune est 356 410 km et la distance maximale est 406 740 km, trouver la distance moyenne a de la Terre à la Lune.

♦ La Lune effectue une révolution complète autour de la Terre en 27 jours 7 heures 43 minutes. Exprimer, par un nombre décimal, cette durée de révolution T en heures, puis calculer le quotient $K = \frac{a^3}{T^2}$.

♦ Le satellite COSMOS 298, envoyé dans l'espace en 1969 par l'URSS, a un périgée situé à 127 km au-dessus de la surface de la Terre et un apogée à 162 km d'altitude. Déterminer sa distance moyenne au centre de la Terre (ne pas oublier de tenir compte du rayon de la Terre qui est de 6370 km). Calculer ensuite sa période de révolution en heures et minutes.



♦ Le satellite européen HEOS, lancé en 1968, a une période de révolution de 4 jours 17 h 13 min. Sachant que son périgée est à 418 km d'altitude, trouver l'altitude de son apogée.

♦ Pour retransmettre des images de télévision ou des télécommunications, il y a autour de la Terre un grand nombre de satellites *géostationnaires* : INTELSAT, SATCOM, TELECOM, ASTRA, EUTELSAT, HERMES, TELESAT, SYMPHONIE, TDF-1, etc. Ce sont des satellites qui tournent à la même vitesse que la Terre. Leur durée de révolution est donc de 24 heures et ils paraissent immobiles pour un observateur placé en un point donné de la Terre.

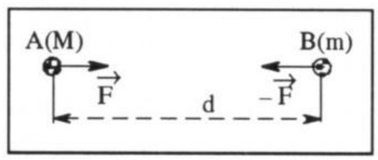
Calculer la distance moyenne au centre de la terre d'un satellite géostationnaire et en déduire son altitude moyenne au-dessus de la surface de la Terre.

11 Comment "peser" la Terre ?

En 1687, Newton énonce, dans son livre "Principes mathématiques de la philosophie naturelle" la théorie de l'attraction universelle sous la forme suivante :

"Tous les corps s'attirent avec une force proportionnelle à leurs masses respectives et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare."

Voyons de quoi il s'agit ...



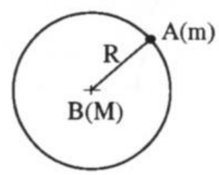
- A et B sont deux corps de masses respectives M et m.
- d est la distance AB.
- L'attraction entre A et B est schématisée par deux forces opposées $\vec{F}$ et $-\vec{F}$.

La direction des forces est (AB) ; l'intensité de la force est $F = k\dfrac{m.M}{d^2}$ (principe de Newton) .

La constante k est la **constante de gravitation**, déterminée par Cavendish (1731-1810) et qui vaut $6{,}67 \times 10^{-11}$ dans le système international MKSA.

Pesons la terre !

En attribuant à la Terre une forme sphérique et une structure homogène, l'attraction qu'elle produit est égale à celle qu'elle exercerait si toute sa masse était concentrée en son centre.



Un corps de masse m placé en A, à la surface de la Terre, a un poids mg (le poids est la force d'attraction de la terre sur cette masse m).

On peut donc écrire : $mg = k\dfrac{Mm}{d^2}$.

En simplifiant, on trouve $g = k\dfrac{M}{d^2}$ qui donne $M = \dfrac{d^2 g}{k}$

Dans le système MKSA, on a $d = 6{,}37 \times 10^6$; $k = 6{,}67 \times 10^{-11}$; $g = 9{,}81$.

Calculez alors la masse de la terre en kilogrammes ... puis en tonnes.

Avec le soleil ... Le soleil a une masse de 2×10^{30} kg.

La distance Terre-Soleil est de $1{,}5 \times 10^{11}$ mètres.

Calculer l'intensité de la force d'attraction entre le Soleil et la Terre (l'unité est le Newton).

12 Un curieux calcul

Vers 1772, l'astronome prussien BODE ne connaissait que six planètes : Mercure, Vénus, la Terre bien sûr, Mars, Jupiter et Saturne.

Cet astronome découvrit une règle curieuse pour retrouver les distances au soleil de chacune de ces planètes en unités astronomiques.

On écrit les sept nombres suivants : d'abord 0, puis 3, les autres étant obtenus en multipliant le précédent par 2 (c'est ce que l'on appelle une suite géométrique à partir du second nombre de la liste :

	0	3	6	12	24	48	96
on ajoute 4	4	7	10	16	28	52	100
on divise par 10	0,4	0,7	1	1,6	**2,8**	5,2	10

Comparer ces derniers nombres aux distances en unités astronomiques obtenues aux activités précédentes pour les planètes rangées dans l'ordre croissant de la distance au soleil. (voir page 16).

C'est tout de même curieux !

Mais ce qui l'est encore plus, c'est que, à l'époque de BODE, le cinquième nombre de la suite : 2,8 ne correspondait à aucune planète connue. Or, en 1801, on découvrit une petite planète, Céres, étudiée en particulier par Gauss. Or, son demi-grand axe mesurait 2,67 UA : c'était le cinquième nombre de la liste de Bode !

• En 1791, on découvrit la planète Uranus avec un demi-grand axe $a = 19{,}2$ UA.

"Prolongez" la suite de BODE et examinez si cette planète correspond à un nombre de la suite.

• Mêmes questions pour Neptune avec a = 30,1 UA découverte en 1846 par Le Verrier, puis pour Pluton avec a = 39,5 UA, planète "annoncée" en 1915 et découverte en 1930.

• Voici une autre façon de calculer approximativement le nombre a (en UA) :

$$a = 0{,}4 + 0{,}3 \times 2^{n-2} \quad \text{(formule de Titius-Bode)}$$

n est le *numéro d'ordre* de la planète (voir page 16).

Donne-t-elle de bons résultats pour toutes les planètes ?

Les Planètes : des données à consulter

a, D et d sont donnés en millions de kilomètres.

La vitesse orbitale V est donnée en kilomètre par seconde.

Le diamètre équatorial de la planète est en kilomètres.

	Mercure (1)	Vénus (2)	Terre (3)	Mars (4)	Jupiter (6)	Saturne (7)	Uranus (8)	Neptune (9)	Pluton (10)
Distance maximale au soleil : D	69,7	109	152,1	249,1	815,7	1507	3004	4537	7375
Distance minimale au soleil : d	45,9	107,4	147,1	206,7	740,9	1347	2735	4456	4425
Distance moyenne au soleil	57,9	108,2	149,6	227,9	778,3	1427	2869,6	4496,6	4425
Excentricité de la trajectoire : e	0,206	0,007	0,017	0,093	0,048	0,056	0,047	0,009	0,25
Période de révolution autour de S : T	88 jours	224,7 jours	365,25 jours	687 jours	11,86 ans	29,46 ans	84,01 ans	164,8 ans	247,7 ans
Vitesse du l'Orbite : V	47,9	35	29,8	24,1	13,1	9,6	6,8	5,4	4,7
Diamètre équatorial de la planète : Δ	4880	12104	12756	6787	142800	120000	51800	49500	3000
Durée de rotation sur elle-même	59 jours	243 j	24 h	24 h 37 min	9 h 50 min	10 h 14 min	10 h 42 min	16 h	6 jours 9 h

(5) : Planète Carès

07200 Aubenas