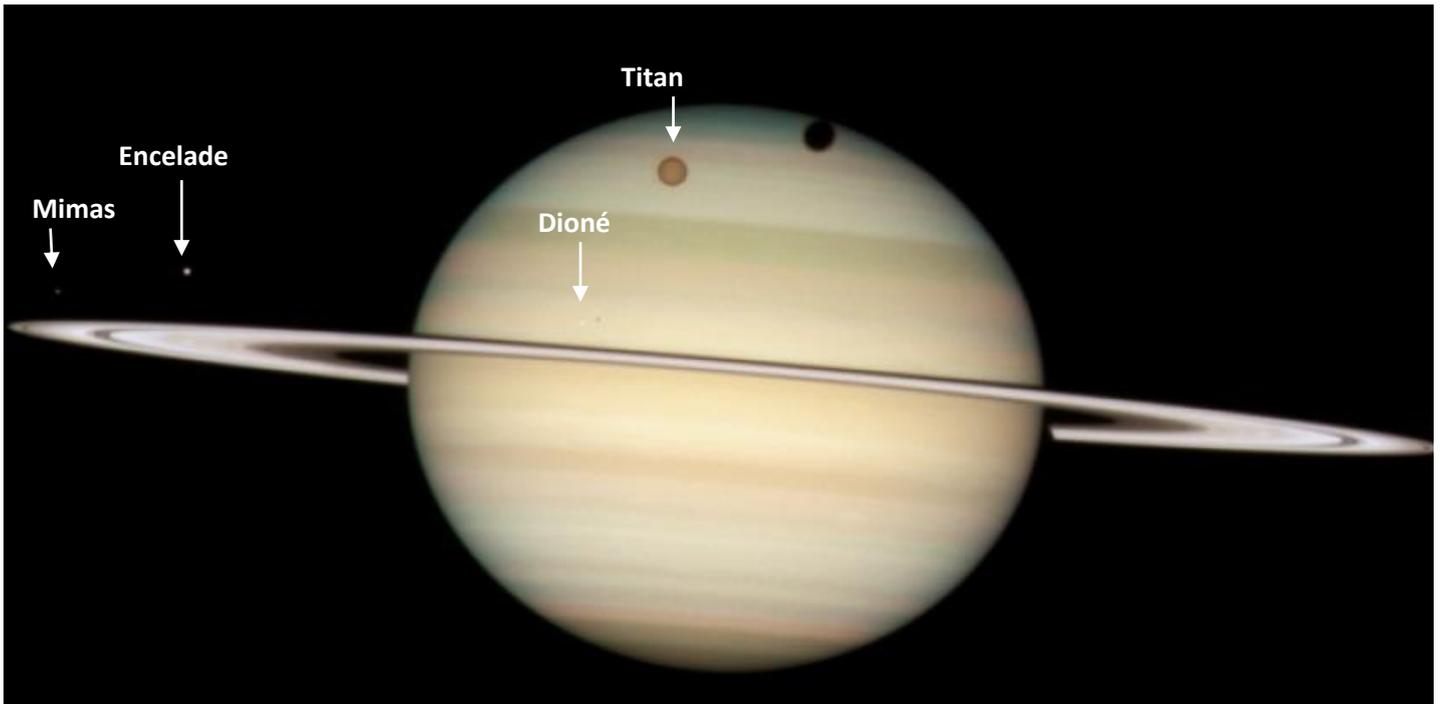


Thème n°8

Encelade, un des satellites de Saturne



Mme Boyer (Mathématiques)

Mme Nély (Sciences de la Vie et de la Terre)

Séances 1 et 2 : Partie mathématique : à la recherche des satellites de Saturne et de leurs trajectoires

Séance 3 : Partie Sciences de la vie et de la Terre : habitabilité du satellite de Saturne, Encelade
ressources 1,2 et 3

Séance 4 : ressource 4 : expérience « Albedo à la surface d'Encelade »
ressource 5 : structure et activité d'Encelade

Séance 5 : CONCLUSION

I- Partie mathématique : à la recherche des satellites de Saturne et de leurs trajectoires

1) Une approche historique : http://fr.wikipedia.org/wiki/Satellites_naturels_de_Saturne

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

2) Construction des trajectoires des principaux satellites de Saturne sur Geogebra

- En s'aidant du TD Geogebra sur les trajectoires des planètes du début d'année, construire l'orbite simplifiée circulaire des satellites principaux énoncés dans la nouvelle de Clarke (voir tableau du TP math phase 1) : On utilisera le logiciel geogebra et les données générales sur les satellites de Saturne.
- Pour animer la figure, chercher dans les éphémérides de l'IMCCE la position des satellites à la date d'aujourd'hui. <http://lnfm1.sai.msu.ru/neb/nss/nssreq6hf.htm>

v15.04 Planète: Saturne (INPOP13C)
 Satellite: S6 Titan (V.Lainey, 2015.)
 - éphémérides sur 1950/01/01.0-2049/09/01.2

Par rapport de la planète Saturne
 Echelle de temps: UTC
 L'équateur et équinoxe moyens de J2000. ICRF.
 Eléments d'orbite képlérienne (planèteoquatoriales)

An	M	J	H	M	S	n, deg/day	a, km	e	i, deg	M, deg	omega, deg	Omega, deg
2017	12	9	0	0	0.00	22.573982907	1221945.791	0.02861942	0.410522	107.288341	324.322352	249.038471
2017	12	10	0	0	0.00	22.574205921	1221937.744	0.02861165	0.410525	129.886254	324.294444	249.043954
2017	12	11	0	0	0.00	22.573101235	1221977.610	0.02856840	0.410510	152.469443	324.282084	249.050178
2017	12	12	0	0	0.00	22.573533315	1221962.016	0.02856970	0.410492	175.128693	324.197443	249.053472
2017	12	13	0	0	0.00	22.573746534	1221954.322	0.02857936	0.410470	197.762118	324.139319	249.055206
2017	12	14	0	0	0.00	22.574131850	1221940.417	0.02860291	0.410468	220.377654	324.100918	249.055317
2017	12	15	0	0	0.00	22.574243106	1221936.402	0.02862292	0.410469	242.976758	324.078562	249.055374
2017	12	16	0	0	0.00	22.574743182	1221918.356	0.02864278	0.410483	265.535253	324.095093	249.056717
2017	12	17	0	0	0.00	22.573711831	1221955.574	0.02865949	0.410483	288.165879	324.040359	249.056669
2017	12	18	0	0	0.00	22.573198325	1221974.106	0.02870112	0.410485	310.729814	324.052673	249.058521

- c) Comment peut-on retrouver la période de chacun des satellites dans les tables des éphémérides.
- d) Placer quelques points sur vos orbites avec les dates réelles correspondantes, puis vérifier leur validité sur votre animation.
- e) Pourquoi n'est-ce qu'une simplification des trajectoires et que notre modèle se révélera rapidement faux ?
- f) Vérifier sur votre animation que « Hypérion est le voisin le plus proche de Titan dans le système saturnien et que leurs orbites sont bloquées dans une résonance 4:3 . C'est-à-dire qu'à chaque fois que Titan fait quatre tours de Saturne, Hypérion en fait exactement trois ».(wikipedia)

g) *Les satellites troyens sont un autre genre de co-orbitaux : ils orbitent à la même distance qu'une autre lune, mais aux points de Lagrange L_4 et L_5 , c'est-à-dire qu'ils sont situés à 60° en avance ou en retard sur l'orbite. La stabilité d'un tel système fait que ces satellites n'entrent jamais en collision.*

Téthys possède deux petits satellites troyens, Telesto et Calypso ;

Dioné en possède également deux, Hélène et Pollux. (source wikipedia)

Construire les 4 satellites troyens sur votre figure à l'aide des éphémérides du b) puis vérifier l'information donnée dans wikipedia.

Lire aussi sur ce site les propriétés des points de Lagrange. Résumer ce que l'on a compris en trois lignes.

3) Passage à la 3D

- a) Cocher dans geogebra « graphique 3D » puis visualiser la construction des trajectoires des satellites et l'animation de vos satellites dans la fenêtre 3. Faire disparaître les axes et fermer la fenêtre 2D. Construire Saturne et ses anneaux. (Rappel, les satellites de Saturne tournent à peu près dans le plan de ses anneaux).
- b) Faire des repères sur le globe de Saturne et le faire tourner à la bonne vitesse.
- c) Une partie de la production consistera à figurer la construction.

4) Retour sur les découvertes de Christiaan Huygens et Jean-Dominique Cassini.

- a) Comment tourner la figure geogebra3D pour observer la position des satellites comme vu depuis la Terre ? (se rappeler de la configuration de Saturne lors de son observation en septembre dans le télescope du lycée). Observer leur mouvement vu depuis la Terre, leur trajectoire est-elle circulaire ?
- b) Extrait d'un schéma établi par Huygens :

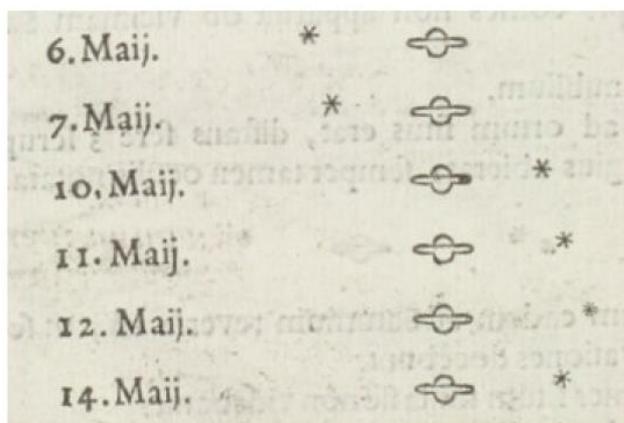


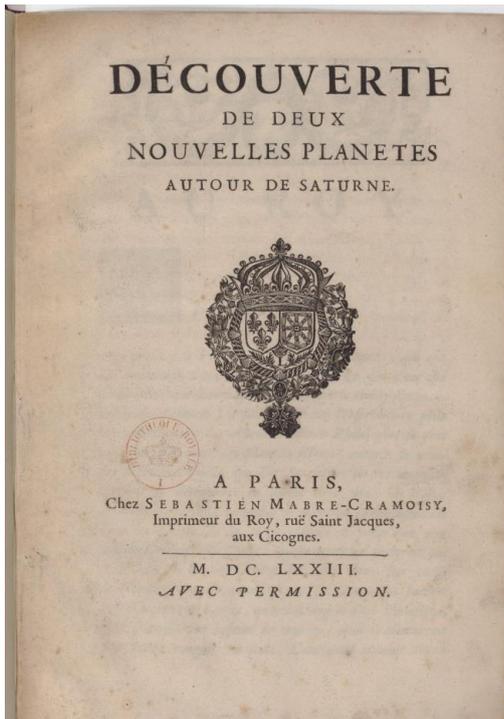
Figure 2. Schéma de Huygens rapportant sa découverte du satellite Titan (Luna Saturnia dans le texte¹). Les observations couvrent ici la période du 6 au 14 Mai 1655. Titan apparaît comme une petite étoile voyageant de part et d'autre de la planète (Smithsonian Institution Libraries/ Digital Collection).

https://cral.univ-lyon1.fr/labo/fc/cdroms/cdrom2009/cd_saturne/Textes_et_images/documents/SAF_livre_cferrari.pdf

Utiliser le logiciel stellarium pour retrouver les positions de Titan aux dates considérées. Sont-elles cohérentes avec le dessin de Huygens ?

c) Etude d'extraits du livre de vingt pages écrit par J-D. Cassini

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1513993b/f12.double.r=saturne%20Jean%20dominique%20Cassini>

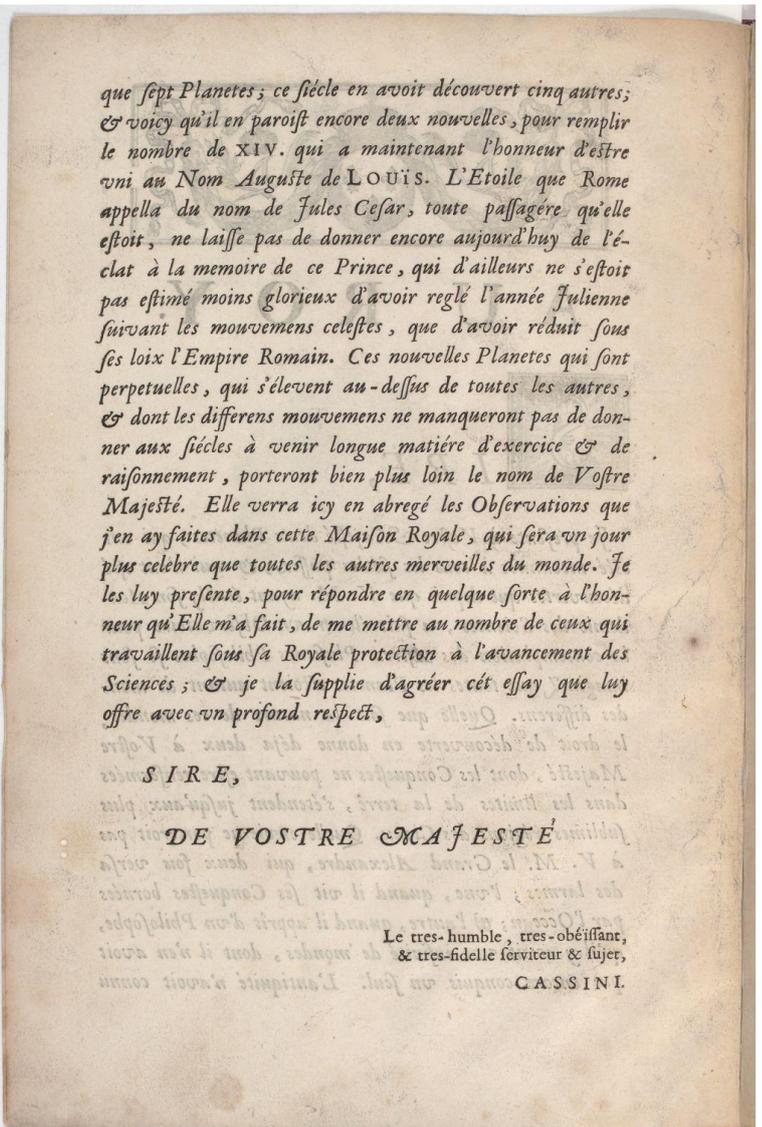
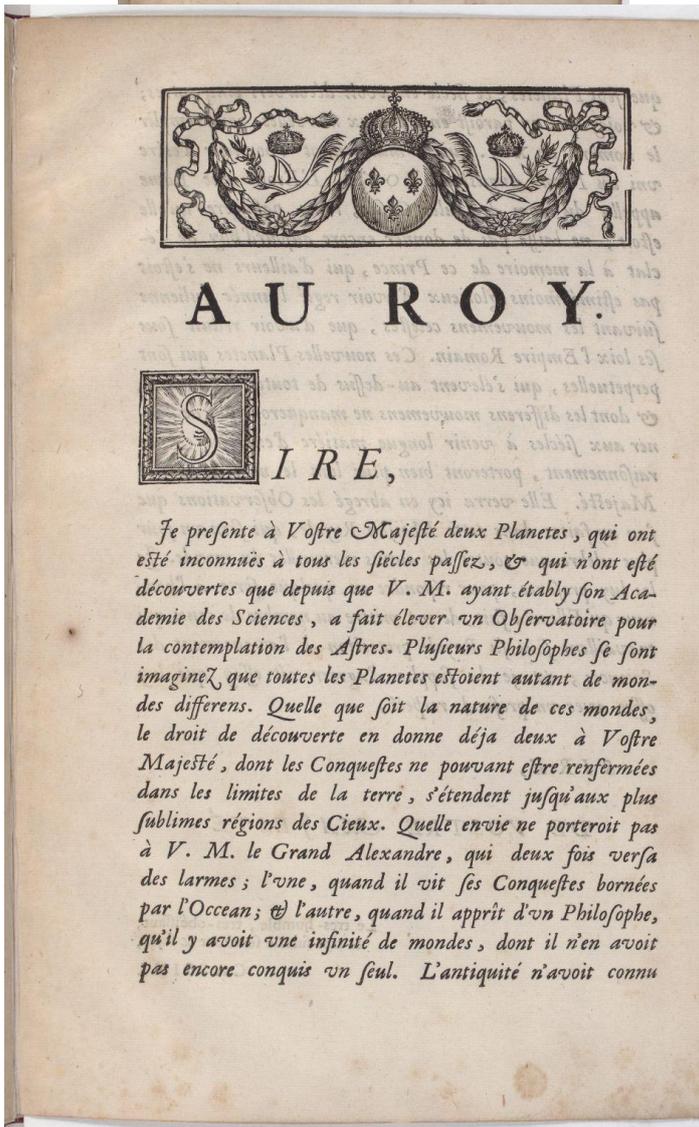


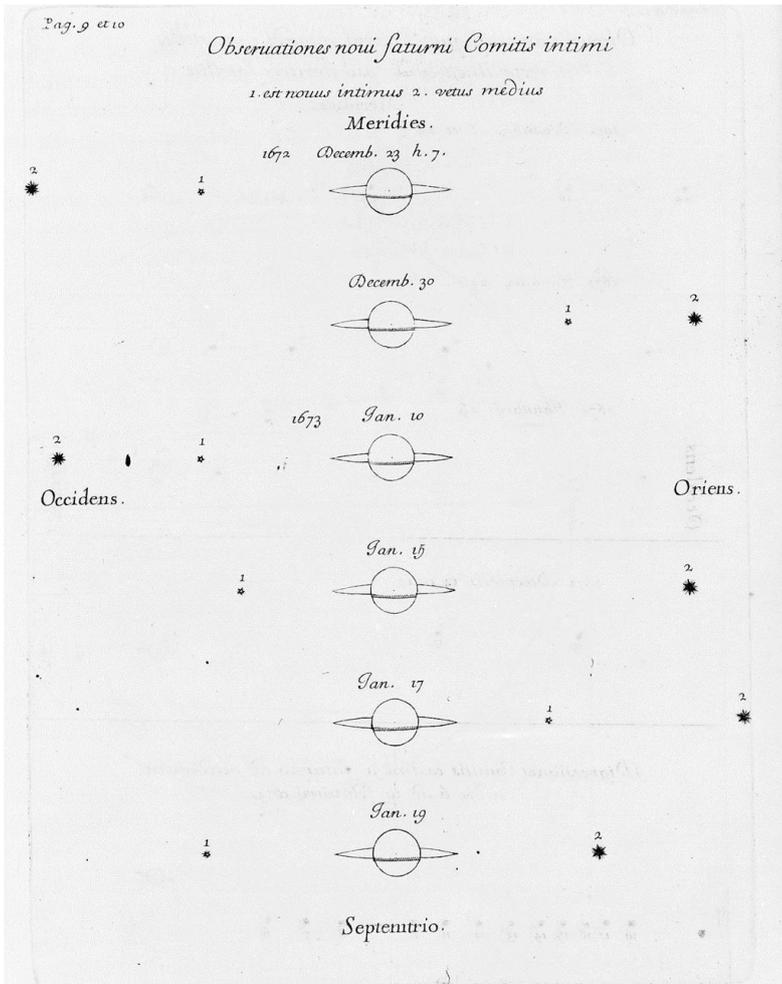
Questions (français):

- Quelle est la date de parution ?

Pour lire le texte de Cassini : certains « s » (à l'intérieur des mots) sont aussi longs que des « f », avec lesquels il ne faut pas les confondre. Certains autres (à la fin des mots) sont remplacés par des « z ». Enfin quelques « y » et « s » supplémentaires et qui ont disparu depuis s'intercalent, notamment dans les terminaisons verbales.

1. Comment appelle-t-on un texte comme celui-ci ? A qui est-il adressé ? Pourquoi ?
2. A quoi est-il essentiellement consacré ? Qui était « Alexandre » ? que représente-t-il ? Justifier précisément la comparaison.
3. De quelles institutions ou organismes est-il question ? Pourquoi ? Reprenez le TP « Cassini » de la phase 1, expliquez la démarche de Cassini.





Questions :

1. Utiliser le logiciel Stellarium pour vérifier les positions des satellites de Saturne aux dates proposées et retrouver quels sont les noms des deux satellites découverts par Cassini. Compléter le schéma fait par Cassini.

Attention à ce que veut dire « septentrion » et « Meridies » !

2. Retrouver les positions des satellites aux dates d'observation de Huygens et Cassini à l'aide de votre animation : que constate-t-on ?

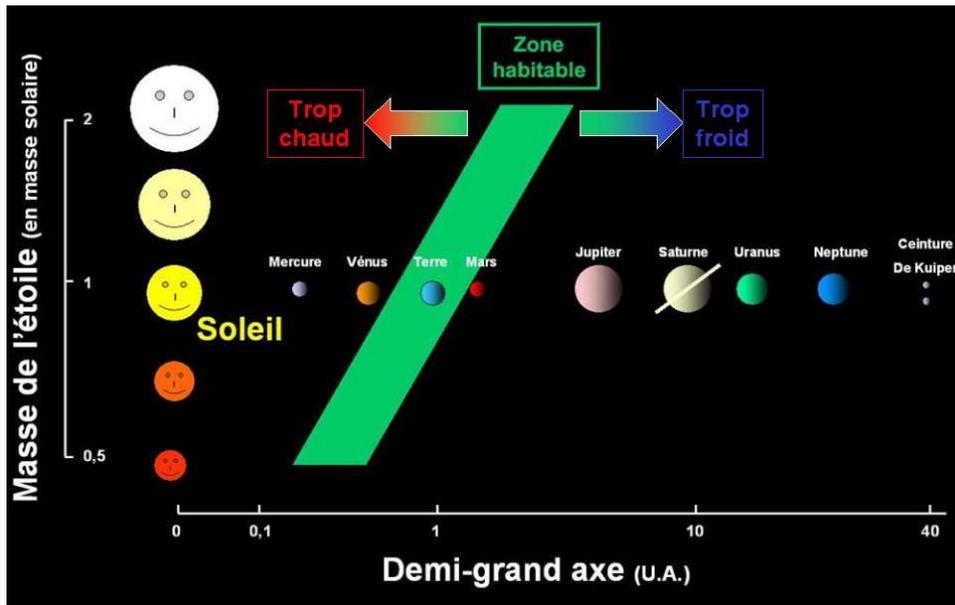
II- Partie Sciences de la vie et de la Terre : HABITABILITE DU SATELLITE DE SATURNE, ENCELADE

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

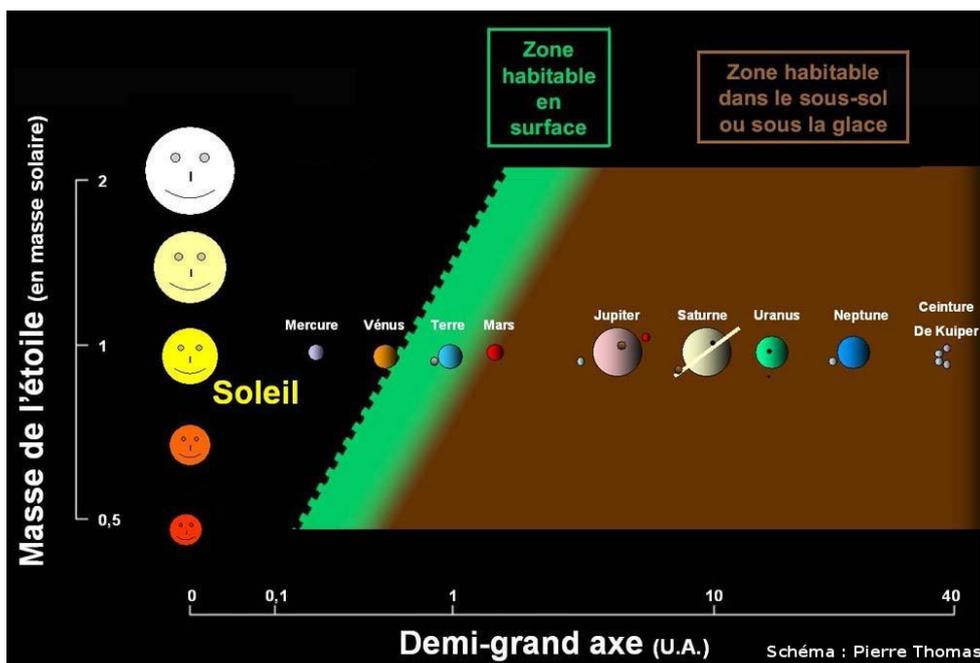
Compétences :

S'informer - Raisonner - Communiquer scientifiquement - S'impliquer dans un projet collectif

Rappel : 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**.



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



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

Votre mission :

⇒ 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 proposée ci-dessus et par conséquent envisager l'existence de la vie sur Encelade.**

Votre réponse devra **préciser si Encelade :**

- renferme les ingrédients de la vie (Cf. cours + TP Molécules de la vie sur Titan),
- a de l'eau pouvant être le solvant liquide nécessaire, d'après les conditions de surface,
- offre des sources d'énergie permettant les réactions chimiques du métabolisme possible (photosynthèse chimiosynthèse ... ?).

DES MOLECULES	UN SOLVANT	DE L'ENERGIE
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 molécules organiques. Seul l'atome de carbone est capable de constituer des molécules aussi complexes, en s'associant à de l'hydrogène et d'autres atomes.	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.	La vie doit disposer d'énergie : - énergie solaire pour réaliser la photosynthèse ou - énergie chimique pour réaliser la chimiosynthèse
<u>Document de référence</u>		

Ressource 1 : Localisation d'Encelade

La planète 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 :

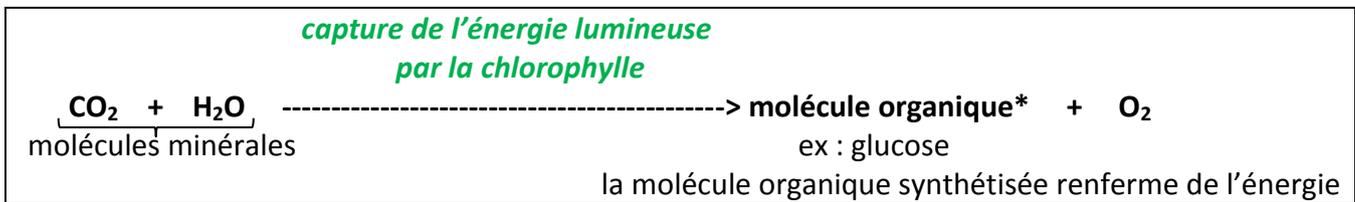
- vous rendre à destination,
- puis repérer les lunes de Saturne découvertes par Herschel,
- faire un cliché d'Encelade (ou en rechercher une représentation sur Internet).

Ressource 2 : L'énergie et la vie

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 d'habitabilité » où se trouve la Terre.

Cette représentation classique est très incomplète, car elle 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 ...

a. Des organismes sont capables d'utiliser l'énergie lumineuse pour produire leur matière organique au cours de la **photosynthèse** :



- **Vous disposez du matériel suivant :**

Dispositif ExAO avec sondes à O₂, CO₂, dispositif d'éclairage, matériel biologique (végétaux chlorophylliens)

- **Proposez une expérience** permettant de mettre en évidence la photosynthèse.
- Réalisez votre protocole.
- Enregistrez vos résultats annotés et commentés dans un document Word.

b. **Rappels du cours de SVT :**

La majorité des êtres vivants utilisent le dioxygène pour la **respiration** :



Les organismes fonctionnent sur ce mode métabolique sont « aérobies stricts » (Ex :)
mais d'autres organismes dits « aérobies facultatifs » peuvent vivre sans dioxygène en transformant les nutriments organiques (ex : *..... en résidus organiques comme l'acide lactique (cas des bactéries du yaourt) ou alcool = éthanol (cas des ; voir graphe ExAO réalisé en classe), sans utiliser de dioxygène. C'est la **fermentation** :



- Recherchez la définition du mot anaérobie puis compléter au niveau des pointillés ci-dessus.

.....
.....

⇒ Lire l'article PDF « Chimie, énergie des abysses » + https://fr.wikipedia.org/wiki/Mont_hydrothermal
..... **LIEN**

Certains organismes simples sont « anaérobies stricts » ; par exemple les bactéries sulforéductrices qui réalisent la **chimiosynthèse** :



- Recherchez la formule des molécules impliquées dans une telle réaction.

.....

Où peut-on trouver des bactéries sulforéductrices ?

.....

.....

.....

.....

⇒ Recherchez des **informations** sur les fumeurs noirs (**photographie, localisation sur un planisphère, fonctionnement**) et **réalisez un schéma synthétique interprétatif** à partir des documents trouvés, **permettant de comprendre** comment les bactéries sulfato-réductrices peuvent vivre sans lumière donc pas de photosynthèse possible donc pas de possible non plus.

Ressource 4 : La surface d'Encelade

⇒ **Rechercher la définition de l'albédo et sa valeur pour Encelade.**

.....

.....

.....

⇒ Suivre le protocole fourni pour **mesurer l'albédo des échantillons suivants** :

Surfaces	Albédo (% et de 0 à 1)
Glace	
Sable sombre	
Sable clair	
Végétation	

⇒ **Comparer vos résultats** avec les valeurs ci-contre.

Substance	Albédo (%)
Corps noir	0
Basalte	5
Océans	7
Forêts	5-10
Champs	14-17
Sol sombre	5-16
Sol clair	16
Glace	30-50
Neige tassée	52-81
Neige fraîche	81-92
Miroir	100

Albédo de quelques matériaux terrestres

⇒ **En déduire la nature de la surface d'Encelade.**

.....

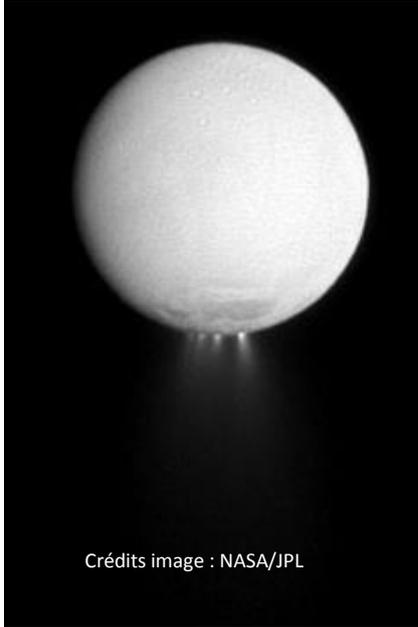
.....

⇒ **Rechercher un cliché pour illustrer votre réponse.**

Ressource 5 : Structure et activité d'Encelade

- Une surface active :

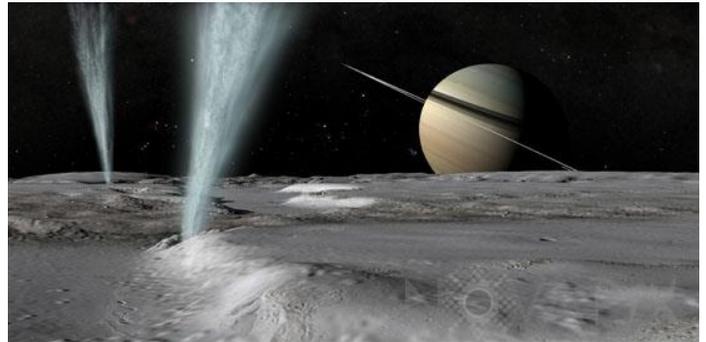
L'image ci-dessous a été prise par la sonde Cassini, le 25 décembre 2009. Le Soleil fait apparaître 4 puissants jets de matière, au pôle Sud de l'astre.



Crédits image : NASA/JPL

(<http://image-cnes.fr/1-loeil-du-satellite/les-eruptions-d%E2%80%99encelade/>)

Des geysers au pôle Sud d'Encelade



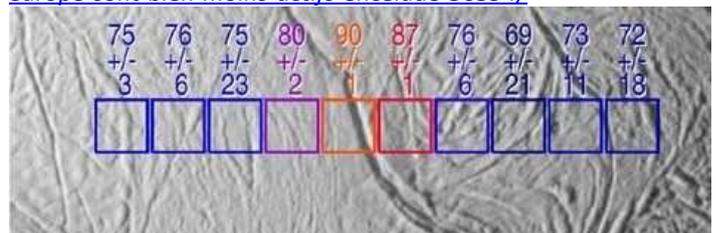
© Novapix-Joe Bergeron

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

+ vidéogramme Encelade-Geysir à visionner entre 4:54 et 6:49

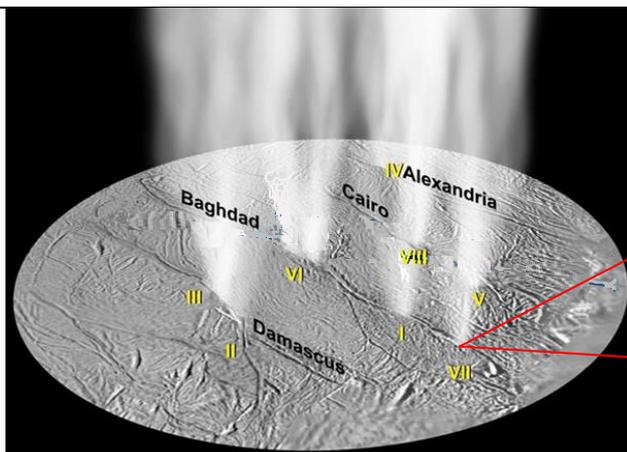
à partir du lien:

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



Température (en kelvins) mesurée de part et d'autre d'une rayure de tigre

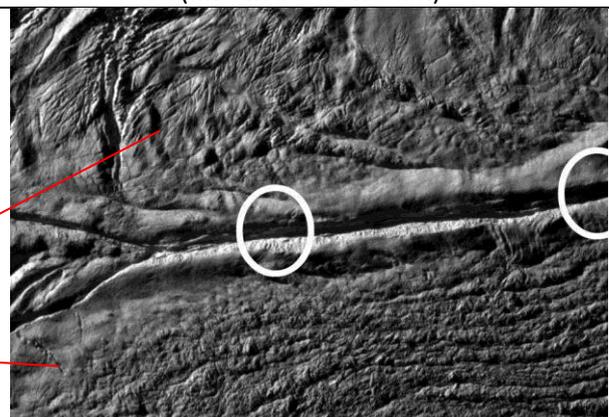
(un carré \leftrightarrow 6 x 6 km)



© 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.



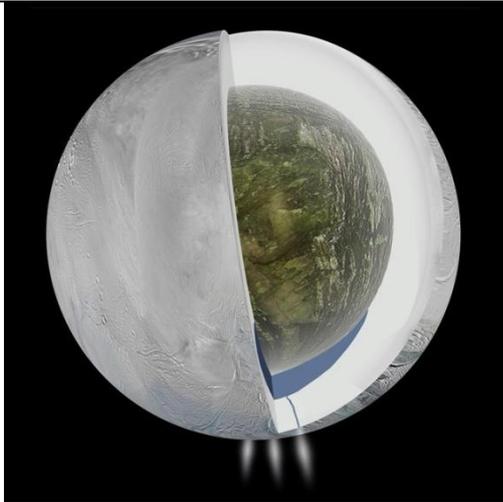
© 2008 NASA/JPL/Space Science Institute

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

Largeur de l'image : 30 km.

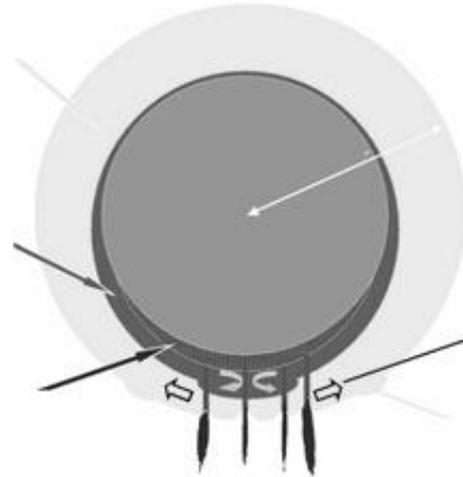
Les deux cercles blancs correspondent à deux des points de sortie du volcanisme (d'H₂O). Les panaches, très ténus, sont invisibles dans ces conditions d'éclairage et de prise de vue.

- **La structure interne d'Encelade**



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



Interprétation de la structure interne d'Encelade et de sa dynamique

Remarque : 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.

Aide : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Encelade_\(lune\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Encelade_(lune))

.....

.....

.....

.....

⇒ Rappelez (voir compte-rendu du film visionné en début d'année) ou recherchez l'explication proposée par les scientifiques pour l'existence de cette activité du satellite Encelade.

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

.....

.....

CONCLUSION : relire les consignes page 6 pour répondre au problème en utilisant tout ce que vous avez étudié dans ce dossier.

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