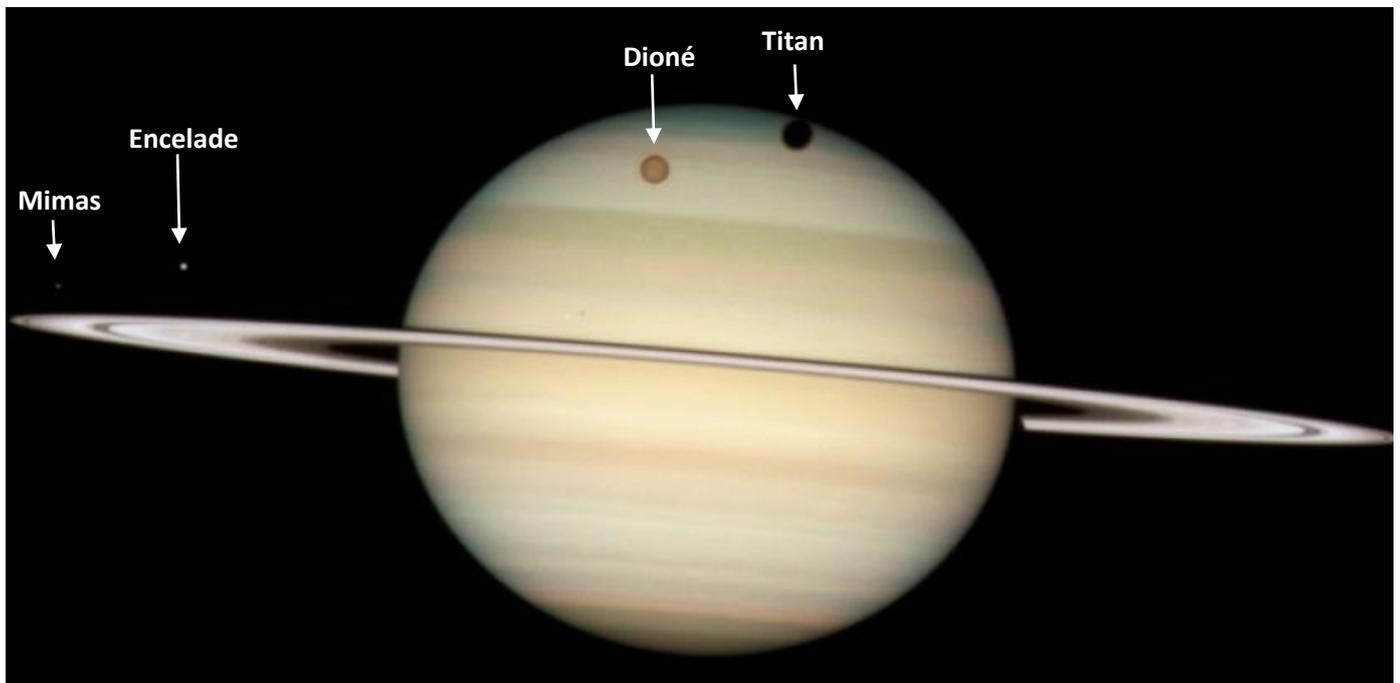


Thème n°20 :

Encelade, L'un des satellites de Saturne

(math / SVT/physique;
Mmes **Douarre** et Boyer et Mr Grenier)



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

I- Une approche historique

http://fr.wikipedia.org/wiki/Satellites_naturels_de_Saturne

documentaires sur Cassini

- 1) Galilée a découvert les quatre principaux satellites de Jupiter dans sa lunette astronomique, pourquoi n'a-t-il pas découvert les satellites de Saturne ?.
- 2) Quel est le premier satellite de Saturne découvert ? par qui ? comment ?
- 3) Quels sont les satellites découverts par Cassini ? quels moyens a-t-il employés ?
- 4) Retracer brièvement l'histoire des satellites découverts par la suite, quels moyens ont été employés ?
- 5) Qu'est-ce que l'IMCCE ?

II- Les trajectoires elliptiques des principaux satellites de Saturne (première loi de Kepler)

Modélisation des trajectoires avec le logiciel geogebra

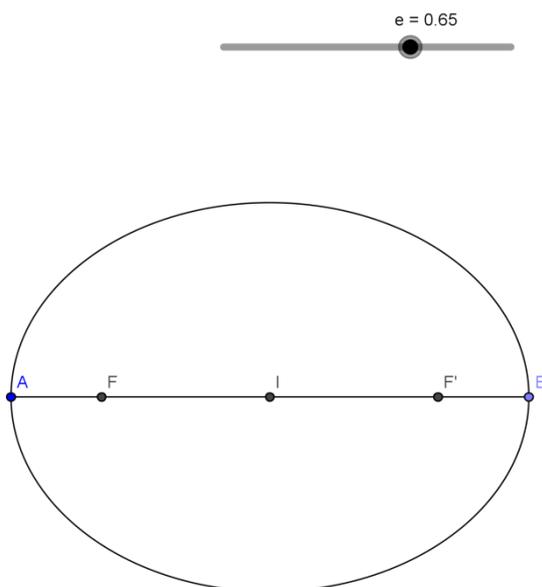
1) Comprendre la notion d'excentricité d'une ellipse et de foyer.

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 Saturne

- a) Récupérer les coordonnées d'au moins 5 points (une douzaine c'est mieux !) de l'ellipse que parcourt le satellite Encelade et dont Saturne 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 Saturne):

http://www.imcce.fr/hosted_sites/saimirror/nssreq6hf.htm

IMCCE-NAI: Natural Satellites Service. Ephemerides - Windows Internet Explorer fourni par Orange

http://www.imcce.fr/hosted_sites/saimirror/nssreq6hf.htm

IMCCE-NAI: Natural Satellites Service. Ephemerides

INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

Ephémérides avec un pas constant | Ephémérides et (O-C) pour un fichier de dates et de positions | Voir l'image

Serveur d'éphémérides des satellites naturels des planètes. MULTI-SAT.

Ephémérides avec un pas constant [Retour...]

Satellites de Saturne

Choisissez une version de théories pour les satellites S1 à S8, S12 à S14 et S15 à S18:

- S1-S8 par V.Lainey, 2011; S12-S14 par Oberti, Vienne (2003); S15-S18 par Porco (2005)
- S1-S8 par Vienne, Duriez; S12-S14 par Oberti, Vienne (2003); S15-S18 par Porco (2005)
- S1-S8 par G. Dourneau; S12-S14 par Oberti, Vienne (2003); S15-S18 par Porco (2005)
- S1-S8 par Harper, Taylor; S12-S14 par Oberti (1990); S15-S18 par Jacobson et al. (2008)

- Choisissez un satellite: S2 Encelade de Saturne
- Repère de référence: centre de Saturne
- Choisissez une version de la théorie du mouvement de la planète: INPOP10
- Tapez le code de l'observatoire (XXX) 500 (500 pour géocentre) ou voyez la liste
- Choisissez l'époque de l'équateur et l'équinoxe: ICRF (Description)
- Choisissez l'échelle de temps: UTC TT
- Indiquez le format de la date initiale: An mois jour.decimals
- Tapez la date initiale: 2014 12 30
- Choisissez l'unité du pas: heure la valeur du pas: 1 le nombre de pas: 20
- Choisissez le type de données en sortie: Plan-équat.lat.long.sideral du sat précision
- ne pas calculer si l'hauteur est moins que 0° ou le soleil est au-dessus de l'horizon (Explication)

Calculer

| 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) .

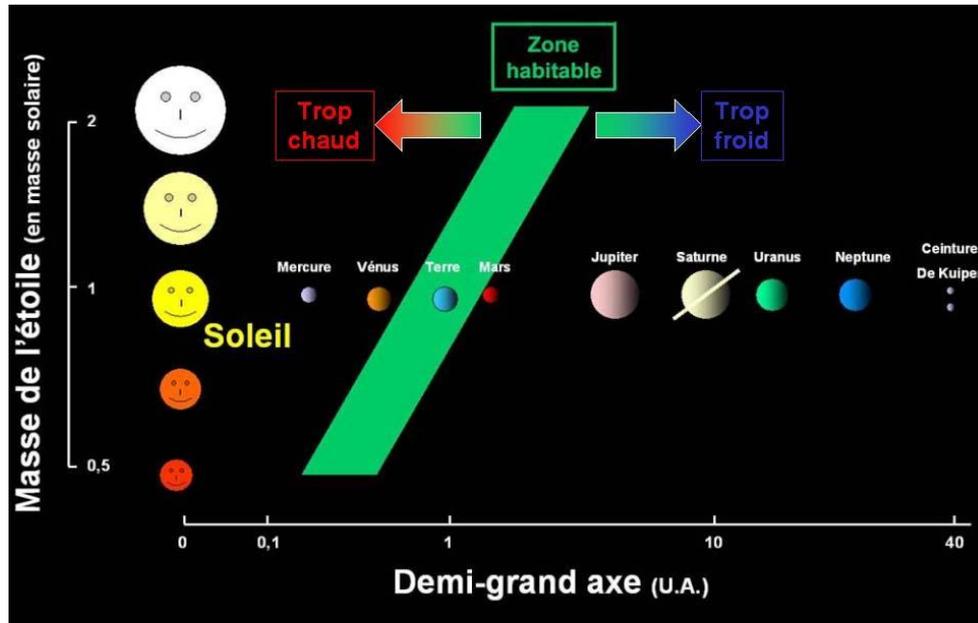
- e) Refaire le même travail avec les autres principaux satellites de Saturne(attention à l'espacement des données selon la période de révolution du satellite autour de Jupiter ! surtout les satellites éloignés !). Quel est le problème de représentation de ces trajectoires sur votre page geogebra ?

- f) Essayer d'animer tous les satellites de votre figure geogebra avec la même méthode qu'au d). Attention à la position initiale !

Partie 2 : Habitabilité du satellite Encelade de Saturne

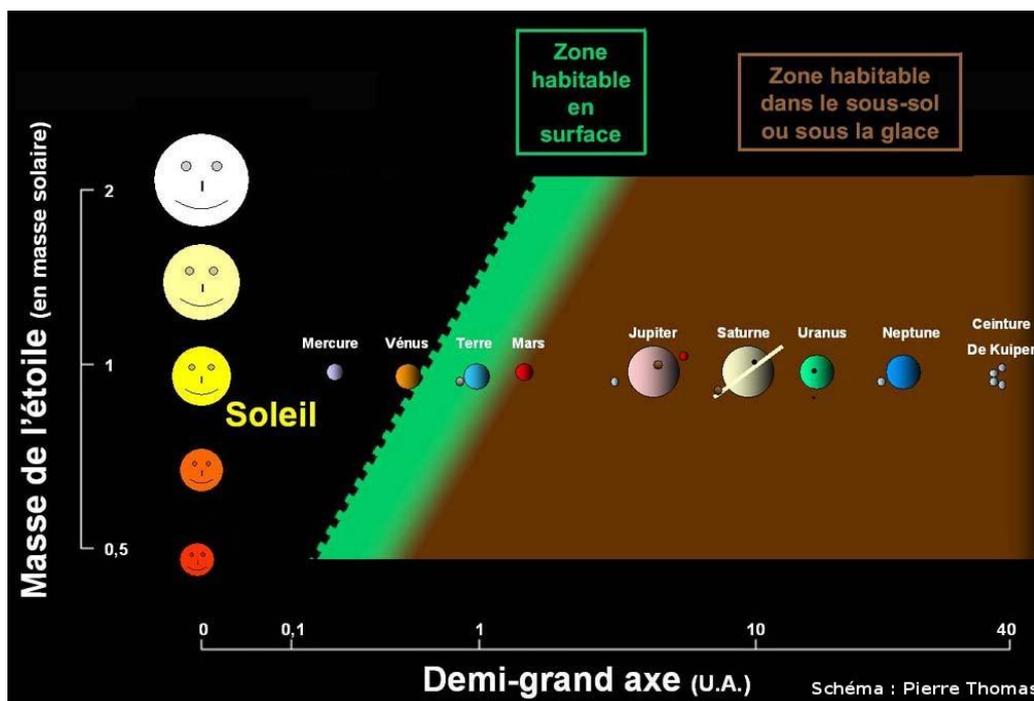
La vie est-elle possible sur Encelade, satellite de Saturne ?

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)



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

- ⇒ *D'après l'étude des caractéristiques d'Encelade, satellite naturel de Saturne, 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 Encelade.*

Ressource 1 : Localisation d'Encelade

Saturne compte plus d'une soixantaine de satellites de diamètre très variable. Encelade est l'une des deux lunes saturniennes découvertes en 1789 par le compositeur et astronome germano-britannique William Herschel, l'autre étant Mimas.

- ⇒ Recherchez l'origine du nom d'Encelade.
 ⇒ Recherchez la distance de Saturne par rapport au Soleil (en unités astronomiques UA que vous définirez) et entre Saturne et Encelade.
 ⇒ Ouvrez le logiciel Celestia et ... en route pour Saturne !

Utilisez la fiche technique fournie pour :

- vous rendre à destination,
- puis repérer les lunes de Saturne découvertes par Herschel,
- faire un cliché d'Encelade prouvant que vous avez accompli la mission.

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

<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>La vie doit disposer d'énergie :</p> <ul style="list-style-type: none"> - énergie solaire pour réaliser la photosynthèse ou - énergie chimique pour réaliser la chimiosynthèse
---	--	---

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

Ressource 4 : La surface d'Encelade

- ⇒ Rechercher la définition d'albédo et sa valeur pour Encelade.

- ⇒ Suivre le protocole fourni pour mesurer l'albédo de quelques matériaux terrestres.
Comparer vos résultats avec les valeurs ci-contre.

- ⇒ Déterminer la nature de la surface d'Encelade.

Substance	Albédo (%)
Corps noir	0
Lave	4
Basalte	5
Océans	7
Forêts	5-10
Sol noir (cendres)	5-16
Sol	16
Champs	14-17
Béton	17-27
Sable	25-30
Chaux	36
Glace	30-50
Neige tassée	52-81
Craie, Papier	85
Neige Fraîche	81-92
Miroir parfait	100

Albédo de quelques matériaux terrestre

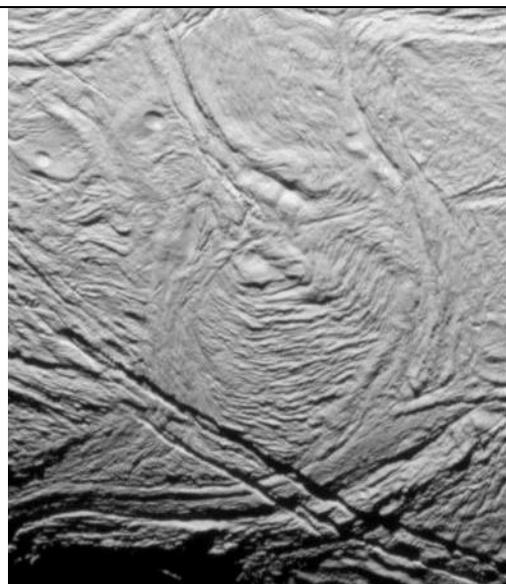
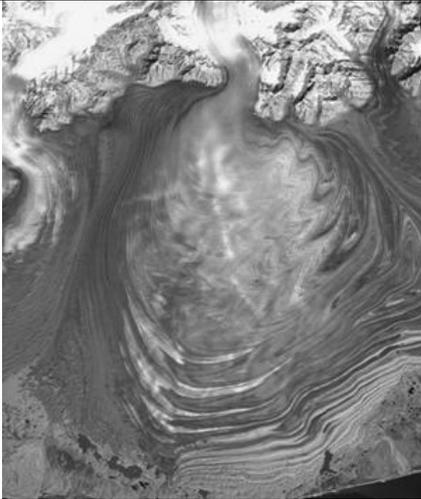


Figure d'écoulement visqueux sur Encelade

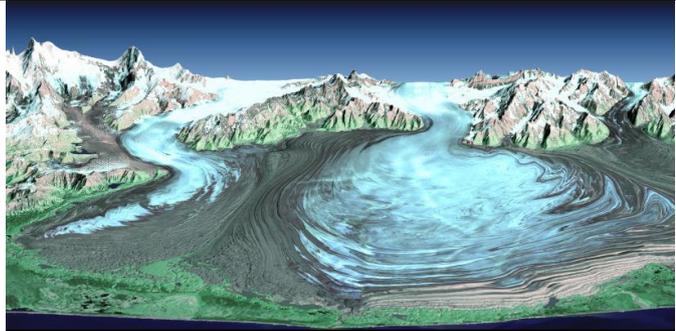
© 2005 NASA/JPL/Space Science Institute



© 2003 NASA/JPL/NIMA

Vue satellitale verticale du glacier Malaspina en Alaska

Largeur de l'image, environ 45 km.

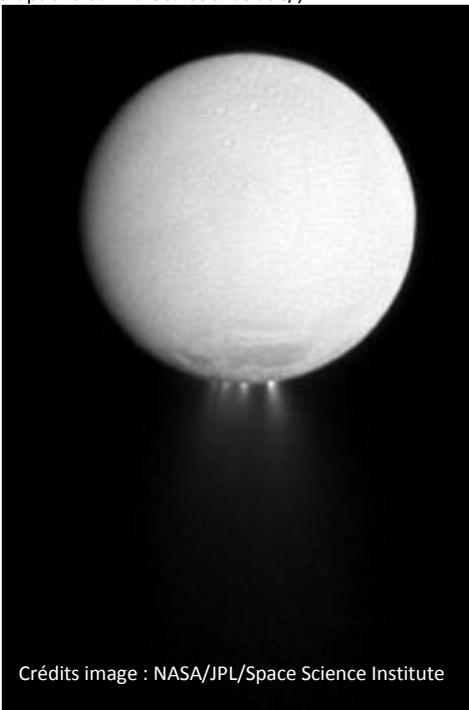


© 2003 NASA/JPL/NIMA

Vue satellitale oblique du glacier Malaspina en Alaska

L'image a été artificiellement colorée. Ce glacier s'étale dans la plaine au pied de la montagne en un lobe de 40 km de diamètre.

L'image ci-dessous a été prise par la sonde Cassini, le 25 décembre 2009. **Le Soleil fait apparaître 4 puissants jets de matière, au pôle Sud de l'astre**, qui pourraient s'apparenter à des geysers terrestres. (<http://image-cnes.fr/1-loeil-du-satellite/les-eruptions-d%E2%80%99encelade/>)



Crédits image : NASA/JPL/Space Science Institute

Des geysers au pôle Sud d'Encelade

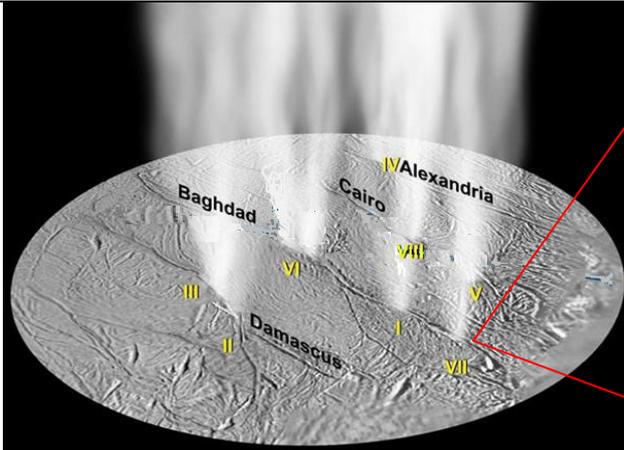


© Novapix-Joe Bergeron

Vue d'artiste d'un geysers de glace à la surface du satellite Encelade.

+ vidéogramme Encelade-Geysers à visionner entre 4:54 et 6:49 à partir du lien:

<http://www.futura-sciences.com/magazines/espace/infos/actu/d/europe-geysers-europe-sont-bien-moins-actifs-encelade-56594/>



© 2008 NASA/JPL/University of Colorado/SSI

Rayures de tigre et geysers d'Encelade

Schéma obtenu en superposant des dessins de panaches sur une image du pôle Sud montrant les 4 principales rayures de tigre. Les numéros indiquent les 8 sorties des panaches les plus actifs.



© 2008 NASA/JPL/Space Science Institute

Gros plan sur une fracture (rayure de tigre) d'Encelade

Largeur de l'image : 30 km.

Les deux cercles blancs correspondent à deux des points de sortie du volcanisme (d'H₂O). Les panaches, très ténus, sont invisibles dans ces conditions d'éclairage et de prise de vue.

<http://www.sciencepresse.qc.ca/actualite/2014/04/04/lac-milliard-demi-kilometres>

+ paragraphe Encelade connaît des mouvements tectoniques voir lien suivant

<http://planete.gaia.free.fr/astronomie/planetes/encelade.htm>

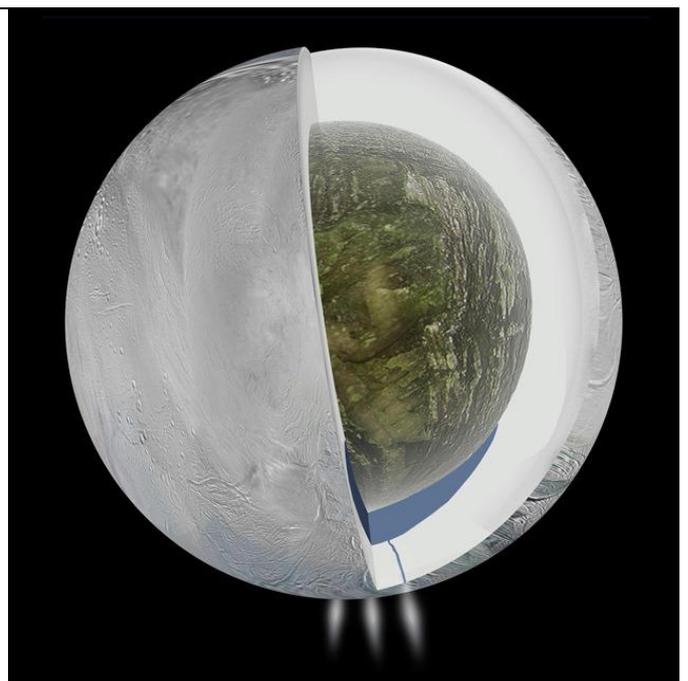
<http://www.journaldelascience.fr/espace/articles/satellites-de-saturne-il-neige-sur-encelade-depuis-100-millions-dannees-2312>

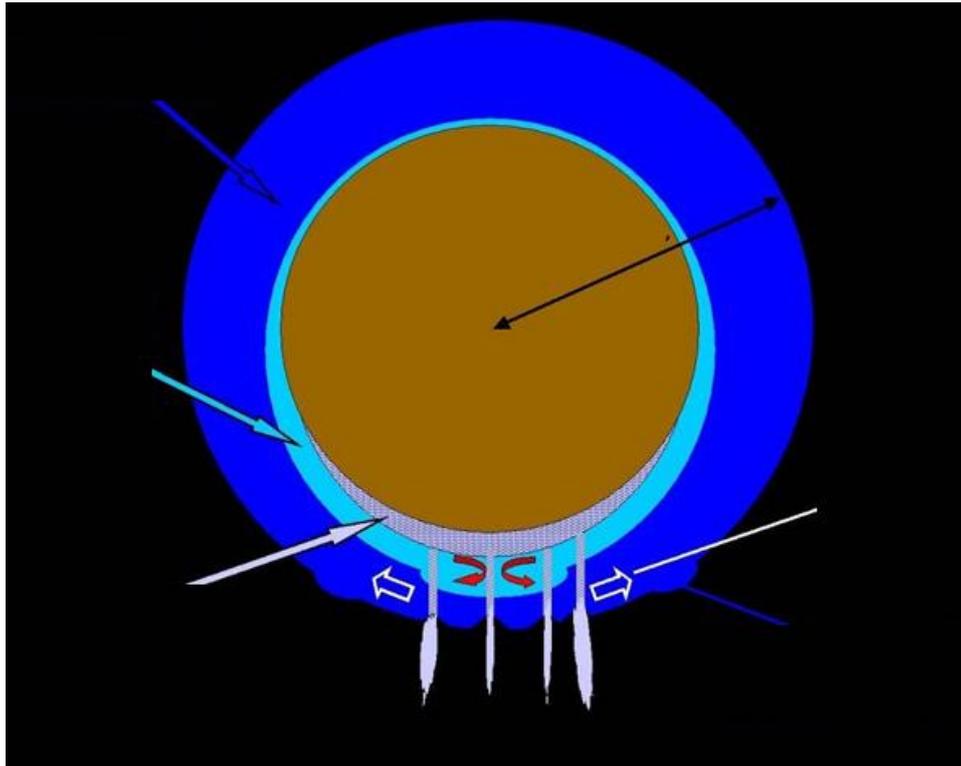
Ressource 5 : La structure d'Encelade

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

http://www.lepoint.fr/astronomie/vie-extraterrestre-il-y-aurait-bien-un-vaste-ocean-sur-encelade-08-04-2014-1810095_1925.php

Illustration de la structure interne d'Encelade





Rq: Des courants de convection, c'est-à-dire des déplacements de matière qui permettent la dissipation de chaleur, se produisent dans une couche de glace ductile (= solide mais déformable comme la pâte à modeler; s'oppose à rigide).

⇒ Expliquez le schéma ci-dessus qui propose une interprétation des phénomènes observés à la surface d'Encelade puis annotez le.

Ressource 5 : De la vie sous la glace?

<http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/actu/d/biologie-antarctique-etrange-poche-vie-isolee-reste-monde-19023/>

+ **schéma** accessible à partir du lien suivant:

http://fr.wikipedia.org/wiki/Blood_Falls#mediaviewer/File:Blood_falls1_f_Low_Res_nsf.gov.jpg

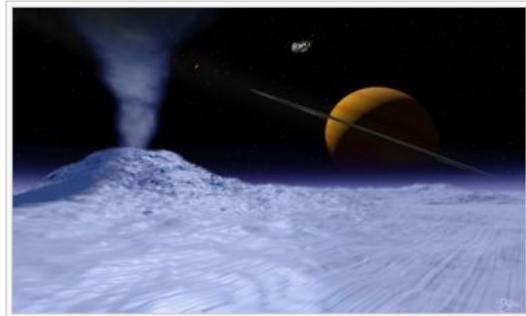
+ **vidéo Europe la lune de Jupiter et son océan qui fascine les chercheurs** (accessible sur le Serveur Doc SVT Astro). Les phénomènes sont transposables à Encelade.

+ **figure 16 du paragraphe Encelade** voir <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/habitabilite-vie-systeme-solaire.xml#Encelade>

Partie 3 : bonus : Vue de Saturne à partir de son satellite Encelade

Le ciel vu depuis Encelade [modifier le code]

Pour un observateur situé à la surface d'Encelade, [Saturne](#) aurait un diamètre apparent de presque 30° , soit soixante fois plus grand que celui de la [Lune](#) telle qu'on la voit depuis la [Terre](#). De plus, puisque la [période de rotation](#) et la [période de révolution sidérale](#) d'Encelade sont [synchrone](#)s, Saturne occupe toujours la même position dans le ciel (avec une toute petite variation liée à l'excentricité de l'orbite autour de la planète), et donc ne serait jamais visible depuis le côté qui lui est opposé. Les anneaux quant à eux seraient vus presque exactement par la tranche grâce à la très faible [inclinaison](#) ($0,019^\circ$) de l'orbite d'Encelade, mais l'ombre qu'ils projettent sur la surface de Saturne serait quant à elle nettement visible.



Vue d'artiste du ciel nocturne d'Encelade.

Comme pour la Lune également, Saturne apparaîtrait la plupart du temps sous forme d'un énorme croissant. Le Soleil vu depuis Encelade aurait en fait un diamètre apparent d'environ 3,5 [minutes d'arc](#), presque 10 fois inférieur à celui perçu depuis la Terre.

L'observateur placé sur Encelade du côté qui fait face à Saturne pourrait également voir [Mimas](#) (le plus grand des satellites dont l'orbite est située à l'intérieur de celle d'Encelade) [transiter](#) régulièrement — toutes les 72 heures environ — devant le disque de Saturne²⁵.

Extrait de : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Encelade_\(lune\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Encelade_(lune)) .

- 1) En considérant la distance d'Encelade à Saturne, et le diamètre de Saturne, vérifier l'estimation de l'angle de vue de la planète Saturne depuis la surface d'Encelade.
- 2) De même, vérifier l'angle de vue du Soleil.
- 3) Déterminer l'angle de vue du satellite Mimas lorsqu'il passe entre Encelade et Saturne.
- 4) En déduire un possible montage ou un dessin (une vue d'artiste !), de Saturne pour un observateur à la surface d'Encelade (on pourra s'aider d'autres informations obtenues sur le reste de l'article de wikipedia et dans l'étude de la partie 2).