

Satellites galiléens de Jupiter

Qui suis-je ? Où suis-je ?

Depuis plus de 400 ans la ronde des satellites galiléens de Jupiter est observée par nous autres terriens. On sait donc qu'ils tournent suivant des orbites pratiquement circulaires autour de leur maître Jupiter, tous dans le sens direct et que ces orbites sont situées extrêmement près de son plan équatorial.

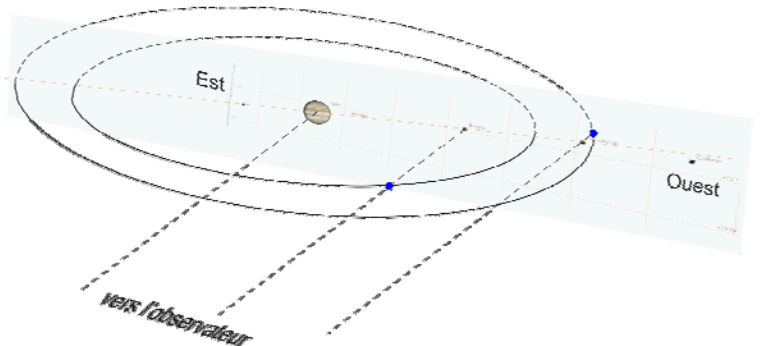
De très nombreuses observations ont permis de connaître avec précision leurs périodes de rotation et aussi les rayons de ces orbites circulaires. De plus les observations des phénomènes mutuels, tels les éclipses ou occultations sont le meilleur moyen de parfaire la connaissance de la dynamique du système jovien.

Pour préparer ou simuler une simple observation à une date donnée, un ensemble d'éléments est nécessaire. Ces données sont en annexes et se trouvent aussi dans la partie tableur du fichier Geogebra que l'on va utiliser :

- Périodes et demi-grands axes des satellites galiléens
- rayon et distance de Jupiter au moment des observations.

L'observation au télescope ou à la lunette ne donne qu'une image en deux dimensions du ciel.

Les mesures sur le ciel sont des angles. C'est pourquoi, les unités utilisées dans ce document sont le degré et ses sous-multiples. Comme les dimensions du champ sont petites, les distances angulaires seront exprimées en secondes d'arc (")
($1^\circ = 60' = 3600''$).



Plan de travail

1 – Stellarium

Utilisation de Stellarium pour préparer l'observation se faisant dans la journée du 25 février 2014 et donner une base à la simulation

- choix d'une date de départ et d'une image de référence pour avoir les positions initiales
- observation du comportement des quatre satellites galiléens au cours de la journée

2 – Geogebra (fichier de départ *config_jupiter2014-02-25-0hTU.ggb*)

- insertion de l'image de la configuration de départ, mise à l'échelle, centrage sur Jupiter et orientation suivant l'équateur de Jupiter
- tracé des orbites circulaires en fonction de la distance Terre_Jupiter au jour d'observation
- positionnement des satellites sur leurs orbites à l'instant origine choisi
- animation en fonction d'une variable temps
- représentation des positions projetées sur la ligne d'équateur de Jupiter vue de la Terre

3 – Observation si la météo le permet,

- observations et prises d'images au télescope, puis ultérieurement, vérification et identification des satellites sous Geogebra en utilisant la simulation.

Avant de commencer, il est important de bien tenir compte des termes employés dans ce document et du sens des phrases. Dans tout travail scientifique, ceci est très important pour la compréhension des phénomènes observés et leur traitement.

Remarque. Pour les mots astronomiques mis en italique, qui vous échappent, consulter les bons auteurs ou les personnes qui ont quelques connaissances de base en astronomie.

Stellarium

Des documents de prise en main du logiciel sont téléchargeables à la page internet

<http://cral.univ-lyon1.fr/labo/fc/cdroms/cdrom2014/astrobases/index.html>

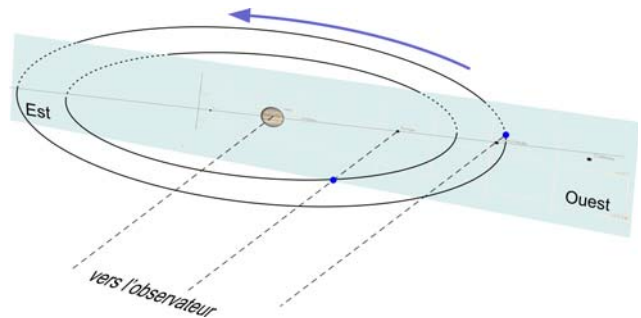
au paragraphe *Stellarium*. Pour débiter, utiliser le document *stellarium_depart.pdf*

- ▶ Ouvrir Stellarium
- ▶ Arrêter l'*entraînement*
- ▶ Faire apparaître la petite fenêtre date.
- ▶ Se placer au 25 février à 0h TU (23h du 24 février) à l'aide des touches de changement de jours, heures, minutes et secondes.
- ▶ Garder cette fenêtre ouverte et la placer en haut à droite (ou à gauche) de l'écran.
- ▶ Mettre la grille des *coordonnées équatoriales* et la *monture du télescope* en équatoriale
- ▶ Chercher Jupiter, cliquez une fois dessus, appuyer sur la barre d'espace ; Jupiter se centre
- ▶ Ne plus cliquez sur l'écran
- ▶ Grossir en zoomant au maximum (molette de la souris) de façon que les quatre satellites galiléens Io, Europe, Ganymède et Callisto soient encore dans le *champ* de l'écran

1 – observation : que voit -on ? que remarque-t-on ?

- Jupiter et ses bandes dues à sa rotation rapide sur lui-même. Elles sont parallèles à l'équateur et indiquent la direction de l'équateur
On rappelle que ce qui est observé n'est qu'une projection d'une structure en trois dimensions, les cercles des *orbites* étant presque orthogonaux au plan du fond de ciel.
- Les quatre satellites galiléens, objets d'apparence stellaire dans le prolongement de l'équateur de Jupiter. Ils permettent de se figurer la ligne projection de l'équateur de la planète
- La grille dite des coordonnées équatoriales (les lignes horizontales sont parallèles à l'équateur terrestre) des *ascensions droites* (unités heures d'angle : $360^\circ = 24\text{h}$) et *déclinaisons* (en degrés °, et minutes ')
- Des renseignements sur l'objet (sélectionné (Jupiter). Voir dans le diaporama de présentation la diapo numéro 8 pour quelques renseignements astronomiques.
- ? ▶ D'autres points sur l'écran autres que les satellites sont des étoiles qui semblent se déplacer par rapport à Jupiter quand le temps avance. Pourquoi ?

2 – noter, juste après 0h TU, dans quels sens se déplacent les satellites lorsqu'on fait avancer le temps. Se rapprochent-ils ou s'éloignent-ils de Jupiter ? Ceci est important pour savoir s'ils sont devant ou derrière lui. Pourquoi ?



Avant de remplir le tableau, regarder ce qu'apporte le sens de rotation du satellite.

Si l'on se souvient que tous les satellites *orbitent* dans le sens direct, leur mouvement permet de savoir s'il sont devant ou derrière

En regardant bien le dessin ci-contre remplir le tableau ci-dessous par « **En avant** » ou « **En arrière** »

Pos. / Jupiter	Eloignement	Approche
Satellite à l'Est		
Satellite à l'Ouest		

? ▶ S'il sont *stationnaires*, que cela signifie-t-il ?

En faisant varier le temps de minutes en minutes ou d'heure en heure, noter dans le tableau suivant leurs positions et mouvements pour les 4 satellites à 0h TU par rapport à Jupiter .

Positions et sens de déplacements des satellites à 0h TU

Pos. / Jupiter	Io (1)	Europe (2)	Ganymède (3)	Callisto (4)
Position (Est ou Ouest)				
Position devant / derrière				

Pour faciliter ces observations qui ne sont pas toujours faciles avec Stellarium, on peut consulter les Ephémérides d'heure en heure des satellites en Annexe II et regarder comment varie les coordonnées relatives des satellites par rapport à Jupiter..

Attention, le sens direct de rotation donne le côté positif vers la gauche (Est) et le côté négatif vers la droite (Ouest).

3 – revenir au temps origine choisi (0h TU 25 février 2014)

- ▶ zoomer (molette) et déplacer Jupiter (tenir appuyé le bouton gauche et faire glisser la souris) de façon que l'images soit la plus grosse possible, mais en gardant les quatre satellites dans le champ.
L'échelle des *déclinaisons* (échelle verticale) est alors au pas de 1 minute d'arc (1') : la distance entre deux traits successifs horizontaux de la grille des *coordonnées équatoriales* vaut une minute d'arc.

4 – Image du champ (dans Geogebra on se servira de l'image mise en forme *jup_config2014-02-25-0h00TUc.gif*)

- Démarche pour faire une image utilisable du champ :
 - faire un copie d'écran
 - la coller dans un programme de traitement d'image (Xnview, Photoshop, PhotoPaint, etc)
 - l'inverser (négatif)
 - retailler en ne gardant que les satellites, avec suffisamment de hauteur pour avoir l'échelle des Y.
 - rééchantillonner l'image en doublant ses dimensions en abscisses et ordonnées (ceci s'appelle *rebinner*)
 - sauver l'image sous forme GIF ou PNG avec fond transparent.

Pour raffiner, si le programme de traitement d'image le permet, avant sauvegarde, sélectionner l'ellipse de Jupiter et la remettre en image positive.



On rappelle que l'échelle en *déclinaison* (verticale) est au pas de 1 minute d'arc, ce qui n'est pas le cas de l'échelle horizontale en *ascensions droites*.

? ▶ Pourquoi ?

- Fin de Stellarium

Geogebra

- Ouvrir Geogebra et charger le fichier *config_jupiter2014-02-25-0hTU.ggb*

Dans la partie Tableur, on trouvera :

- l'unité astronomique en km (cellule **B3**)
- rayon de Jupiter (km) (cellule **B1**)
- la distance de Jupiter en unités astronomiques (ua) (cellule **B2**)

Pour les quatre satellites galiléens,

- les demis-grands axes (rayons des orbites) en km (cellules **B5 à B8**)
- leurs périodes sidérales en jours (cellules **C5 à C8**)

Tableur			
	A	B	C
1	Rayon Jup	71492	
2	Distance (km)	686698701	
3	1 ua (km)	14959787...	
4		Rayon (km)	P (jours)
5	Io	422000	1.7691
6	Europe	671000	3.5512
7	Ganymède	1070000	7.1546
8	Callisto	1883000	16.689

- Calculs préparatoires :

- créer l'objet : α_J rayon de Jupiter en secondes d'arc (écriture des indices : voir dans *elements_geogebra.pdf*)
- calculer dans les cellules **D5 à D8**, les rayons angulaires sous lesquels on voit les orbites des satellites, en secondes d'arc.

Pour Io, dans la cellule **D5** écrire :

$$= \arctan(B5 / \$B\$2) 180 / \pi 3600$$

Bien voir ce que signifie la formule : calcul de l'angle et conversion des radians en secondes d'arc.

Idem pour les autres satellites.

Les \$ à **B2**, permettent de tirer la formule dans les cellules en dessous sans faire changer son indice.

		Rayon (km)	P (jours)	Rayon (")
5	Io	422000	1.7691	126.4894
6	Europe	671000	3.5512	201.1242
7	Ganymède	1070000	7.1546	320.7195
8	Callisto	1883000	16.689	564.4054

1 – Positionnement et échelle de l'image

- Insérer l'image *jup_config2014-02-25-0h00TUc.gif* dans la partie graphique.

Voir l'insertion graphique d'une image soit dans le document d'initiation à *Geogebra*, soit la diapositive 18 du diaporama d'accompagnement.

- Positionnement

Créer un point **A**, de position quelconque, par exemple, (-100,-100)

Créer un curseur **g** qui permettra de faire varier la grandeur de l'image. Plage de 400 à 800, incrément 1, largeur 300.

Créer un point **B** assujéti à **A** :

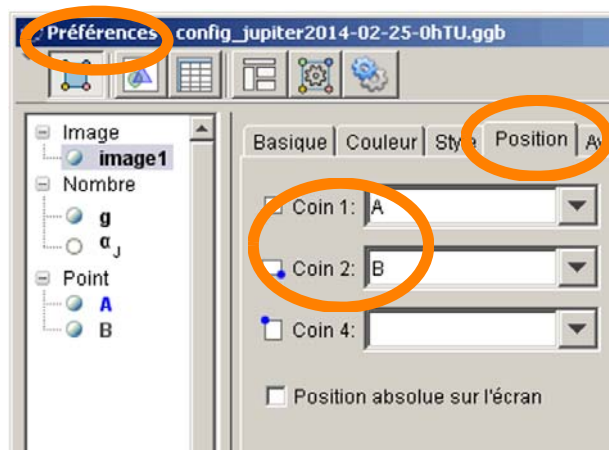
- d'abscisse égale à celle de **A+g**
- de même ordonnée que celle **A**

Écriture au choix :

- analytique $B = (x(A)+g, y(A))$
- vectorielle $B = A + \text{Vecteur}[(g,0)]$
- ou encore $B = \text{Translation}[A, \text{Vecteur}[(g,0)]]$

Vérifier que le point **B** se déplace horizontalement lorsque l'on fait varier la valeur du curseur **g** et qu'il se déplace comme le point **A** lorsque l'on fait une translation du point **A** au moyen du pointeur de la souris.

Ouvrir les *Propriétés (Préférences)* de l'image et dans l'onglet *Position*, mettre le point **A** en **Coin 1** et **B** en **Coin 2**.



► Echelle de l'image

En jouant sur la position de **A** et la valeur de **g**, donner à l'échelle de *déclinaison* de l'image, une grandeur de 60 par segment de l'échelle verticale.
Les coordonnées de Geogebra sont alors en secondes d'arc, car 60 correspondent à 1 minute d'arc donc 60" sur le ciel.

– Ne plus afficher le curseur **g**.

► Centrage de Jupiter

Déplacer le point **A** de façon que le centre de Jupiter soit à l'origine des coordonnées.

Pour faciliter le positionnement, on crée le point **J = (0,0)** et l'on trace un cercle de centre **J** et de rayon α_J

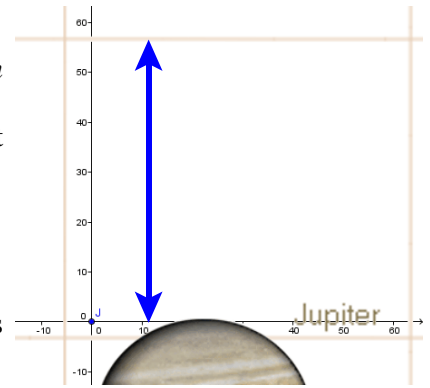
$$c_J = \text{cercle}(J, \alpha_J)$$

On peut le colorier et lui donner une semi-transparence.

Centrer Jupiter sur ce cercle.

Remarquer l'aplatissement aux pôles de la planète, dû à la rotation rapide (9 h 55 min 27,3 s).

? ► Calculer la vitesse de rotation à l'équateur de Jupiter, en km/s.



Rotation de l'image

Il faut amener maintenant la ligne des satellites (approximativement l'équateur de Jupiter) sur l'axe des abscisses.

Ceci se fait en tournant l'image autour du centre **J**, d'un certain angle θ qu'il faut déterminer.

Il est alors plus facile de créer un curseur θ pour faire tourner l'image et aligner les satellites sur l'axe des abscisses.

► Créer le curseur θ avec une plage -20 à $+20$ et un pas 0.1

► Créer deux points **A'** et **B'** images de **A** et **B** par rotation autour du centre **J** d'amplitude θ :

$$A' = \text{rotation}[A, \theta^\circ] \quad \text{et} \quad B' = \text{rotation}[B, \theta^\circ]$$

Il n'est pas nécessaire de donner le centre de rotation, car ici, c'est le point origine **(0,0)** pris par défaut.

► Dans l'onglet de *Position* de la fenêtre des *Propriétés* de l'image

– remplacer **A** par **A'** et **B** par **B'**.

– faire varier θ de façon à aligner au mieux les quatre satellites sur l'axe des abscisses.

On peut ne plus afficher le curseur θ .

– placer avec précision un point sur chacun des 4 satellites **S'**₁ sur Io, **S'**₂ sur Europe, **S'**₃ sur Ganymède, **S'**₄ sur Callisto.

On peut ne plus afficher : l'image et les points **A**, **B**, **A'** et **B'**.

Remarque : après avoir tracé les orbites des satellites, on verra comment on peut améliorer le positionnement de l'équateur de Jupiter.

2 – Orbites des planètes

Pour l'observateur, le plan du graphique est le plan équatorial de Jupiter et aussi son plan de visée. Il est placé sur l'axe des ordonnées négatives.

Avec cette convention, l'*Ouest* de Jupiter est à droite (abscisses positives) , et l'*Est* à gauche (abscisses négatives) .

Les cercles des orbites des satellites sont aussi dans ce plan, les points des satellites ne sont que leurs projections sur la ligne équatoriale vue par l'observateur.

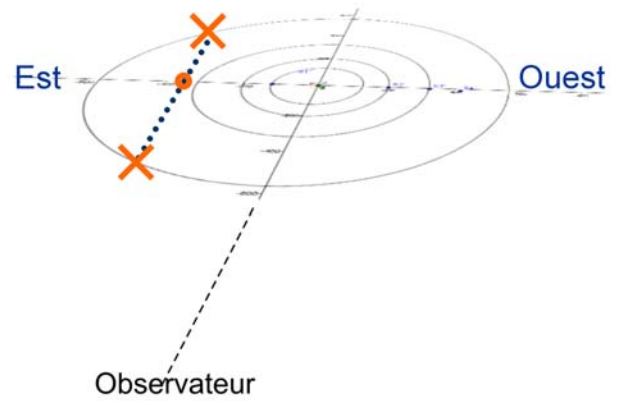
► Tracer les cercles, orbites des quatre satellites dont les rayons angulaires ont été calculés en secondes d'arc.

$$c_1 = \text{cercle}(J, D5) \quad \text{pour Io}$$

Idem pour les autres satellites.

3 – Positions des satellites sur leurs orbites

Les points S'_1 , S'_2 , S'_3 et S'_4 ne sont que les projections des satellites sur la ligne équatoriale de Jupiter vue de la Terre. Ils sont donc à l'intersection des cercles des orbites avec les perpendiculaires à l'axe des abscisses passant par ces points (voir figure page 1).



Mais chaque droite perpendiculaire coupe le cercle du satellite correspondant en deux points. Quel est le bon ?

C'est ici qu'il faut se souvenir, avec Stellarium, lorsque le temps augmentait à partir du temps origine, dans quel sens chaque satellite se déplaçait : approche ou éloignement de Jupiter ?

- ▶ Faire un dessin pour déterminer pour chacun des satellites leurs positions (devant ou derrière) par rapport à Jupiter à l'instant origine de l'image.
S'il est devant, la demi-droite sera orientée vers les ordonnées négatives (vers l'observateur) et inversement pour la position en arrière de Jupiter.
- ▶ Mettre dans le tableau ci-dessous, l'orientation de chacune des demi-droites à partir des résultats obtenus dans Stellarium.

Satellite	Io	Europe	Ganymède	Callisto
Sens de la demi-droite				

- ▶ En fonction de ces positions tracer les demi-droites d_1 , d_2 , d_3 et d_4 perpendiculaires à l'axe des abscisses qui passent par les points S'_1 , S'_2 , S'_3 et S'_4 .
- ▶ Construire les points I_1 , I_2 , I_3 et I_4 qui correspondent à leurs intersections avec les orbites correspondantes.

Par suite des imprécisions de mesures et positionnements, il peut arriver que pour un satellite, il n'y ait pas d'intersection. Le point est alors déclaré par Geogebra **non défini**.

? ▶ Que cela signifie t-il ?

A ce moment, le satellite est à son maximum d'*élongation* et sa distance à Jupiter correspond au rayon de son orbite.

Pour résoudre cette difficulté, on crée le point du satellite qui correspond au maximum d'*élongation*, donc d'ordonnée nulle et d'abscisse égale au rayon de l'orbite (attention à la position Est-Ouest).

4 – Mouvements des satellites avec le temps

Il nous faut un curseur qui fera varier le temps.

- ▶ Construire le curseur **tps**, de plage 0 à 20 avec un pas de $1/48^{\text{ème}}$ de jour (pas correspondant à 1/2 heure) et de largeur 300. Choisir le style et la couleur.
- ▶ Construire le point S_1 correspondant au premier satellite Io.
Utiliser la syntaxe polaire ($\rho ; \alpha$) (attention, ici la séparation est “;” point virgule et non un point).

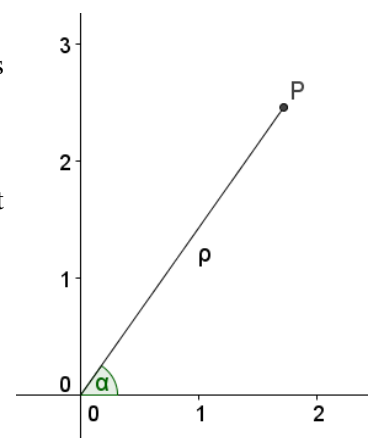
Pour Io, le premier satellite

- ρ vaut pour ce satellite la valeur en **D5**
- α vaut au temps origine :

$$\phi_1 = \text{Angle}[\text{axeX}, \text{Droite}[J, I_1]]$$

Le satellite tourne à la vitesse angulaire d'un tour ou 360° en 1,769 jours (cellule **D5**) soit une vitesse angulaire :

$$\omega = \frac{360}{C5} \text{ degrés/jours}$$



Au bout de **tps** jours, il a tourné de :

$$\text{tps } \omega = \text{tps} * 360 / C5$$

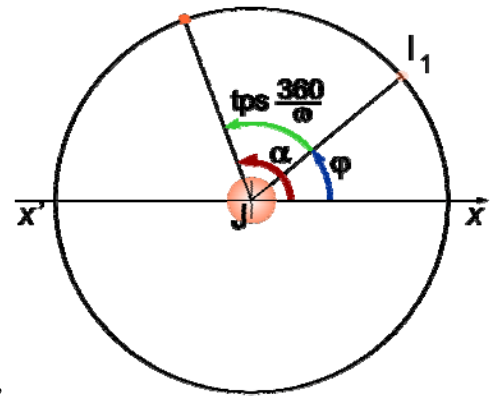
► Calculer l'angle de position au temps **tps** :

$$\alpha = 360^\circ / C5 * \text{tps} + \varphi_1$$

► Construire **S₁** :

$$S_1 = (D5 ; \underbrace{360^\circ / C5 * \text{tps} + \varphi_1}_{\alpha})$$

ρ α



Idem pour Europe (période **C5**, rayon **D5**), Ganymède (période **C6**, rayon **D6**) et Callisto (période **C7**, rayon **D7**).

On peut maintenant ne plus afficher les points **S'_n**, les points **I_n**, les demi-droites **d_n**.

Affichage du temps

Le temps décimal donné par le curseur **tps** n'est pas très fonctionnel dans sa lecture, car nous sommes habitués aux heures et minutes.

► Insérer un texte qui affiche le jour, les heures et les minutes à partir du temps décimal **tps** (voir en fin du TD une façon de faire cet affichage).

5 – Simulation et projection

Pour représenter et simuler ce que l'on doit observer, il faut projeter les points mobiles avec le temps sur la droite équatoriale de Jupiter.

Pour ne pas tout mélanger, on décale cette ligne équatoriale de **-600** en ordonnées.

► Tracer une parallèle à l'axe des abscisses à l'ordonnée **-600** :

$$d_{\{eq\}} : y = -600$$

► Reporter le cercle de Jupiter sur cette ligne :

$$c'_j = \text{Cercle}[(0, -600), \alpha_J] \quad \text{ou} \quad c'_j = \text{Translation}[c_j, (0, -600)]$$

► Placer les projections des points **S₁**, **S₂**, **S₃** et **S₄** sur cette droite, points que l'on nomme **P₁**, **P₂**, **P₃** et **P₄** :

$$P_1 = (x(S_1), -600)$$

Idem pour Europe, Ganymède et Callisto.

Pour la visibilité, des segments (en style pointillés) peuvent marquer les projections

$$sg_i = \text{segment}[S_i, P_i] \quad i = 1, 2, 3 \text{ et } 4$$

6 – Observations et images

Si des images sont obtenues au télescope et si les heures des observations bien notées, il sera possible de comparer les positions observées et les positions prédites et aussi de donner une échelle à l'image faite.

Il est possible, aussi de faire des mesures sur ces images et les traiter comme l'image de Stellarium en l'insérant dans le graphique de Geogebra.

Pour les positionner et adapter leurs échelles angulaires, il faudra alors créer l'équivalent des points **A**, **A'**, **B**, **B'** ainsi que l'équivalent des deux curseurs **g** et **theta** pour chaque image insérée.

7 – Un peu de géométrie spatiale

Cette partie n'est pas développée ni ici, ni dans le diaporama, mais peut faire un complément pour la compréhension des changements de vision du plan équatorial de Jupiter en fonction des positions respectives des deux planètes sur leurs orbites respectives.

Les quatre satellites galiléens ne sont pas alignés !

Que cela signifie-t-il ?

Peut-on se servir des satellites qui par chance sont presque à leurs maximums d'*élongation* ?

Si oui, la mesure de la distance de Callisto (qui n'est pas au plus loin de Jupiter) au plan de l'équateur de Jupiter peut-elle donner une indication ou une mesure de la position du plan de Jupiter ?

8 – Affichage du temps

Il faut afficher le jour, l'heure et les minutes dans un même encadré texte.

Il faut donc calculer ces trois variables à partir du temps **tps**.

Procédure

Créer une variable

$$\mathbf{tps2 = tps + 0.0001}$$

Cette astuce permet d'éliminer des problèmes d'arrondis quand on passe en heures et minutes.

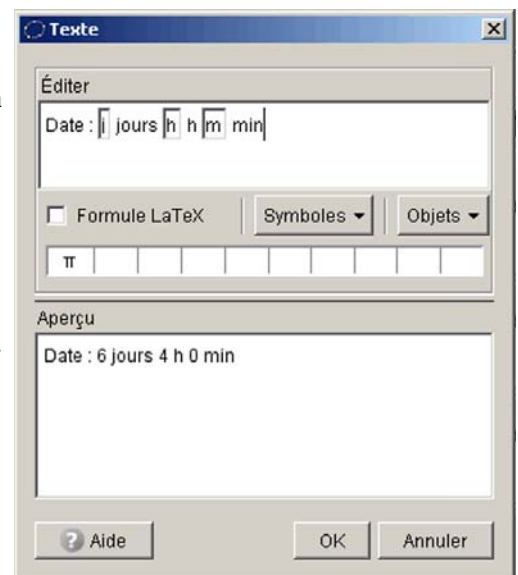
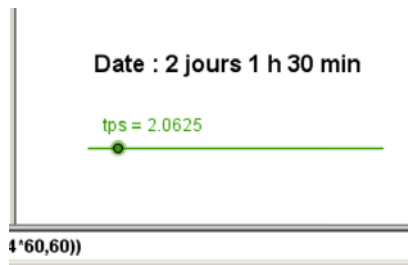
On crée :

$$\begin{aligned} \mathbf{j} &= \mathbf{floor(tps2)} \\ \mathbf{h} &= \mathbf{floor(mod(tps2*24,24)} \\ \mathbf{m} &= \mathbf{floor(mod(tps2*24*60,60))} \end{aligned}$$

Par la commande *Insertion de texte*, on fait écrire ces trois valeurs.

Changer la grosseur et le style des textes si l'on veut.

Affichage par exemple :



Annexe I

Données sur Jupiter

Demi-grand axe de Jupiter	5,202603 ua 778,2983 en millions de km
excentricité	0,04850
Période sidérale	11 ans et 314,84 jr
Diamètre apparent équat. max.	50,1"
Diamètre équatorial (Terre=1)	11,2089
Diamètre équatorial	142984 km
Aplatissement	1/15,4

Données pour les satellites galiléens (avec un peu d'anglais)

http://www.imcce.fr/hosted_sites/saimirror/guidejupiter.html

	Io - J1	Europa - J2	Ganymede - J3	Callisto - J4
semi-major axis in km	422000	671000	1070000	1883000
period of revolution (in days)	1.769138	3.551181	7.154553	16.689018
eccentricity	0.004	0.009	0.002	0.007
inclination on the jovian equator	0.02 to 0.04 °	0.42 to 0.51 °	0.06 to 0.30 °	0.15 to 0.74°
size in km	3637	3130	5268	4806
highest magnitude at the opposition	5.02	5.29	4.61	5.65
maximum apparent geocentric distance to Jupiter at opposition	2 min 27 arcsec	3 min 54 arcsec	6 min 13 arcsec	10 min 56 arcsec
GM (km ³ /s ²)	5959.916 ± 0.012	3202.739 ± 0.009	9887.834 ± 0.017	7179.289 ± 0.013

Autre donnée

Unité astronomique 149597870700 m

Annexe II

Ephémérides Jupiter

Planete 5 Jupiter
 Coordonnees Astrometriques J2000
 Centre du repere : geocentre
 Coordonnees ecliptiques (Long, Lat)

Date UTC				Asc. dr.	Déc.	Distance	Date UTC				Asc. dr.	Déc.	Distance					
j	m	a	h	h	m	s	ua.	j	m	a	h	h	m	s	o	'	"	ua.
25	2	2014	0	6	46	8.0	+23 14 44.4	4.590297288	25	2	2014	13	6	46	3.8	+23 14 51.9	4.597585363	
25	2	2014	1	6	46	7.7	+23 14 45.0	4.590856226	25	2	2014	14	6	46	3.5	+23 14 52.4	4.598147937	
25	2	2014	2	6	46	7.4	+23 14 45.5	4.591415445	25	2	2014	15	6	46	3.2	+23 14 53.0	4.598710789	
25	2	2014	3	6	46	7.0	+23 14 46.1	4.591974946	25	2	2014	16	6	46	2.8	+23 14 53.6	4.599273918	
25	2	2014	4	6	46	6.7	+23 14 46.7	4.592534728	25	2	2014	17	6	46	2.5	+23 14 54.1	4.599837323	
25	2	2014	5	6	46	6.4	+23 14 47.3	4.593094791	25	2	2014	18	6	46	2.2	+23 14 54.7	4.600401005	
25	2	2014	6	6	46	6.0	+23 14 47.9	4.593655135	25	2	2014	19	6	46	1.9	+23 14 55.2	4.600964963	
25	2	2014	7	6	46	5.7	+23 14 48.5	4.594215758	25	2	2014	20	6	46	1.6	+23 14 55.8	4.601529196	
25	2	2014	8	6	46	5.4	+23 14 49.0	4.594776662	25	2	2014	21	6	46	1.3	+23 14 56.4	4.602093704	
25	2	2014	9	6	46	5.1	+23 14 49.6	4.595337844	25	2	2014	22	6	46	1.0	+23 14 56.9	4.602658487	
25	2	2014	10	6	46	4.7	+23 14 50.2	4.595899306	25	2	2014	23	6	46	0.7	+23 14 57.5	4.603223545	
25	2	2014	11	6	46	4.4	+23 14 50.7	4.596461047	26	2	2014	0	6	46	0.4	+23 14 58.0	4.603788877	
25	2	2014	12	6	46	4.1	+23 14 51.3	4.597023066										

Planète: Jupiter (INPOP10)

- éphémérides sur 1903/06/01.5-2043/02/13.7

Par rapport de la planète Jupiter

Position d'observateur: Géocentre

Echelle de temps: UTC

L'équateur et équinoxe ICRS.

Coordonnées astrométriques tangentielles (option Tang. X, Y (sec. d'arc))

An	M	J	H	Satellite: J1 Io		Satellite: J2 Europe		Satellite: J3 Ganymède		Satellite: J4 Callisto	
				X (")	Y (")	X (")	Y (")	X (")	Y (")	X (")	Y (")
2014	2	25	0	125.12	-12.19	-197.98	18.86	-318.75	30.38	-416.42	31.14
2014	2	25	1	125.24	-12.74	-198.63	19.48	-319.47	30.81	-422.24	31.87
2014	2	25	2	122.58	-13.02	-198.16	19.99	-319.77	31.20	-427.96	32.60
2014	2	25	3	117.21	-13.00	-196.59	20.39	-319.64	31.55	-433.56	33.31
2014	2	25	4	109.25	-12.70	-193.92	20.67	-319.08	31.85	-439.05	34.02
2014	2	25	5	98.88	-12.12	-190.17	20.83	-318.10	32.11	-444.43	34.72
2014	2	25	6	86.33	-11.27	-185.36	20.89	-316.69	32.33	-449.70	35.41
2014	2	25	7	71.87	-10.18	-179.52	20.82	-314.85	32.50	-454.85	36.09
2014	2	25	8	55.84	-8.86	-172.68	20.64	-312.59	32.64	-459.88	36.76
2014	2	25	9	38.58	-7.34	-164.88	20.34	-309.92	32.72	-464.80	37.42
2014	2	25	10	20.48	-5.67	-156.17	19.93	-306.83	32.77	-469.60	38.07
2014	2	25	11	1.93	-3.87	-146.60	19.42	-303.33	32.77	-474.28	38.71
2014	2	25	12	-16.65	-1.99	-136.22	18.79	-299.42	32.72	-478.83	39.34
2014	2	25	13	-34.86	-0.06	-125.10	18.06	-295.12	32.63	-483.27	39.96
2014	2	25	14	-52.32	1.86	-113.28	17.23	-290.42	32.50	-487.58	40.57
2014	2	25	15	-68.62	3.74	-100.85	16.31	-285.34	32.33	-491.77	41.17
2014	2	25	16	-83.44	5.54	-87.86	15.30	-279.87	32.11	-495.83	41.76
2014	2	25	17	-96.44	7.22	-74.40	14.20	-274.04	31.85	-499.77	42.34
2014	2	25	18	-107.35	8.75	-60.54	13.03	-267.84	31.55	-503.57	42.90
2014	2	25	19	-115.93	10.08	-46.35	11.79	-261.28	31.20	-507.25	43.46
2014	2	25	20	-122.00	11.19	-31.91	10.48	-254.38	30.82	-510.80	44.01
2014	2	25	21	-125.44	12.07	-17.30	9.12	-247.13	30.39	-514.23	44.54
2014	2	25	22	-126.16	12.68	-2.60	7.71	-239.57	29.92	-517.51	45.06
2014	2	25	23	-124.16	13.02	12.10	6.25	-231.68	29.41	-520.67	45.57
2014	2	26	0	-119.48	13.07	26.74	4.77	-223.49	28.87	-523.70	46.07

Attention, le sens direct de rotation donne le côté positif vers la gauche (Est) et le côté négatif vers la droite (Ouest).