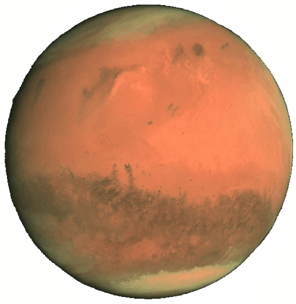


Mars vu par Rosetta. (ESA)

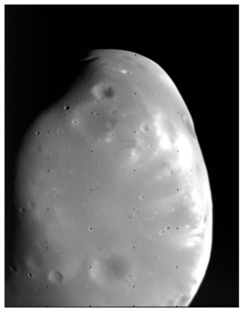
Les lunes d'un petit martiens

Construction avec Geogebra - version 1

Un martien (petit homme vert ?) voit dans son ciel deux lunes aux comportements singuliers. Celles-ci prénommée par les terriens *Phobos* et *Deimos*[1] n'ont été découvertes qu'en 1877, avec difficulté à cause de leur petitesse et leur proximité à Mars par Asaph Hall (1829-1907).

Lors des oppositions de Mars, leurs magnitudes sont estimées à 11.3 pour *Phobos* et à 12.4 pour *Déimos*.

Phobos (Nasa)



Déimos (Nasa)

Avec les éléments de leurs orbites, et paramètres physiques mesurés de la Terre et avec les sondes spatiales, nous allons essayer de reconstituer et comprendre ce que voit notre martien.

Les données d'observation, se trouvent en Annexe page 11 et sont contenues dans le fichier Geogebra de départ *satmars0.ggb*

Dans notre découverte des satellites, nous allons calculer et construire :

Partie I	Partie II
Angles de vision des satellites de Mars	Le système Soleil - Terre - Mars
Possibilités d'éclipses totales	Les satellites sur leurs orbites
Grandeurs angulaires de Mars vu de Phobos et Déimos	La position de l'observateur martien
Magnitudes de Phobos et Déimos vus de Mars	La direction du Soleil, le jour et calendrier martien
	Le cône d'ombre de Mars
	Levers, couchers, passage au méridien, éclipses
	Visibilité et phases des satellites
	Visualisation simplifiée dans la fenêtre Graphique 2.

En route, et au travail !

Lancer *Geogebra* (2D ou 3D) et ouvrir le fichier *satmars0.ggb*.

Dans le document les mots en police Arial et **gras** sont des objets de Geogebra existants ou à construire.

Les cases vides des tableaux sont à remplir à partir des calculs faits dans la simulation.

[1] Phobos (en grec : Φόϐος / Phóbos, la Peur) et Déimos (Δε μος / Deĩmos, la Terreur), les deux jumeaux que le dieu Arès (Mars dans la mythologie romaine) eut de la déesse Aphrodite.

Partie I

1 - Angles de vision des satellites

Calculer sous quel angle maximum l'observateur martien voit les satellites *Phobos* et *Déimos*.

L'angle maximal de vision est celui sous lequel on voit le satellite sous sa plus grande dimension lorsqu'il est à la verticale du lieu d'observation :

$$\tan \alpha = \frac{\text{dimension maximale du satellite}}{\text{demi-grand axe} - \text{rayon Mars}}$$

Plus rigoureusement il faut prendre le double de l'angle sous lequel on voit la demi-dimension. Mais les angles étant petits, l'approximation est amplement justifiée.

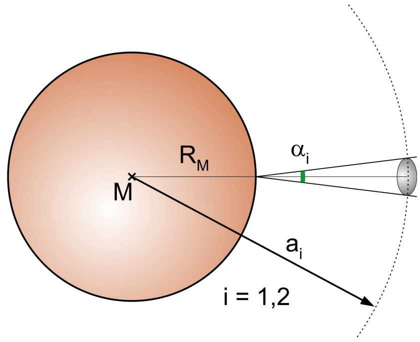


Figure 1.

Sat.	*Objet geogebra*	*Angle de vision (')*
Phobos	**α_1 = atan(Max[d_1] / (a_1– R_M)) * 180/pi * 60**	
Déimos	**α_2 = atan(Max[d_2] / (a_2 – R_M)) * 180/pi * 60**	

Remarque : la fonction **atan** donnant un angle exprimé en *radians*, la multiplication par **180/pi** transforme le résultat en *degrés* et la multiplication par **60** le convertit en *minutes d'arc*.

A comparer avec le diamètre lunaire vu de la Terre.

2 – Possibilités d'éclipses totales

Réfléchissons ! (avec la figure 2)

Pour qu'un des satellites provoque une éclipse totale à la surface de Mars, il faut que la distance **SI** du satellite au sommet **I** du cône d'ombre engendré par le Soleil et le satellite, assimilé à une sphère de diamètre de sa plus petite dimension, soit plus grande que la distance du satellite à la surface de Mars.

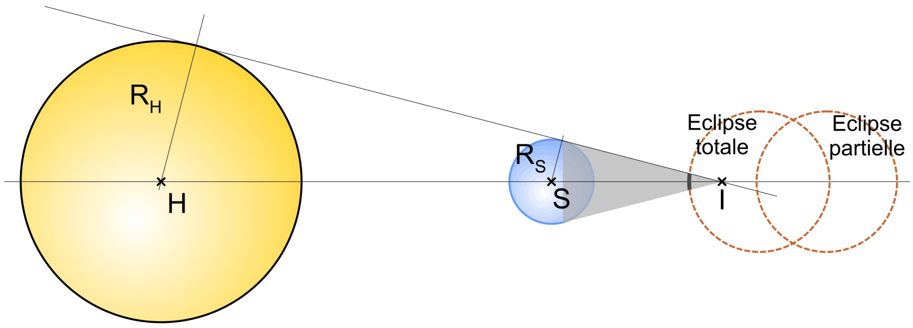


Figure 2.

La distance SI doit être plus grande que SV, V étant la position de notre martien (petit homme Vert ?) ayant le satellite à son zénith.

Calculons SI en raisonnant avec Thalès en estimant que HI est très peu différent de HS :

$$\frac{SI}{HI} = \frac{R_S}{R_H} = \frac{SI}{HS}$$

$$SI = a_M \frac{R_S}{R_H}$$

Avec Geogebra, en utilisant les bonnes unités :

Sat.	*Objet geogebra*	*Dist. Sat. - sommet du cône (km)*
Phobos	**SI_1 = Min[d_1] / R_H * a_M * ua**	
Déimos	**SI_2 = Min[d_2] / R_H * a_M * ua**	

que l'on comparera aux distances **h_i (i=1,2)** du martien aux satellites passant au zénith :

Sat.	*Objet geogebra*	*distances au zénith (km)*
Phobos	**h_1 = a_1 – R_M**	
Déimos	**h_2 = a_2 – R_M**	

Trouver de même les distances **SI** géométriquement avec Geogebra en traçant les tangentes et leurs intersections.

Construction geogebra :

Cercle soleil : **c_H = Cercle[(0,0), R_H / R_M]**

Cercle Mars : **M = Cercle[(a_M * ua / R_M , 0), 1]**

Cercle satellite : **c_S = Cercle[(a_M * ua / R_M – a_1 / R_M , 0), Min[d_1] / R_M]**

Tangentes aux deux cercles :

tg = Tangente[c_H, c_S]

qui crée **tg_1** et **tg_2**, les deux droites tangentes.

Intersection : **I = Intersection[tg1_1 , tg1_2]**

Où se trouve le point **I** par rapport à la surface de Mars ?

Pouvait-on prédire ce résultat par un autre raisonnement ?

Changer les valeurs dans **c_S** pour le deuxième satellite :

c_S=Cercle[(a_M * ua / R_M – a_2 , 0), Min[d_2]]

Où se place le point d'intersection **I** ?

Comment s'appellent les phénomènes observés par notre martien quand les satellites passent entre Mars et le Soleil.

Peut-on :
– calculer leurs durées
– les rapprocher à d'autres observations célestes.

3 – Grandeurs angulaires de Mars vu de Phobos et Déimos

La Lune, de la Terre, est vue sous un angle variable d'environ 0,5° (30' d'arc).
Sous quel angle est vue la Terre de la Lune ?

Les satellites *Phobos* et *Déimos*, étant proches de leur planète, sous quels angles voient-ils celle-ci ?

Terre Lune

Rayons de la Terre **R_T = 6378** km et de la Lune **R_L = 1737.4** km.
Distance Terre-Lune, min : **dtl_1 = 363104** à max : **dtl_2 = 405696** km.

Comme pour calculer les angles des satellites vus par notre martien, on trouve :

Sat.	*Objet geogebra*	*angle de vision Terre (')*
Périgée	**αT_1 = 2 * atan(R_T / dtl_1) * 180 / pi *60**	
Apogée	**αT_2 = 2 * atan(R_T / dtl_2) * 180 / pi *60**	

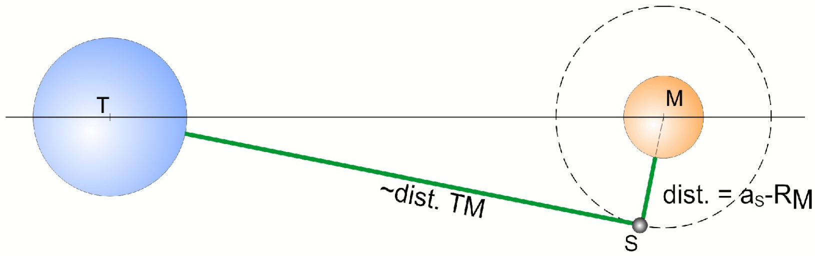
Mars, Phobos et Déimos

Sat.	*Objet geogebra*	*angle de vision de Mars (°)*
Phobos	**αM_1 = 2 * atan(R_M / a_1) * 180 / pi**	
Déimos	**αM_2 = 2 * atan(R_M / a_2) * 180 / pi**	

4 – Magnitudes de Phobos et Déimos vus de Mars

Rentrer les valeurs des magnitudes de *Phobos* et *Déimos* vus de la Terre lors des oppositions, positions où Mars et au plus près de la Terre.

m_1 = 11.2 Et **m_2 = 12.6**



Dans cette configuration, la distance Terre Mars aux oppositions est approximativement de :

dTM = a_M - a_T

Calculer la magnitude des objets lorsqu'ils sont vus de la surface de Mars en passant au zénith.

L'éclat des satellites est inversement proportionnelle au carré des distances :

$$\frac{L_M}{L_T} = \frac{dTM^2}{(a_S - R_M)^2}$$

Convertir en magnitudes en prenant le $\log_{10}$ et en multipliant par -2.5 :

$$-2.5 \log_{10}(L_M) + 2.5 \log_{10}(L_T) = -5 \log_{10} \frac{dTM}{a_S - R_M}$$

A une constante près :

$-2.5 \log_{10}(L_M)$ = magnitude du satellite vu de Mars
$-2.5 \log_{10}(L_T)$ = magnitude du satellite vu de la Terre

$$m_M = m_T - 5 \log_{10} \frac{dTM}{a_S - R_M}$$

Magnitudes de Phobos et Deimos vus de Mars

	Expression Geogebra	*magnitudes*
Phobos	**m1_M = m_1 – 5* log10(dTM * ua / (a_1-R_M))**	
Deimos	**m2_M = m_2 – 5* log10(dTM * ua / (a_2-R_M))**	

Sachant que Vénus à son maximum d'éclat a une magnitude de -4.6, la Pleine Lune , une magnitude de -12.6, à quelles réflexions cela vous amène-t-il ?

Remarque : lors de l'opposition de Mars, les faces des satellites vues de la Terre sont complètement éclairées, mais le martien ne voit que leurs côtés non éclairées quand ils passent au zénith.

Lors de leurs visibilité, au-dessus de l'horizon, les satellites ne se présentent qu'en croissant et sont bien moins lumineux.

SAUVEGARDER avec un nouveau nom de fichier personnalisé cette première partie.

Fin de la première partie

Partie II - Système Soleil - Terre- Mars - Phobos - Déimos

1 - Le système Soleil - Terre - Mars

Rouvrir le fichier de départ *satmars0.ggb*.

Pour construire la simulation, commençons par placer les différents corps dans leur situation habituelle, c'est-à-dire dans le *référentiel héliocentrique*.

L'unité utilisée est le rayon martien. Les points sont rentrés en *coordonnées polaires* (distances *demi-grands axes* et angles *longitudes écliptiques*).

Point Soleil : **H' = (0,0)**

Orbite de la Terre : **c'_T = cercle[H' , a_T * ua / R_M]**

La Terre faisant un tour autour du Soleil en un an (**P_T** jours), tourne à la vitesse angulaire de

$$\frac{360}{P_T} \text{ degrés par jour}$$

Au bout de **tps** jours, elle a tourné **tps** fois de cette valeur :

$$\text{tps} \times \frac{360}{P_T} \text{ degrés}$$

Point Terre : **T' = (a_T * ua / R_M ; (360 / P_T * tps + lg0_T)°)**

De même pour Mars : **c'_M = cercle[H' , a_M * ua / R_M]**

Point Mars : **M' = (a_M * ua / R_M ; (360 / P_M * t ps + lg0_M)°]**

Mettre un peu de couleurs : Soleil jaune de dimension 6, Terre et son orbite en bleu, Mars et son orbite en brun.

Passage au martiocentrisme

Mettre Mars au centre à l'origine des coordonnées, c'est appliquer une translation d'un vecteur **M'H'** ou bien **–H'M'** à tous les objets.

On utilisera une valeur logique **a** pour passer de l'héliocentrisme au martiocentrisme, et l'on convient de la condition :

a = true (vrai) héliocentrisme,
a = false (faux) martiocentrisme,

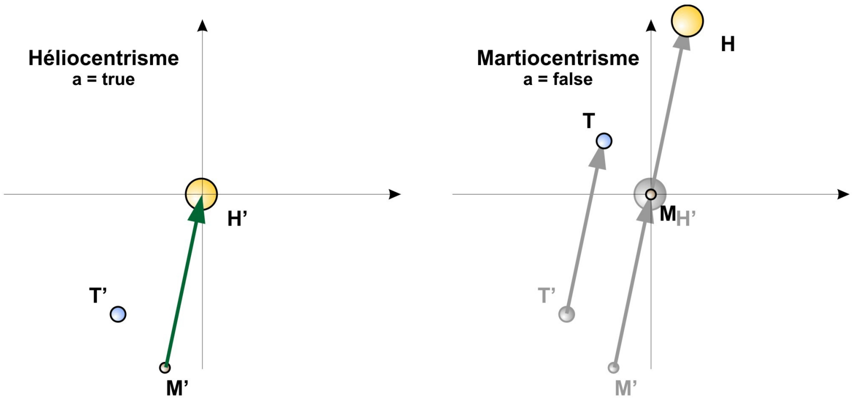


Figure 3.

Les objets se construisent en suivant la valeur logique de **a** :

H = Si[a, H', Translation[H' , Vecteur[M' , H']]

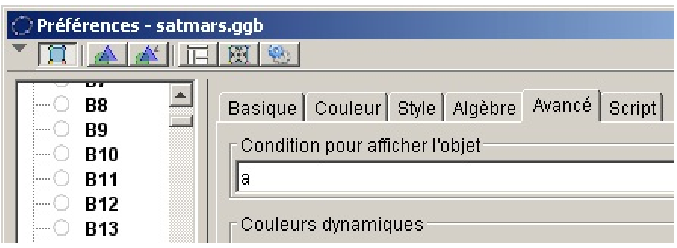
La syntaxe Geogebra permet d'abréger cette expression car **H'** est au centre et l'on écrira :

H = Si[a, H', H' – M']
T = Si[a, T', T' – M']
c_T =Si[a, c'_T, Translation[c'_T, -M']]
M = Si[a , M' , H']
c_M = Si[a, c'_M, Translation[c'_M, -M']]

Conditions d'affichage :

En *héliocentrisme* on affiche seulement **H', T', M', c'_T, c'_M**. et cachera **H, T, M, c_T, c_M**, et inversement en *martiocentrisme*.

Ceci se fait dans l'onglet **Avancé** de **Propriétés** de chaque objet en mettant pour condition d'affichage la valeur logique **a** ou **¬a** (**non a**).



Jouer sur la boîte “**Héliocentrisme/ Martiocentrisme**” et le zoom pour voir les mouvements dans les deux référentiels lorsque le temps **tps** varie.

Puis rester en mariocentrisme et zoomer sur le point de Mars.

2 - Les satellites sur leurs orbites

Créer la planète Mars, cercle de rayon unité, de couleur brune et d’opacité 50 %

cp_M = Cercle[M, 1]

Pour placer les satellites sur leurs orbites respectives il nous faut leur positions à l’origine des temps. Ce que nous n’avons pas. Comme nous ne construisons qu’une simulation, nous prendrons ces valeurs égales à zéro et nous les ignorerons.

Cercles des orbites :

c_1 = cercle[M , a_1 / R_M]
c_2 = cercle[M , a_2 / R_M]

Positions des points *Phobos* et *Déimos* :

S_1 = (a_1 / R_M ; (360 / P_1 * tps)°) + M
S_2 = (a_2 / R_M ; (360 / P_2 * tps)°) + M

Choisir deux couleurs différentes non utilisées pour les distinguer.

Faire varier le temps **tps** pour voir évoluer les satellites.

SAUVEGARDER cette deuxième partie avec un nouveau nom de fichier personnalisé.

3 - La position de l’observateur martien

On positionne sur l’équateur martien, un point **V** (vert ?) représentant notre observateur, et qui tourne avec Mars avec sa période sidérale **p_M** (figure 4).

V = (1 ; (360 / p_M * tps)°) + M

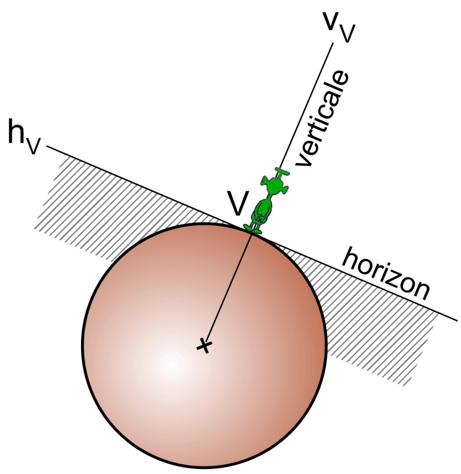


Figure 4.

Pour cet observateur, on trace deux repères (figure 4) :

– la demi-droite verticale du lieu :

v_V = DemiDroite[M , V]

– la droite projection du plan horizontal sur **xOy** et tangente au cercle Mars **cp_M** en **V**

h_V = Tangente[V, cp_M]

Ces repères vont permettre de connaître :

– quand les satellites passent au méridien du lieu, par la distance satellites à la demi-droite verticale qui alors, sera nulle

dv_1 = Distance[S_1 , v_V]
dv_2 = Distance[S_2 , v_V]

– quand les satellites sont sur l’horizon, au lever ou coucher, par les distance satellites aux demi-droite horizontale nulles

dh_1 = Distance[S_1 , h_V]
dh_2 = Distance[S_2 , h_V]

4 - La direction du Soleil, le jour martien et calendrier martien

Pour savoir dans quelle direction est le Soleil et celle de son rayonnement, traçons la demi-droite Mars Soleil (à mettre en jaune) :

dir_S = DemiDroite[M , H]

Et le rayon de Soleil de notre martien
dV_S = DemiDroite[V, H]

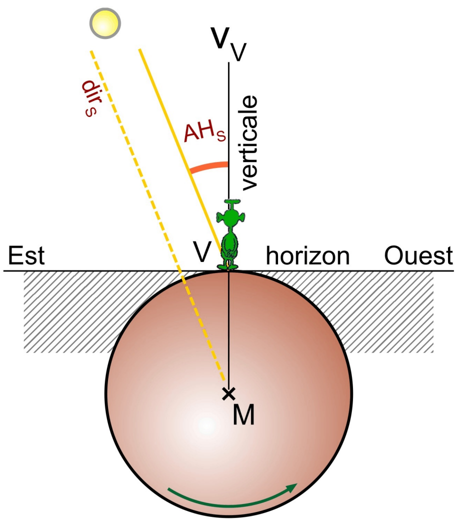


Figure 5.

L'*angle horaire* du Soleil ou *temps solaire* du lieu est donné par l'angle orienté entre **dir_S** et **v_V**, ou à cause de l'éloignement au Soleil

AH_S = –Angle[V , M , H]

Le signe '–' rappelle que l'angle horaire est compté dans le sens rétrograde.

Cet angle permet directement de savoir si le Soleil est levé ou couché. Il faut qu'il soit compris entre -90° et +90°. Afin de gérer plus facilement l'alternance jour nuit, on crée une valeur logique **fsol** qui sera à *vrai* lorsque le Soleil est au-dessus de l'horizon de notre martien, sinon à *faux* :

fsol = Si[cos(AH_S) > 0, true , false]

S'il fait jour tracer la rayon solaire atteignant notre petit martien :

dV_S = Si[fsol, DemiDroite[V, H]]

Calendrier martien

Le temps, s'écoulant, un *jour martien* est la durée entre deux passages consécutifs du Soleil au méridien du lieu. Mesurer la durée du jour martien en faisant varier **tps**.

Durée jour martien	J_M =

La comparer à la période sidérale de rotation **p_M**.
Quelle analogie avec la rotation de la Terre ?
Repérer sur la ligne horizon, les directions *Est* et *Ouest* en sachant que le pôle Nord martien est au-dessus par convention.

La combinaison de la période de rotation sidérale (**p_M**) et de la révolution sidérale (**P_M**) de Mars permet de calculer la longueur du jour martien :

J_M = 1 / (1 / p_M - 1 / P_M)

formule qui est similaire à la formule du calcul des *périodes synodiques*[1] des planètes.

Avec cette période, on construit un pseudo calendrier qui va compter en jours et heures martiens. Un jour martien vaut J_M jour terrestre et une heure martienne vaut J_M / 24 :

tpm = tps / J_M + J_0

où **J_0** est une valeur que l'on ajustera pour que l'heure martienne marque 12h au premier passage du Soleil au méridien au début de la plage temporelle.

Avant de créer **tpm**, on crée **J_0 = 0**

qui sera provisoirement affiché en curseur afin de faire l'ajustement de 12 heures avec le premier passage au méridien et caché ensuite.

Affichage de l'heure martienne dans un texte en utilisant l'outil **jdhm** (inclus dans *satmars0.ggb*) :

tt = jdhm(tpm)

qui crée :

tt_1 nombre entier de jours martiens
tt_2 partie décimale
tt_3 nombre entier d'heures
tt_4 nombre décimal de minutes

On affiche **tpm** dans un texte comme dans la figure 6.

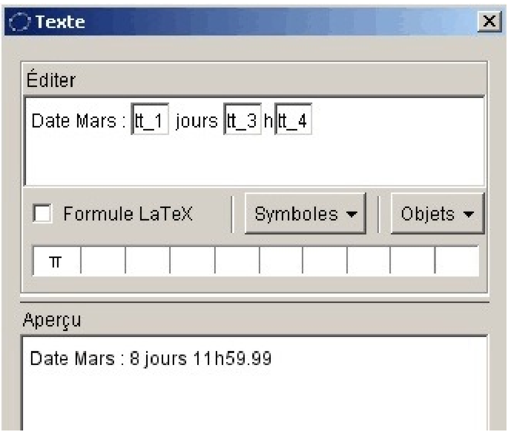


Figure 6.

[1] Période synodique : période qui ramène une même configuration de la Terre, du Soleil et d'une planète. Par exemple durée qui sépare deux oppositions successives de la Terre et Mars.

5 - Le cône d'ombre de Mars

Le cône tangent aux sphères Soleil et Mars a pour sommet le poin **I**. La partie du cône entre le point **I** et Mars (figure 7) ne reçoit pas de lumière du Soleil et s'appelle le *cône d'ombre*.

Lorsque Phobos et Déimos pénètrent dans ce cône à chacune de leur révolution, ils sont éclipsés comme la Lune passant dans le cône d'ombre de la Terre.

Position du point **I** sommet du cône d'ombre de Mars.

Calculons la distance MI en raisonnant avec Thalès :

$$\frac{MI}{HI} = \frac{MI}{(HM + MI)} = \frac{R_M}{R_H}$$

$$MI = a_M \frac{R_M}{R_H - R_M}$$

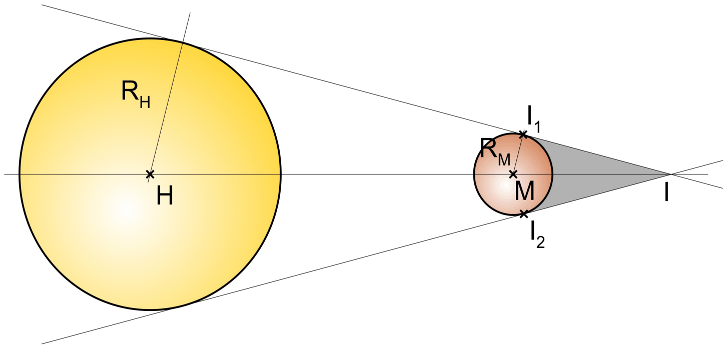


Figure 7.

Calcul de la distance **MI** avec Geogebra, en faisant intervenir les bonnes unités :

MI = a_M * ua / R_M * R_M / (R_H – R_M) ou simplifiée **MI = a_M * ua / (R_H – R_M)**

La position du point **I** est donnée à partir de sa distance **MI** et du *vecteur unitaire* de la direction **HM** :

v1_{HM} = VecteurUnitaire[Droite[H , M]]

et position du point **I** :

vMI = M + MI * v1_{HM}

I = (x(vMI) , y(vMI))

Pour construire le cône d'ombre, il nous faut les deux tangentes partant du point **I** au cercle Mars **cp_M**.
Construction des deux tangentes $\mathbf{tg_1}$ et $\mathbf{tg_2}$ à la sphère de Mars partant du point **I** :

tg = Tangente[I, cp_M]

Et leurs points de tangence avec le cercle de Mars :

I_1 = Intersect[tg_1,cp_M]
I_2 = Intersect[tg_2,cp_M]

Tous ces objets sont cachés et l'on construit le triangle d'ombre $\mathbf{I_1I_2I}$:

ombre = Polygone[{I_1 , I_2 , I}]

que l'on mettra d'épaisseur de ligne nulle, de couleur grise et opacité 50%.

Pour savoir si un satellite est éclipsé, il est fait un *test de région* du point satellite avec le triangle. Les valeurs logiques seront à *vrai* si le point est dans le triangle, sinon à *faux* :

ombS_1 = EstDansRégion[S_1,ombre]

ombS_2 = EstDansRégion[S_2,ombre]

6 - Levers, couchers, passages au méridien, éclipses

En faisant progresser le temps **tps**, noter pour chaque satellite les dates et heures des levers, couchers et passages au méridien successifs, entrées dans l'ombre, sorties de l'ombre. De même pour le Soleil, levers, passages au méridien, couchers.

Condition des différentes positions

	Lever	*Passage au méridien*	*coucher*	*Eclipse*
Phobos (**S_1**)	**dh_1 = 0**	**dv_1 = 0**	**dh_1 = 0**	**ombS_1=true**
Deimos (**S_2**)	**dh_2 = 0**	**dv_2 = 0**	**dh_2 = 0**	**ombS_2=true**

Inscrire les heures dans le tableau donné en Annexe page 11.

Que remarque-t-on de singulier ?

7 - Visibilité et phases des satellites

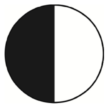


Figure 8.

Pour visualiser les parties éclairée et à l'ombre de Mars et des ses satellites, on superpose à chaque objet, un dessin d'une lune à moitié éclairée (*milune.gif* figure 8). Adaptée à la dimension de l'objet, l'image sera tournée de telle façon que la partie éclairée soit orientée vers le Soleil.

Soit **θ_S** l'orientation de la direction du Soleil par rapport à **axeX** (figure 9, à gauche) :

θ_S = Angle[axeX , dir_S] + π

Attention, valeur en radians.

Pour faire tourner l'image d'un angle déterminé, on fera tourner les deux points qui déterminent les positions de **Coin 1** et **Coin 2** de chaque image par rapport au centre de celle-ci.

	Soleil	*Phobos*	*Déimos*
Coin 1	**A**	**C**	**E**
Coin 2	**B**	**D**	**F**

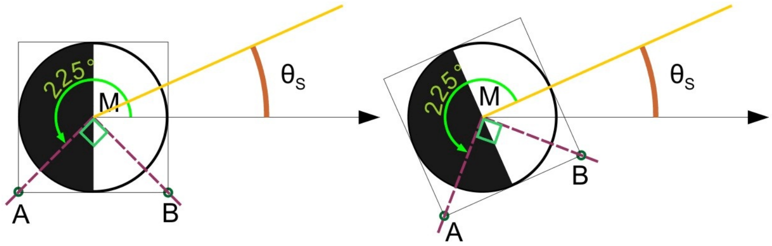


Figure 9.

Pour Mars, on superpose, centrée sur **M**, l'image de la demi-lune avec le cercle **cp_M** de rayon 1, en donnant aux deux points les coordonnées polaires (figure 9) :

A = (sqrt(2) ; 225°) + M
B = (sqrt(2) ; 315°) + M Translation en **M**

Le rayon du cercle **cp**$_M$ valant 1, la demi-diagonale du carré de l'image vaut $\sqrt{2}$.

On applique la rotation d'amplitude **θ_S** (figure 9 partie droite) :

A = (sqrt(2) ; 225° + θ_S) + M
B = (sqrt(2) ; 315° + θ_S) + M

De même pour les satellites. La grandeur de la demi-diagonale de leurs images sera égale à **r**, valeur adaptable :

r = 0.25

Pour **S_1** : **C = (r; 225° + θ_S) + S_1**
D = (r; 315° + θ_S) + S_1

Pour **S_2** : **E = (r; 225° + θ_S) + S_2**
F = (r; 315° + θ_S) + S_2

Comme pour notre martien, en faisant varier le temps **tps** suivre le déplacement du Soleil, et les rotations des images de Mars et des satellites. Ne pas oublier que les satellites ne sont bien visibles qu'au-dessus de l'horizon et lorsque le Soleil est couché et s'ils ne sont pas éclipsés.

SAUVEGARDER

8 - Visualisation simplifiée dans la fenêtre Graphique 2

Ouvrir la fenêtre **graphique 2**

Dans notre simulation, tous les objets traversent le ciel suivant un demi-cercle Est-Ouest passant par le zénith.

Nous allons représenter le ciel visible par un demi-cercle (couleur orange) de rayon unité où **axeX** représente l'axe Est-Ouest :

Ciel = DemiCercle[(–1, 0), (1, 0)]

Chaque objet, *Soleil*, *Phobos*, *Déimos*, lorsqu'il est visible au-dessus de l'horizon martien y est représenté par un point placé en coordonnées polaires de rayon 1 et d'angle son *angle horaire* décalée de 90° pour avoir le 0° au zénith.

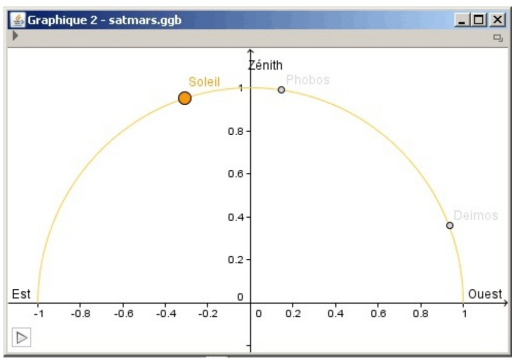


Figure 10.

Angles horaires des satellites

AH_1 = –Angle[V + Vecteur[M, V], V , S_1]
AH_2 = –Angle[V + Vecteur[M , V], V , S_2]

Les points *Soleil*, *Phobos* et *Déimos* ne seront créés que s'ils sont au-dessus de l'horizon :

Soleil = Si[fsol, (1; -AH_S + pi / 2)]

Phobos = Si[cos(AH_1) > 0, (1; –AH_1 + π / 2)]
Déimos = Si[cos(AH_2) > 0, (1; –AH_2 + pi / 2)]

Mettre le **Soleil** en jaune et de grosseur 6, les satellites 3.

Lorsqu'il fait jour ou éclipse, atténuer les couleurs de **Phobos** et **Déimos**.

On joue sur les **Couleurs dynamiques** dans l'onglet "**Avancé**" des "**Propriétés**" (figure 11 pour *Phobos*).
Pour colorier le satellite, on peut mettre une valeur non nulle à la place du dernier zéro.
Faire de même pour *Déimos*.

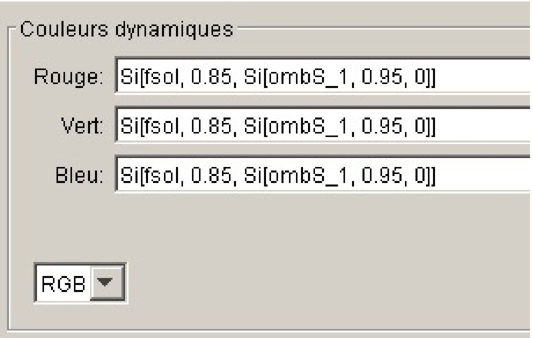


Figure 11.

On peut rajouter trois objets textes (fixes) pour indiquer les points **Est**, à gauche, **Ouest** à droite et **Zénith** (voir figure 10).

Affichages, onglet **Avancé** (figure 12) :

- dans la fenêtre **Graphique 2** on met seulement :
  le demi-cercle **ciel**, les textes **Est**, **Ouest** et **Zenith**.
  les points **Soleil**, **Phobos** et **Déimos**, le cercle **horizon**,

Figure 12.

En faisant varier le temps, **tps**, l'observateur martien voit :
– défiler le *Soleil* de jour en jour martien
– quand il fait nuit allant rapidement d'Ouest en Est *Phobos* avec ses éclipses
– quand il fait nuit lentement d'Est en Ouest *Déimos* avec ses éclipses.

Animations : animer le curseur temps **tps** avec un pas de 0.0001 et **pas croissant**.

N'est-ce pas joli ?

Pour la suite

Pour parfaire la simulation, reprendre la visualisation de la partie 10 en 3D (Document à venir *Lune_Mars_3D.pdf*).

On peut aussi chercher les variations de luminosité des deux satellites en fonction de leurs distances à l'observateur et les phases qu'ils lui présentent.

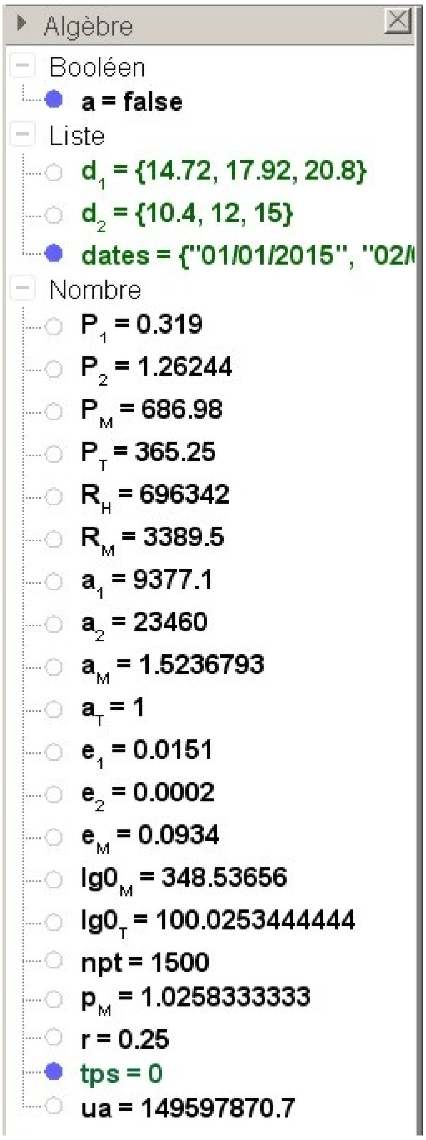
Annexe

Données de départ

Fichier *data_satmars.ggb*

Les mots en police Arial et **gras** sont les objets de *Geogebra* que l'on retrouve dans la fenêtre **Algèbre**.

Ces données ne doivent pas être altérées.



Unité de base

– unité astronomique **ua** (km)

Soleil

– Rayon solaire **R_H** (km)

Mars

– demi-grand axe de l'orbite **a_M** (ua)
– rayon équatorial **R_M** (km)
– période de révolution **P_M** (jours)
– longitude écliptique au temps origine **lg0_M** (degrés)
– période sidérale de rotation **p_M** (jours)
– excentricité de l'orbite **e_M**

Terre

– demi-grand axe de l'orbite **a_T** (ua)
– période de révolution **P_T** (jours)
– longitude écliptique au temps origine **lg0_T** (degrés)

Satellites

– demi-grands axes **a_1**, **a_2** (km)
– rayons **R_1**, **R_2** (km)
– périodes de révolution **P_1**, **P_2** (jours)
– excentricités de l'orbite **e_1**, **e_2**
– dimensions sous forme de listes **d_1**, **d_2** (km)

Curseur temps

– curseur temps **tps** en jours sur 1500 jours
– un curseur [*jour*, *heure*, *minute*] permet de changer la valeur de l'incrémentation du curseur temps **tps**.
– liste **dates**, pour permettre l'affichage du temps par date (jour, heures et minutes) sur un an.
– **npt** nombre de points de la liste

Booléen - Case à cocher

– Valeur logique **a** pour passer de l'héliocentrisme au *martiocentrisme*

Remarques :

Utilisation des curseurs : lorsque un curseur est sélectionné (en cliquant sur son trait le point mobile devient flou), les touches flèches du clavier permettent de l'incrémenter ou décrémenter.
De plus en agissant sur les touches flèches et en tenant simultanément appuyé sur la touche :
– SHIFT : l'incrément est dix fois plus petit
– CTRL : l'incrément est dix fois plus grand

Utilisation du zoom : pour zoomer dans la fenêtre graphique, en plus ou en moins et ne pas partir n'importe où, il faut se souvenir que l'endroit où pointe le curseur de la souris reste immobile.

La ronde de Phobos et Déimos vue de Mars

Date terrestre	Dates martien.	Soleil			Phobos					Déimos				
		Lever	Méridien	Coucher	Lever	Méridien	Coucher	Eclp. Début	Eclp. Fin	Lever	Méridien	Coucher	Eclp. Début	Eclp. Fin