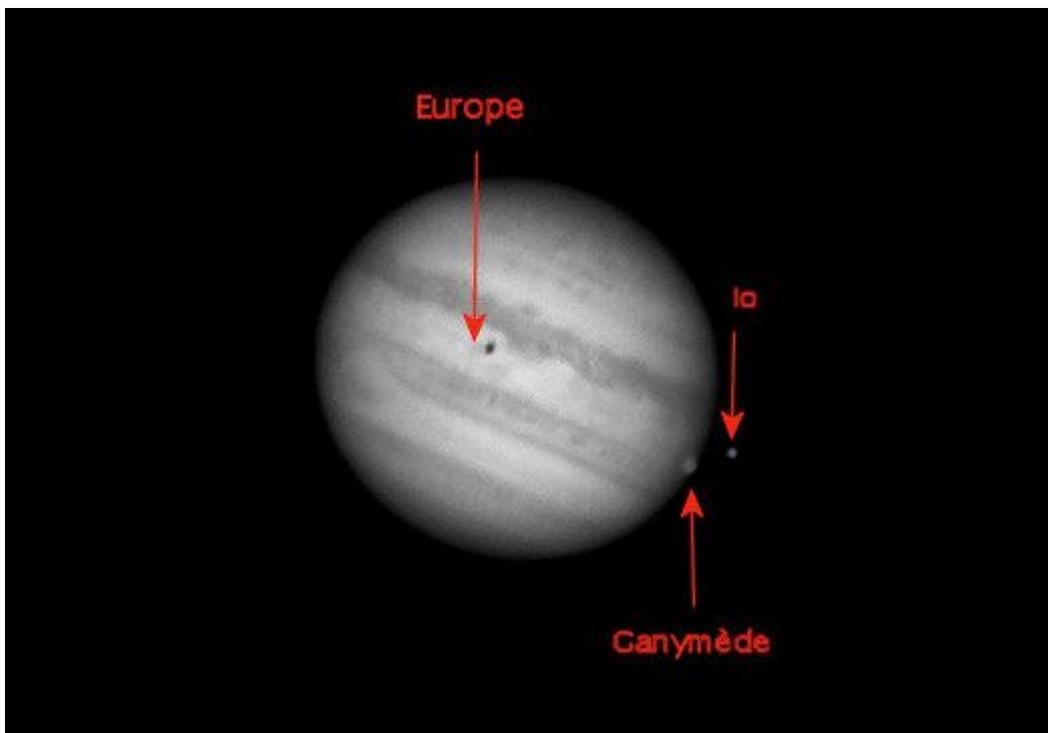


# Thème n°19 :

## Europe, L'un des satellites de Jupiter

( math / SVT/physique;  
Mmes Nély et Boyer et Mrs Grenier et Amalric)



## Partie 1 : A la recherche des satellites de Jupiter et de leurs trajectoires

### I- Une approche historique

A l'aide des panneaux de la salle 25 et vos connaissances acquises lors de la phase 1 du projet, et des deux liens ci-dessous, répondre aux questions suivantes :

[http://media4.obspm.fr/public/AMC/pages\\_moyen-age-17e/ha-observations-galilee1.html](http://media4.obspm.fr/public/AMC/pages_moyen-age-17e/ha-observations-galilee1.html)

<http://www.imcce.fr/promenade/pages4/491.html>

- 1) Galilée a découvert les quatre principaux satellites de Jupiter dans sa lunette astronomique. Retrouver sur internet le schéma de ses premières observations. Quels noms a-t-il voulu leur donner ? Quels sont les noms de ces 4 satellites ?
- 2) Pourquoi l'observation de leur comportement autour de Jupiter permet à Galilée de donner une « preuve » du modèle héliocentrique du système solaire.
- 3) Galilée a décrit de façon précise le mouvement des satellites et leur localisation autour de Jupiter. Quelle était l'application pratique recherchée ? demander une explication à vos camarades en charge du thème n°5.
- 4) Qu'est-ce que l'IMCCE ?

### II- Les trajectoires elliptiques des satellites de Jupiter ( première loi de Kepler)

Modélisation des trajectoires avec le logiciel geogebra

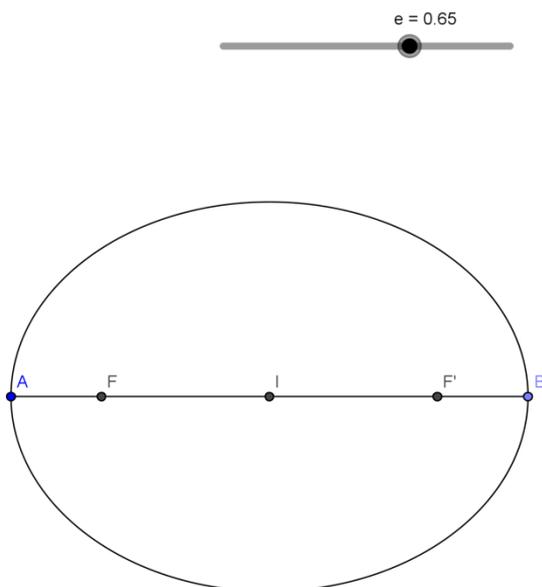
#### 1) Comprendre la notion d'excentricité d'une ellipse et de foyer.

a) Une construction :

Prendre une page geogebra blanche.

Construire un curseur appelé e variant de 0 à 1

Placer deux points quelconques A et B distant d'une longueur  $2a$ , puis construire les deux foyers de l'ellipse passant par A et B sachant qu'il sont symétriques par rapport au centre de l'ellipse et qu'il sont espacé d'une longueur  $2c$  avec  $c = e \times a$ . Construire une ellipse avec la commande ellipse (foyer,foyer, point) ( la liste des commandes peut être obtenue en faisant apparaître la colonne à droite ). On obtient le dessin ci-dessous, faire varier e avec le curseur et commenter l'aspect de l'ellipse et la position des 2 foyers.



b) Tracer les axes de l'ellipse avec les commandes du logiciel.

Par définition : a est la longueur du demi grand axe.

c) Vérifier à l'aide du logiciel que pour tout point M d'une ellipse,  $MF + MF' = 2a$ . ( C'est la méthode du jardinier pour construire une ellipse : expliquer cette méthode )

## 2) application aux trajectoires des satellites de Jupiter

- a) Récupérer les coordonnées d'au moins 5 points ( une douzaine c'est mieux ! ) de l'ellipse que parcourt le satellite Io et dont Jupiter est un foyer .  
Ces coordonnées donnent dans le logiciel geogebra l'angle par rapport à l'axe horizontal et la distance au foyer ( revoir le premier TP geogebra fait en classe ) sur le site de l'IMCCE :

Pour les satellites des planètes ( ici Jupiter ) :

[http://www.imcce.fr/hosted\\_sites/saimirror/nssreq5hf.htm](http://www.imcce.fr/hosted_sites/saimirror/nssreq5hf.htm)

The screenshot shows the IMCCE website's interface for calculating satellite ephemerides. The page title is "IMCCE-SAI: Natural Satellites Service. Ephemerides". The main heading is "Serveur d'éphémérides des satellites naturels des planètes. MULTI-SAT." Below this, there are navigation links for "NSDC Observations", "Ephémérides", "Bibliographie", "Paramètres", and "Liens dans WWW". The current page is titled "Satellites Galiléen et proches de Jupiter".

The form includes the following fields and options:

- Choisissez une version de la théorie pour les satellites galiléens:
  - par V.Lainey V2.0|V1.1
  - par V.Lainey V1.1
  - par J.-E. Arlot G-5
  - par D.Lieske E-5
- Choisissez un satellite:  de Jupiter
- Repère de référence:
- Choisissez une version de la théorie du mouvement de la planète:
- Tapez le code de l'observatoire (XXX):  (500 pour géocentre) ou voyez la liste
- Choisissez l'époque de l'équateur et l'équinoxe:  (Description)
- Choisissez l'échelle de temps:  UTC  TT
- Indiquez le format de la date initiale:
- Tapez la date initiale:
- Choisissez l'unité du pas:  la valeur du pas:  le nombre de pas:
- Choisissez le type de données en sortie:
- ne pas calculer si l'hauteur est moins que  ou le soleil est au-dessus de l'horizon (Explication)

Buttons: "Calculer", "Retour ...", "Objectif", "Mode d'emploi", "Sources", "Nomenclature", "Copyright", "Credit".

- b) Construire les 5 points ( si possible espacés donc pris a des dates espacées sur l'année) dans une page blanche de geogebra et avec l'outil bouton ( ellipse passant par 5 points ) , construire l'ellipse qui correspond à la trajectoire du satellite autour de sa planète. (construire les autres points et vérifier qu'ils appartiennent à peu près à l'ellipse construite).

Déterminer avec les commandes du logiciel : centre, excentricité, foyers, axes de l'ellipse.

- c) Retrouver sur internet ou dans des livres, les données pour ce satellite : période autour de sa planète, distance à sa planète, excentricité, etc ... et retrouver ces valeurs sur la construction.
- d) En considérant que la trajectoire est à peu près un cercle et est parcourue avec un mouvement uniforme, reprendre le TD du début d'année et animer la figure ( attention à repositionner le centre du cercle si besoin pour ajuster l'ellipse) .

- e) Refaire le même travail avec les autres satellites de Jupiter ( attention à l'espace des données selon la période de révolution du satellite autour de Jupiter ! surtout les satellites éloignés !). Quel est le problème de représentation de ces trajectoires sur votre page geogebra ?
- f) Essayer d'animer tous les satellites de votre figure geogebra avec la même méthode qu'au d). Attention à la position initiale !

### III- Déterminer la masse de Jupiter à l'aide de la troisième loi de Kepler et de ses satellites

## La « pesée » de Jupiter

### Objectif:

Estimer la masse de Jupiter à partir de la troisième loi de Kepler.

### Principe:

#### *Systeme considéré*

La planète Jupiter et ses quatre satellites : Io, Ganymède, Callisto, Europe

#### *Modèle:*

On considère que:

- La masse du satellite est négligeable devant la masse de la planète
- Les autres satellites ont une influence négligeable sur le mouvement du satellite considéré.
- L'excentricité de la trajectoire est très faible au niveau de précision de nos mesures; nous pourrions alors estimer le demi grand axe de l'orbite par l'élongation maximum du satellite. Si ce n'est pas le cas, il faudra effectuer plusieurs mesures à des dates différentes.

#### *Utilisation de la troisième loi de Kepler*

Pour chacun des quatre satellites :

$T$  = période de révolution du satellite autour de sa planète

$a$  = demi grand axe de son orbite

$M_J$  = masse de la planète Jupiter

$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ : constante de la gravitation

La troisième loi de Kepler s'écrit:  $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{M_J \cdot G}$

On se propose dans ce travail de déterminer  $T$  et  $a$  pour chaque satellite. Une représentation graphique de type  $y = k \cdot x$  permettra de déterminer la valeur de  $M_J$ . Laquelle, pourquoi?

$$T^2 = f(a^3)$$

$$a^3 = f(T^2)$$

$$T^2 = f(G)$$

Exprimer  $M_J$  en fonction de  $k$

# Mesures

## Détermination de $T$ et de $a$

Matériel:

Le logiciel Stellarium

Un double-décimètre

Pour déterminer  $T$  et  $a$  il va falloir suivre la planète et son satellite en continu. Pour cela Stellarium va nous fournir un télescope idéal:

- S'assurer que la résolution de l'écran est bonne  
FOV : choisir environ 0.237, s'affiche en haut à droite, modification avec la roulette de la souris ou PgUp PgDn. FOV signifie Field of Vision
- Activer la vision « comme dans un télescope » et afficher les noms des planètes. pour cela cliquer



**Video** => mode de vue disque. Alors l'écran correspond à ce que l'on verrait dans un télescope dont l'angle d'ouverture serait celui qui est affiché en haut à droite de l'écran;

**Rendu** => cocher « nom des planètes » si cela n'est pas fait



cliquer pour sortir du mode configuration

- Se mettre en monture équatoriale : le plan jupiter / satellites sera quasi horizontal



Cliquer UNE fois sur : l'icône doit restée "allumée"

- Enlever le sol;



Cliquer une fois sur : (l'icône représente un arbre et le sol). l'icône doit restée "éteinte". De cette manière on pourra poursuivre la planète même lorsqu'elle sera couchée sous l'horizon local;

- Viser la planète Jupiter ; on peut la rechercher à l'aide de la fonction de recherche;  
cliquer  et taper Jupiter (avec un J majuscule) dans la fenêtre. Puis cliquer sur "GO"

- Centrer la planète Jupiter avec la barre d'espace
- Augmenter la vitesse d'écoulement du temps pour suivre les mouvements des satellites et ajuster le grossissement du télescope (FOV) afin qu'ils ne sortent pas du champ lors des mesures.

<i>Bouton</i>	<i>Raccourci clavier</i>	<i>Description</i>
	j	Diminue la vitesse à laquelle s'écoule le temps
	k	Écoulement normal du temps
	l	Augmente la vitesse à laquelle s'écoule le temps
	8	Retour à la date et à l'heure courante

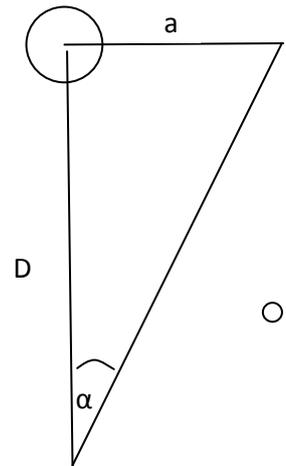
Raccourci clavier : 7 (du clavier alphanumérique) permet de stopper l'écoulement du temps.

### **Détermination de T:**

Il suffit de mesurer la durée entre deux débuts d'occultation du satellite par sa planète, instants où il pénètre derrière le disque planétaire; Ces deux instants sont lus sur l'horloge en haut à gauche de l'écran. (arrêter éventuellement l'écoulement du temps par la touche 7)

### **Détermination de a:**

**Principe:** on détermine l'angle  $\alpha$  sous lequel on voit le demi grand axe  $a$  de l'orbite du satellite. Connaissant la distance  $D$  à laquelle se trouve la planète (affichée en U.A. en haut à gauche de l'écran) montrer que l'on en déduit  $a = D.\alpha$  ou  $a = D. \text{tg } \alpha$ .

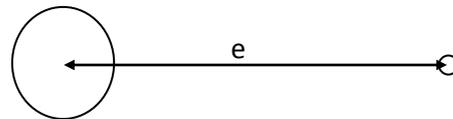


A l'aide d'un double décimètre mesurer sur l'écran la largeur  $d$  du **rayon** du champ du télescope (en cm) ; cette largeur correspond à l'angle d'ouverture  $f$  divisée par 2 du télescope (arrêter le temps durant le jour éventuellement pour bien voir le champ du télescope). Reporter les valeurs de  $f$  et  $d$  dans le tableau "résultats".

En laissant s'écouler le temps, **placer le satellite au maximum de son élongation**

Arrêter le temps et mesurer au double décimètre sur l'écran la distance  $e$  séparant le satellite du centre de la planète.

Montrer que  $\alpha = 1/2 \times f \times \frac{e}{d}$



Noter la distance  $D$  Terre-Planète en UA (donnée en haut à gauche de l'écran). La reporter dans le tableau de mesures. Remarque 1 U.A.=  $1,5.10^{11}$ m

## *Tableau de mesures*

Satellite: \_\_\_\_\_

Détermination de T **jj:mm:aaaa**      **hh:mm:ss**

Instant de la première occultation (jj:mm:aaaa puis hh:mm:ss)		
Instant de la deuxième occultation (jj:mm:aaaa puis hh:mm:ss)		

Détermination de a

valeur de <b>f</b> (FOV)(°):		valeur de <b>d</b> (cm)		valeur de <b>e</b> (cm)	
Distance Terre-Planète <b>D</b> (en U.A.)					

Satellite: \_\_\_\_\_

Détermination de T **jj:mm:aaaa**      **hh:mm:ss**

Instant de la première occultation (jj:mm:aaaa puis hh:mm:ss)		
Instant de la deuxième occultation (jj:mm:aaaa puis hh:mm:ss)		

Détermination de a

valeur de <b>f</b> (FOV)(°):		valeur de <b>d</b> (cm)		valeur de <b>e</b> (cm)	
Distance Terre-Planète <b>D</b> (en U.A.)					

Satellite: \_\_\_\_\_

Détermination de T **jj:mm:aaaa**      **hh:mm:ss**

Instant de la première occultation (jj:mm:aaaa puis hh:mm:ss)		
Instant de la deuxième occultation (jj:mm:aaaa puis hh:mm:ss)		

Détermination de a

valeur de <b>f</b> (FOV)(°):		valeur de <b>d</b> (cm)		valeur de <b>e</b> (cm)	
Distance Terre-Planète <b>D</b> (en U.A.)					

Satellite: \_\_\_\_\_

Détermination de T **jj:mm:aaaa**      **hh:mm:ss**

Instant de la première occultation (jj:mm:aaaa puis hh:mm:ss)		
Instant de la deuxième occultation (jj:mm:aaaa puis hh:mm:ss)		

Détermination de a

valeur de <b>f</b> (FOV)(°):		valeur de <b>d</b> (cm)		valeur de <b>e</b> (cm)	
Distance Terre-Planète <b>D</b> (en U.A.)					

## Détermination de la masse de Jupiter

Créer une feuille Excel "Masse de Jupiter" et reporter les dates d'occultation, ainsi que les valeurs  $f$ ,  $d$ ,  $e$  et  $D$ .

Vous devrez faire le calcul de  $a^2$  et  $T^3$  par l'introduction de fonctions appropriées.

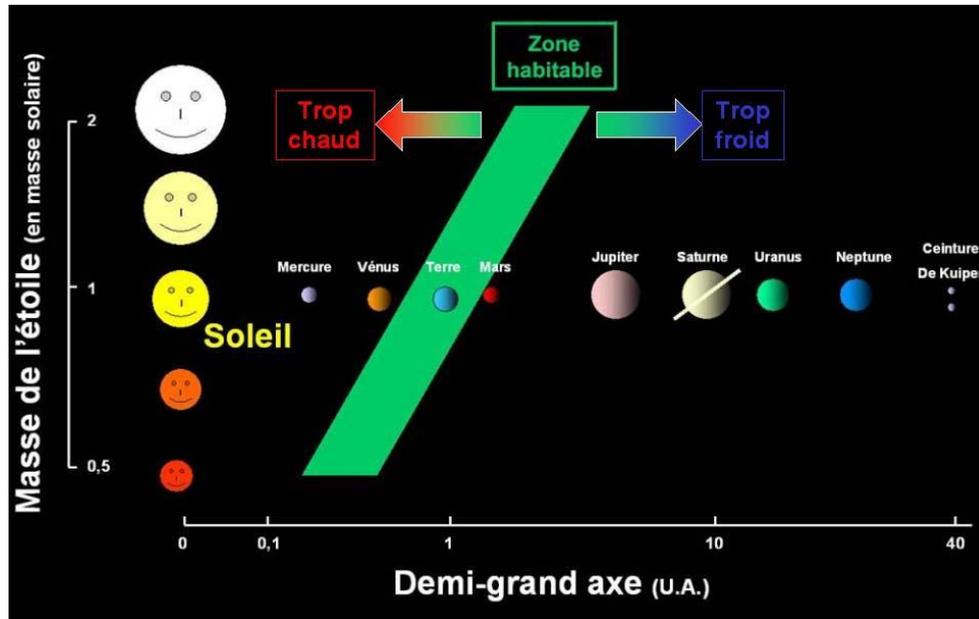
Compléter le graphe (nommer les axes), effectuer une régression linéaire, afficher l'équation de la droite et  $R^2$ . Si l'équation est donnée avec insuffisamment de chiffres : cliquer droit sur l'équation / format des étiquettes de données / nombre / scientifique / nombre de décimales : 2

Déterminer la masse de Jupiter. Comparer à la valeur retenue aujourd'hui.

Partie 2 : Habitabilité du satellite Europe de Jupiter

## La vie est-elle possible sur Europe, satellite de Jupiter ?

La **zone d'habitabilité** est définie comme une zone autour d'une **étoile** au sein de laquelle une planète possédant une **atmosphère** pourrait contenir de l'**eau sous forme liquide** en surface, condition indispensable au développement de la **vie**.



© 2010 Pierre Thomas

Représentation "classique" de la notion de zone habitable (ou fenêtre d'habitabilité)

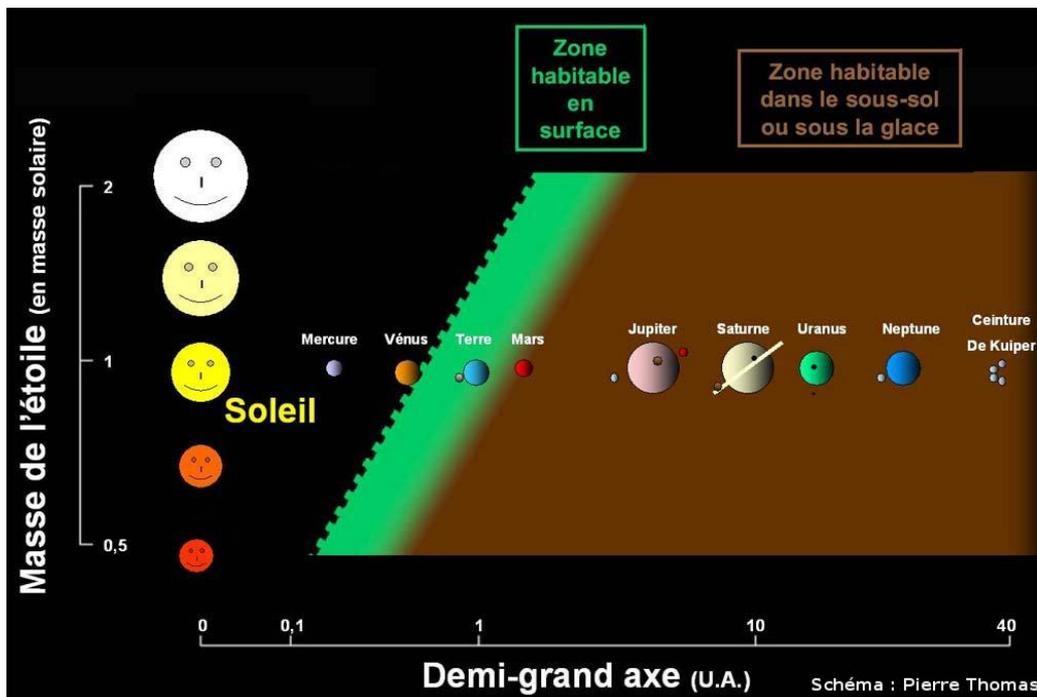


Schéma : Pierre Thomas

Nouvelle représentation de la notion de zone habitable (ou fenêtre d'habitabilité)

⇒ *D'après l'étude des caractéristiques d'Europe, satellite naturel de Jupiter, vous expliquerez pourquoi on peut remplacer la représentation classique de la zone d'habitabilité par la nouvelle représentation de cette zone et par conséquent envisager l'existence de la vie sur Europe.*

### Lien avec le français :

#### **Arthur C. Clarke + Stanley Kubrick**

Clarke publie en 1951 « La sentinelle », une nouvelle de science-fiction, rédigée pour un concours de la BBC et en 1964, il décide d'écrire un roman sur un voyage dans l'espace et sa nouvelle devient « **2001** », qui servira plus tard d'inspiration à **2001, l'Odysée de l'espace**. Il s'associe alors à Stanley Kubrick et écrit le script du film éponyme qui sortira en 1968.

Europa est depuis longtemps considéré comme un monde extraterrestre pouvant abriter la vie dans l'océan sous sa croûte glacée, tant par les scientifiques que par les auteurs de nouvelles de science-fiction comme Arthur C. Clarke's avec *2010 : Odyssey Deux* (1984).

#### **Ressource 1 : localisation d'Europe**

Europe est une des quatre lunes galiléennes découvertes en 1610.

- ⇒ Recherchez leur nom et l'origine de celui-ci.
- ⇒ Recherchez la distance de Jupiter par rapport au Soleil (en unités astronomiques UA que vous définirez) et entre Jupiter et Europe.
- ⇒ Ouvrez le logiciel Celestia et ... en route pour Jupiter !

Utilisez la fiche technique fournie pour :

- vous rendre à destination,
- puis repérer ces quatre lunes joviennes découvertes par Galilée,
- faire un cliché d'Europe prouvant que vous avez accompli la mission.

#### **Ressource 2 : Qu'est-ce que la vie ?**

<b>La matière vivante est faite d'atomes de carbone associés à ceux d'hydrogène (plus d'autres atomes comme l'azote, l'oxygène, le phosphore ...) dans des « grosses » molécules. Seul l'atome de carbone est capable de faire d'aussi complexes molécules, associé à de l'hydrogène et d'autres atomes.</b>	<b>Ces molécules faites de carbone associé à de l'hydrogène (plus d'autres atomes comme l'azote, l'oxygène, le phosphore ...) doivent, pour réagir entre elles, se trouver en solution (ou en suspension) dans un excellent solvant. Les chimistes nous disent que l'eau liquide est le meilleur solvant.</b>	<b>La vie doit disposer d'énergie :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- énergie solaire pour réaliser la photosynthèse</li><li>ou</li><li>- énergie chimique pour réaliser la chimiosynthèse</li></ul>
--	---	--

### **Ressource 3 : l'énergie et la vie**

#### **La zone d'habitabilité :**

En fonction de la distance à l'étoile, il n'y a qu'une faible zone où la température permet à l'eau liquide d'exister, zone où se trouve la Terre.

Cette représentation est très incomplète, car elle se réduit la vie à la surface et aux écosystèmes dépendant directement ou indirectement de la photosynthèse (utilisation de l'énergie lumineuse). Mais des êtres vivants peuvent vivre dans d'autres conditions ...

Des **bactéries** peuvent vivre dans des conditions de vie extrêmes.

Un organisme est dit **extrêmophile**, lorsque **ses conditions de vie** normales sont **mortelles pour la plupart des autres organismes** : températures, pressions, milieux très salés, acides, radioactifs ...

**L'étude des « extrêmophiles » permet d'agrandir la zone d'habitabilité d'un système solaire.**

#### **Au fond des océans ... pas de lumière ... des fumeurs noirs :**

- ⇒ Recherchez des informations sur les fumeurs noirs (localisation, fonctionnement) et expliquez comment les bactéries sulfato-réductrices peuvent se procurer l'énergie.

<http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/dossiers/d/medecine-bacteries-microbes-tout-genre-704/page/8/>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Organisme\\_thermophile](http://fr.wikipedia.org/wiki/Organisme_thermophile)

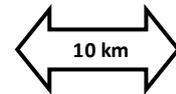
### **Ressource 4 : la surface d'Europe**



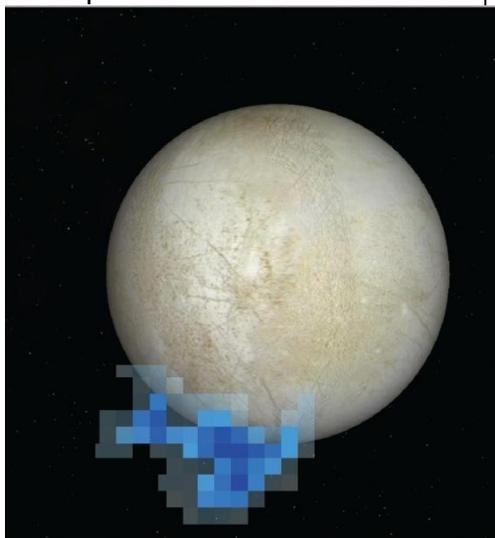
**Vue aérienne de la banquise arctique**



**Surface d'Europe vue par la sonde Galileo**



Le 12 décembre 2013, le télescope spatial Hubble a permis d'observer le phénomène suivant au pôle sud d'Europe.



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpeg>



**Vue d'artiste de Jupiter et de sa lune Europe**

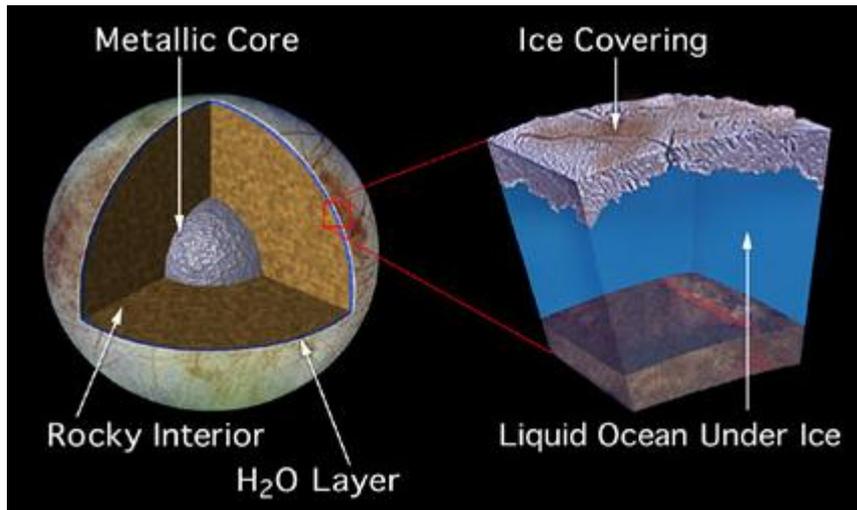
NASA/ESA/M. Kornmesser/L. Roth/J. Saur

**+ vidéogramme Europe-Geyser à visionner**

<http://www.sciencepresse.qc.ca/actualite/2013/12/20/mysteres-dune-lune-jupiter>

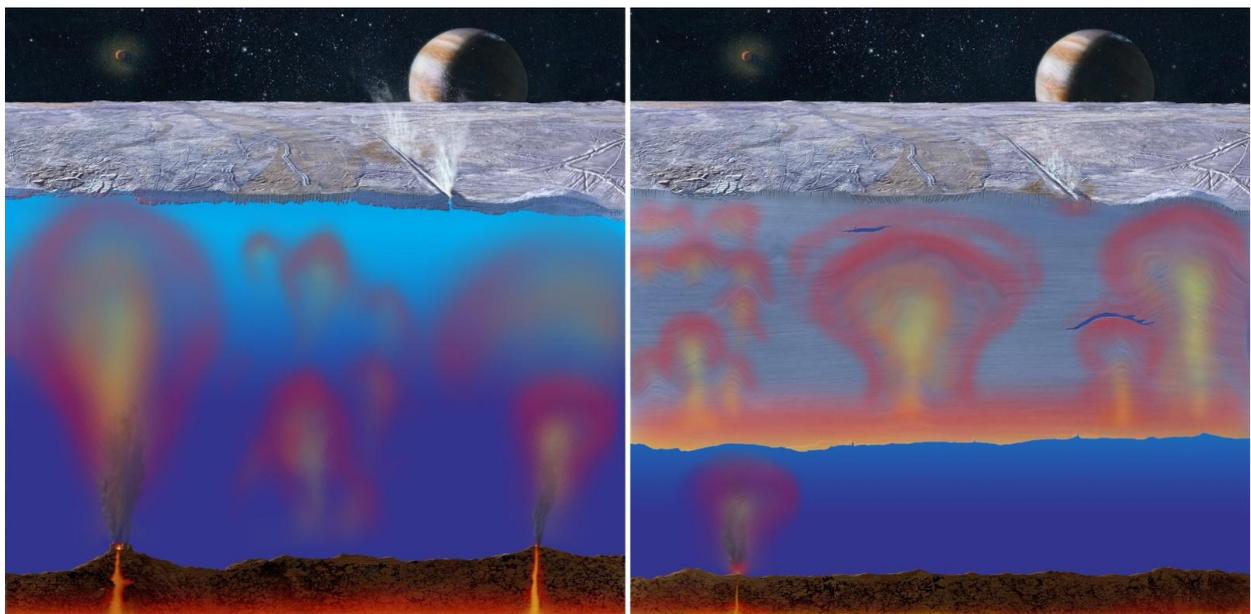
## **Ressource 5 : la structure d'Europe**

D'autres données ont permis de proposer un modèle de la structure interne d'Europe :



### **Structure interne d'Europe**

<http://europa.seti.org/europa/thermal-models/>



<http://photojournal.jpl.nasa.gov>

- ⇒ Expliquez les deux schémas ci-dessus qui proposent une interprétation des phénomènes observés à la surface d'Europe (Vous pouvez annoter et titrer les deux vues).
- ⇒ Proposez une expérience pour montrer ces phénomènes.