

# L'ALBIREOSCOPE

## La géologie surprenante des satellites de Saturne



Saturne et ses satellites

C'était en novembre 2010, aux rencontres de Ciel & Espace ; Pierre Thomas, professeur à l'Ecole Nationale Supérieure de Lyon, nous présentait la géologie des satellites de Saturne et ce document est un

résumé de cette conférence très intéressante qui nous démontre que si quelques coins de notre Terre sont encore inexplorés, à 1,5 milliard de km d'ici, l'homme s'est donné les moyens d'observer, découvrir, et explorer des mondes extra-terrestres qui sont surprenants, ou similaires à ce qu'on connaît sur Terre. La vie qu'on croyait cantonnée aux planètes comme la Terre pourrait fort bien s'être logée dans les satellites de nos grosses planètes gazeuses comme Saturne, objet de ce document.

### SOMMAIRE

#### I DOSSIER

la géologie surprenante des satellites de Saturne

20 C'est arrivé ce jour-là...  
les anniversaires d'avril

24 AL78  
Olympus 27000

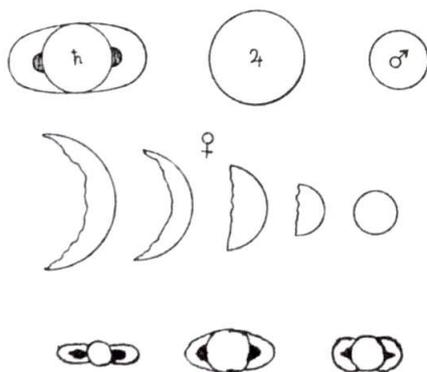
26 les nuits des  
Planètes 2012

32 Trichromie  
ou  
quadrichromie

36 Mots croisés

37 Galerie photos

Pierre Thomas est un géologue un peu particulier car il a choisi de s'intéresser à la géologie des planètes du système solaire, ce qui n'est pas simple a priori et peut-être qu'un jour il s'attaquera aux planètes extrasolaires. Pierre Thomas juge la géologie des satellites de Saturne comme étant « délirante », c'est dire à quel point les experts sont surpris par ce qu'ils découvrent là-bas...



Dessins des planètes effectués par Galilée :  
haut : Saturne, Jupiter et Mars  
Milieu : phases de Vénus  
Bas : Saturne

**Saturne** : c'est d'abord par ses anneaux que cette planète est singulière.

Galilée déjà les avait observés dans sa lunette mais sans trop savoir ce que c'était (il avait pensé à des oreilles).

Cependant, Saturne possède aussi beaucoup de satellites,

plus ou moins gros, qui gravitent donc autour de cette géante gazeuse, bien au-delà de l'orbite extérieure des anneaux qui nous sont familiers. Il y a des petits satellites qui ne seront pas évoqués ici, mais surtout sept satellites majeurs que sont : **Mimas, Téthys, Dioné, Rhéa, Encelade, Titan et Japet**.

Tous les noms de ces satellites sont tirés de la mytho-

Particularité de ces satellites majeurs : ils sont suffisamment gros pour être ronds !

En effet, la multitude d'autres petits satellites qui gravitent autour de Saturne ressemblent plus à des « patatoïdes » comme sur cette photo :



L'énorme satellite de Saturne, c'est **Ti-**

**tan**, qui est plus gros que la planète Mercure, avec un diamètre de plus de 5000 km. **Rhéa et Japet** sont aussi deux gros satellites avec

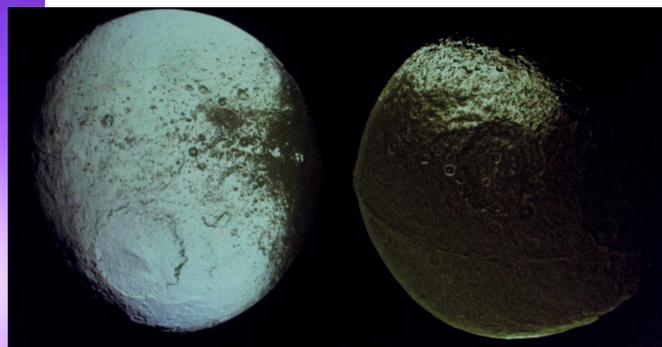


Pandore

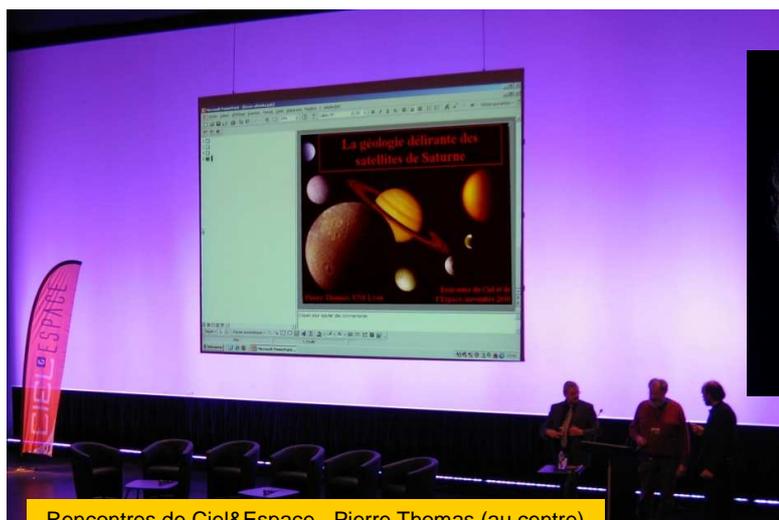
un diamètre voisin de 1500 km ; deux satellites moyens que sont **Dioné et Téthys** avec un diamètre d'environ 1000 km et deux petits, voisins de 500 km de diamètre : **Mimas et Encelade**.

Cette grande variété de taille cache toutefois une unité chimique car leur densité est à peu près de 1,5 (1,5 g/cm<sup>3</sup>) et ils sont donc constitués de 3 volumes d'eau (densité 1) pour un volume de roche (densité 3). Avec ce mélange résulte une densité de 1,5 : eau gelée (fait pas chaud là bas...) et roche (roche + fer en fait).

Examinons donc ces satellites, en partant de l'extérieur, comme si l'on arrivait de la Terre. Le plus



lointain de ces satellites est **Japet**, 1500 km de diamètre, qui a été découvert par Jean-Dominique Cassini en 1671 (c'est aussi lui qui a découvert la division entre les anneaux A et B de Saturne qui porte son nom, et il a dirigé l'observatoire de Paris à partir de 1671 à la demande de Louis XIV) ; il avait remarqué que ce satellite « clignotait » : on le voyait, puis on ne le voyait plus. Il en avait déduit que puisque le satellite tournait, alors il possédait une face claire et une face sombre. La sonde Voyager a confirmé cette



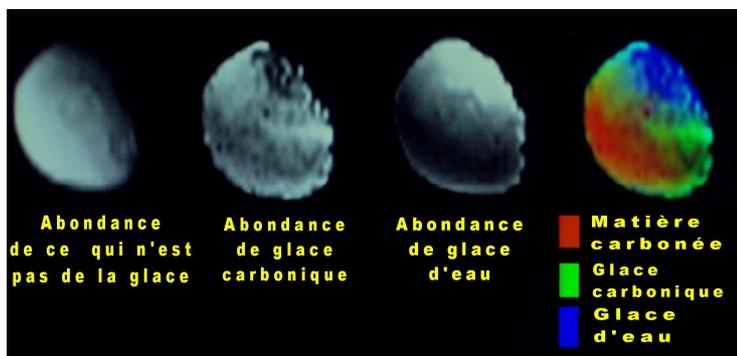
Rencontres de Ciel&Espace - Pierre Thomas (au centre)

logie gréco-romaine, des Titans et des Titanides qui ont eu affaire avec des frères et sœurs de Cronos (Saturne). Par exemple, Prométhée (tout petit satellite dans l'anneau F - 46 km de rayon), est un frère de Saturne qui s'est mangé le foie...

dualité : sombre et clair. Non seulement il est bicolore mais il est fendu sur la moitié de sa circonférence avec cette espèce de ride qui le fait ressembler à deux grosses coquilles de noix réunies.

### Chimiquement, qu'est-ce que c'est que Japet ?

Il a été fait des analyses spectrales en infrarouge et, en gros, Japet c'est trois choses : de la glace d'eau au pôle Nord et au pôle Sud, la tache noire est de la matière carbonée du genre hydrocarbure lourd (comme une plage de Bretagne après le naufrage d'un pétrolier) et entre les deux, une frange avec de la glace carbonée. Focalisons nous sur



la ride, suffisamment importante pour déformer la sphéricité de l'objet, qui est par ailleurs bien marqué par les cratères. Des rides, il en existe sur Terre, car vous connaissez les dorsales océaniques ; si l'on multiplie le diamètre de Japet par 8 pour obtenir le diamètre de la Terre, la ride ferait

11000 km de long, ce qui n'a rien d'extraordinaire puisqu'il en existe sur Terre, 160 km de large, et là aussi rien d'anormal mais elle ferait 100 km de haut et là, rien de tel



Japet : belle ride !

sur Terre. Les rides océaniques de la Terre sont battues à plate couture. La sonde Cassini a fait un certain nombre de survols en rase-mottes et regardez quand on s'approche très près ; cela pourrait être quelque chose de volcanique, il y a plein de cratères un peu partout et si on regarde le sommet de la ride, il semble qu'il y a un peu plus de cratères alignés au sommet de la ride ; mais un cratère ne veut pas dire forcément volcanisme et il peut s'agir d'une fissure ouverte et de la poussière

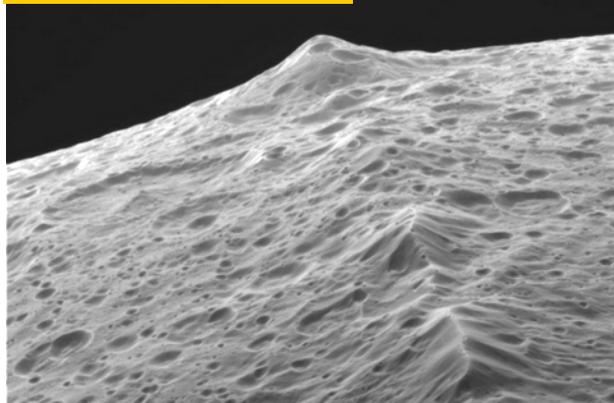


Japet : gros plan

de rhéolythe qui tombe de la fissure. Mais l'importance des cratères près de cette ride n'est pas incompatible avec une nature volcanique. Ci-après une photo d'un rase-mottes encore plus prononcé qui donne l'ampleur du luxe de détails que l'on peut obtenir aujourd'hui avec la sonde Cassini :

De l'autre côté de Japet, à la limite du clair et

Détail de la ride de Japet

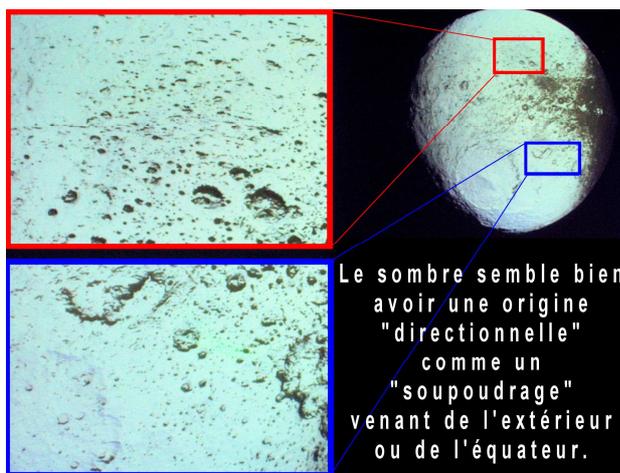


du sombre, on constate quelque chose de bizarre. Nous allons détailler le carré rouge et le carré bleu sur la photo qui suit : on reconnaît des cratères. Dans la carré rouge de l'hémisphère nord, les faces des cratères orientées vers le sud sont noires et



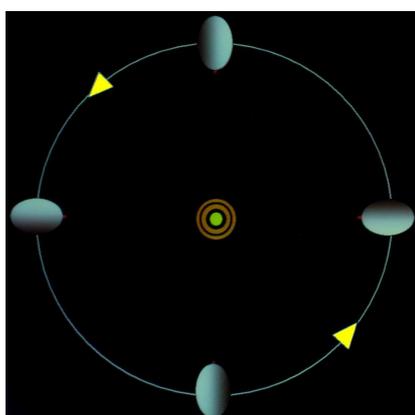
Japet bicolore...

blanches pour celles orientées vers le nord ; mais dans le carré bleu situé dans l'hémisphère sud, c'est l'inverse. On a l'impression qu'au niveau de



l'équateur souffle un vent de poussière qui aurait projeté de la poussière noire vers le nord au Nord, et vers le sud au Sud et cette poussière tapisse la face du cratère exposée au vent, ce qui est une image bien sûr car il n'y a pas d'atmosphère sur

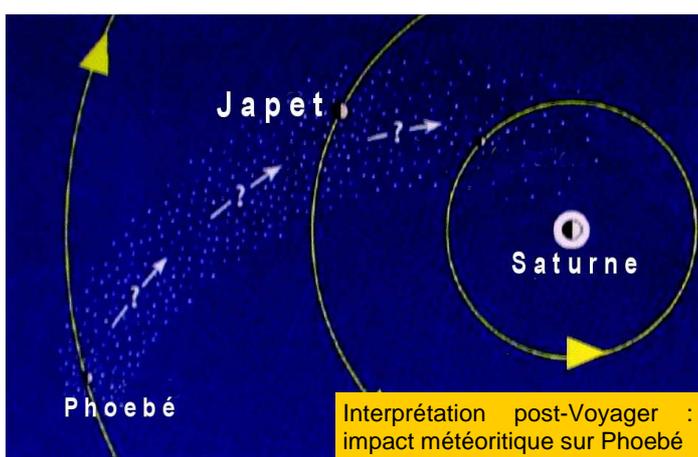
Japet. Cela pourrait provenir d'un saupoudrage extérieur, et disons plus précisément : un extérieur équatorial. **Que cela peut-il bien être ?** La théorie la plus communément admise aujourd'hui est la suivante : Japet tourne autour de Saturne et il fait un tour autour de lui-même quand il fait un tour autour de Saturne, tout comme fait la Lune autour de la Terre, si bien qu'il y a toujours une face du satellite qui est devant, relativement au mouvement. ; et tout comme une voiture qui ramasse les moustiques sur la vitre avant et rien à l'arrière, Japet récolte les poussières toujours sur la même face.



La rotation et la révolution de Japet sont synchronisées.

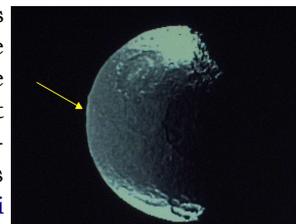
Il y a une face avant brune et une face arrière blanche. La face avant, tout comme la vitre avant d'une voiture, ramasse toutes les poussières.

Ceci est une première explication mais une deuxième interprétation, post-Voyager, qui date des années 1982-83, est que Japet tourne dans le bon sens, comme tout le système solaire mais que, après Japet, il y a Phœbé. C'est un petit satellite qui tourne à l'envers (probablement un objet de Kuiper capturé par Saturne). Si on imagine une

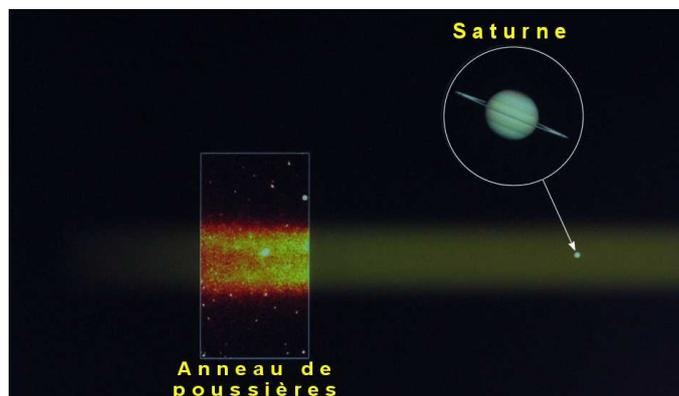


collision de ce petit satellite avec un autre objet errant, ce qui aurait fait de la poussière, la mécanique céleste montre que puisque l'objet tourne à l'envers, au lieu de s'éloigner vers l'extérieur comme tout corps hors de l'orbite géostationnaire, les poussières se rapprocheraient et Japet aurait été le seul à ramasser ces poussières de part sa position. Cela étant, sur l'image

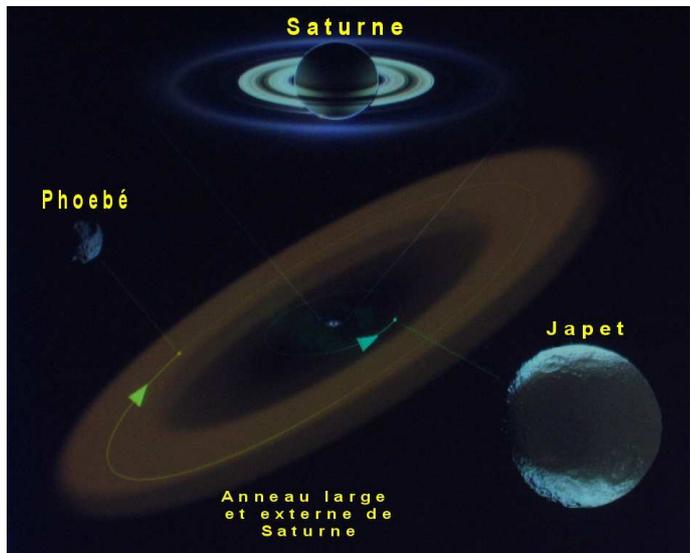
de Japet prise de loin en mars 2005, on constate que la ride est parfaitement au milieu de la tache sombre : recouvrement volcanique ou poussières ramassées sur la face avant, les deux se valent... **Mais pourquoi une ride bien au milieu ?** Il y a cependant un élément de réponse lié à une particularité que l'on peut voir sur le sommet de la ride dont sa terminaison semble ne pas être recouverte de dépôt (inexplicable en cas de volcanisme) et qui semble donc favoriser l'origine exogène : c'est de la poussière ra-



massée par Japet le long de son orbite autour de Saturne. Or, en septembre 2009, le satellite de la NASA, le Spitzer Space Telescope, découvre un nouvel anneau, très loin autour de Saturne qui est totalement invisible depuis la Terre :

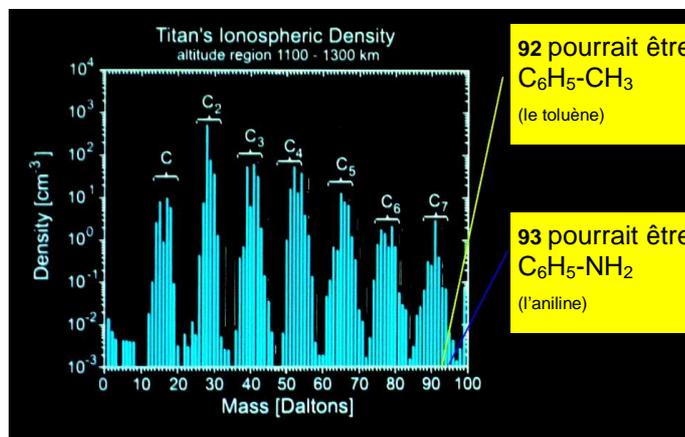


Et dans cet anneau, on peut découvrir le satellite Phœbé, bien centré dans celui-ci. On pense donc maintenant que la face sombre de Japet est le résultat des poussières ramassées à la lisière de cet anneau mais cela ne répond toujours pas à la présence de la ride de Japet qui reste un des délires des systèmes de Saturne.



Si on se rapproche de Saturne, après Japet, on rencontre **Titan** qui est plus gros que Mercure avec un diamètre de 5150 km et une densité de l'ordre de 1,9 (seul Ganymède, satellite de Jupiter, le dépasse en dimension). C'est le seul satellite avec une atmosphère dense. Depuis Voyager, on sait que sur Titan se

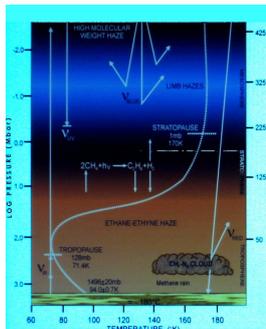
thane et depuis les 4 milliards d'années du système solaire, le méthane aurait dû disparaître. Il y a donc des sources de méthane quelque part, qui peuvent être du volcanisme. Il fallait donc pousser l'investigation et convaincre avant tout les hauts responsables de monter une mission spatiale d'étude. L'origine de la vie sur Terre, avec ces réactions de type Miller, était un bon argument même si l'on sait pertinemment que sur Terre de telles conditions d'atmosphère n'ont jamais existées, notamment une température de  $-200^{\circ}\text{C}$ . Titan devrait donc perdre son méthane. Les grosses molécules organiques des théories post-Voyager ont cependant été confirmées par la sonde Cassini qui est passé à 1200 km de Titan et qui a déterminé les masses molé-



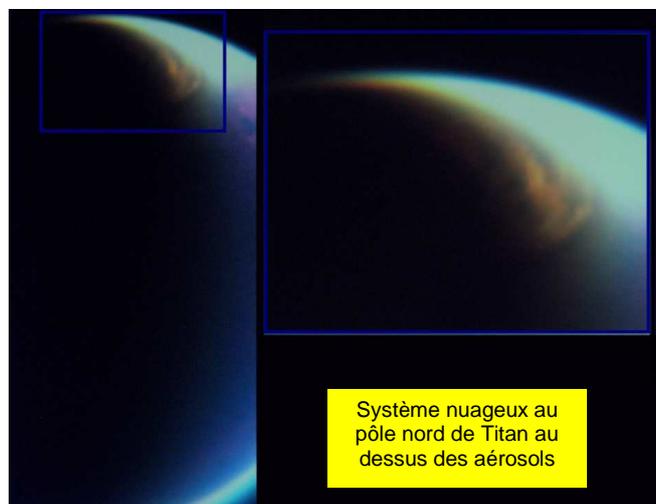
Titan en partie caché par le fin voile des anneaux de Saturne

culaires présentes avec des produits en C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> C<sub>3</sub> ... C<sub>7</sub>, ce qui confirme la présence de grosses molécules en fabrication qui forment ces aérosols sous forme de brume. Au dessus de cette brume, de temps en temps, on trouve des nuages formés de glace et de méthane ; cela fait une très bonne météorologie sur Titan, comme ces nuages au dessus du pôle Nord avec la fin de l'hiver dans l'hémisphère nord et le début de l'automne

passent des choses extraordinaires. Il possède une atmosphère stratifiée, et cela ressemble à l'expérience de Miller qui voulait prouver la possibilité de création de molécules prébiotiques, prémisses de la vie. Il existe en effet des réactions chimiques dues à l'action des rayons ultraviolets sur les molécules de méthane qui doivent fabriquer des macromolécules (on s'arrête ici à C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), ce qui donne ces aérosols rougeâtres qui colorent l'atmosphère de Titan. Le problème est que ces réactions consomment du mé-



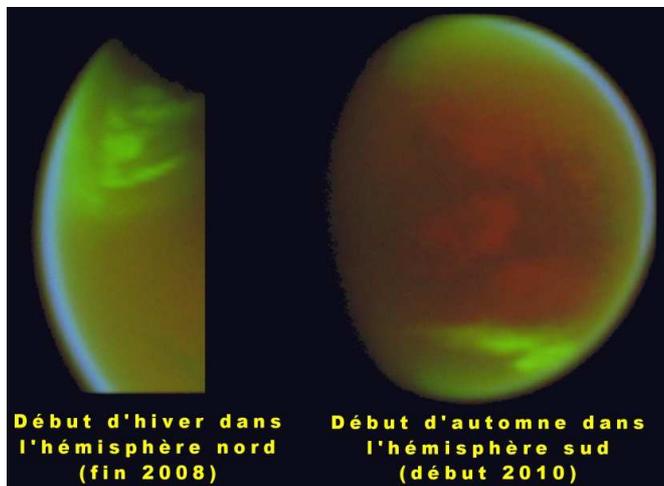
Résultats d'analyse de la sonde Voyager



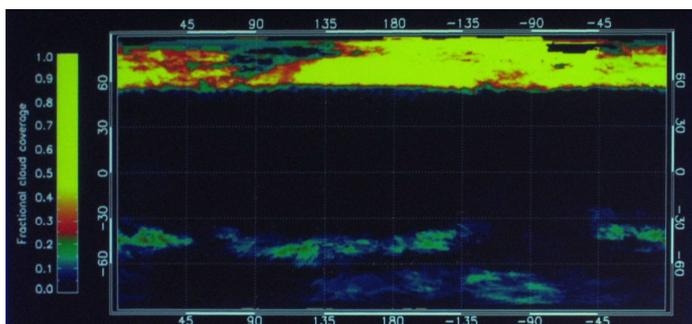
Système nuageux au pôle nord de Titan au dessus des aérosols

dans l'hémisphère sud. Les nuages qui disparaissent

au nord apparaissent au sud. Un peu plus du quart de l'année sur Titan a déjà été observé sachant qu'un



cycle météorologique complet se déroule sur 30 ans. La photo suivante montre la répartition des nuages de méthane très hauts entre le solstice d'hiver et l'équinoxe de printemps de l'hémisphère nord (inversement au sud) : des nuages au nord et peu au

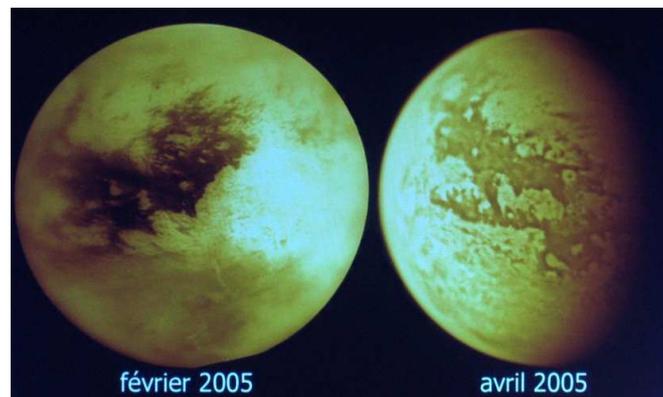


sud. On attendra donc sept ans afin de voir si cette répartition se retrouvera inversée symétriquement, ou pas (en espérant que la sonde Cassini sera encore en état d'observer cela). Mais, ce qui intéresse le géologue et de voir ce qui se passe sous ces nuages. Pour cela, trois méthodes : 1-observer au travers des nuages en infrarouge, 2-y aller, ou 3-le radar.

1- Avec l'infrarouge : c'est facile, car ceux du Soleil sont absorbés par l'atmosphère de Titan qui apparaît comme une boule noire ( $2,112\mu$ ) et on ne voit rien de la surface mais il y en a d'autres ( $1,997\mu$ ) venus aussi du Soleil qui traversent l'atmosphère, sont réfléchis et renvoyés par la surface ; ce sont ces longueurs d'onde qui sont utilisées. La sonde Cassini a été en mesure de photographier en infrarouge Titan et on voit ici



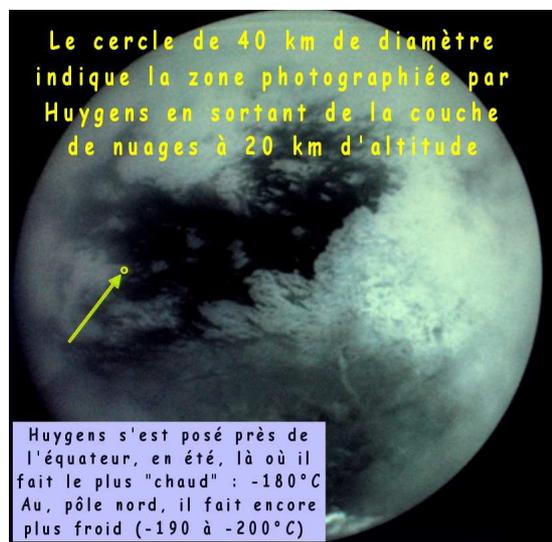
et brillant si l'infrarouge est réfléchi. Ce qui caractérise ces vues sont ces zones qui absorbent violemment et d'autres qui réfléchissent tout aussi violemment avec une limite extrêmement nette. C'est probablement ce que l'on verrait à l'œil nu sans les aérosols présents :



Deux vues IR de Titan avec la couleur connue de la surface

une couleur jaunâtre, comme celle du site d'atterrissage de Huygens où le sol avait cette couleur (il n'est pas dit que ce soit partout de cette couleur). Cela ressemble à une côte avec un continent bien blanc et une mer bien noire tout comme les vues par satellite de la Terre. Mais il ne faut pas oublier qu'ici, étant donné la température, les rochers sont glace et la mer méthane liquide ; à  $-200^{\circ}\text{C}$ , il ne peut pas y avoir mer d'eau.

2- aller voir sur place : cela a été fait avec succès le 14 janvier 2005 par la sonde Huygens, évoquée précédemment, qui est le fruit d'une collaboration européenne avec les Etats-Unis (les 10 % européens de la



Le cercle de 40 km de diamètre indique la zone photographiée par Huygens en sortant de la couche de nuages à 20 km d'altitude

Huygens s'est posé près de l'équateur, en été, là où il fait le plus "chaud" :  $-180^{\circ}\text{C}$  Au, pôle nord, il fait encore plus froid ( $-190$  à  $-200^{\circ}\text{C}$ )

sonde Cassini, c'était le module Huygens - on voit ici la place réservée aux sciences chez nous : quasiment le même PIB entre Europe et Etats-Unis, et on ne s'investit que pour 10 %). Huygens s'est posé près de l'équateur de Titan et c'était l'été, il y faisait donc « chaud » : -180°C. Sorti des nuages, Huygens a vu ce genre de paysage (surface de 30 x 40 km) : on y voit une

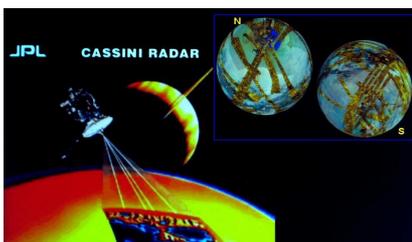


« terre », une « mer », une « côte », des « rivières » et même un delta de « rivière ». Un peu plus bas, on peut voir quelque chose qui ressemble à la côte près de Nice, vu d'avion, le même type de paysage, et Huygens va se poser sur un champ de galets ; ces galets sont arrondis (des galets de glace), ce qui indique une érosion comme sur nos plages par la mer ou les rivières, qui est là bas une mer ou une rivière de méthane liquide. Sur la photo, on voit autour du galet marqué d'une croix, un sillon, tout comme sur Terre où l'eau affouille et creuse le sable. La couleur tire sur le marron, genre goudron, et si c'est noir c'est que probablement il y a une pluie d'aérosols composés de ces goudrons qui noircit tout. Mais quand il pleut du méthane, cela doit nettoyer, lessiver le sol et tous les hydrocarbures lourds sont emmenés par le méthane dans les zones basses qui ne doivent pas être des mers profondes mais plutôt ressembler à des marécages. Huygens a certainement eu la chance de profiter d'une zone asséchée avec l'été pour son atterrissage.

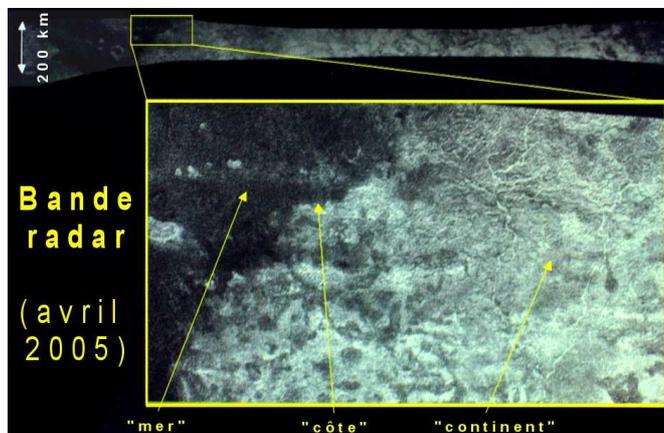


« terre », une « mer », une « côte », des « rivières » et même un delta de « rivière ». Un peu plus bas, on peut voir quelque chose qui ressemble à la côte près de Nice, vu d'avion, le même type de paysage, et Huygens va se poser sur un champ de galets ; ces galets sont arrondis (des galets de glace), ce qui indique une érosion comme sur nos plages par la mer ou les rivières, qui est là bas une mer ou une rivière de méthane liquide. Sur la photo, on voit autour du galet marqué d'une croix, un sillon, tout comme sur Terre où l'eau affouille et creuse le sable. La couleur tire sur le marron, genre goudron, et si c'est noir c'est que probablement il y a une pluie d'aérosols composés de ces goudrons qui noircit tout. Mais quand il pleut du méthane, cela doit nettoyer, lessiver le sol et tous les hydrocarbures lourds sont emmenés par le méthane dans les zones basses qui ne doivent pas être des mers profondes mais plutôt ressembler à des marécages. Huygens a certainement eu la chance de profiter d'une zone asséchée avec l'été pour son atterrissage.

3- l'utilisation du radar, certainement la méthode la plus riche : la sonde Cassini tourne autour de Saturne et chaque fois qu'elle passe près de Titan, en profite pour faire marcher son radar et obtenir une bande d'observation. La NASA assure la récupération et la mise en forme de ces



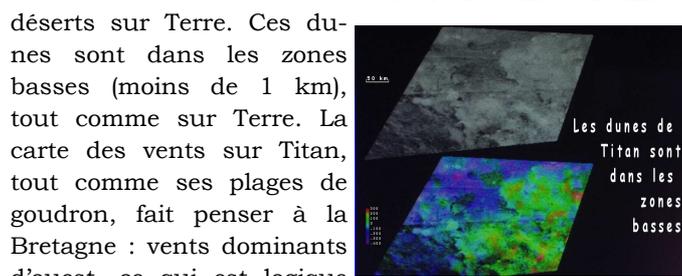
informations. Une bande radar, c'est une zone de 200 km de large pour 2 à 3000 km de long et quand on



regarde en détail, on peut observer « continent », « côte » et « mer » ; la mer n'est pas plate mais rayée et sur les continents, on voit comme des lits de rivières. Si l'on fait un zoom sur la mer, on peut constater que les rayures correspondent en fait à un champ de dunes, du sable emporté par le vent, du sable de glace bien entendu, et quand le vent arrive sur une colline, il la contourne en faisant ces marques longitudinales. Ce sont des vues pareilles que l'on peut observer dans certains



deserts sur Terre. Ces dunes sont dans les zones basses (moins de 1 km), tout comme sur Terre. La carte des vents sur Titan, tout comme ses plages de goudron, fait penser à la Bretagne : vents dominants d'ouest, ce qui est logique avec la rotation de la planète, les forces de Coriolis etc...



Sur les continents, on voit beaucoup de lits de rivière, et des montagnes, ce qui prouve que ça bouge en dessous, et que c'est une surface jeune ; il y a des choses qui ressemblent à des coulées de lave, comme de la lave

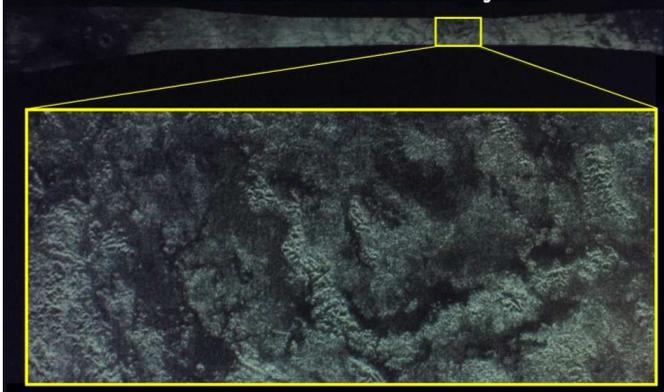


Sur les continents : rivières (ici à sec) et méandres

blent beaucoup à ce qu'on appelle des caldeiras (cratères volcaniques dus à un effondrement) ; on trouve des choses similaires dans la baie de Naples :



Gros plan sur le milieu du "continent" nommé Xanadu. Des montagnes : preuve d'un dynamisme et de mouvements dans la croûte de glace !



En 2006, on a aussi découvert des lacs, au pôle nord, dans la nuit polaire donc visibles qu'avec le radar ; ce sont des lacs de méthane, très découpés, avec des îles



Les survols radar de juillet et septembre 2006 (et beaucoup d'autres depuis) au dessus du pôle nord plongé dans la nuit polaire, montrent de très probables lacs de méthane liquide (ou plutôt un mélange méthane/éthane) à -190°C.

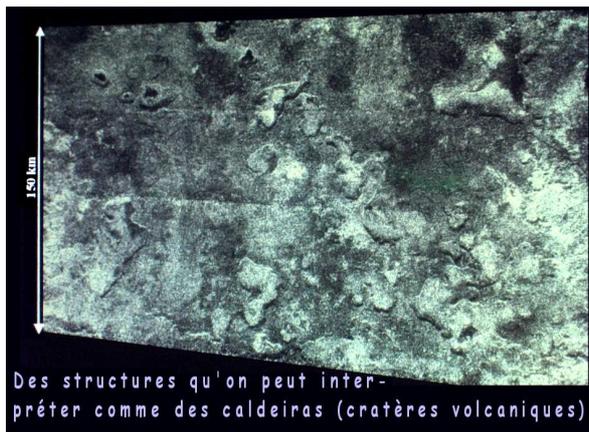
d'eau, ayant enseveli les dunes vers les points bas.

Voit-on des "volcans" ?



Voici d'autres dunes, en contrebas (ou recouvertes) de terrains rugueux aux limites lobées: des coulées de lave (d'eau) ?

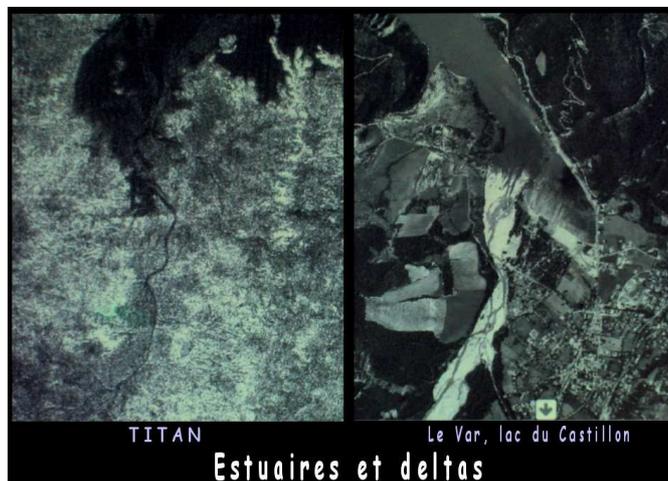
A d'autres endroits, plein de trous biscornus, donc qui ne sont pas issus de météorites, mais qui ressem-



Des structures qu'on peut interpréter comme des caldeiras (cratères volcaniques)

et là encore, les comparaisons avec ce qui est connu sur Terre ne manquent pas :

- **Delta et estuaires :**

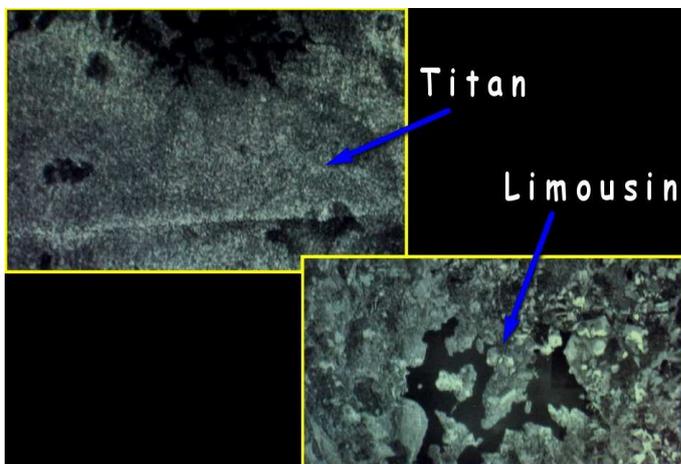


TITAN

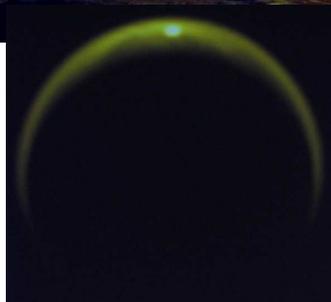
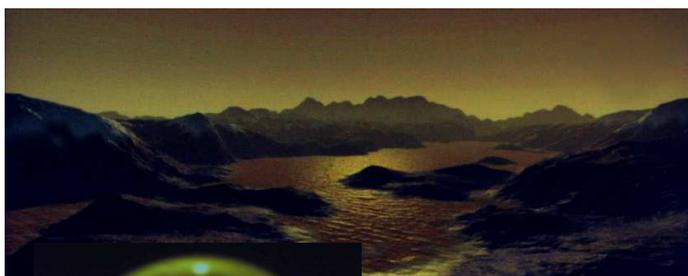
Le Var, lac du Castillon

Estuaires et deltas

• **Lacs :**

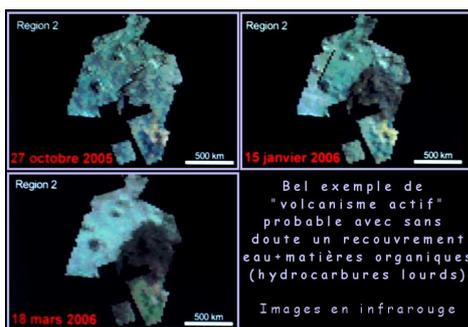


Il est même possible d'imaginer ce à quoi pourrait ressembler un paysage polaire de Titan pendant le soleil de minuit : des montagnes de glace salées par des macro-molécules organiques, des rivières et des lacs d'hydrocarbures légers (méthane et éthane à -190°C).



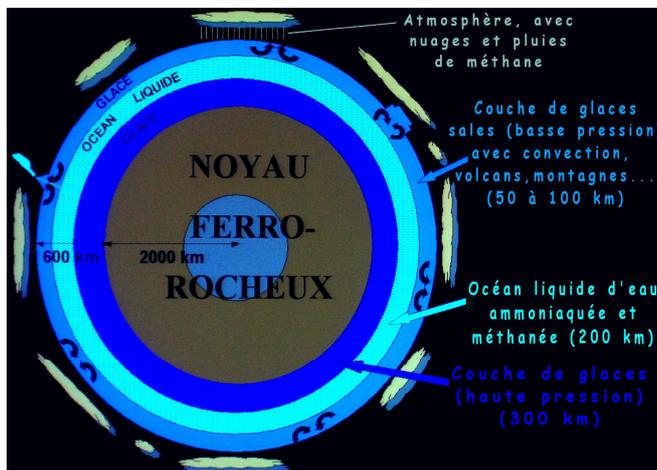
De plus, il est possible d'estimer une chimie organique fort complexe, méthane et éthane étant de très bons solvants. Ci-contre, une photo extraordinaire où le printemps arrive dans l'hémisphère nord ; la caméra est pointée vers le lac, avec le soleil qui se reflète dans le lac (photo réelle par la sonde Cassini).

Des régions changent d'aspect en quelques mois et probablement que le volcanisme a tout pollué avec des hydrocarbures (le fantasme des compagnies pétrolières : des volcans qui crachent du pétrole). Sur ces photos, un bel exemple de volcanisme actif probable :

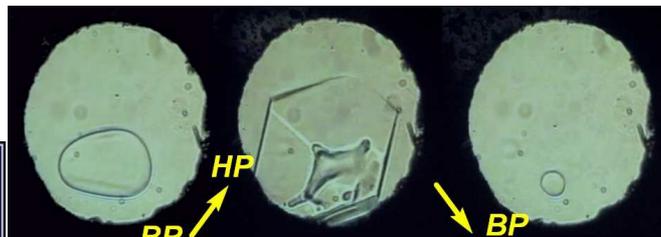


Que peut-on penser de la structure interne de Titan ?

C'est à coup de modèles qu'il est possible de répondre : on connaît la densité, le moment d'inertie etc... Et voilà ce qu'on propose pour la structure interne de Titan.



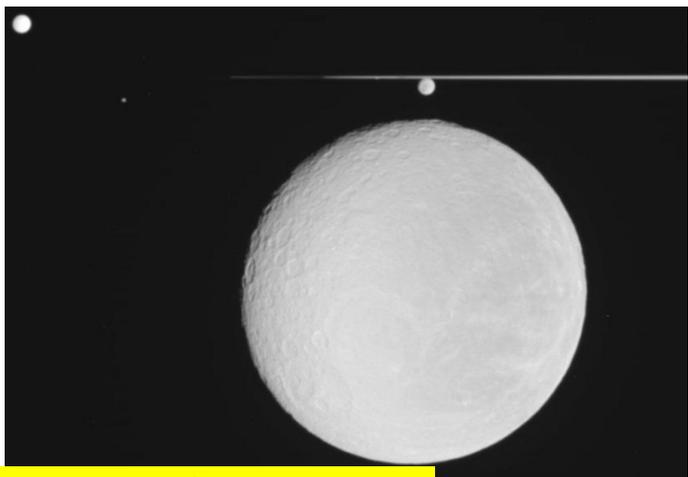
Il y a un noyau fer/glace qui fait à peu près le tiers du volume et tout ça entouré d'une couche d'eau qui fait au moins 600 km. Ce n'est pas de l'eau pure car il y a du méthane, de l'ammoniaque etc... Plus on s'enfonce, plus il fait chaud comme dans toute planète qui se respecte ; donc en surface, il fait très froid et à partir d'une certaine épaisseur de glace, il fait suffisamment chaud pour que celle-ci fonde (vers 100 km de profondeur). L'eau est donc liquide et probablement sur 200 km de profondeur. Ensuite, sur tous les modèles, cela redevient de la glace... Pourquoi ? De l'eau liquide : des poissons dedans ? Bon, de la glace en surface, c'est normal. En profondeur, fait plus chaud, et l'eau devient liquide, c'est encore normal. Pourquoi une couche de glace en profondeur ? Pas normal du tout a priori mais quand on comprime de l'eau à 20°C, celle-ci devient de la glace. Regardez ci-dessous les photos. Vu au microscope, cela mesure 1/10<sup>ème</sup> de mm, c'est de l'eau et un petit morceau de glace qui sert de germe ; on comprime le tout à 8500 atmosphères, condi-



tion qui règnerait sous un océan terrestre à 85 km de profondeur. On constate la croissance du cristal avec l'augmentation de la pression et inversement, sa décroissance quand la pression diminue. C'est pour cela qu'il y a de la glace sous l'océan qui est pris en sandwich entre de la glace sous basse pression au dessus et de la glace sous haute pression en dessous.

En ce qui concerne les poissons, la sonde pour plonger et aller voir n'est pas encore prévue.

Quittons Titan, et approchons nous de saturne pour aller voir **Rhêa** avec ses 1530 km de diamètre ; sur la photo, Rhêa est sous le plan des anneaux de Saturne, une belle image mais devenue banale.



**Rhêa**

Téthys en haut à gauche, Epiméthée (petit point à gauche), Dioné au dessus de Rhêa, et Prométhée à sa gauche dans les anneaux.

La photo mosaïque obtenue avec

les images de Cassini montre une surface de Rhêa très cratérisée, donc une activité géologique certainement nulle ou très faible et si

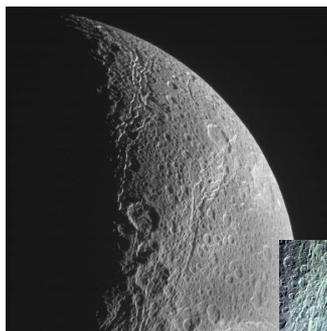


on s'approche, le diagnostic ne change pas : circulez, y'a rien à voir !



Saturne et l'ombre des anneaux, **Dioné**

Après Rhêa, on arrive à **Dioné** qui fait 1120 km de diamètre qui, sur la photo, est à la lisière du globe de Saturne dont on distingue l'extrême finesse des anneaux. Encore des photos obtenues par la sonde Cassini et accessibles sur le site de la Nasa, qui font pâlir d'envie les géologues et astronomes amateurs, quand on sait que Saturne est un des objets les plus beaux du ciel..



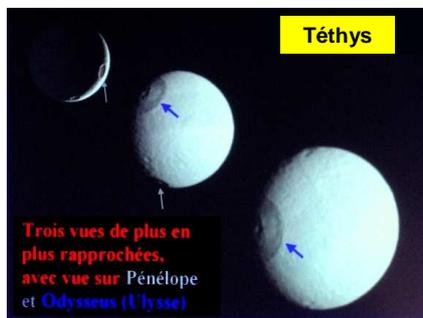
Dioné vu de plus près avec des cratères mais aussi des structures géologiques comme des canyons et des failles d'extension qui sont jeunes (moins de 4 milliards



d'années pour le géologue). En effet les failles coupent les cratères donc elles sont arrivées après.

Quelle est l'origine de cette tectonique qui a fait des failles jeunes ? On ne sait pas encore.

Après Dioné, c'est **Téthys**, d'un diamètre de 1050 km, voisin donc de celui de Dioné. Voici trois vues rapprochées de Téthys dont les cratères portent des noms issus de l'Odyssée. Ulysse est un des plus grand cratère—en taille relative—du système solaire avec ses 450



**Téthys**

Trois vues de plus en plus rapprochées, avec vue sur Pénélope et Odysseus (Ulysse)

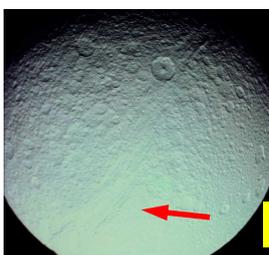
km de diamètre. La création de ce cratère résulte sans aucun doute d'un terrible choc, presque fatal à Téthys. De l'autre côté, se trouve un ensemble de ca-

nyons : la vallée Ithaca. Ces canyons sont d'origine tectonique mais, contrairement à ce qui a été vu sur Dioné, ils ne coupent pas de cratères ; en fait, plein de cratères



Le cratère Odysseus (Ulysse en français) (D = 450 km)

perforent ces canyons, donc ils sont vieux. Voilà deux satellites qui ont à peu près la même taille mais canyon jeune sur Dioné et canyon vieux sur Téthys.

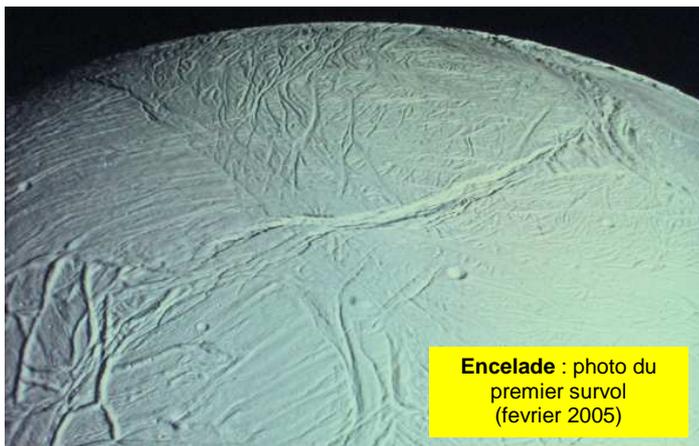


Autre face de Téthys : Ithaca Chasma

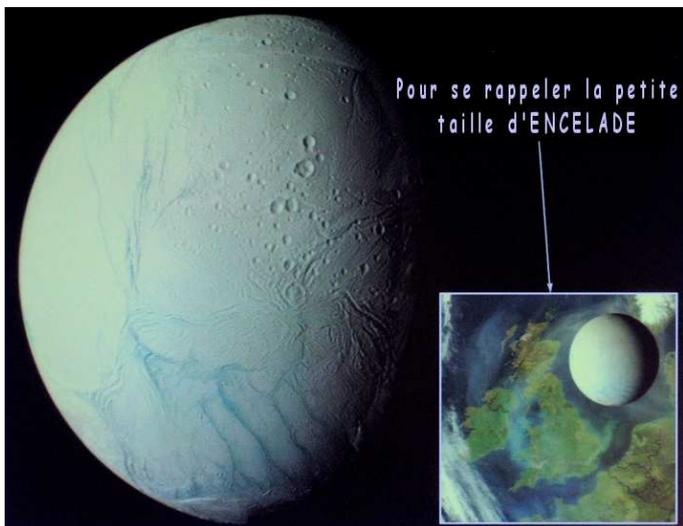
Voici un embryon d'explication en ce qui concerne Téthys : le canyon est exactement à 90° du cratère Odysée. Imaginons une sphère type boule de billard ; donnons un coup de marteau sur la boule, qui se fragmente en deux parties qui sont recollées après et la cicatrice fait tout le tour de la boule à 90° du point d'impact du marteau. Le système de canyon résulte a priori d'un choc très intense qui a presque cassé le satellite : de la géologie encore délirante.



Nous arrivons maintenant au satellite préféré du géologue : **Encelade**. Il n'est pas gros : 510 km de diamètre.

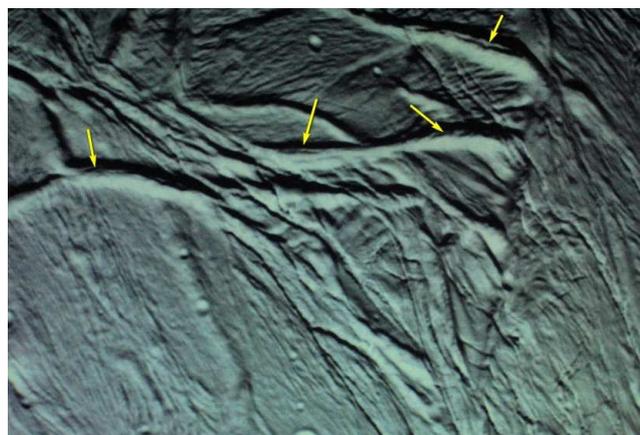


Pas gros et voici un comparatif de taille par rapport à ce que nous connaissons : l'Europe du Nord.

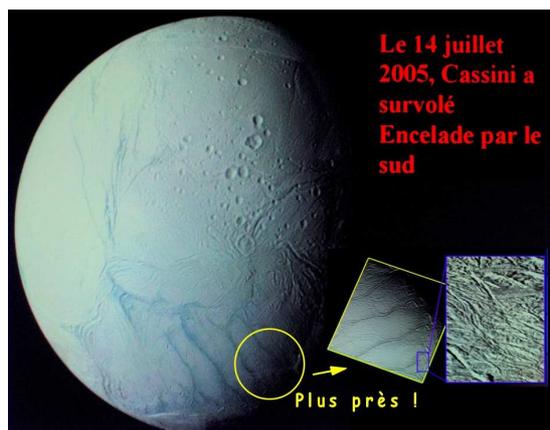
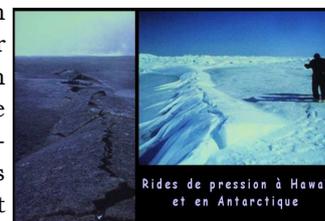


Avec une morphologie tout à fait extraordinaire, et hormis les cratères, rien de semblable à ce qui est connu par ailleurs. Par exemple, la photo réalisée lors

du premier survol en février 2005 avait laissé les scientifiques perplexes. Imaginons une fin d'après-midi, un champ de neige avec les traces des skieurs qui ont fait du hors piste (bien évidemment, cela ne veut pas dire que des extra-terrestres sont en vacances de neige là bas). Une géologie complètement délirante et le travail des géologues et d'interpréter ces figures géologiques particulières. On voit ainsi des boursoufflures, des rides qui, sur Terre, se produisent par compression. Mais si on regarde en détail ces rides, on constate qu'au sommet (flèches jaunes sur la photo),



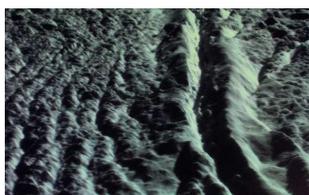
se trouve une fissure. Pour le géologue, ride et fissure : ça fait tilt. Voici ce qu'on peut voir sur Terre : à Hawaï et en Antarctique ; quand on a un lac d'eau recouvert par la glace de la banquise ou un lac de lave recouvert par le basalte refroidi, le mouvement du lac engendre des compressions et au sommet de la ligne de compression, par suite du changement de courbure, il y a extension et fracture. Donc, cela suggère que sous cette croûte se trouve quelque chose de bien mou, sinon liquide. Le pôle sud d'Encelade est la région où il y a le moins de cratères voire pas du tout. C'est donc une région très, très jeune et la sonde Cassini l'a survolée le 14 juillet



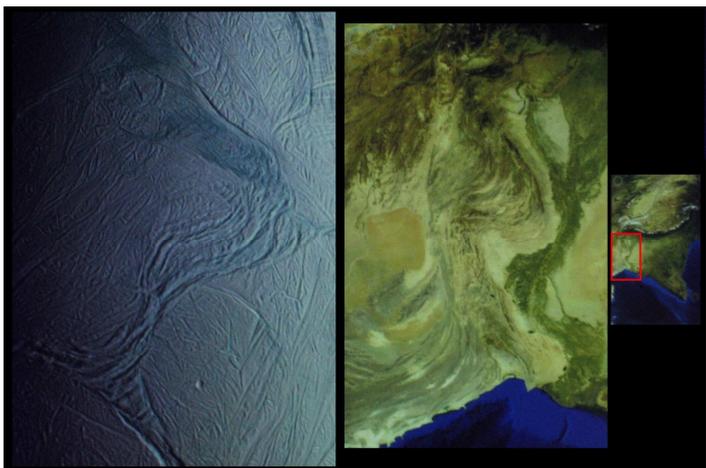
2005 ; ces dessins particuliers ont été baptisés les rayures de tigre par les américains. Ce sont des grandes failles et les photos de bonne résolutions permettent d'observer de fins détails. Observons deux régions notées 1 et 2 sur la photo :



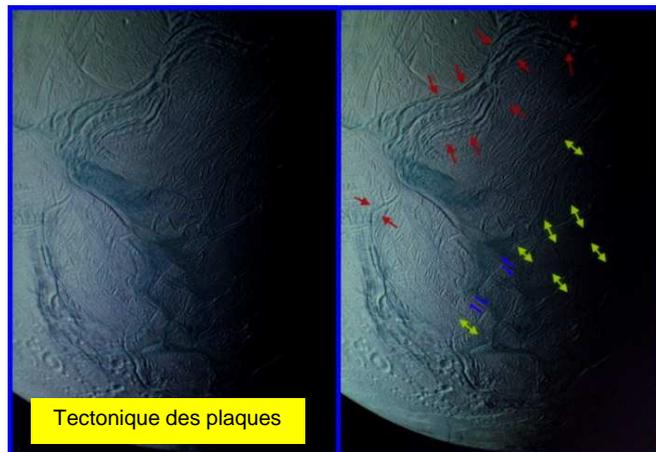
La région 1 ressemble tout à fait à ce qu'on trouve sur Terre au niveau de l'axe des rides océaniques quand celle-ci sont lentes : une fracture au sommet de la ride lente.



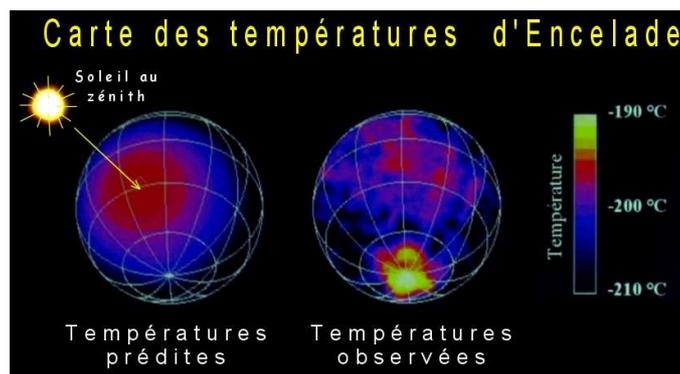
Pour la région 2, comparons avec l'est de l'Afghanistan vu par satellite (zones tribales du Pakistan peu recommandées aux géologues...) ; c'est une zone très plissée, résultat du choc de com-



pression entre l'Inde et l'Asie qui donne ces structures et ce n'est pas sans ressembler à ce qui est vu sur Encelade. On a donc l'impression d'avoir une zone en extension (ça tire : flèches jaunes) et une zone en compression (ça pousse : flèches rouges) et quelques zones où ça coulisse (flèches bleues). Il y a donc de la tectonique des plaques sur Encelade.



Autre bizarrerie d'Encelade : il fait froid car c'est loin du Soleil mais là où le Soleil brille, il fait un peu plus chaud qu'ailleurs et c'est donc normal sauf que la théorie et l'observation ne sont pas corrélées. En effet, avec le Soleil au zénith, c'est là qu'il devrait faire le plus chaud (-195°C), et de plus en plus froid en s'éloi-



gnant or, c'est au niveau du pôle sud qu'il fait le plus chaud (tout reste relatif bien entendu...). En novembre 2005, on s'aperçoit que non seulement il fait plus chaud au pôle sud mais que celui-ci crachait, éructait par des volcans d'eau. Photographiée en 2005, cette éruption était toujours là en 2009 ; ce n'est donc pas un phénomène temporaire : le pôle sud crache de l'eau. Cela a été analysé de manière spectrale, et c'est bien de la glace d'eau ; il doit donc bien y avoir du liquide sous la surface.

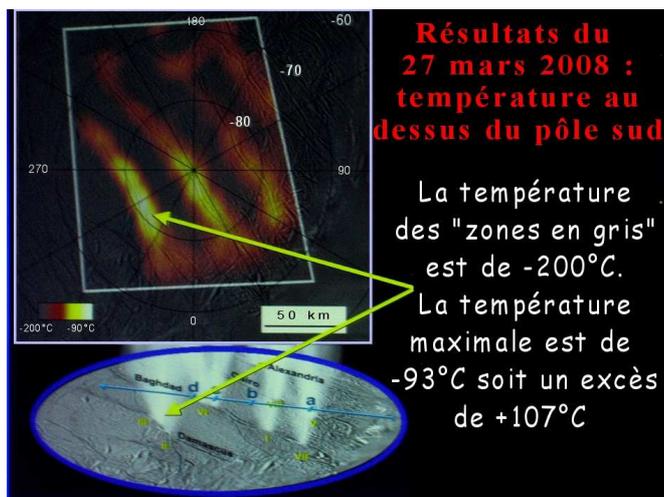


Quand on examine le système de Saturne, il y a l'anneau A et l'anneau B vus facilement au télescope, les anneaux C et D observables également ; on a découvert par la suite l'anneau E qui est très ténu, différent des autres et très externe (et en 2009, découverte d'un anneau encore plus externe dont on a parlé précédemment, qui abrite le satellite Phœbé). L'anneau E est juste au niveau de l'orbite d'Encelade. Encelade tourne parfaitement dans l'anneau E. Celui-ci ne serait-il pas généré par Encelade ? Voilà une photo de la sonde Cassini où le point noir c'est Encelade dans l'anneau E avec son panache blanc éruptif.

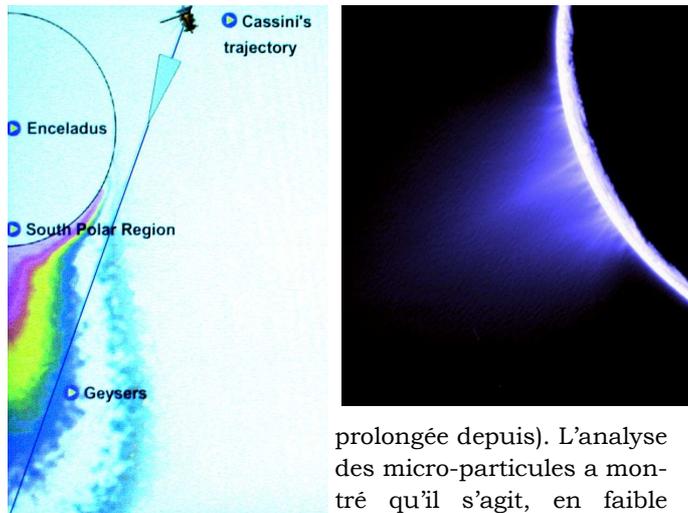


qui semble bien alimenter l'anneau. L'anneau E existe a priori grâce à son alimentation en eau par Encelade.

Toutefois, L'analyse de cet anneau à partir de la Terre ne montre pas du tout la raie spectrale du sodium dans ce celui-ci. En 2008, nouveau survol des rayures de tigre qui montre que les zones de chaleur (globalement vues au pôle sud précédemment) se concentrent au niveau des rayures de tigre. La résolution des photos montre alors que la température est d'une centaine de degrés plus élevée qu'ailleurs. Ces rayures ont des noms sympathiques : Le Caire, Bagdad, Damas, Alexandrie... Des noms qui ne sont pas tirés de la guerre du

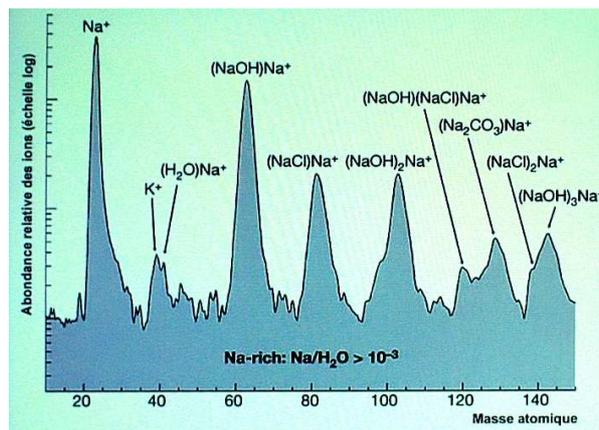


Golf mais des Mille & Une Nuits (les noms de Japet viennent de la Chanson de Roland). Cette observation était tellement surprenante que la sonde Cassini a été reprogrammée pour survoler le pôle sud et traverser le panache éruptif avant la fin de sa mission (qui a été

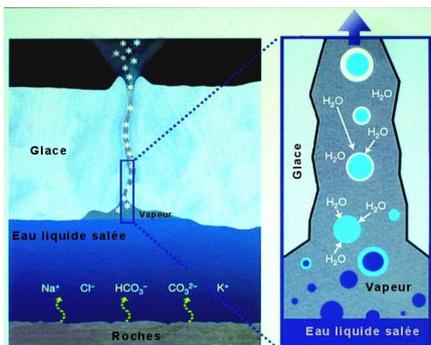


prolongée depuis). L'analyse des micro-particules a montré qu'il s'agit, en faible pourcentage, de glace salée.

Il y a donc contradiction entre les analyses in situ avec le spectrographe de masse de la sonde Cassini, et celles obtenues à partir des observations terrestres. Quel-



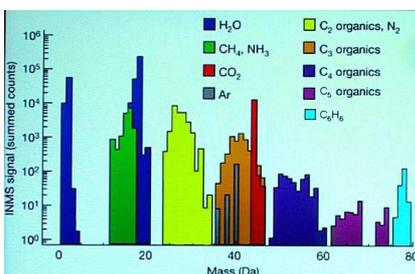
le interprétation donner ? On a de la glace et en dessous de l'eau liquide qui sort par des fractures et cela fait des geysers. Cette eau est salée et c'est pourquoi on trouve du sel en analysant quand on passe dedans. C'est capital : si l'eau est salée, cela veut dire qu'il y a interaction entre l'eau et la roche, avec échange d'ions. Mais pourquoi ne pas trouver d'eau salée avec une analyse à distance par les spectres optiques ou infrarouge ? Imaginons une poche d'eau liquide qui bout et donc de la vapeur (l'eau bout à basse température si la pression est très faible). Les gouttes d'eau salée qui jaillissent sont environnées de vapeur (voir photo suivante) mais il fait froid et gèlent (le bleu foncé devient bleu clair). Bien froides, la vapeur d'eau condense autour de ces gouttes d'eau et devient de la glace ; mais la vapeur d'eau n'est pas salée (cf. : eau distillée) ; les gouttes d'eau salée sont donc entourées d'un manchon de glace d'eau douce qui empêche donc une analyse correcte à partir de la Terre. Si cette hypothèse est bonne, il y a au moins Encelade, avec la Terre, qui a



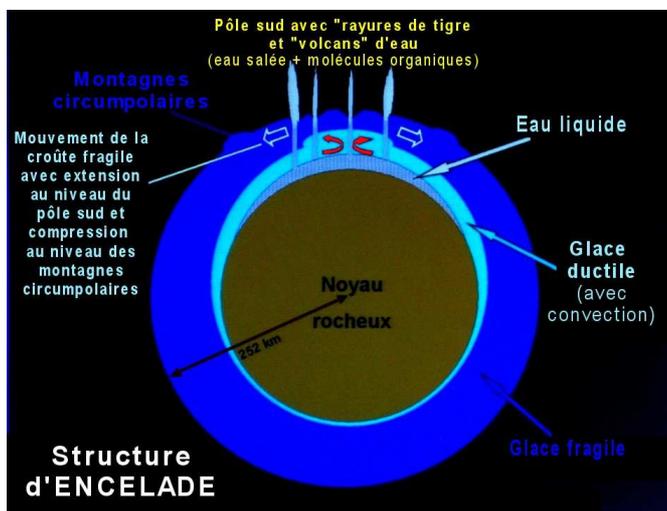
de l'eau sous ses trois états : solide, liquide, gazeux. L'analyse par la sonde Cassini des panaches a montré également la présence de corps organiques en C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> ... C<sub>6</sub>. C<sub>6</sub>, c'est le glucose,

donc de l'eau salée et « sucrée » ; ces molécules sont les briques élémentaires de la vie.

Comment faire du volcanisme dans un si petit corps et dans une région aussi froide ? Déjà, l'eau salée gèle en dessous de zéro et si



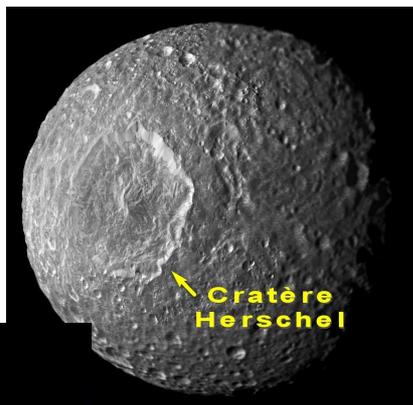
elle est associée à de l'ammoniaque, cela fait encore baisser le point de fusion ; des perturbations orbitales provoquent des effets de marée comme sur Io (satellite de Jupiter) en dégageant de l'énergie qui réchauffe, et tout ça maintiendrait l'intérieur liquide. On déduit de cela une structure intérieure d'Encelade qui ressem-



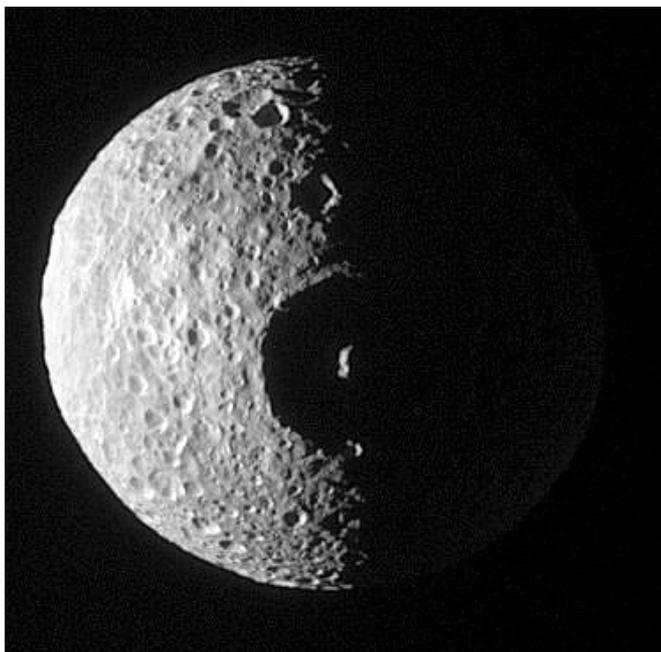
ble à ceci : un noyau rocheux, et dessus de la glace qui est bien fragile et cassante presque partout, et avec une toute petite couche de glace molle, déformable ; il y aurait seulement au niveau du pôle sud une poche d'eau liquide prise en sandwich entre de la glace et de la roche, contrairement à Titan où c'était de l'eau liquide en sandwich entre glace et glace, ce qui change tout. Dans la mesure où l'eau est liquide, toujours la même question : n'y a-t-il pas des petites choses dedans ? On y reviendra.

La nuit vient d'arriver sur le pôle sud d'Encelade et il faudra attendre 15 ans pour revoir des conditions similaires. De plus, la sonde Cassini n'avait pas du tout été prévue pour étudier de tels phénomènes ; attendons les publications futures.

Passons à **Mimas** qui est le plus proche de Saturne parmi les satellites majeurs. Son diamètre fait 390 km. Ce satellite présente deux faces très différentes, avec un gros cratère du côté face



qui se nomme Herschel. Pour l'histoire, on sait que Saturne avait été survolé pour la première fois en 1981 par la sonde Voyager qui avait vu Mimas sous un autre angle ; le journal Libération avait titré son article : « La NASA découvre un sein de glace dans l'espace »...



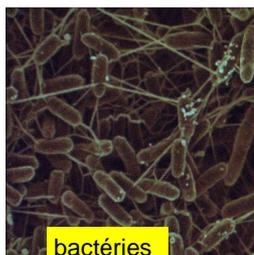
Passé Mimas, on arrive aux anneaux où on ne trouve que des petits satellites mais qui ne sont pas le propos de cet exposé. Pour information, en voici tout de même deux : **Janus** et **Epiméthée**, de longueurs respectives

179 et 116 km. Ce sont des « patatoïdes » informes



qui peuvent raconter aussi des choses mais l'histoire s'arrête là.

Revenons à un point laissé en stand-by tout à l'heure à savoir les possibilités de vie sur ou, plus sûrement : sur ou dans les satellites de Saturne. Parlons de la vie à la mode terrestre (pas la vie exotique avec des êtres en silicium baignant dans l'acide fluorhydrique ou des ectoplasmes qui volent dans les nuages de



bactéries

Jupiter). Allons du plus simple, les bactéries, au plus complexe : l'homme et son cerveau. Tout cela est une suite de multiples réactions chimiques extrêmement compliquées. Quand Mozart



A. Einstein

écrivait un opéra, il s'agissait d'une suite de réactions chimiques dans son cerveau, et sans aucun doute très complexes. La vie existe : bactérie, vous, moi, lui... **Que faut-il pour que ces réactions chimiques aient lieu ?** Il faut des macromolécules très complexes, multiples et variées (protéines, ADN etc...). Rien qu'avec 26 lettres, imaginez le nombre de romans qui ont été écrits, et avec sept notes, toutes les musiques composées ! On a 20 lettres en acides aminés, 2 lettres en sucres, 5 en base amine azotée : de quoi faire ! Il faut un excellent solvant car les réactions chimiques en ont besoin ; il faut de l'énergie utilisable. Nous mangeons pour avoir de l'énergie, et le Soleil dispense sa chaleur. Les chimistes nous disent

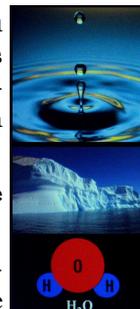


qu'il faut un atome tétravalent, de petite taille et parmi tous les éléments chimiques, seul le carbone (éventuellement le silicium) répond à ces critères. Nous postulons donc que la vie est à base de carbone, avec d'autres petites choses bien entendu. Les chimistes nous disent également que l'eau est le plus merveilleux, le plus puissant, le plus efficace des solvants (d'autres solvants existent aussi mais sont infi-

niment moins performants que l'eau) ; l'eau est une des molécules les plus abondantes dans l'Univers et ce n'est donc pas un problème d'en trouver (de l'eau liquide bien sûr).

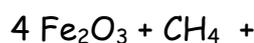
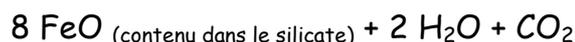
**Donc : carbone + eau liquide + énergie pour entretenir la vie.**

Tout le monde connaît les éco-systèmes ordinaires : par exemple, le baobab qui pousse grâce à l'énergie solaire (photosynthèse) ; on peut imaginer aussi une girafe qui mange les feuilles



du baobab, qui est mangée par le lion, qui est décomposé par l'asticot quand il est mort et des bactéries qui décomposent le ver de terre une fois mort, etc... Toute une chaîne alimentaire dont l'énergie provient du Soleil. Sans le Soleil, nous ne serions pas là. C'est la vie que tout le monde connaît.

Mais il existe une autre forme de vie que les biologistes estiment aussi importante que celle-là mais qui n'est pas connue. Elle est sous nos pieds, sous la glace antarctique, au fond de la mer. C'est une vie dont l'énergie est donnée par des réactions chimiques ; et la réaction chimique la plus banale et la plus courante qui ne nécessite ni atmosphère, ni oxygène, ni rien du tout est celle du fer réduit, dans les silicates (réaction dite exergonique). Avec de l'eau, du gaz carbonique (il y en a partout) on obtient de l'énergie selon cette réaction :



Et sur Terre, plein de bactéries (eubactéries, archéobactéries) vivent en sachant utiliser les réactions de ce type : silicates + eau = énergie.

Tout ceci représente les possibilités de vie inventées au moins une fois sur Terre ; pour la vie, il faut de l'éner-

gie en surface ou des silicates sous le sol.

Bien évidemment, cela suppose pour Saturne et ses satellites que ces conditions soient réunies ; il y a bien le soleil mais il fait  $-200^{\circ}\text{C}$  et donc l'eau ne peut pas être liquide en surface. Mais en profondeur, peuvent se produire des réactions chimiques même si en surface les conditions sont impropres à la vie. Où, dans le système de Saturne, trouve-t-on à la fois les trois ingrédients nécessaires à la vie à la mode terrestre (carbone et molécules organiques, l'eau liquide et l'énergie disponible) ? Les molécules organiques se trouvent partout ; il y a de l'eau liquide sous la glace de Titan et d'Encelade ; de l'énergie disponible dans l'océan sous-glaciaire : oui pour Encelade, mais pas pour Titan car son océan n'est pas en contact avec la roche. Aujourd'hui, on peut dire qu'Encelade possède les trois ingrédients de la vie, ce qui veut dire : pas de la vie fossile mais de la vie bien vivante. Bien évidemment, il n'est pas possible de dire quelle forme a cette vie car même sur Terre celle-ci prend des formes inattendues. Reste à aller voir de plus près si cette hypothèse est la bonne mais tous les espoirs sont permis quand on sait ce que crachent les volcans là-bas.

#### Parenthèse sur la notion de fenêtre ou zone d'habitabilité.



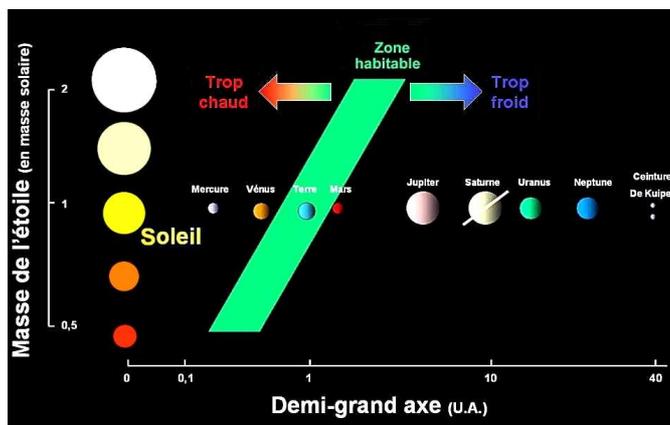
Avatar : Polyphemus et Pandora



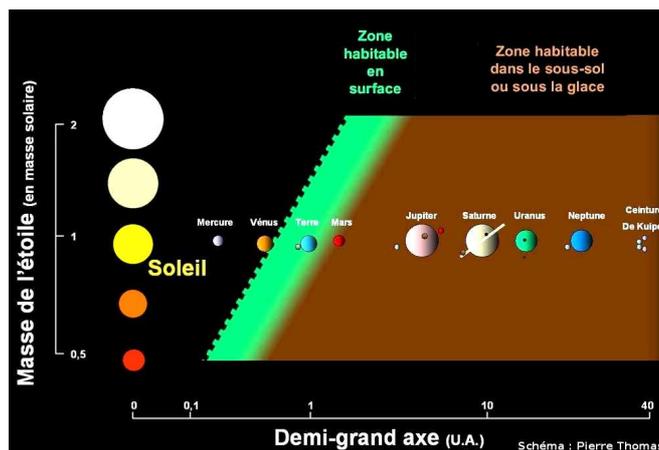
Lors de chaque découverte d'une nouvelle planète extra-solaire (11 fois par semaine...), il y a ceux qui n'en parlent pas et ceux qui en parlent... aux journalistes qui ne sont pas souvent de culture très scientifiques. Entendu à France-Inter : « on a découvert

une étoile avec quatre planètes mais ce sont des planètes géantes donc impropres à la vie ». Toujours ce même refrain qui est absurde. Car en effet, même les auteurs de science-fiction et les producteurs d'Avatar savent qu'une planète géante peut, grâce à ses satellites bien placés, abriter une vie « à la mode terrestre ». Ce n'est pas sérieux de dire que pour qu'il y ait de la vie, il faut une planète de type terrestre et ne pas considérer les planètes géantes que l'on découvre. Chez nous, nos quatre planètes géantes ont toutes des satellites autour d'elles et, comme on a vu précédemment, la vie a fort bien été en mesure de s'y installer.

Et puis, il y a cette notion de fenêtre d'habitabilité et on nous montre quelque chose de ce genre :



Le critère essentiel requis est d'avoir de l'eau liquide, ce qui veut donc dire : être ni trop près, ni trop loin de l'étoile. La Terre est évidemment bien située dans ce graphique, Dieu l'a placée là, tout va bien. Mais ceux qui ont fait ça non rien compris ; cela cantonne la vie à la surface et aux écosystèmes dépendant directement ou indirectement de la photosynthèse mais la vie peut exister en dehors de la surface ! De plus, il faut tenir compte également de l'effet de serre car si Mars avait l'atmosphère de Vénus sa température serait largement supérieure à  $0^{\circ}\text{C}$  et si Vénus avait l'atmosphère de Mars sa température serait largement inférieure à  $100^{\circ}\text{C}$  au lieu d'être une étuve. Effet de serre = des températures de surface très différentes, donc des conditions pour la vie autres. La distance à l'étoile est loin d'être le seul et bon critère pour qu'une planète soit habitable. Un graphique qui semble plus réaliste devient celui-ci :



la différence principale est la considérable extension de la zone habitable vers l'extérieur des systèmes stellaires. Au delà de la zone d'habitabilité existe une zone d'habitabilité dans le sous-sol ou sous une banquise de glace, si la chaleur interne permet à de l'eau profonde d'être liquide et si de l'énergie chimique est disponible. La limite interne de la zone d'habitabilité superficielle est « ondulée », signifiant ainsi que sa distance à

l'étoile est fortement modulée par d'éventuels effets de serre. Enfin, à côté des planètes, les satellites ont été représentés, ce qui veut dire ainsi, qu'**en plus des planètes gazeuses a priori peu favorables à la**

**vie, existent aussi des satellites qui peuvent être tout à fait accueillants !**

*Michel*

## SATURNE et ses principaux SATELLITES

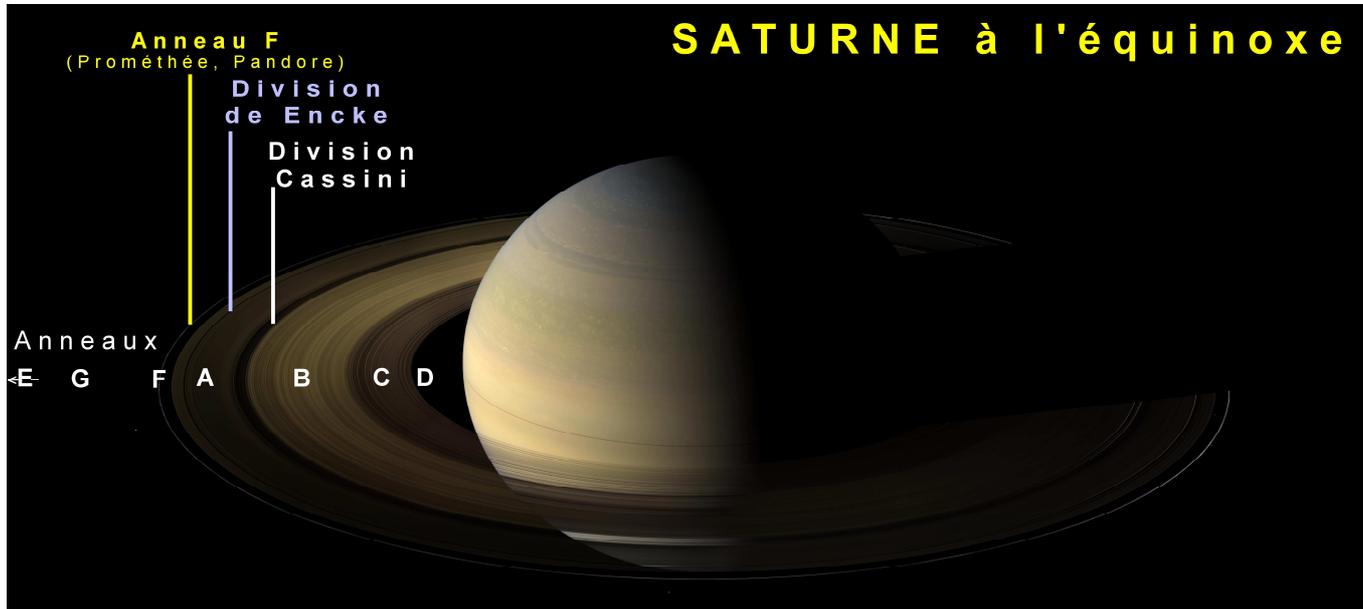
Tous les corps sont à l'échelle, sauf Pan, Atlas, Télésto, Calypso et Hélène qui sont grossis par un facteur 5 afin de rendre visible leur topographie sommaire.

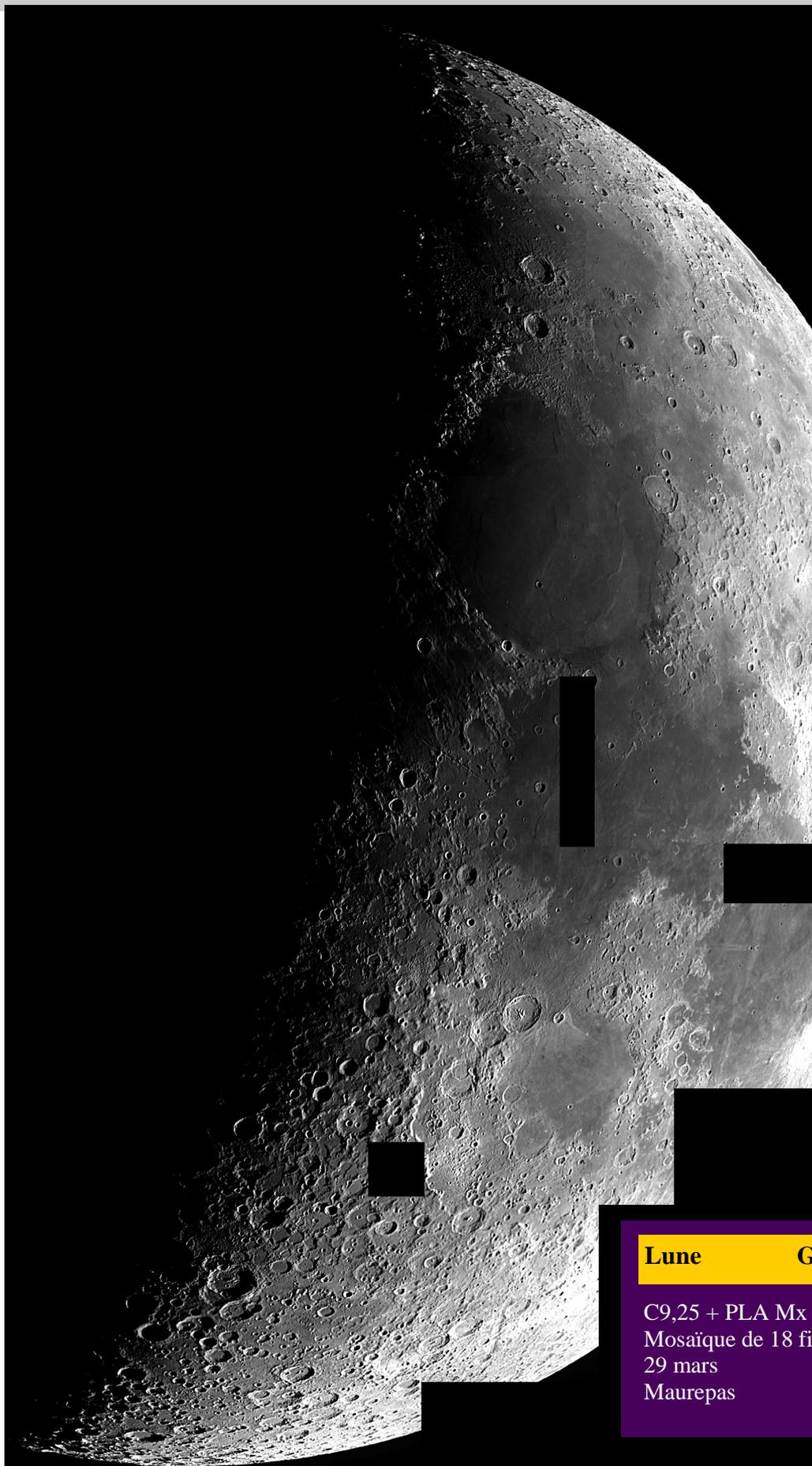


## SATURNE et ses anneaux

Saturne à l'équinoxe, une image toute particulière prise par un émissaire de la Terre envoyé là-bas : la sonde Cassini. De chez nous, une telle vue des anneaux de Saturne à cette époque est impossible, ce qui n'est pas le cas avec ce robot explorateur qui orbite à 20 degrés au dessus du plan des anneaux. 75 photos, et 8 heures ont été nécessaires pour réaliser cette mosaïque de lumières et d'ombres. A cette époque, l'ombre sur la planète des immenses anneaux est réduite à une étroite bande sombre. La visibilité des anneaux a été renforcée entre un facteur x20 et x60 artificiellement, afin d'améliorer leur perception. Cette image a été prise le 12 août 2009, exactement 1,25 jour après le début de l'équinoxe sur Saturne en utilisant la combinaison d'images prises avec des filtres R V B de la caméra grand angle de la sonde Cassini. La distance de prise de vue est d'environ 974.000 km avec un angle Soleil, Saturne, sonde de 74 degrés.

## SATURNE à l'équinoxe



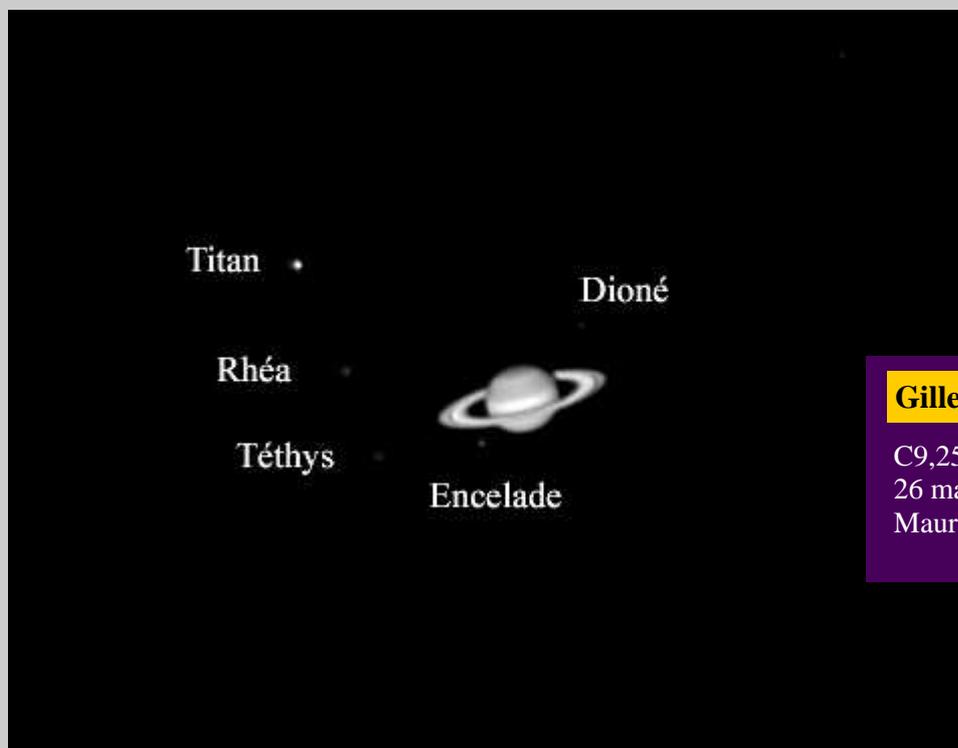


**Lune**

**Gilles**

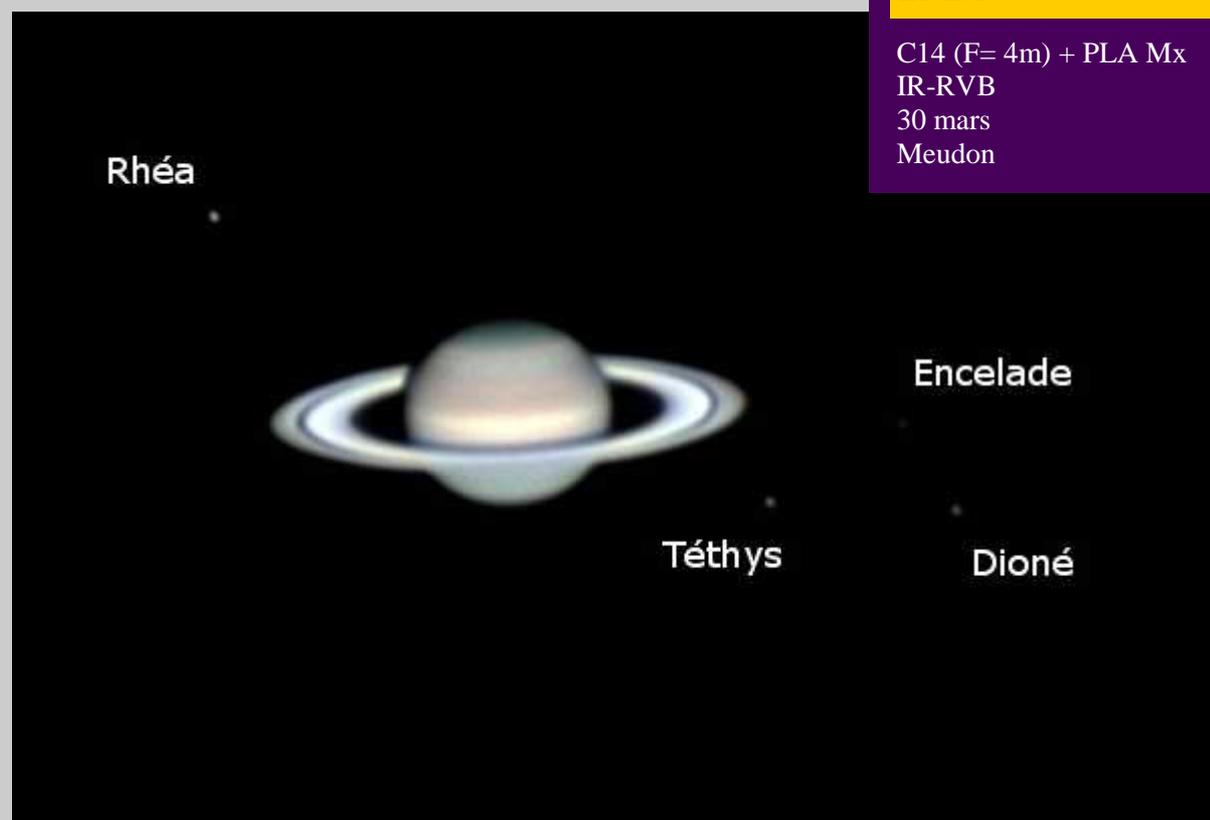
C9,25 + PLA Mx + IR pass  
Mosaïque de 18 films  
29 mars  
Maurepas

## Retour de Saturne



### Gilles

C9,25 + PLA Mx  
26 mars  
Maurepas



### Lionel

C14 (F= 4m) + PLA Mx  
IR-RVB  
30 mars  
Meudon

# C'est arrivé ce jour-là...

## Avril 1952, il y a 60 ans

*Protubérances au coronographe de Buthiers*



30 janvier 2011

Bernard Lyot est né le 27 février 1897 à Paris. C'est le plus célèbre astronome français du début du XX<sup>ème</sup> siècle. Ses travaux portent sur la lumière et de nouvelles méthodes de mesures, notamment la polarisation. Ce paramètre se modifie lors de la réflexion : il appliquera cette nouvelle technique à l'étude des surface de la Lune et des planètes, mais aussi à l'observation du Soleil. En 1938, il réalise un filtre réglable qui lui permet de sélectionner une raie particulière du spectre solaire pour l'observer dans n'importe quelle longueur d'onde : le spectro héliographe. Mais on retient surtout son nom pour l'invention du coronographe qui permet d'observer la couronne solaire en de-

hors des éclipses de Soleil. Avec un masque dans l'axe optique d'une lunette on peut occulter le disque du Soleil pour observer la couronne. En mettant à profit le fait que la lumière de la couronne est polarisée, il parvient à observer la couronne jusqu'à un demi-

rayon solaire du bord de notre étoile. Il montre aussi que la lumière parasite en provenance du disque du Soleil est essentiellement



*Bernard Lyot ( 1897 - 1952 )*

due aux imperfections des instruments. On peut maintenant observer le Soleil avec un coronographe jusqu'au bord même du Soleil (comme à Buthiers par exemple). Il meurt le 2 avril 1952 au Caire.

## Avril 1912, il y a 100 ans

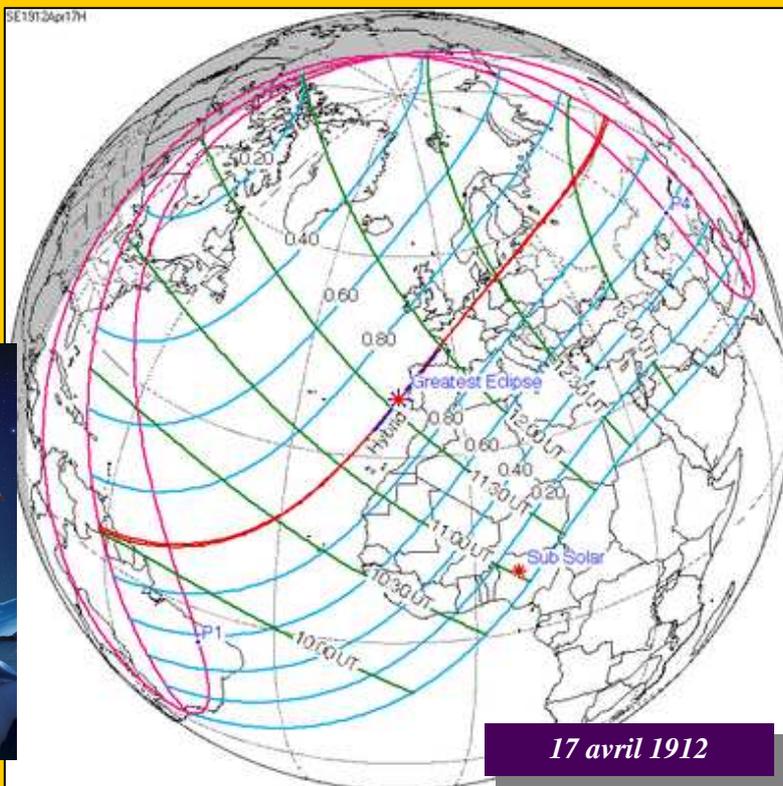
17 avril 1912, tout juste 2 jours après le naufrage du Titanic, une éclipse de Soleil est visible en France. C'est une éclipse hybride puisque, durant celle-ci, la distance entre la Terre et la Lune évolue juste autour de la valeur limite qui transforme une éclipse annulaire en éclipse totale. La phase de centralité a commencé sur les côtes nord de l'Amérique du Sud ; elle a traversé l'Atlantique et est devenue totale au niveau des îles Canaries, la Lune s'étant alors suffisamment rapprochée de la Terre. L'ombre de la Lune survole la Galice, traverse à nouveau une partie de l'Atlantique pour entrer en France par les pays de la Loire.

Elle passe par la région parisienne où, la Lune ayant à nouveau franchi la distance limite, elle redevient annulaire. Elle continue vers le Nord de l'Europe en traversant la Belgique, l'Allemagne, la mer Baltique, la Russie et se termine en Sibérie. Avec une Lune flirtant avec la distance limite permettant d'avoir une éclipse totale, cette éclipse n'est pas réputée pour la longueur de la totalité. La taille maximale de l'ombre de la Lune sur la Terre dans la phase de totalité est de l'ordre de 2 à 3 km. La Lune effectuant son orbite autour de la Terre à près de 4000 km/h, les 3

km de l'ombre sur la Terre sont parcourus en moins de 3 secondes et il fallait être réactif pour immortaliser le phénomène ! Nul doute qu'à l'époque, cette petite éclipse totale a été totalement éclipsée par les gros titres des journaux sur le naufrage du célèbre transatlantique.



14 au 15 avril 1912



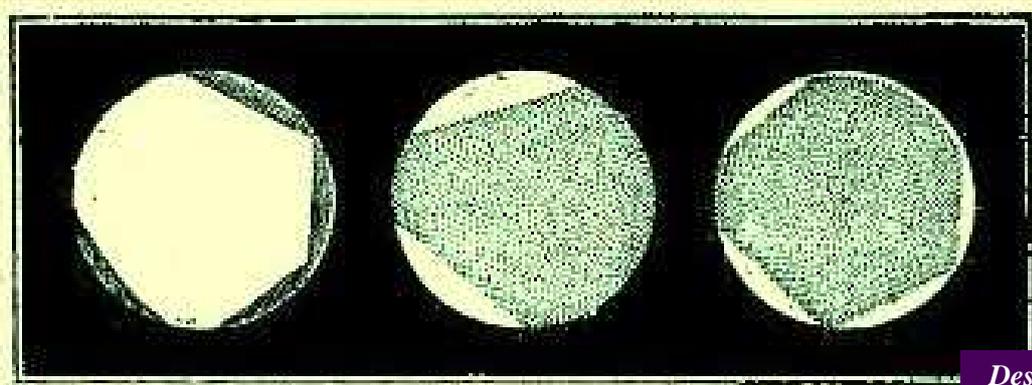
17 avril 1912

## Avril 1872, il y a 140 ans



Callisto et le bassin Valhalla (en haut à droite)

Callisto est le plus éloigné des 4 satellites galiléens. Il a été découvert en 1610. C'est aussi le plus cratérisé des quatre, ce qui montre que sa surface n'a pas effacé les traces du passé. C'est donc très probablement un des astres qui possède la surface la plus ancienne du système solaire, et on évalue son âge à 4 milliards d'années. Sa couleur sombre indique que sa surface est faite de glace sale, mélange de glace et de roche. La plupart des cratères sont petits (moins de 150 km) mais on observe à sa surface un énorme bassin d'impact, Valhalla, de 600 km de diamètre. Il ressemble à s'y méprendre à la mer Orientale sur la Lune ou le bassin Caloris de Mercure. Valhalla est entouré d'une quinzaine d'anneaux concentriques dont le plus éloigné a 2600 km de diamètre. Au XIX<sup>ème</sup> siècle, Callisto a fasciné les astronomes. Des observations ont montré que son aspect changeait au cours du temps à mesure qu'il présente des parties différentes de



Dessins de Callisto

sa surface aux observateurs terrestres. En décembre 1871, il se présente comme sombre, bordé au sud par un croissant brillant, selon les notes de Burton. En avril 1872, le même Burton le trouve sensiblement allongé dans le sens des bandes de Jupiter et presque entièrement noir. En mars 1873, Callisto apparaît toujours

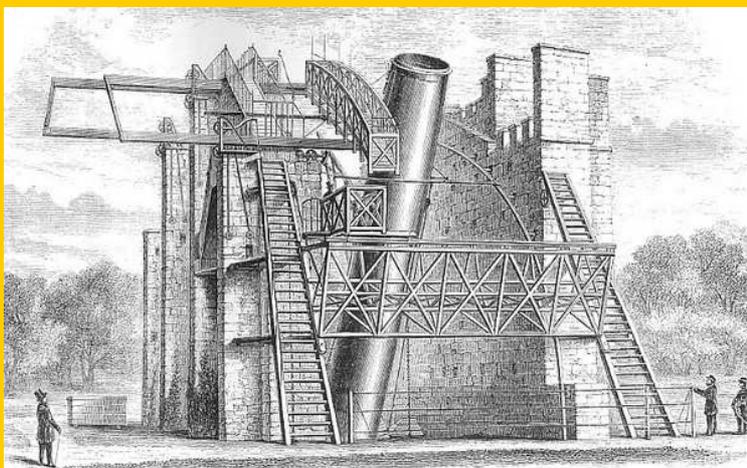
sombre mais pourtant plus clair que son ombre. Les différents observateurs rapportent avoir vu des détails à la surface de Callisto ; certains indiquent que le côté oriental du satellite est plus aigu que le côté occidental : une illusion d'optique à rapprocher de celle qui, à la même époque, faisait voir des canaux sur Mars.



William Parson, Lord Rosse (1800 - 1867)

## Avril 1842, il y a 170 ans

Le 13 avril 1842, le riche astronome irlandais William Parson, connu également sous le nom de Lord Rosse, se fait couler avec succès le miroir de son télescope. Avec un diamètre de 1,83 m et une focale de 17 m, ce télescope est surnommé « le Léviathan de Parsonstown » et reste le télescope le plus grand du monde jusqu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle. Les performances du télescope sont exceptionnelles : il permet de voir les étoiles de magnitude 18 et on découvre la structure spiralée de la galaxie M51, dans les Chiens de Chasse. Lord Rosse avait observé une nébuleuse dans la constellation du Taureau. Avec un télescope de 91 cm, elle avait l'allure d'un crabe (M1), c'est donc le nom qu'il lui donne. Avec son nouveau télescope de 183 cm, son apparence est totalement différente mais il conserve néanmoins sa précédente dénomination. Les études de Rosse portent sur la nature des nébuleuses. Il pensait que les nébuleuses n'étaient que des groupes d'étoiles non résolues par les instruments de l'époque. Il assure d'ailleurs avoir résolu en étoiles la nébuleuse d'Orion. Son principal opposant, dans la théorie



ne surtout, c'est l'incroyable maniabilité de l'instrument : 2 hommes suffisent pour orienter les 16 tonnes du télescope dans n'importe quelle position.

des nébuleuses, est John Herschel pour qui les nébuleuses sont de véritables nuages de gaz, et non des étoiles. Aucun des deux astronomes ne disposait des instruments adaptés pour résoudre cette énigme, et il faut attendre les études spectroscopiques pour établir la nature gazeuse des nébuleuses. Un des admirateurs du Léviathan de Lord Rosse dit que l'observation de Jupiter, qui n'apparaissait que comme une grosse étoile dans les télescopes de l'époque, devient 2 fois plus grosse que la Lune à l'œil nu. Mais ce qui éton-

## Avril 1782, il y a 230 ans

En avril 1782, l'amas globulaire M107 est intégré au catalogue des objets Messier par l'astronome Pierre Méchain. Situé à 21.000 années lumière de la Terre, cet amas globulaire de la constellation d'Ophiuchus est invisible à l'œil nu, car il est de magnitude 8. Il fait partie du halo, autour de notre galaxie, que forment les 150 amas globulaires répertoriés, mais ils sont probablement 10 à 20 fois plus nombreux mais cachés par des étoiles ou par la poussière interstellaire. Pour photographier ce genre d'objet étendu, les astronomes de l'ESO utilisent la caméra grand champ WFI (Wide Field Imager). Installée sur le télescope de 2,2m de La Silla, la caméra offre un champ de 34 minutes d'arc (le diamètre de la pleine Lune). Les amas globulaires se sont formés en même temps que les galaxies. Ils doivent leur exceptionnelle longévité aux étoiles de faibles masses qui le composent et qui consomment leurs réserves d'hydrogène avec une extrême parcimonie. Parmi toutes les étoiles de l'amas M107, les astronomes de l'ESO ont pu voir que certaines des étoiles ont commencé à jaunir. Ce sont les plus âgées, qui ont atteint le stade de géante rouge.

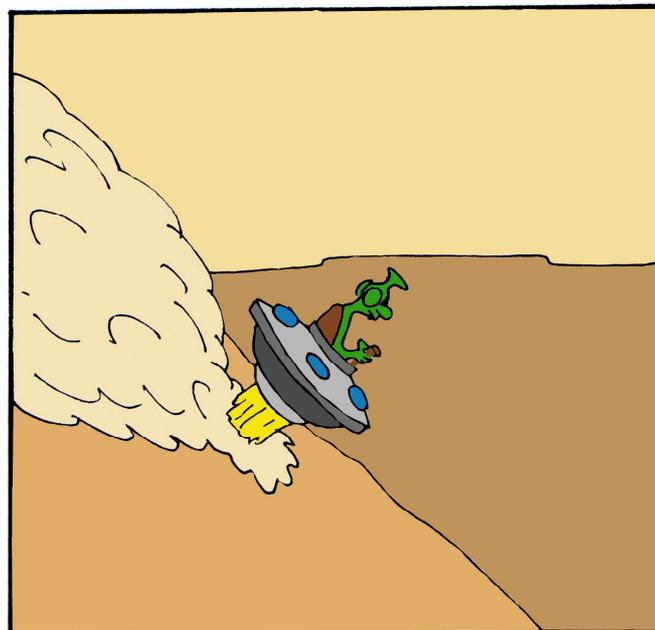
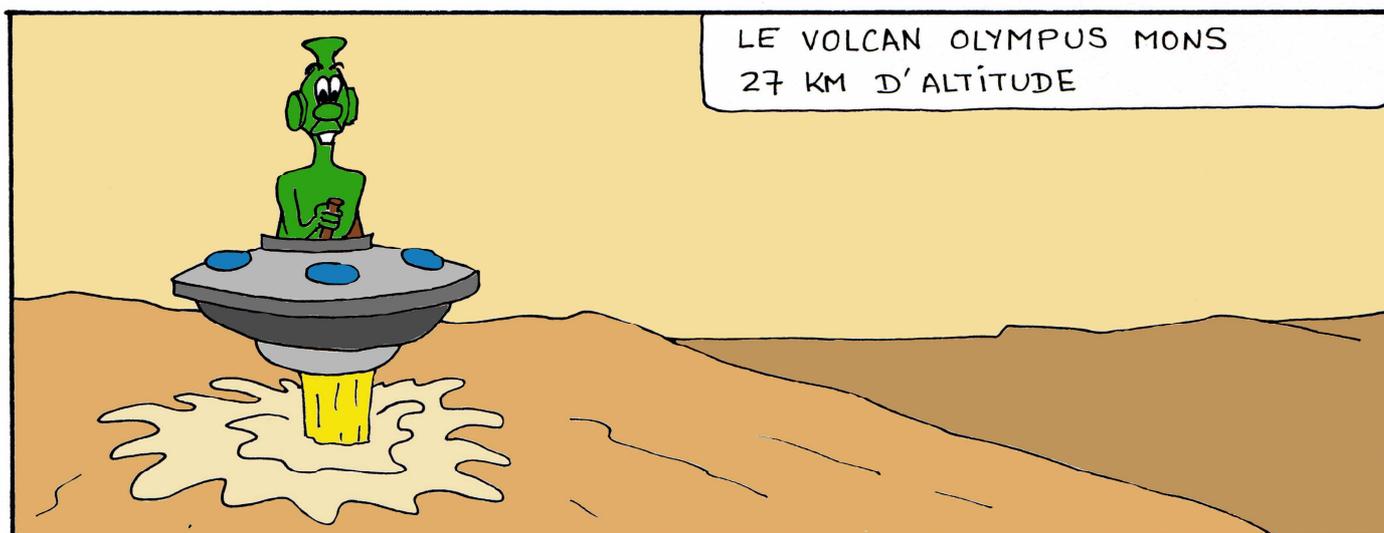
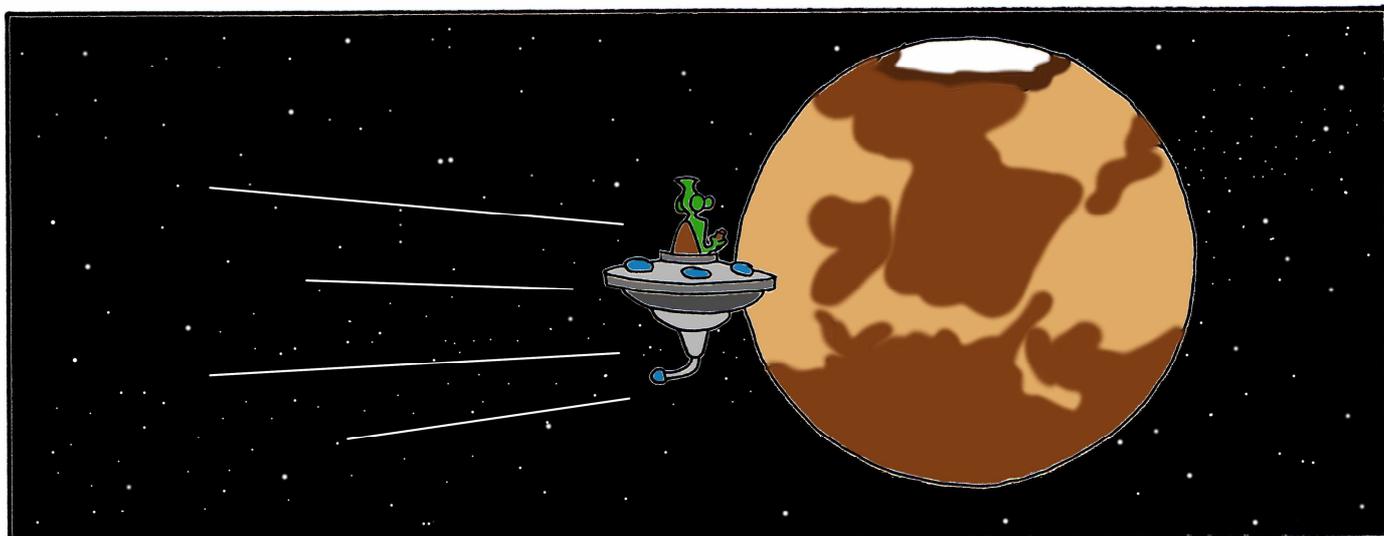


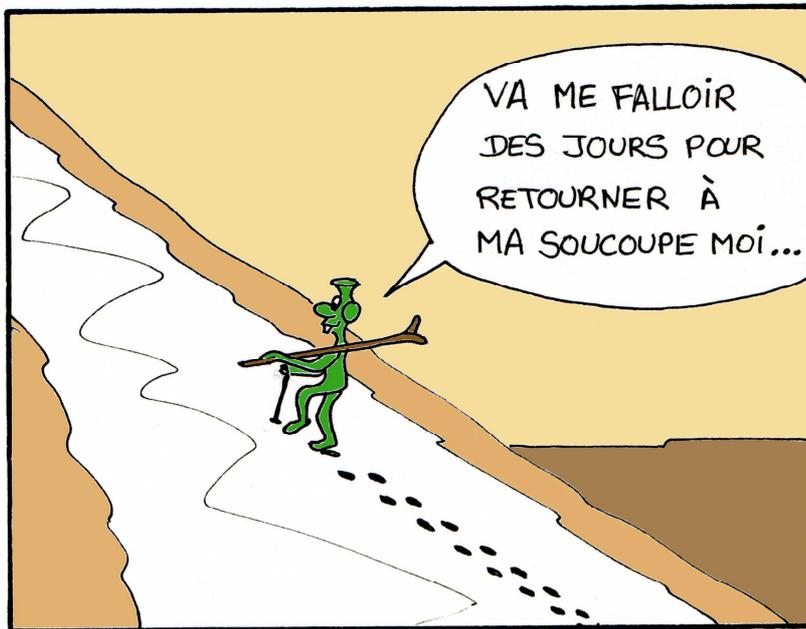
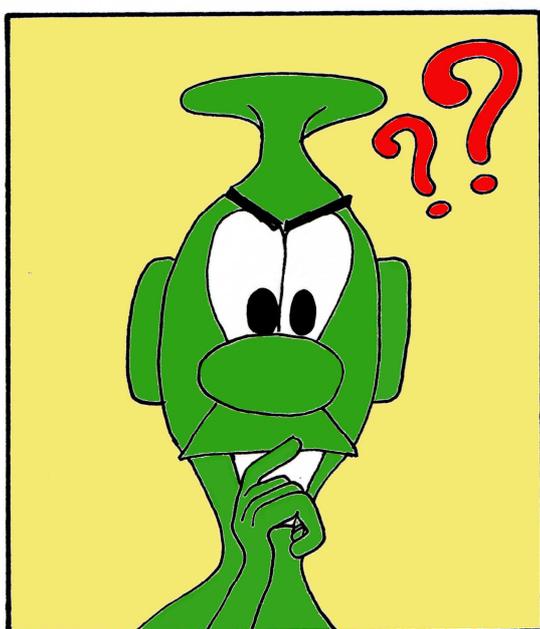
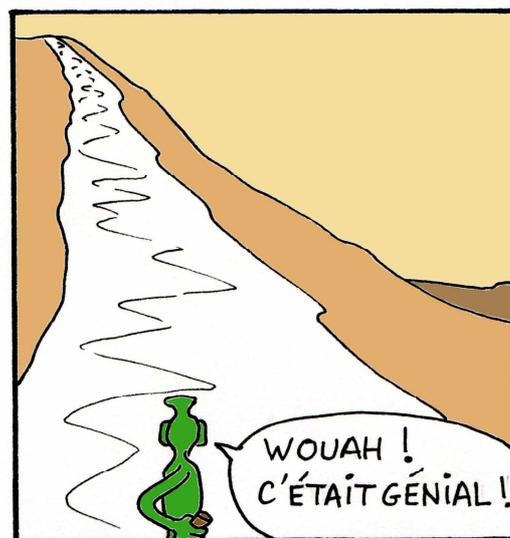
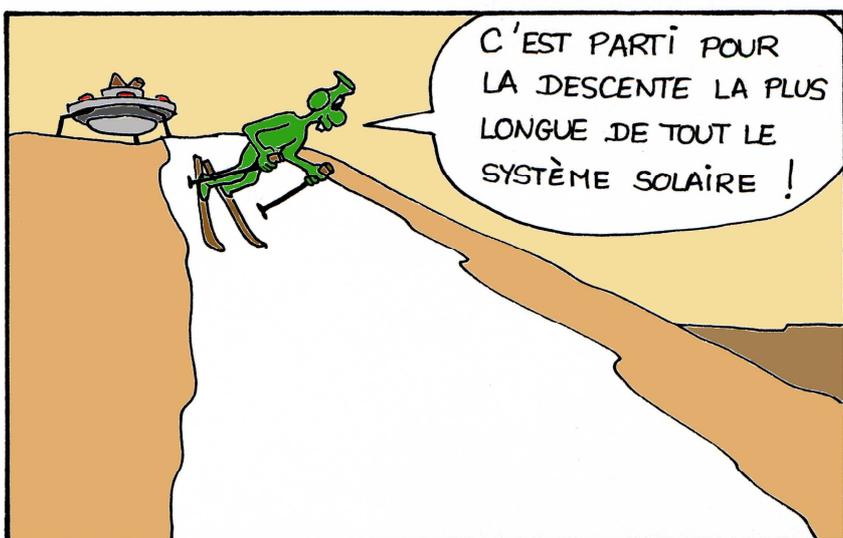
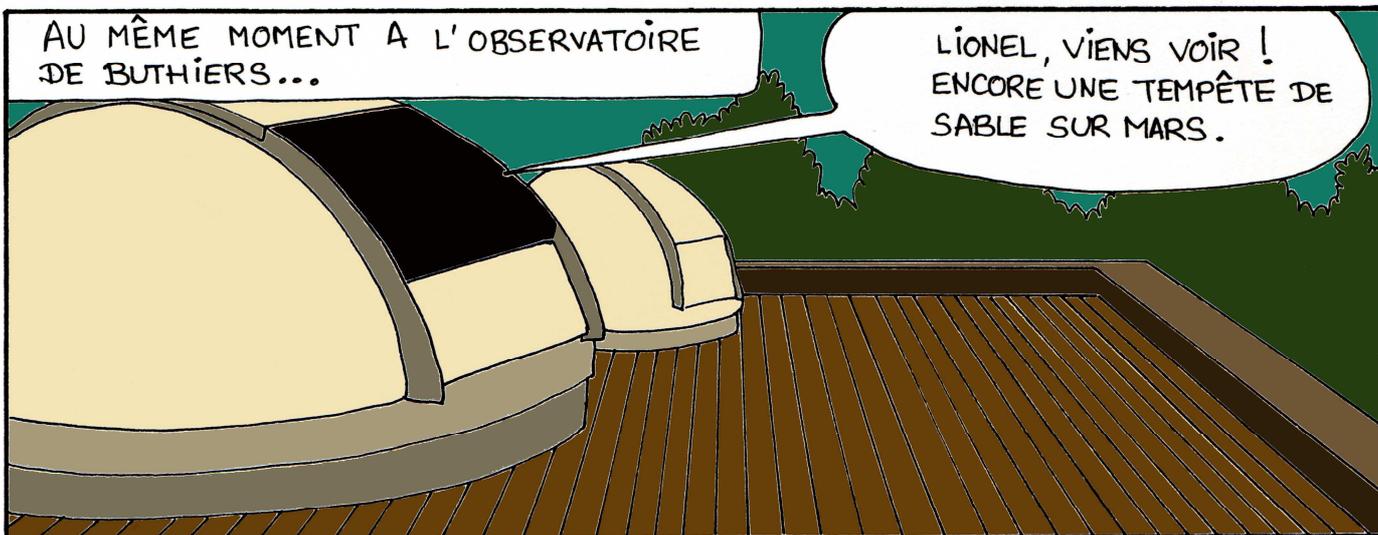
*M107, avec le 2,2m de La Silla*



# AI 78

# Olympus 27000





# MEUDON

## Les nuits des planètes 2012



**Lionel**

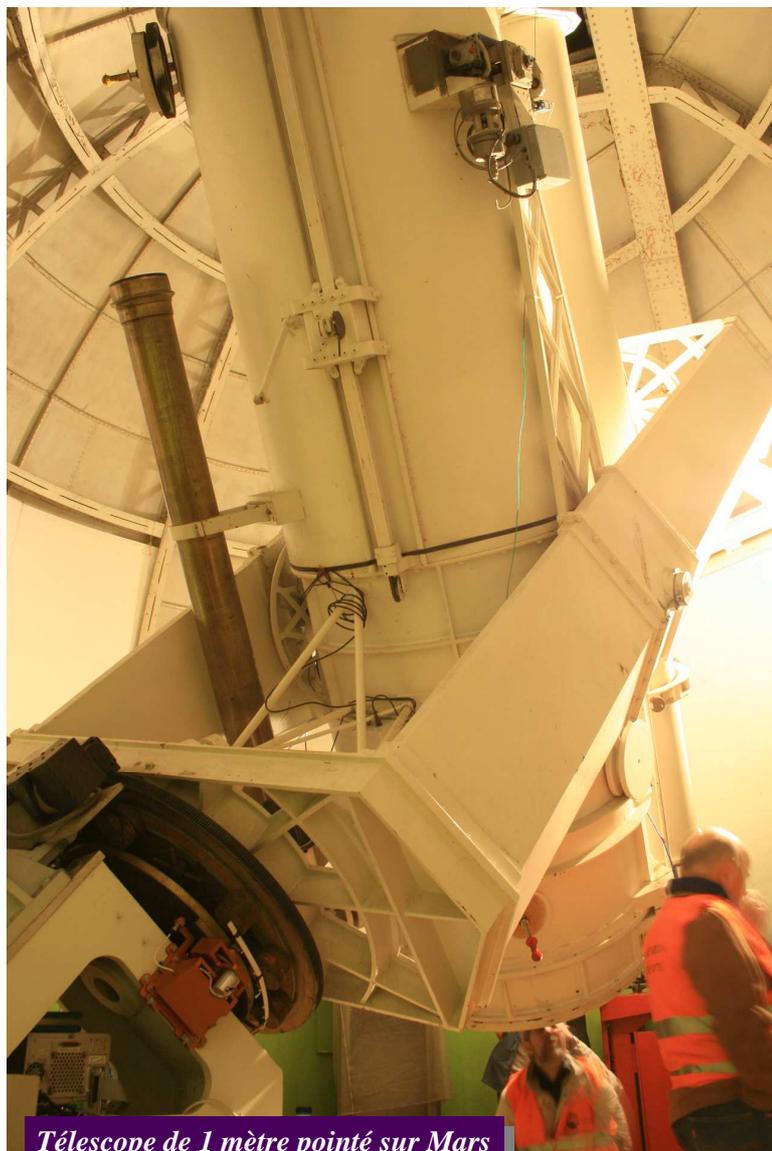
Cette année encore, à l'occasion des « nuits des planètes » 2012, l'observatoire de Paris-Meudon a fait appel à nous, ainsi qu'à d'autres clubs amateurs, pour assurer les observations sur la terrasse publique de l'observatoire de Meudon. Trois

nuits sont destinées au public : visite des coupoles en groupe et commentées par des astronomes de l'observatoire et accès libre à la terrasse où chacun peut observer les planètes avec nos propres instruments. La quatrième mais néanmoins première nuit, celle

du jeudi 29 mars, était réservée à tous les participants pour pouvoir faire la visite des coupoles. Et c'est dans le groupe de 22h que certains des membres du club se sont retrouvés. Dans notre groupe, composé de 14 personnes, nous étions 6 du club. Notre visite a débuté par la coupole du T60 encore appelée « la table équatoriale ». Cette monture équatoriale allemande accueillait à l'origine une lunette qui se trouve



*Télescope de 60 cm de la table équatoriale*



*Télescope de 1 mètre pointé sur Mars*

maintenant en parallèle sur le télescope de 1m. A 22h passées, Jupiter étant maintenant trop basse sur l'horizon, les astronomes dirige le T60 sur Vénus. Depuis la fin de l'hiver cette planète est un véritable phare dans le ciel du soir et à l'oculaire d'un télescope de 60cm, c'est encore bien plus lumineux ; dommage que la planète jumelle de la Terre ne laisse entrevoir aucun détails : mises à part les phases qu'on peut y voir, Vénus est un astre bien décevant à l'oculaire des instruments. En traversant les pelouses par le pied de Caroline, nous nous dirigeons vers la coupole du télescope de 1m. La coupole est fortement éclairée de l'in-

térieur lorsqu'on nous donne les premières explications et descriptions de l'instrument : monture équatoriale à berceau, qui ne permet pas de viser près du pôle, et plusieurs lunettes guides en parallèle dont celle qui équipait jadis la table équatoriale. Le télescope est pointé sur Mars et au moment des observations les lumières s'éteignent ; on se retrouve dans le noir complet pendant quelques minutes, le temps que notre vue s'adapte aux conditions nocturnes. A l'oculaire du T1m, on voit parfaitement le pôle nord de la planète rouge qui se trouve alors à 109 millions de km de la Terre. L'hémisphère nord de Mars viens tout juste d'entrer dans l'été. Avec l'inclinaison de la planète sur son orbite, les oppositions d'hiver ne nous permettent pas de voir la calotte polaire sud. Mars tourne sur elle-même en un peu plus de 24h, on voit donc toujours à peu près les mêmes régions d'un jour sur l'autre, il faut attendre plusieurs semaines pour voir l'autre côté de la planète, à moins de l'observer toute la nuit. Par chance, le soir Mars nous montre la partie de sa surface la plus détaillée : le grand triangle de Syrtis Major qui pointe vers la calotte polaire nord, suivi par Sinus Sabaeus. La fonte de la glace au pôle crée une collerette bien contrastée autour de la calotte glaciaire. Les 23 m de focale du télescope permettent de détailler toutes ces régions lorsque la turbulence atmosphérique est propice, et ce soir c'est le cas. En sortant de la coupole, on en arrivait presque à regretter d'être en visite à l'observatoire plutôt que d'être derrière nos télescopes à prendre des photos, tellement les conditions ont l'air particulièrement bonnes ; on espère qu'elles dureront encore quelques jours pour pouvoir immortaliser tous les détails. De retour sur la pelouse entre les coupoles, notre troisième halte a lieu au



*Les préparatifs pour la soirée.*

de Caroline où un télescope de 250mm pointe sur la Lune. Là encore, la très faible turbulence permet d'observer de très fins détails. J'y retrouve David qui a dû s'échapper de son groupe pour rester discuter avec les astronomes. Il me présente une astronome qui a débuté l'astronomie avec Albiréo. Elle faisait partie du club en 2003 et 2004. Elle a poursuivi ses études dans les sciences et en particulier en optique. Maintenant elle est en 2<sup>e</sup> année de thèse. Ses recherches portent es-

sentiellement sur l'instrumentation. Elle est régulièrement amenée à se déplacer en Californie à l'observatoire de Lick où est installée son expérience. Il s'agit en l'occurrence d'une expérience d'interférométrie qu'elle doit monter sur le télescope de 3m à chaque déplacement. Le but est de pouvoir supprimer les effets néfastes de la turbulence atmosphérique sur les images. Visiblement ça marche puisque le diamètre de certaines étoiles a été mesuré : le résolution atteinte est



de 50 millisecondes d'arc ! (cela m'a



donné l'idée d'une expérience à mener pour voir si la méthode pourrait s'appliquer à nos instruments pour éliminer la turbulence et flirter régulièrement avec la résolution théorique de nos télescopes !).

Certains astronomes amateurs se sont également



Copernic avec le C14

installés autour du pied de Caroline, notamment Nicolas Biver, astronome à Meudon, avec son Dobson de 400mm qui est pointé non loin de l'horizon, vers la planète Saturne. La turbulence est encore marquée à cause de la faible hauteur sur l'horizon, mais on distingue néanmoins les satellites les plus gros, à savoir : Titan, Rhéa et Dioné. Là, notre visite s'achève et demain cela sera à notre tour de montrer le ciel au grand public et de répondre à leur questions.

### Vendredi 30 mars

Le ciel est parfaitement dégagé : les conditions sont idéales. Il fait doux et la turbulence est quasiment nulle, des conditions peut-être meilleures que la veille. Le public est venu en masse : ceux qui ce sont inscrits pour la visite des coupoles, mais aussi tous les autres qui soit n'ont pas pu intégrer un groupe faute de places, soit ne savaient pas qu'on pouvait s'inscrire pour faire une visite. Avec tous les instruments installés sur la terrasse, il suffisait de changer de poste pour changer de cible. Les deux grandes catégories d'instruments étaient représentées : les Dobson du club

Magnitude 7,8, faits main qu'il faut constamment bouger pour suivre les cibles car ils ne sont pas motorisés, et les télescopes du commerce des membres de notre club, à montures équatoriales pour la plupart et motorisées pour compenser la rotation de la Terre. A chaque heures pleines, les groupes qui sortent de leur visite des coupoles de l'observatoire viennent grossir les rangs de ceux qui font déjà la queue derrière les oculaires de nos télescopes. Ce sont ainsi des files de dizaines de

personnes qui s'allongent derrière tous nos instruments. On essaie de parler assez fort pour que tout le monde puisse profiter en même temps de nos explications, ce qui évite de répéter à chacun. La soirée a commencé par la Lune, visible avant toutes les autres cibles. La vision des crevasses de la région d'Hyginus est saisissante. Ce soir, j'ai amené avec moi l'ordinateur et la webcam pour faire des images qui promettent d'atteindre une résolution que je n'ai encore jamais vue. La cible suivante est la planète Mars. Comme la veille, la rotation de la planète rouge, à peine plus lente que celle de la Terre, nous permet de revoir les mêmes régions que celles que nous avons vu dans le télescope de 1m. Syrtis Major et la calotte polaire nord. Les réactions vont de la déception : « c'est tout petit ! » (ceux qui sont imprégnés des magnifiques images de Hubble et qui ne conçoivent l'astronomie qu'avec un télescope spatial, affranchi des turbulences de l'atmosphère et qui sont complètement blasés lorsqu'on ne grossit que

230x), à l'extase totale : « c'est magnifique ! » (ceux-là sont difficiles à déloger du télescope et ils feignent d'ignorer qu'il y a une queue d'impatiens de 20m de long derrière eux qui trépigent en attendant leur tour). Pour les personnes du dernier groupe de la visite de 23h, il devient possible d'observer Saturne qui passe au-dessus du rideau d'arbres de la terrasse. Là tout le monde est unanime, la vision des anneaux est magnifique. Le jeu pour chacun réside à discerner le maximum de satellites. Titan, Rhéa et Dioné sont facilement observables, Téthys l'est beaucoup moins et seuls certains parviennent à le voir. Durant toute la soirée, j'ai pu constater l'exceptionnelle stabilité du ciel. Serge Vieillard, du club Magnitude78 est bien d'accord, il n'a jamais vu un ciel aussi sta-

ble. J'attends avec impatience que les dernières personnes quittent la terrasse pour installer la webcam, la roue à filtres et l'ordinateur pour faire des images qui s'annoncent magnifiques. Mais la Lune est maintenant trop basse sur l'horizon et tout le bénéfice de la stabilité est perdu par l'épaisseur d'atmosphère à traverser. Je me contente de Mars et Saturne. Dès les premières images de Mars à travers le filtre infrarouge, les prévisions se confirment : les images sont magnifiques. Je fais des films à travers tous les filtres et je traite dans la foulée le film pris avec le filtre IR : il y a des détails partout, et c'est effectivement la meilleure image de Mars que j'ai jamais faite. Je dirige alors le télescope vers Saturne, sachant



*Platon avec le C14.  
(Taille des petits cratères en mètres)*

pertinemment que sa faible hauteur sur l'horizon ne permettra pas d'atteindre une résolution record comme pour Mars, mais tant pis, ce sera ma toute première image de Saturne de la saison. Vers 1h30, nous rangeons le matériel.

### **Samedi 31 mars**

Les nuages toute la journée m'ont poussé à déclarer forfait pour la soirée, Gilles s'est tout de même déplacé. Seul représentant d'Albiréo parmi des membres de Magnitude78 et d'un club de Rouen, aucune observation n'est possible, mais cela n'a pas empêché un nombre non négligeable de personnes de venir à l'observatoire et de poser des questions.

### **Dimanche 1<sup>er</sup> avril**

Le ciel est à nouveau complètement dégagé. Ce soir Michel est venu avec son télescope. Nous sommes 4 du club. Comme vendredi, les observations commencent par Jupiter, basse sur l'horizon, puis Vénus, visible comme un premier quartier. Là où j'installe mon télescope, le plus près possible de la rangée d'arbres Ouest, je ne peux voir Jupiter et Vénus. Par contre, je serai le premier à pouvoir observer Saturne au-dessus de la rangée d'arbres Est. Je commence par la Lune qui impressionne tout le monde. C'est ensuite au tour de Mars, avec toujours les mêmes détails, puis Saturne. Avec Philippe nous distinguons six satellites : Titan, Rhéa et Dioné observables par pour tout le monde, mais aussi Téthys et Encelade, et le lointain Japet. Nous sommes rôdés pour décrire ce qu'on observe ce soir et répondre aux questions. La turbulence est peut-être légèrement plus forte que vendredi, mais les conditions sont toujours très bonnes. A la fin de la soirée, je sors à nouveau le matériel pour faire des images de la Lune, et là encore, la résolution atteinte est meilleure que tout ce que j'ai fait sur la Lune jusqu'ici ; il faudra peut-être venir jusqu'à Meudon pour faire les observations, ce

n'est pas pour rien que l'observatoire a été installé sur cette butte près de Paris : l'atmosphère y est laminaire et la turbulence est souvent très faible (ce qu'on peut constater tous les ans lors des « nuits des planètes »).

Nous avons reçu, quelques jours plus tard ce mail de la direction de la communication de l'observatoire de Meudon :

*Chers collègues, chers partenaires,*

*Cette édition 2012 des « Nuits des planètes de l'Observatoire de Paris » est un réel succès : au total 1552 visiteurs ont été accueillis sur nos deux sites (dont 450 en accès libre à Meudon) ; les cieux ont été propices aux observations 3 nuits sur 4 ; les nouveaux dispositifs de vidéoprojection sous les coupoles ont fonctionné à merveille ; mais surtout, vous avez été très très nombreux cette année à vous investir dans cette manifestation phare, ce qui en a considérablement amélioré la qualité. Nombreux ont été les retours ayant souligné votre professionnalisme, dynamisme et sens de l'accueil.*

*Félicitations ! MILLE MERCIS à vous !*

*Nous espérons que vous avez eu plaisir à faire découvrir à nos côtés nos très beaux espaces, notre patrimoine et le ciel au public.*

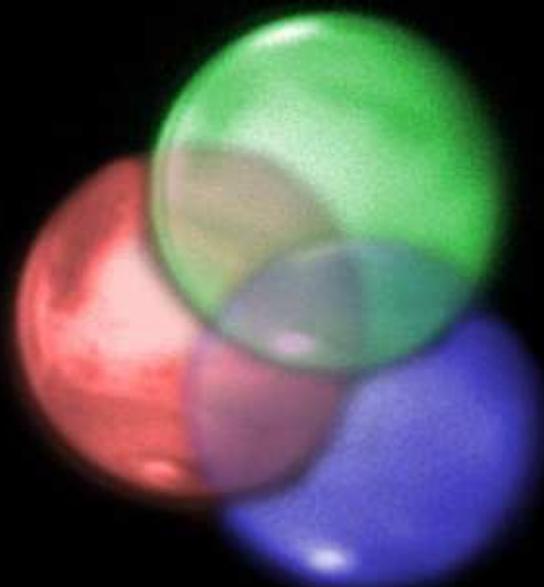
*Nous vous donnons rendez-vous très bientôt sur nos prochaines manifestations.*

*Avec toute notre sympathie,*

*La Direction de la communication*

# Trichromie

ou



# quadrichromie ?

**Lionel**

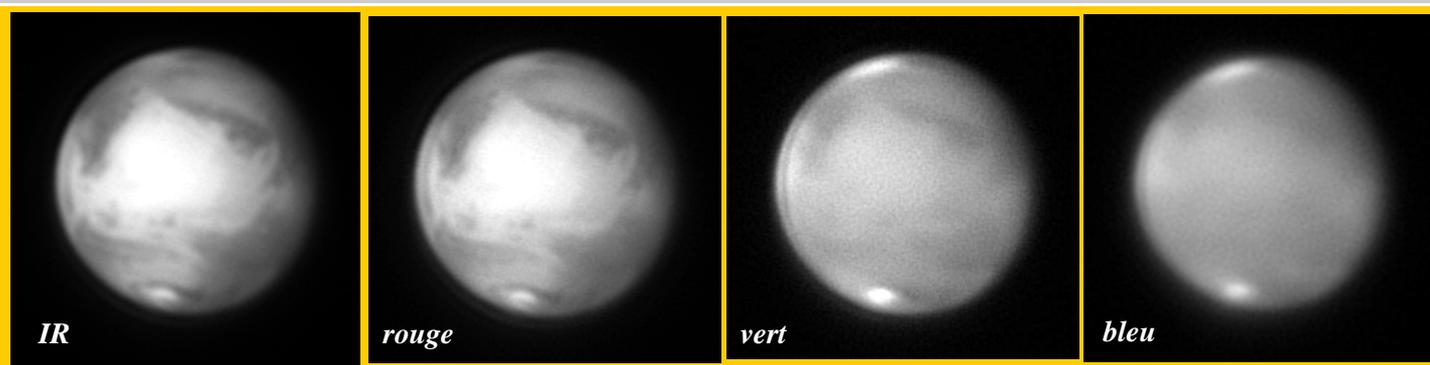
Pour ceux qui disposent de webcam équipées de capteurs noir & blanc, la seule solution pour obtenir des images en couleurs des planètes, c'est la tri ou la quadrichromie. A partir d'images individuelles obtenues à travers différents filtres, il est possible, avec des logiciels comme Prism ou Astroart par exemple, de recomposer l'image couleur.

## Le problème de la vitesse de rotation des planètes

Le but est d'obtenir des images des planètes les plus détaillées possibles. Avec nos caméras actuelles, très sensibles, il est possible de faire des films de Mars avec des poses individuelles

de 20 à 30 ms et on peut ainsi figer la turbulence atmosphérique. Avec une cadence de 60 images par seconde, un film de 30s permet déjà de trier les meilleures images d'une série qui en compte 1800. Sachant qu'il faut faire un film pour chacun des filtres, il faut veiller à ce que la planète n'ait pas trop tourné entre la première image du premier film et la dernière image du dernier. L'écart de temps maximum entre le début et la fin de la série de films dépend de la vitesse de rotation de chaque planète :

planètes	Distance à la Terre en km	Période de rotation	Taille d'un détail de 1"	Temps
Mars	100 millions	24h 37	200 km	13 min
	56 millions		112 km	8 min
Jupiter	800 millions	9h 50	1600 km	2 min
Saturne	1,4 milliard	10h 14	14000 km	22 min



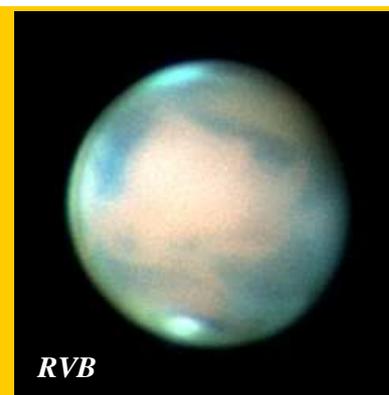
Dans le cas de Saturne, tout dépend de la présence de détails visibles ou pas. Si, comme durant la saison précédente, une gigantesque tempête est visible dans l'atmosphère de la planète, il faut respecter l'écart de temps entre tous les films de manière à ne pas flouter les détails avec la rotation de la planète ; mais si aucun détail significatif n'est discernable, on peut faire des films largement plus longs sans même se rendre compte de la rotation de la planète.

### Recalage des images

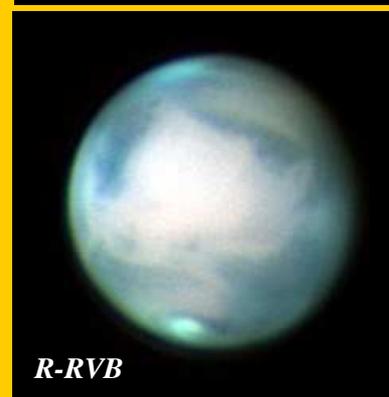
Après avoir acquis les films avec tous les filtres, les avoir réduits pour en tirer la meilleure image et avoir traité chacune des images individuelles, il faut les recalquer pour pouvoir recombinaison les couleurs. Avec Prism, c'est l'option *recalage en série* qu'il faut choisir en veillant à répondre *non* à dans la fenêtre d'information pour créer de nouvelles images avec le préfixe *Decal\_nom* et ne pas écraser les images originales. Si toutefois le recalage ne se passe pas correctement, l'outil *blink*, utilisé pour la recherche d'astéroïdes peut s'avérer utile afin de déterminer la translation à effectuer entre les images pour qu'elles soient superposables.

### Trichromie ou quadrichromie

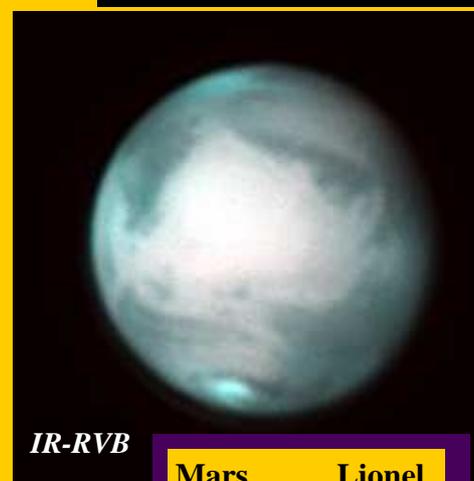
Pour retrouver la couleur originale des images, il faut des images prises avec les filtres Rouge, Vert et Bleu : c'est ce qu'on appelle la chrominance ; pour obtenir cette image, c'est l'option trichromie qu'il faut choisir. Malheureusement, cette image est peut détaillée. C'est dans l'image de luminance que se trouvent tous les détails, qu'on colorisera avec l'image de chrominance. Dans ce cas, l'image est obtenue par quadrichromie. L'image de luminance doit être la plus détaillée possible. Dans la série de film, on peut penser à en faire un avec un filtre neutre qui servira pour la luminance mais on peut également utiliser l'image prise avec le filtre rouge puisque c'est, de loin, la plus détaillée des trois. Depuis l'arrivée des filtres IR pass, qui sélectionnent des longueurs d'onde de l'infrarouge, à 680, 740 ou même 820 nm, les détails visibles surclassent ceux qu'on avait avec les fil-



RVB



R-RVB



IR-RVB

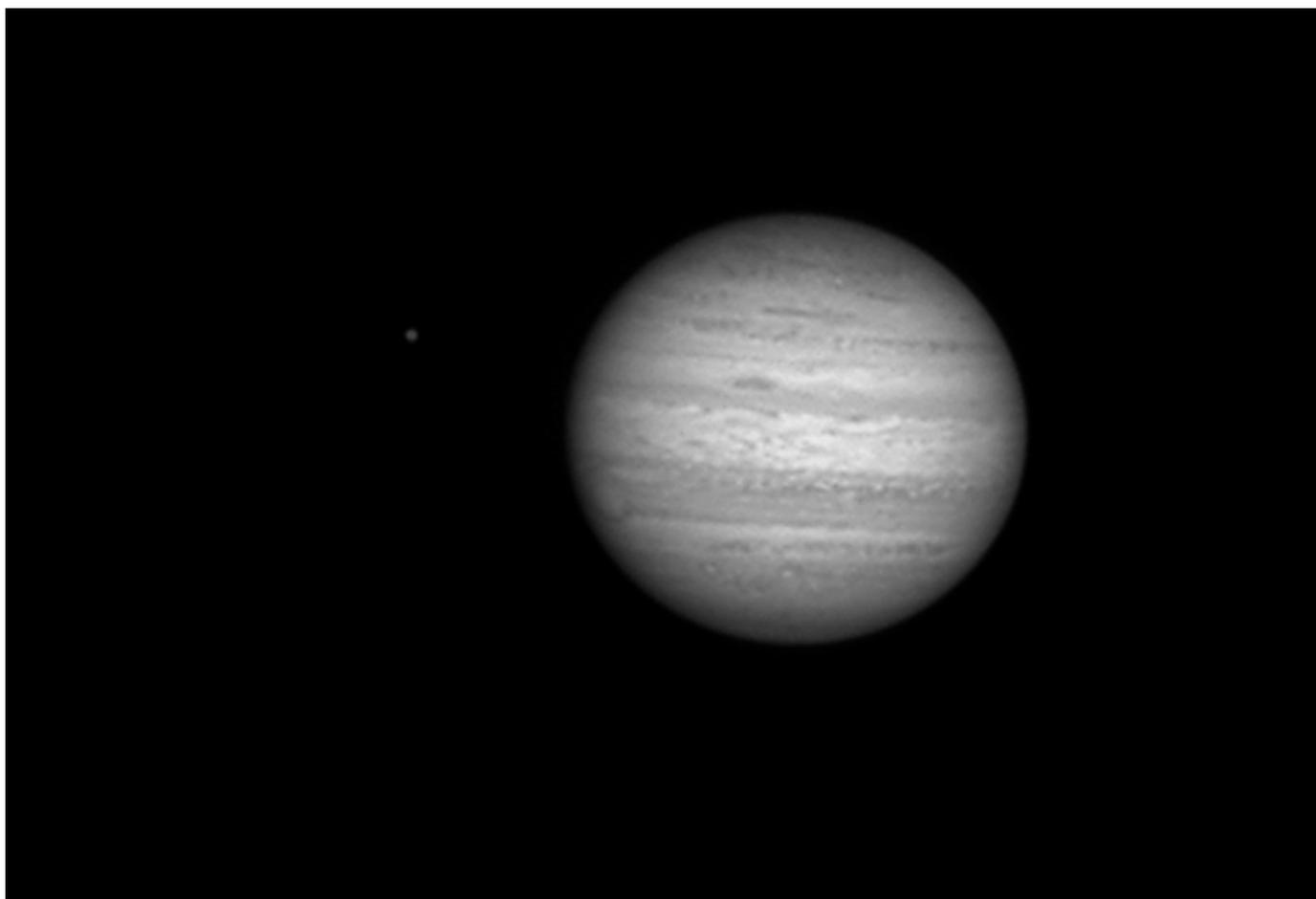
Mars Lionel

C14 (F= 20m) + PLA Mx  
Meudon  
30 mars

tres neutre ou rouge. A ces longueurs d'onde, les atmosphères deviennent plus transparentes. Non seulement on pénètre à travers les couches superficielles des planètes révélant des détails très contrastés, mais on passe également à travers notre propre atmosphère, ce qui calme de façon significative la turbulence. C'est l'image obtenue avec ce filtre qui servira pour la luminance de l'image finale. Parfois l'image est tellement contrastée, notamment sur Saturne, qu'il faut la combiner avec l'image rouge pour atténuer les contrastes et rendre l'image plus naturelle. Pour Mars, qui est essentiellement rouge, on peut aussi utiliser l'image verte, à la fois pour le

vert et pour le bleu. Plusieurs combinaisons sont possibles pour que l'image ait des détails aux couleurs les plus naturelles possibles. Pour les planètes possédant des satellites, on peut aussi songer à faire un film avec un filtre neutre pour faire ressortir les satellites, qu'on combinera avec l'image de la planète seule. La composition résultante est du plus bel effet, et permet de se lancer dans la mise en évidence des satellites les moins lumineux : Phobos et Deimos pour Mars de magnitude 13, Mimas pour Saturne de magnitude 13,5.

A vos traitements !

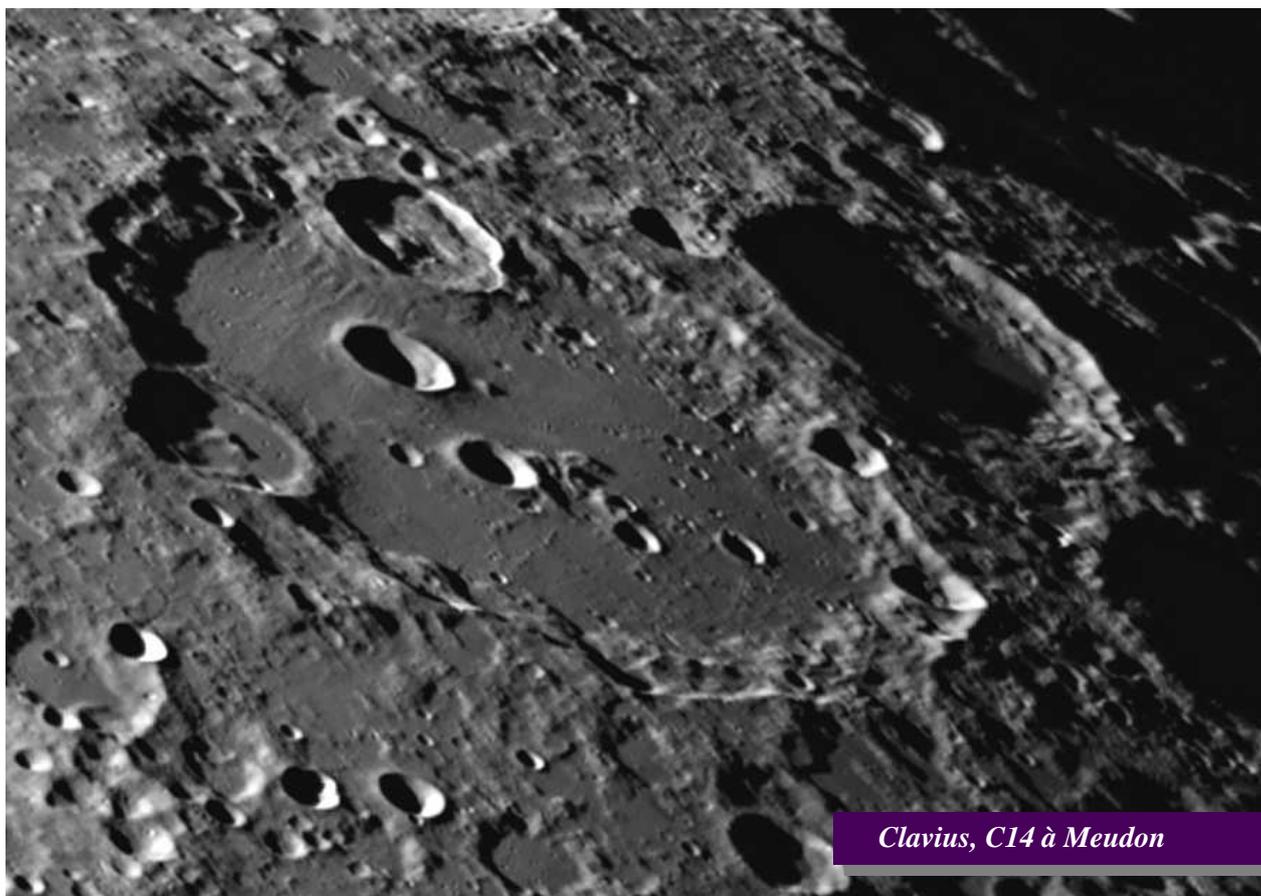


*Photos de Jupiter avec le filtre IR pass  
à la lunette de l'observatoire de Paris*

*Caméra : PLA Mx  
Lionel  
22 novembre 2011*

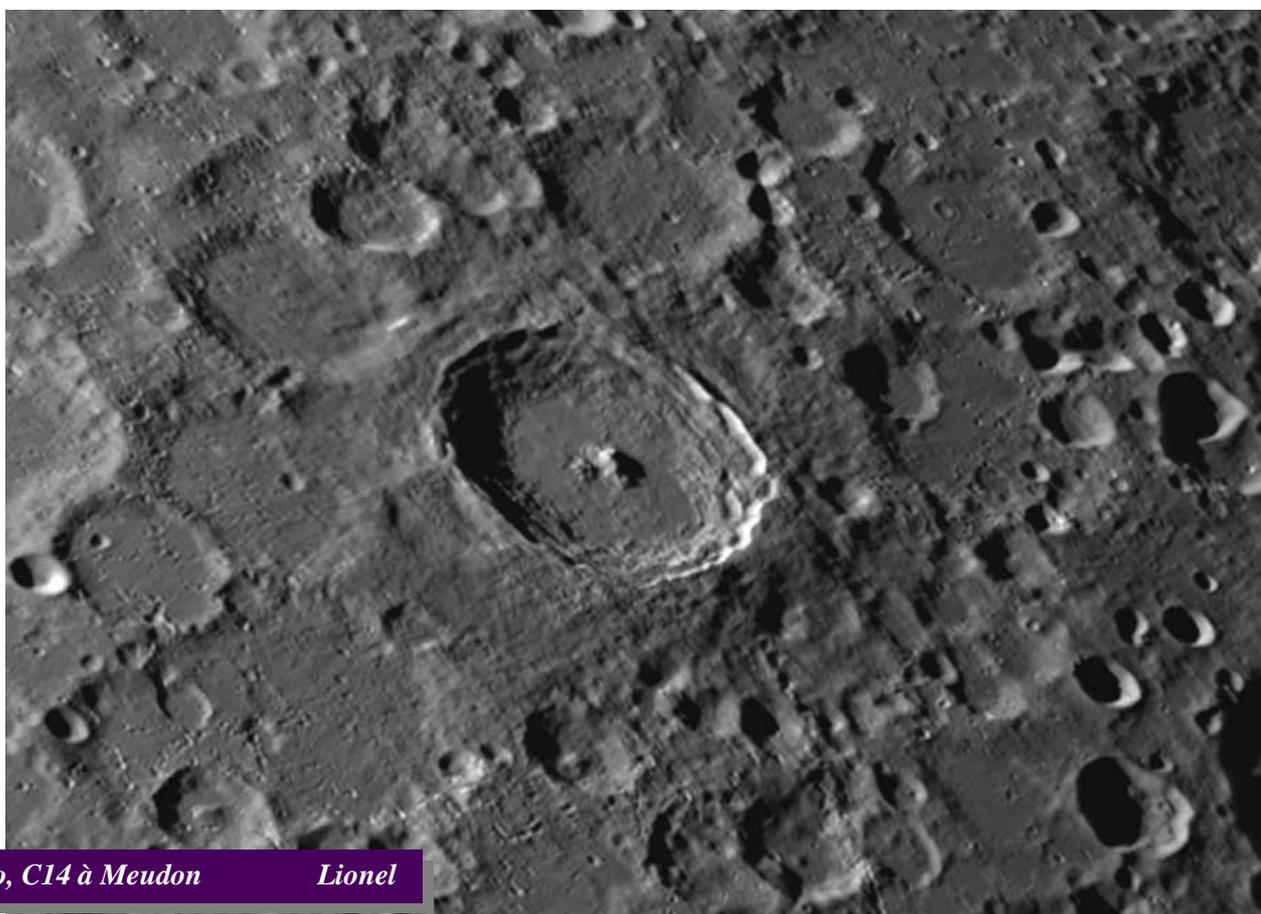
*Noyau de la comète de Halley*

*Comète de Halley*



*Clavius, C14 à Meudon*

*Lionel*



*Tycho, C14 à Meudon*

*Lionel*

# Jeux

The grid contains the following words and terms:

- Row 1:** Tous les 2 mois, Gracia Dreyfus, Etendue, Coupure
- Row 2:** Rassemble, Loi d'ancien régime, Préfixe, Presque Corse, Entendre, Suc de fruit, Coup de pied, cm<sup>3</sup>
- Row 3:** Arbre, Pronom, Vêtement, Durs au pied, 1/1000 m, Elles font des bonbons
- Row 4:** Homme, Astéroïde, Oxyde, Type de barbe, S'échapper, Navire malais, Cirques, Action d'horloger
- Row 5:** Fromage, Réunir, Sentiment, Suite, Lombrie, Personnes, Interjection, Vaisseau Russe, Rendais service
- Row 6:** Faire le miroir, Ere, Respire, Langue, Transpirer, Narrer, Oterai, Marché, Obese
- Row 7:** Filets, Auroch, Calmais, Fumé, Après α, Fins, Mouche, Redonne, Costume, Récipient, Soude arabe, Partie de voile, Gallinacé
- Row 8:** Orifice, Tables, Instrument, Coupe, Tas de neige, Forteresse, Versant à l'ombre, Dose, Pronom
- Row 9:** Puniton, Va à la mer, Agacer, Interjection, Référence, Au lit, Participe passé, Groupe de maisons
- Row 10:** Traite des signes

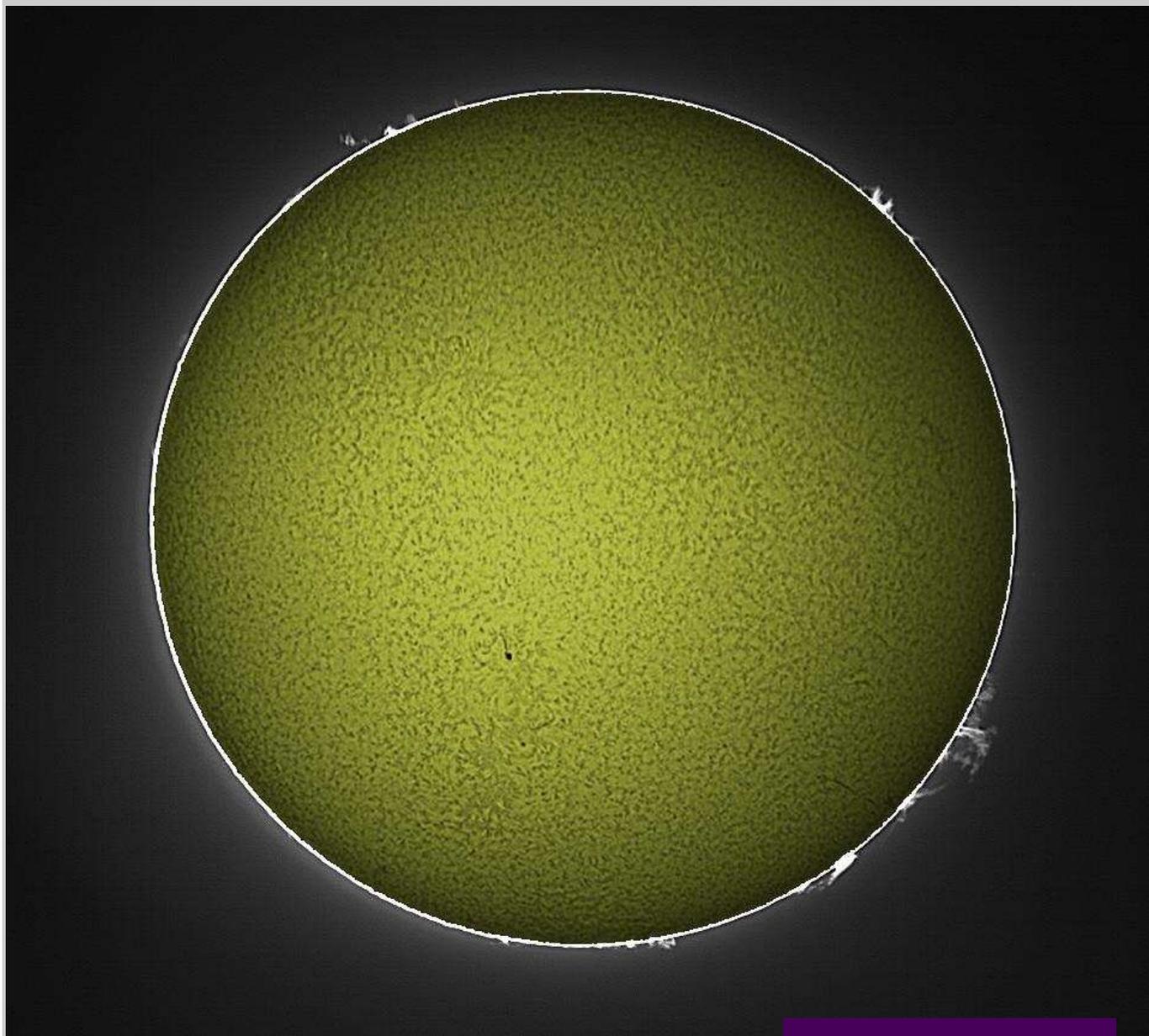
Numbers in the grid indicate word lengths:

- 1: 1 letter
- 2: 2 letters
- 3: 3 letters
- 4: 4 letters
- 5: 5 letters
- 6: 6 letters
- 7: 7 letters
- 8: 8 letters
- 9: 9 letters
- 10: 10 letters

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

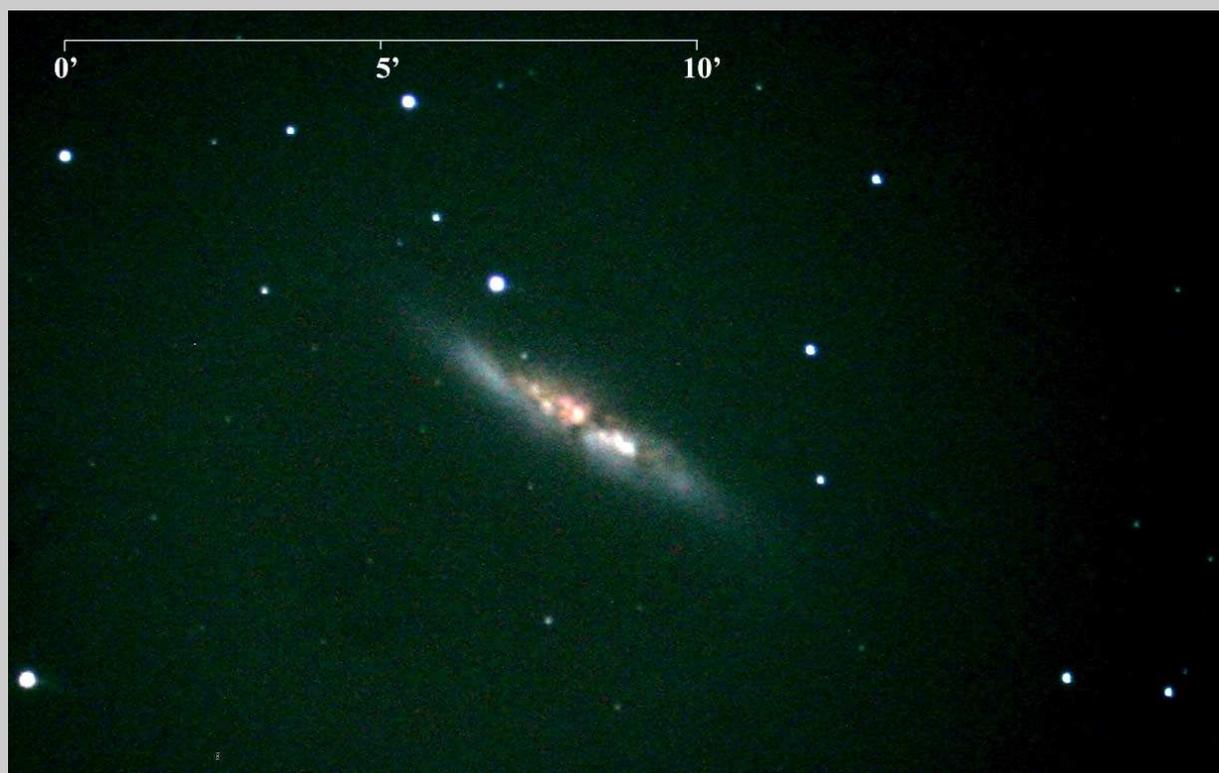
C'était il y a 15 ans...  
La première mission d'exploration du sol de la planète rouge.

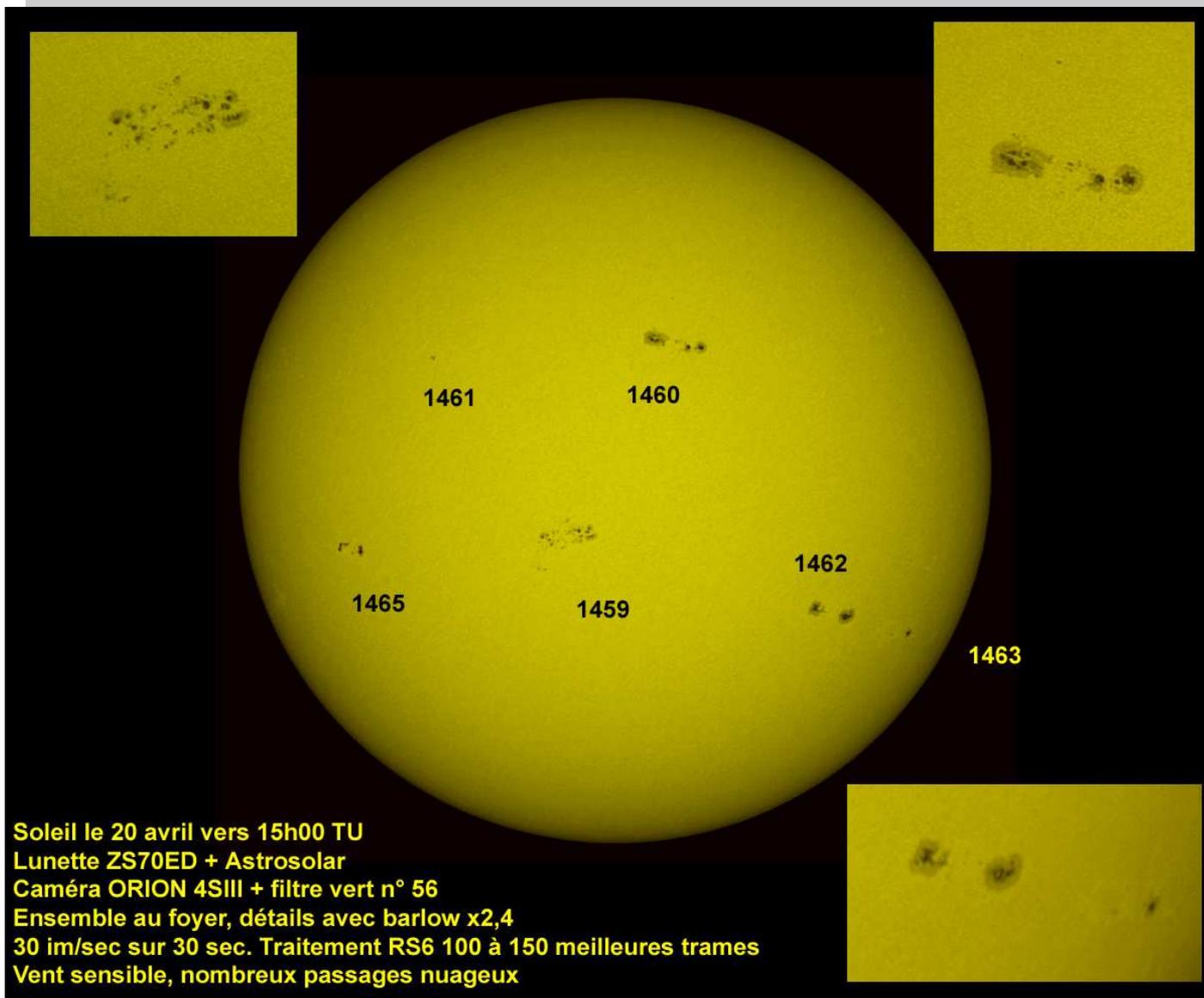
# Galerie



**Soleil** **Philippe**

PST + PL1 M  
(H alpha)  
28 mars





Soleil

Willy

M81

Willy

LXD55 + DSI-C  
 50 x 30s  
 27 mars  
 Plouzané (29)

M82

Gilles

C9,25 (F= 1480mm) + EOS 400D  
 5 min  
 Maurepas  
 25 mars

