

Les satellites :



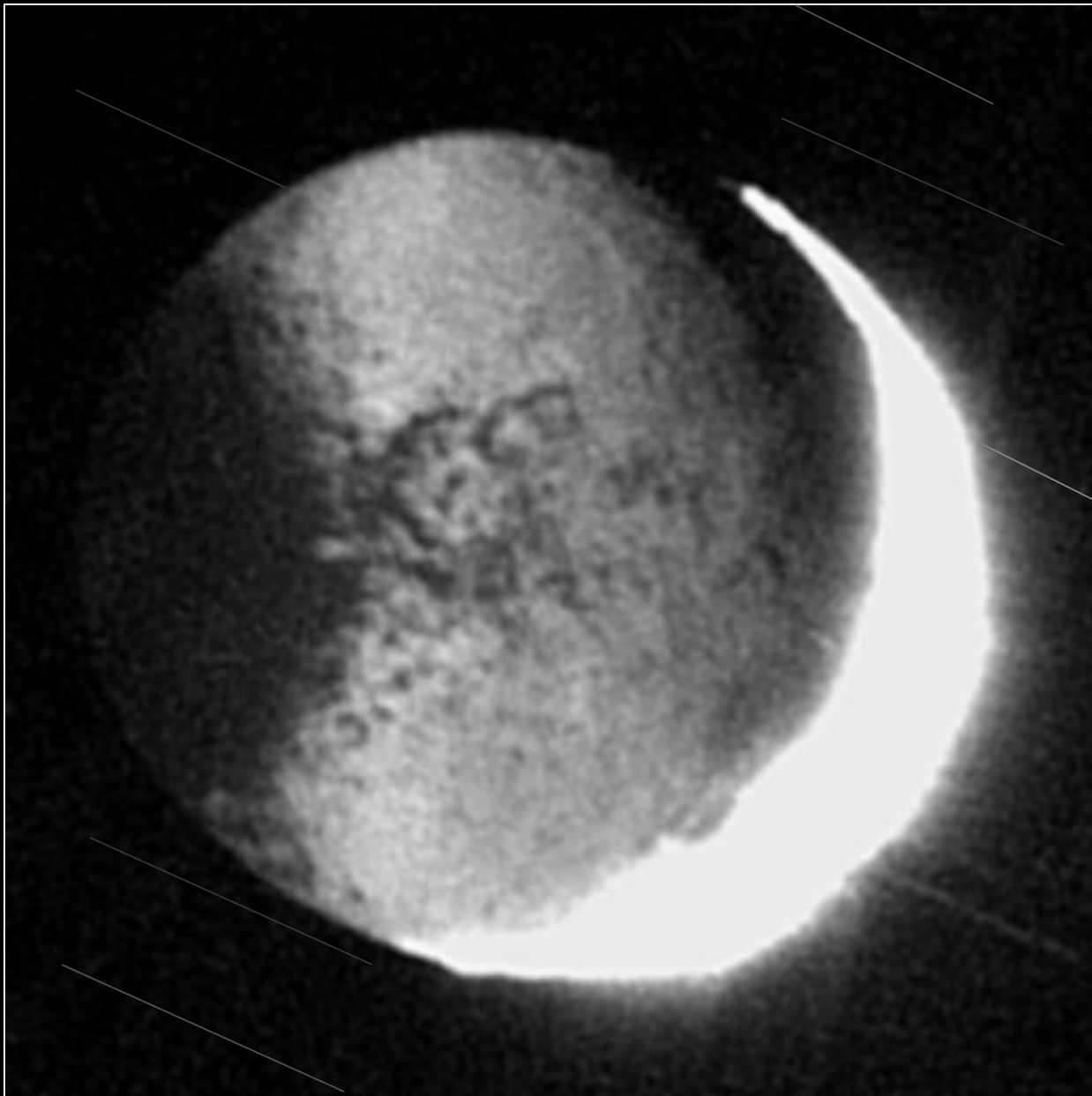
- Les « petits » (> 30)
- Les « moyens » (6)
- Un « gros » : Titan (1)

Le but principal de la mission, c'est Titan (40 survols)
Rappelons que ces satellites sont constitués majoritairement de
glaces (d'eau principalement), avec un peu de matière
organique (hydrocarbures) et que leur température
superficielle est voisine de -200°C



**Avant de
survoler ces
satellites de
près, quelques
images
inhabituellen, à
faire rêver les
amateurs de
photos
astronomiques !**

**Mimas devant
le globe de
Saturne « rayé »
par l'ombre des
anneaux, ...**



**De quoi faire
rêver les
amateurs de
lumière
cendrée, ici
sur Japet**

Les anneaux vus
par la tranche

Dioné

Rhéa

Encelade

**Des rapprochements apparents
inhabituels à faire « baver » les
amateurs de conjonctions ...**

**Image prise le 5 mars 2005 à 2 500 000 km de
Saturne**



**De quoi faire fantasmer
les amateurs d'éclipses ;
ici éclipse de Rhéa par
Dioné ...**

Les « petits » satellites



100 km

Au télescope, on connaissait 3 petits satellites.

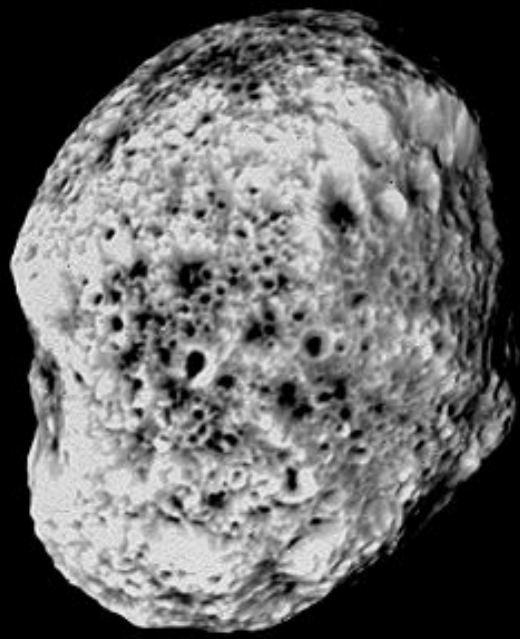
**Voyager a découvert 8
nouveaux petits satellites (ce qui faisait 11 petits en tout).
Voilà ces 8 petits nouveaux ! On vient d'en découvrir
plus de 20 nouveaux « petits » qui ne sont pour l'instant
que des points sur les photos (> 30 « petits » en tout). Et
on en découvrira d'autres !**

**Pour l'instant,
Cassini n'a survolé
d'assez près qu'
Epiméthée,
Hypérion,
Pandore et Phoébé**

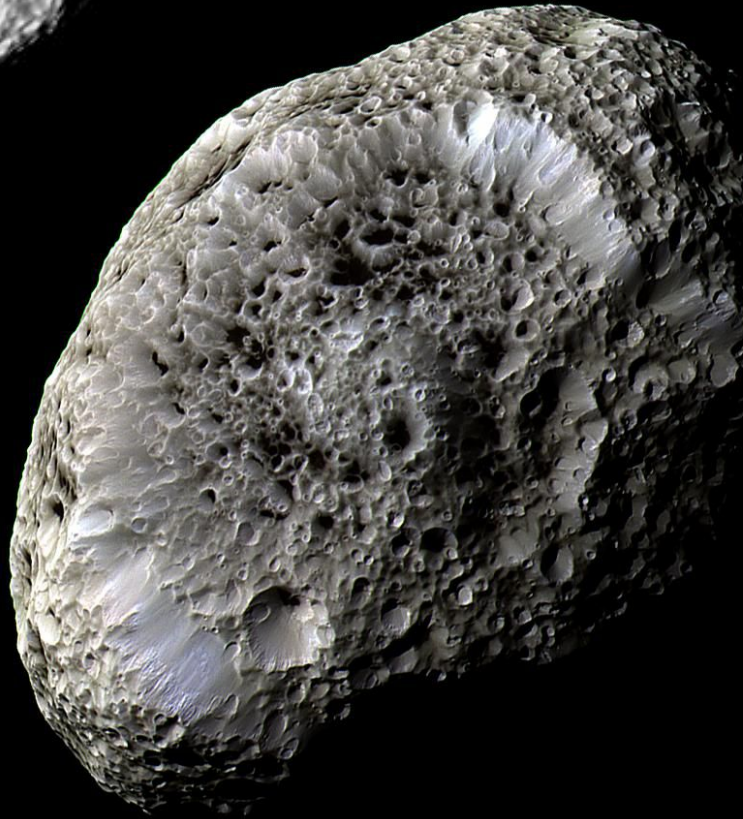
**Mais que de
progrès
dans la
résolution !**

**Voici Epiméthée
(« D » = 116 km)**





Hypérion
(328 x 260 x 214 km)
vu sous 2 angles.



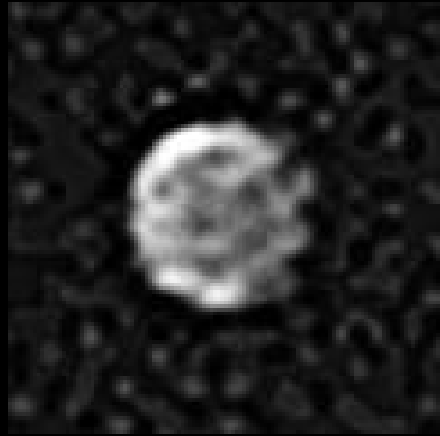
Sa densité, inférieure
à celle de la glace, et
sa morphologie
suggèrent une
structure
« spongieuse »

84 km



Pandore

Et voici Phobé !

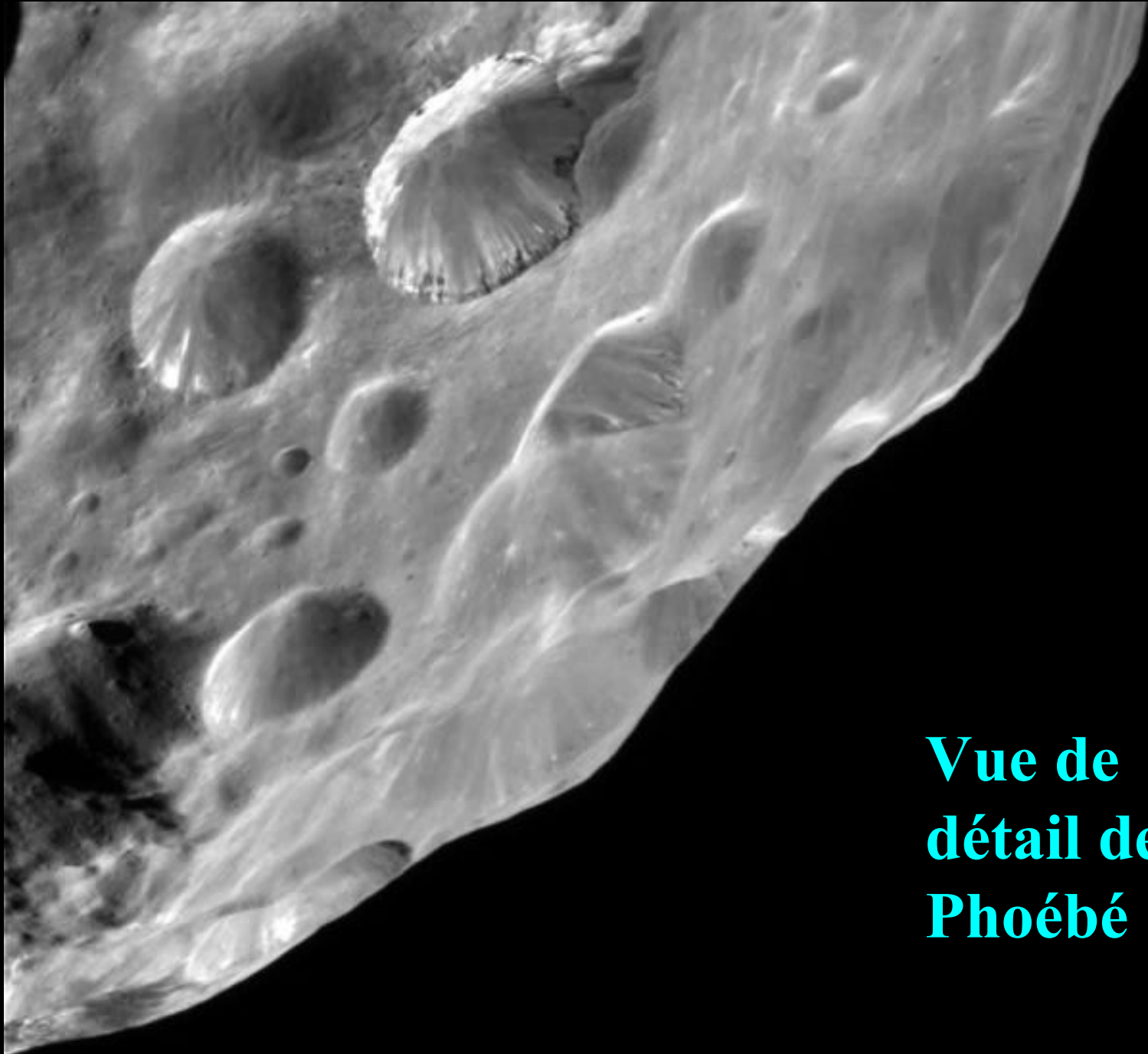


220 km



Survol Voyager, 1981

Survol Cassini, 2004



**Vue de
détail de
Phoébé**

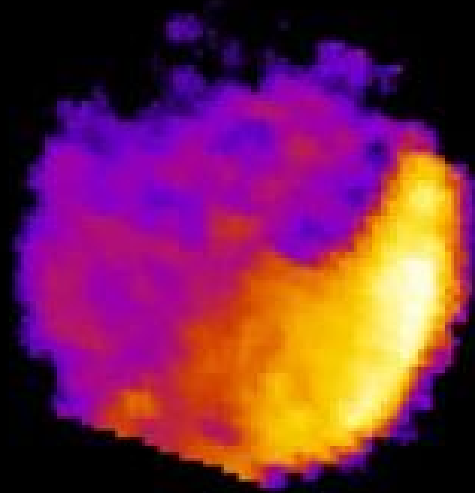
Les voilà tous les quatre.



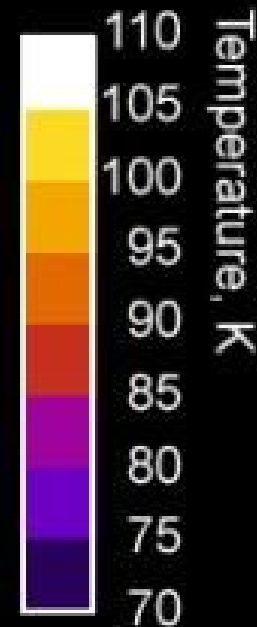
**Pourquoi cette
différence de
cratérisation ?**



Observed
15-17 micron
Brightness



Derived
Surface
Temperature



Temperature, K



Visible Image
Cassini
ISS Camera

**La température de surface de Phoébé, déduite
des études en Infra-Rouge lointain
(autour de $15\ \mu$)**



Phoebe
Imaging
Mosaic



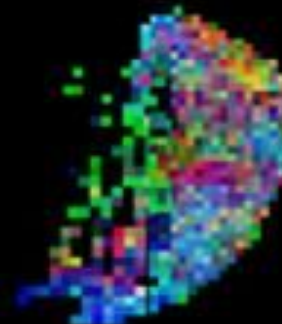
Infrared
Reflectance



Carbon Dioxide
Locations



Unidentified
(organic) Material



Ferrous Iron



Unidentified
Material



Water Ice



**La composition chimique superficielle de
Phoébé (étude I. R. autour de $5\ \mu$)**

**Les 6 satellites « moyens »
(de 400 à 1500 km de
diamètre).**

Voyager les a survolés de loin.

**Cassini les a déjà tous survolé de près au
moins une fois, et va le refaire pour
quatre d'entre eux dans les trois années
qui viennent**

Terre	Satellite de glaces
Température externe : 15°	Température externe : ~ -200°
Température interne : > 1000°	Température interne : < 0°
En surface : cailloux	En surface : glaces
Intérieur = cailloux, roche ...	Intérieur = glaces
Volcan → lave = roche fondue	Volcan → lave = glace fondue = eau liquide
Gaz volcaniques : vapeur d'eau, gaz carbonique ...	Gaz volcaniques : méthane, hydrocarbures ...
Liquide de surface (pluie, rivières, lacs, mers) : eau liquide	Liquide de surface (pluie, rivières, lacs, mers) : méthane (et hydrocarbures)

liquides

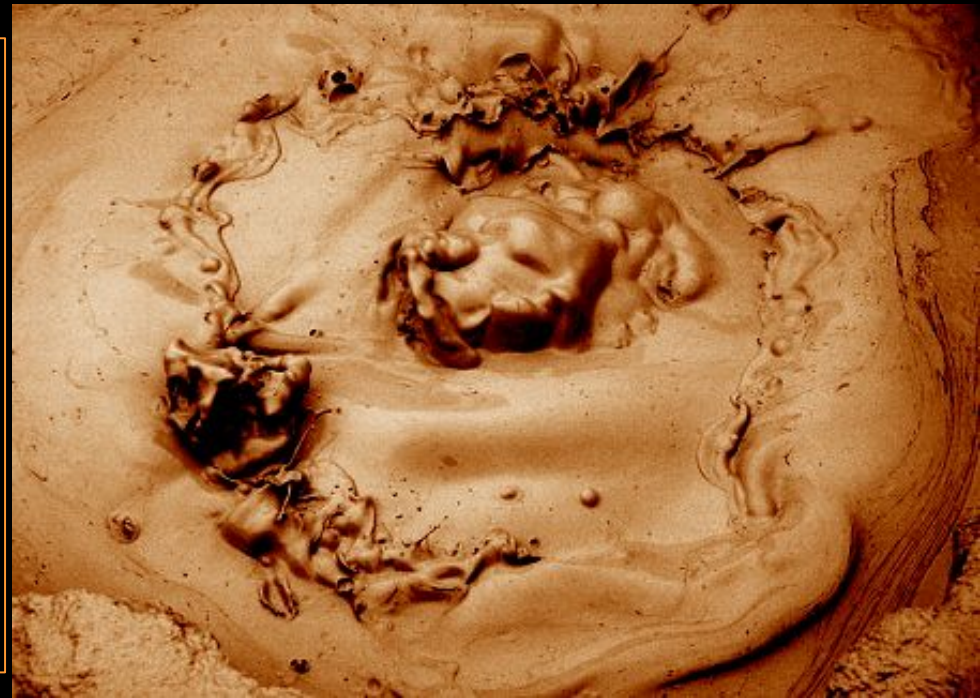


Vapeur d'eau

Lave

Ce qu'est un volcan terrestre : de la roche fondue qui sort, mélangée avec de la vapeur d'eau

Ce que pourrait être un volcan sur un satellite de glaces : de la glace fondue (de l'eau liquide) qui sort, mélangée avec du méthane et des hydrocarbures, d'où une couleur « maronnasse », comme les marées noires bretonnes



* Nouveau survol programmé dans
les années qui viennent

Japet *
(31-12-04)

Dioné
(11-10-05)

Encelade *
(15-02, 9-03 et
14-07-05)

Rhéea *
(26-11-05)

Téthys *
(24-09-05)

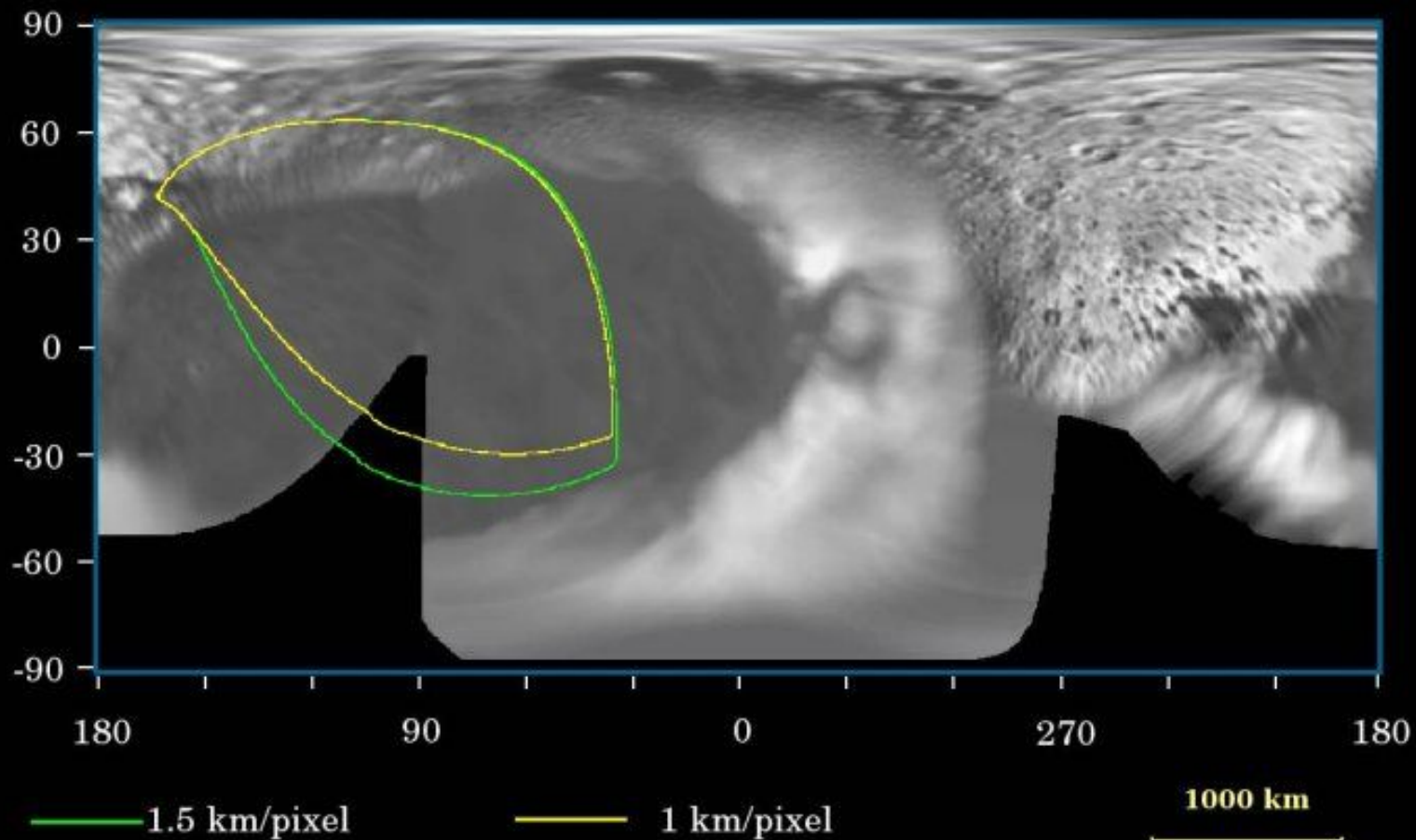
Mimas
(2-08-05)

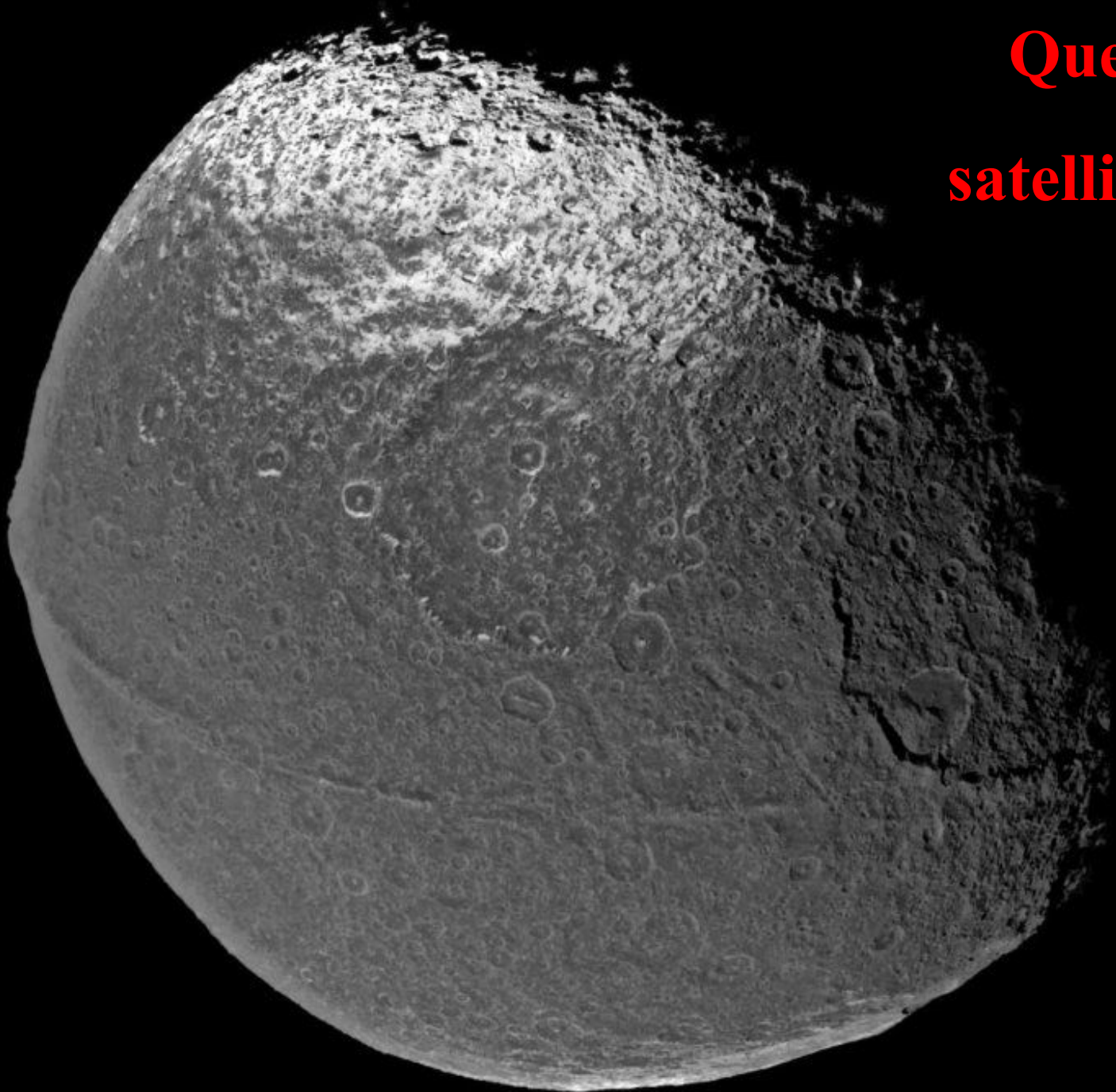
1000 km

**Les 6 satellites « moyens »
vus par Voyager**

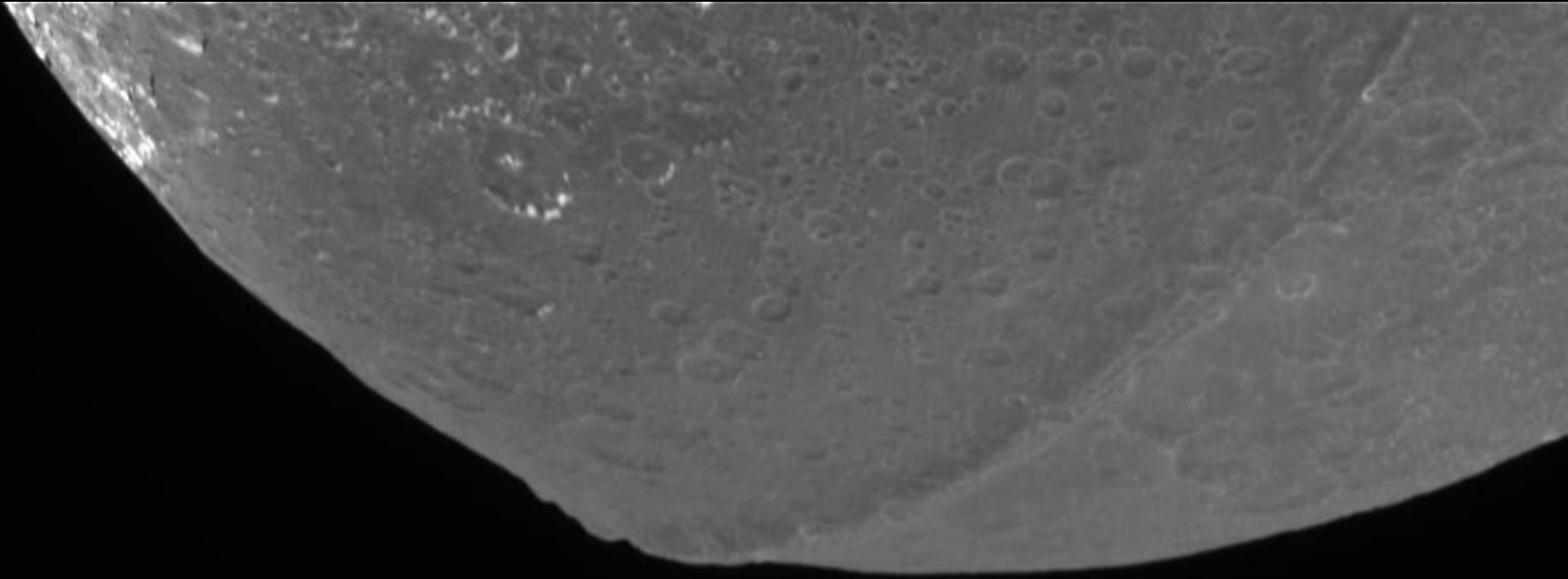
Un « gros moyens » : Japet

Cassini's Iapetus Flyby Dec 31, 2004 - Planned Image Coverage





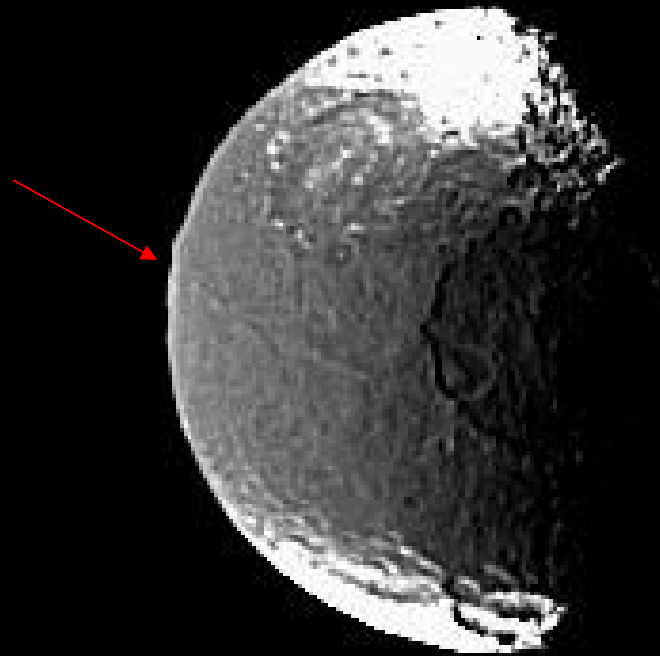
**Quel
satellite !**



Quelle « ride » !

Mise à l'échelle terrestre, cette ride aurait 11000 km de long, 160 km de large et 100 km de haut !

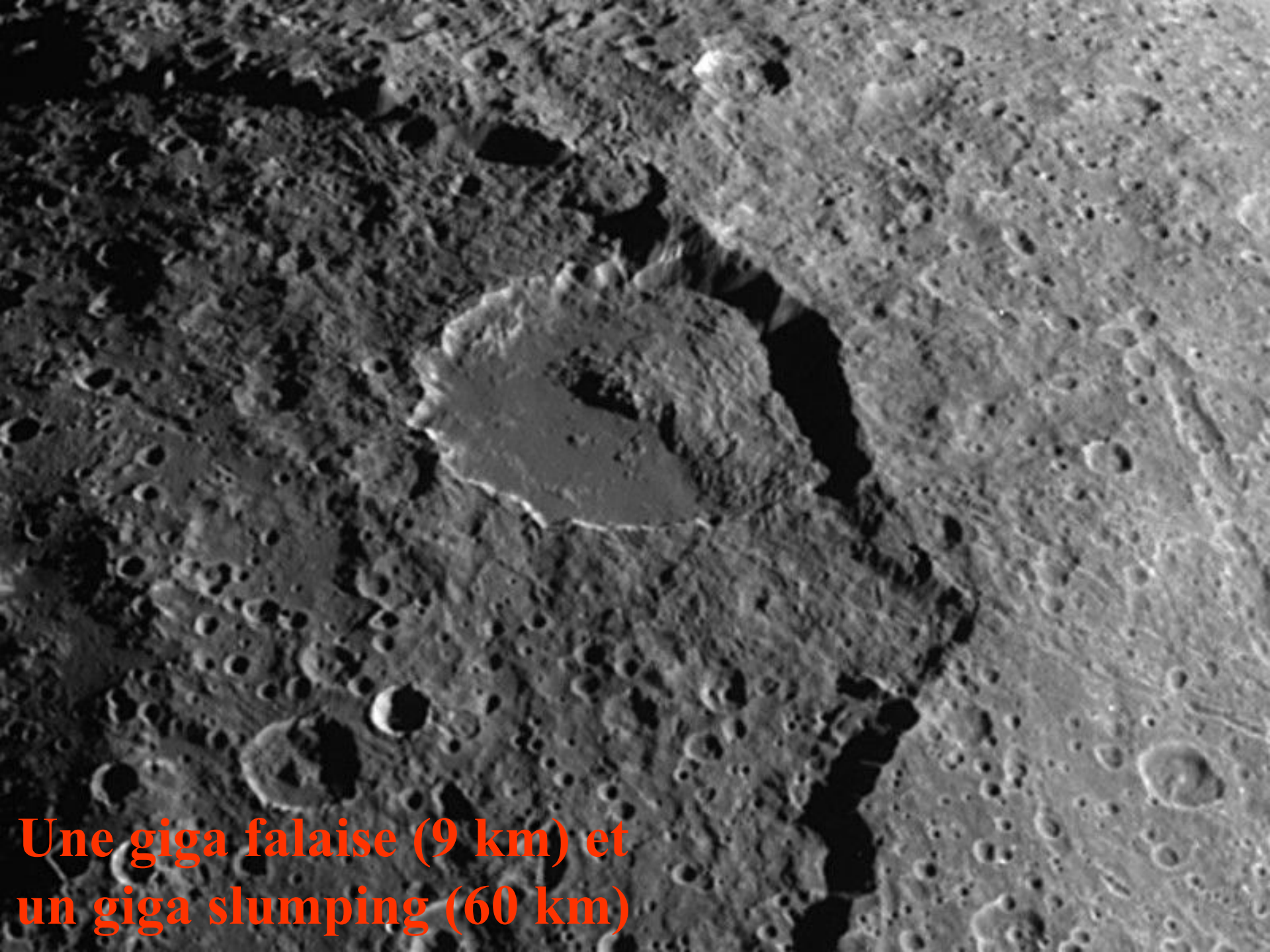
Les rides océaniques sont battues à plates coutures



**Et sur cette image prise de loin en mars 2005,
on voit que cette ride est parfaitement au
milieu de la « tache noire »**

**La limite
clair/sombre**





**Une giga falaise (9 km) et
un giga slumping (60 km)**

**Intensité de l'absorption dans l'infra-rouge
dans 2 longueurs d'onde vers $15\ \mu$
(blanc = absorption intense)**



**Glace
d'eau**



**Matière organique
(hydrocarbures
lourds)**



Abondance de
ce qui n'est pas
de la glace



Abondance de
la glace
carbonique



Abondance
de la glace
d'eau



■ Non –glaces
= matière organique

■ Glace carbonique

■ Glace d'eau

Carte « minéralogique » de Japet.

Prochain survol : septembre 2007

Rhéa, l'autre « gros moyen »

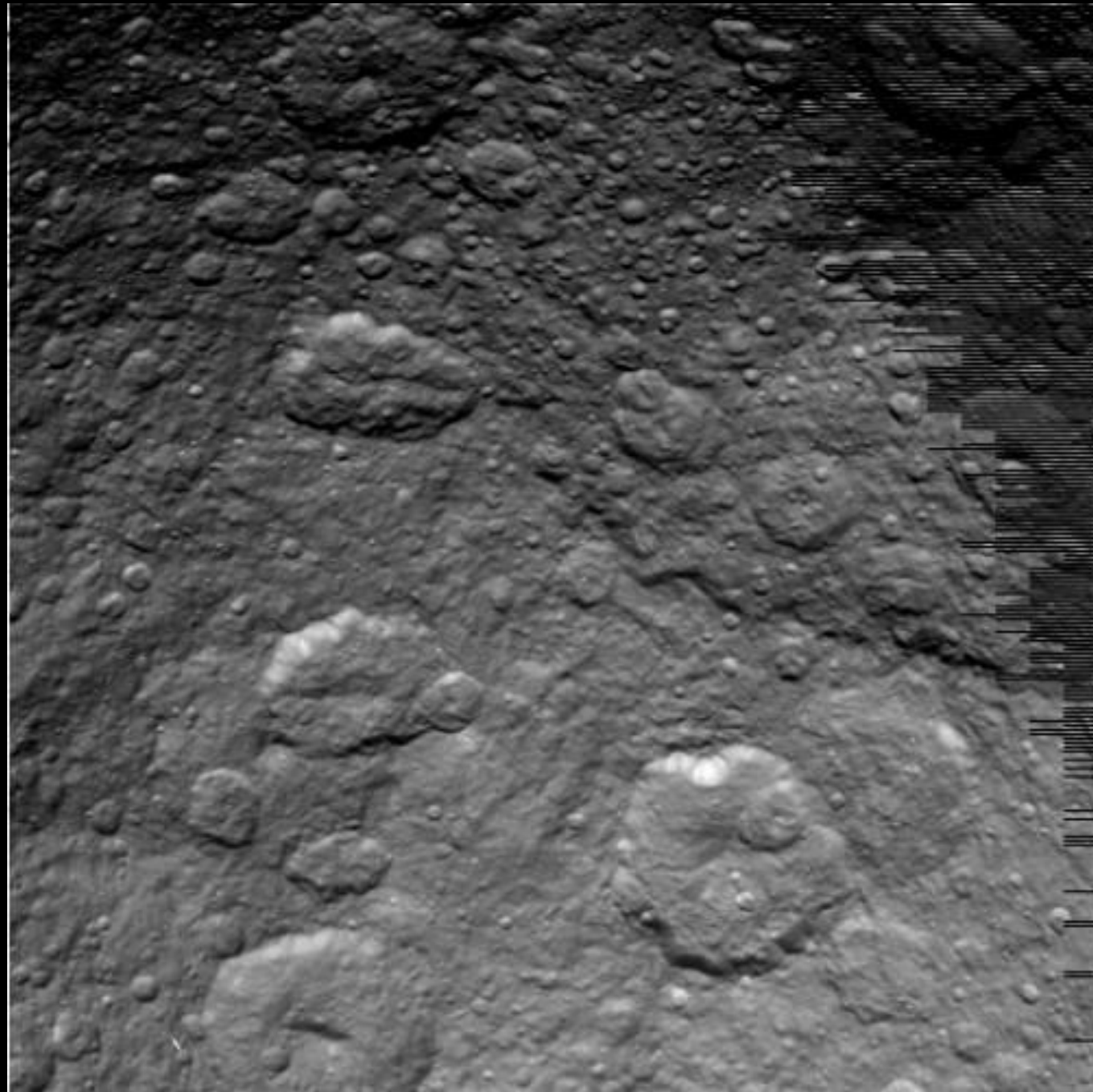
**(images en avant
première du survol de samedi dernier, 26
novembre 2005)**



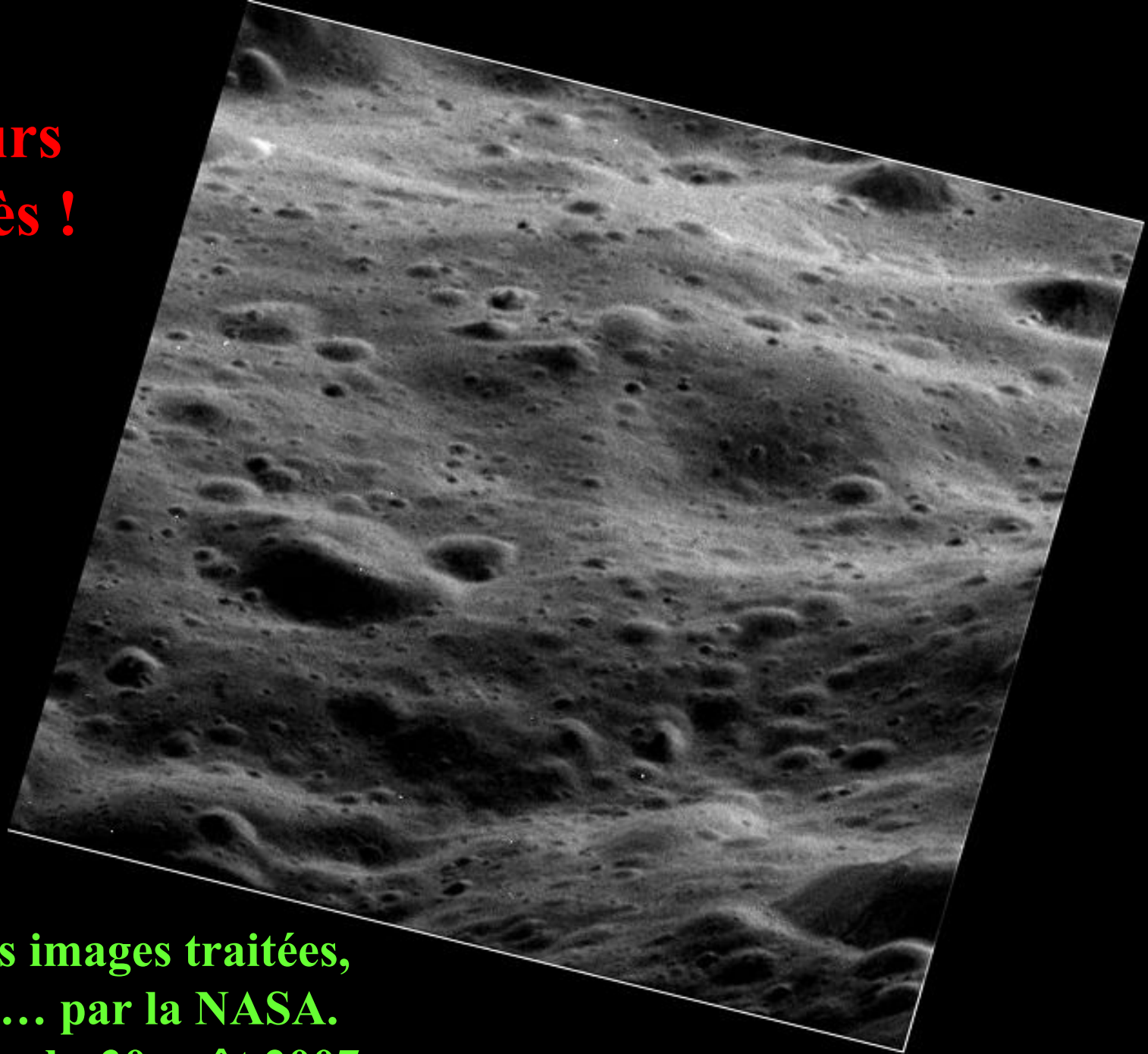
Plus près !



**Encore plus
près !**



**Toujours
plus près !**



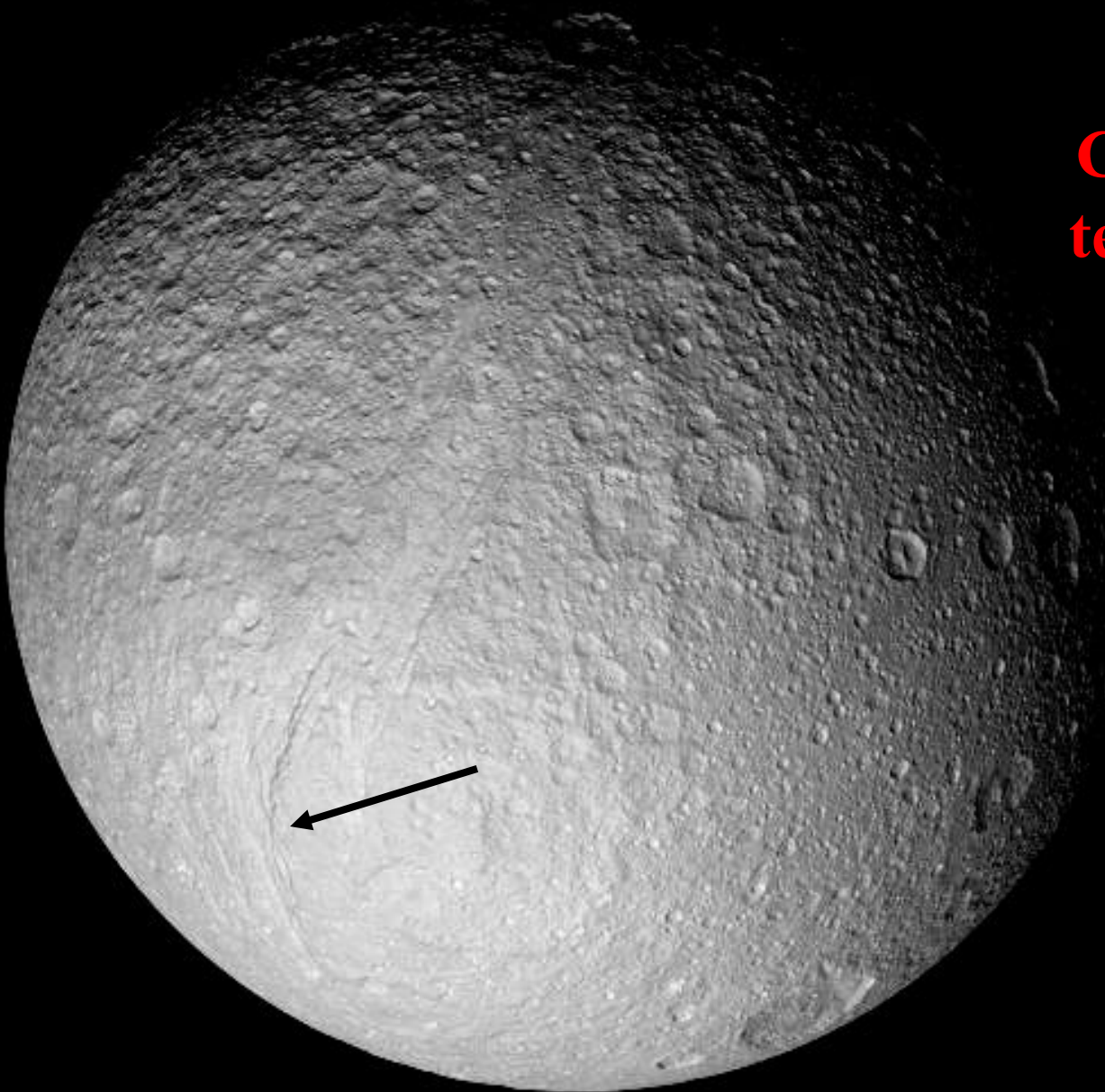
**Attendons les images traitées,
mosaïquées ... par la NASA.
Prochain survol : 30 août 2007**

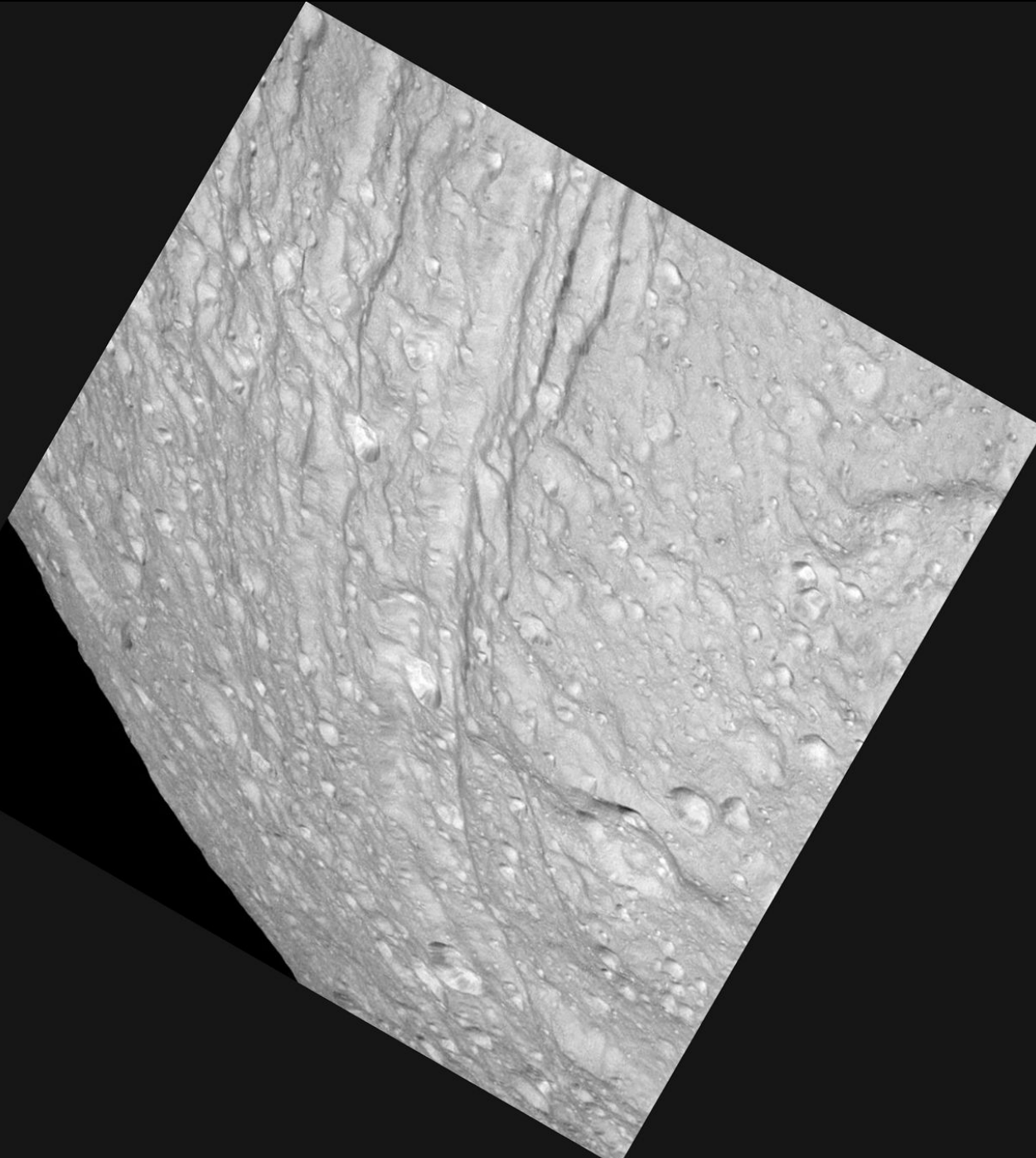


Téthys,
un « moyen moyen ».
Trois vues de
plus en plus
rapprochées, avec vue
sur Odysseus



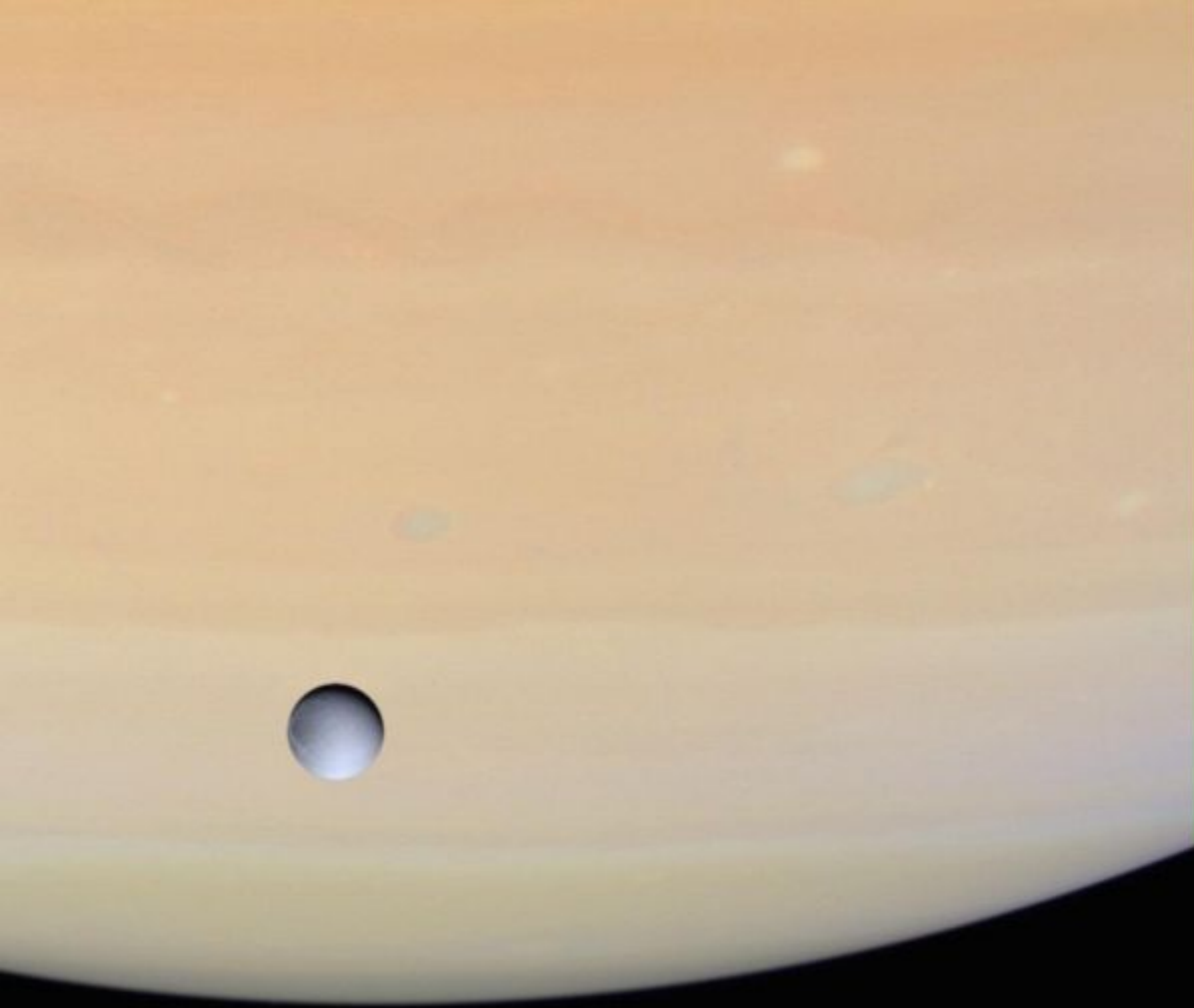
**Vue sur Ithaca
Chasma, canyons
tectoniques limités
par des failles**





**Vue rapprochée
sur Ithaca
Chasma : des
canyons
tectoniques
« anciens », car
perforés de
nombreux
cratères**

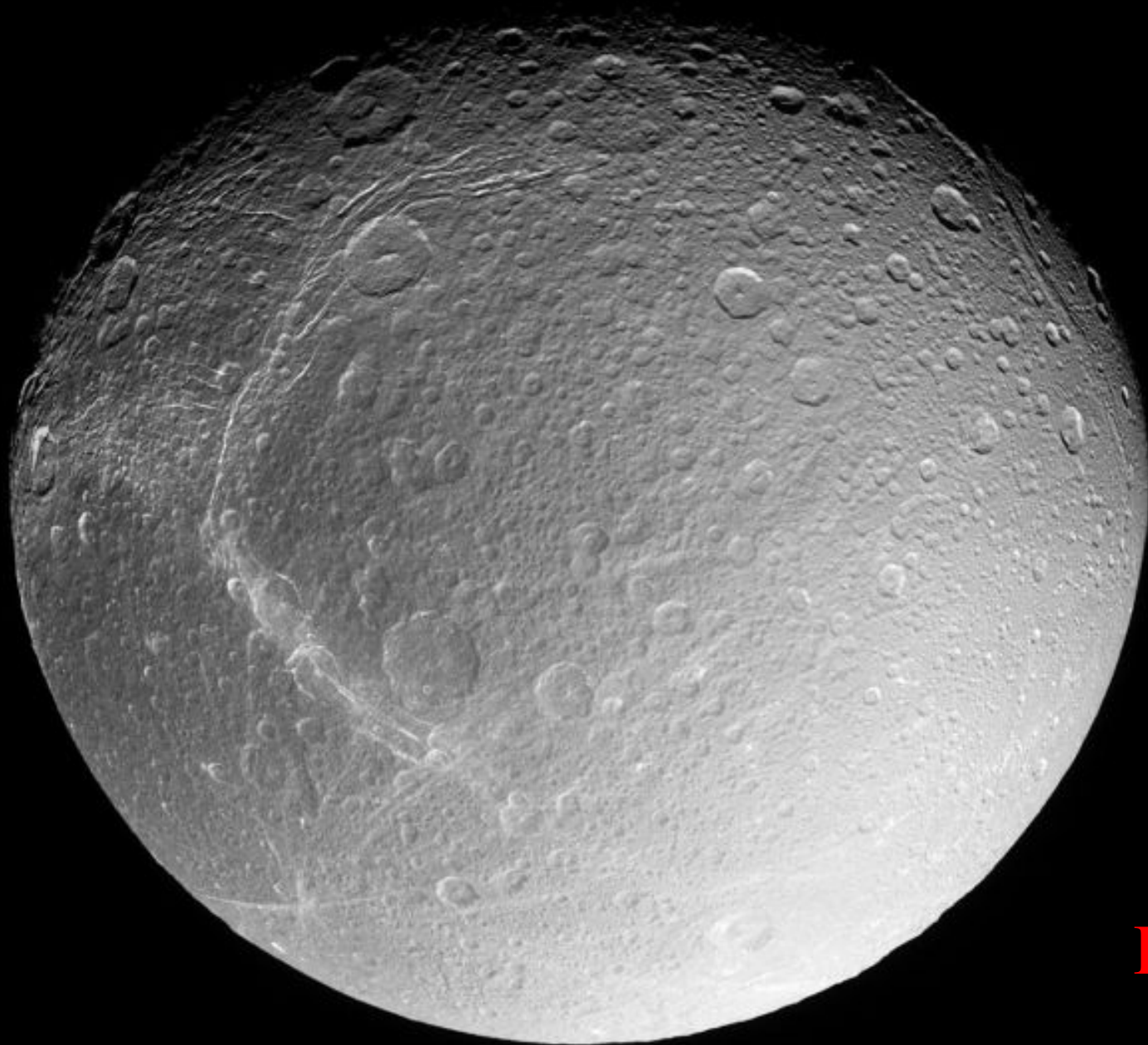
**Prochain rendez-
vous le 27 juin
2007**



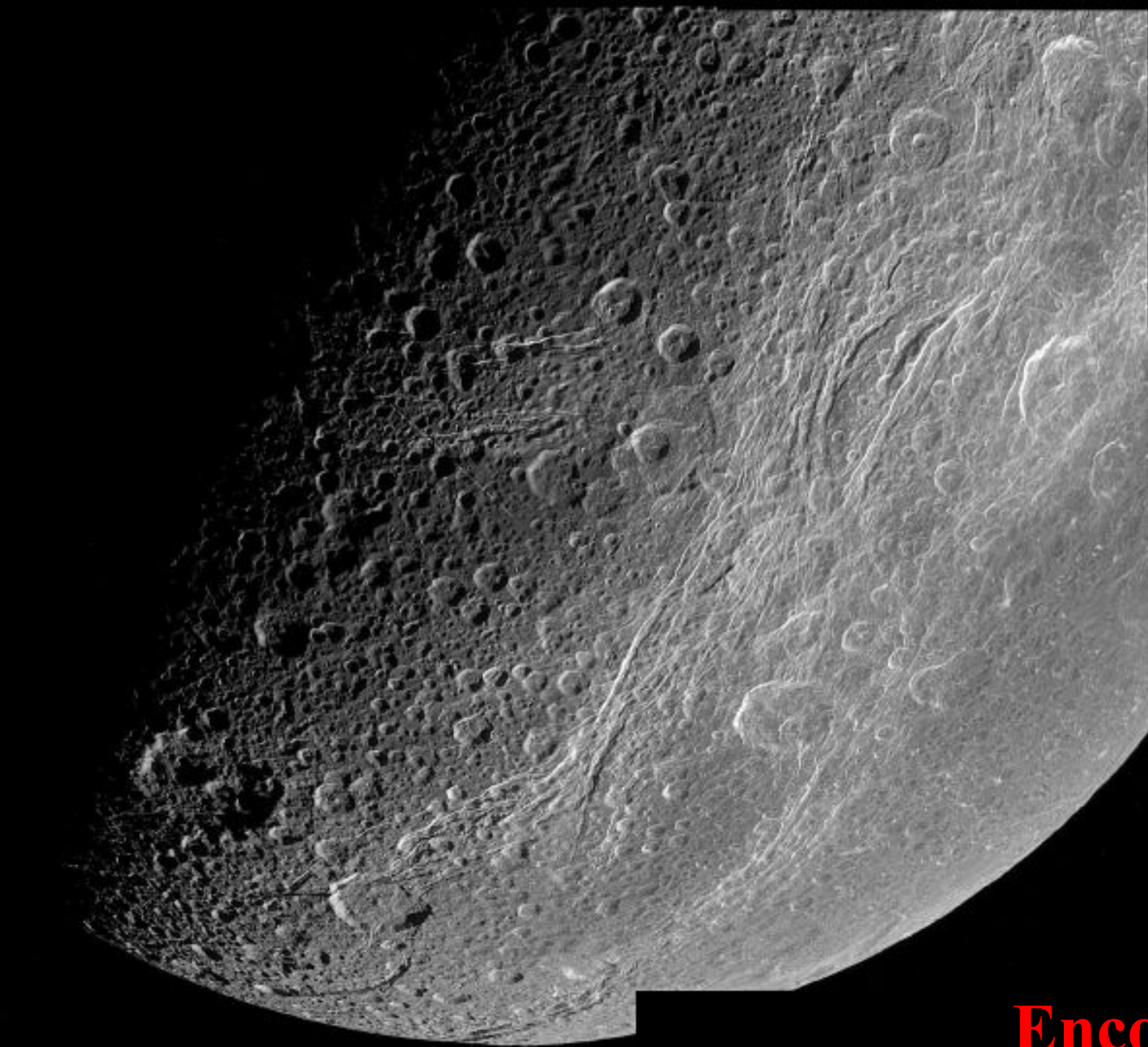
**Dioné, l'autre « moyen moyen »,
devant Saturne**



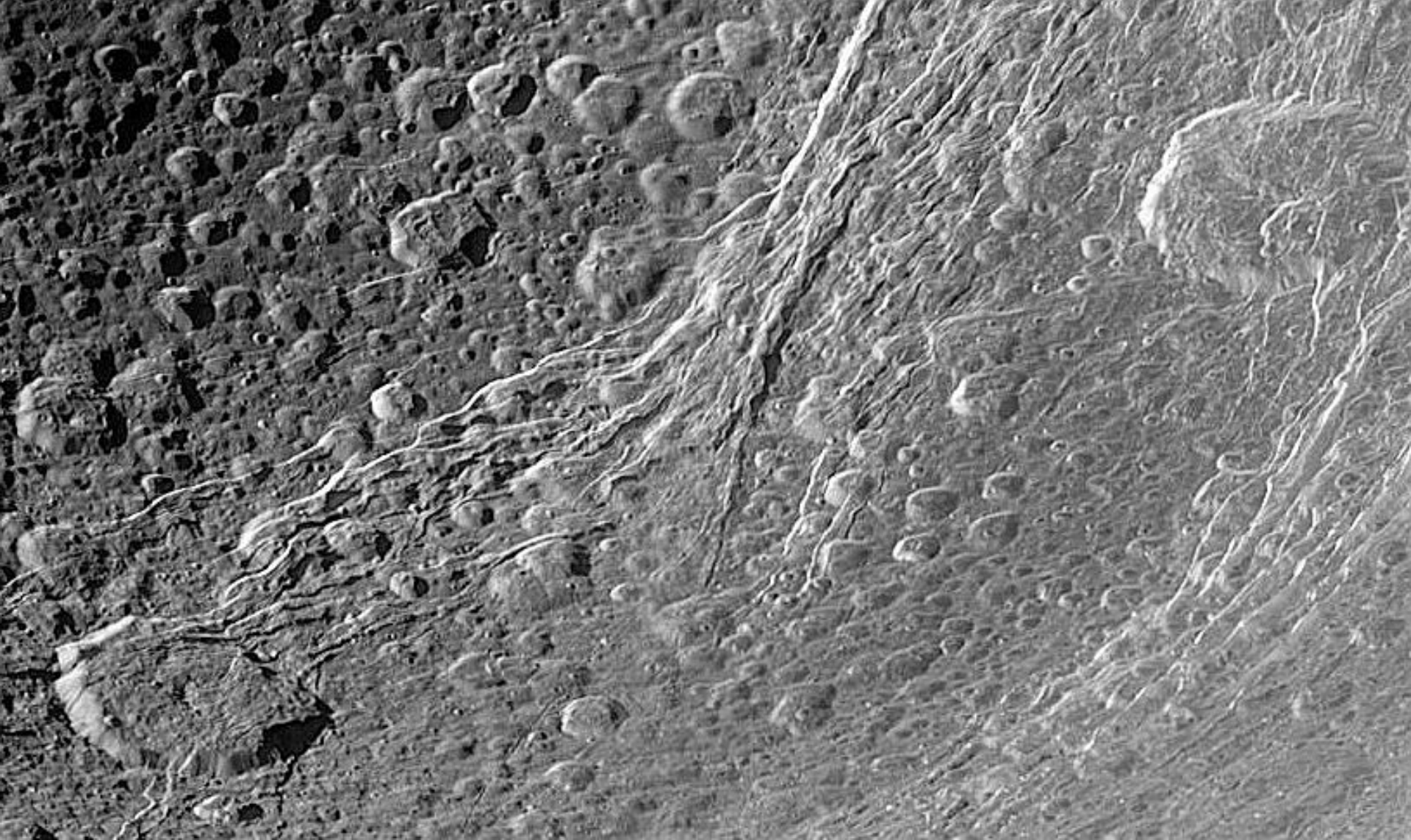
**Saturne,
les anneaux
vus par la
tranche,
leur ombre
sur
Saturne, et
Dioné**



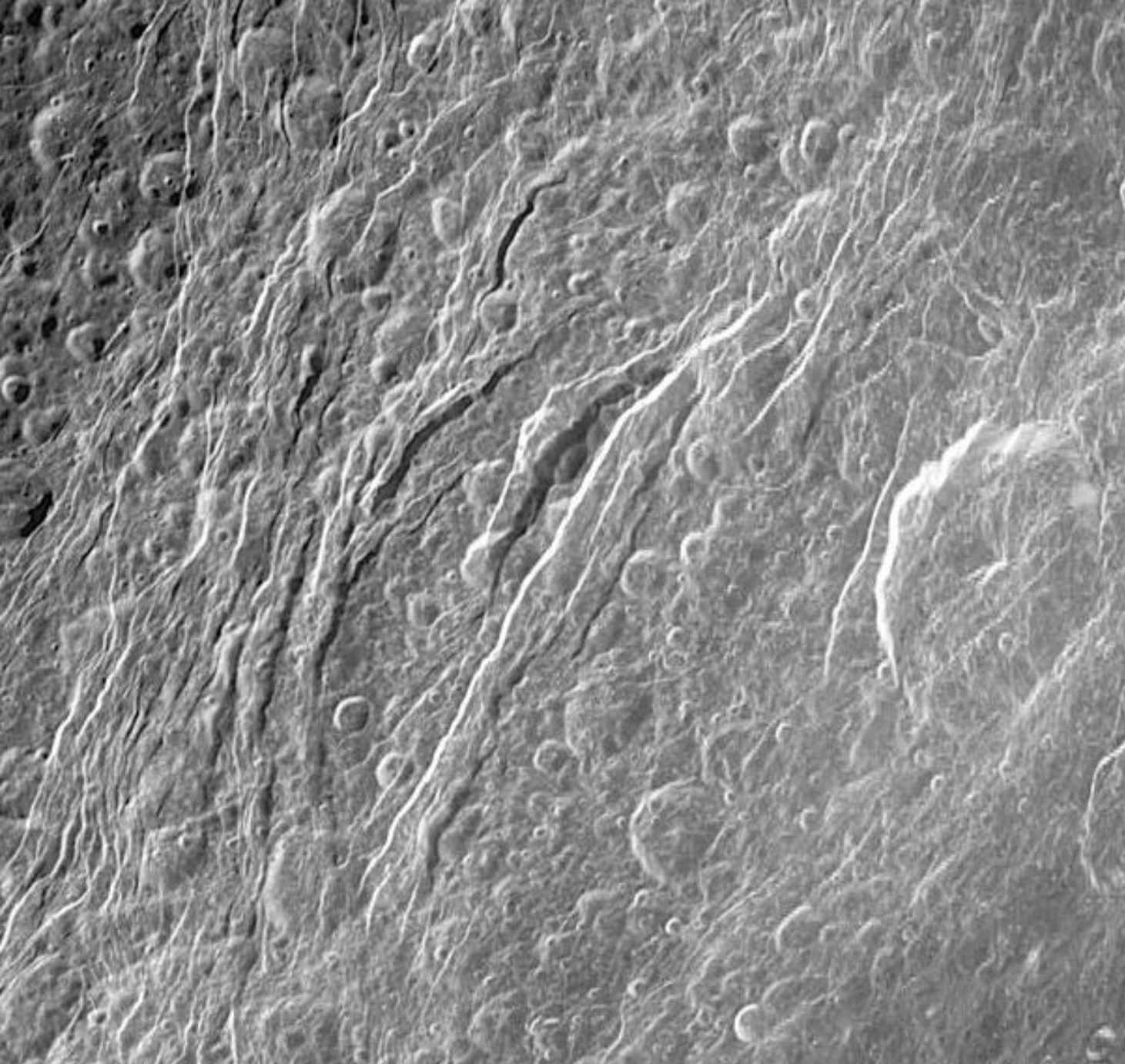
Plus près !



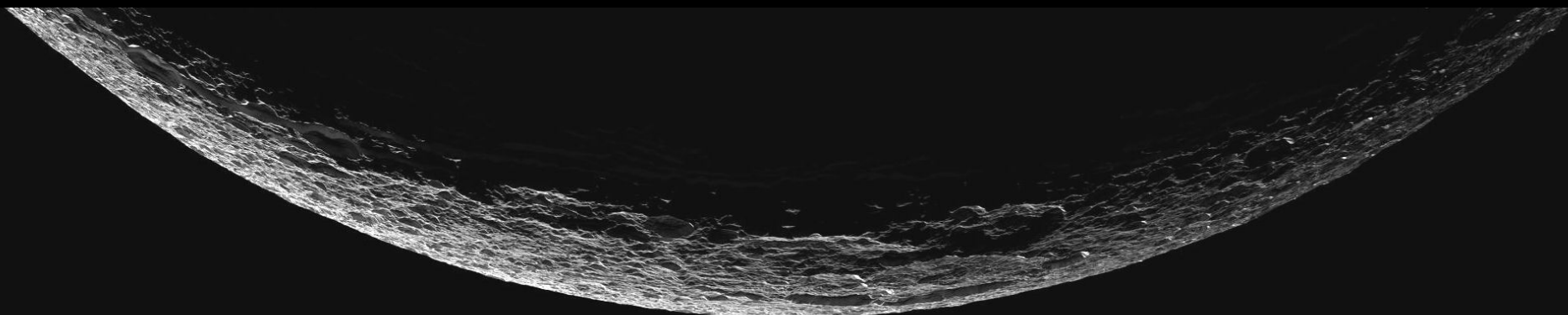
Encore plus près !



**Que de canyons et de failles ! Et failles et canyons
sont jeunes car ils recoupent les cratères.**

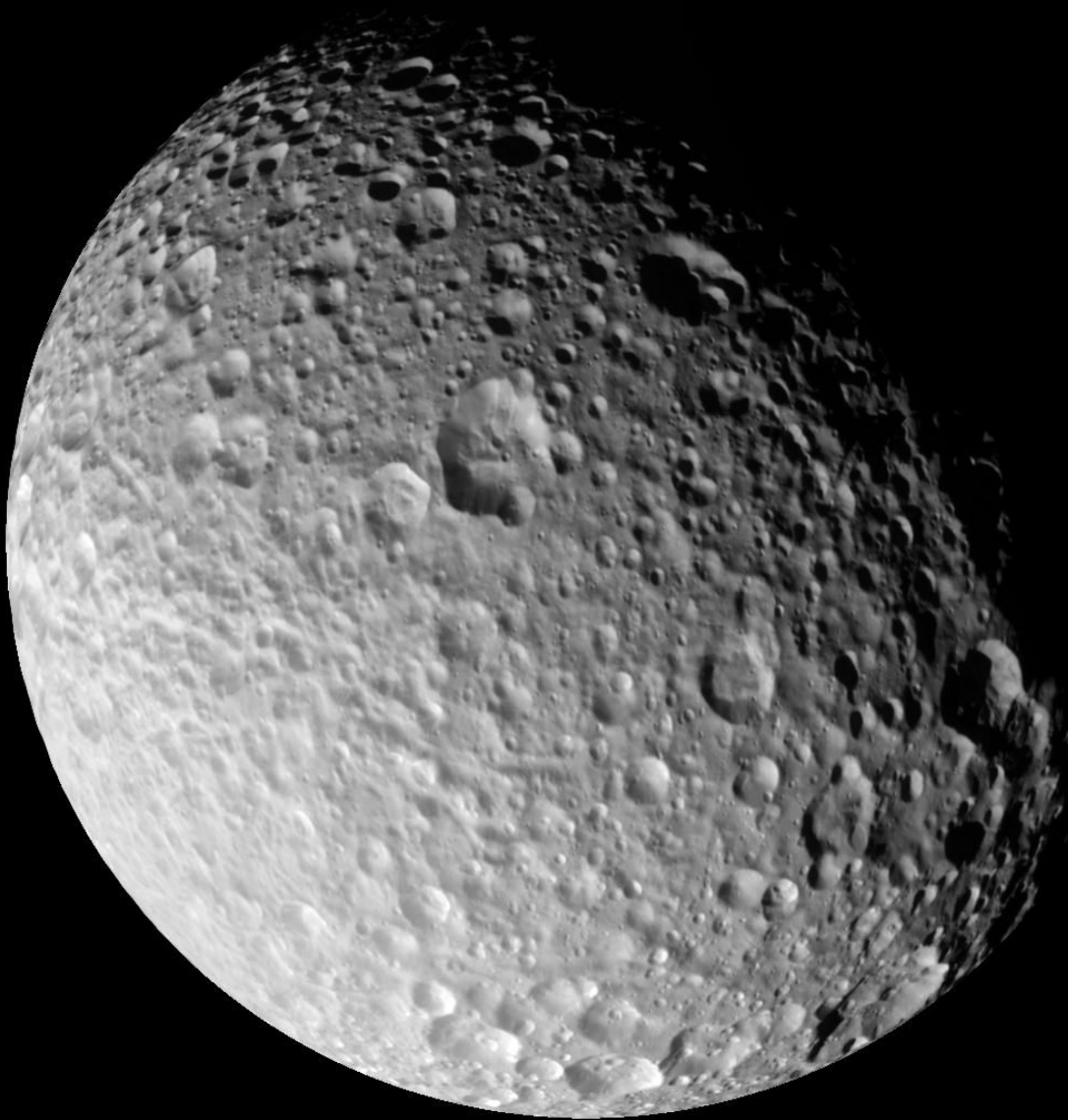


**Pourquoi
ces failles
sont-elles
« jeunes »
sur Dioné
alors
qu'elles
sont
« vieilles »
sur Téthys,
satellite
frère qui a
la même
taille ?**

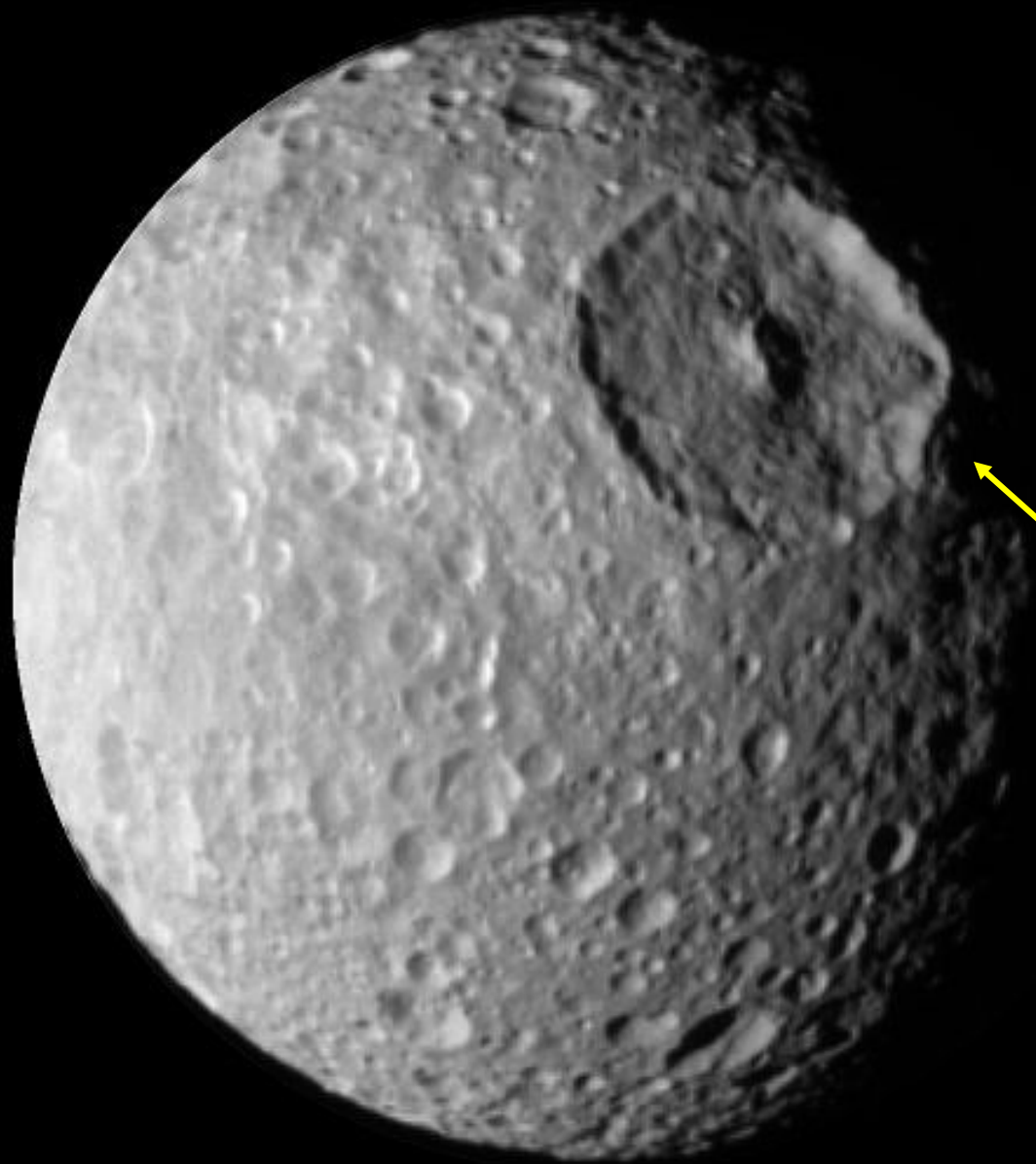


Au revoir Dioné. Rendez-vous ...

**Hélas, la mécanique céleste étant ce
qu'elle est, aucun prochain rendez-vous
n'est programmé !**

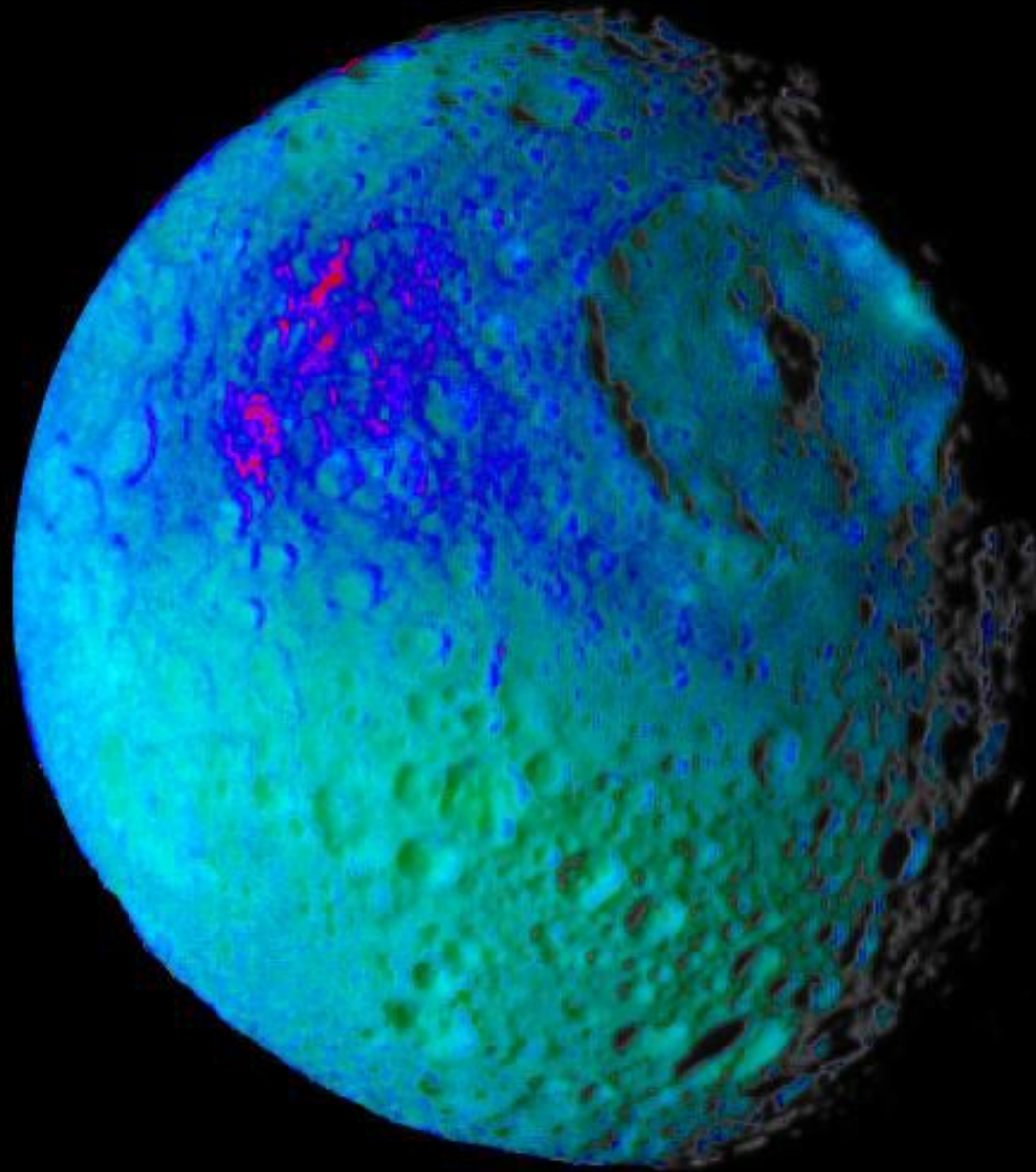


**Et voici
Mimas, un
des « petits
moyens », ici
coté « pile »**



**Mimas,
coté « face »**

Le cratère Herschel

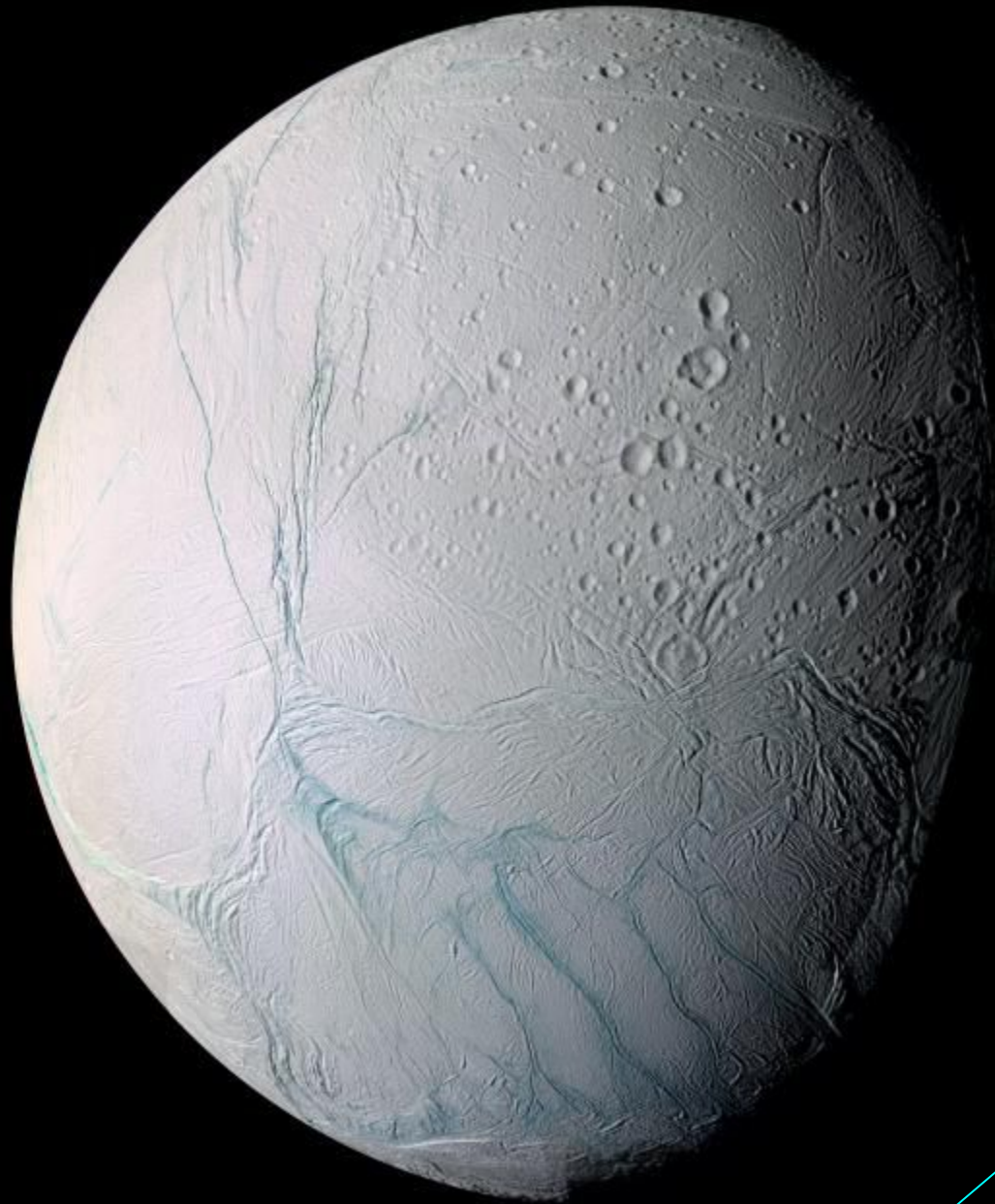


**Le côté
« face » en
fausse
couleur.
Pourquoi ce
qui se trouve
autour d'
Herschel
n'est-il pas
symétrique ?**



**Herschel au
niveau du
terminateur.**

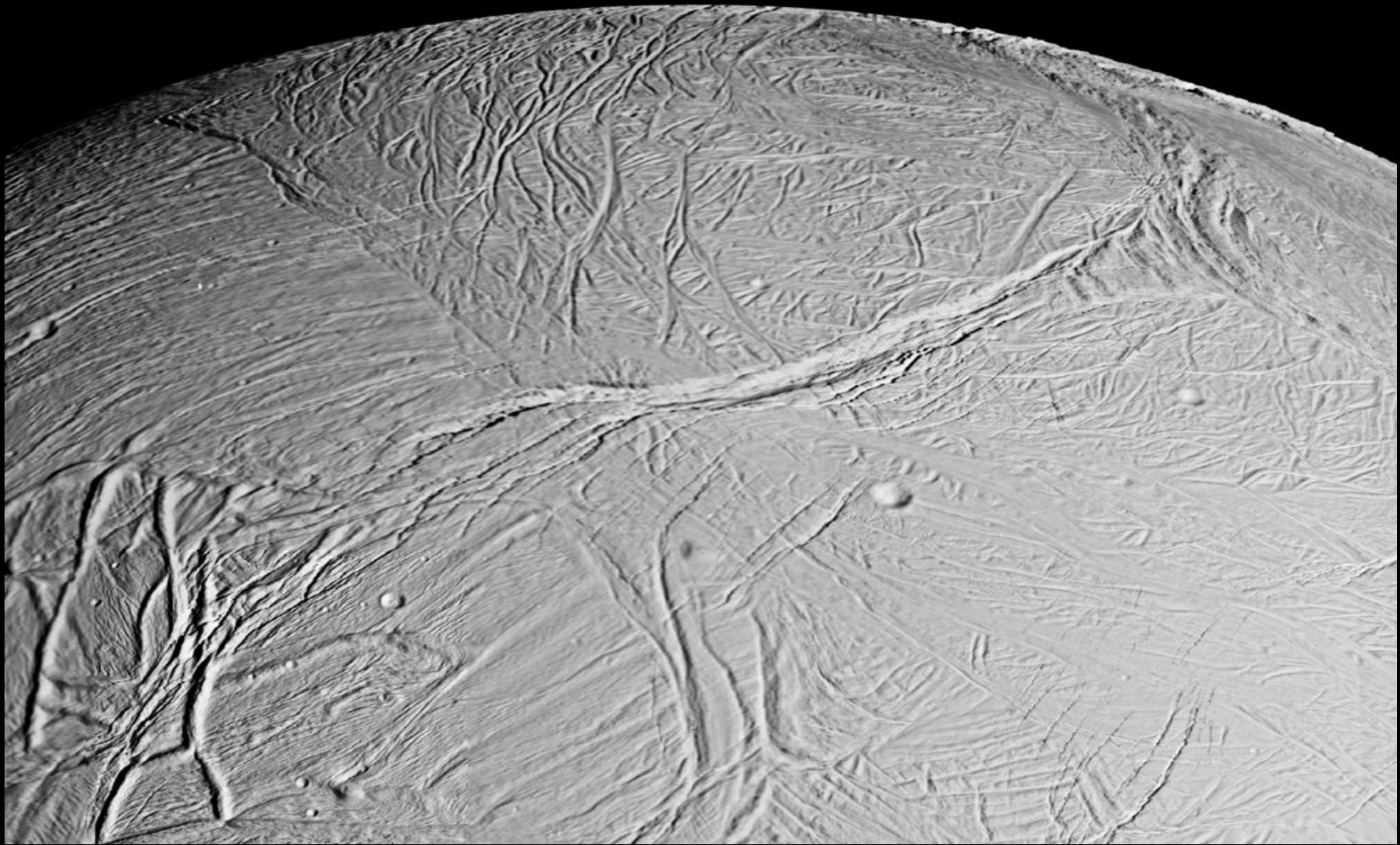
**Regardez bien,
aucun autre
rendez-vous n'est
programmé**



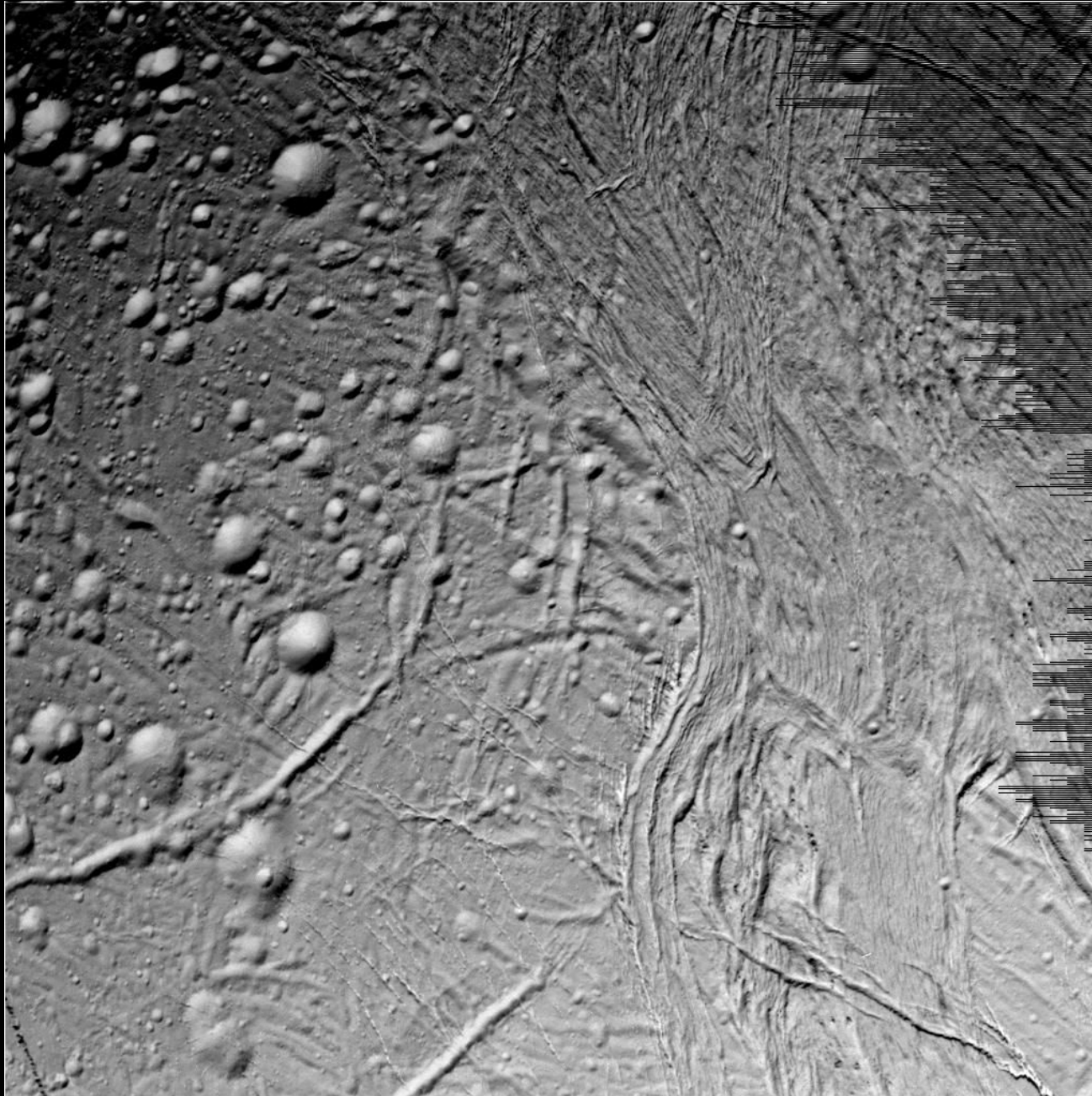
**Voici le « plus beau », le
plus époustouflant :
Encelade (petit moyen),
vu ici pendant
l'approche du 3eme
survol, le 14
Juillet 2005**

Pour vous rappeler la petite taille d'Encelade

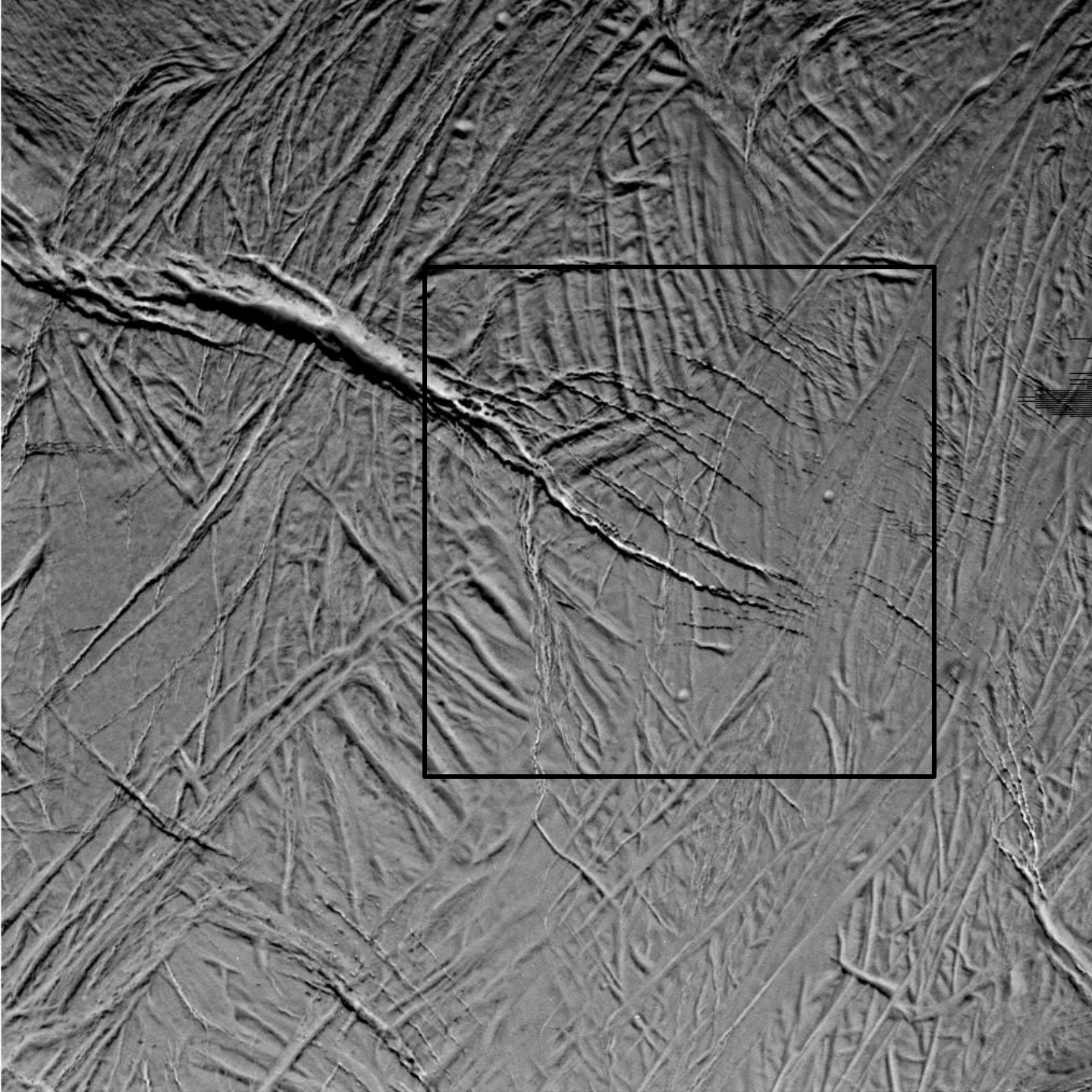




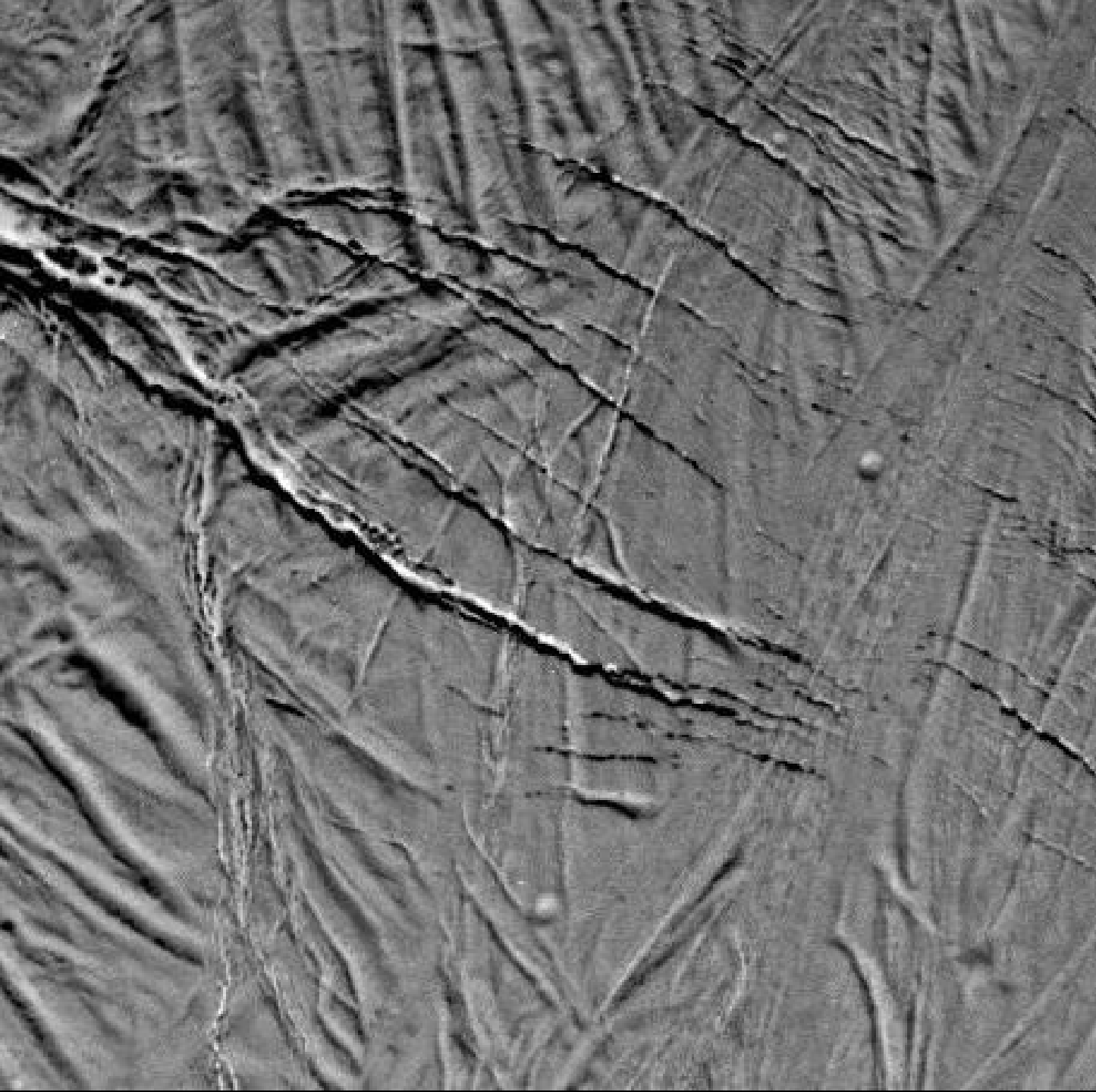
**Des images rapprochées du 1er survol (02 / 2005).
Quel satellite !!**



**Coexistence
de terrains
« vieux » et
de terrains
« jeunes », à
géologie
complexe**

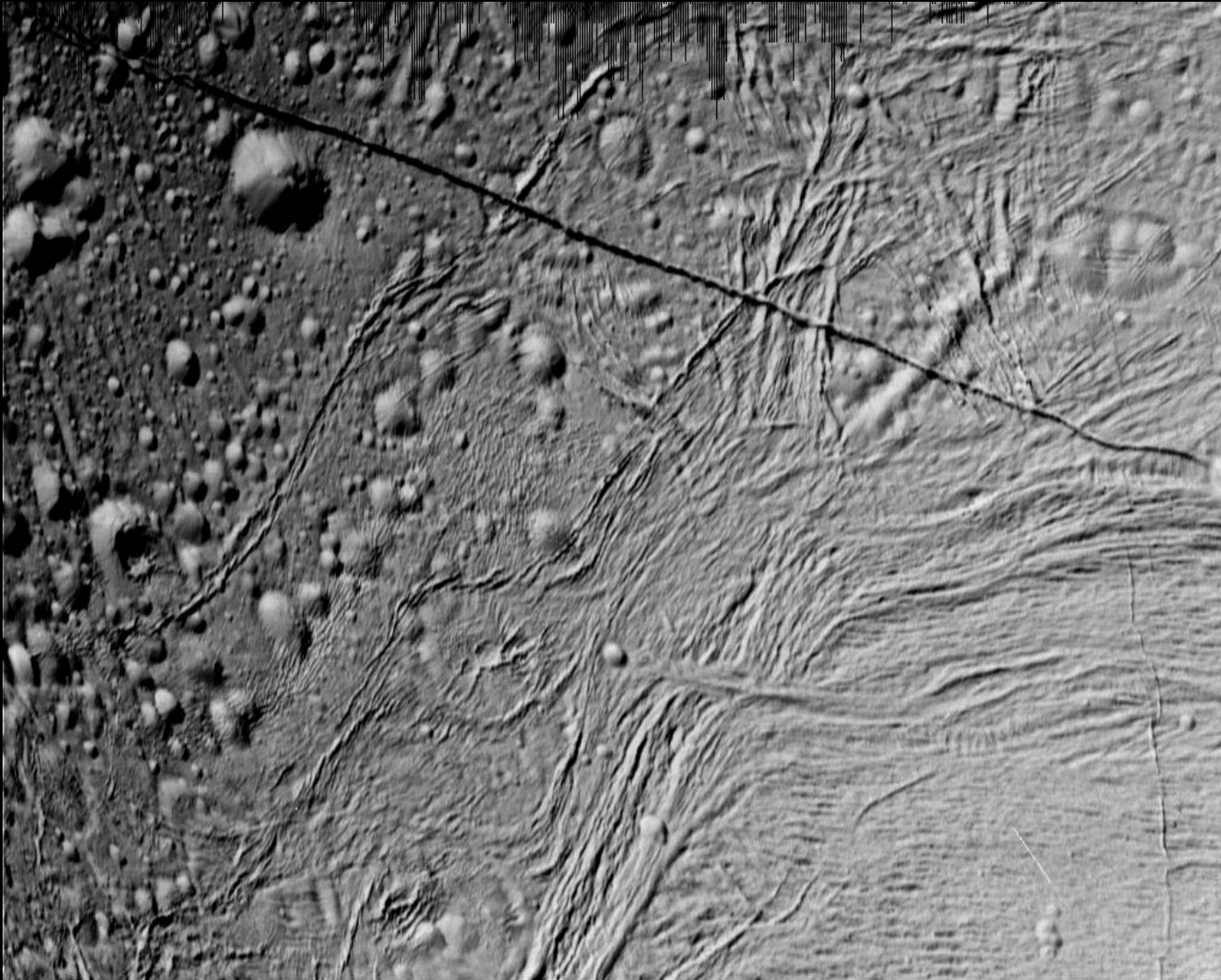


**Le
« Grand
Rift »**



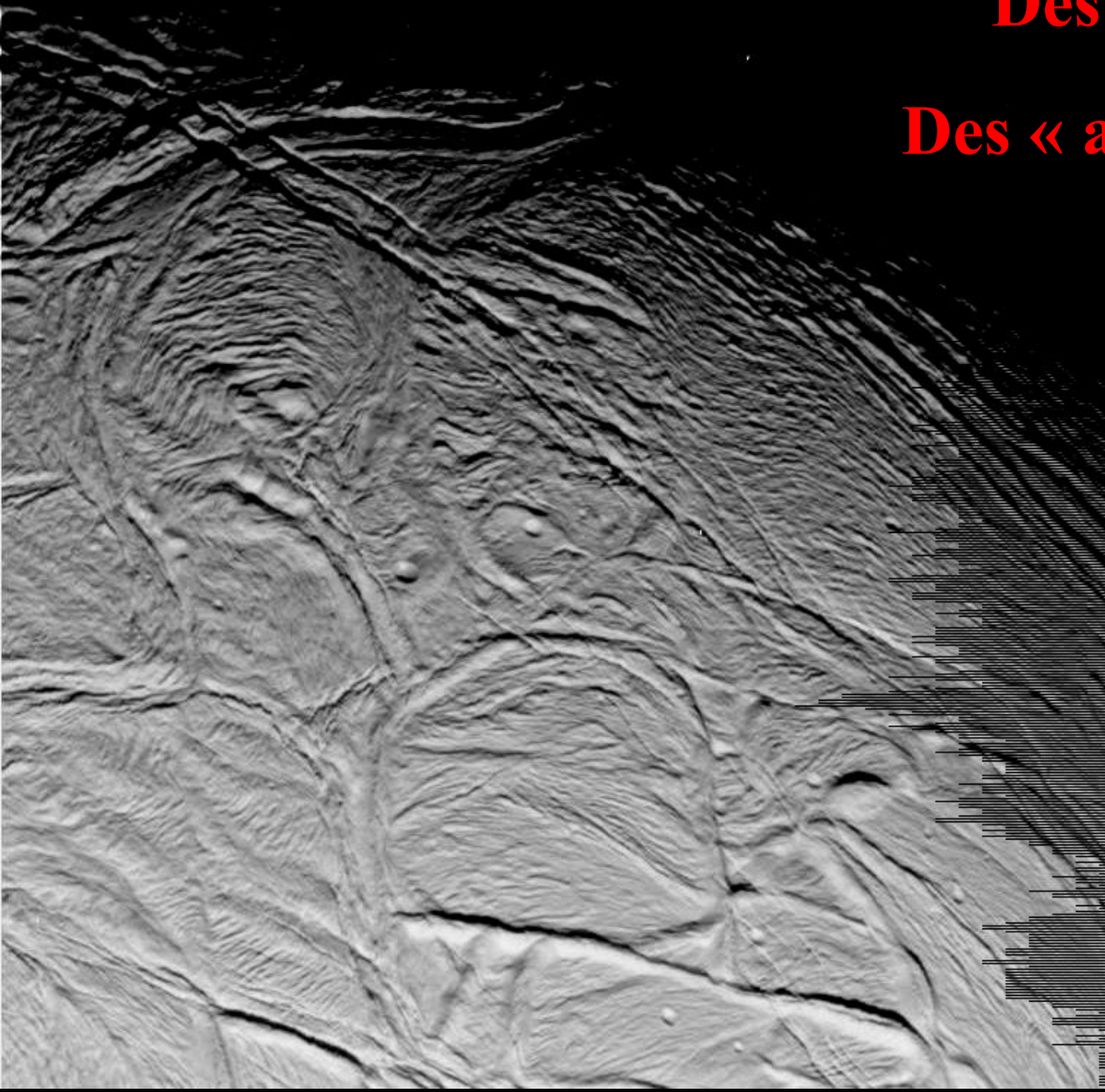
**Des
fractures
et des
« chaînes
de puits »
et de petits
cratères
(on y
reviendra)**

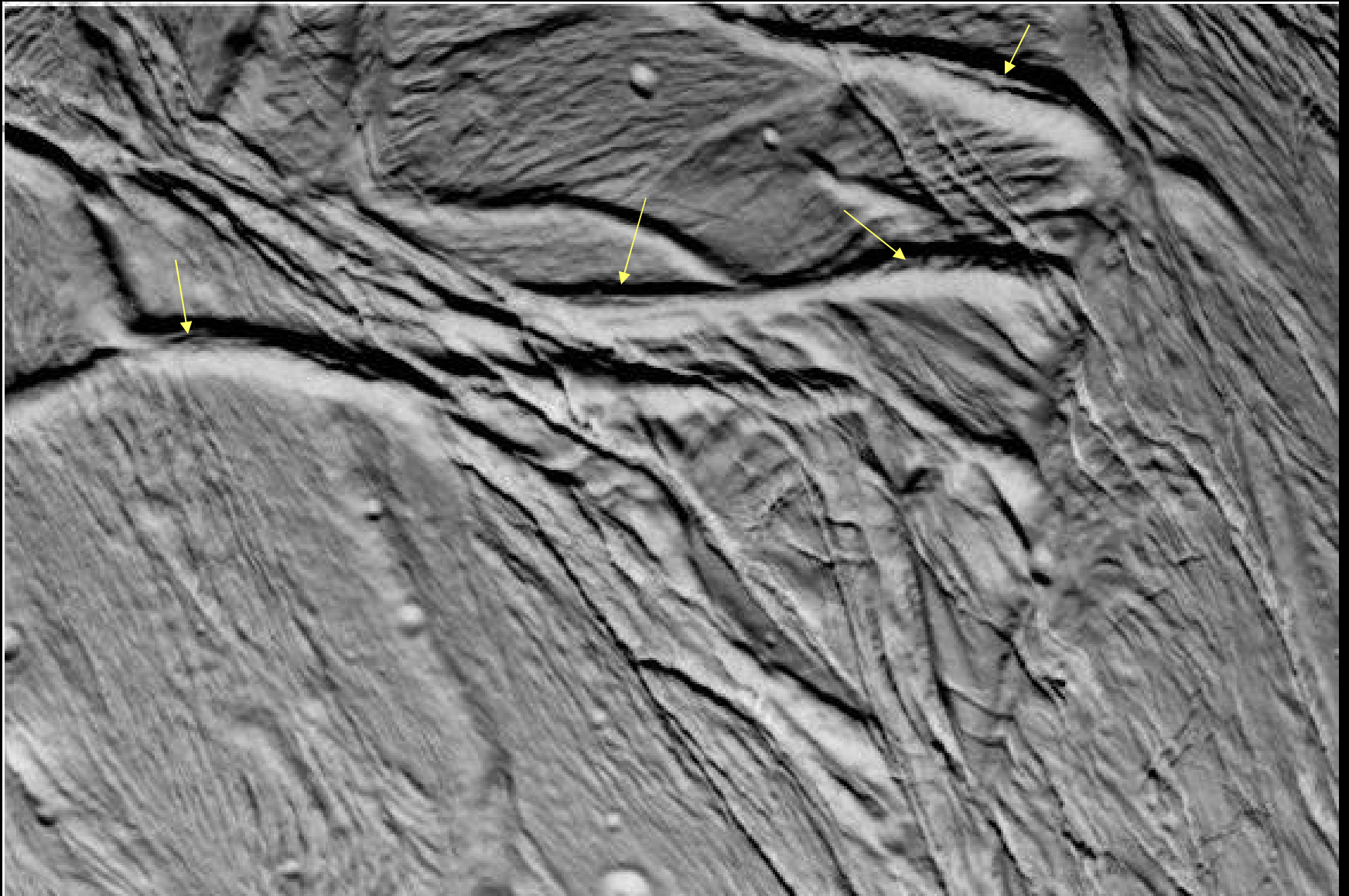
Ca, c'est de la faille !



Des giga-rides .

Des « anticlinaux » ??

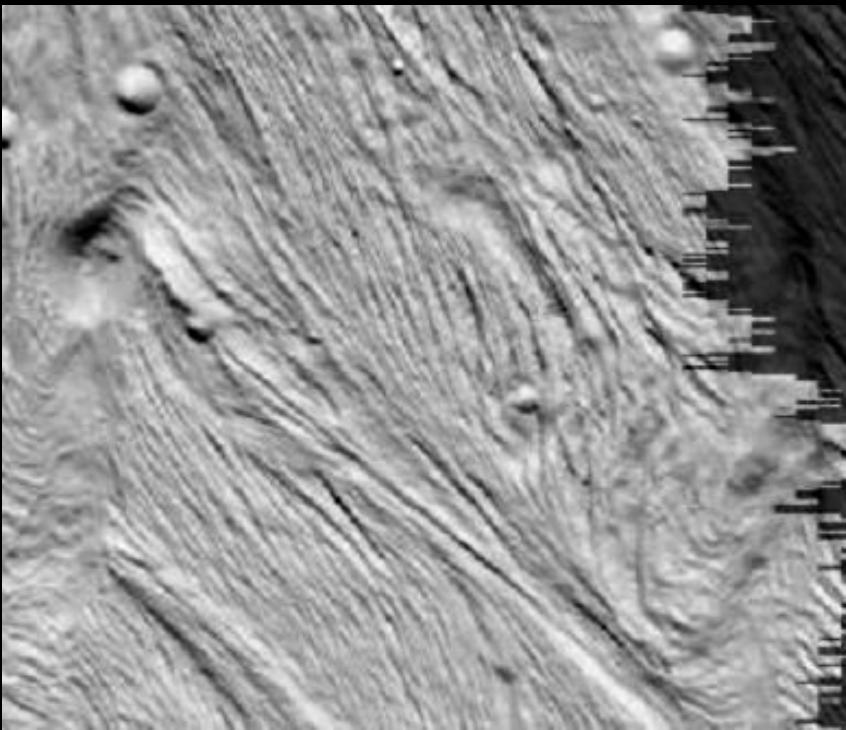




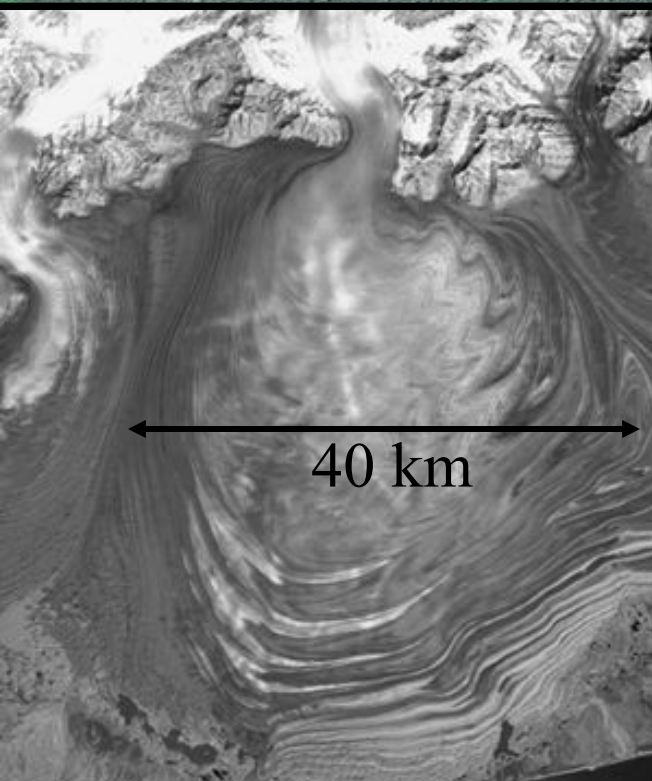
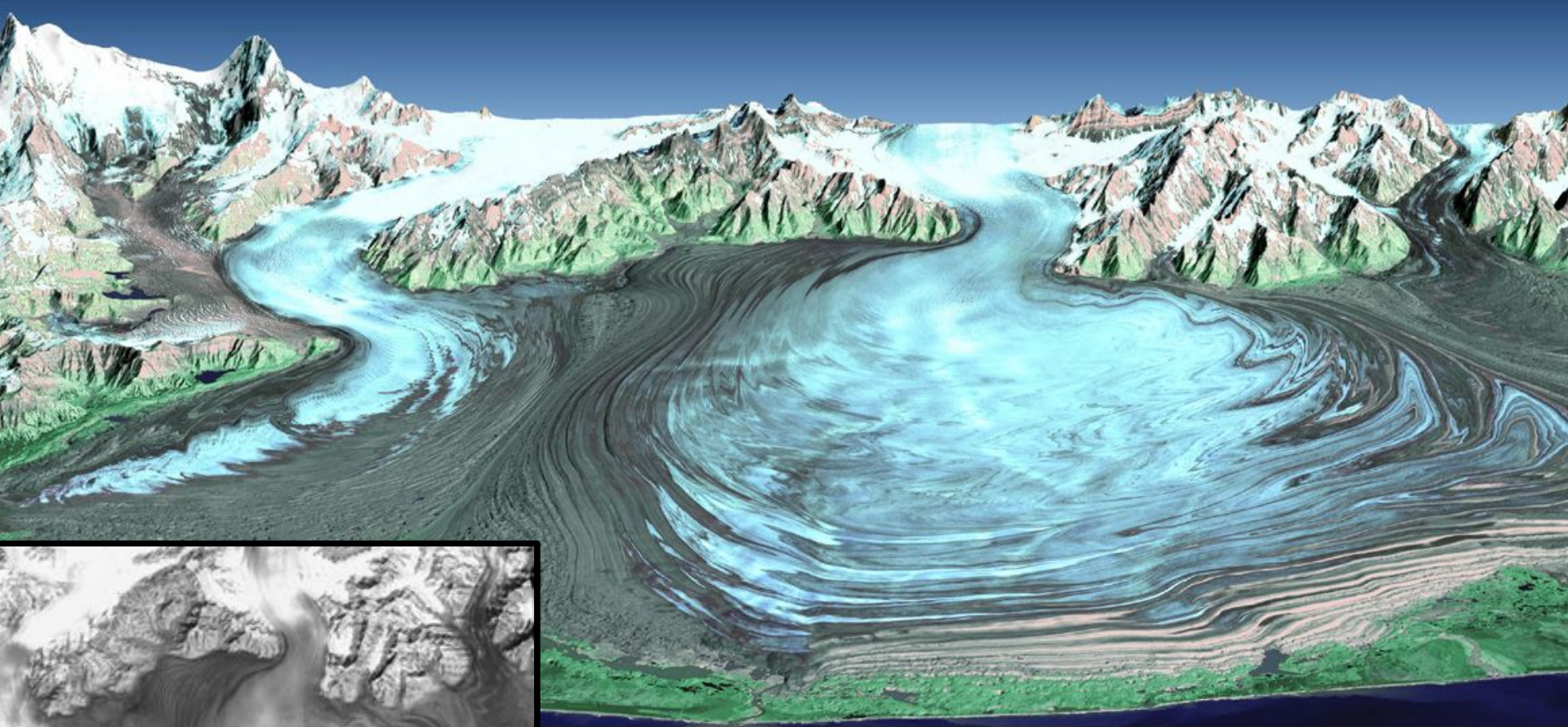
Détail de ces giga-rides. Parfois, il y a une fracture sommitale.



**Cela ressemble à de
giga-« rides de pression » dont
voici 2 mini-équivalents
terrestres, à Hawaï et en
Antarctique**

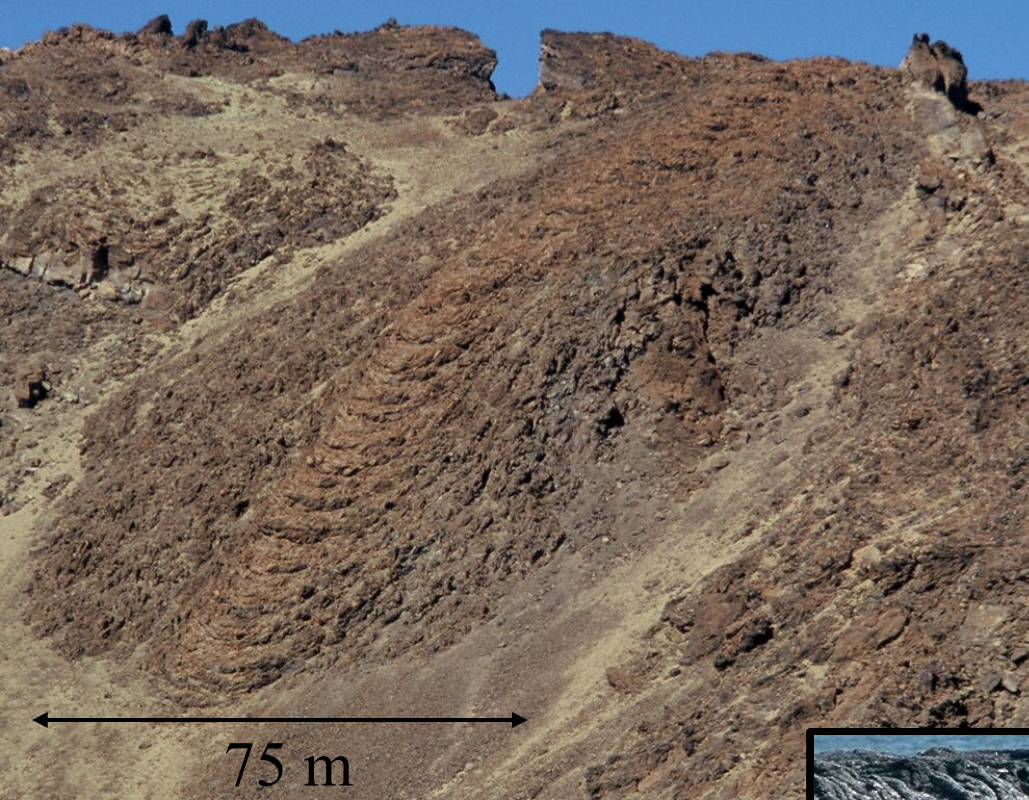


**On dirait des
figures
d'écoulements
visqueux, comme ...**



40 km

... comme ce glacier en Alaska,

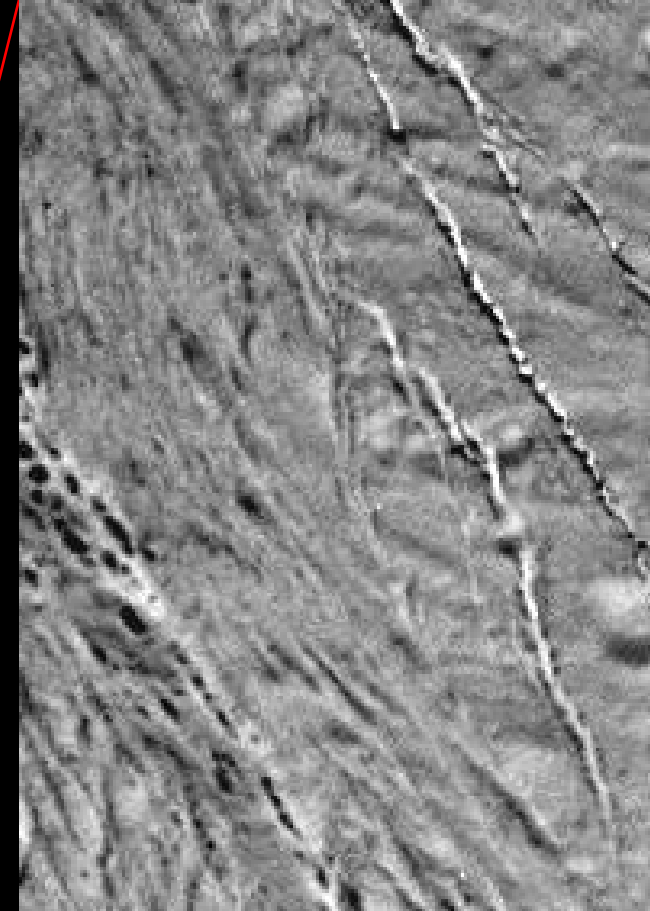


Comme la
déformation de cette
coulée de lave
« phonolite » très
visqueuse ...

Iguane marin



ou celle de la
surface de cette
coulée de basalte



Des «chaînes de puits» et aussi de taches noires (hydrocarbures)



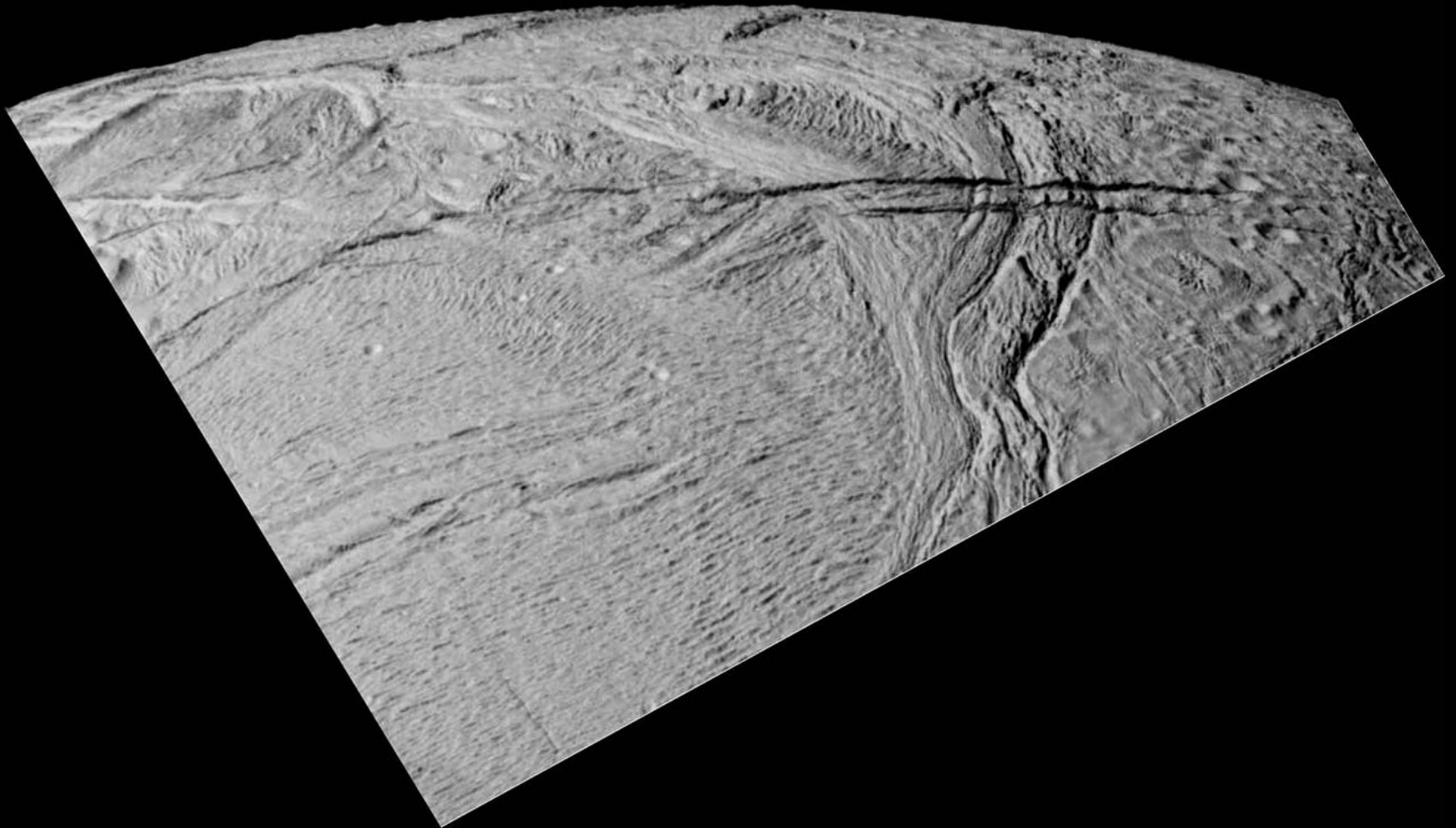
Photographie Hervé Bertrand



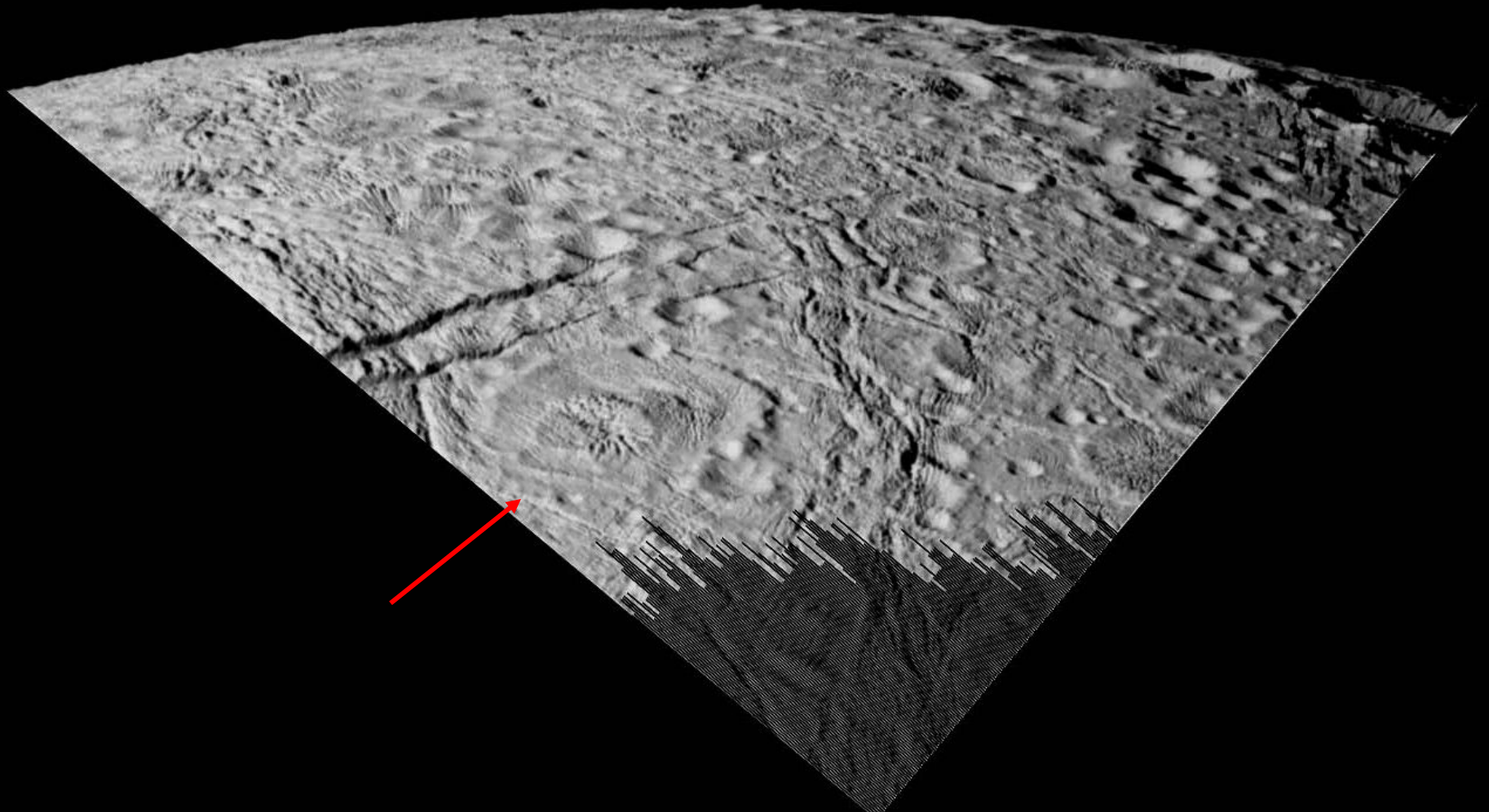
Photo Pierre Thomas

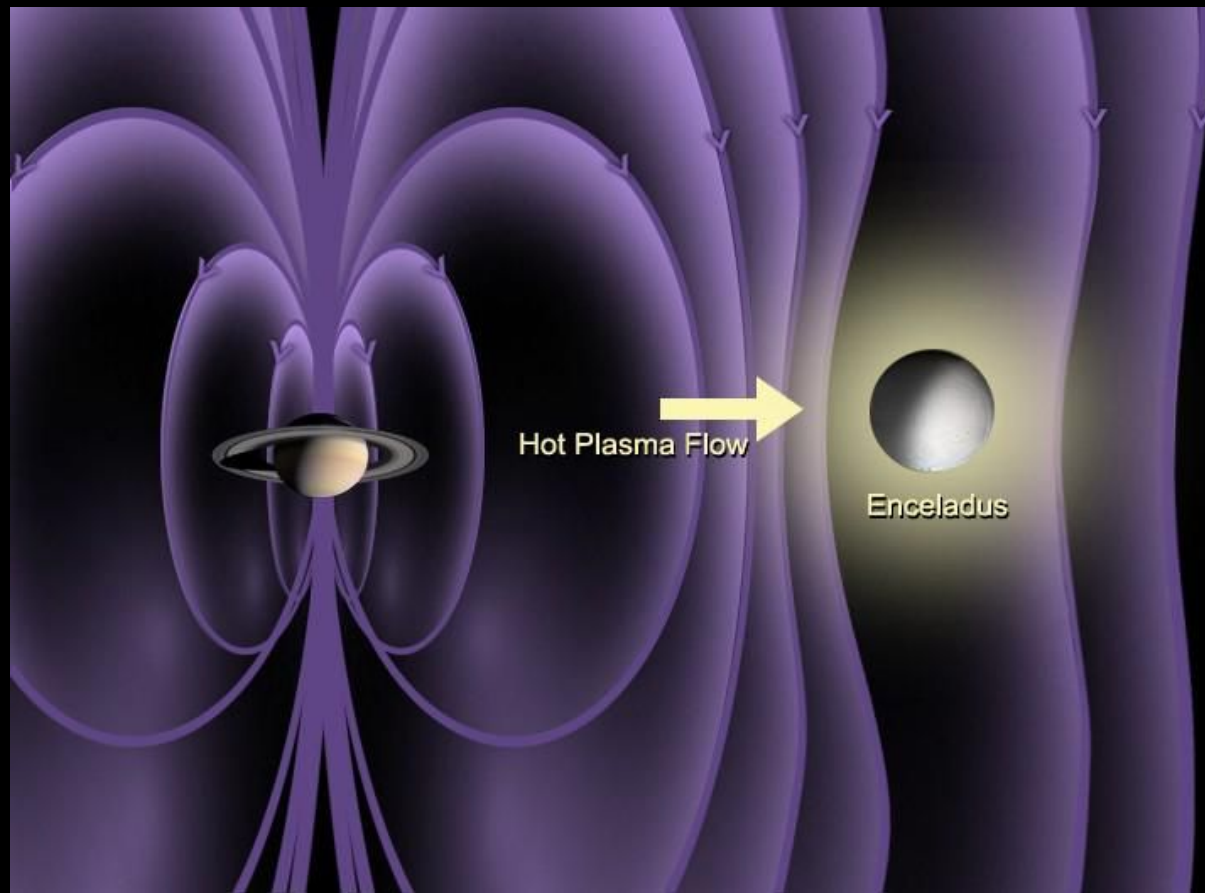
**On ne peut s'empêcher de
penser à ces équivalents
islandais**

Et pour se « rincer l'œil », quelques images (sans commentaires poussés) prises lors du 2eme survol, le 9 mars 2005



On dirait un impact dans quelque chose de très mou !



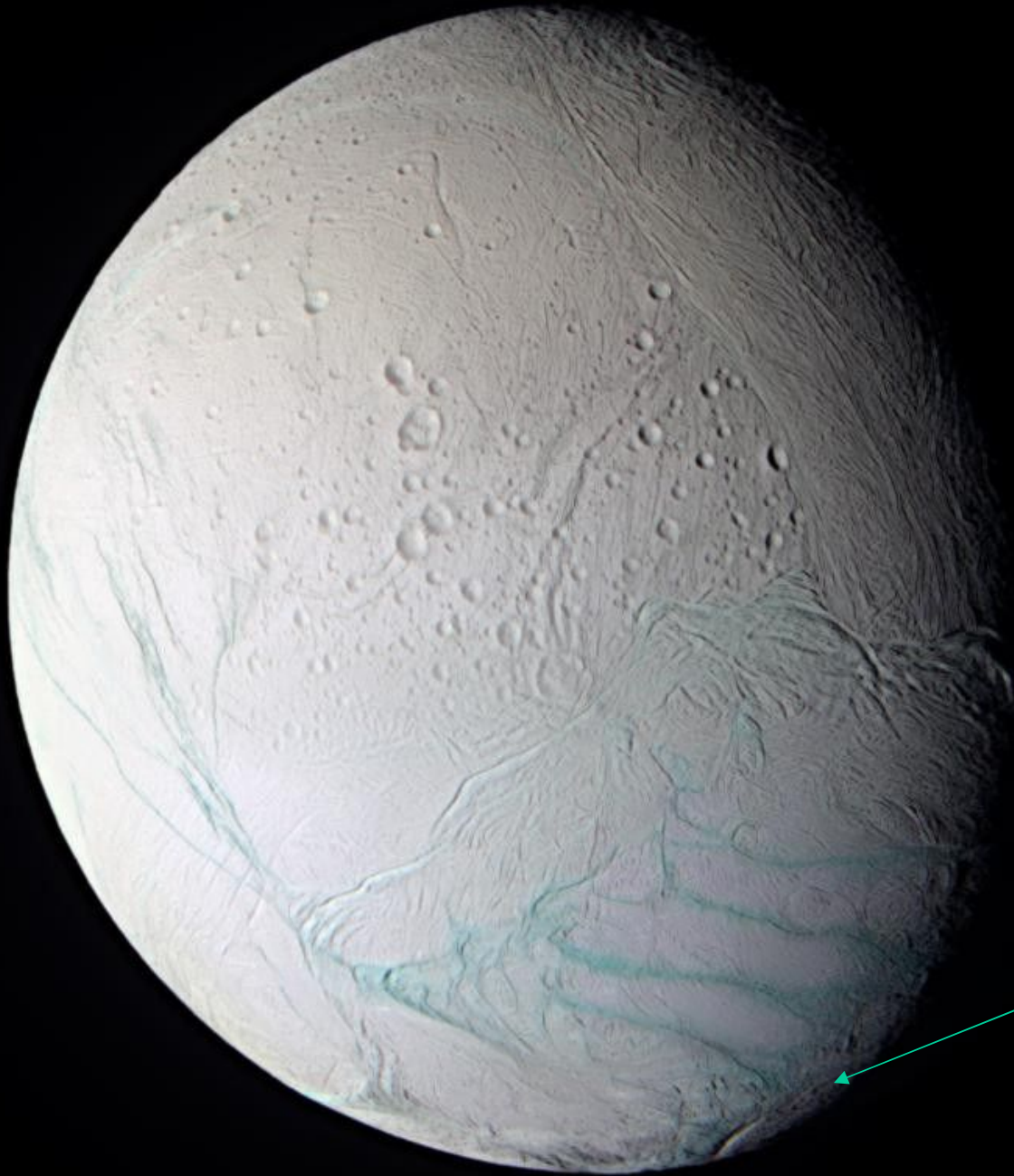


Publication web du
16 mars 2005:
les lignes du
champ magnétiques
saturnien sont
déviées par une
atmosphère ténue
autour d'Encelade.

**Si un corps aussi petit avec une aussi faible gravité a
une atmosphère, c'est qu'elle est « actuellement »
produite (volcanisme ?) !**

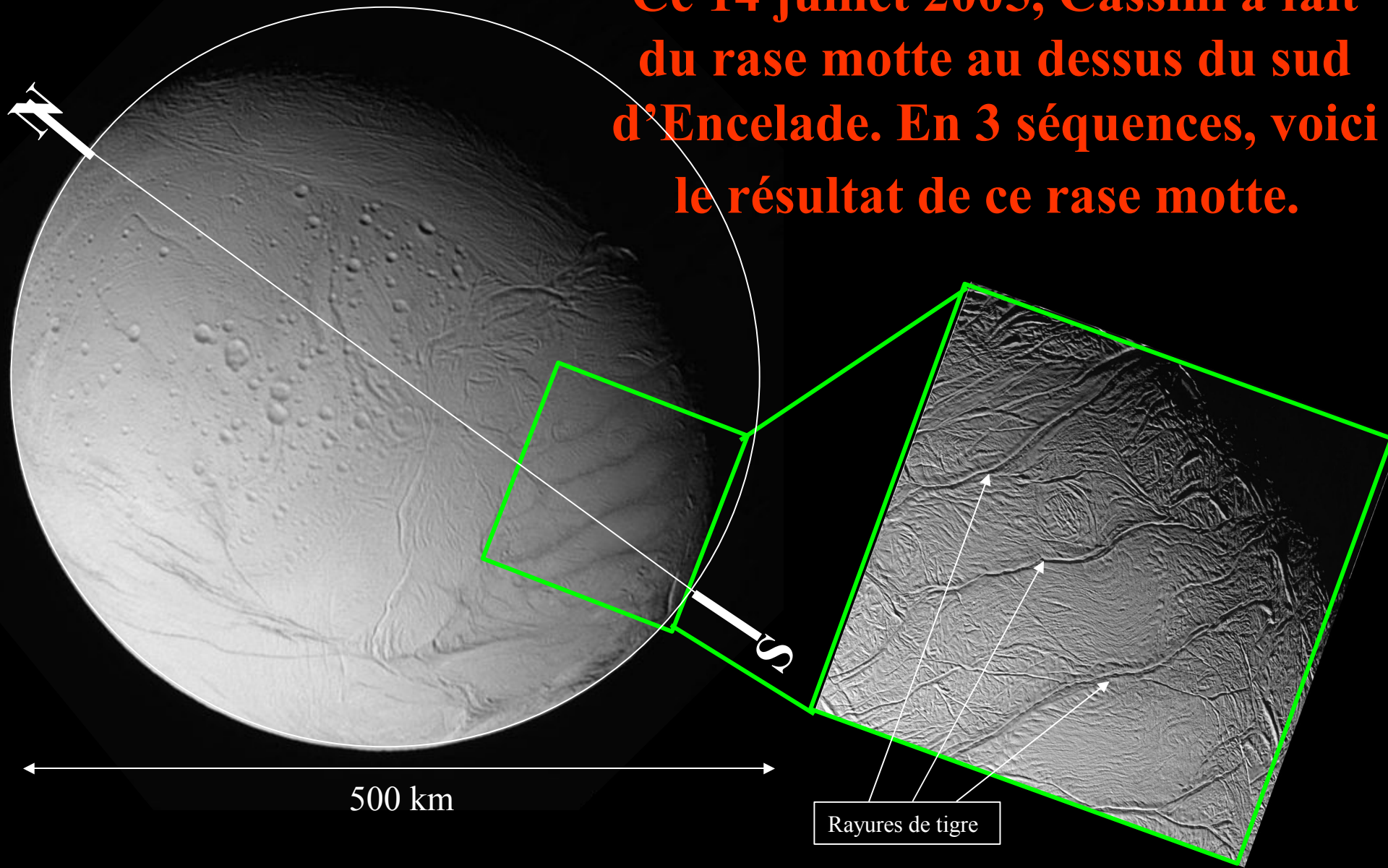
**Pour voir cela de plus près, le 3eme survol, le 14 juillet
2005, a été « dévié » avec un passage à 150 km
d'altitude, au lieu des 1000 initialement prévus**

**Le 14 juillet
2005, Cassini a
survolé
Encelade par le
sud**

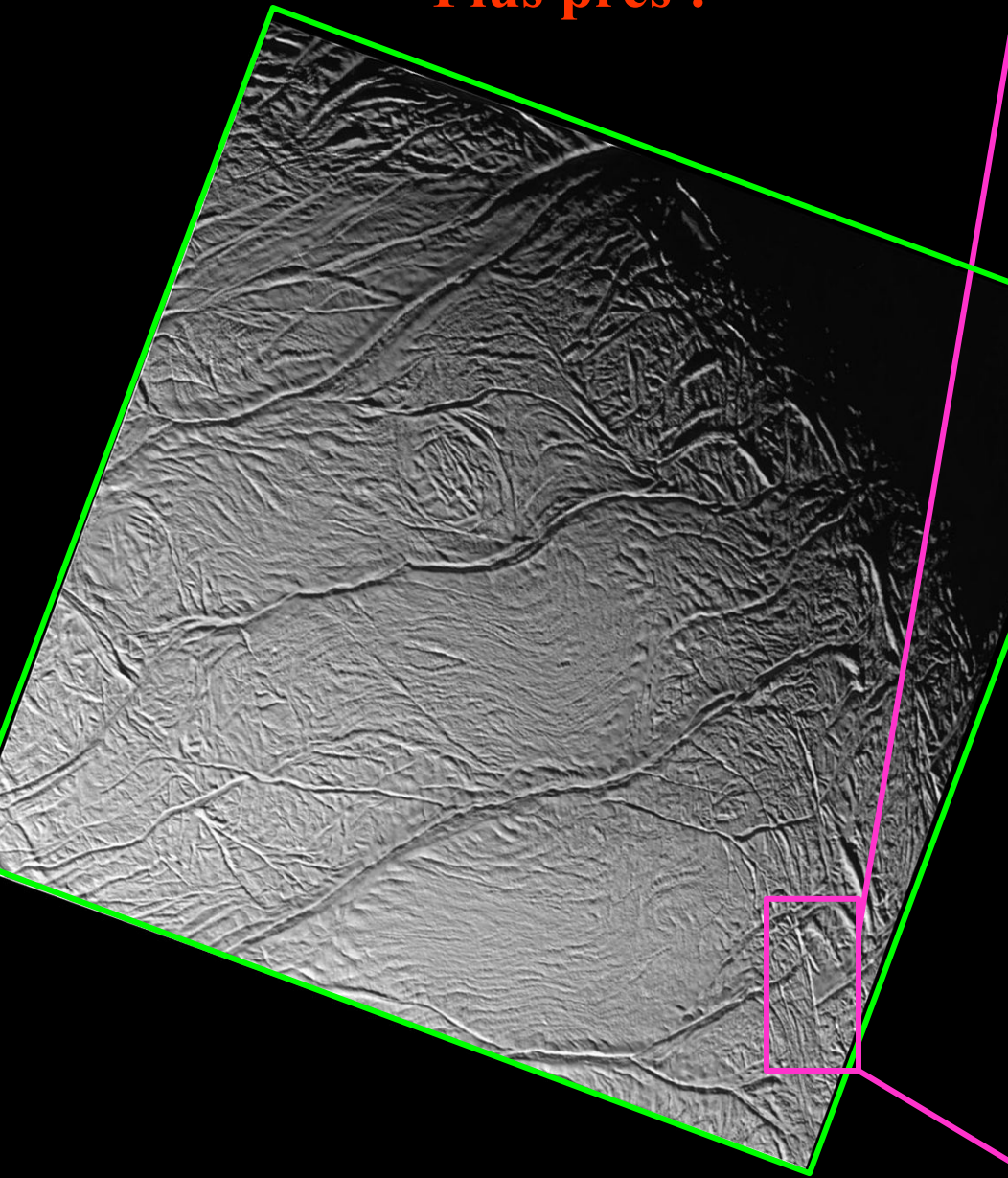


**Le Pôle Sud, région
avec moins de cratères
et encore plus
« tourmentée » que le
reste, avec des
« rayures de tigre »**

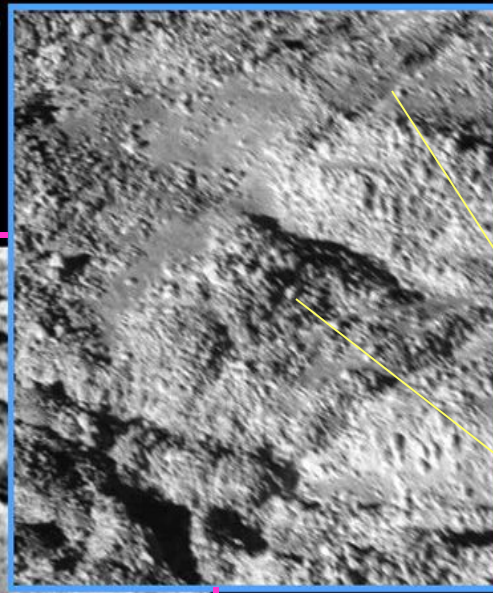
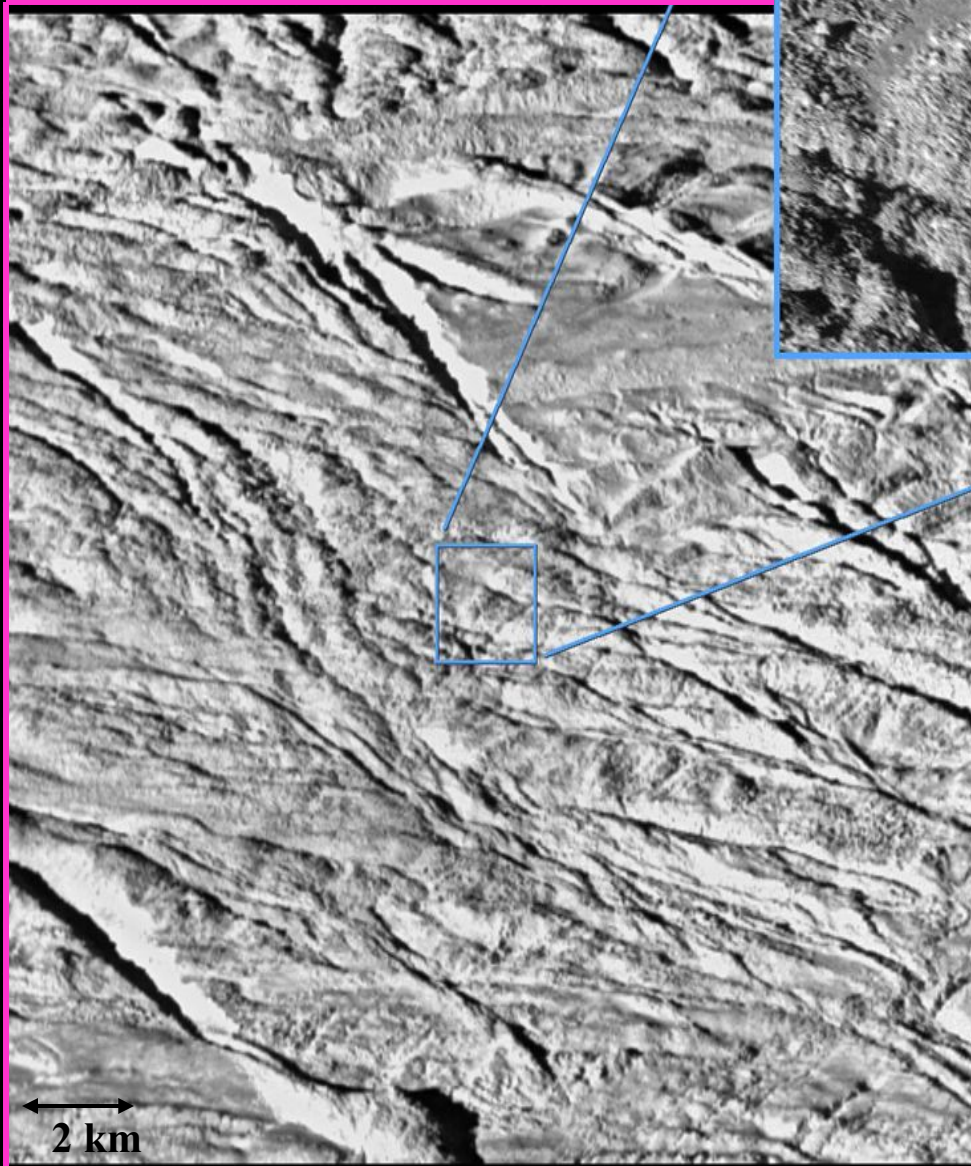
**Ce 14 juillet 2005, Cassini a fait
du rase motte au dessus du sud
d'Encelade. En 3 séquences, voici
le résultat de ce rase motte.**



Plus près !



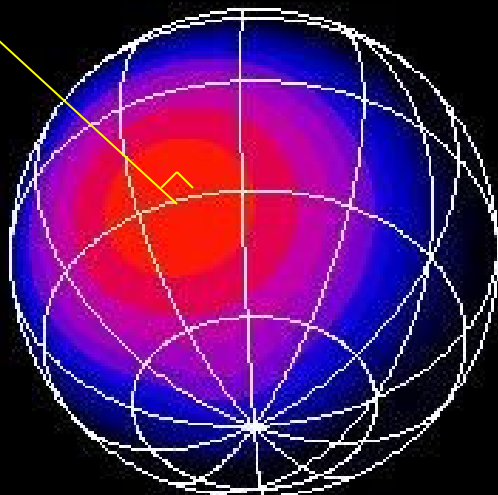
Encore plus près !



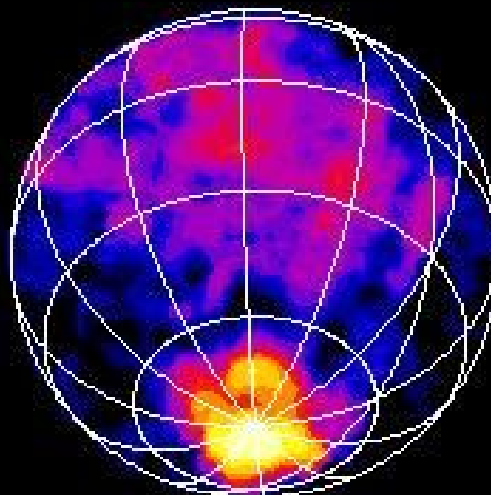
Ces gros blocs (de
glace) font entre 10
et 100 m de coté ; ils
ont la taille de
grosses maisons !
Qu'est en est
l'origine ?

Enceladus Temperature Map

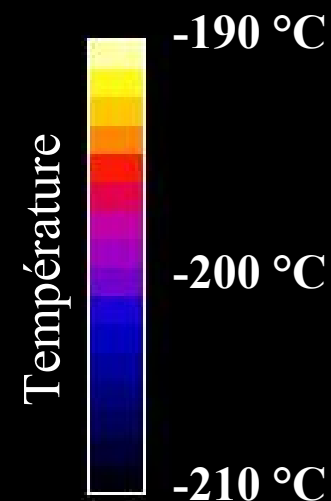
Soleil
au
zénith



Predicted
Temperatures



Observed
Temperatures



**En survolant le Pôle Sud, Cassini découvre qu'il y fait
20° de plus qu'il ne devrait**

- 193 °C

- 198 °C



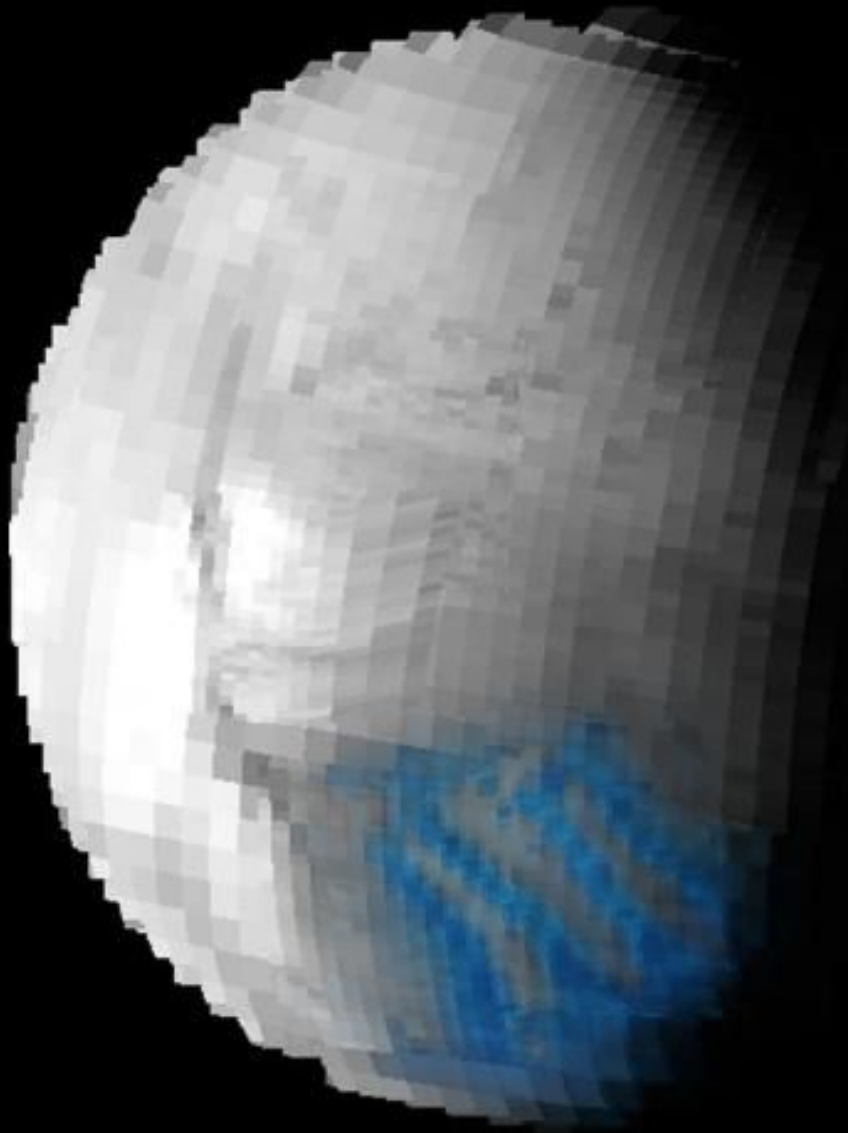
- 182 °C

- 186 °C

C'est au niveau
des rayures
de tigre que
se situent les
zones
« chaudes », de
15 ° de plus (en
moyenne) que
les zones
environnantes...

Cela signifie que
quelque chose de
chaud est sorti il
n'y a pas longtemps et
que ça n'a pas eu le
temps de refroidir complètement.

Des volcans d'eau, des geysers de
méthane ou d'hydrocarbures ??

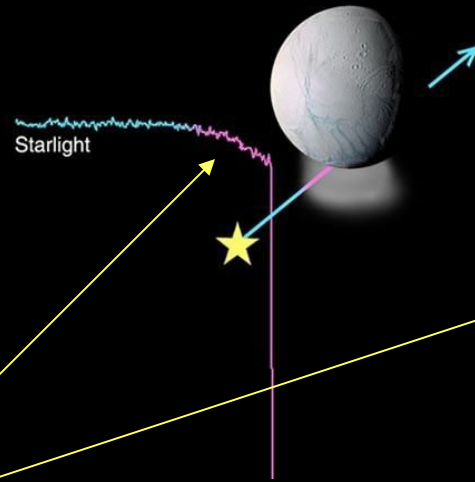


Et on a pu montrer que les zones bleues (rayures de tigres) sont faites de glace qui n'a que quelques dizaines d'années d'âge (entre 0 et 100 ans), disons plus jeune que moi.

Il y a donc un « volcanisme » actif qui crache de l'eau liquide ou de la vapeur d'eau (qui se condense en givre) au niveau des rayures de tigre

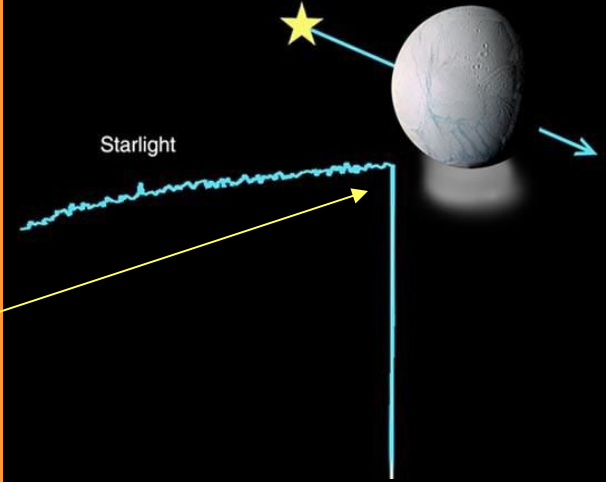
Au lieu de
s'éteindre
brusquement, la
lumière de
l'étoile baisse
progressivement,
preuve de la
présence de gaz
au dessus du
Pôle Sud
d'Encelade, pas
au dessus de
l'Equateur

Etoile Bellatrix



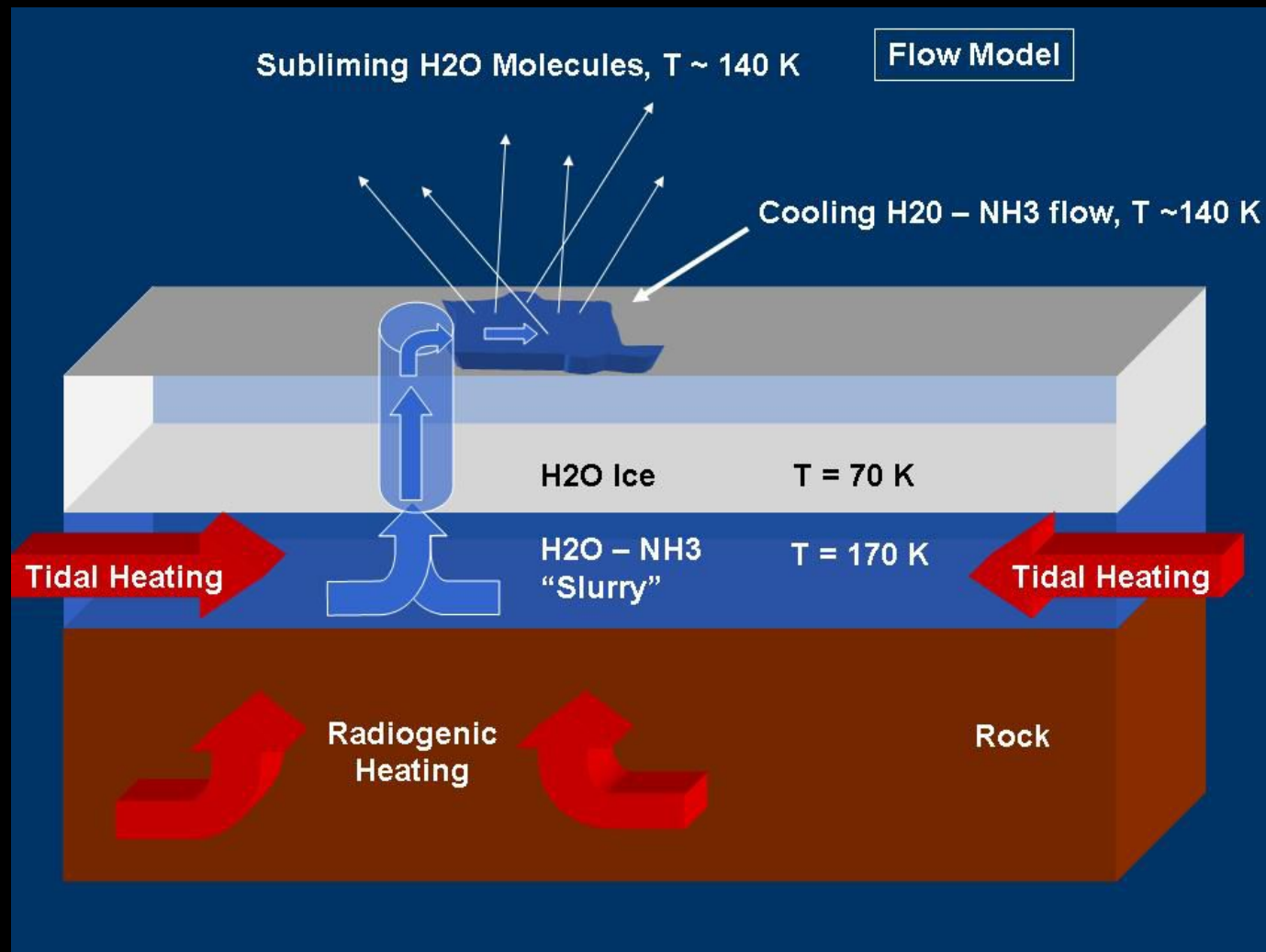
Passage au dessus du
Pôle Sud, juillet 2005

Etoile Lambda
Scorpius



Passage au dessus de
l'Equateur (février 2005)

**L'occultation d'étoile révèle une atmosphère ténue
(vapeur d'eau + givre) au dessus du Pôle Sud**



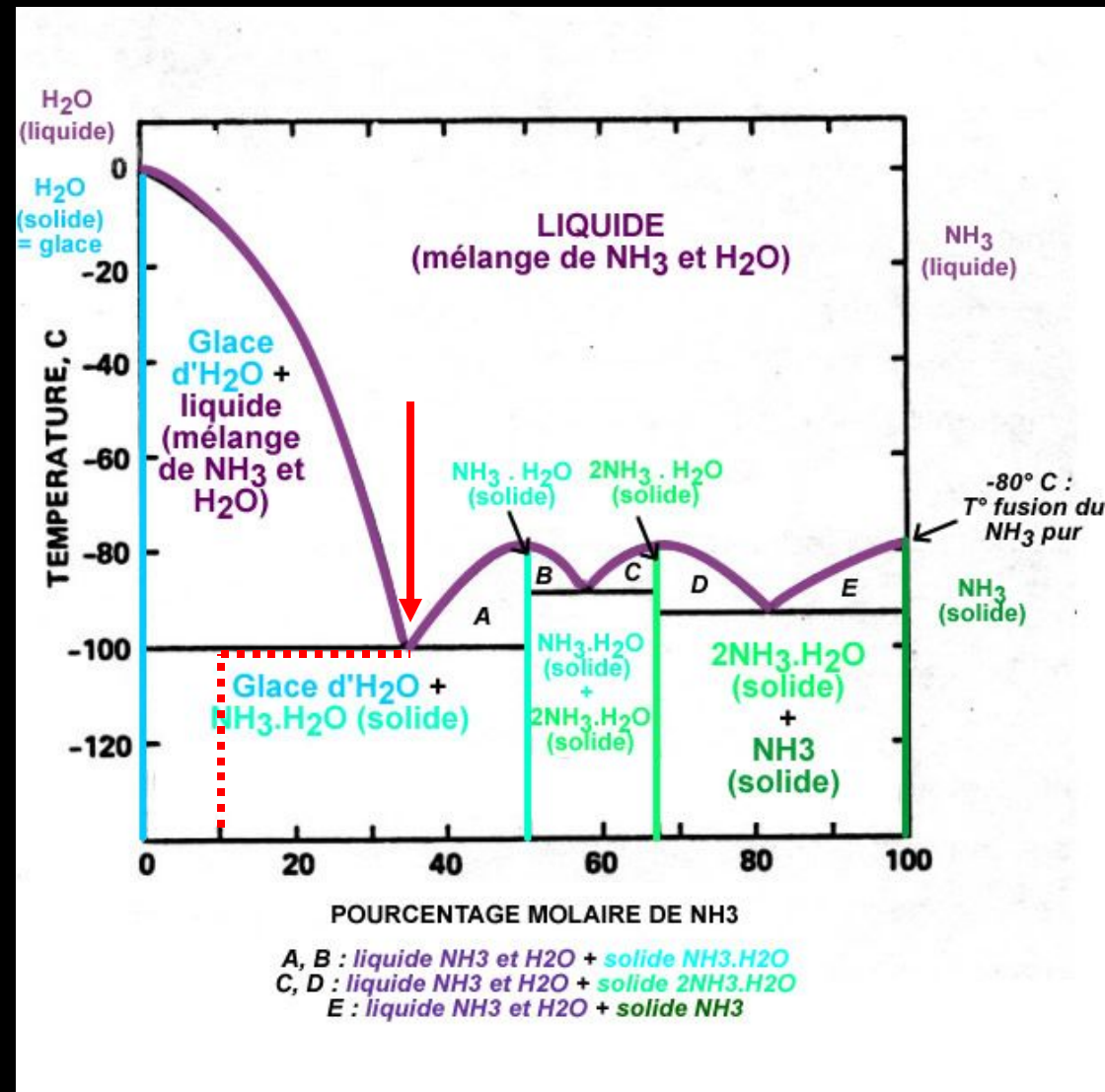
Pour faire sortir de la vapeur d'eau « chaude », il faut :

- (1) une source d'énergie efficace , et/ou**
- (2) abaisser le point de fusion de la**

Pour abaisser
considérablement la
température de fusion
de la glace, c'est facile !

Y a qu'à mettre un peu
d'ammoniac, et il y a un
eutectique dont la
température de fusion
est de -103°C (170 K).

Et pour fournir
l'énergie, en plus de la
(très faible)
radioactivité, il y a les
marées



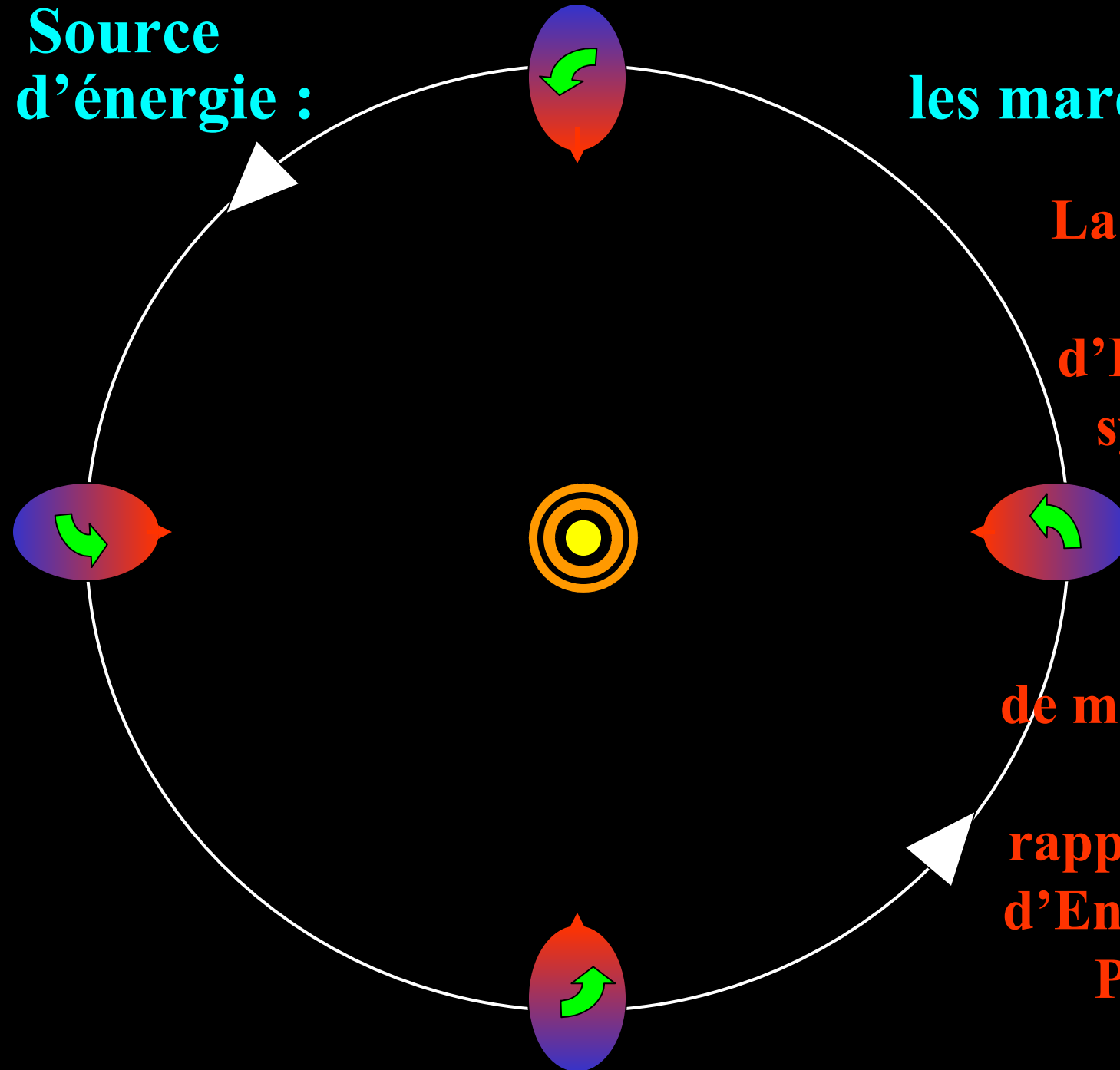
**Source
d'énergie :**

les marées

**La rotation et la
révolution
d'Encelade sont
synchronisées.**

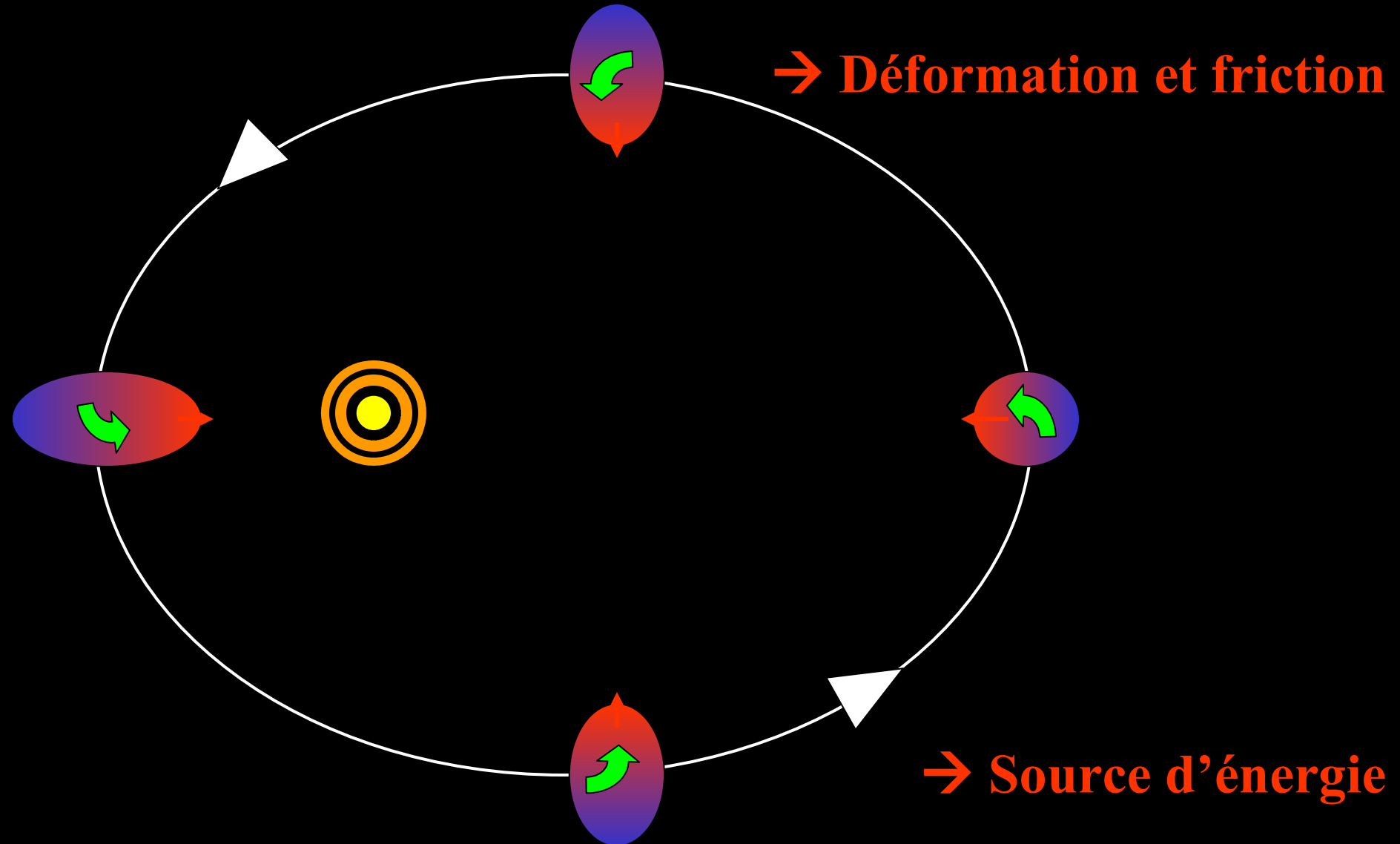
**Le bourrelet
de marée est
fixe par
rapport au globe
d'Encelade.**

**Pas de friction
interne**

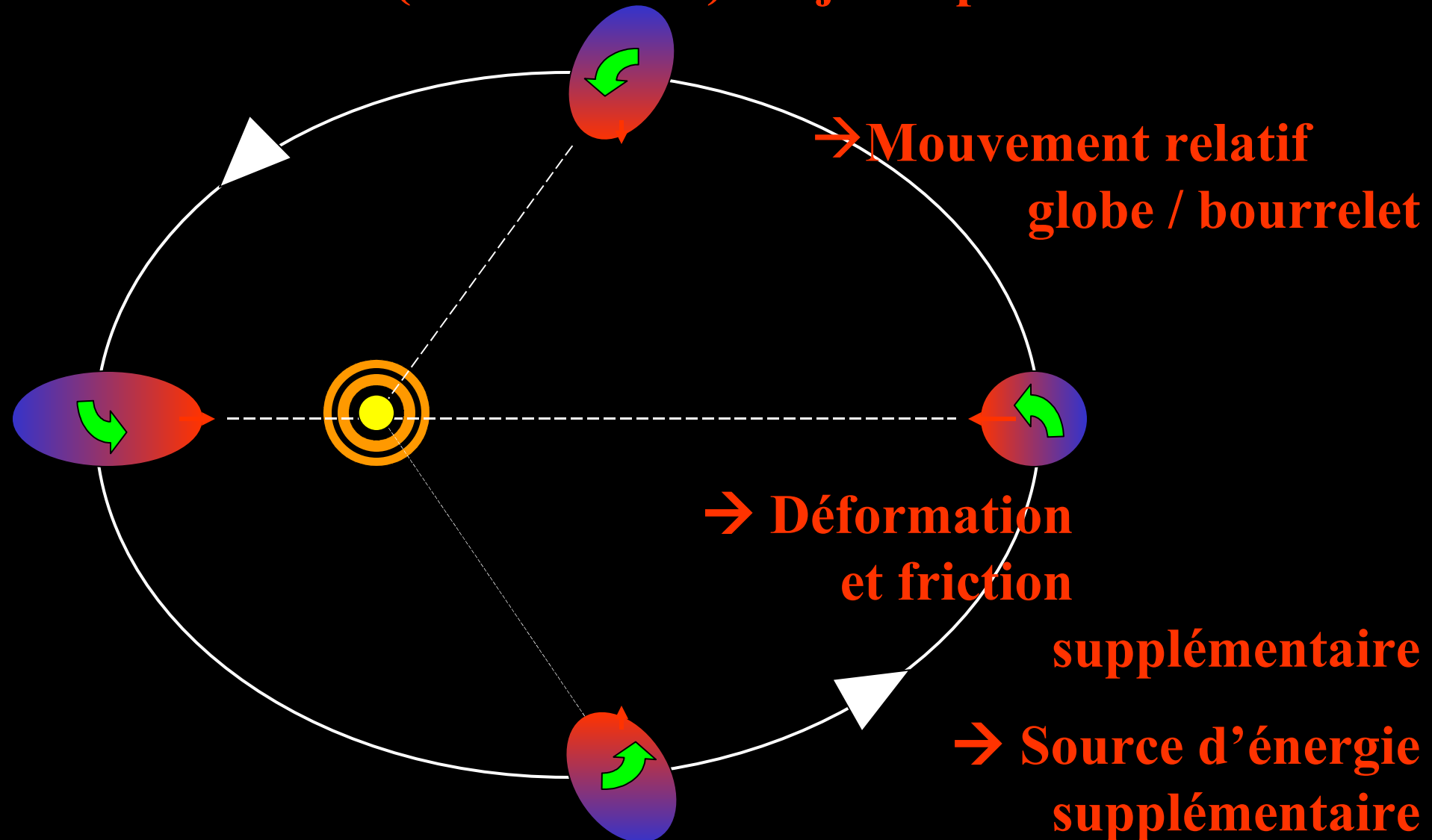


Mais les autres satellites entraînent une ellipticité forcée.

Premier effet : l'amplitude du bourrelet varie



Deuxième effet : la vitesse de révolution varie (cf Kepler), pas celle de rotation, alors que le bourrelet est (au 1er ordre) toujours pointé vers Saturne





**Théoriquement, c'est à peine
suffisant. Et pourtant !!!!**

**On s'éloigne de ce monde
extraordinaire !**

**Attendons d'éventuels résultats sur la composition
de cette atmosphère.**

Et vivement le prochain survol, le ... 12 mars 2008 !



Les dernières nouvelles d'Encelade

**Image prise de loin
et à « contre-jour »
ce dimanche 27
novembre 2005 et
mise sur le web hier !**

**Au dessus du
Pôle Sud, il y a
des jets de
micro-
particules (de
givre d'H₂O)
qui diffusent la
lumière solaire.
S'agit-il de la
sublimation/
condensation à
partir de glace
« chaude », ou
de volcans
(d'H₂O) actifs?**

