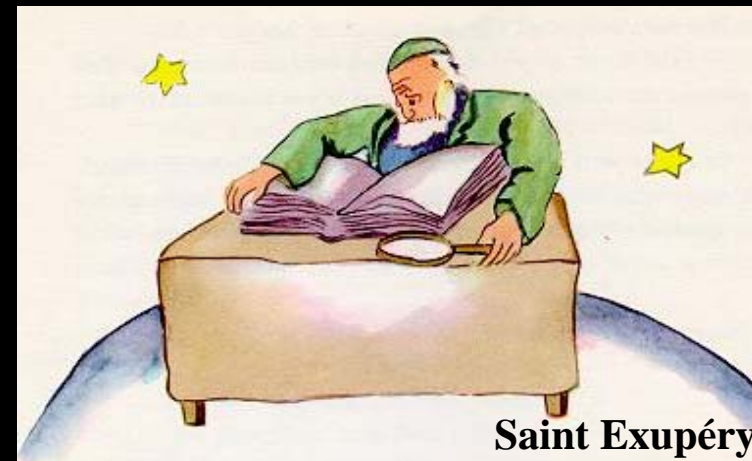


# La Cartographie dans le système solaire



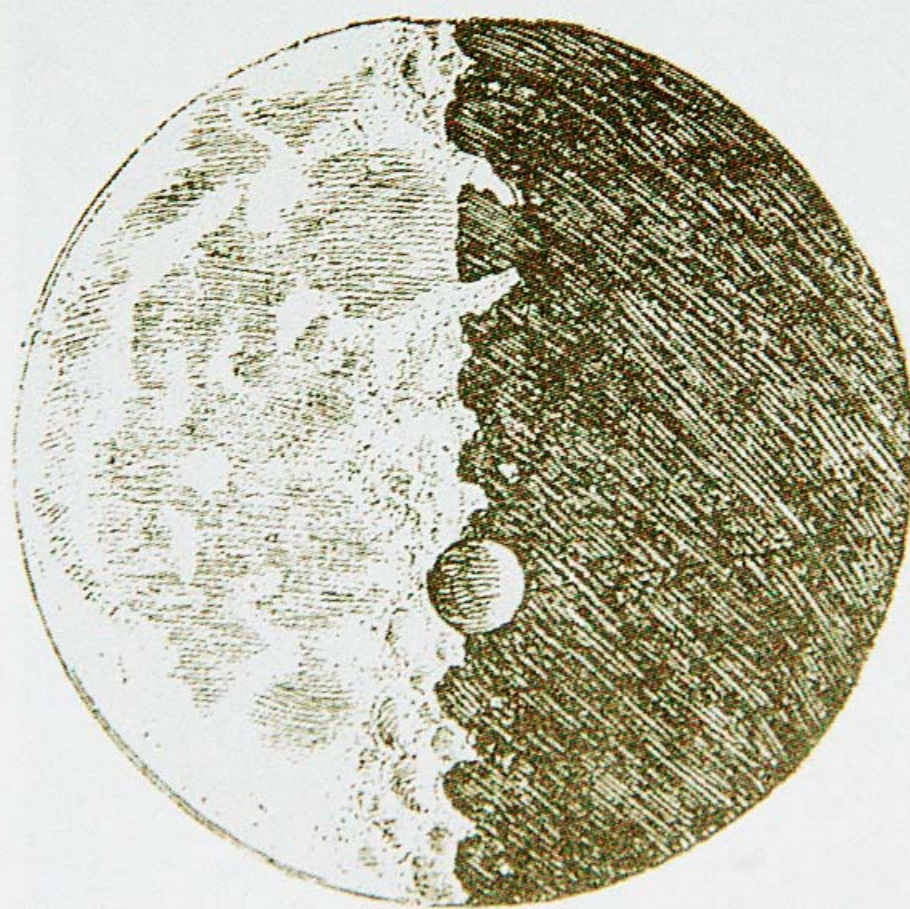
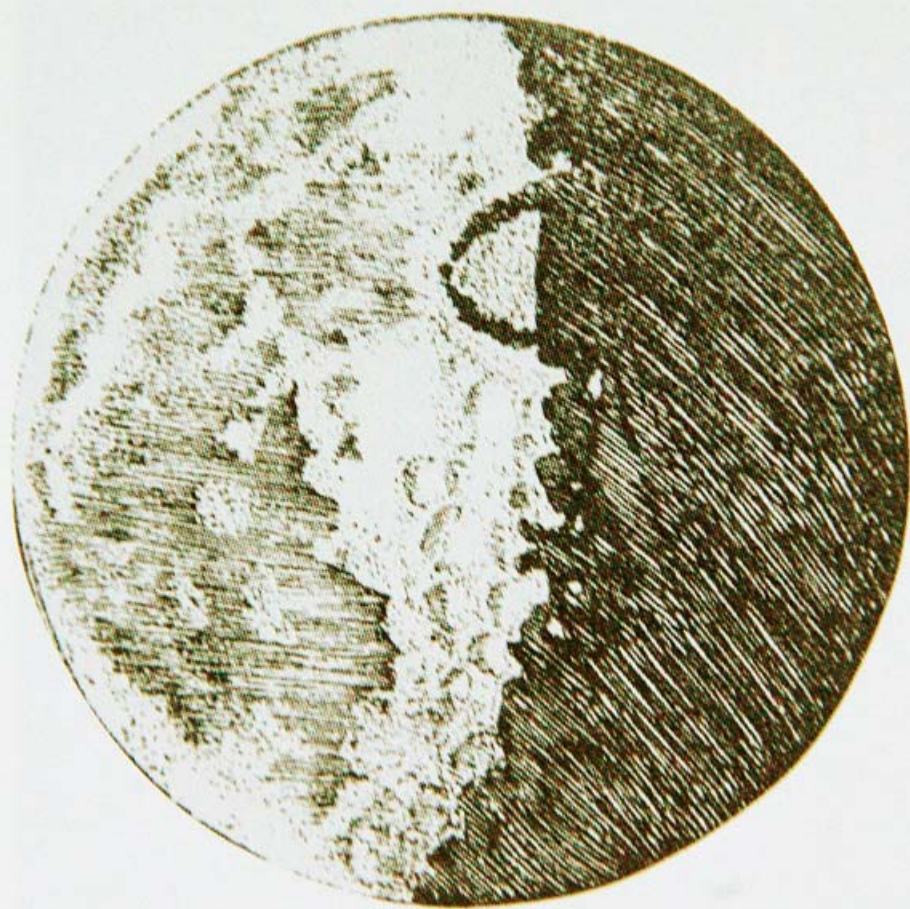
Pierre Thomas,  
ENS Lyon



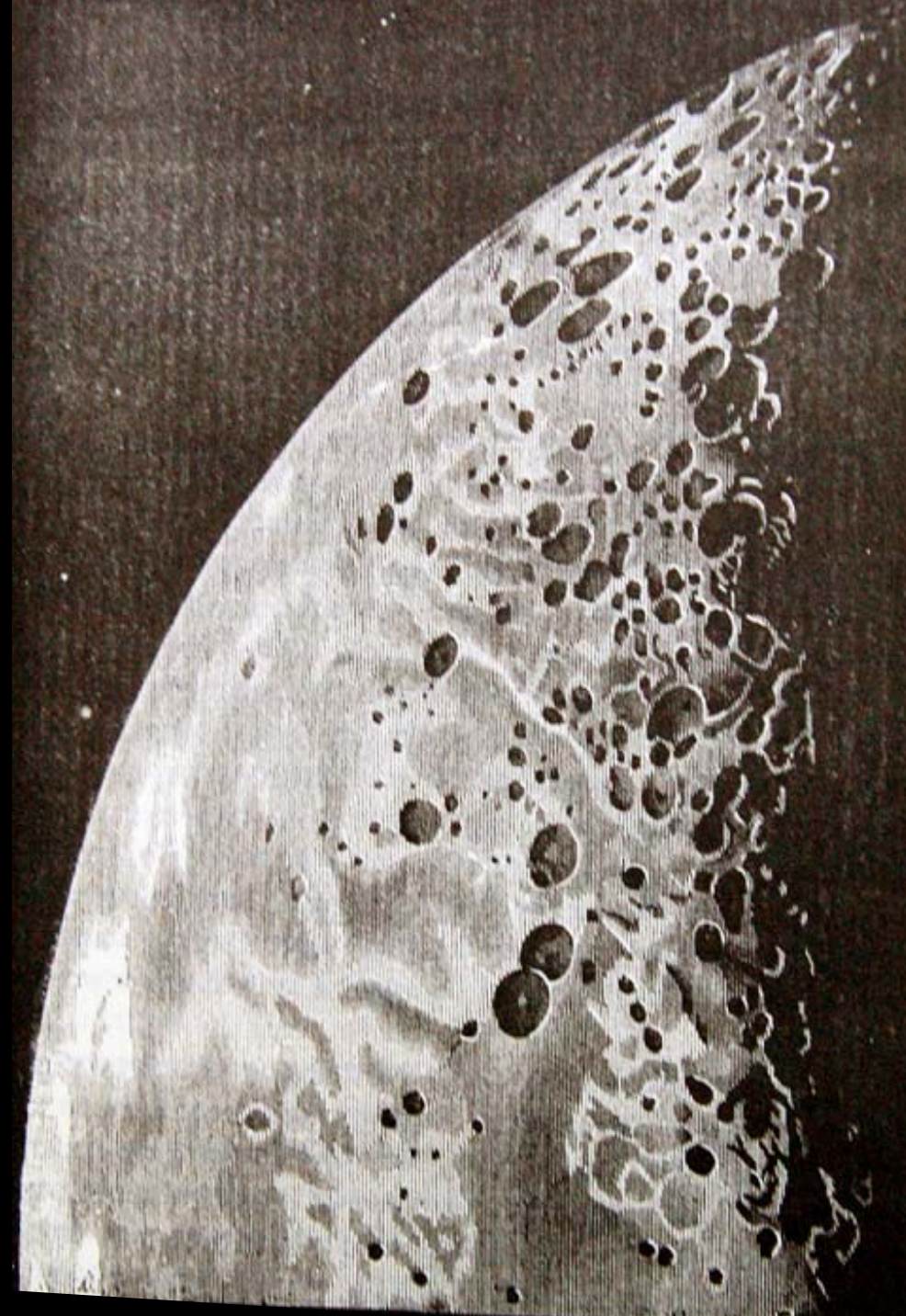


# Les premières cartes : celles de Galilée (1609-1610)

De « simples dessins » de ...







**... de ce qu'on  
voit avec les  
télescopes et  
lunettes de  
l'époque.**





**La première  
« vraie »  
carte, celle  
de Gian  
Domenico  
Cassini  
(1680)**



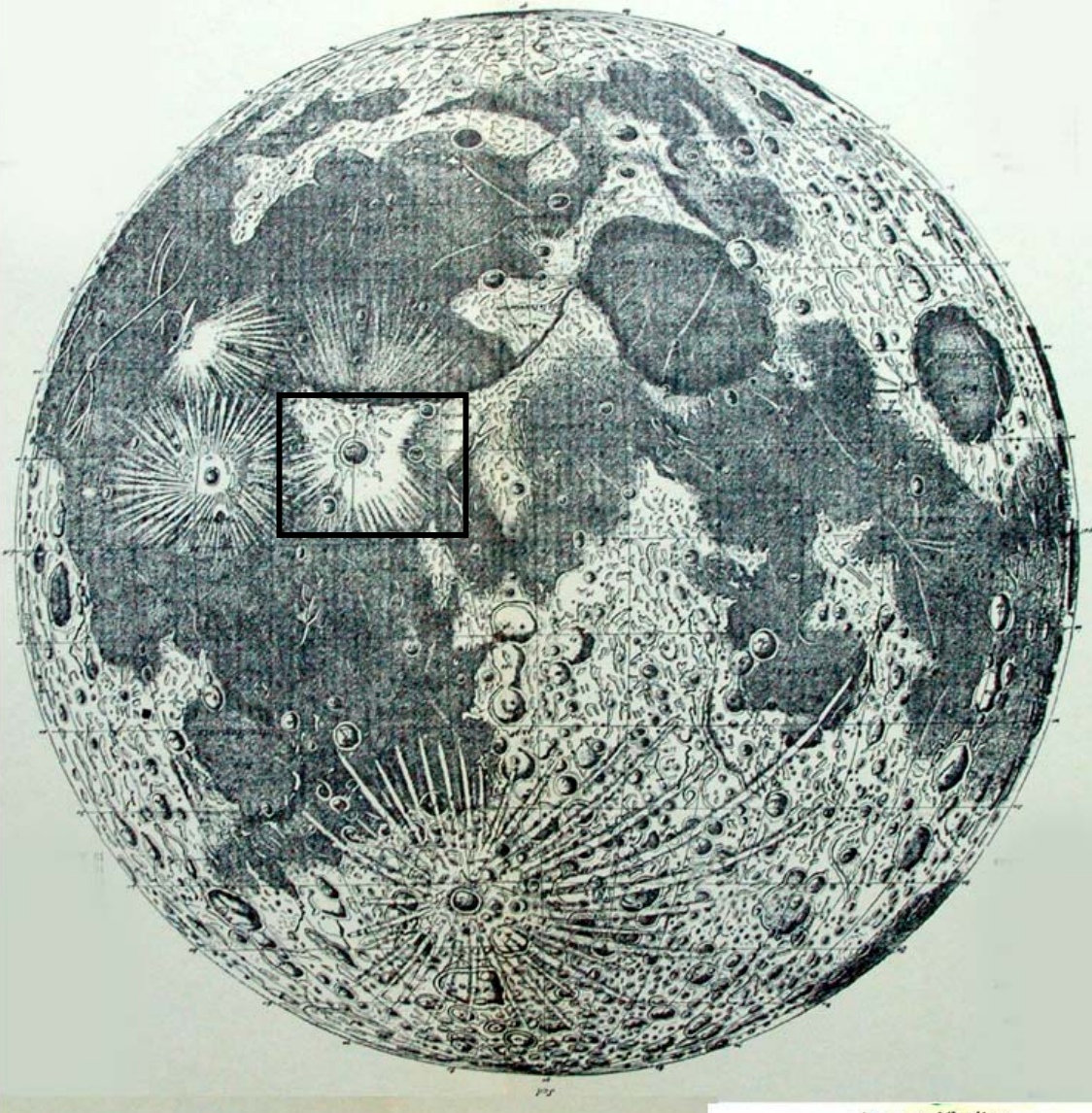
CARTE TOPOGRAPHIQUE  
DE LA LUNE  
Dressée et dessinée par E. Guillemin  
d'après la carte de Beer et Medler, et les photographies de W. de la Rue et de J. Nasmyth.



**Une carte des  
années 1875.  
Elle est  
« à l'envers »  
car dessinée  
d'après des  
images  
télescopiques**

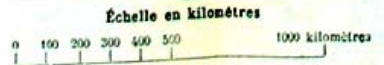


- |    |               |     |             |
|----|---------------|-----|-------------|
| 1  | Simpelius     | 96  | Jansen      |
| 2  | Boguslawski   | 97  | Pline       |
| 3  | Boussingault  | 98  | Ménélas     |
| 4  | Mutus         | 99  | Manlius     |
| 5  | Manzinus      | 100 | Elmhart     |
| 6  | Pentland      | 101 | Macrobe     |
| 7  | Curtius       | 102 | Cleomodes   |
| 8  | Zach          | 103 | Tralles     |
| 9  | Jacobi        | 104 | Roemer      |
| 10 | Lilius        | 105 | Le Monnier  |
| 11 | Pontécoulant  | 106 | Bessel      |
| 12 | Biela         | 107 | Halin       |
| 13 | Rosemberger   | 108 | Birckhardt  |
| 14 | Vlaq          | 109 | Berosé      |
| 15 | Nearch        | 110 | Bernoulli   |
| 16 | Hommel        | 111 | Geminus     |
| 17 | Pitticus      | 112 | Messala     |
| 18 | Bacon         | 113 | Franklin    |
| 19 | Cuvier        | 114 | Cepheé      |
| 20 | Licetus       | 115 | Possidonius |
| 21 | Steinheil     |     |             |
| 22 | Fabricius     |     |             |
| 23 | Meius         |     |             |
| 24 | Barocius      |     |             |
| 25 | Mastolycus    |     |             |
| 26 | Stoffler      |     |             |
| 27 | Purserius     |     |             |
| 28 | Ithica        |     |             |
| 29 | Silbertus     |     |             |
| 30 | Riccus        |     |             |
| 31 | Rabbi Levi    |     |             |
| 32 | Lindemann     |     |             |
| 33 | Zach          |     |             |
| 34 | Gemma Frisius |     |             |
| 35 | Aliaensis     |     |             |
| 36 | W. Humboldt   |     |             |
| 37 | Legesire      |     |             |
| 38 | Potan         |     |             |
| 39 | Snelius       |     |             |
| 40 | Stevinus      |     |             |
| 41 | Reichenbach   |     |             |
| 42 | Nesandre      |     |             |
| 43 | Borda         |     |             |
| 44 | Fracastor     |     |             |
| 45 | Santbech      |     |             |
| 46 | Piccolomini   |     |             |
| 47 | Polybius      |     |             |
| 48 | Sacrobosco    |     |             |
| 49 | Azophi        |     |             |
| 50 | Abenezra      |     |             |
| 51 | Playfair      |     |             |
| 52 | Apianus       |     |             |
| 53 | Werner        |     |             |
| 54 | Vendelinus    |     |             |
| 55 | Cook          |     |             |
| 56 | Colomb        |     |             |
| 57 | Beaumont      |     |             |
| 58 | Theophaie     |     |             |
| 59 | Cyrille       |     |             |
| 60 | Catharina     |     |             |
| 61 | Tacite        |     |             |
| 62 | Abulfeda      |     |             |
| 63 | Almamoun      |     |             |
| 64 | Geber         |     |             |
| 65 | Airy          |     |             |
| 66 | Parrot        |     |             |
| 67 | Albatagnis    |     |             |
| 68 | Langrenus     |     |             |
| 69 | Goclenius     |     |             |
| 70 | Guttemberg    |     |             |
| 71 | Capella       |     |             |
| 72 | Isidore       |     |             |
| 73 | Hypatia       |     |             |
| 74 | Delambre      |     |             |
| 75 | Hipparque     |     |             |
| 76 | Schubert      |     |             |
| 77 | Neper         | 116 | Callippe    |
| 78 | Firmicus      | 117 | Théopéte    |
| 79 | Apollonius    | 118 | Cassini     |
| 80 | Taruntius     | 119 | Ausonicus   |
| 81 | Maskelyne     | 120 | Aristillus  |
| 82 | Sabine        | 121 | Mercuré     |
| 83 | Ritter        | 122 | Atlas       |
| 84 | Arago         | 123 | Hercule     |
| 85 | Jules César   | 124 | Mason       |
| 86 | Agrippa       | 125 | Burg        |
| 87 | Godin         | 126 | Eudoxe      |
| 88 | Rheticus      | 127 | Aristote    |
| 89 | Triemseker    | 128 | Egede       |
| 90 | Condorcet     | 129 | Endymion    |
| 91 | Auzouf        | 130 | Démocrite   |
| 92 | Cap Agarum    | 131 | Ch. Mayer   |
| 93 | Ward          | 132 | Archytas    |
| 94 | Proclus       | 133 | Barrow      |
| 95 | Vitruve       | 134 | Soaresby    |



- |    |              |     |                |
|----|--------------|-----|----------------|
| 1  | Malapert     | 39  | Walter         |
| 2  | Cabeus       | 40  | Hell           |
| 3  | Short        | 41  | Gauricus       |
| 4  | Newton       | 42  | Wurzelbauer    |
| 5  | Morel        | 43  | Plinius        |
| 6  | Cassius      | 44  | Cicero         |
| 7  | Klaproth     | 45  | Cassianus      |
| 8  | Wilson       | 46  | Ramsden        |
| 9  | Cyrtus       | 47  | Kies           |
| 10 | Gruberberger | 48  | Mercator       |
| 11 | Blancanus    | 49  | Campadius      |
| 12 | Scheiner     | 50  | Vitello        |
| 13 | Kircher      | 51  | Pourier        |
| 14 | Bottinus     | 52  | Vicia          |
| 15 | Bally        | 53  | Piazzi         |
| 16 | Clavius      | 54  | Lagrange       |
| 17 | Rost         | 55  | Bovard         |
| 18 | Saguer       | 56  | Racionmontanus |
| 19 | Ausen        | 57  | Purbach        |
|    |              | 58  | Thebit         |
|    |              | 59  | Boullaud       |
|    |              | 60  | Lahmizki       |
|    |              | 61  | Agatharohide   |
|    |              | 62  | Merseuse       |
|    |              | 63  | Cavendish      |
|    |              | 64  | Arachiel       |
|    |              | 65  | Alphonse       |
|    |              | 66  | Alpeirage      |
|    |              | 67  | Guerika        |
|    |              | 68  | Lasemai        |
|    |              | 69  | Leironne       |
|    |              | 70  | Hansteen       |
|    |              | 71  | Billy          |
|    |              | 72  | Zapus          |
|    |              | 73  | Fuatana        |
|    |              | 74  | Sirsalia       |
|    |              | 75  | Cruzer         |
|    |              | 76  | Eichstadt      |
|    |              | 77  | Rocca          |
|    |              | 78  | Piotémé        |
|    |              | 79  | Herschel       |
|    |              | 80  | Möting         |
|    |              | 81  | Alaxande       |
|    |              | 82  | Parry          |
|    |              | 83  | Landsberg      |
|    |              | 84  | Flemstond      |
|    |              | 85  | Gronaldi       |
|    |              | 86  | Riccioli       |
|    |              | 87  | Pellus         |
|    |              | 88  | Gambart        |
|    |              | 89  | Scadius        |
|    |              | 90  | Eratosthène    |
|    |              | 91  | Copernic       |
|    |              | 92  | Reinhold       |
|    |              | 93  | Eouke          |
|    |              | 94  | Kepler         |
|    |              | 95  | Marius         |
|    |              | 96  | Renner         |
|    |              | 97  | Hevinius       |
|    |              | 98  | Oibers         |
|    |              | 99  | Cardan         |
|    |              | 100 | Kraft          |
|    |              | 101 | Archimède      |
|    |              | 102 | Timocharis     |
|    |              | 103 | Lambert        |
|    |              | 104 | Pythias        |
|    |              | 105 | Eiser          |
|    |              | 106 | Diophante      |
|    |              | 107 | Aristarque     |
|    |              | 108 | Soleucus       |
|    |              | 109 | Briggs         |
|    |              | 110 | Delisle        |
|    |              | 111 | Le Verrier     |
|    |              | 112 | Heiloon        |
|    |              | 113 | Bianchini      |
|    |              | 114 | Sharp          |
|    |              | 115 | Mairan         |
|    |              | 116 | Lavoisier      |
|    |              | 117 | Platon         |
|    |              | 118 | La Condaminé   |
|    |              | 119 | Harpalus       |
|    |              | 120 | Éleopide       |
|    |              | 121 | Cleomstrate    |
|    |              | 122 | Repaoid        |
|    |              | 123 | Timas          |
|    |              | 124 | Fontenelle     |
|    |              | 125 | Horrebow       |
|    |              | 126 | Epigène        |
|    |              | 127 | Philolads      |
|    |              | 128 | Anaximéde      |
|    |              | 129 | Sommerius      |
|    |              | 130 | Pythagore      |
|    |              | 131 | Anaxagore      |
|    |              | 132 | Goja           |

CARTE GÉOGRAPHIQUE DE LA LUNE



Paris — Imp. Gauthier-Villars.

Sur ces cartes, un système de coordonnées, une toponymie.



# LUNAR CHART

SCALE 1:1,000,000

UNITED STATES GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 1964 O 350-000

FOR SALE BY THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS, 4800 RILEY DRIVE, WASHINGTON, D.C. 20540

1964 EDITION, APRIL 1964



## COPERNICUS LAC 58

Scale 1:1,000,000 at 17°30' N

pub. 1970, APRIL 1964

### NOTES

This chart was prepared with data furnished by the U.S. Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) and the Lunar Reconnaissance Orbiter Camera (LROC) and is based on the data furnished by the U.S. Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) and the Lunar Reconnaissance Orbiter Camera (LROC).

### CONTROL

The position of Copernicus on this chart was determined through the use of astronomical observations. The position of Copernicus on this chart was determined through the use of astronomical observations.

### VERTICAL DATUM

Vertical datum is based on an assumed spheroidal figure of the moon and mean radius of 1738 kilometers. The datum is the mean radius of the spheroidal figure of the moon and mean radius of 1738 kilometers.

### HEIGHTS

Estimated heights of features are indicated by contour lines. The contour interval is 100 meters. The contour interval is 100 meters.

### REFERENCES

All elevations are shown in meters. The vertical height of most lunar features is determined from the lunar surface and is based on the datum of the spheroidal figure of the moon and mean radius of 1738 kilometers.

### CONTOURS

Contour interval is 100 meters. Contour interval is 100 meters.

### UNITS

The metric system units adopted from the 1955 International Astronomical Union nomenclature are used in this chart. The metric system units adopted from the 1955 International Astronomical Union nomenclature are used in this chart.

### GENERAL

The map features were derived from the 1955 International Astronomical Union nomenclature and are based on the data furnished by the U.S. Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) and the Lunar Reconnaissance Orbiter Camera (LROC).

### COASTLINE

The coastline of the lunar maria and impact basins is shown on this chart. The coastline of the lunar maria and impact basins is shown on this chart.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

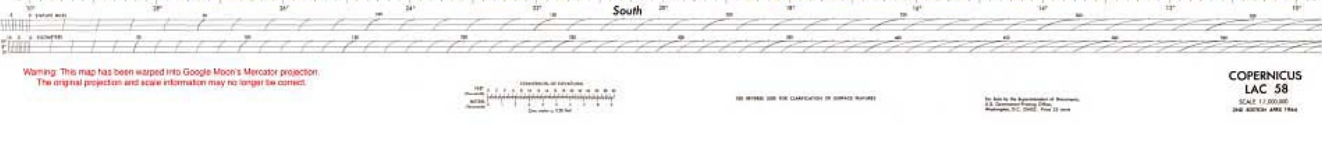
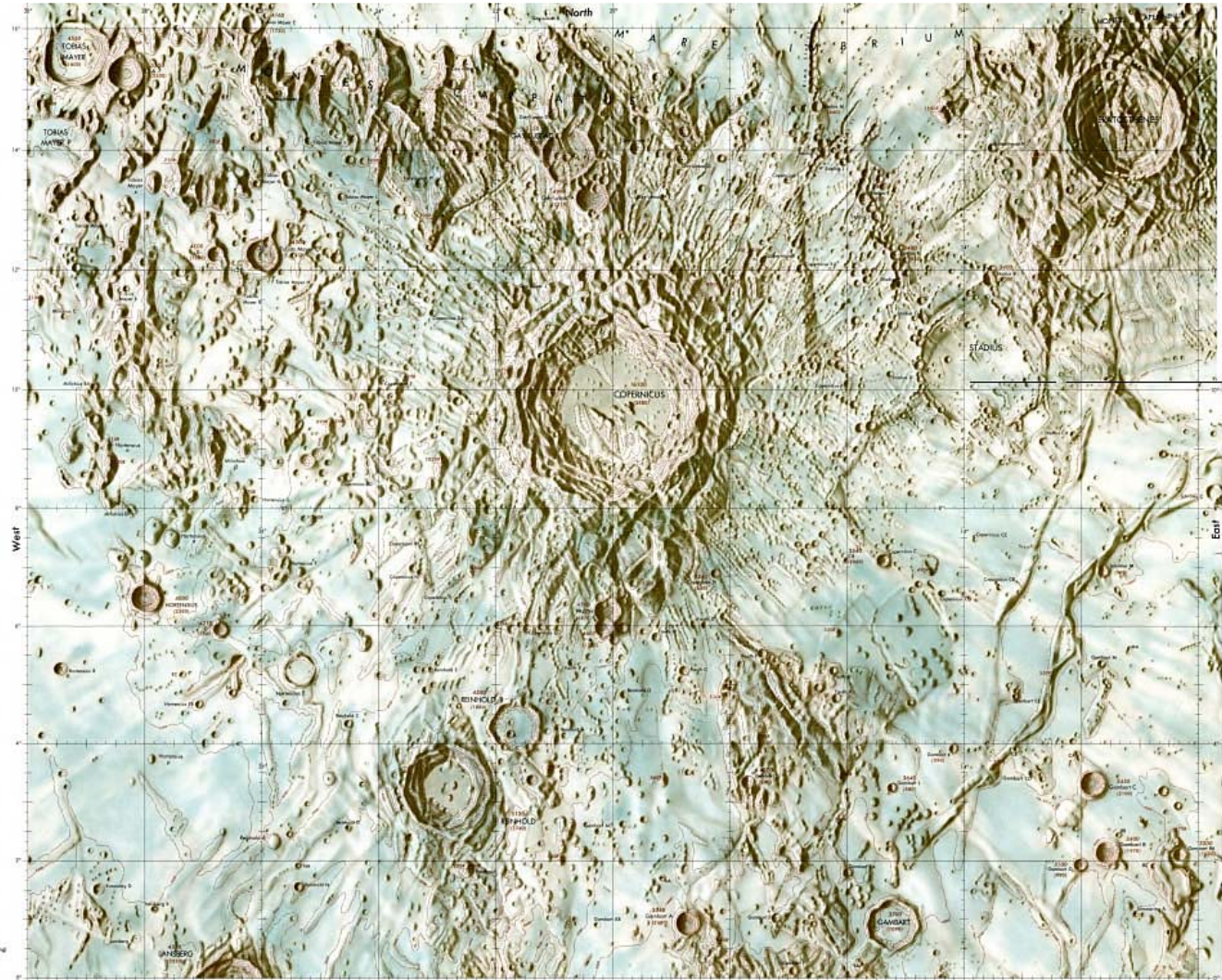
This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.

### MAP PROJECTIONS

This chart uses the Mercator projection. This chart uses the Mercator projection.



Warning: This map has been warped into Google Moon's Mercator projection. The original projection and scale information may no longer be correct.

© 1970 U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 1964 O 350-000

FOR SALE BY THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS, 4800 RILEY DRIVE, WASHINGTON, D.C. 20540

Scale 1:1,000,000 at 17°30' N

pub. 1970, APRIL 1964

**Ce qu'on fait de mieux avant l'exploration de l'espace (fin des années 1960). Le principe de ces cartes « morphologique » est encore très utilisé.**



**On fait la même chose avec Mercure, Vénus (comme ici) et Mars. On y « voit » des zones d'albedo différent.**

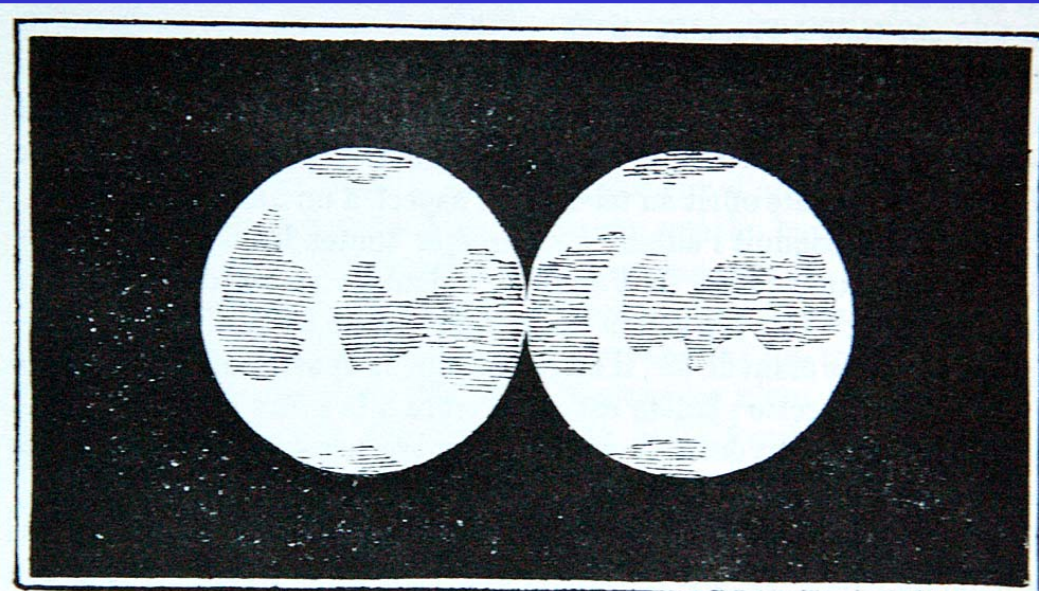


Fig. 206. — Aspect géographique rudimentaire de la planète Vénus.

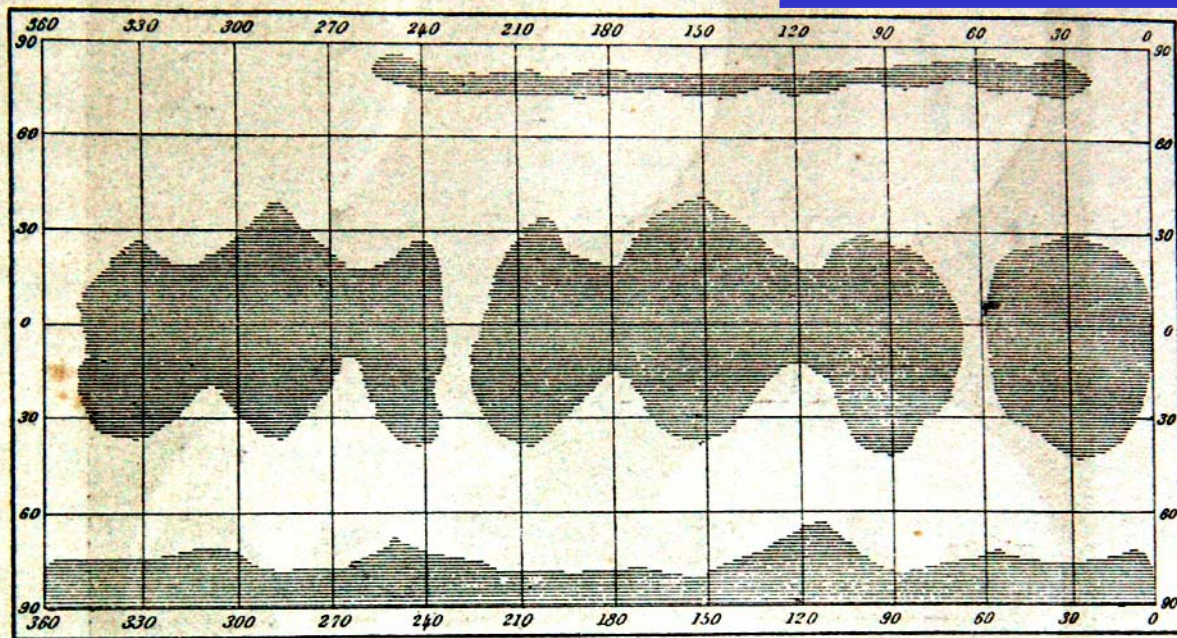
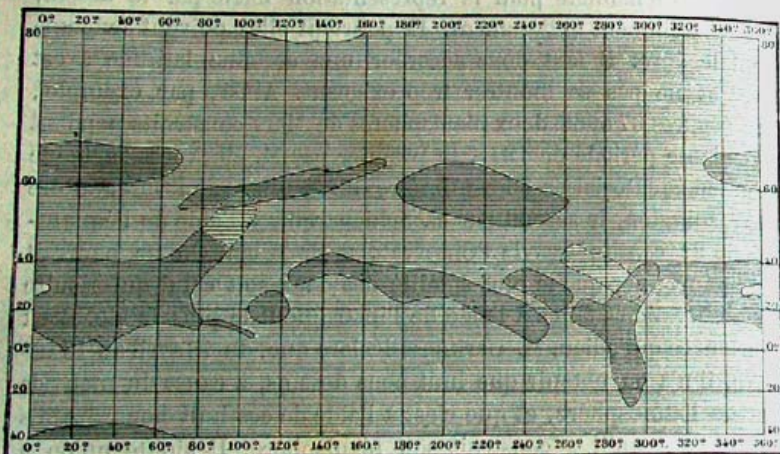


Fig. 92. Planisphère de Vénus, d'après Bianchini.

**Mais « on » est à la limite de la résolution des instruments, et « on » dessine et cartographie souvent n'importe quoi (illusion d'optique, ce qu'on croit -ou veut- voir ...)**



parler. Elles suggèrent aussi une autre réflexion, celle de savoir si les lunettes colossales, qui permettent de sonder les abîmes des profondeurs sidérales et de résoudre les pâles nébuleuses en amas d'étoiles, sont véritablement préférables aux instruments de moyenne puissance pour l'étude des planètes. Plus l'instrument est fort, plus les obstacles venant des ondes atmosphériques augmentent. M. Harkness attribue une partie de l'insuffisance des vues de la planète, au fait qu'elle avait une grande déclinaison sud. Mais l'Observatoire de Washington est plus près de l'équateur que celui



E. Hellié, sc.

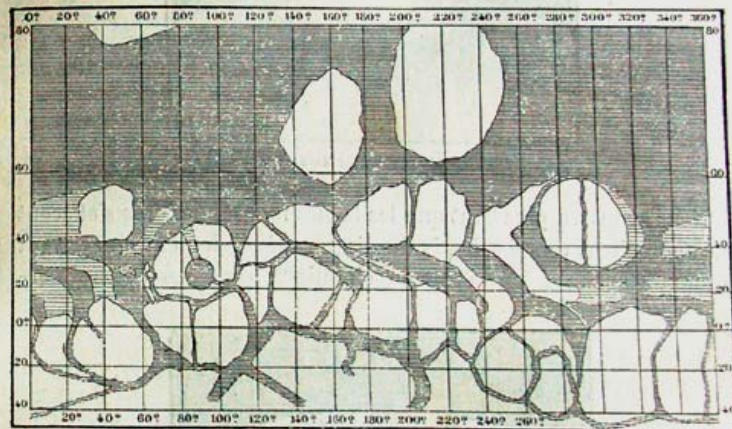
Fig. 67. — Carte de Mars faite en 1877 à l'Observatoire de Washington.

de Milan, sa latitude étant de 39°, tandis que celle de Milan est de 45°. Donc la planète était plus élevée sur le premier horizon que sur le second.

Voici maintenant, pour la connaissance de la météorologie martienne, quelques autres détails non moins intéressants.

Le 1<sup>er</sup> septembre 1877, à 10 heures 40 minutes du soir, M. Green, observateur de l'Observatoire de Washington, a remarqué à l'ouest de la calotte polaire un point

p. 32). Mais on en aura une idée plus complète par l'examen du petit dessin ci-après (fig. 69) qui représente seulement le pôle Sud de la planète accompagné de la particularité dont il s'agit. « Selon toute probabilité, écrit l'observateur lui-même, c'était là de la neige restant encore sur un sol élevé, tandis qu'elle avait fondu tout autour à des niveaux inférieurs. Ce point brillait comme une étoile, et il était impossible de ne pas le remarquer. Le 8 septembre, à minuit 30 minutes, j'eus de nouveau l'occasion de l'observer, mais alors on distinguait parfaitement deux points séparés, et deux jours plus tard, de 10 à 11 heures 30 minutes, on en distinguait encore d'autres concentriques à la zone des neiges, comme on le voit figure 70. Ces alté-



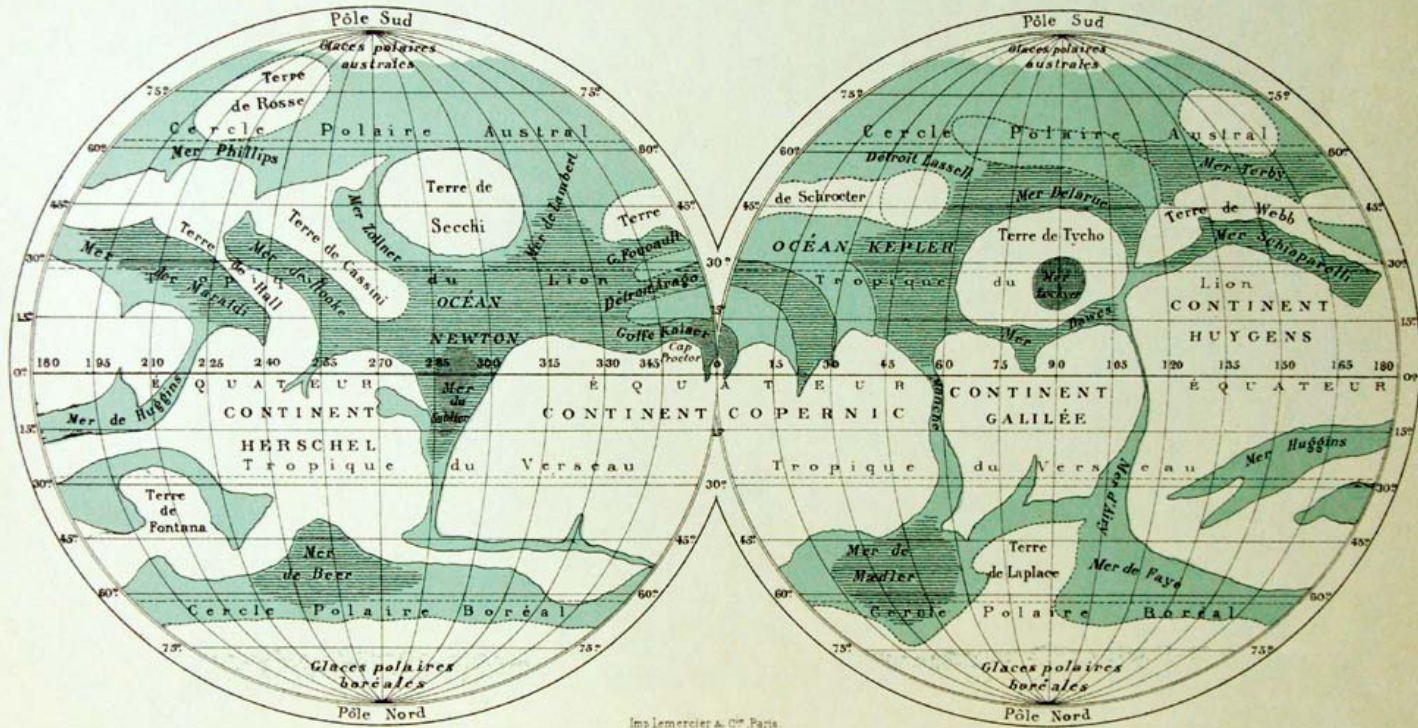
E. Hellié, sc.

Fig. 68. — Carte de Mars faite en 1877 à l'Observatoire de Milan.

rations de formes étaient sans doute dues à la perspective, ces diverses taches neigeuses s'étant présentées presque de profil lors de l'observation du 1<sup>er</sup> septembre. On ne les a jamais vues à l'Est du cap polaire, et c'est là une circonstance d'un intérêt particulier. En effet, leur grand éclat à l'Ouest du pôle, leur décroissance en passant par le méridien central, et leur invisibilité en arrivant au côté oriental, s'explique naturellement en supposant que les pentes des montagnes qui conservaient cette neige étaient tournées au Sud-Ouest; de cette sorte elles étaient abritées des rayons solaires pendant la plus grande partie d'une rotation; mais elles étaient pleinement exposées à sa lumière, et par conséquent mieux vues.

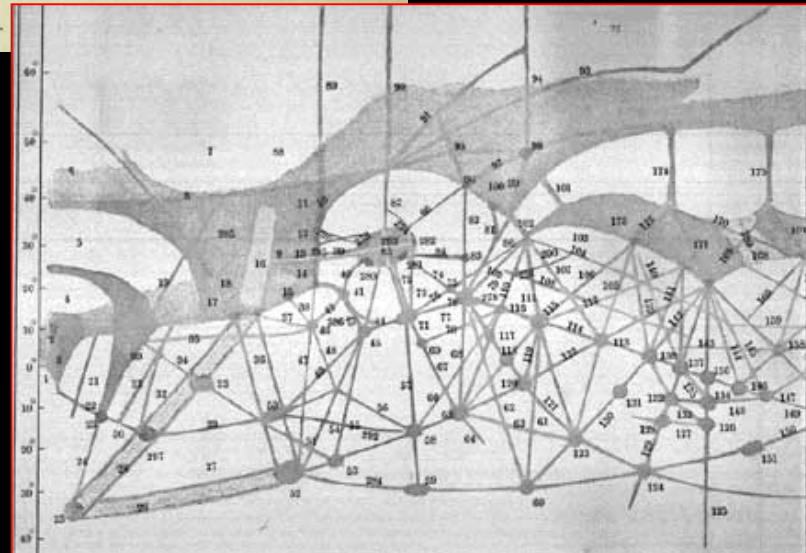
**Exemple de deux planisphères martiens exécutés la même année (1877). No comment !!**





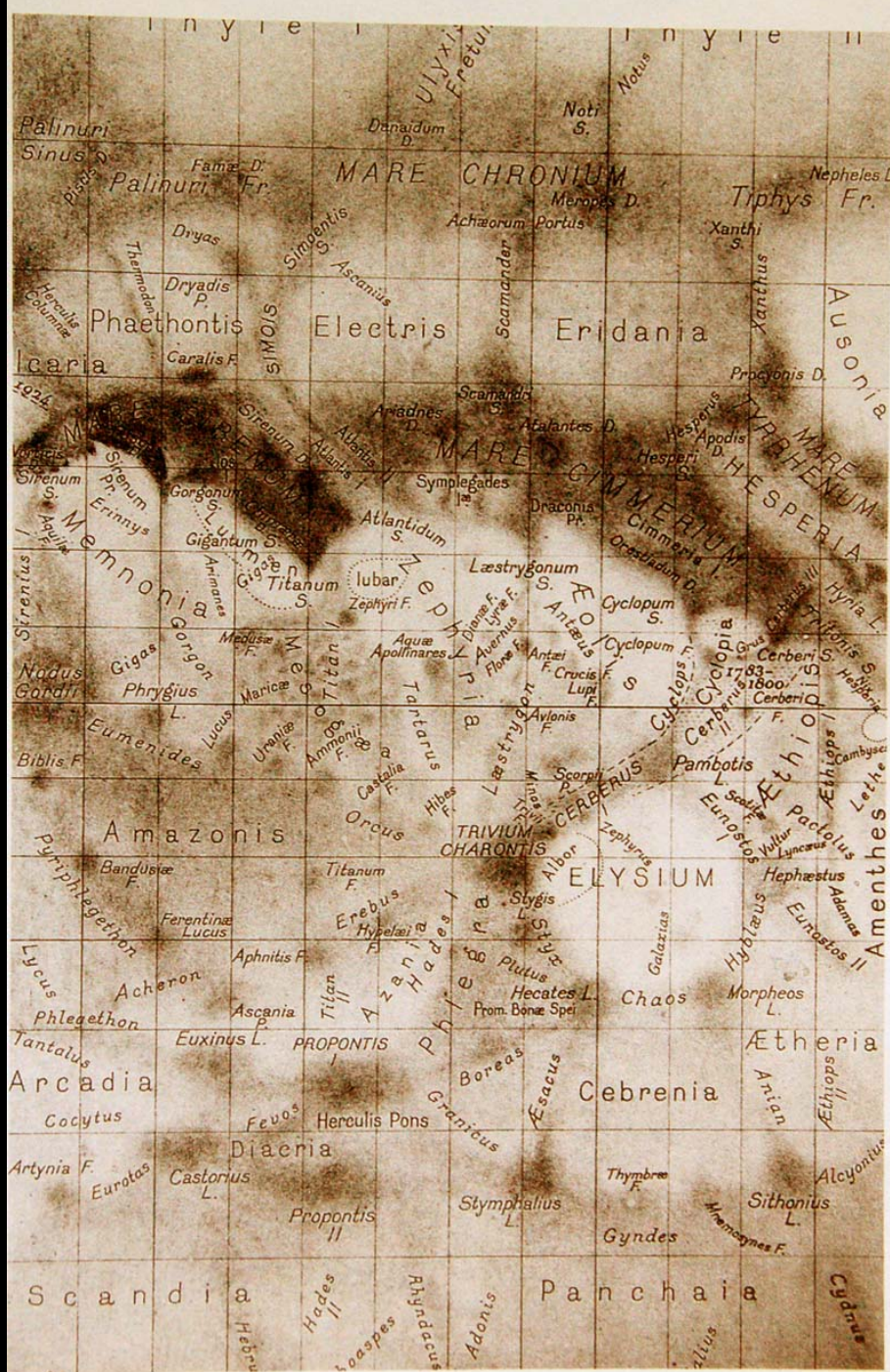
MAPPEMONDE GÉOGRAPHIQUE DE LA PLANÈTE MARS.

**On y dessine des mers, des continents ... D'aucuns ont cru voir et ont dessiné des « canaux », apothéose de l'illusion « optico-psychologique ».**





**Ce qu'on faisait de mieux au télescope sur Mars. Les grandes taches claires et sombres se sont avérées réelles avec les sondes en orbite martienne. Leurs noms donnés à l'époque ont été conservés dans la toponymie actuelle.**

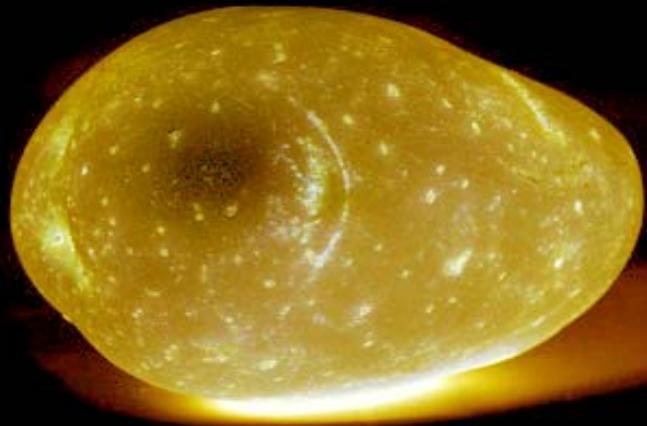
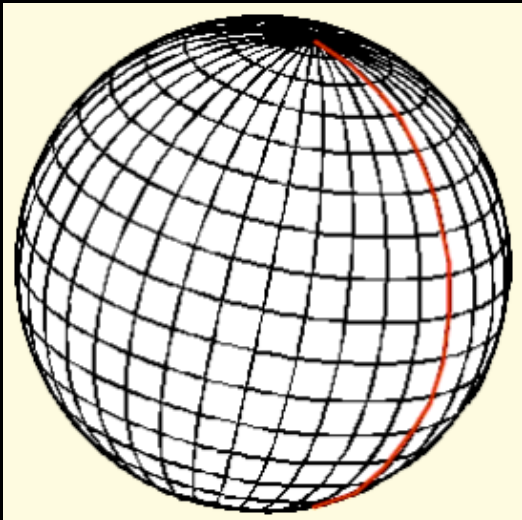




**Si les pôles et l'équateur sont définis astronomiquement, comment fixe-t-on le méridien d'origine, et de là tout le système des coordonnées ? Au « hasard » sur Mars et Vénus (comme sur Terre), astronomiquement ailleurs.**

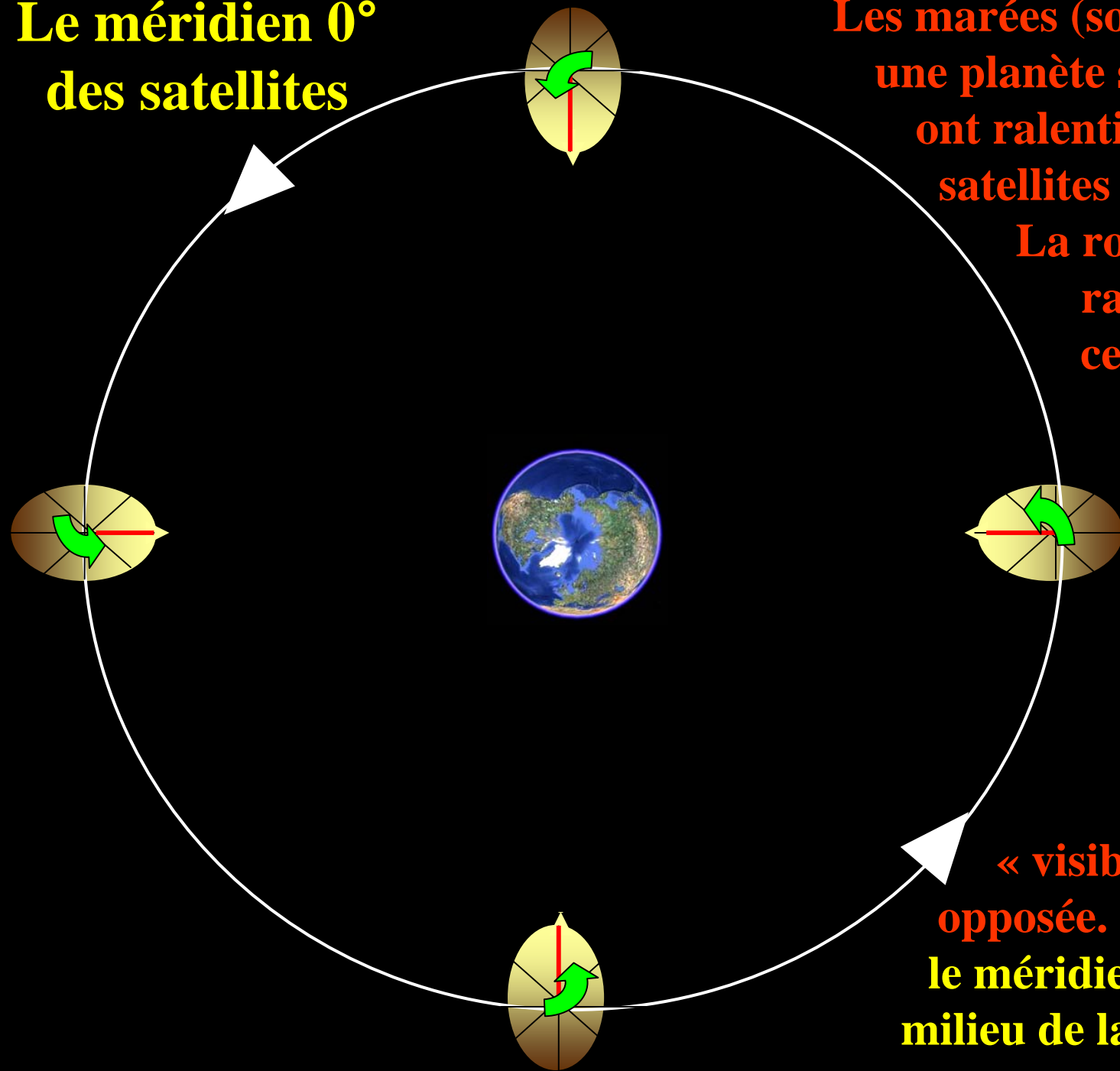
**Comment carte-t-on les corps non sphériques ?**

**Et comment détermine-t-on la toponymie de tous les éléments morphologiques (cratères, volcans, vallées ...) nouvellement découverts ?**





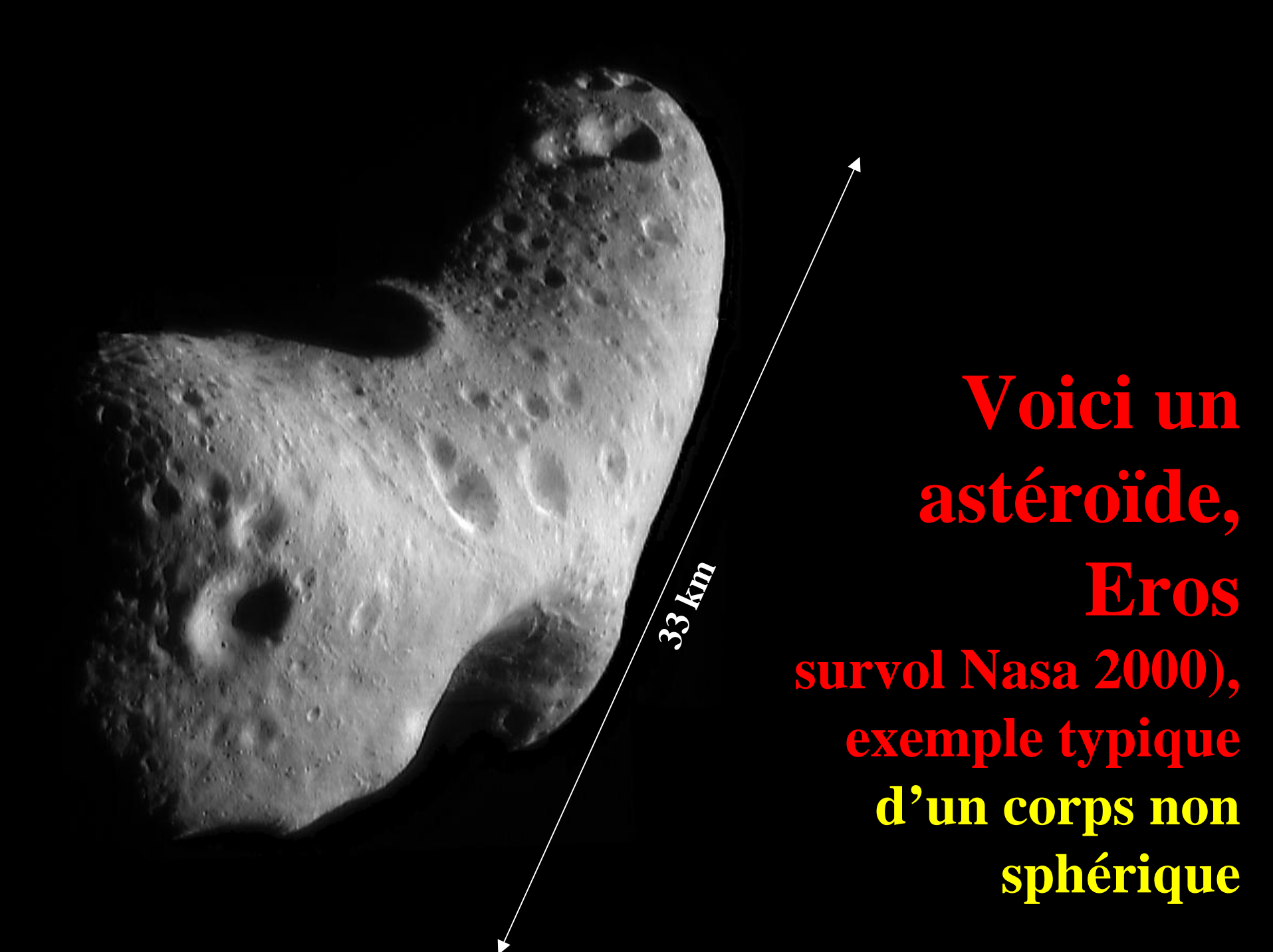
# Le méridien 0° des satellites



Les marées (solides) faites par une planète sur ses satellites ont ralenti la rotation des satellites sur eux-mêmes.

La rotation a ralenti, ralenti ... jusqu'à ce que sa période soit égale à la période de révolution autour de la planète. Il y a donc une face dirigée vers la planète (face « visible ») et une face opposée. Par convention, le méridien 0 passe par le milieu de la face « visible »

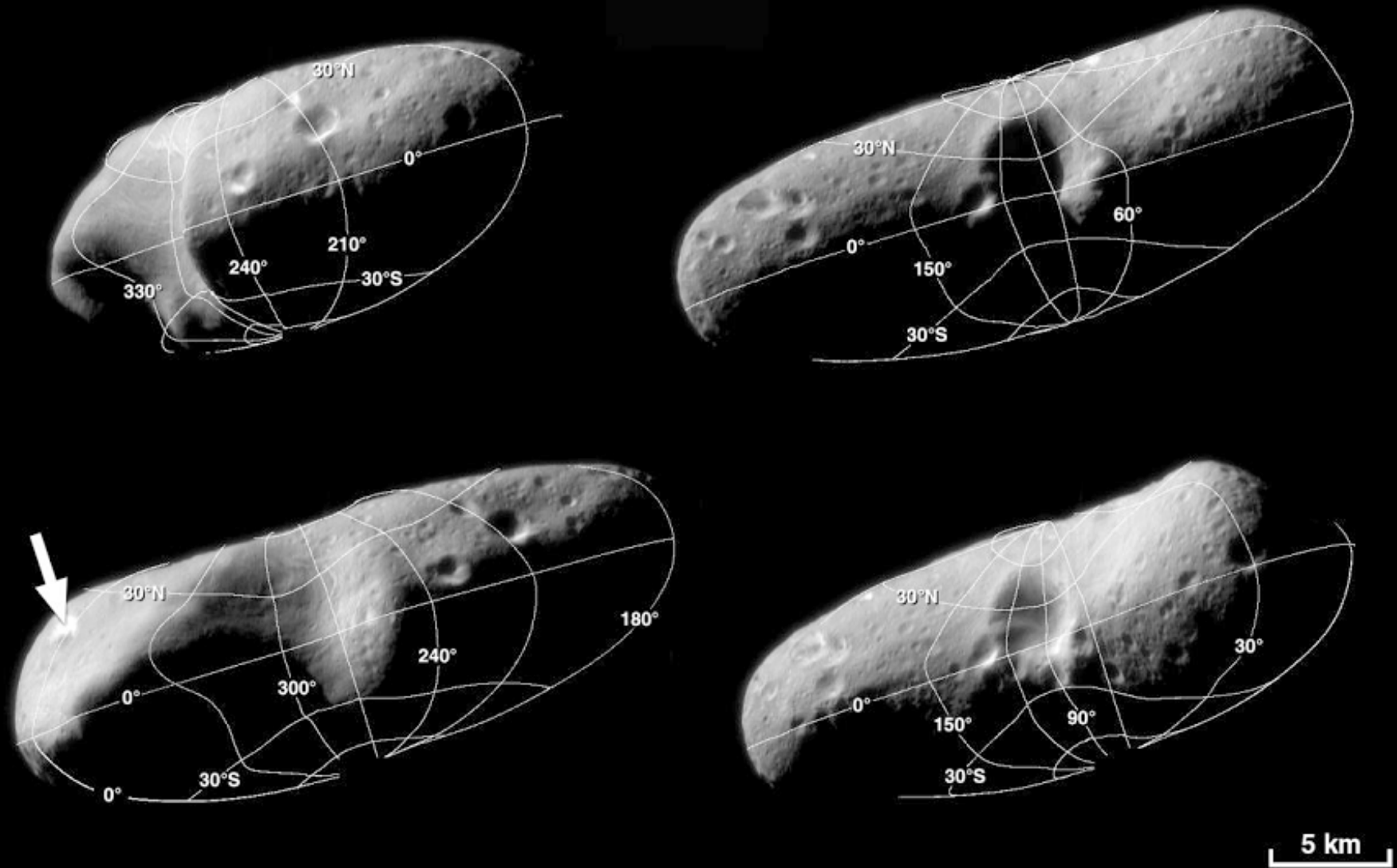




33 km

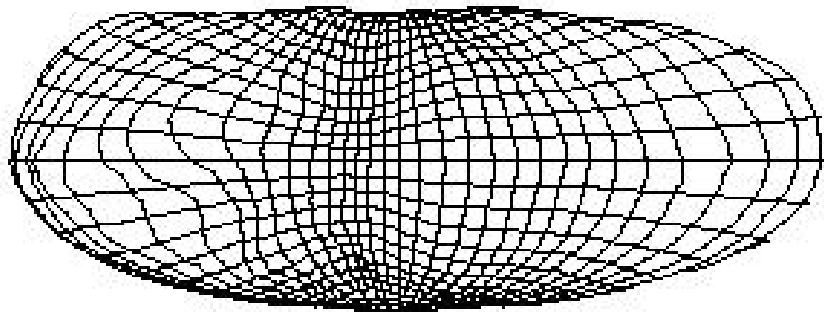
**Voici un  
astéroïde,  
Eros  
(survol Nasa 2000),  
exemple typique  
d'un corps non  
sphérique**



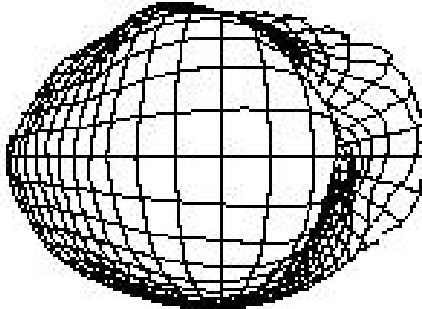
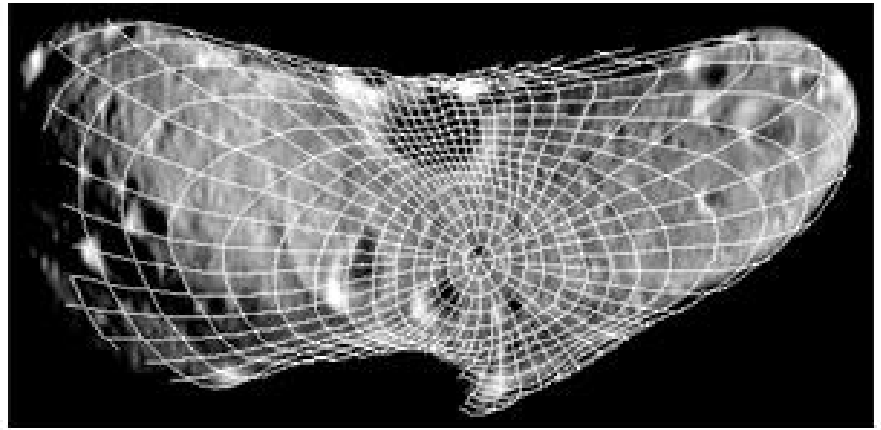


**On établit même des systèmes de coordonnées et des cartes sur les objets non sphériques comme Eros**

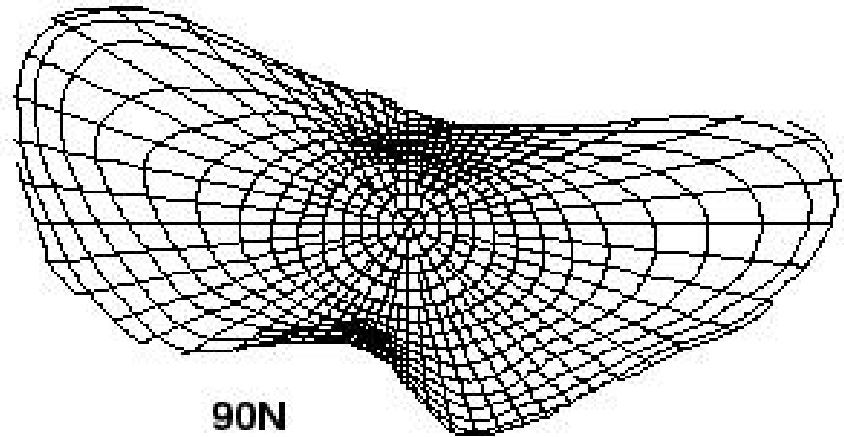




0,270W



0,180W



90N

**Eros vu et carté par devant et par derrière  
(et tout ça en tout bien tout honneur) !**

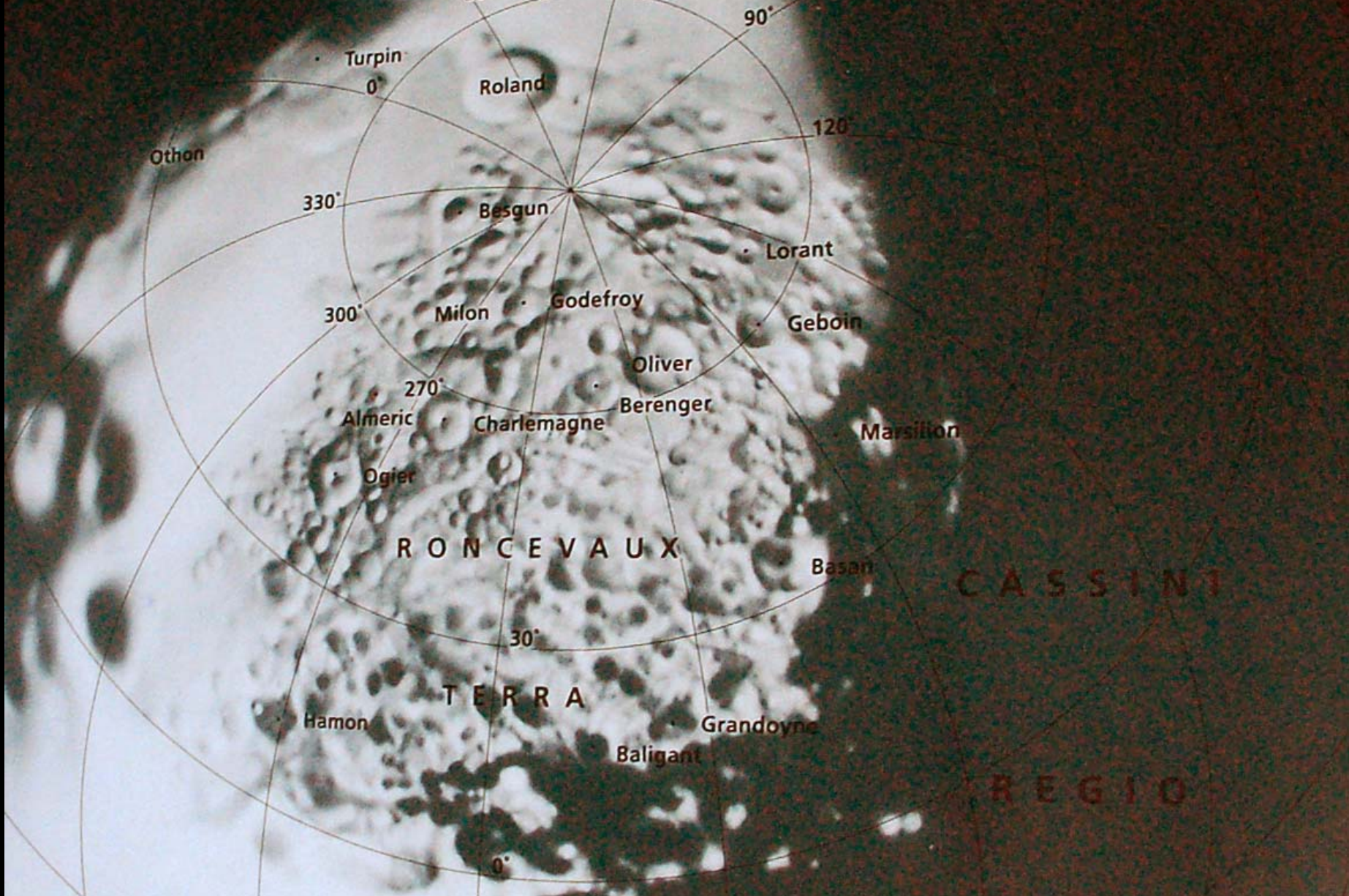


C'est l'UAI qui détermine la nouvelle **toponymie**.

Sauf pour la Lune et Mars où les plus grandes figures ont des noms « anciens », les noms choisis sont pris parmi les grands hommes (artistes, savants ... de toutes les parties du monde, religieux et vivants exclus), des noms de lieux, des noms extraits des légendes et grands mythes de toute l'humanité... On trouve ainsi les cratères Vivaldi, Ahmad Baba, Walhalla, Osiris, Zeami ... les régions Ishtar, Prométhé, Cipango ...

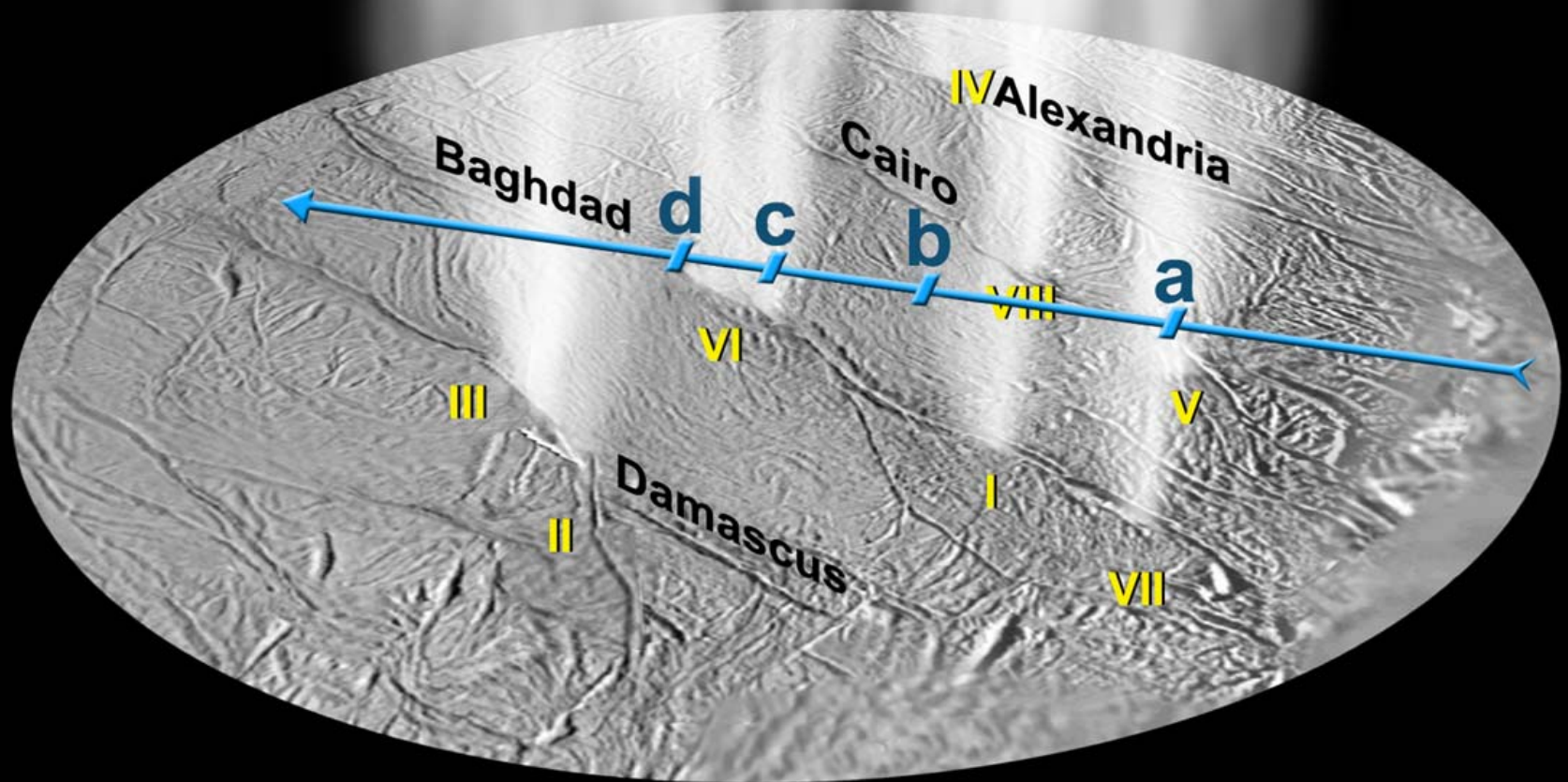






**On trouve ainsi les héros de la *Chanson de Roland* sur Japet, satellite de Saturne.**

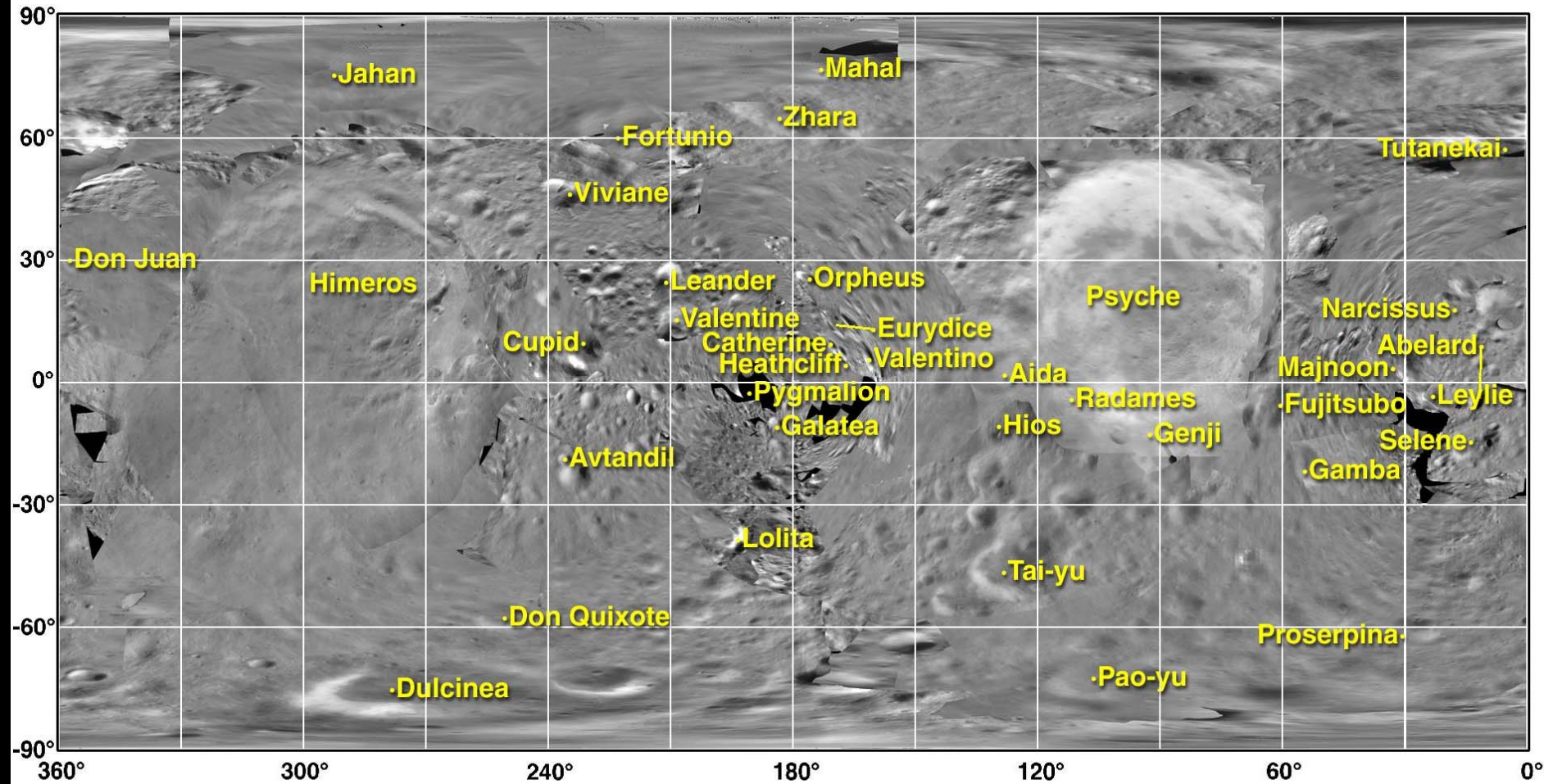




**Et avant son départ, Georges Bush a eu « la joie » de voir des villes « chères » à son cœur (en fait des lieux célèbres des *Milles et une nuits*) tourner au firmament (sur Encelade, autre satellite de Saturne)**



# Eros Place Names



**Et sur Eros (non sphérique rappelez vous), des « héros » qui se rapportent à l'amour.**



## Les cartes faites avec des « images » classiques.

Depuis 1959, on « découvre » de plus en plus de nouveaux « territoires », avec une résolution de plus en plus élevée. On ainsi été découverts et cartés la face cachée de la Lune, Mars, Mercure, Vénus, les satellites de Jupiter, de Saturne, d'Uranus et de Neptune, quelques astéroïdes ...

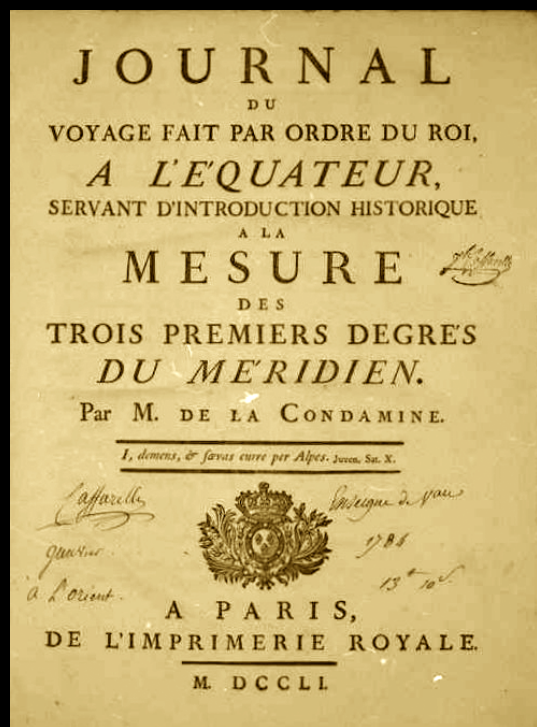
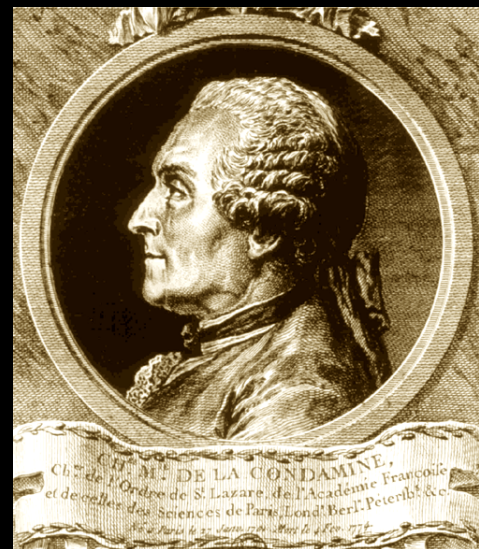
On est vraiment une génération qui a de la chance, car on participe à la découverte de nouveaux mondes (et sans génocide) !



Aux 18 et 19ème siècles, des expéditions scientifiques et des explorateurs partaient à la découverte du monde, et le cartographiaient.

Grâce au web et à la politique de communication de la NASA, nous sommes dans la position ...

... d'une petite souris qui suit discrètement l'expédition





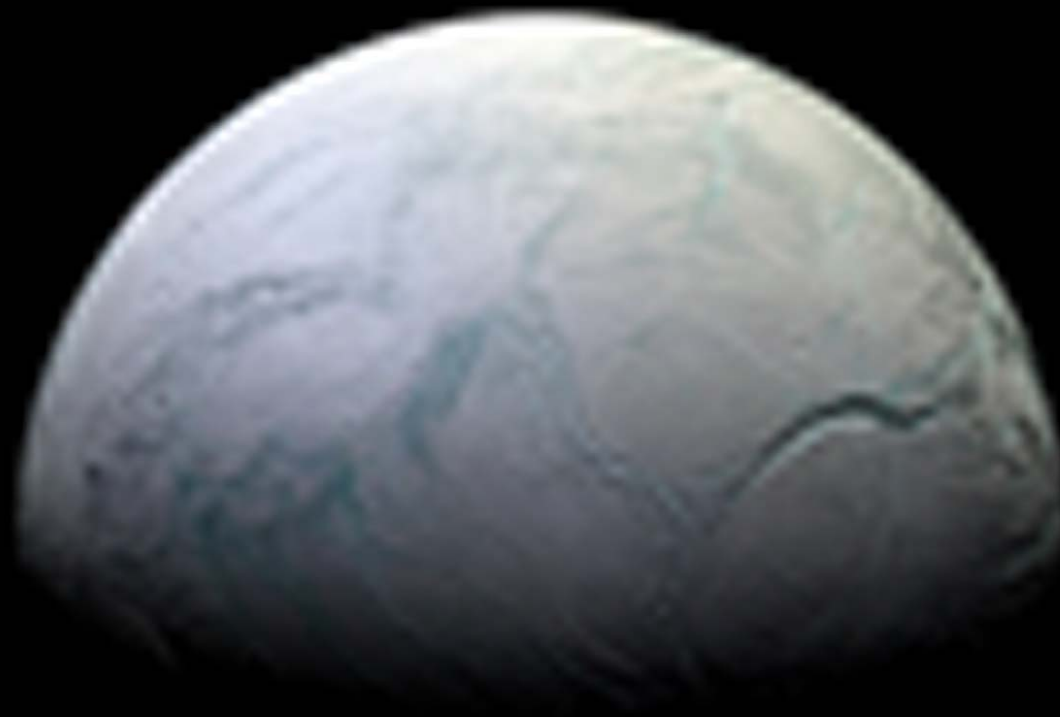


**Simulation montrant l'effet de l'augmentation de la résolution. Exemple d'Encelade ( $D = 500$  km), satellite de Saturne, ici vue télescopique.**

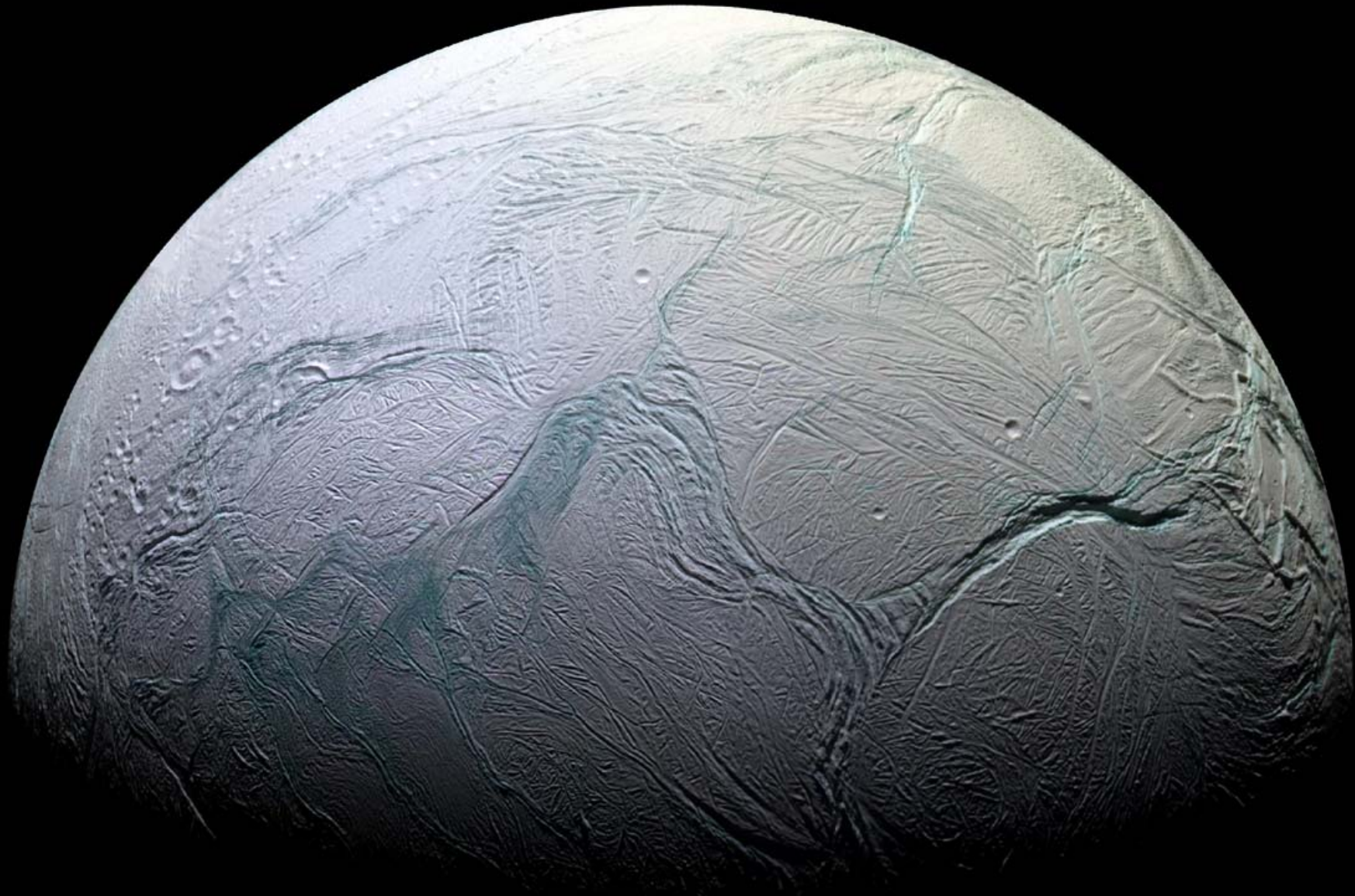


**Vue Pioneer (1979)**



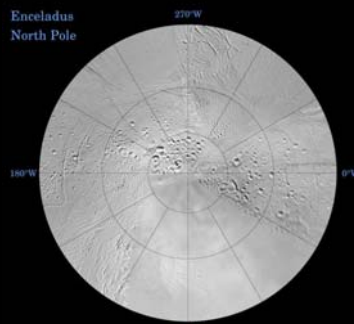


**Vue Voyager (1981)**



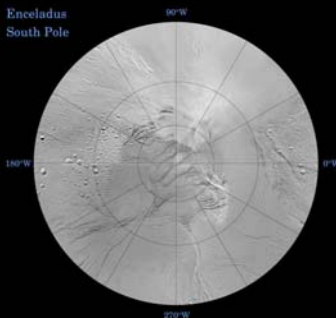
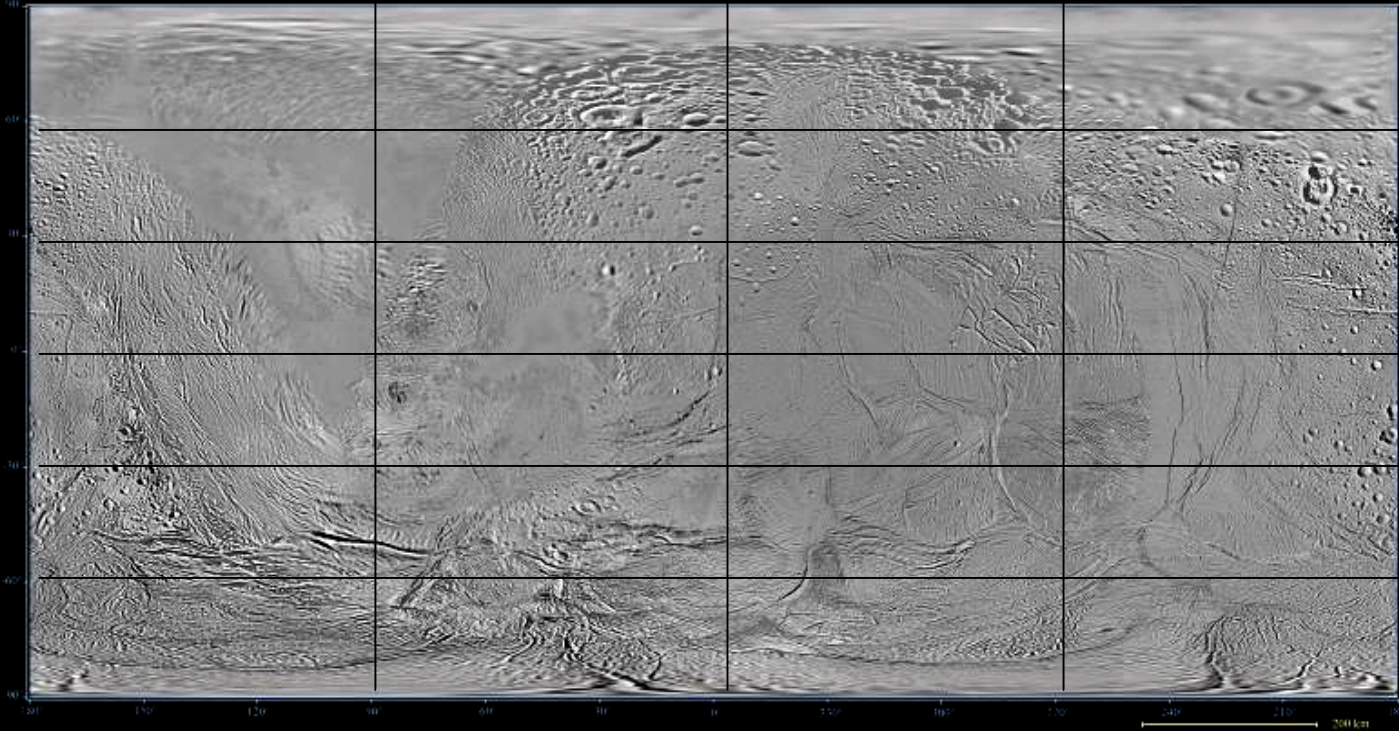
**Vue Cassini (2007)**





**On peut alors faire de vraies cartes  
d'un monde qui, il y a 30 ans,  
n'était qu'un point dans le ciel**

Map of Saturn's Moon Enceladus - December 2008

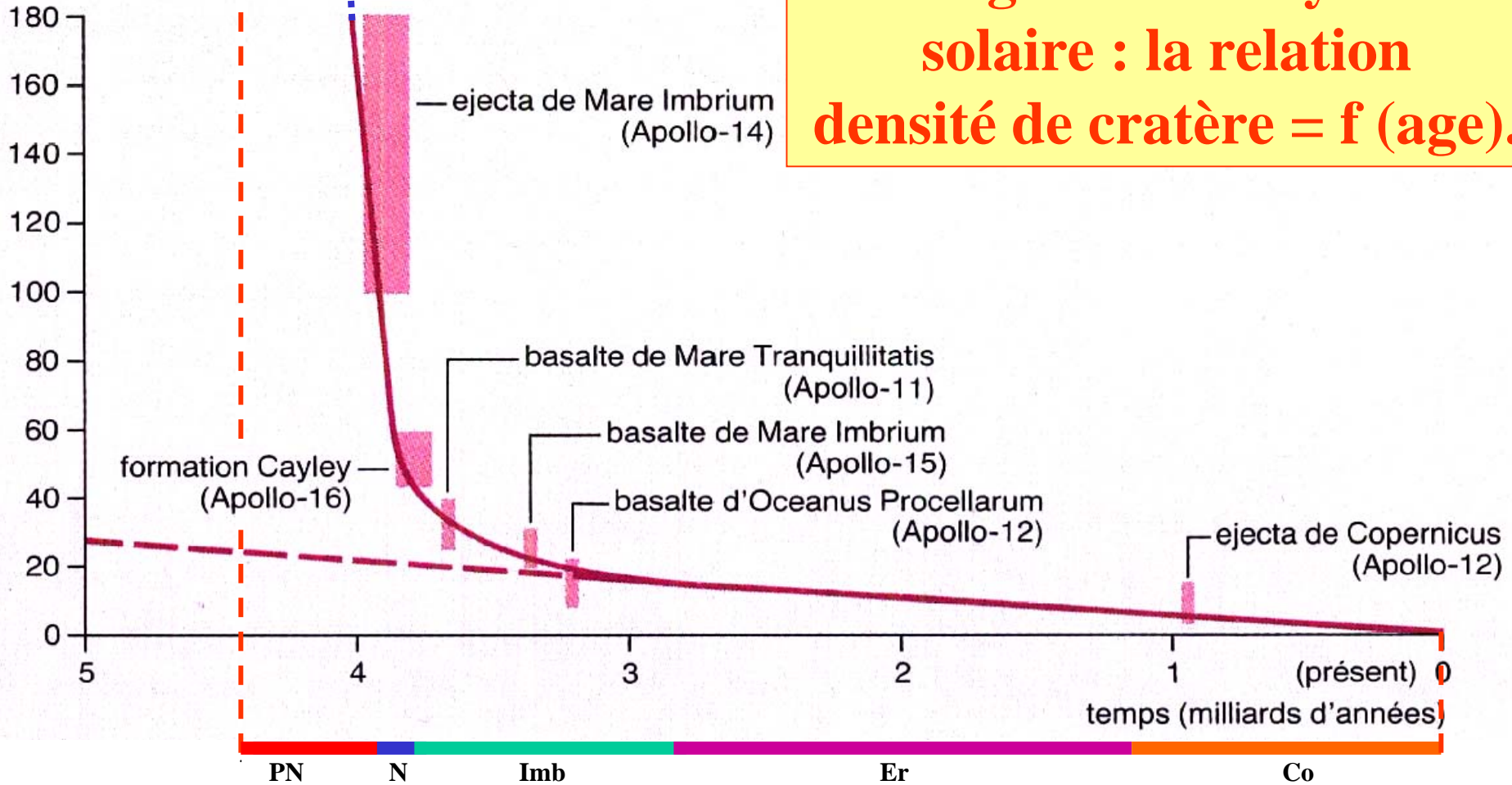


**Seules une petite zone est mal  
connue en 2009. Le reste est connu  
avec une résolution décamétrique  
(ou supérieure).**

# Pour faire des cartes géologiques, il faut des « ages »

**Les ages dans le système solaire : la relation densité de cratère = f (age).**

Densité de cratères (milliers de cratères de diamètre > 500 m par million de km<sup>2</sup>)



**Le bombardement (nombre de chutes par unité de surface et de temps) est égal à la dérivé de cette courbe : constant d'aujourd'hui à -3,5 Ga, puis de plus en plus fort avant.**



# LA STRATIGRAPHIE LUNAIRE

Epoque	Nombre de cratères (D > 1 km) par 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup>	Nombre de cratères (D > 20 km) par 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup>	Agés (en milliard d'années)
Copernicien	< 750	-	< 1,1
Eratosthénien	750 - 2500	-	1,1 - 3,2
Umbrien sup.	2500 - 22000	< 28	3,2 - 3,75
Imbrien inf.	22000 - 48000	28 - 33	3,75 - 3,85
Nectarien	-	33 - 88	3,85 - 3,95
Pre-nectarien	-	> 88	> 3,95

**Les noms Archéen, Protérozoïque, Paléozoïque ... sont remplacés par Nectarien, Imbrien, Copernicien ...**

# On carte et compte aussi les cratères sur Mars, qui montre une dualité des ages de surface

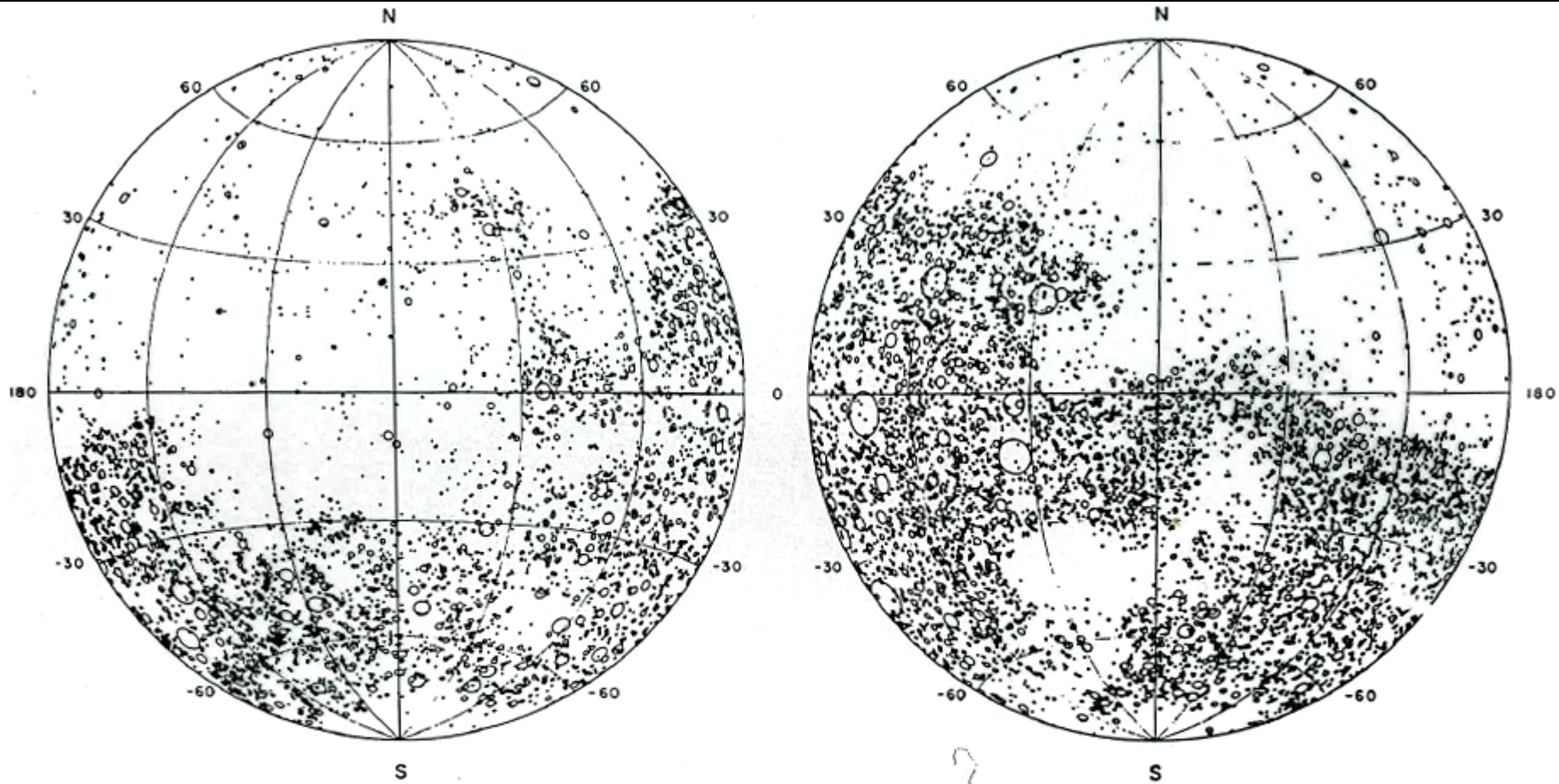


Fig. 8.6. Distribution of martian craters greater than 15 km in diameter. For a comparison with physiographic provinces refer to Fig. 8.8. (From *The Geology of Mars*, by Thomas A. Mutch *et al.* (© 1976 by Princeton University Press): Fig. 4.26. Reproduced by permission of Princeton University Press.)

On reviendra sur cette carte



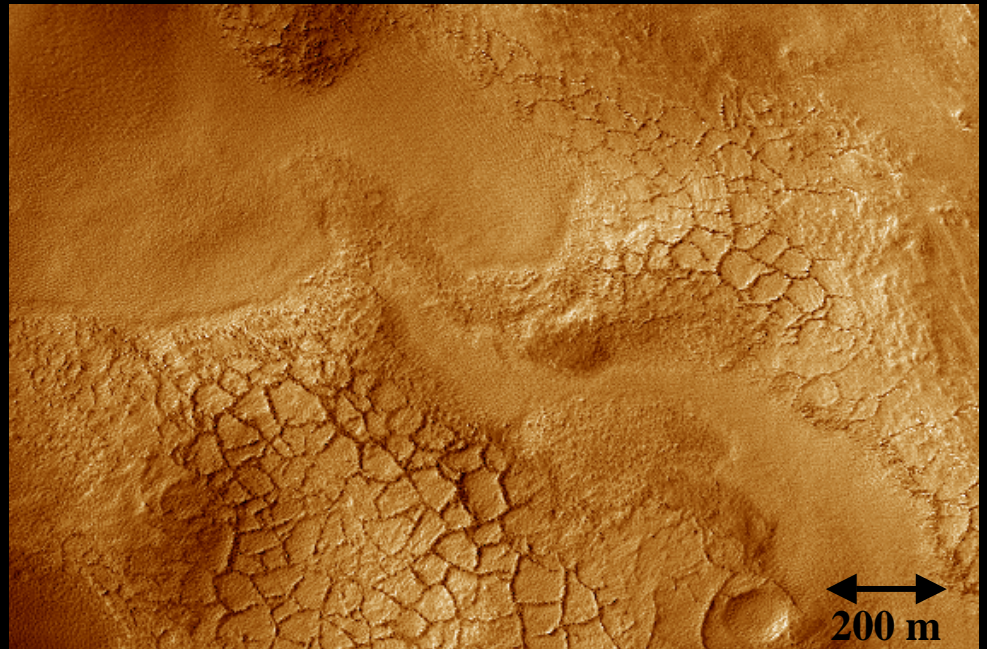
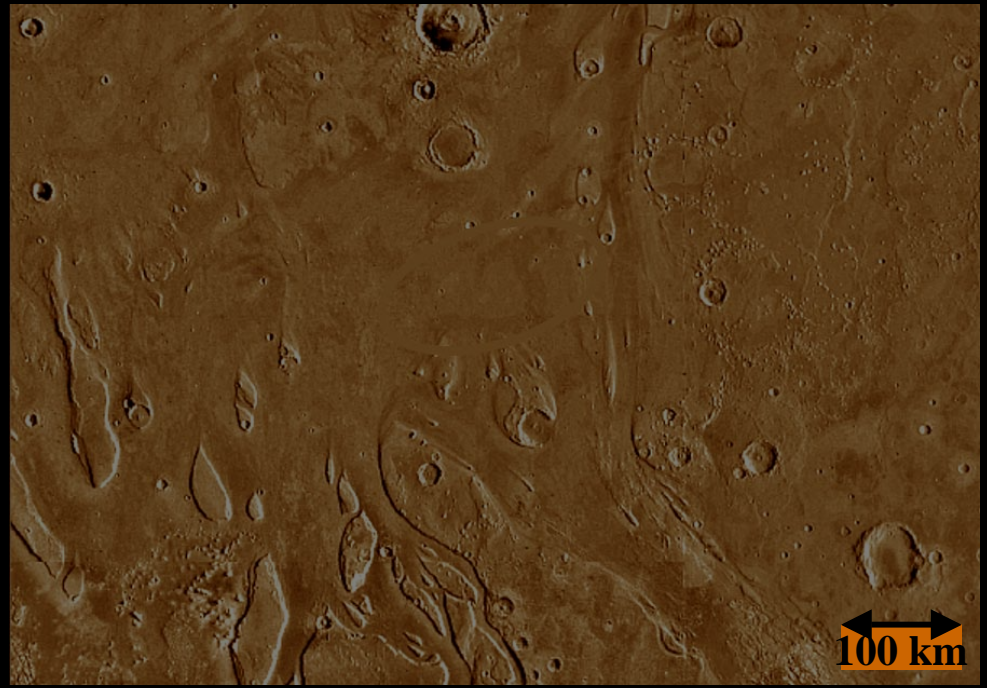
# LA STRATIGRAPHIE MARTIENNE

Epoque	Nombre de cratères (D > 2 km) par 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup>	Nombre de cratères (D>16km) par 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup>	Agés en milliard d'années (Modèle de Hartman et al, 1981)	Agés en milliard d'années (Modèle de Neukum and Wise, 1976)
Amazonien Sup	< 40		< 0,25	< 0,7
Amazonien Moy.	40 - 150		0,25 - 0,7	0,7 - 2,5
Amazonien Inf.	150 - 400		0,70 - 1,8	2,5 - 3,5
Hesperien Sup.	400 - 750		1,8 - 3,1	3,5 - 3,7
Hespérien Inf.	750 - 1200	< 25	3,1 - 3,5	3,7 - 3,8
Noachien Sup	-	25 - 100	3,5 - 3,85	3,8 - 4,3
Noachien Moy.	-	100 - 200	3,85 - 3,92	4,3 - 4,5
Noachien Inf.	-	> 200	> 3,92	> 4,5

**On peut aussi faire une chronologie relative des terrains martiens, et éventuellement absolue.**

**On peut aussi identifier et séparer différentes unités morphologiques.**

**Des unités  
morphologiques diverses  
(volcanique, deltaïque,  
péri-glaciaire ...)  
observées à diverses  
résolution**



















# La légende d'une telle carte.

## Description of Map Units





### Volcanic Materials

-  Amazonian lava flows of Tharsis Montes, Alba Patera, Ceratulus Fossae, and Olympus Mons Formations (A)
-  Aureole deposits of the Olympus Mons Formation (A)
-  Lava and volcanoclastic flows of the Elysium Formation (A)
-  Hesperian lava flows of the Tharsis Montes, Alba Patera, and Syria Planum Formations (H)
-  Rugged plains and lava flows of the Syrtis Major Formation (H)
-  Highland paterae and associated dissected material (H)
-  Volcanic shields and domes, undivided (A,H,N)





### Channel-system Materials

-  Amazonian channel and flood-plain deposits (A)
-  Hesperian channel and flood-plain deposits (H)
-  Hesperian chaotic terrain material (H)

### Surficial Materials



-  Aeolian, dune, and mantle materials (A)
-  Landslide materials (A)
-  Polar ice (A)
-  Polar layered material (A)

### Lowland Terrain Materials

-  Arcadia Formation — lowland lava flows and other plains units (A)
-  Medusae Fossae Formation — friable, layered, light-colored deposits (A)
-  Undivided smooth, etched, knobby, and intracrater plains materials (A,H)
-  Vastitas Borealis Formation — older knobby, grooved, ridged, and mottled plains material (H)

### Highland Terrain Materials




#### Hellas Assemblage

-  Amazonian floor and rim units of Hellas basin (A)
-  Hesperian floor units of Hellas basin (H)




#### Plateau and High Plains Assemblage

-  Layered and floor deposits of Valles Marineris (A,H)
-  Lava flows and smooth plains of the Tempe Terra and Doosa Argentea Formations (H)
-  Smooth and mottled units and intercrater plains material of the plateau sequence (H,N)
-  Rugged, dissected, etched, and ridged heavily cratered material of the plateau sequence (N)
-  Ancient hilly, basin-rim, and mountainous materials, undivided (N)
-  Highly deformed terrain materials (H,N)
-  Ridged plains materials (H,N)

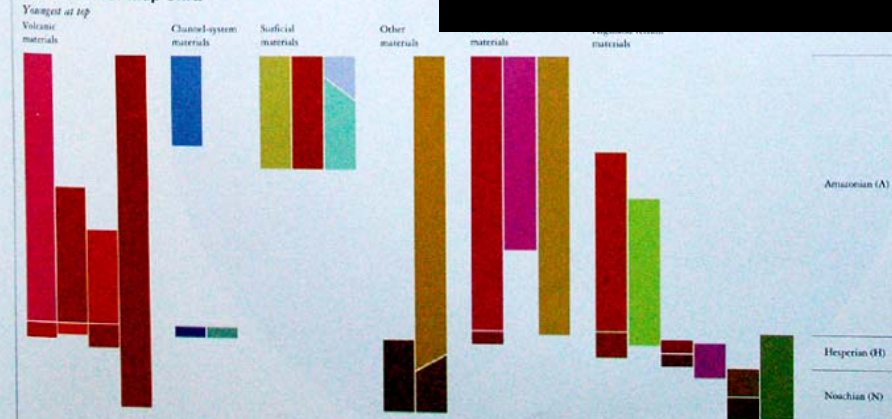
### Other Materials

-  Undivided cratered terrain materials (H,N)
-  Superposed impact-crater material (A,H)
-  Partly buried impact-crater material (N)

### Structure Symbols

-  Scarp
-  Graben
-  Ridge

### Correlation of Map Units



On fait aussi des cartes plus détaillées, plus «thématiques» (carte volcanique, tectonique, des vents dominants ...)



**NOTES ON BASE**  
 The base map (sheet area prepared by USGAPAC with  
 arbitrary projection from U.S.G.P. datum and used for refer-  
 encing) is: W. G. Arthur and E. A. Whitton

**CONTROL**  
 The position of features on this chart was determined  
 through the use of astrophotographic control associated  
 primarily from the mission of J. F. Price and S. A. Sander  
 as recorded by G. W. G. Arthur and E. A. Whitton in the  
 "Observations from the Moon" edited by Dr. D. F.  
 Kiser, 1965.

**VERTICAL DATUM**  
 Vertical datum is based on an assumed spheroidal figure of  
 the Moon and a lunar radius of 1738 kilometers. The  
 datum plane was arbitrarily selected to be 2.6 kilometers  
 below the surface observed by the 1738 kilometer radius  
 to minimize the center of lunar surface of mean absolute  
 value. Elevations of major surface indications were as-  
 sumed by extrapolating Earth-based topographic con-  
 parisons of J. F. Price's measurements of 132 lunar craters.  
 The probable error of extrapolation elevations values is  
 considered to be 1000 meters. Vertical datum is considered  
 to be constant across and will be referred to as such as  
 more accurate figures of the Moon is determined.

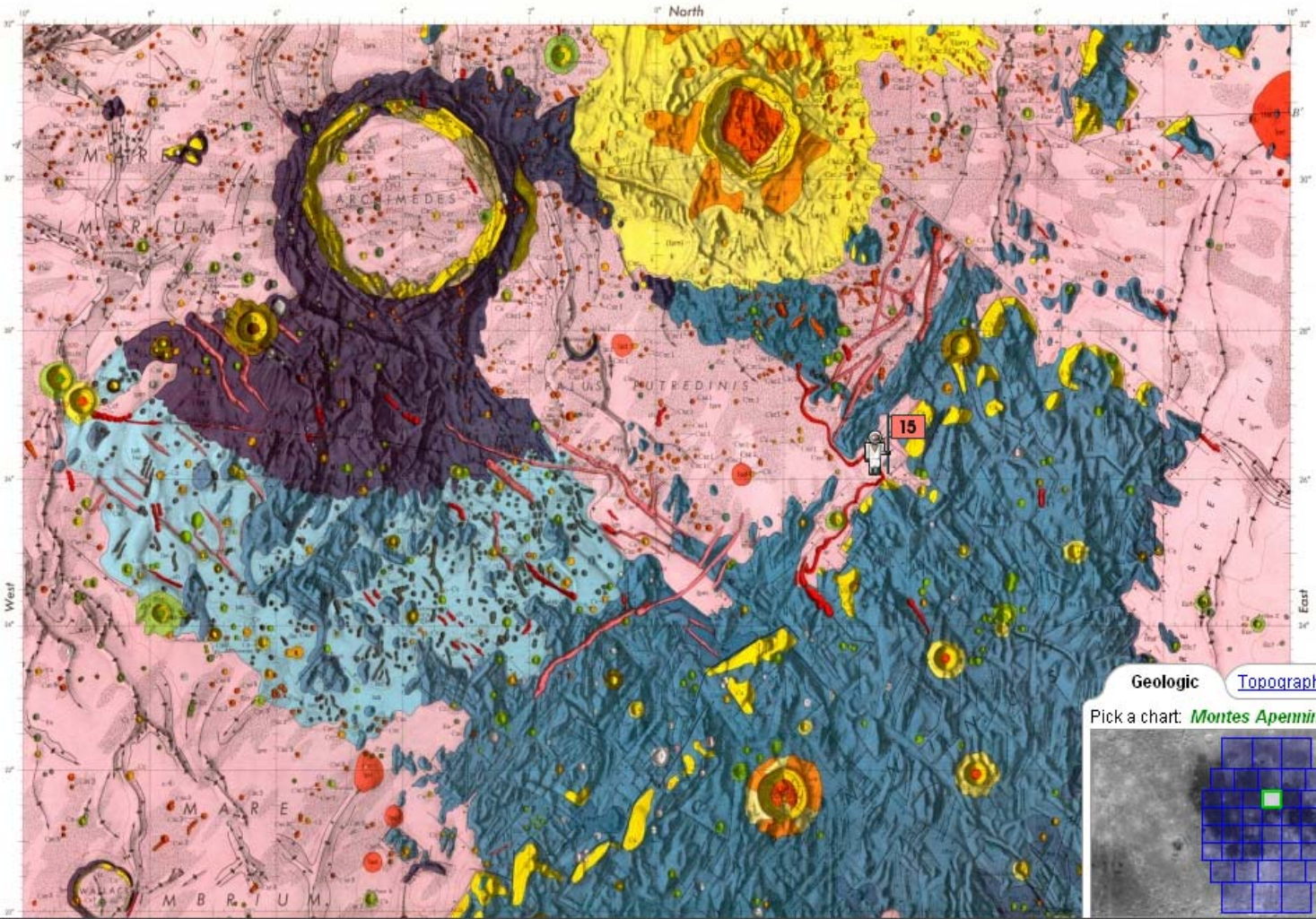
**ELEVATIONS**  
 All elevations are shown in meters. The relative heights  
 of craters and other prominent areas are the result  
 and height of craters were determined by the profile  
 measuring technique as referred by the Department of  
 Astronomy, Massachusetts Institute of Technology, under the direction  
 of Professor Edward Ruppel. Relative heights, thus as-  
 sumed, have been referred to the assumed vertical  
 datum and have been integrated with the gradient of  
 the surface indications. The probable error of the  
 indicated relative heights is 100 meters. Inherent with  
 measuring technique used, relative height determination  
 in the E-W direction are in general more accurate than  
 in the N-S direction.

**Elevations (reference to datum)**  
 Depth of crater (to its floor).....  
 Relative Elevations (reference to surrounding  
 terrain).....  
 Shallowest and deepest of shown craters.....

**CONTOURS**  
 All contours are approximate  
 Contour interval a 200 meters  
 Approximate contour.....  
 Depression contour.....

**NAMES**  
 The feature names were selected from the 1932 In-  
 ternational Astronomical Union nomenclature system as  
 amended by Commission 14 of the I. A. U.  
 Given names proposed by major lunar maps included from  
 the I. A. U. list of Named Lunar Features. Supplemental  
 "Other" features have been added on consultation with  
 the letters as suggested by Alfred Mueller. These have  
 been designated by lower case letters.

**RELIEF PORTRAITAL**  
 The topographical relief portrait (shaded and colored  
 representation shown on this chart) was originated from  
 photographs taken at Los Alamos, N.M., Tucson, Ariz., and  
 the Apollo 16 mission, and published in the 1968  
 edition of the USGAPAC Lunar Atlas, and topographical photo-  
 graphs from the Lunar and Planetary Science Confer-  
 ence of Arizona, and Department of Astronomy, University  
 of Massachusetts. Relief information made use of the  
 rock Lowell reflecting telescope, Flagstaff, Arizona, from  
 data also used to aid in the study of the Moon. The general  
 portrait of relief forms was developed using an assumed  
 light source from the west with the angle of illumination  
 increased east to the angle of slope of the feature  
 prominent. Color shading was determined to provide  
 complete visualization of relief forms.



Geologic Topographic

Pick a chart: [Montes Apenninus](#) [More info](#)

**Exemple de carte géologique détaillée (ici le site d'Apollo 15 (sur la Lune). Toutes les cartes lunaires (géologiques, topographiques ... détaillées) sont disponibles sur <http://www.google.com/moon/>**

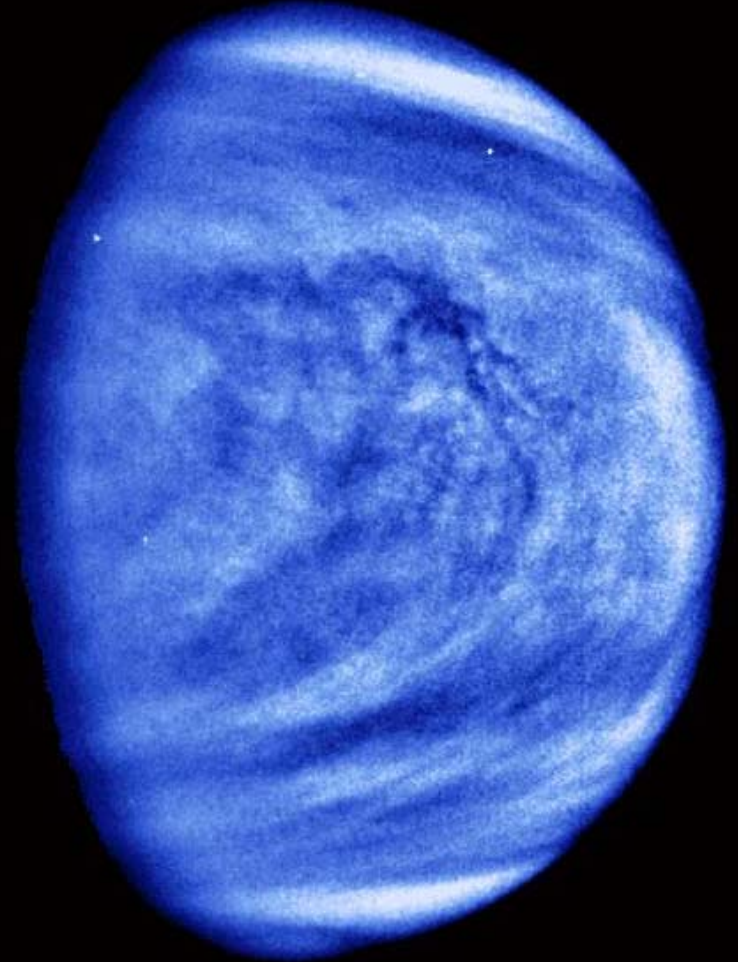


# Comment carte-t-on Vénus et Titan, perpétuellement sous les nuages ?

Vénus dévoilée



Vénus sous les nuages



Vénus, même taille et même masse que la Terre



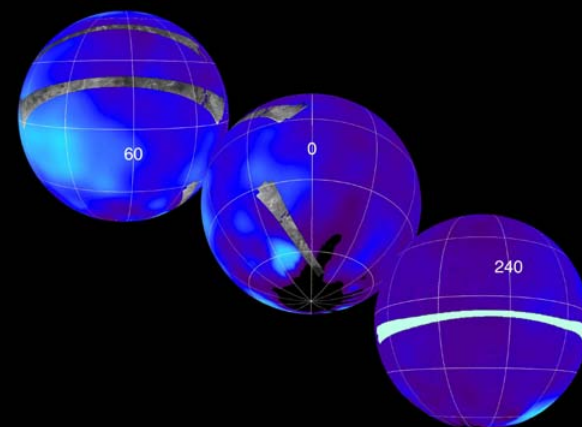


## CAPABILITY

SURFACE IMAGING  
ALTIMETER  
RADIOMETER  
SCATTEROMETER



20 à 200 km



**On utilise un radar imageur.**

Progression du satellite



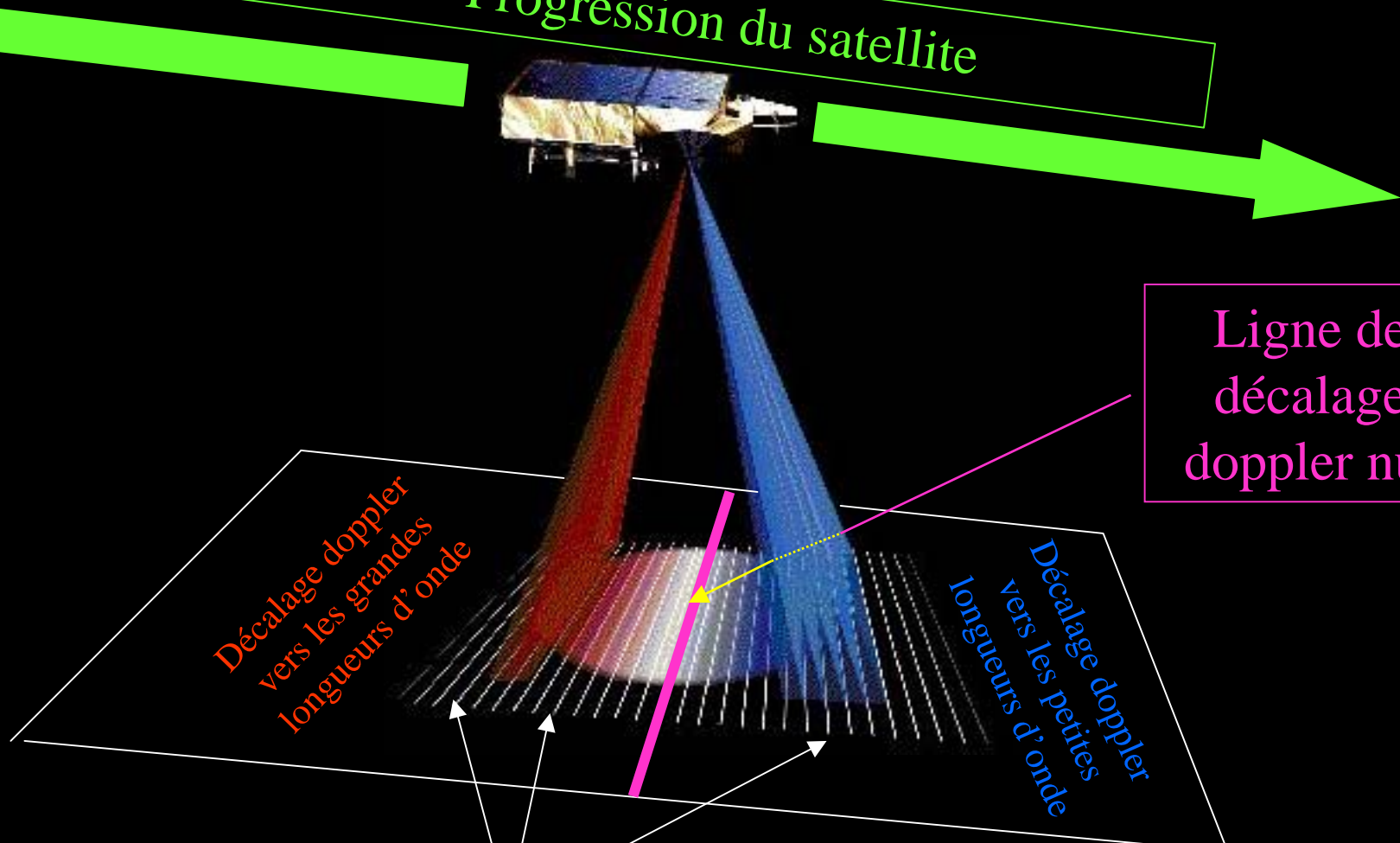
Ligne de  
décalage  
doppler nul

Décalage doppler  
vers les grandes  
longueurs d'onde

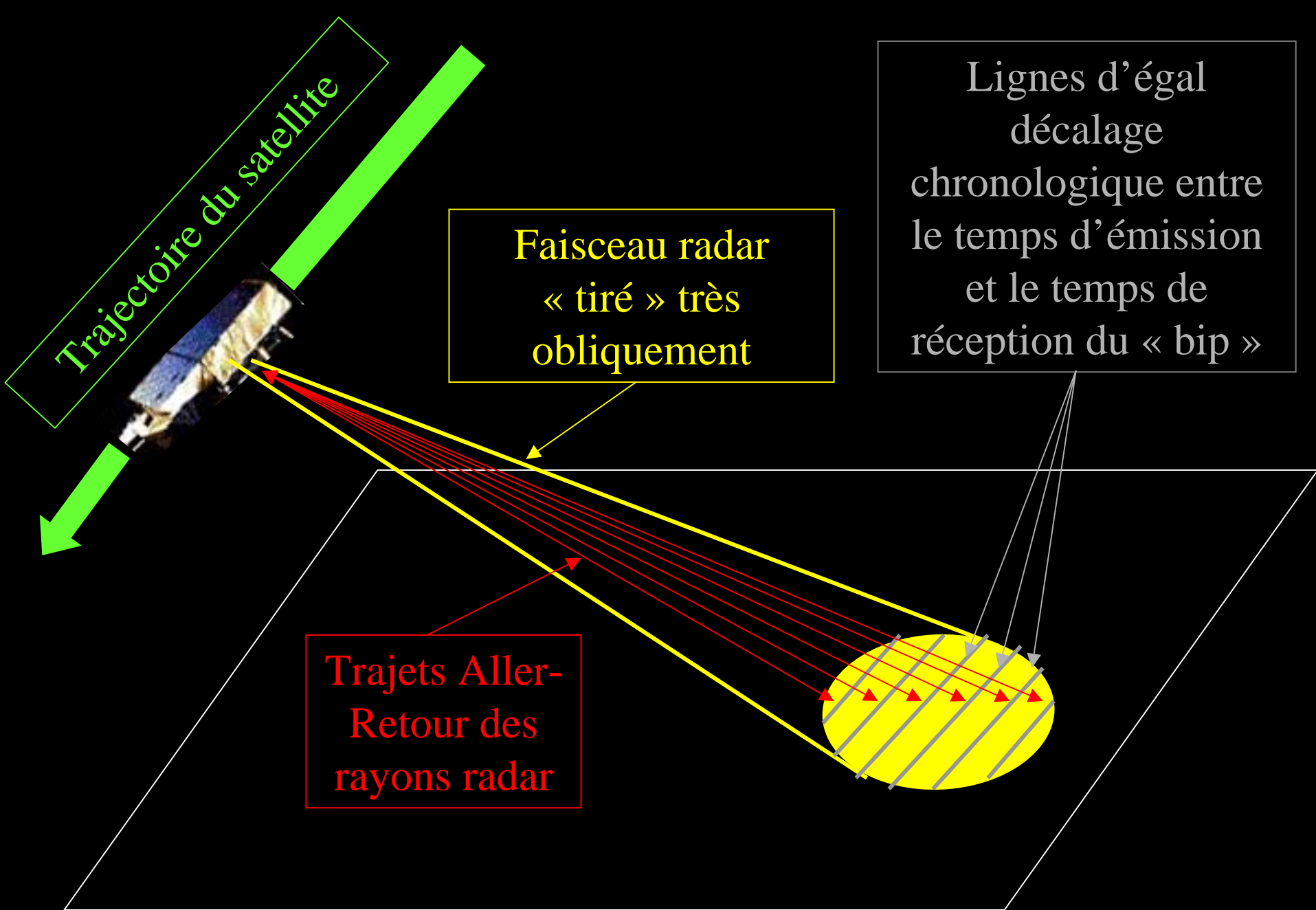
Décalage doppler  
vers les petites  
longueurs d'onde

Ligne d'égal décalage doppler  
entre le faisceau émis et le  
faisceau réfléchi

**Comment  
fonctionne un  
radar imageur ?**







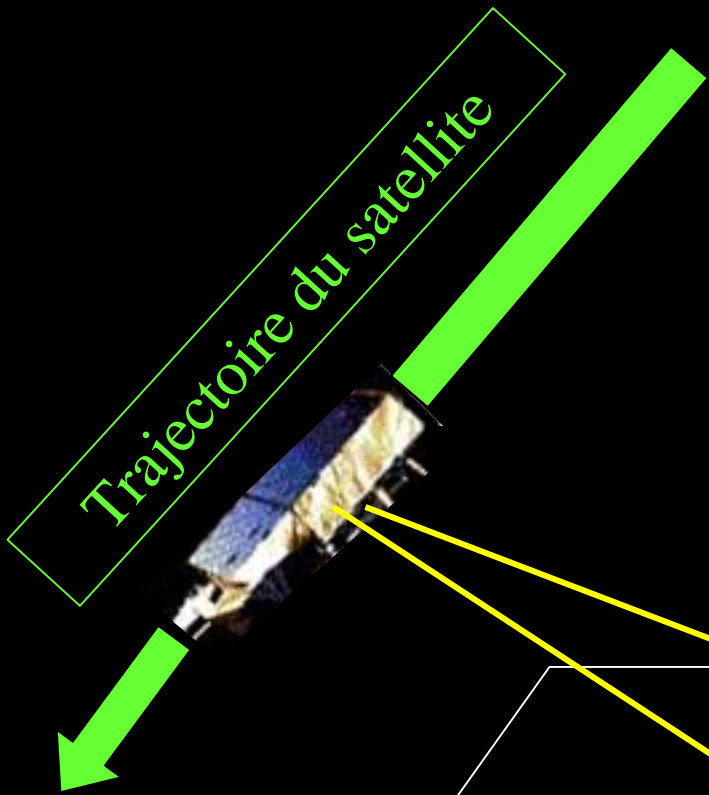
Trajectoire du satellite

Faisceau radar  
« tiré » très  
obliquement

Trajets Aller-  
Retour des  
rayons radar

Lignes d'égal  
décalage  
chronologique entre  
le temps d'émission  
et le temps de  
réception du « bip »

**Faisceau oblique et association des décalages doppler et temporel. On a une bonne résolution au sol**

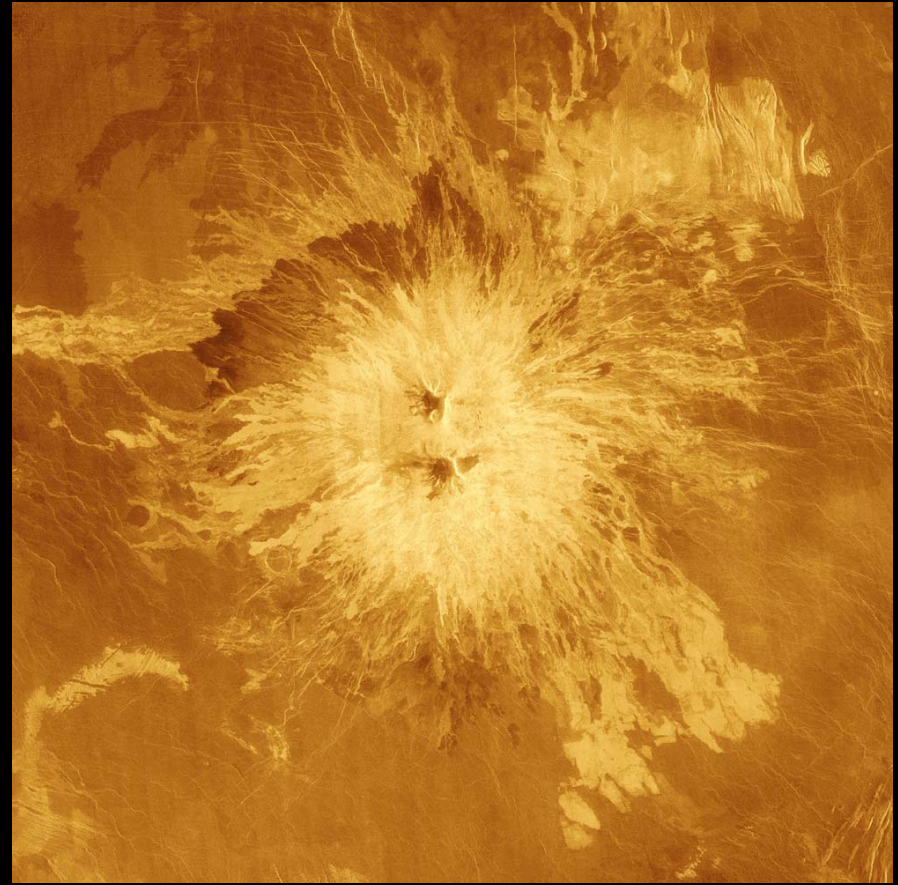
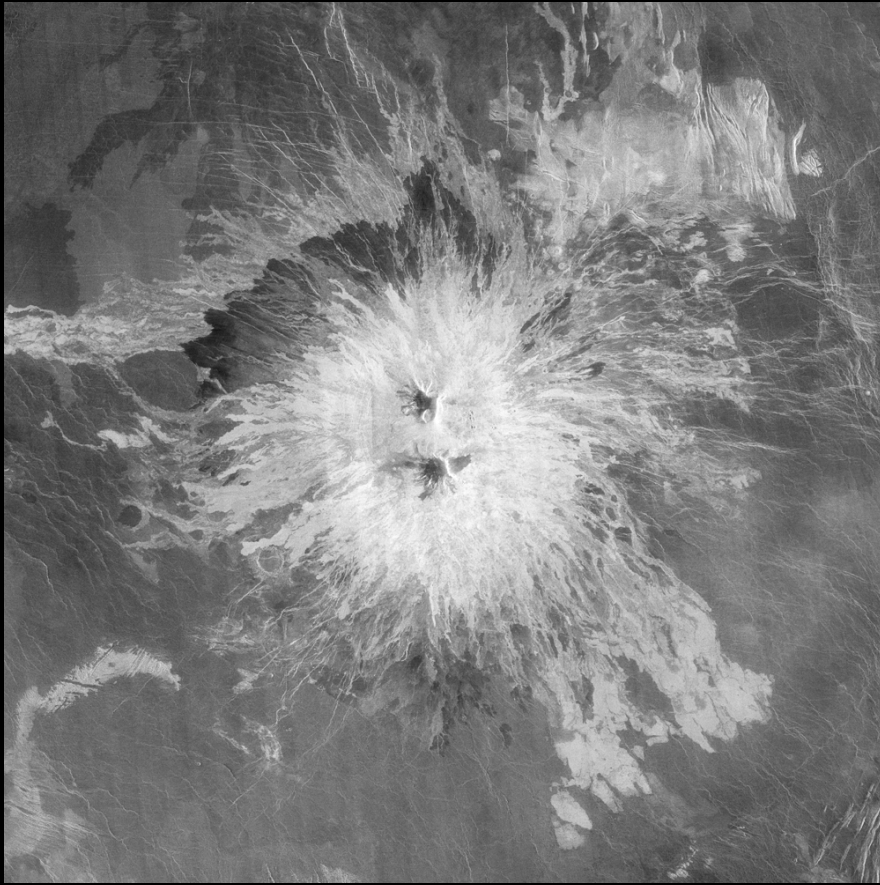


Lignes d'égal décalage chronologique

The diagram shows a satellite's footprint on the ground, represented by a yellow oval. A grid of lines is overlaid on the footprint, representing lines of equal time delay. The lines are colored in a gradient from blue to red. A pink box labeled 'Lignes d'égal décalage doppler' points to the grid. A white box labeled 'Lignes d'égal décalage chronologique' points to the grid. The satellite's trajectory is shown as a green arrow pointing downwards and to the left.

Lignes d'égal décalage doppler





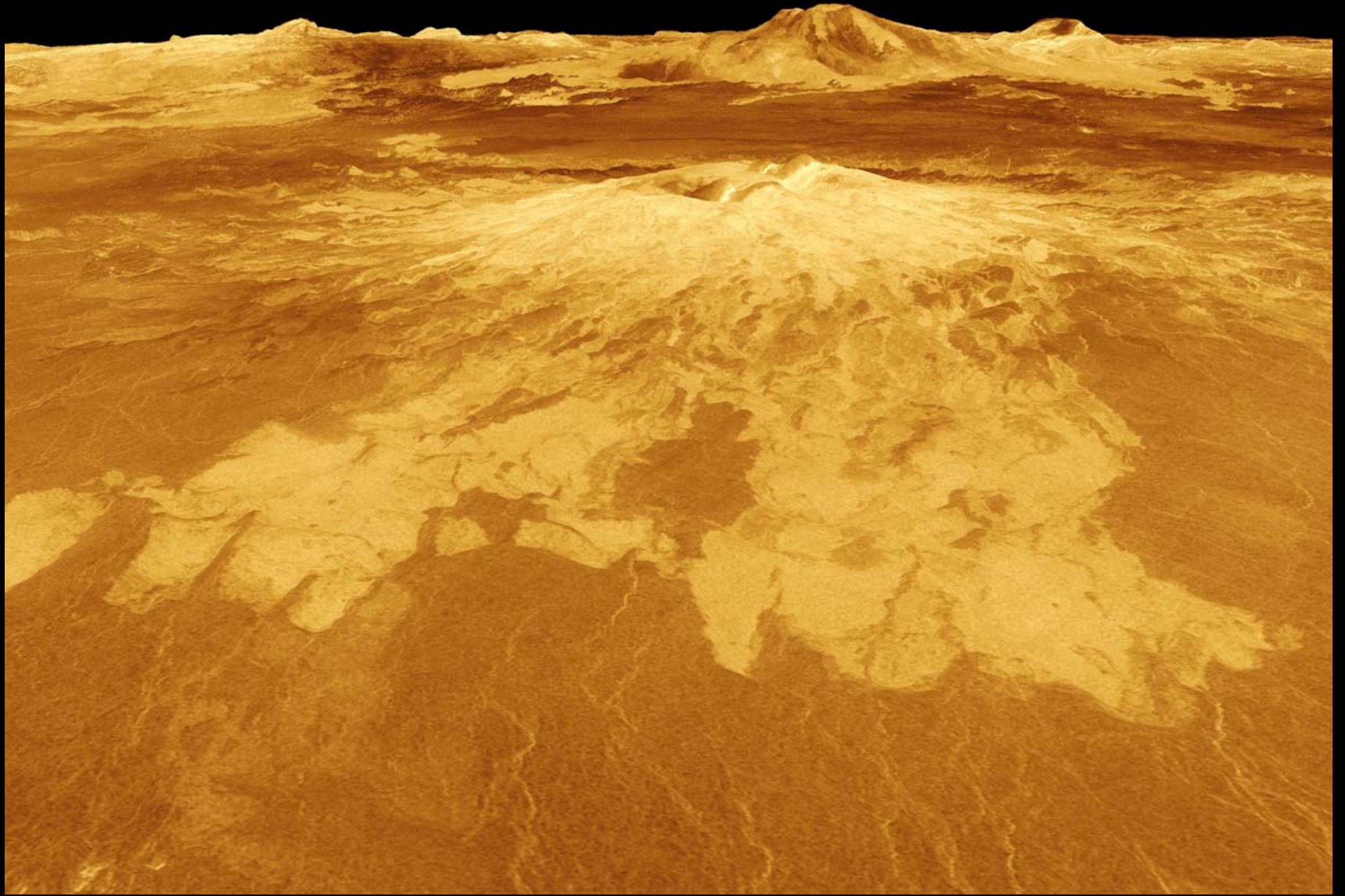
**Imagerie radar :**

**Clair = rugueux ou pente tournée vers la sonde.**

**Sombre = lisse ou pente à l'opposé de la sonde.**

**Même chose colorisée. Ici, un volcan sur Vénus.**

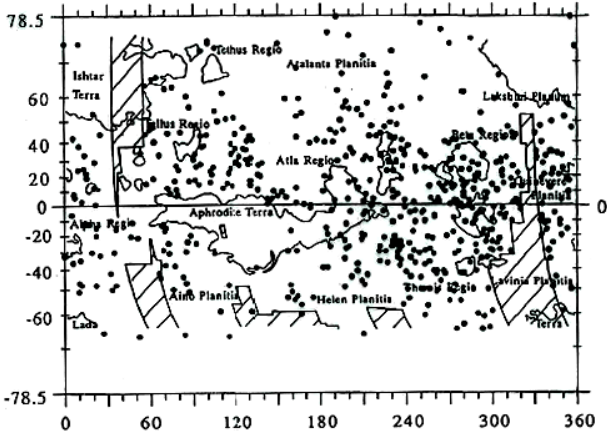




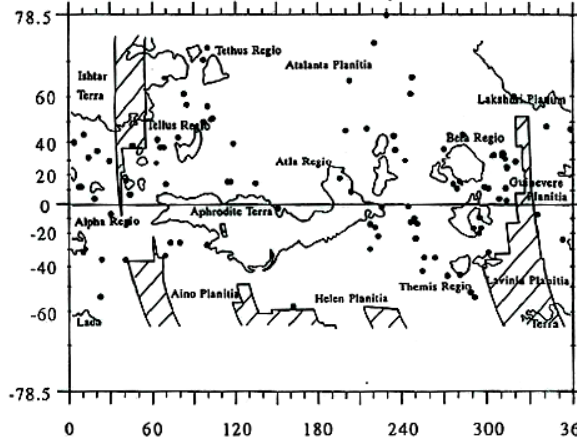
**Même chose en vue 3D**



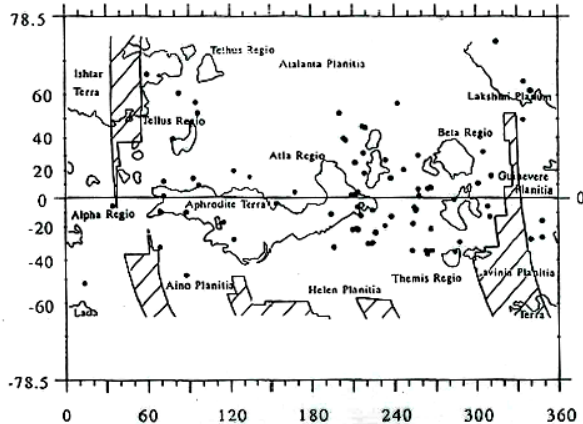
Shield Fields



Intermediate volcanoes: Steep-sided domes



Calderas

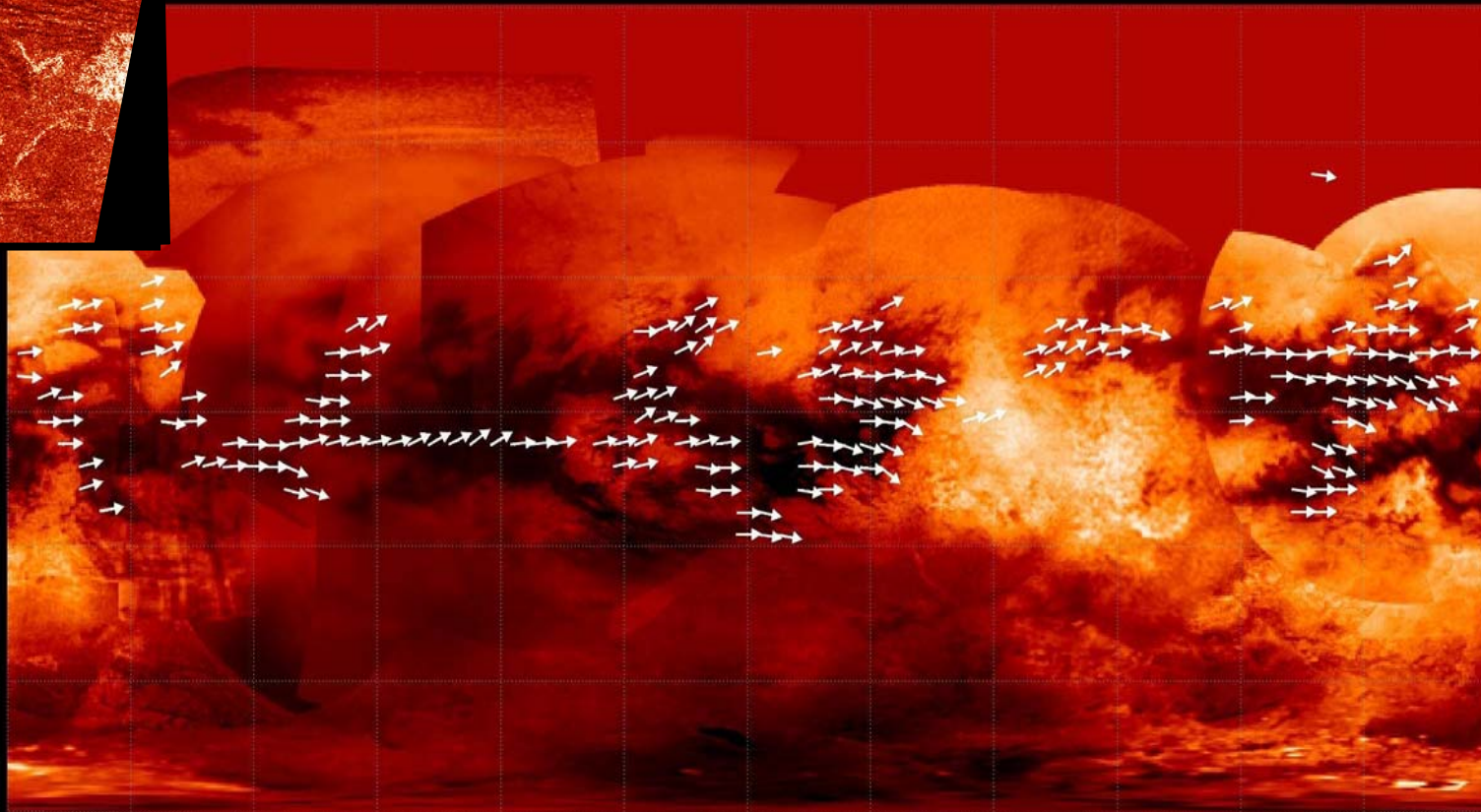
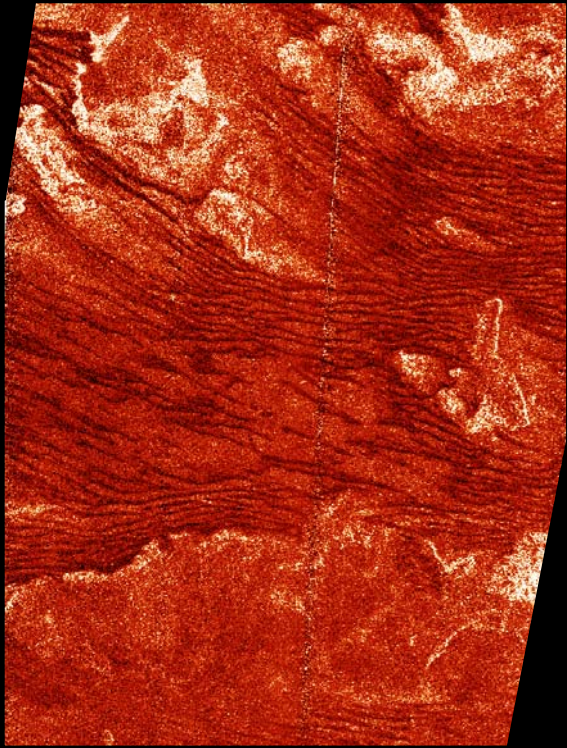


**On peut alors faire des cartes « géologique » comme sur les autres planètes, cartes générales ou plus thématiques ...**

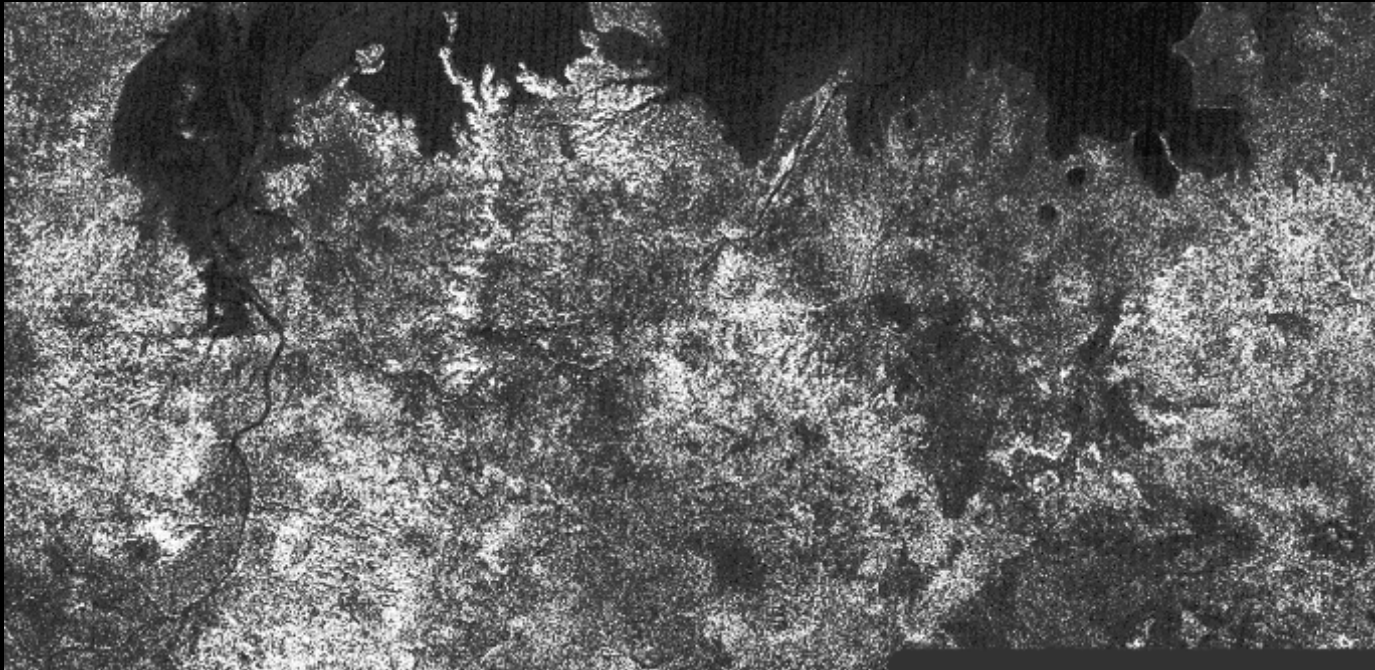
**Voici trois exemples :**

**(1) La répartition des volcans « vénériens ». Il y en a partout, sans groupement particulier, sans la signature si typique de la tectonique des plaques.**

**(2) La carte des vents dominant de Titan, faite en étudiant la direction des dunes, après s'être assuré qu'il s'agissait de dunes longitudinales (allongement parallèle aux vents).**

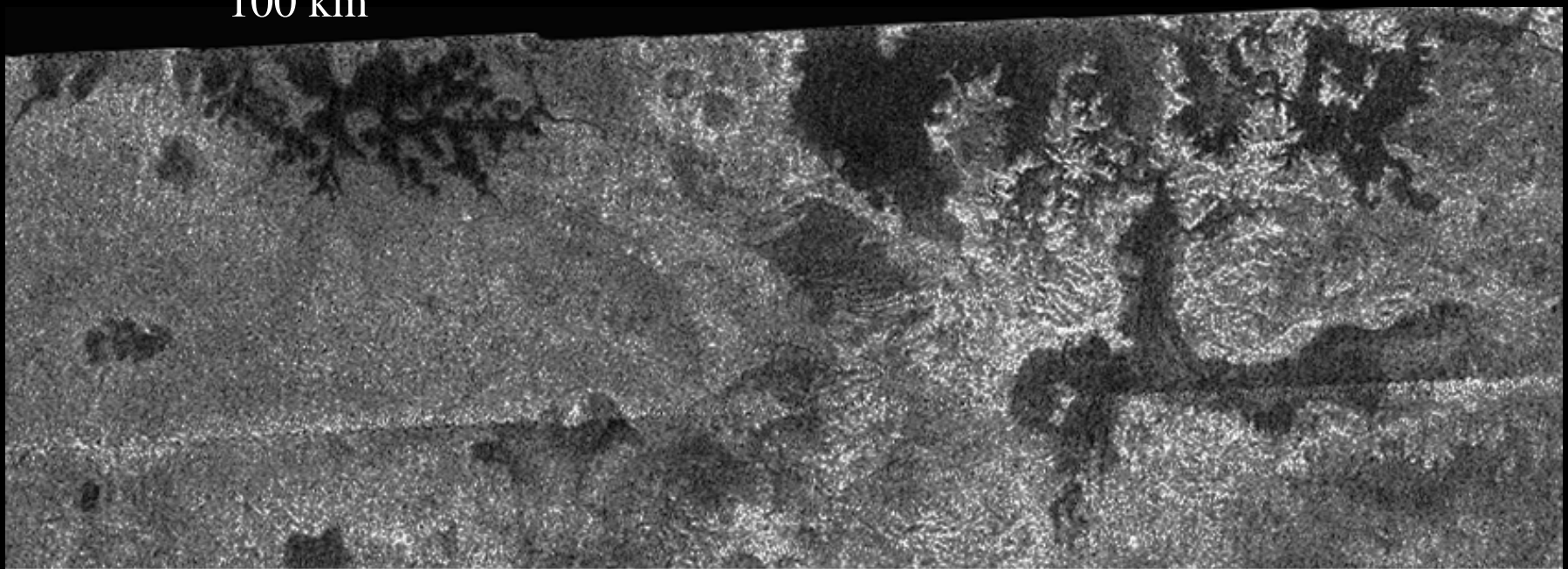




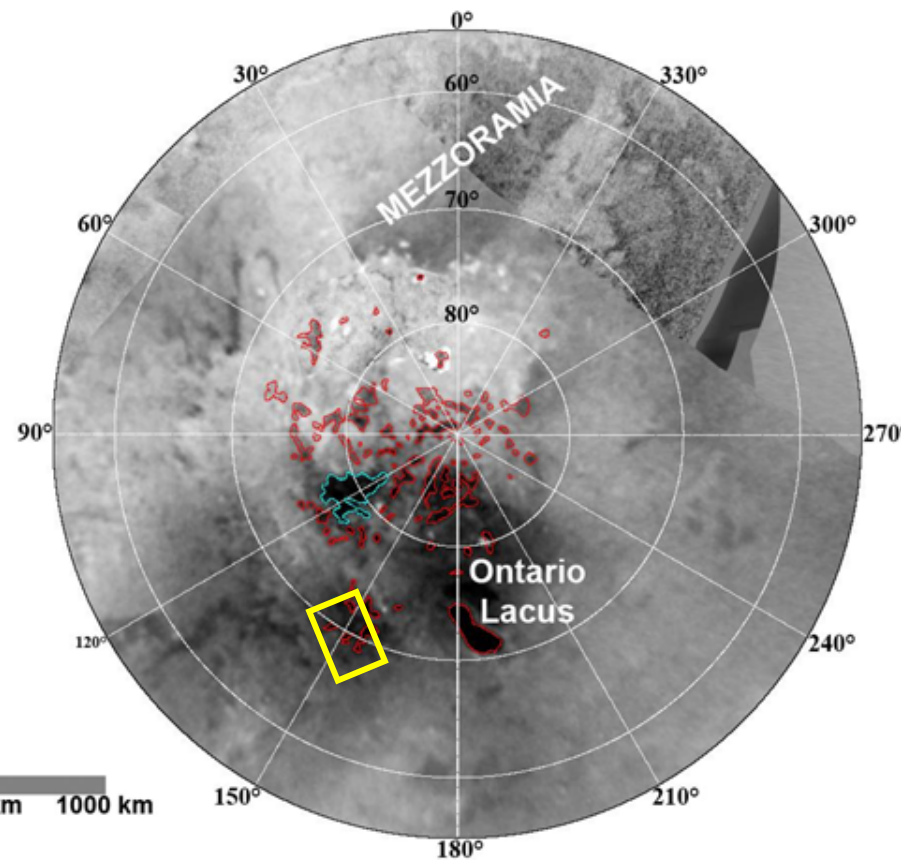
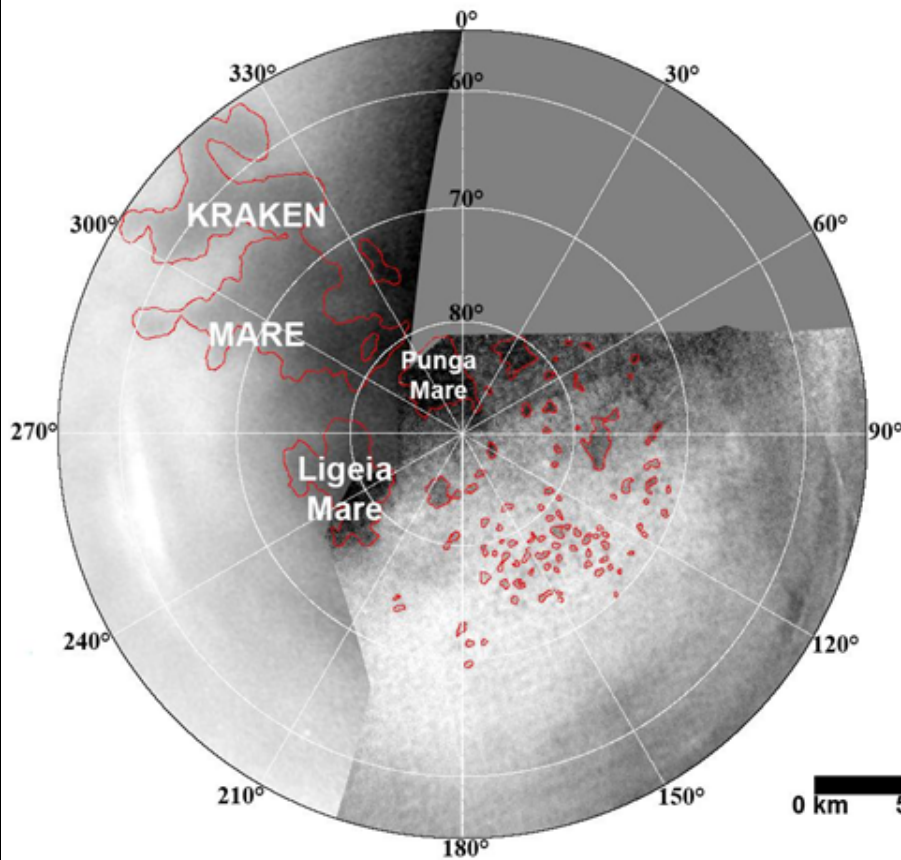


**Sur Titan  
(satellite de  
Saturne), le radar  
a trouvé des lacs,  
lacs remplis d'un  
mélange méthane-  
éthane liquides à  
-190°C dans les  
régions polaires.**

100 km





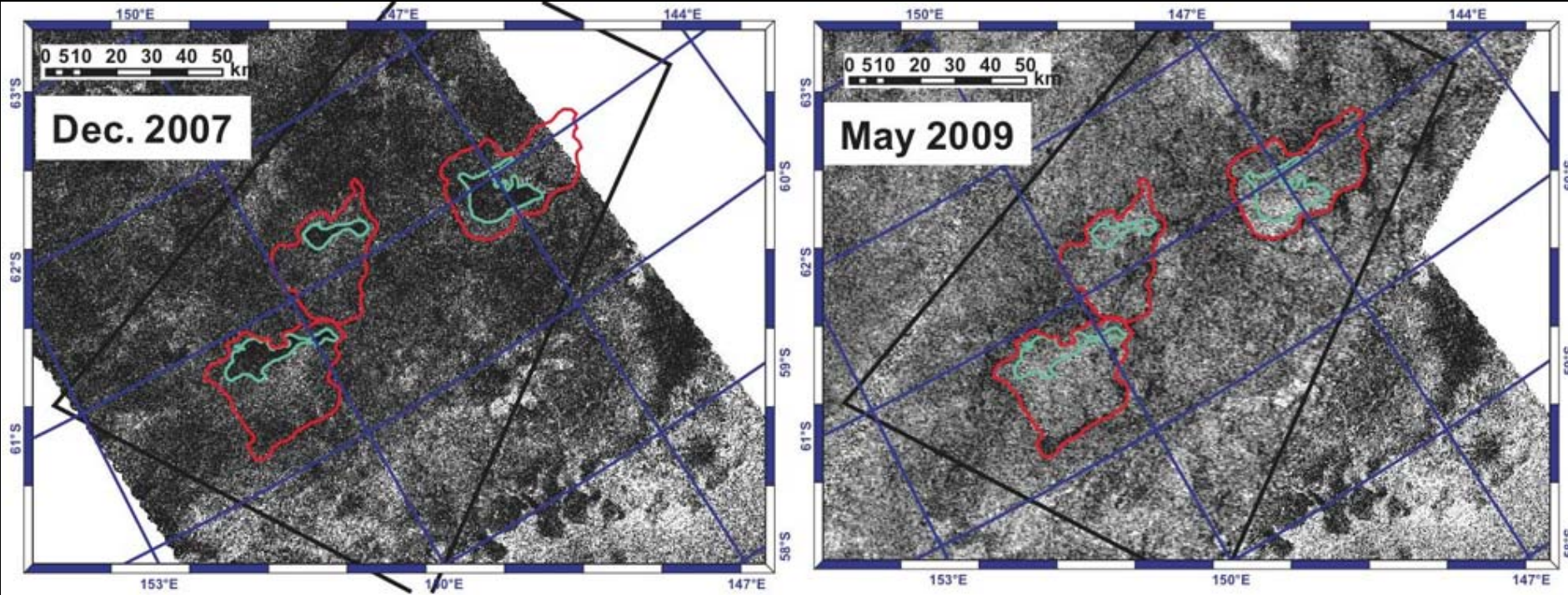


**Voici une carte des lacs des régions polaires. Les plus grands mesurent plus de 1000 km de long.**



Dessin d'artiste





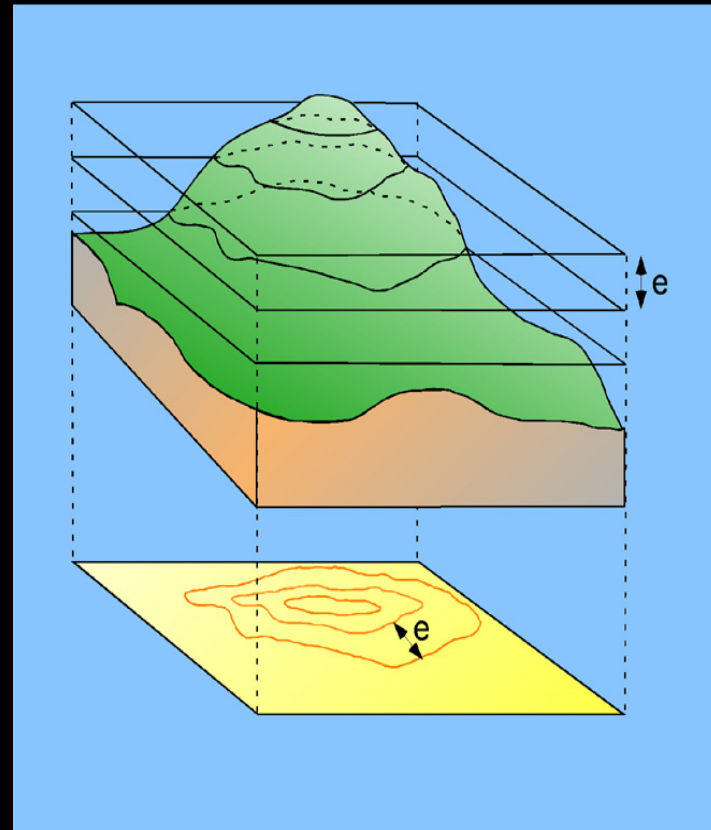
**A gauche, carte des rives de 3 lacs (ligne bleue) établie en décembre 2007, étendues liquides qui semblent être des lacs résiduels de plus vastes étendues. Les lignes rouges cartent ces paléo-rivages. A droite, carte de ce même secteur en mai 2009. Les lacs de 2007 ont disparu. Titan est donc soumis à des variations climatiques saisonnières (l'année dure 30 ans).**

**Voici au moins un réchauffement climatique dont l'homme n'est responsable, ce qui fera plaisir à certain ancien ministre qui aime les réchauffements climatiques (sans doute parce que cela tue les mammoths, animaux qu'il n'aime pas).**

**Un autre type de cartes essentielles, ce sont les cartes des reliefs. Comment mesurer-quantifier le relief extra-terrestres ?**

**Très localement, on peut les obtenir avec des couples d'images stéréoscopiques.**

**Sinon, on utilise des instruments embarqués sur des sondes (en orbite) : lasers altimètres pour les planètes sans nuages, et des radars altimètres pour Vénus et Titan. Chaque fois, la sonde émet une impulsion (laser ou radar) vers le sol et chronomètre le temps aller-retour de l'onde. Mais il faut connaître très précisément l'orbite de la sonde.**





**La sonde, contenant  
accéléromètre,  
gyroscope ...**

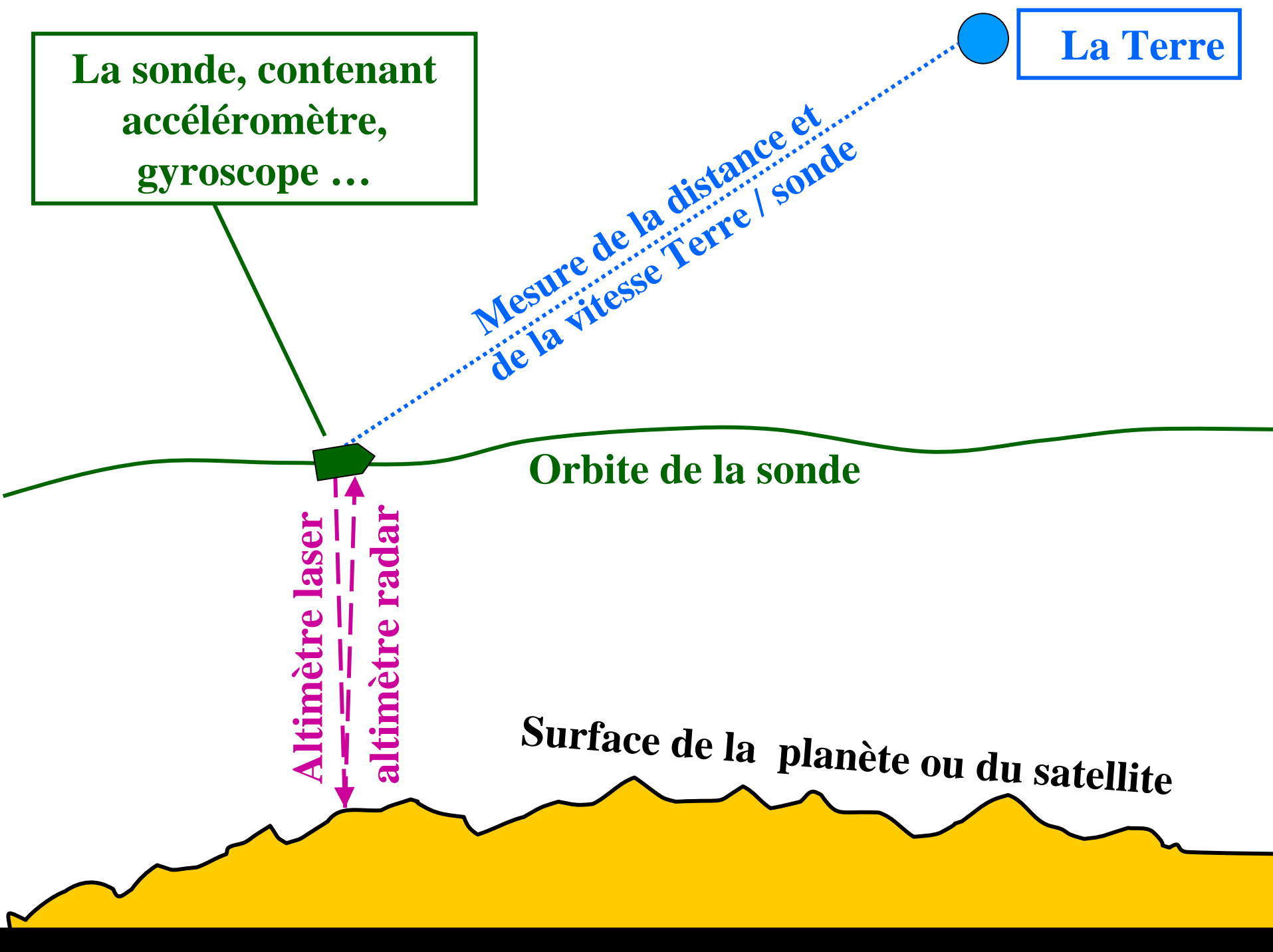
**La Terre**

**Mesure de la distance et  
de la vitesse Terre / sonde**

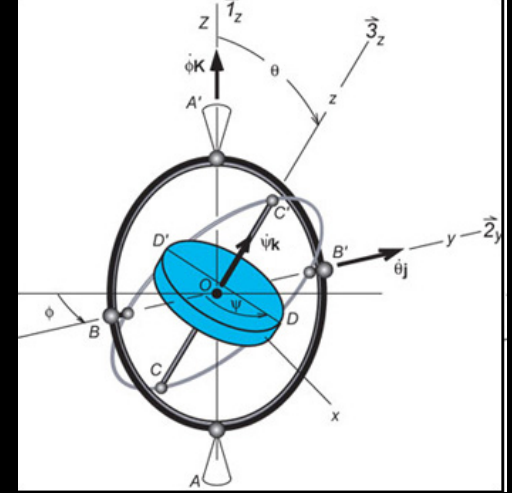
**Orbite de la sonde**

**Altimètre laser**  
**altimètre radar**

**Surface de la planète ou du satellite**



**On mesure la distance  
Terre / sonde grâce au temps  
mis par un « top » radio pour faire  
le trajet. On mesure la vitesse  
Terre/sonde par effet Doppler.**

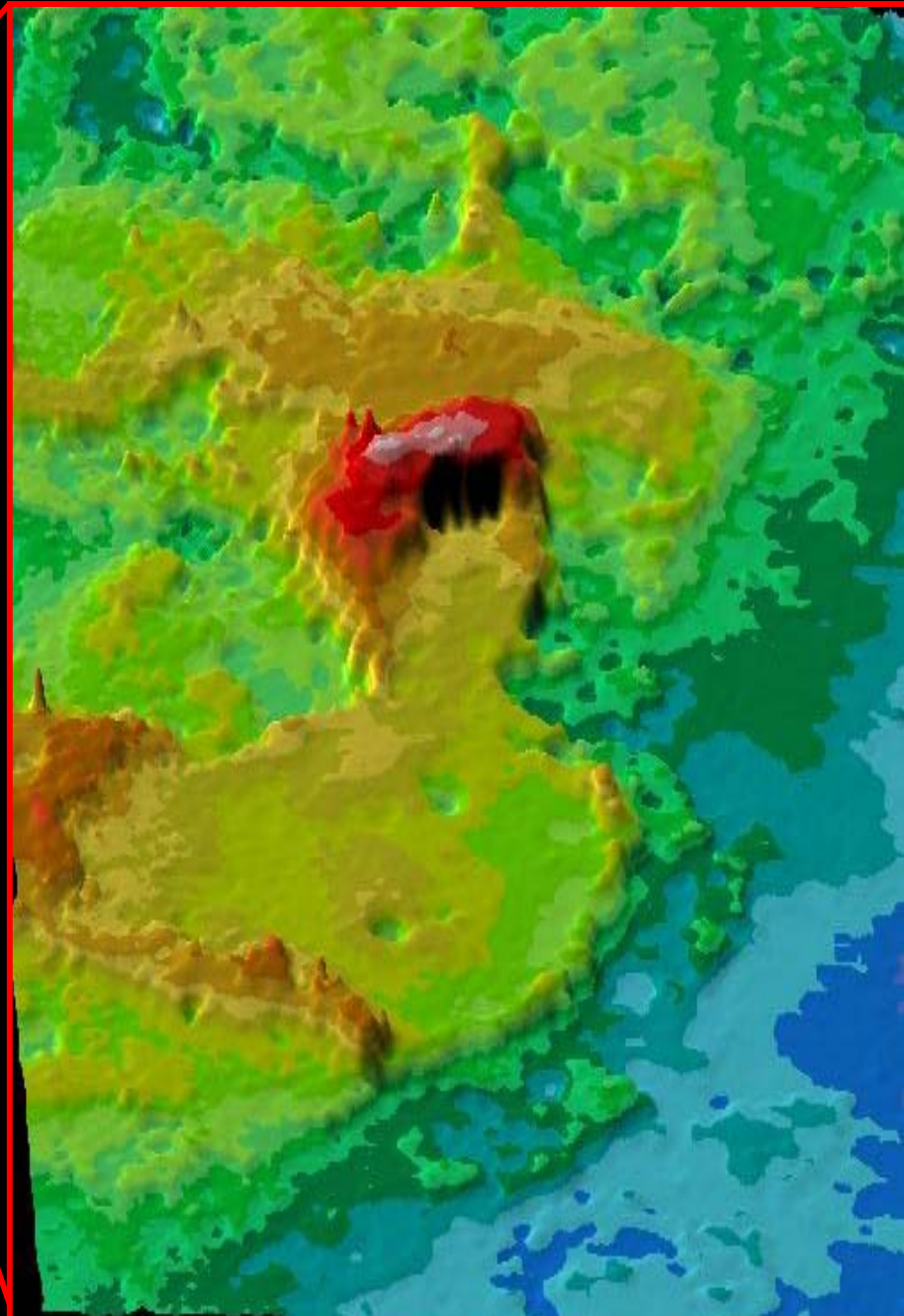
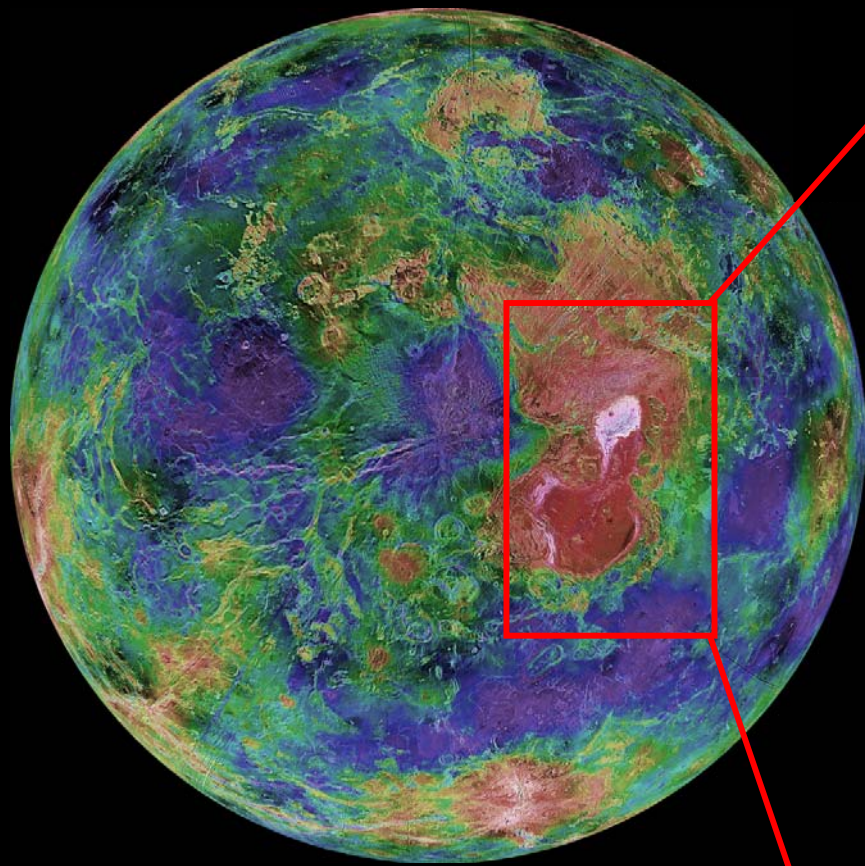


**Accéléromètre et gyroscope mesurent accélération  
et changement d'orientation de la sonde.  
→ On calcule la géométrie exacte de l'orbite de la  
sonde.**

**L'altimètre laser / radar mesure en tout point la  
distance sonde / sol de la planète.**

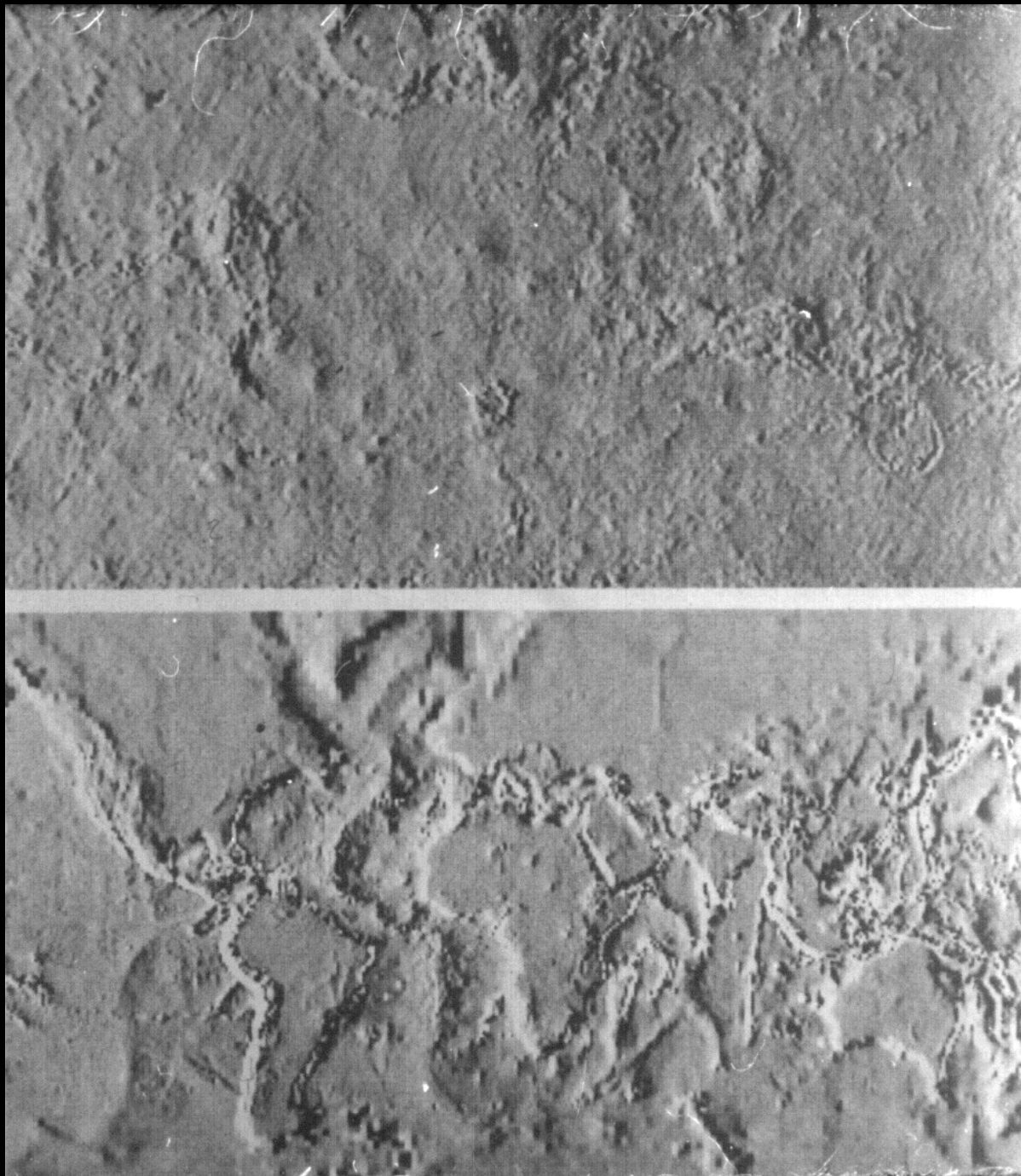
**Géométrie de l'orbite + distance sonde/sol  
→ on calcule la topographie du sol de la planète.**





**Un exemple : carte  
topographique d'un  
hémisphère de Vénus et  
détail d'Aphrodite Terra**





**Ces cartes topographiques permettent des comparaisons fructueuses, si les résolutions sont homogènes. Exemple de la comparaison Terre / Vénus**



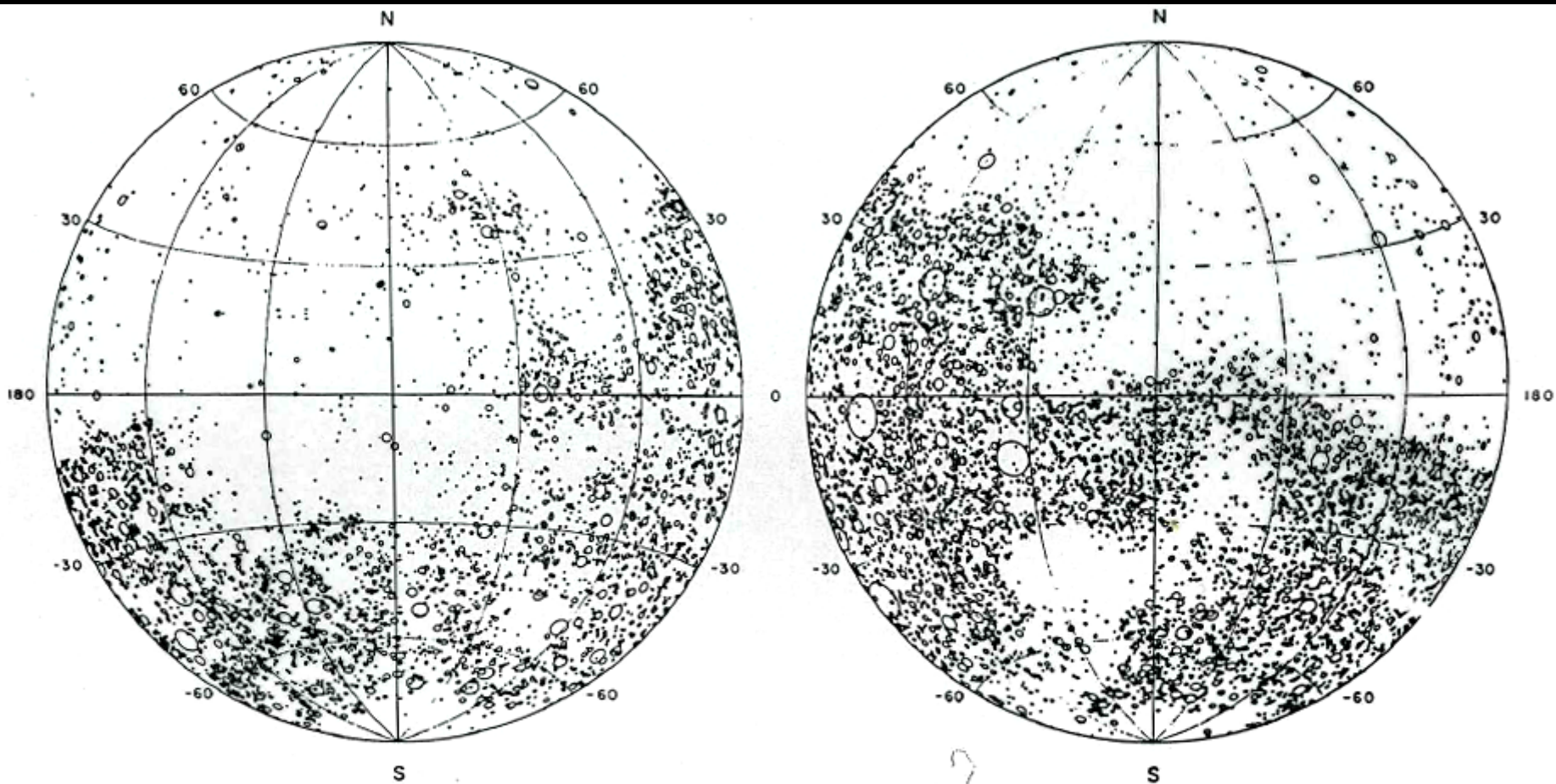
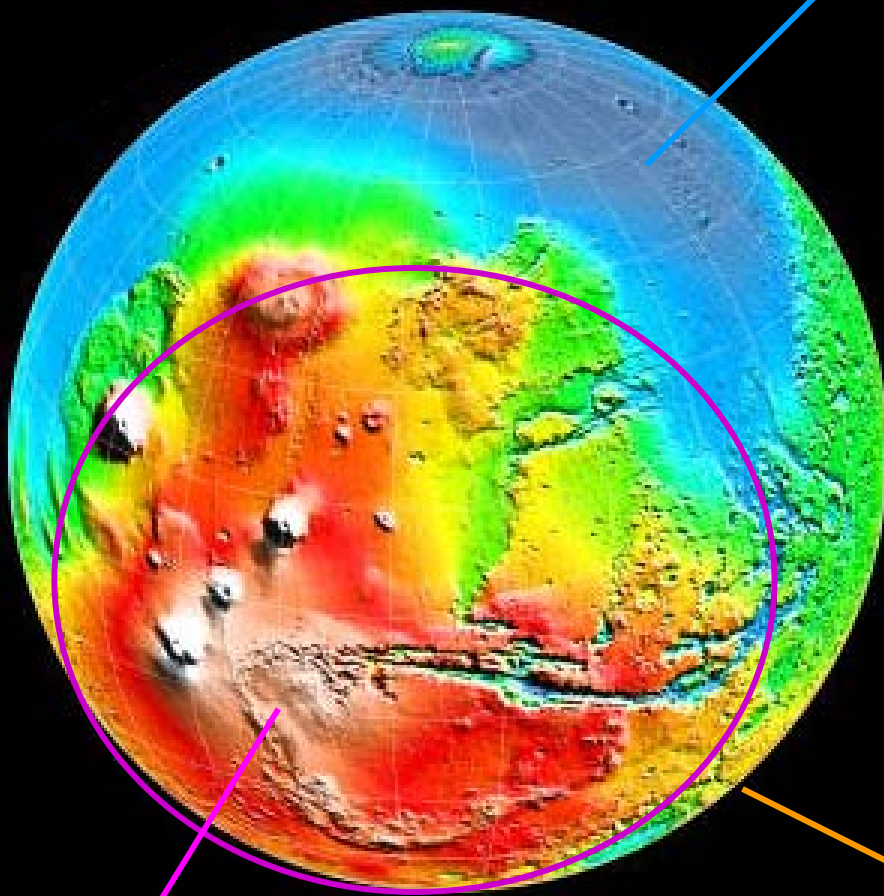


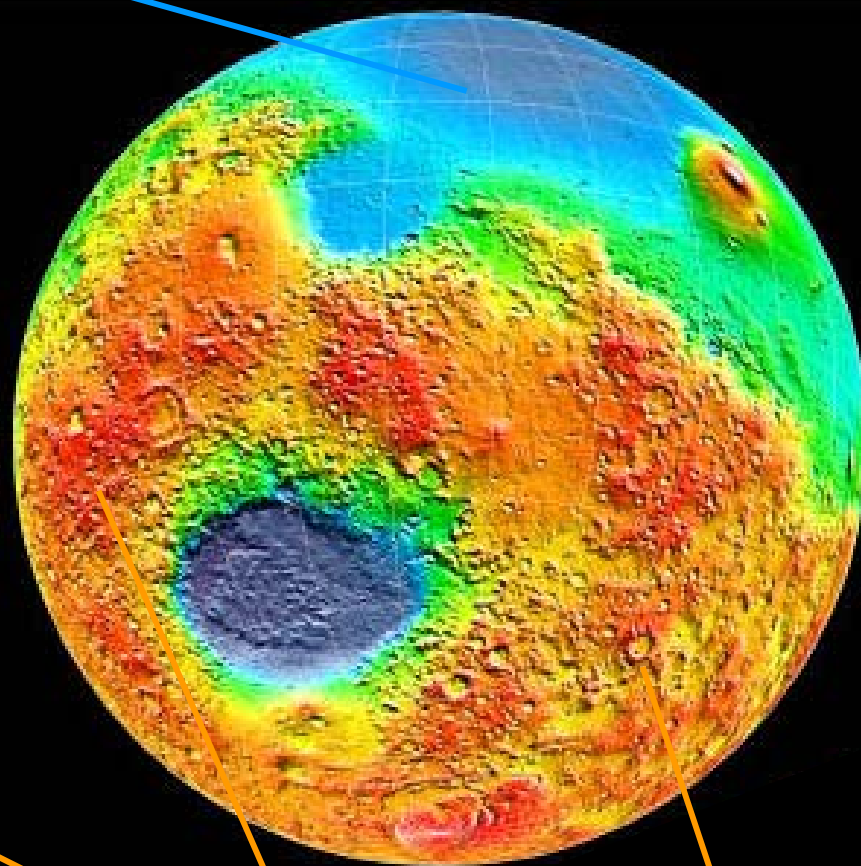
Fig. 8.6. Distribution of martian craters greater than 15 km in diameter. For a comparison with physiographic provinces refer to Fig. 8.8. (From *The Geology of Mars*, by Thomas A. Mutch *et al.* (© 1976 by Princeton University Press): Fig. 4.26. Reproduced by permission of Princeton University Press.)

**Ici, la carte des cratères de Mars (déjà vue), qu'on peut comparer avec la carte topographique**

**Basses plaines du nord, peu cratérisées**



**Dôme de Tharsis, élevé mais jeune**



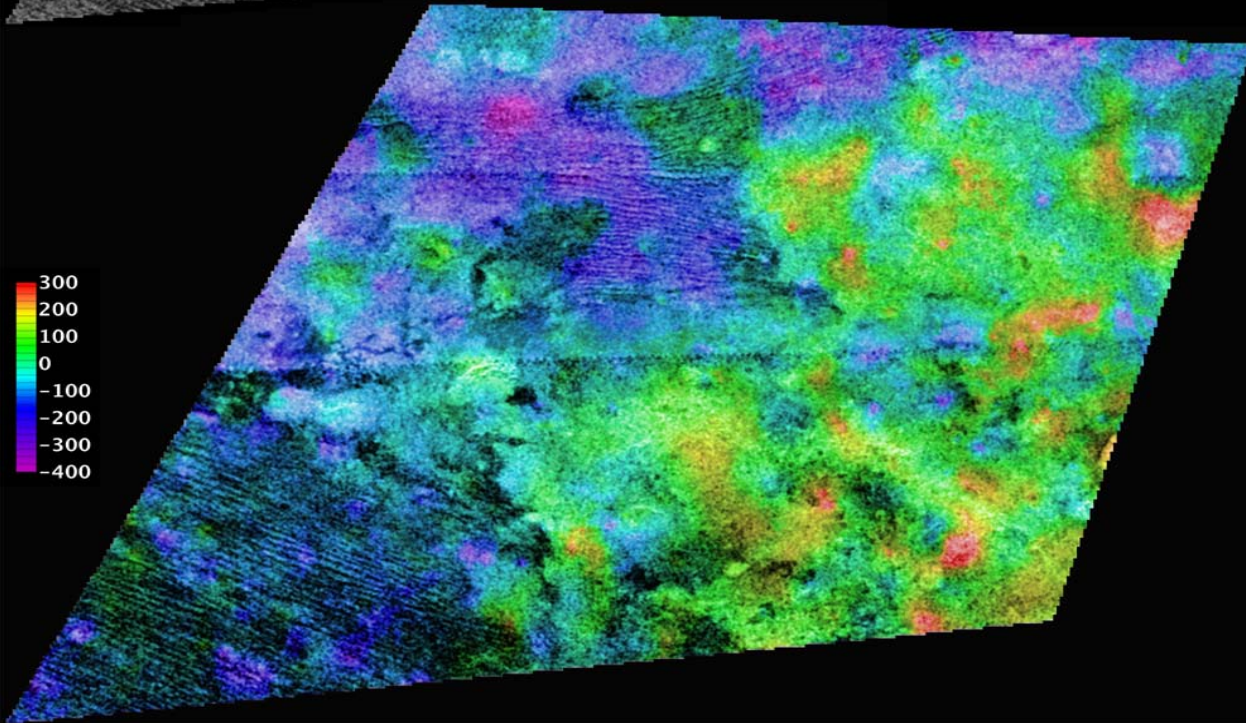
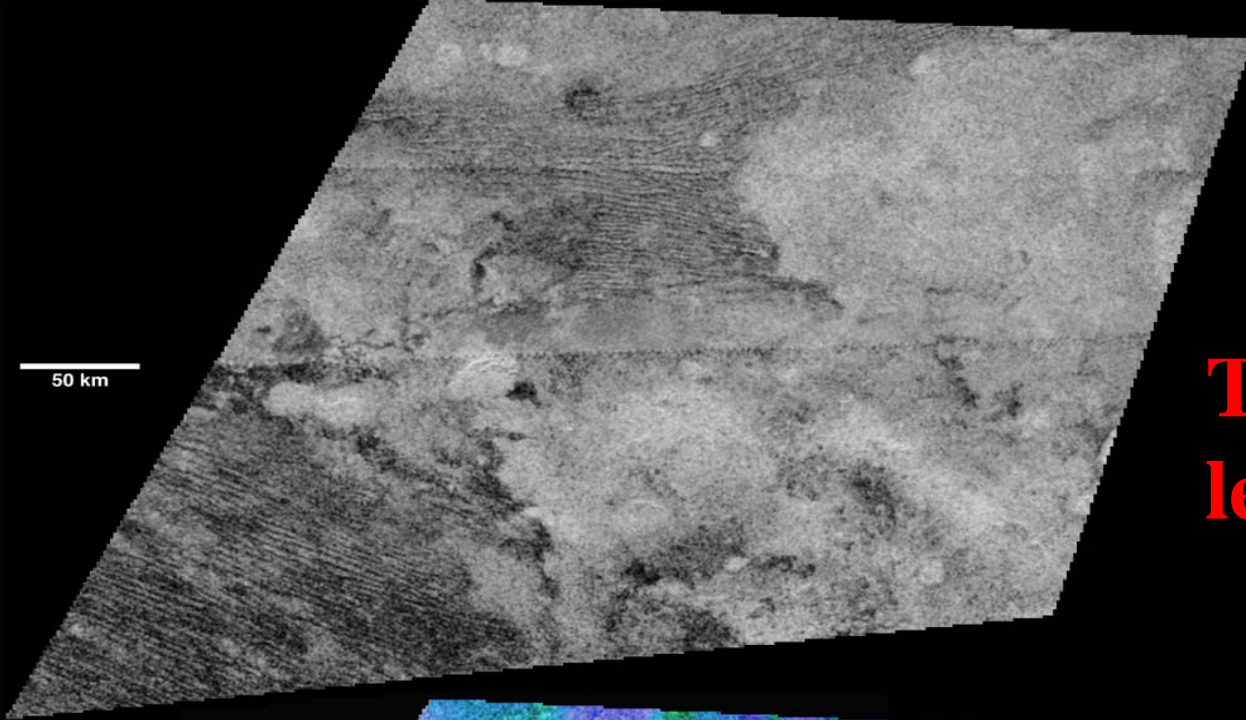
**Hauts plateaux du sud, très cratérisés**



**Les dunes de Titan sont dans les zones basses**

50 km

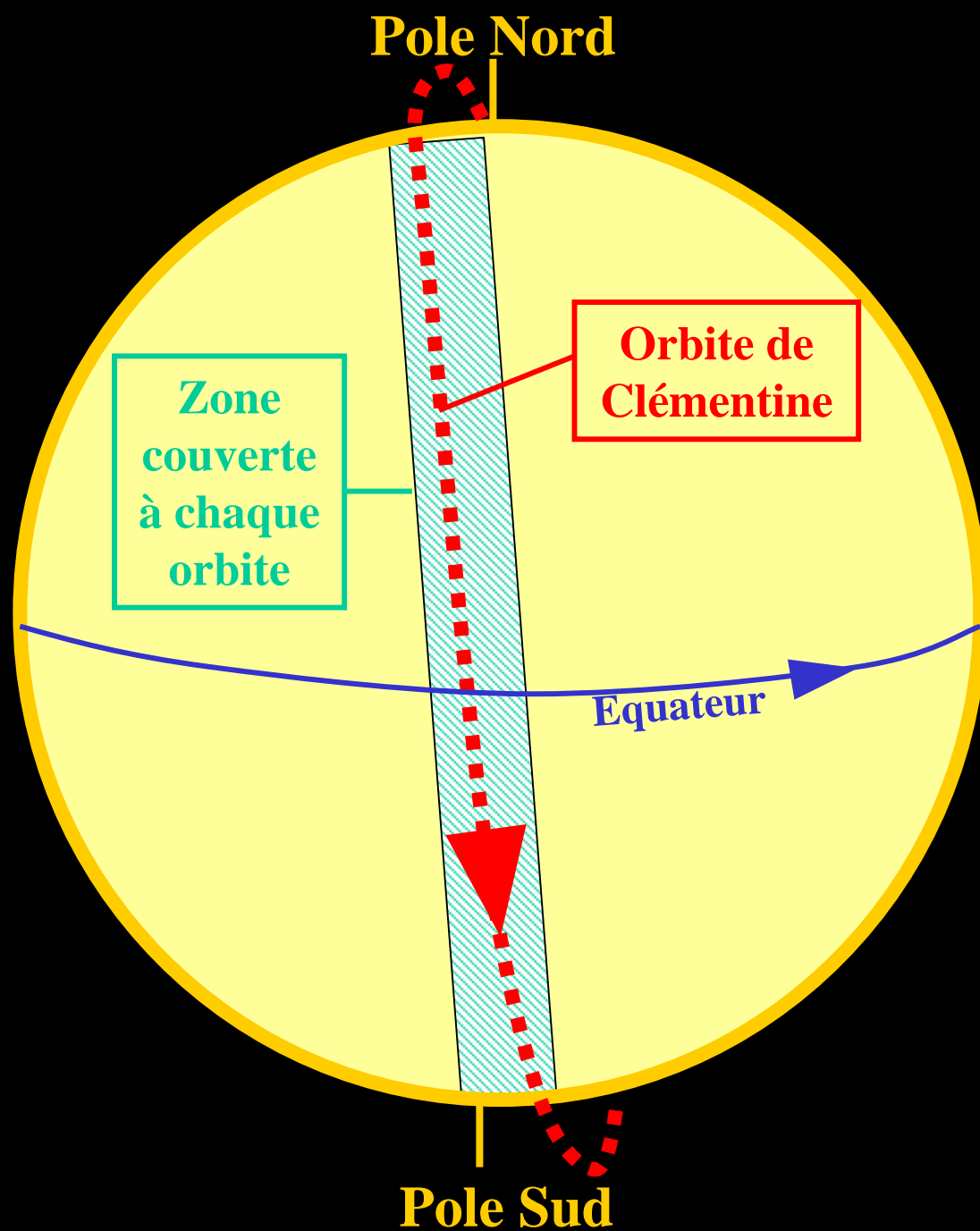
300  
200  
100  
0  
-100  
-200  
-300  
-400



**On peut aussi faire des cartes « géophysiques »,  
comme des cartes gravimétriques, thermiques ...**







**Un exemple de carte gravimétrique et de ses « applications » : les résultats de la mission Clémentine, ancienne sonde Nasa en orbite polaire autour de la Lune. Elle était munie d'un laser altimètre, et de tout ce qu'il faut pour déterminer la gravité en chaque point survolé.**

**La sonde, contenant  
accéléromètre,  
gyroscope ...**

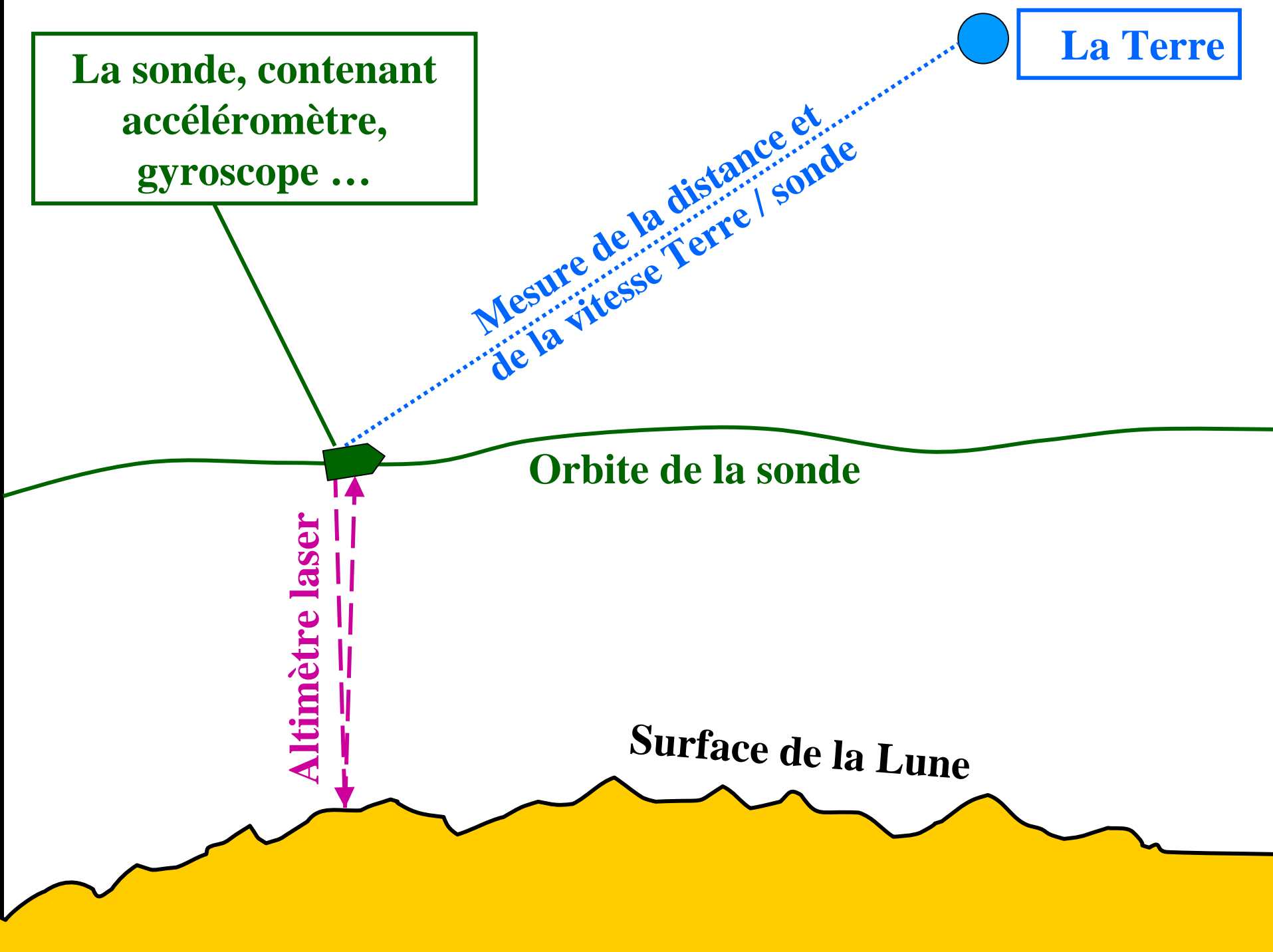
**La Terre**

**Mesure de la distance et  
de la vitesse Terre / sonde**

**Orbite de la sonde**

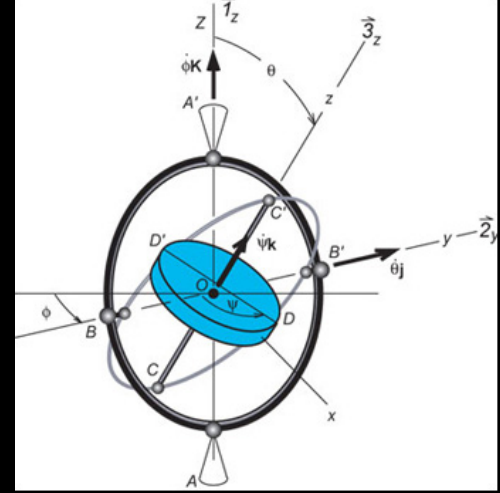
**Altimètre laser**

**Surface de la Lune**





**On mesure la distance Terre / sonde grâce au temps mis par un « top » radio pour faire le trajet. On mesure la vitesse Terre/sonde par effet Doppler. Accéléromètre et gyroscope mesurent accélération et changement d'orientation de la sonde**



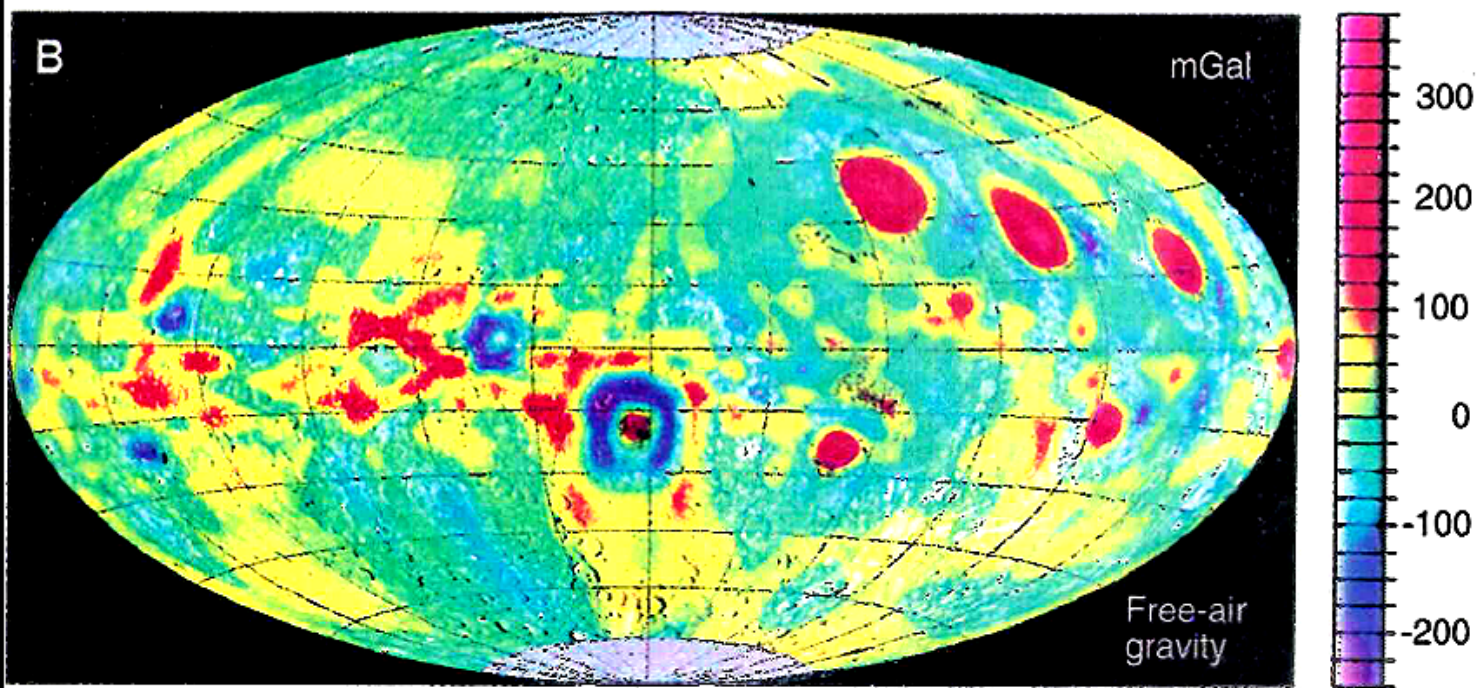
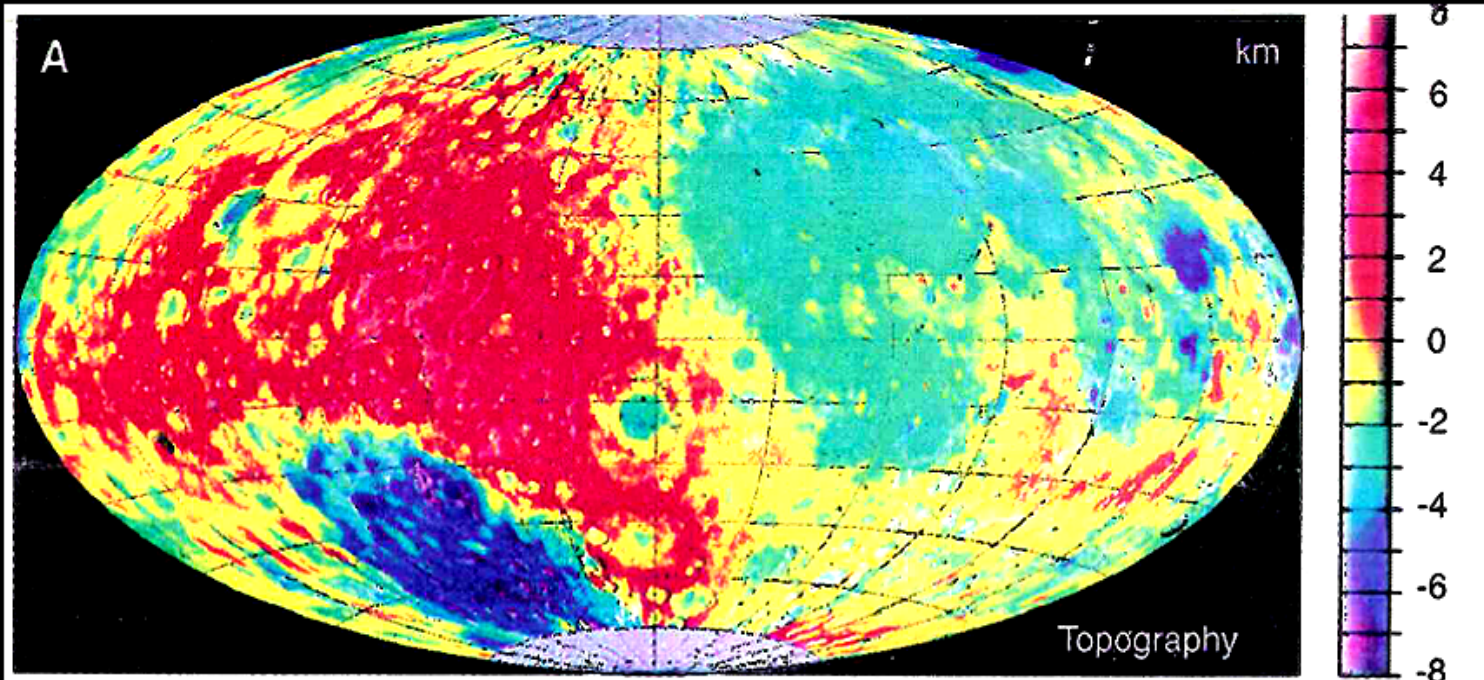
**→ On calcule la géométrie exacte de l'orbite de la sonde, et on en déduit la gravité lunaire en tout point de l'orbite.**

**L'altimètre laser mesure en tout point la distance sonde / sol lunaire**

**Géométrie de l'orbite + distance sonde / sol**

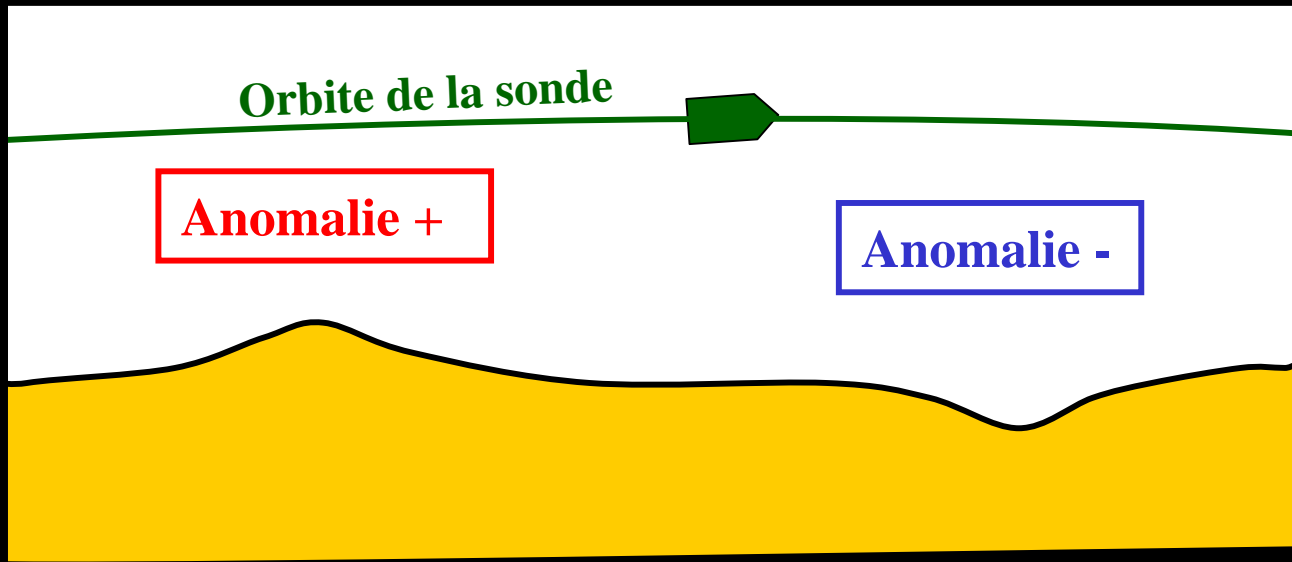
**→ on calcule la topographie du sol lunaire**

# Les résultats de Clémentine pour la Lune

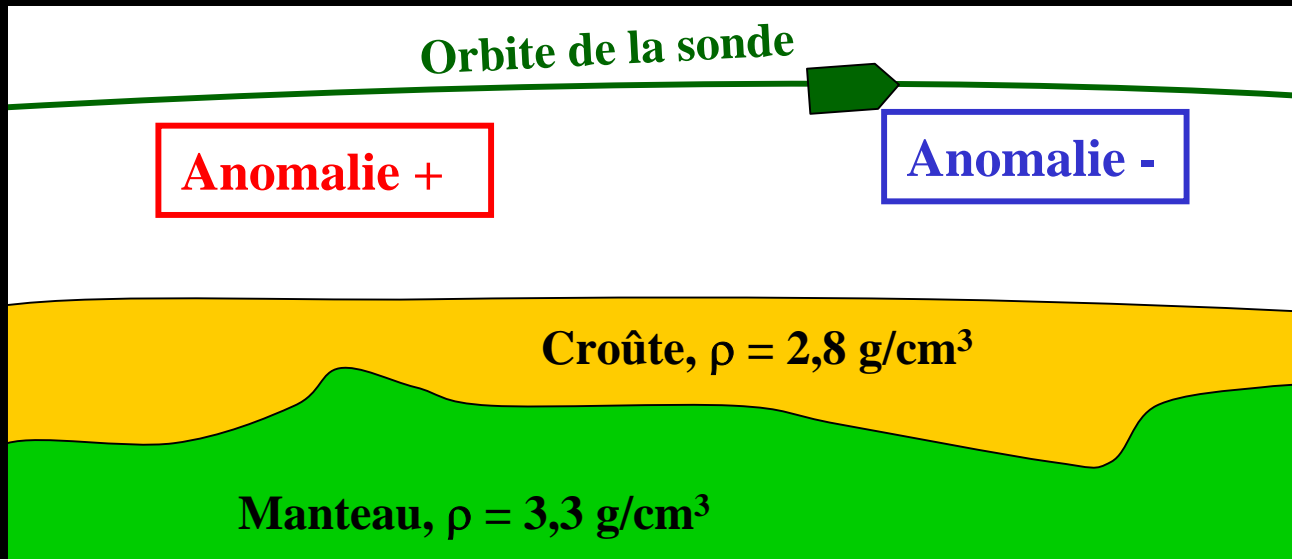




# Qu'est-ce qui peut faire varier la gravité ?

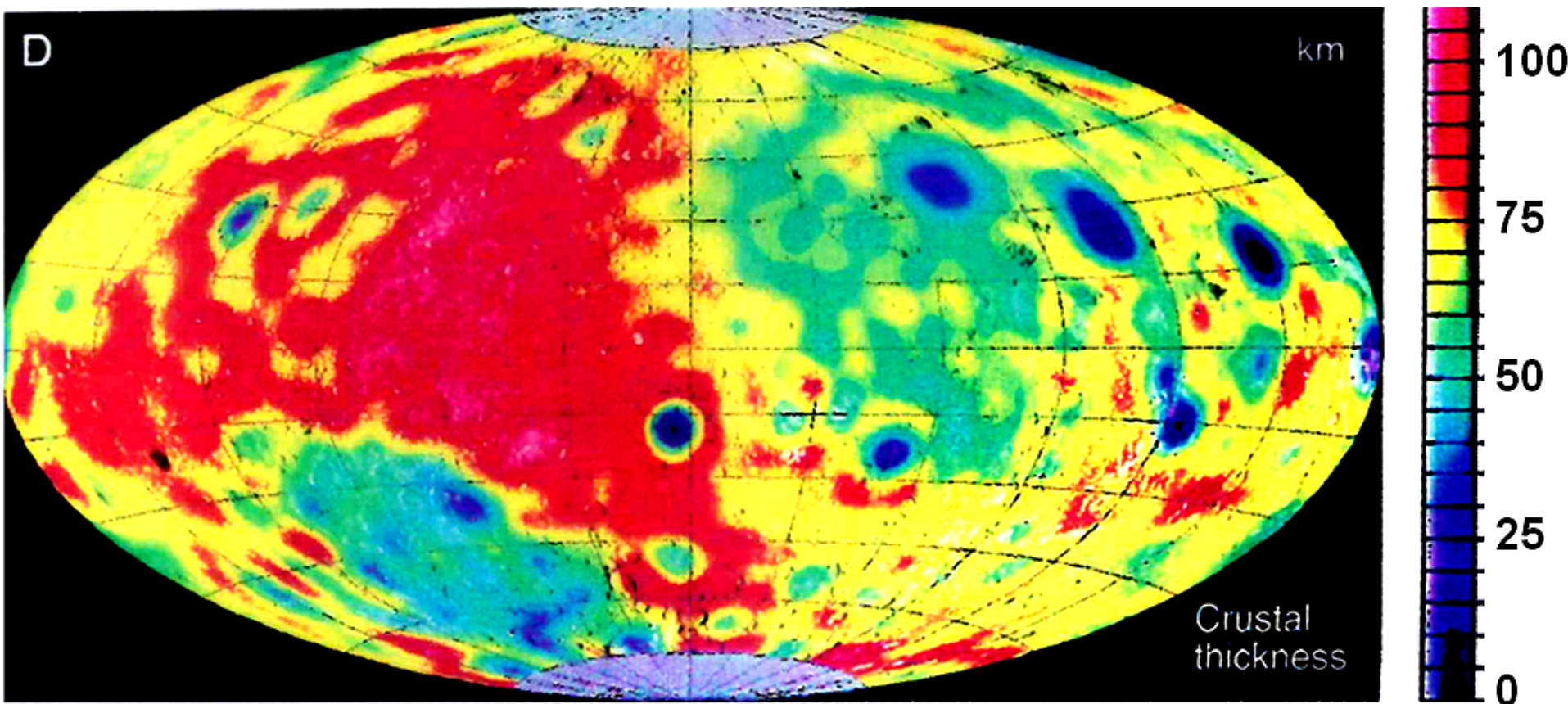


**Des reliefs  
(masses  
supplémentaires  
ou déficitaires).**



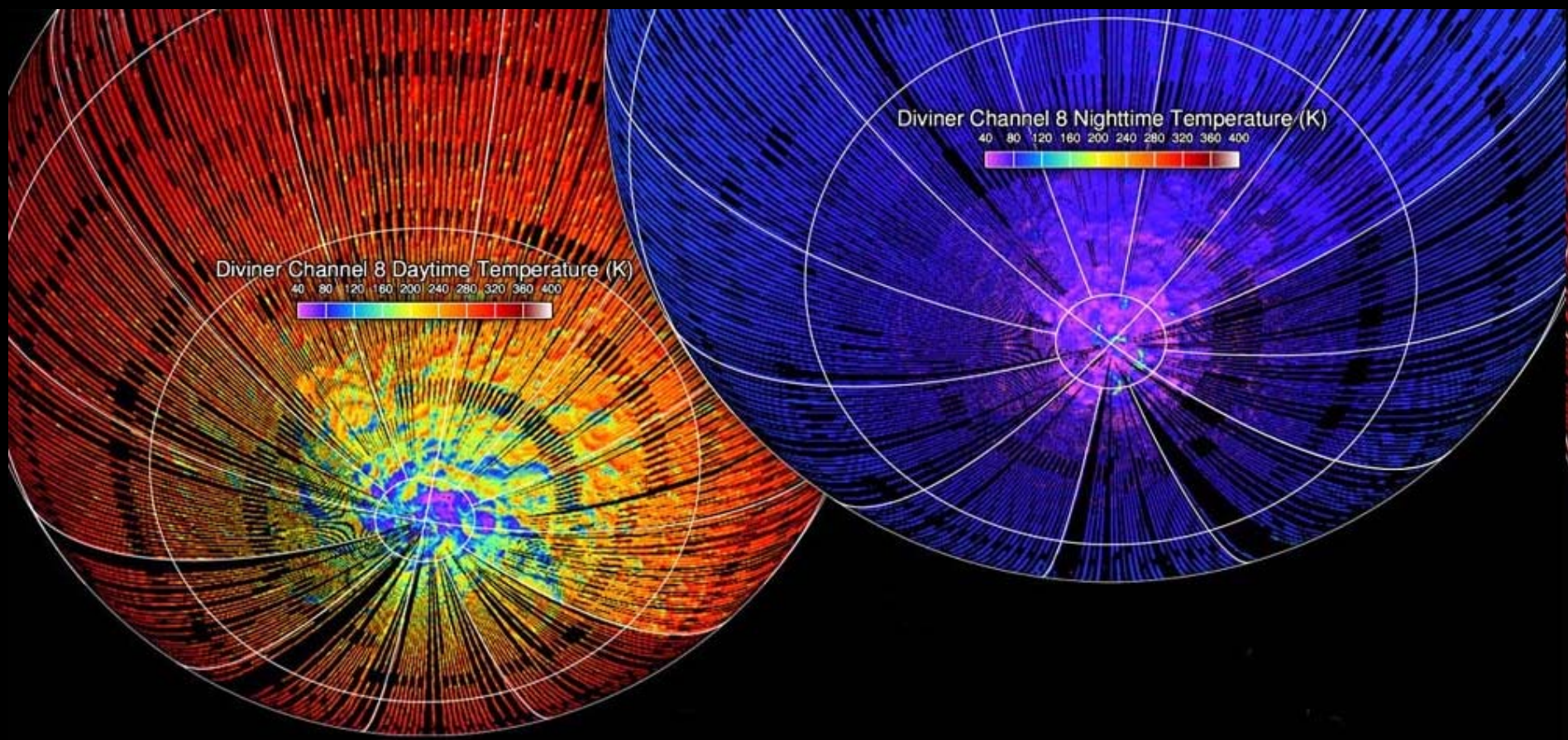
**Des variations  
internes de  
densités  
(variation  
d'épaisseur de  
la croûte par  
exemple)**

Quand on connaît la topographie, on calcul son effet sur la gravité. On enlève cet effet aux anomalies mesurées, que l'on peut alors interpréter en terme de variation de l'épaisseur de la croûte.



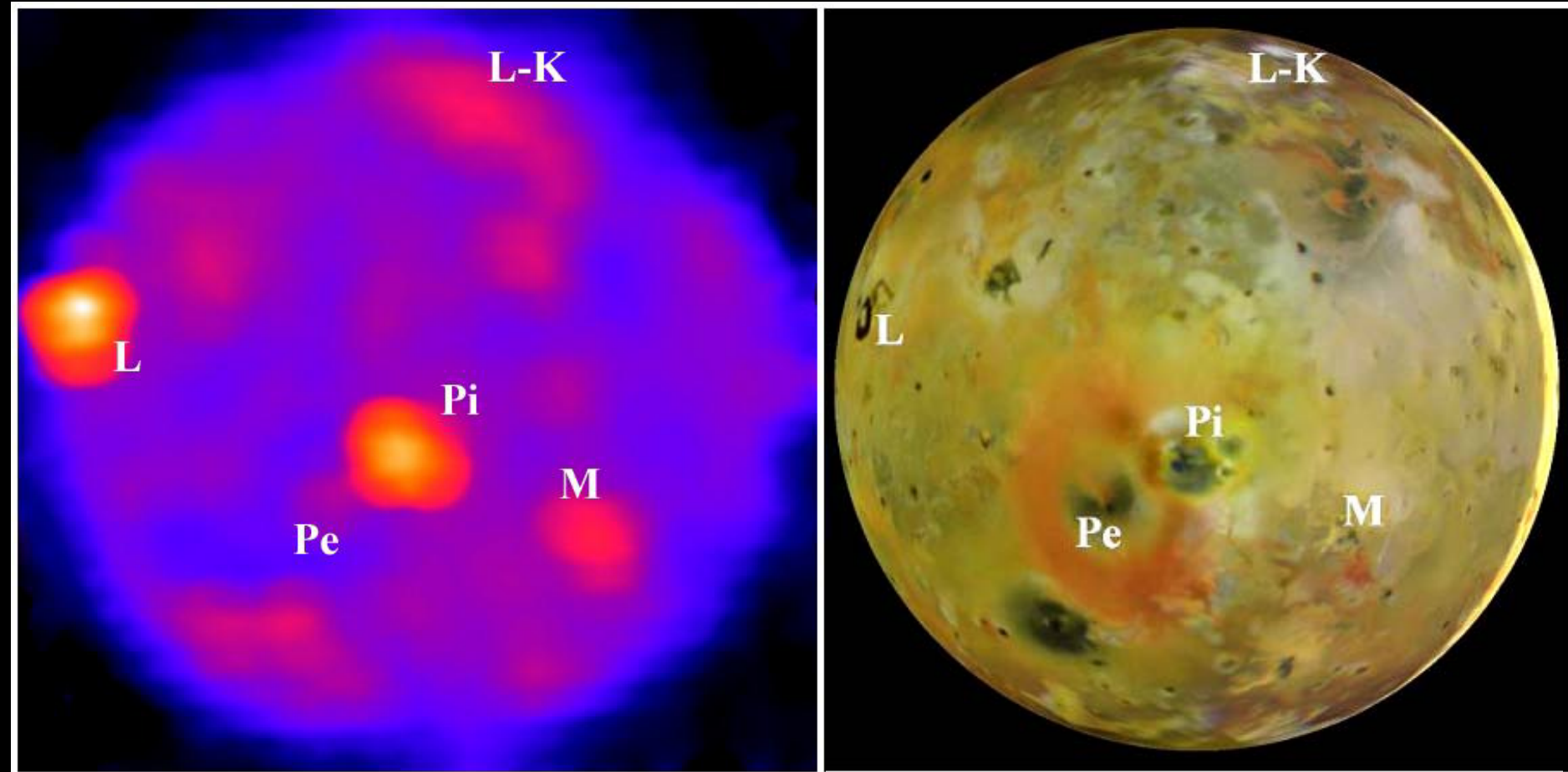
**Le résultat pour la Lune**





**Une carte des températures (émission Infra-Rouge) : les températures diurnes et nocturnes de la Lune. On remarque des température de  $-238^{\circ}\text{C}$  au niveau du Pôle Sud, la plus basse température jamais mesurée dans le système solaire. On y reviendra !**

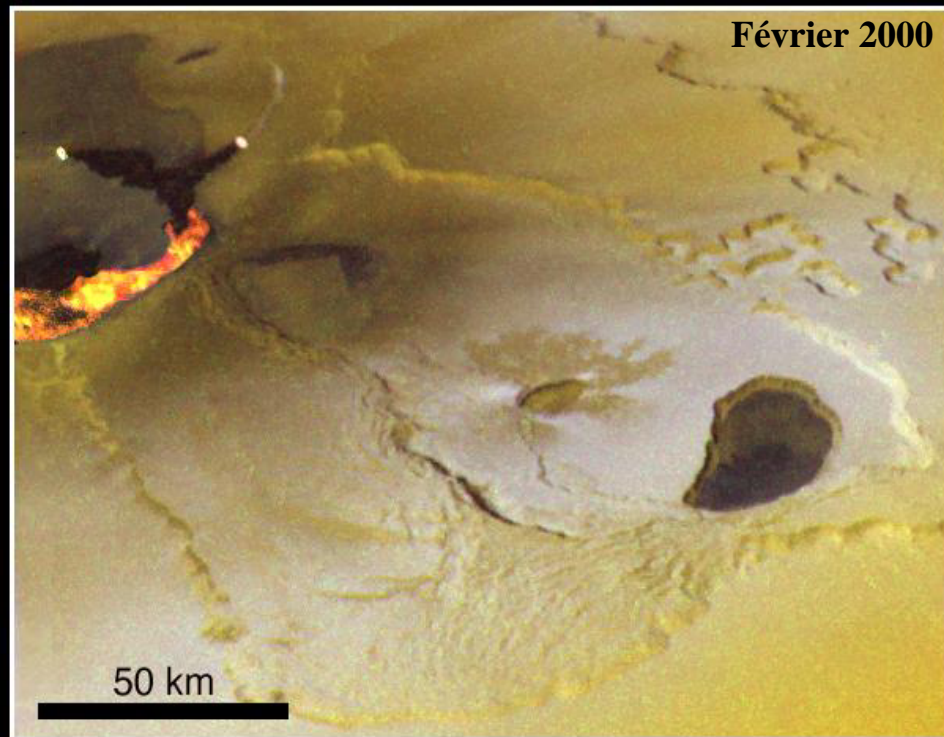
**Un autre exemple de carte thermique, celle de Io, dont la T superficielle est « normalement de 90 K (- 180°C). Io a des zones à T > 1500 K (+1230°C). Il y a des volcans hyperactifs qui crachent de la lave plus chaude que du basalte**



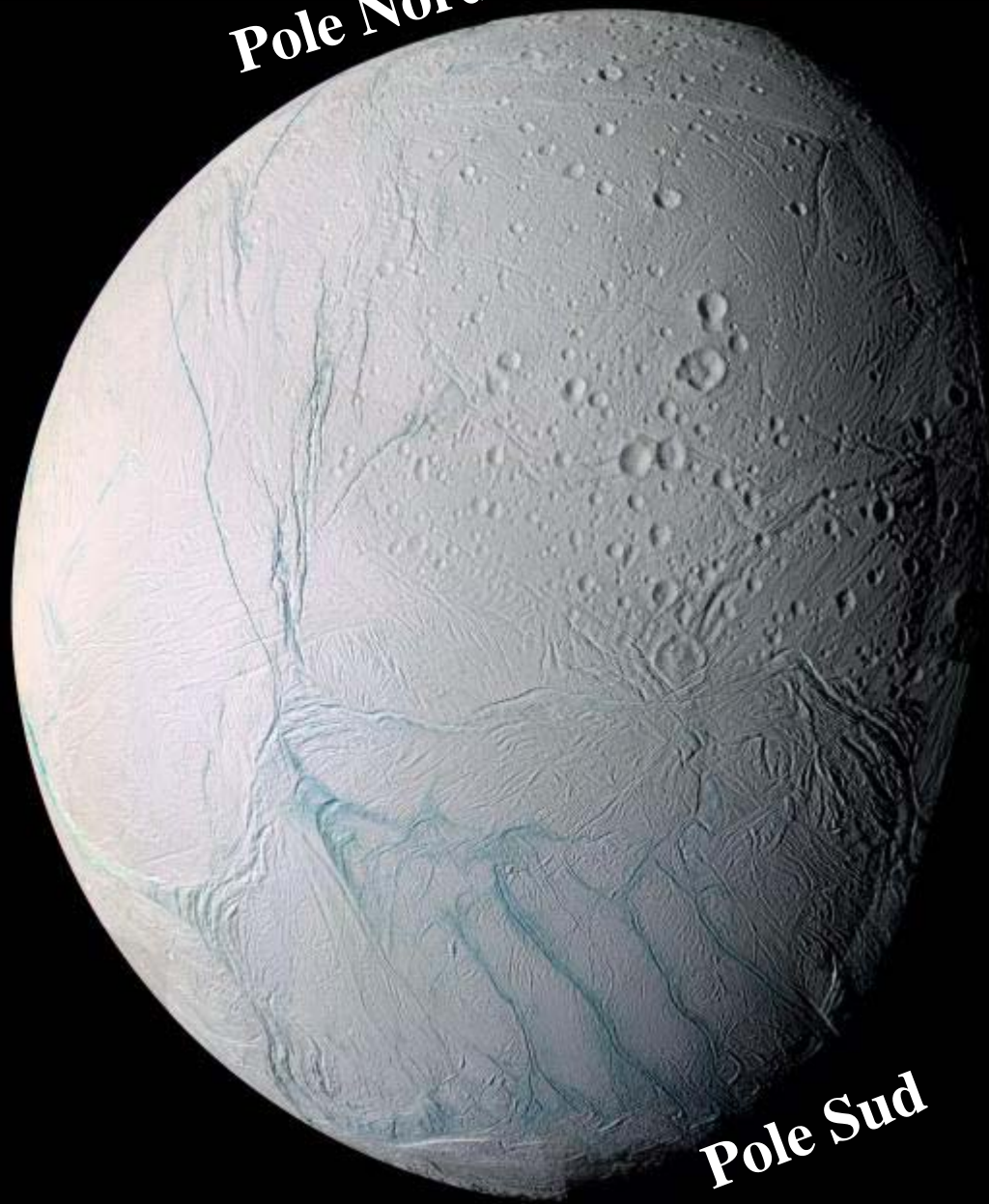
**De 90 K (bleu) à > 1500 K (blanc), février 2000**



**Je ne peux résister à vous montrer deux des plus beaux lacs de laves du système solaire, ceux du volcan Tvashtar , qui évoluent entre novembre 1999 (à gauche) et février 2000 (à droite). Ce sont sans doute des lacs de komatiite fondue.**



**Pole Nord**



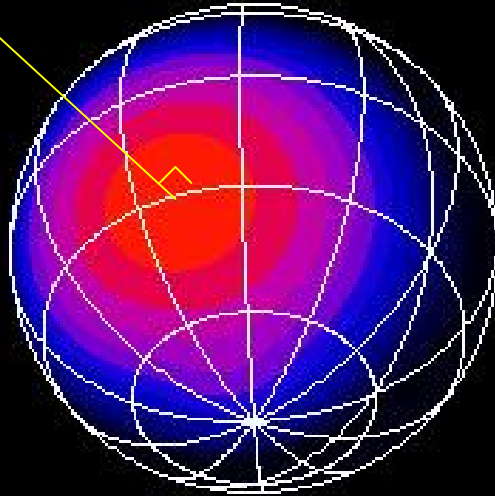
**Pole Sud**

**Voici Encelade,  
satellite de  
Saturne déjà  
vu, de 500 km  
de diamètre,  
peut-être le  
plus étrange  
corps du  
système solaire.**

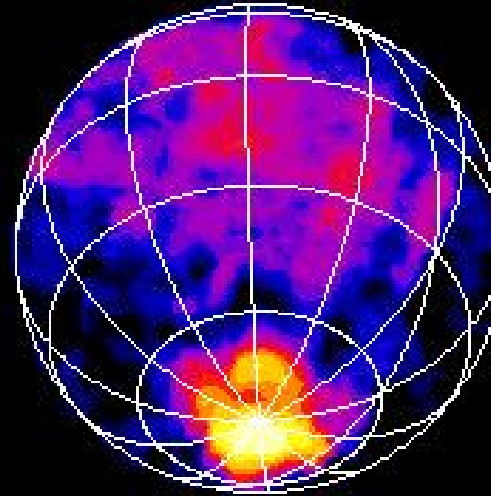


# Enceladus Temperature Map

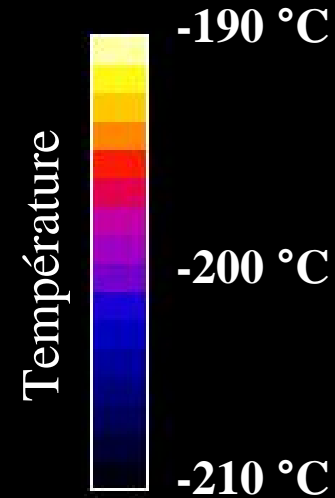
Soleil  
au  
zénith



Predicted  
Temperatures

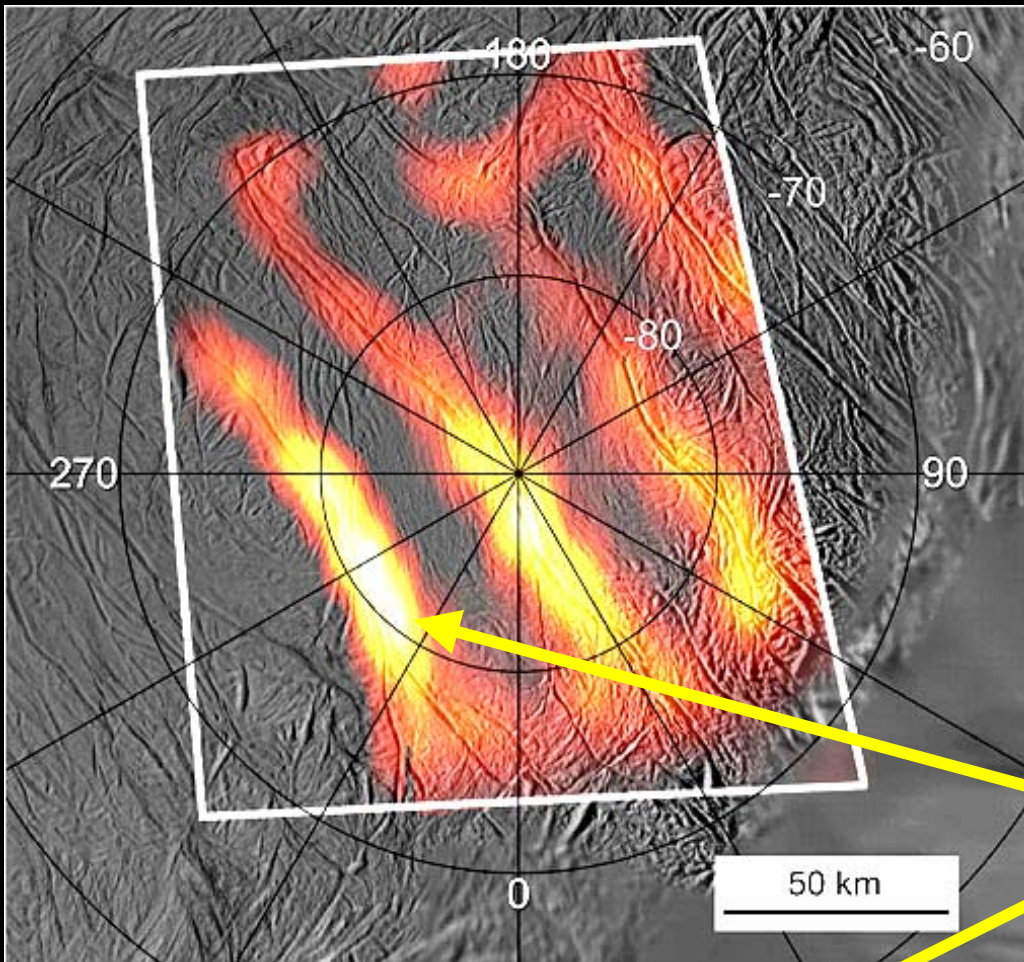


Observed  
Temperatures



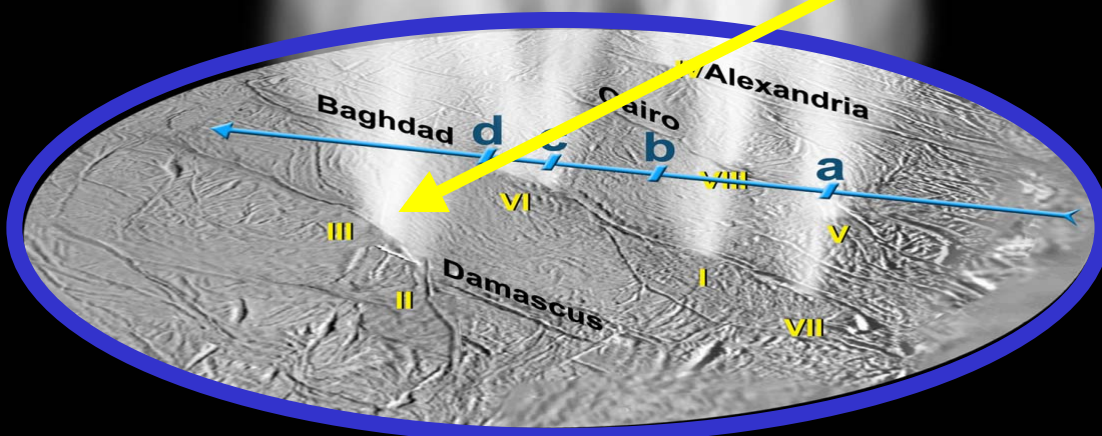
Décembre 2006

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



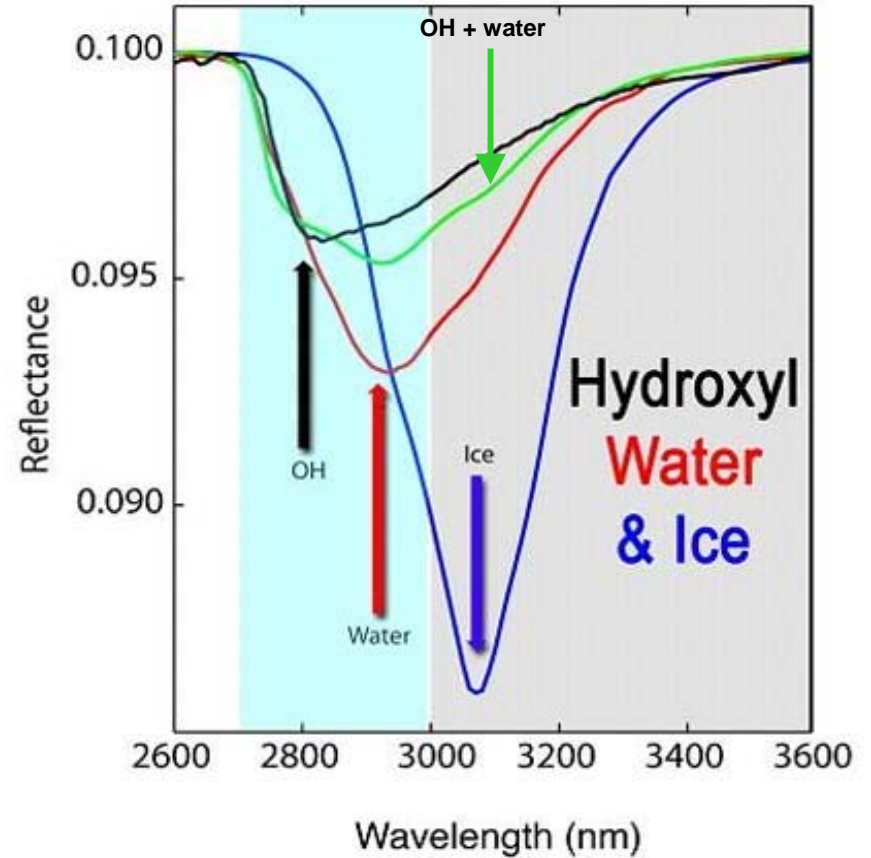
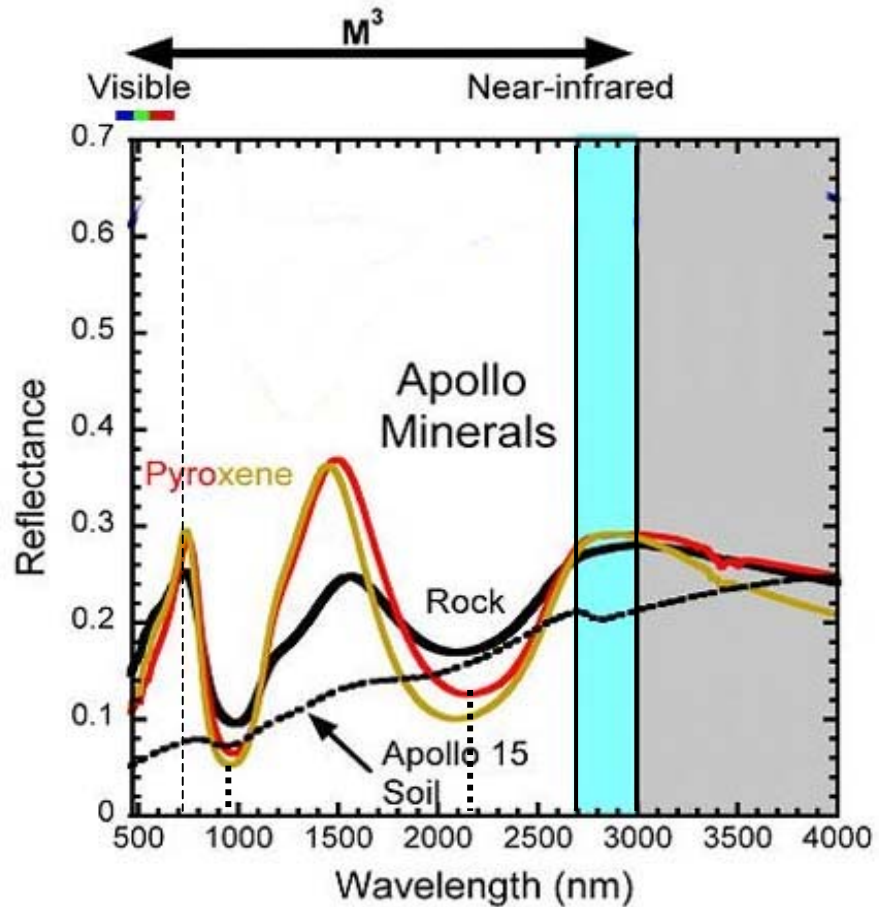
**Résultats plus fins  
(mars 2008) :  
la haute température  
au dessus du pôle sud  
est liée aux failles.**

**La température  
des « zones en  
gris » est de  
 $-200^{\circ}\text{C}$ . Là où  
elle est maximale,  
elle est de  $-93^{\circ}\text{C}$ ,  
soit un excès de  
 $+107^{\circ}\text{C}$**



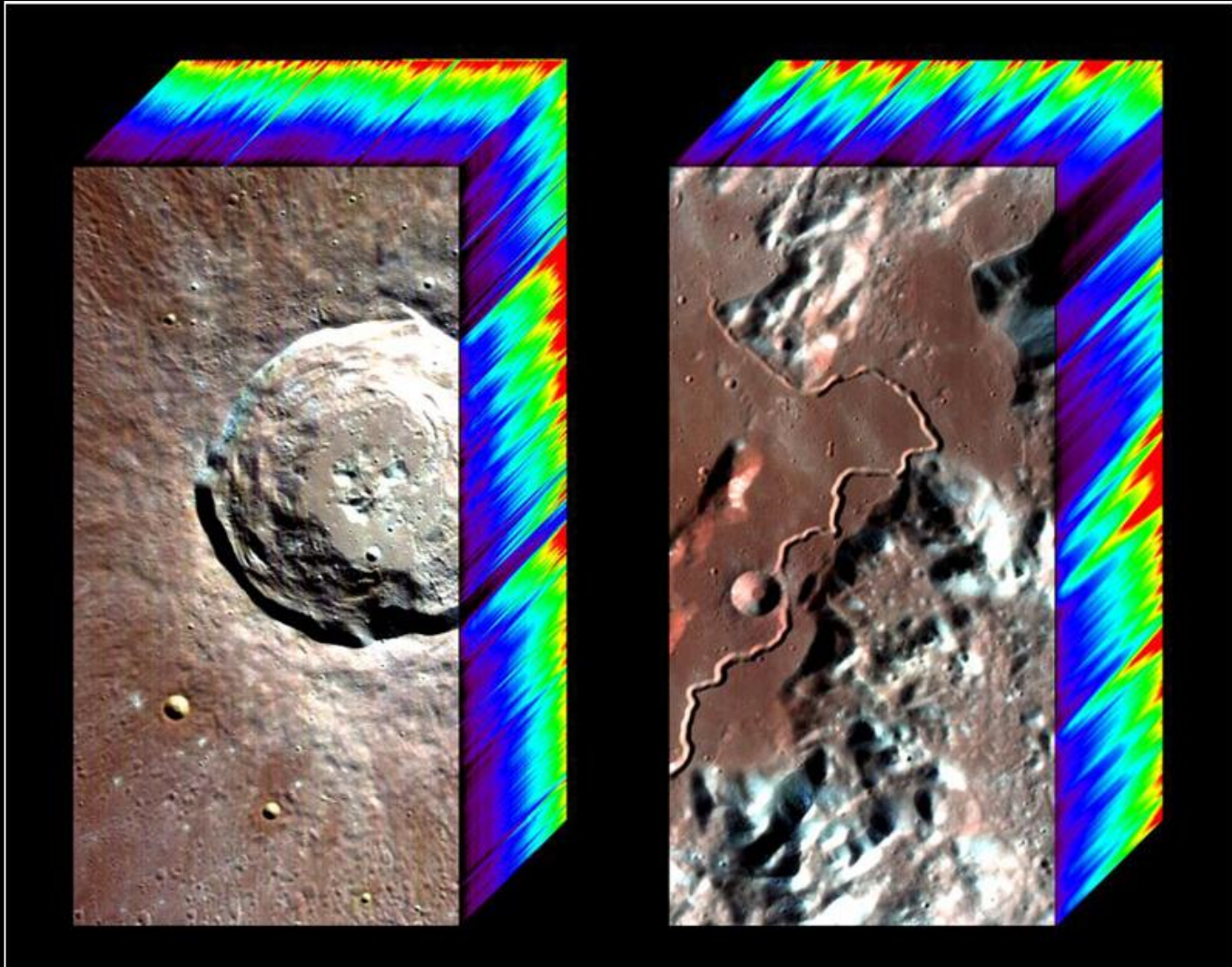


# Les cartes issues des réflectances spectrales



Dans le Proche Infra-Rouge, de nombreux minéraux et autres « substances » présentent une réflectance (inverse de l'absorption) différentielle

Si pour chaque pixel on a un spectre, l'intensité de l'absorption (inverse de la réflectance) pour des longueurs d'onde caractéristiques d'un composé donné donnera une « carte » de la répartition de cette substance





# Carte « minéralogico-chimique » de Japet (satellite de Saturne).



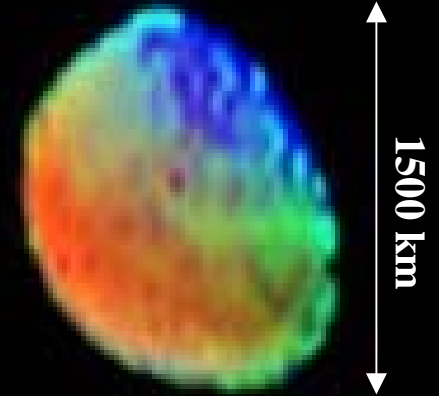
Intensité de l'absorption dans les longueurs d'ondes autres que celles des glaces  
→ Abondance de ce qui n'est pas une glace



Intensité de l'absorption dans les longueurs d'ondes de la glace carbonique  
→ Abondance de la glace carbonique



Intensité de l'absorption dans les longueurs d'ondes de la glace d'eau  
→ Abondance de la glace d'eau



- Non – glaces = matière organique
- Glace carbonique
- Glace d'eau

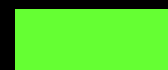
**On peut carter avec une précision «hctométrique». Ici, le givre sur les flancs nord d'un cratère martien est majoritairement constitué de glace d'H<sub>2</sub>O, avec parfois en plein hivers, du givre de glace de CO<sub>2</sub>. Cette composition est révélée par les spectres IR des spectro-imageurs**



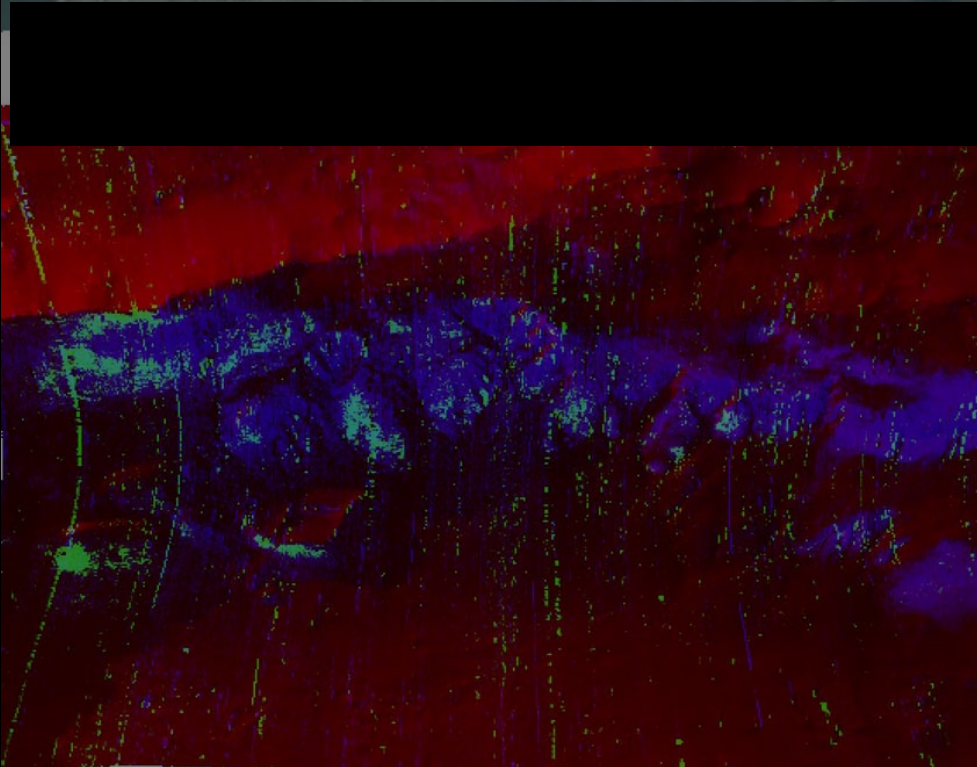
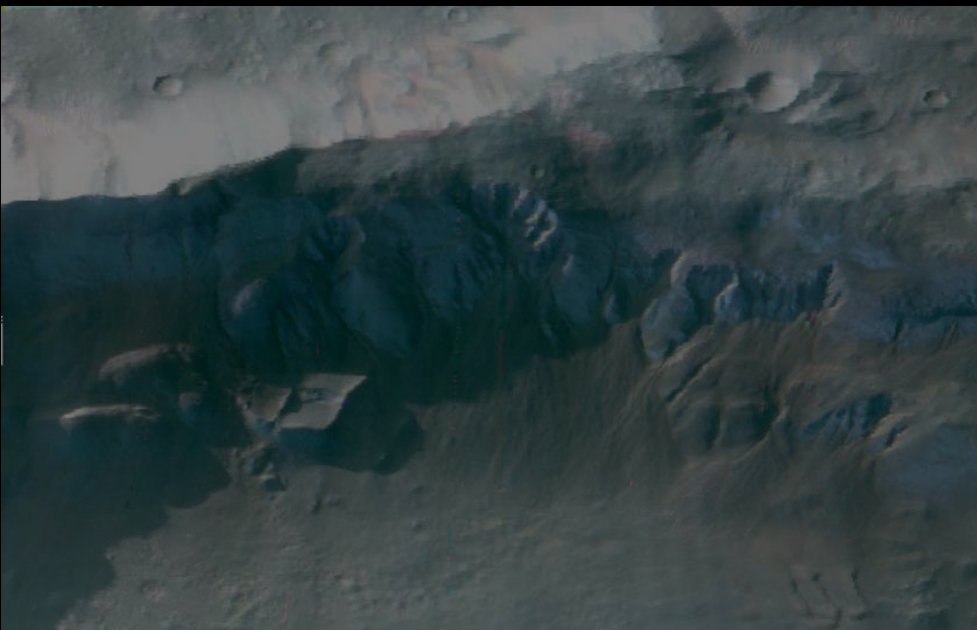
**Roche**



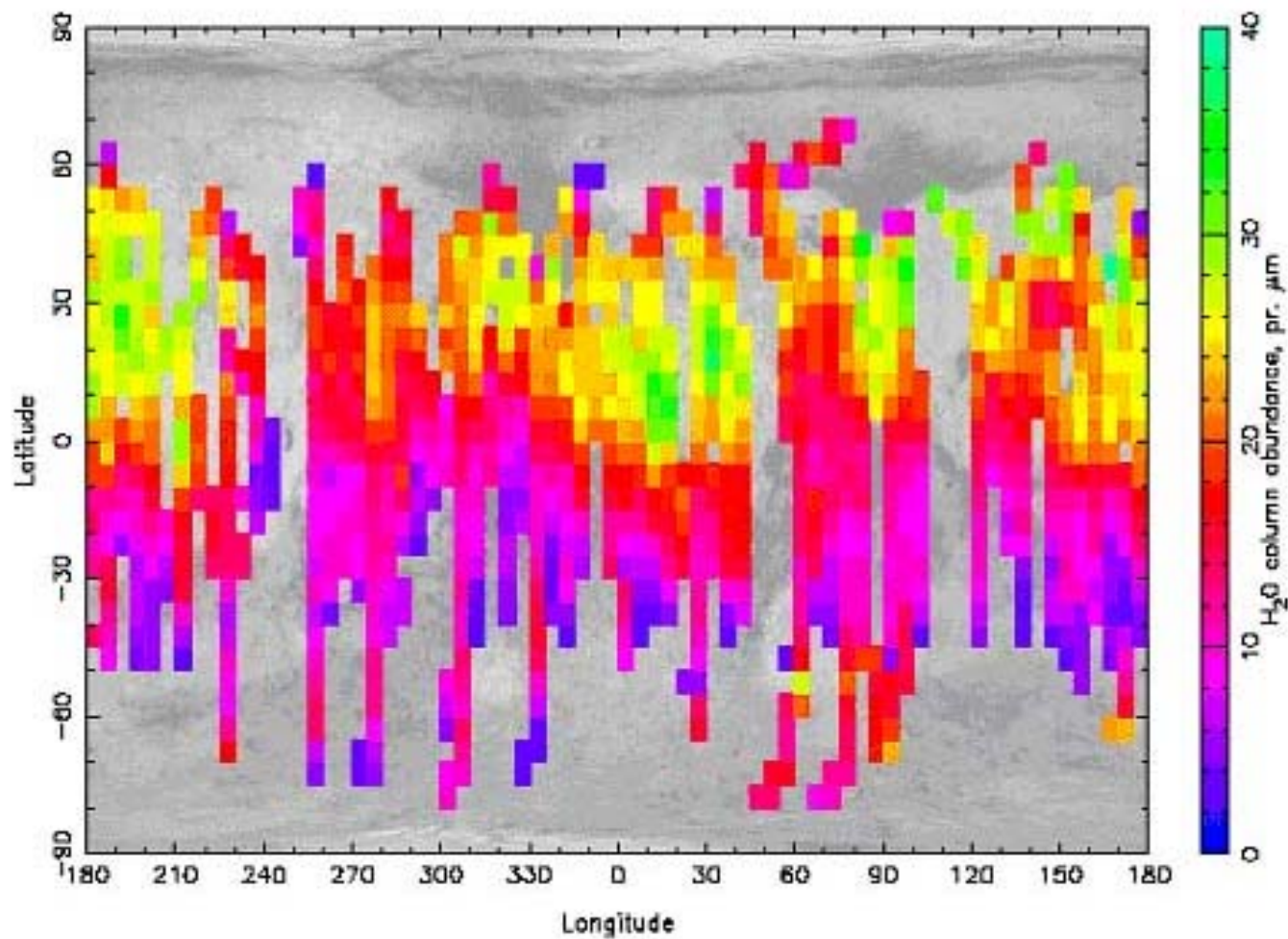
**Glacé d'H<sub>2</sub>O**



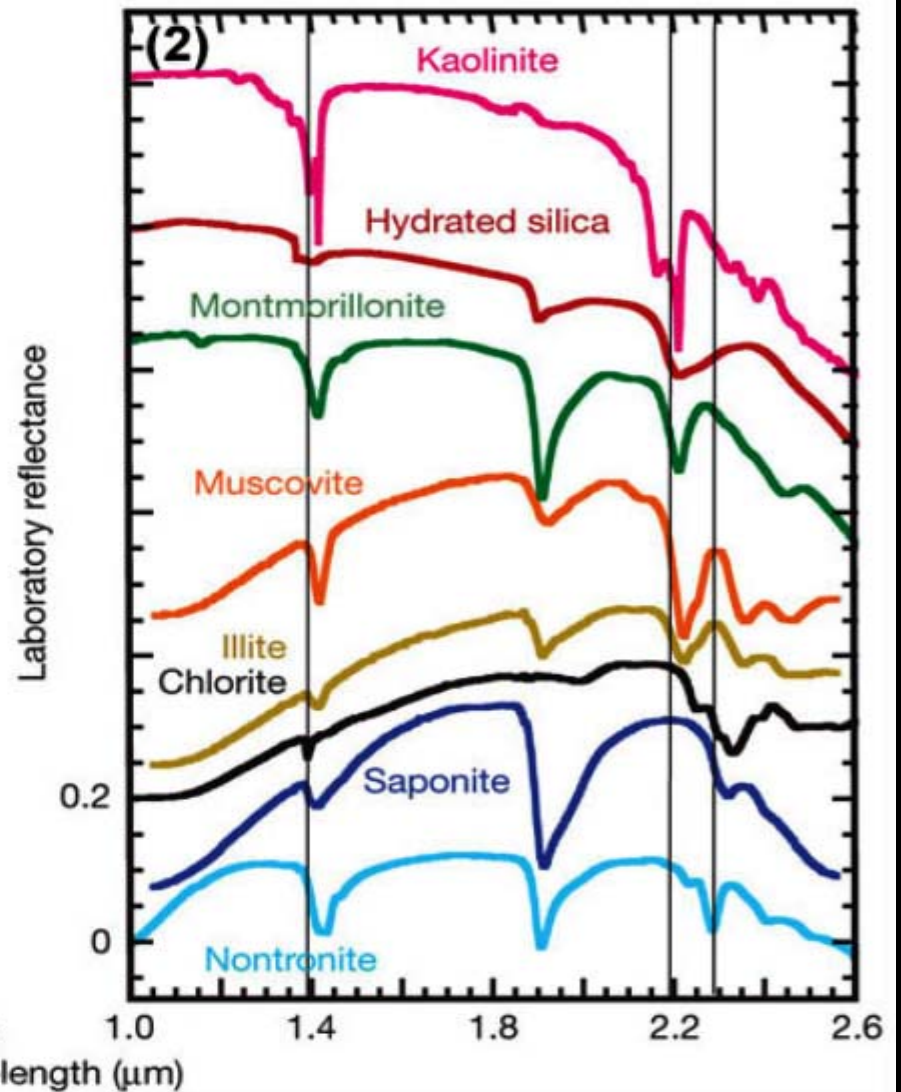
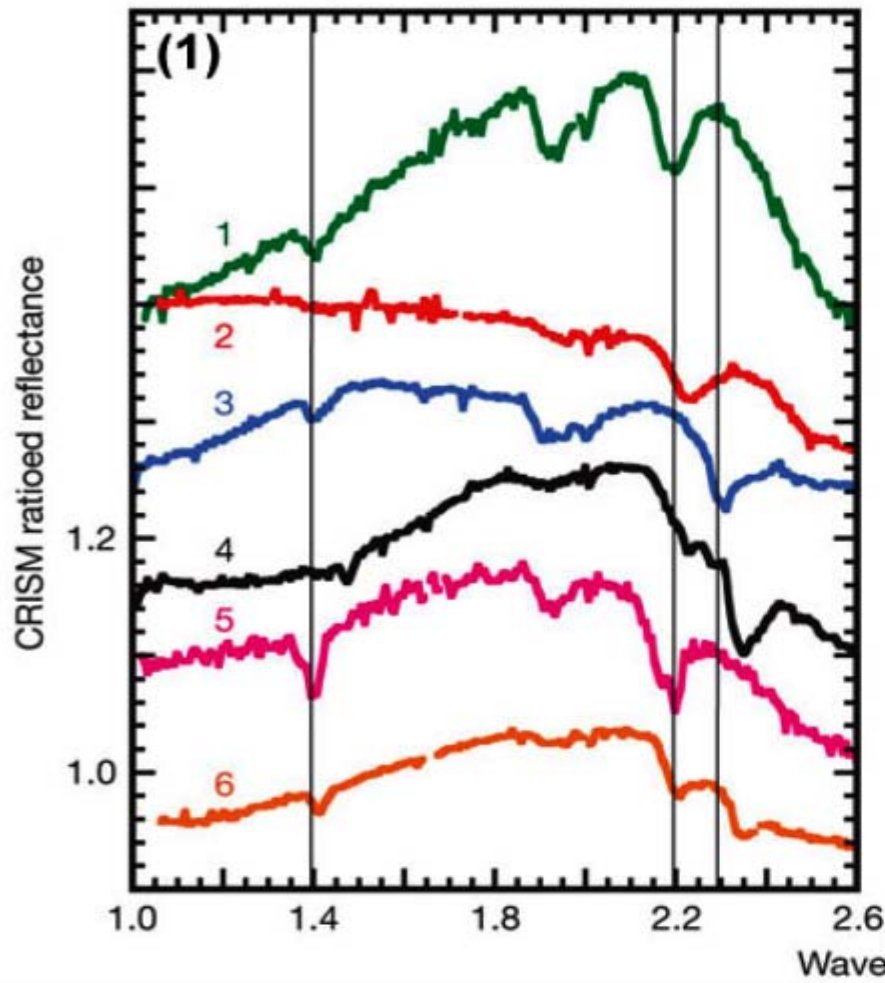
**Glacé  
carbonique**





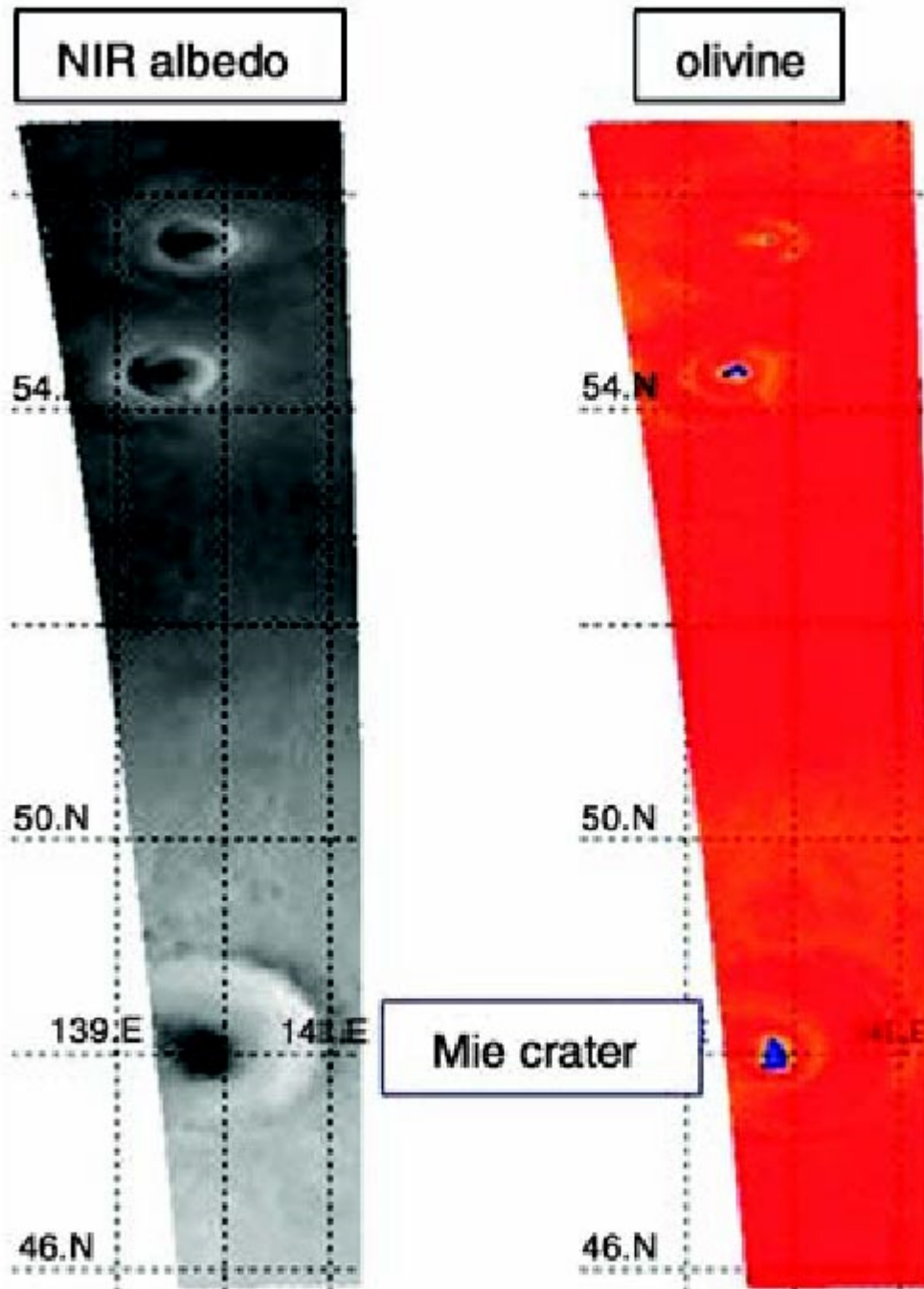


**Il y a aussi de la vapeur d' $\text{H}_2\text{O}$  dans l'atmosphère de Mars. L'intensité de ses raies d'absorption donne sa quantité globale sur tout le profil atmosphérique (12 pr  $\mu\text{m}$ ). La quantité de vapeur d'eau varie avec l'altitude du sol, et aussi avec les saisons, prouvant un passage périodique glace  $\leftrightarrow$  vapeur**

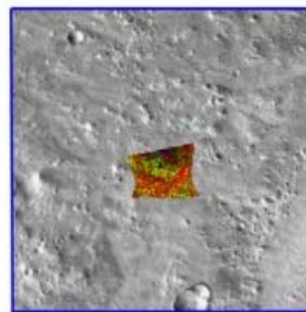
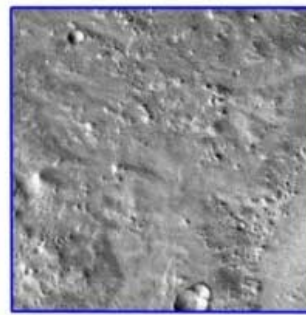
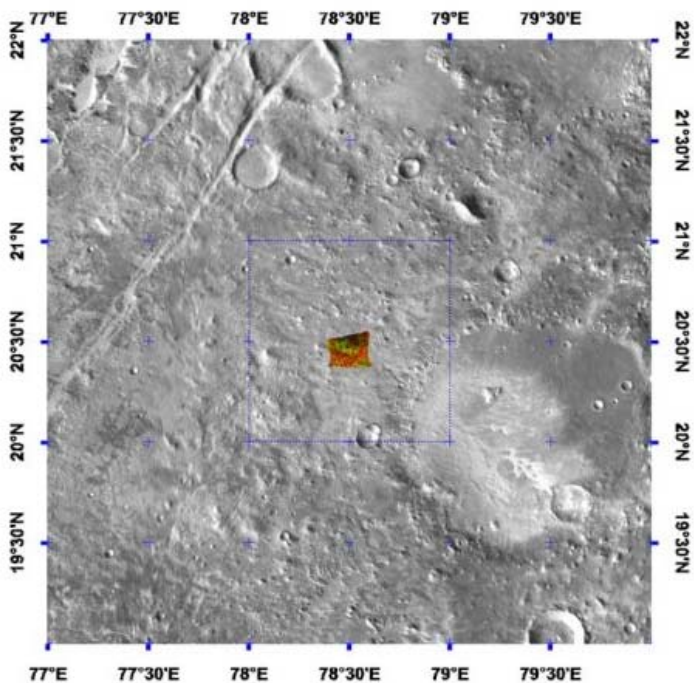


**Pour les « roches », on compare les spectres des terrains avec des « banques » minéralogiques, et on peut faire de véritables cartes minéralogiques de la surface**

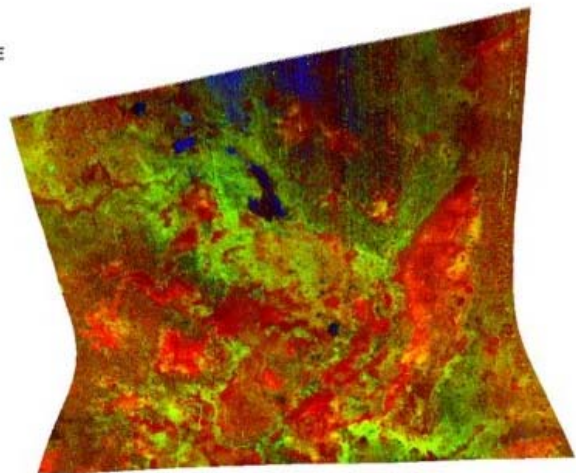
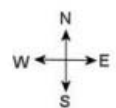
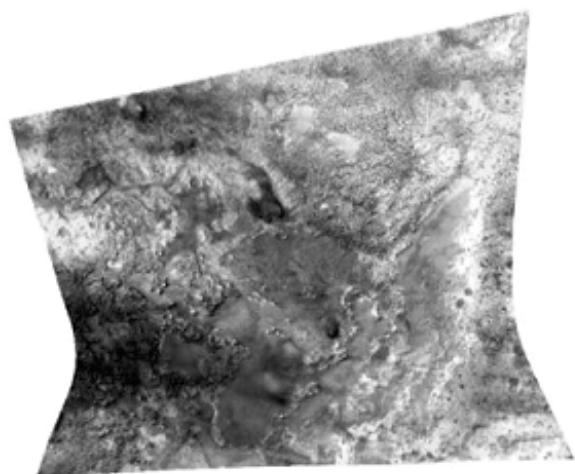




**Parfois, c'est simple !**  
**Il n'y a de l'olivine (bleue) qu'au fond de ces cratères martiens.**  
**Encore que ?**  
**Un niveau profond riche en olivine, ou de la poussière éolienne riche en olivine et piégée dans les cratères, parce que dense ???**



**On peut carter plusieurs raies de plusieurs minéraux, du moins pour les minéraux à signature spectrale nette (principalement les minéraux contenant du Fer et les minéraux hydratés). Parfois la géologie n'est pas toujours très claire !**



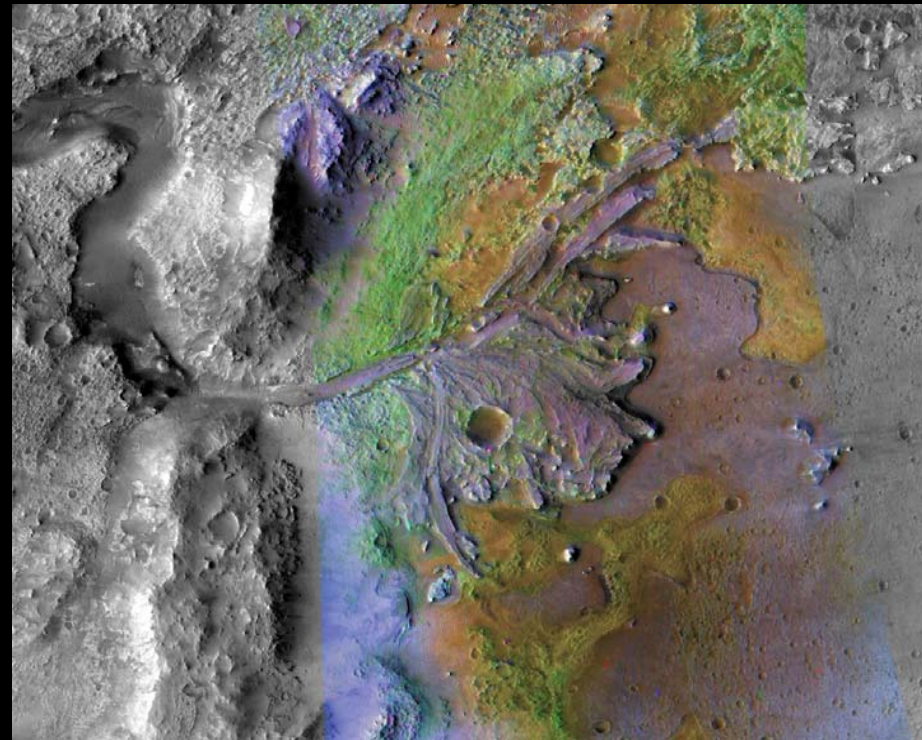
orange = olivine  
 green = Fe-Mg phyllosilicate  
 blue = high calcium pyroxene

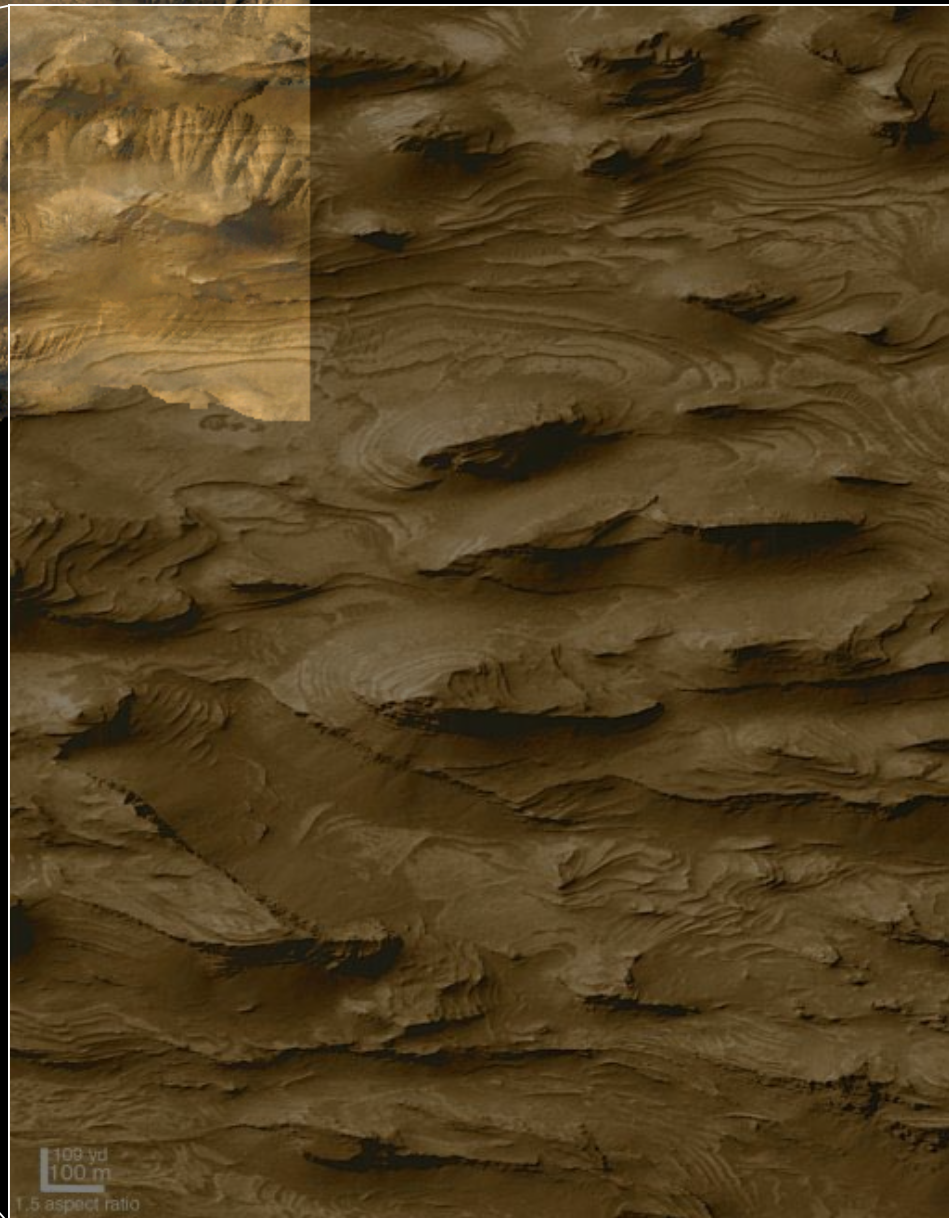
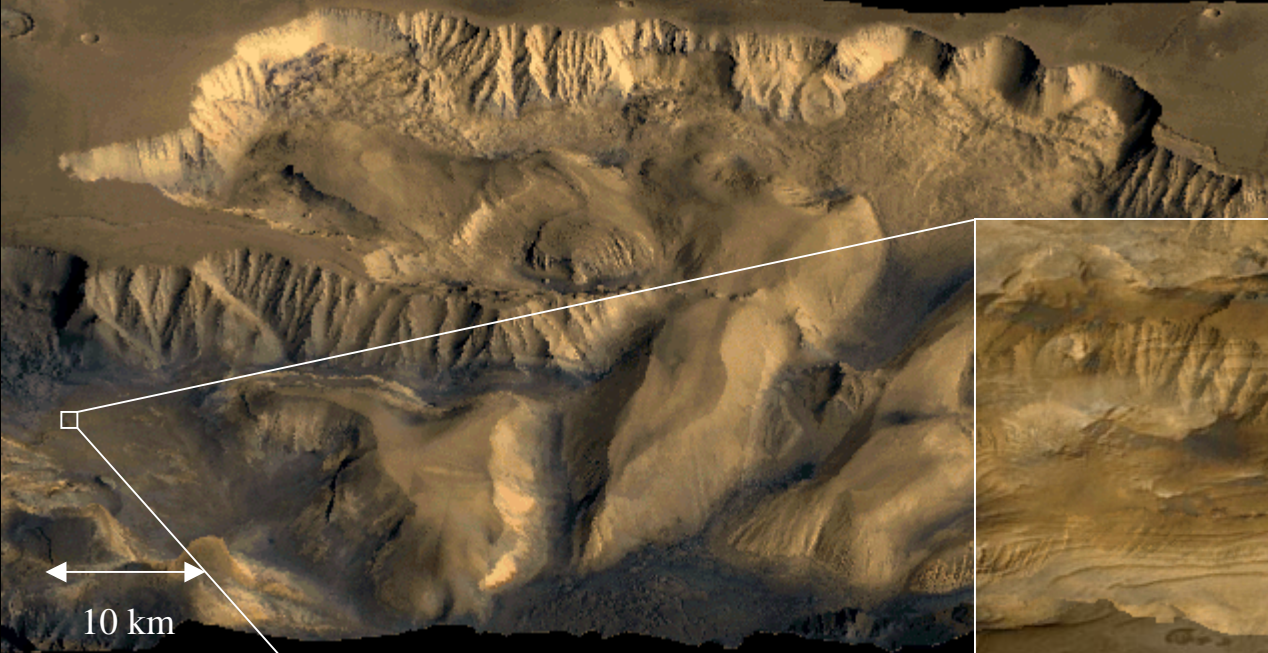
**Mars**





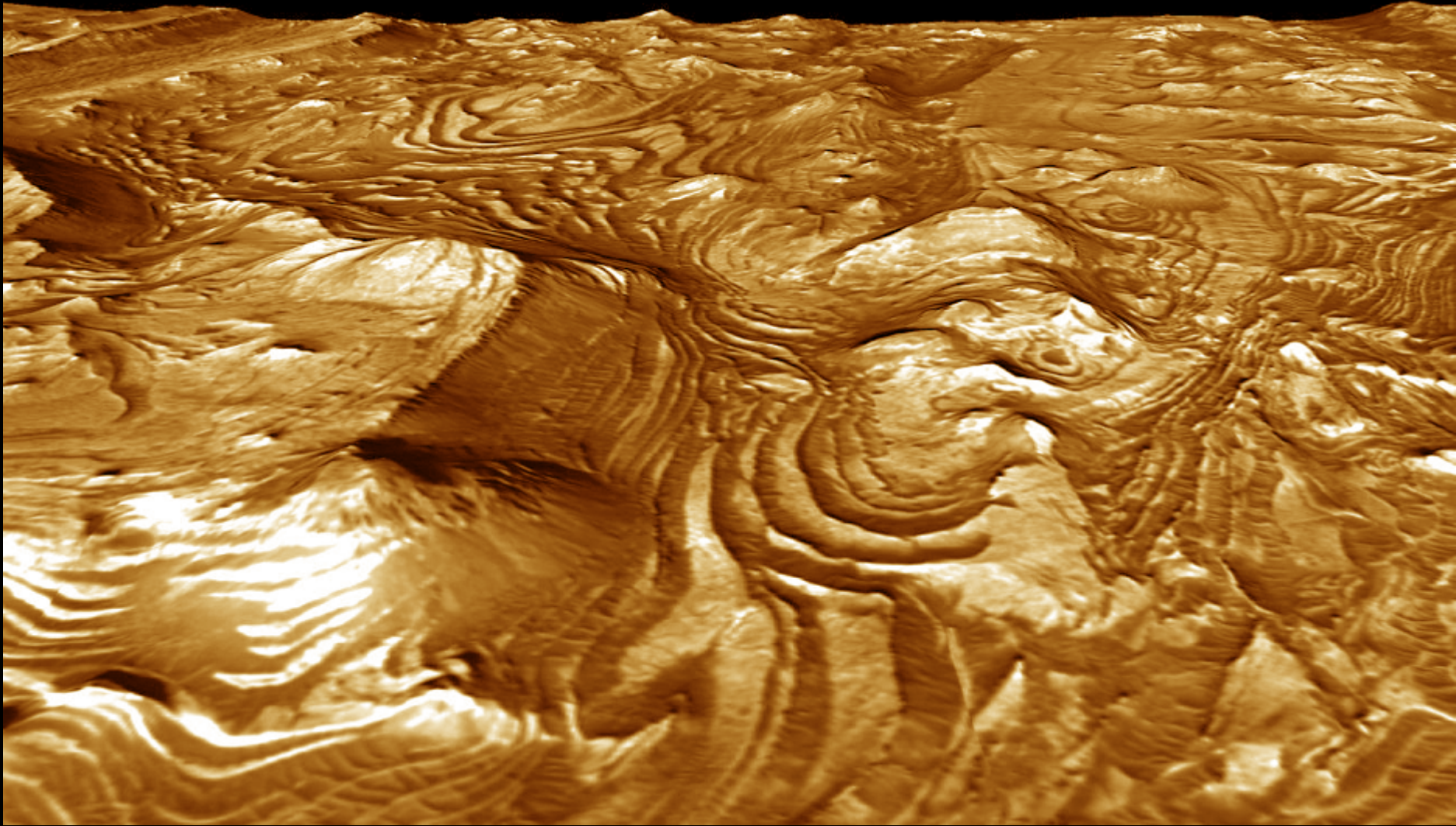
**Parfois si. Ici, on trouve des argiles (en vert sur la composition colorée issue d'études spectrales) dans la plaine, mais sous les terrains les plus récents de ce delta martien.**





**On peut essayer de trouver la nature des roches sédimentaires martiennes qui remplissent des dépressions, puis qui ont été érodées**

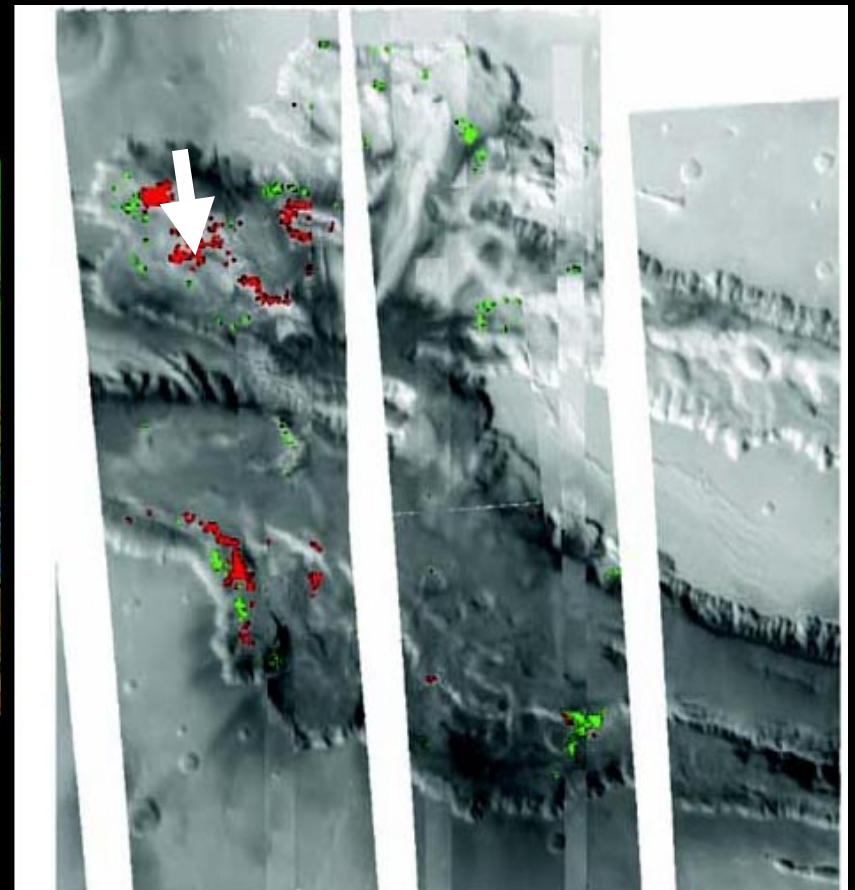
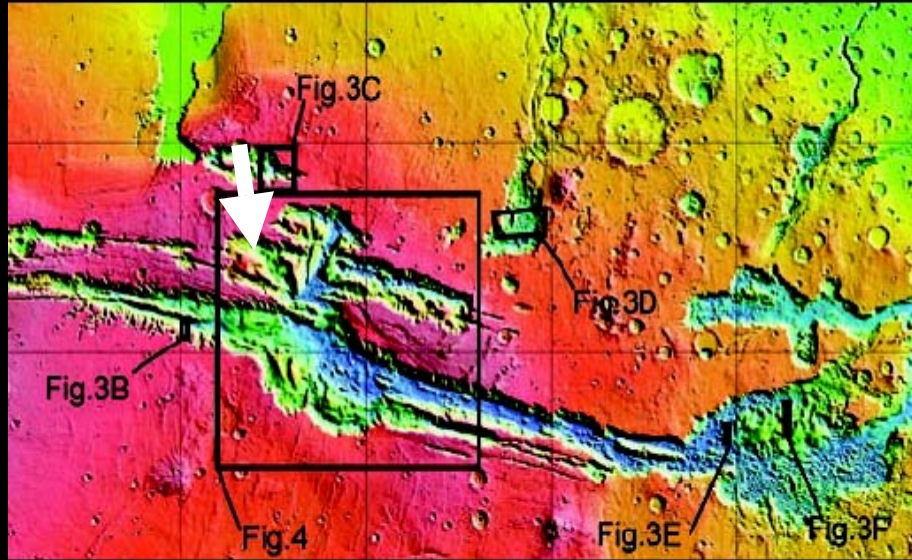




**Les mêmes couches sédimentaires en vue rasante**



## Carte topographique de Valles Marineris, et localisation de la photo



**Que sont ces sédiments ?**

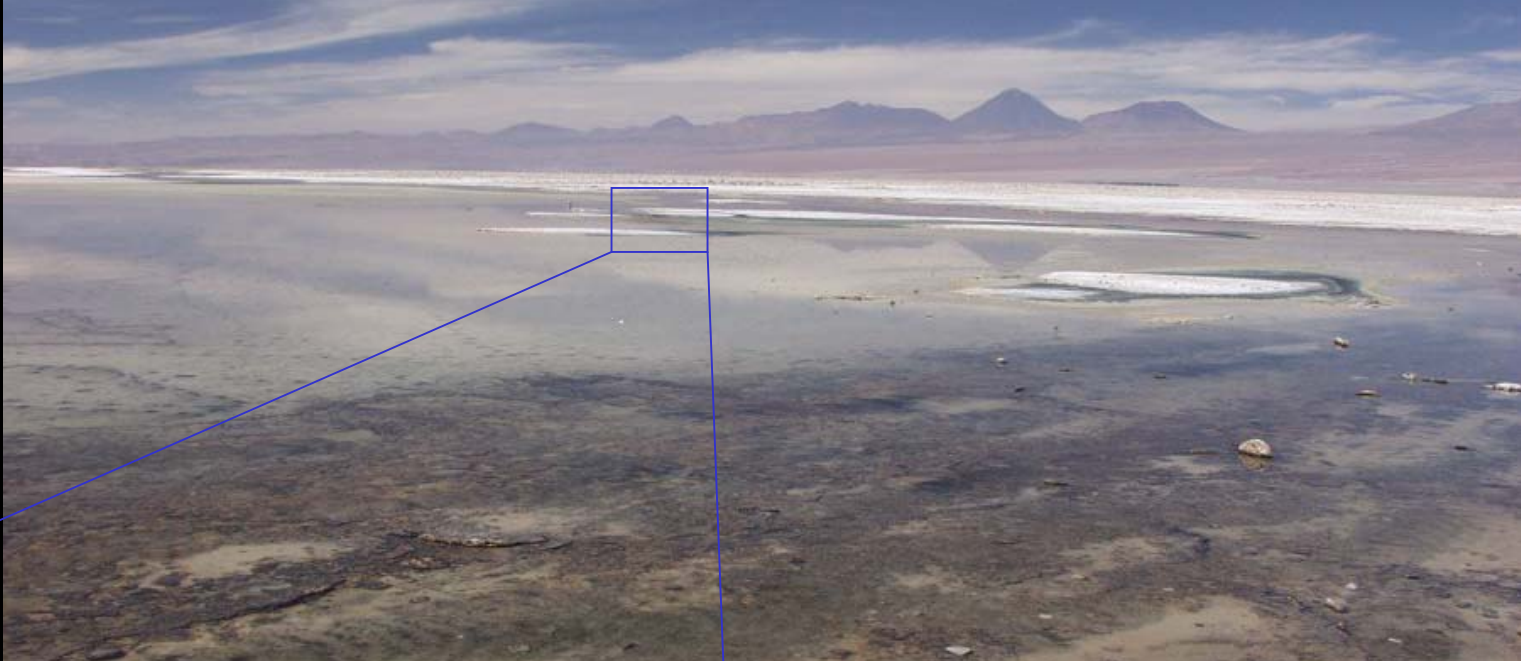
**Le spectro-imageur repond (partiellement )**

**Sur la photo ont été reportés :**

**en rouge les affleurements de kiésérite ( $MgSO_4 \cdot H_2O$ )**

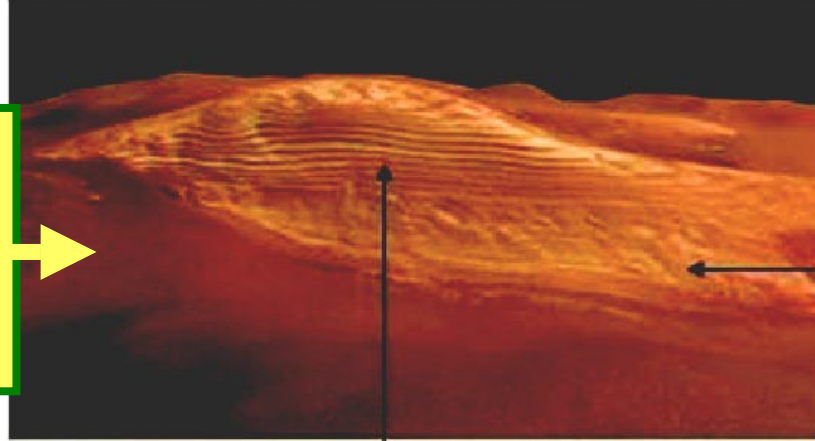
**en vert les affleurements de sulfates hydratés non parfaitement identifiés ( $XSO_4 \cdot nH_2O$ , et si  $X = Ca$  et  $n = 2 \rightarrow$  gypse)**



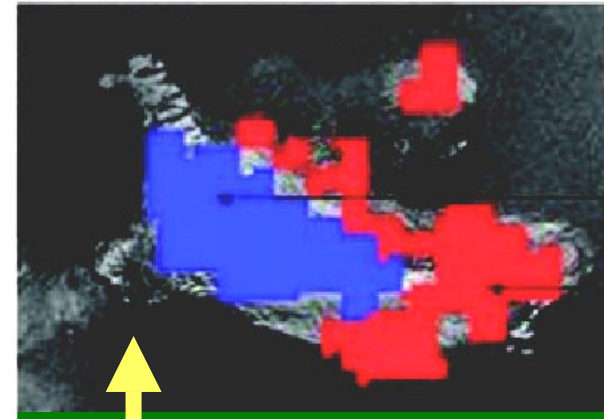
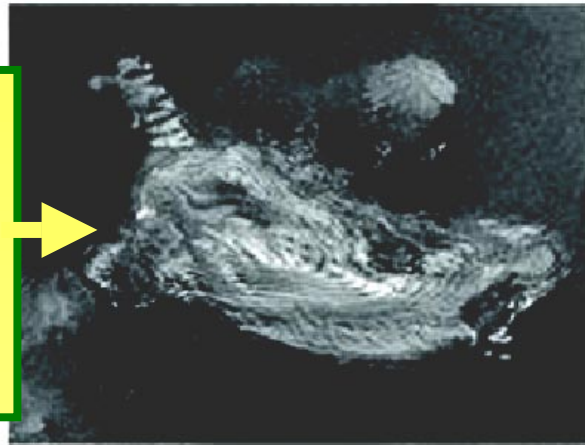


**Kiésérite, gypse,  
sulfates ..., ça se  
dépose dans des lacs  
salés, des lagunes en  
bord de mer ...**

**Image oblique Mars Express : terrains stratifiés en haut, beaucoup moins en bas**



**Image verticale Mars Global Surveyor (MGS), de la NASA**



gypsum

kieserite

**Les données du spectro-imageur de Mars Express, reportées sur l'image MGS.**

**Les niveaux stratifiés supérieurs seraient en gypse.**

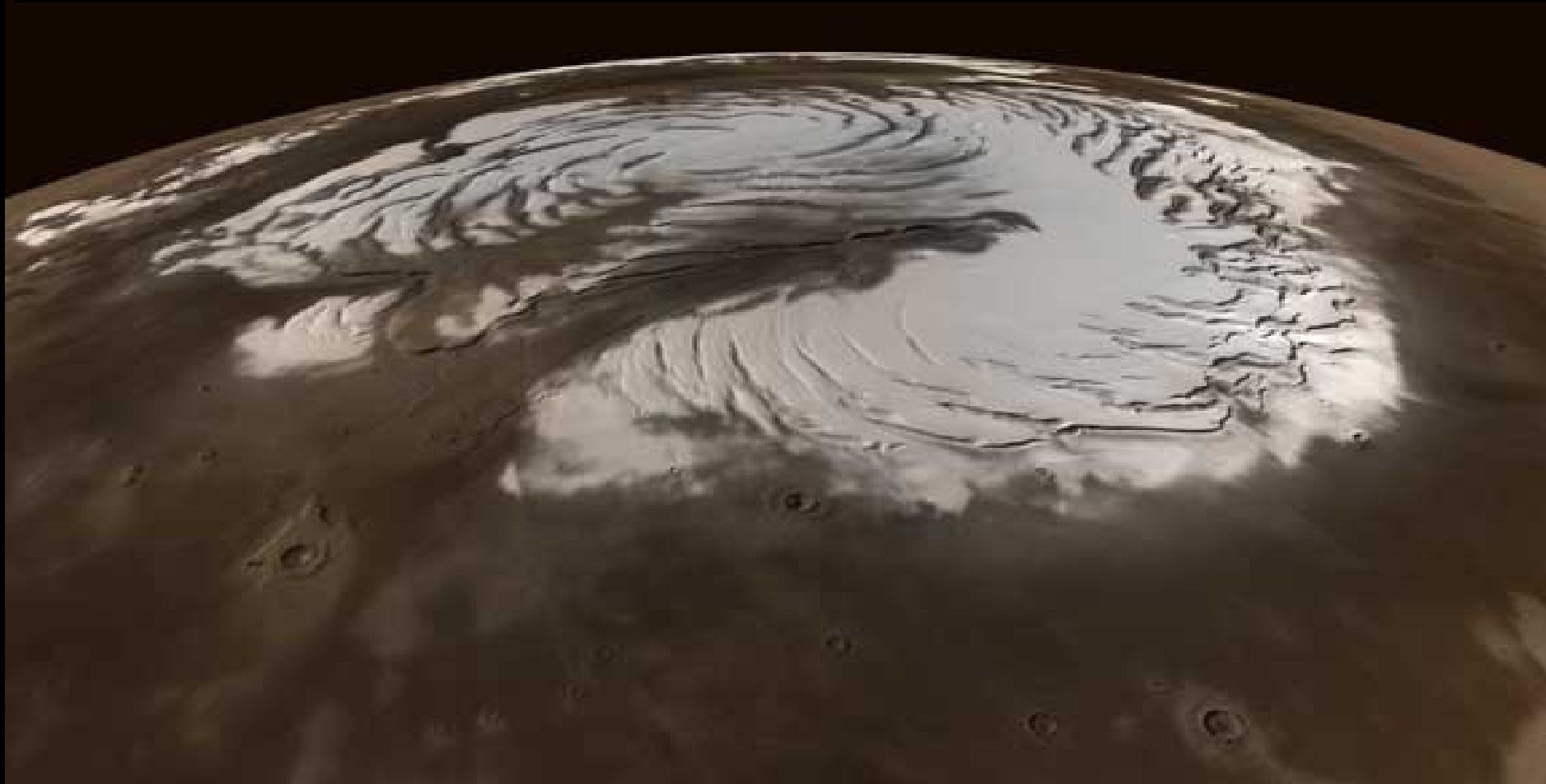
**Les niveaux inférieurs mal stratifiés seraient en kiésérite.**

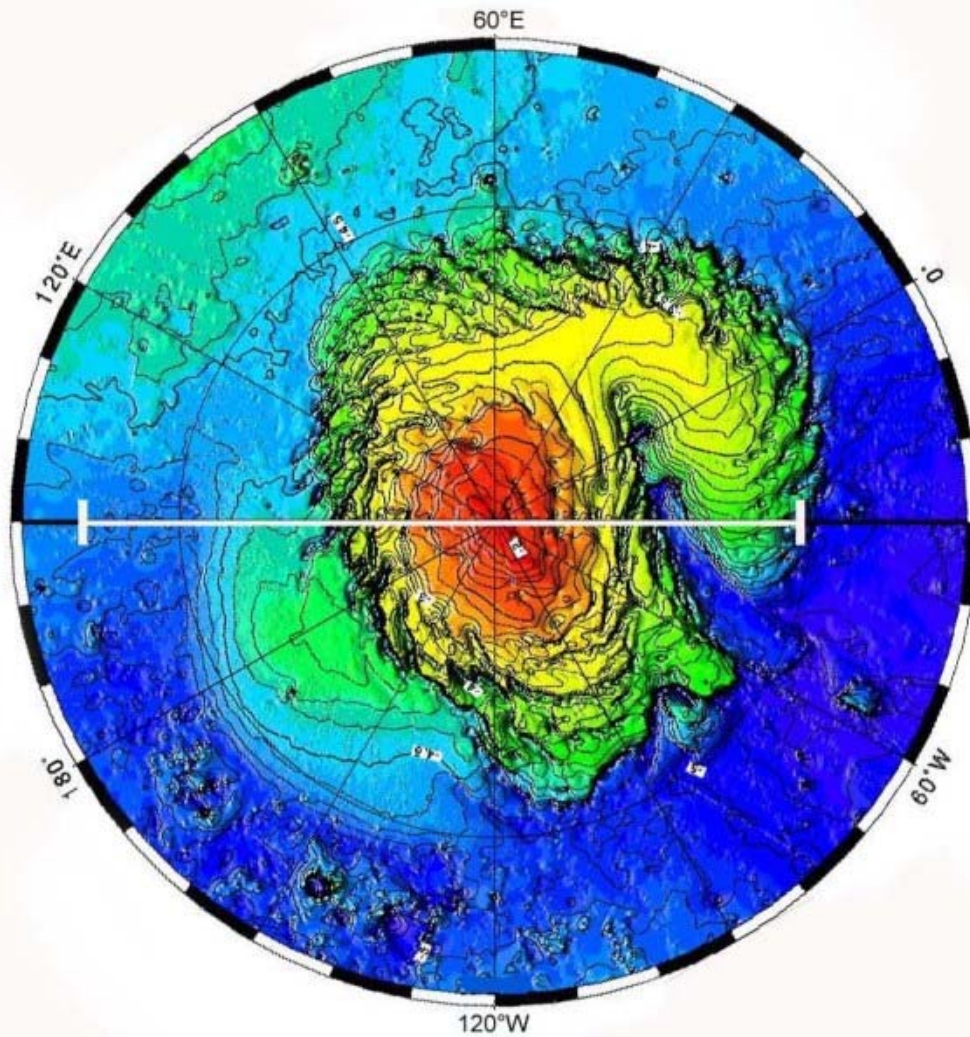
**La composition des eaux de l'ancien lac auraient changé au cours du temps !**



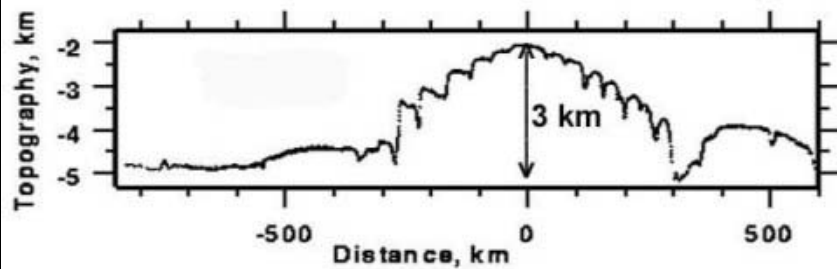
**Mars possède deux calottes polaires. Voici la calotte polaire nord, ici vue en fin d'été.**

**Quel est le volume d'H<sub>2</sub>O contenue dans ces calottes ? Pour mesurer cette épaisseur, et aussi pour estimer la quantité de glace dans le sous-sol, deux sondes sont équipées d'un radar**

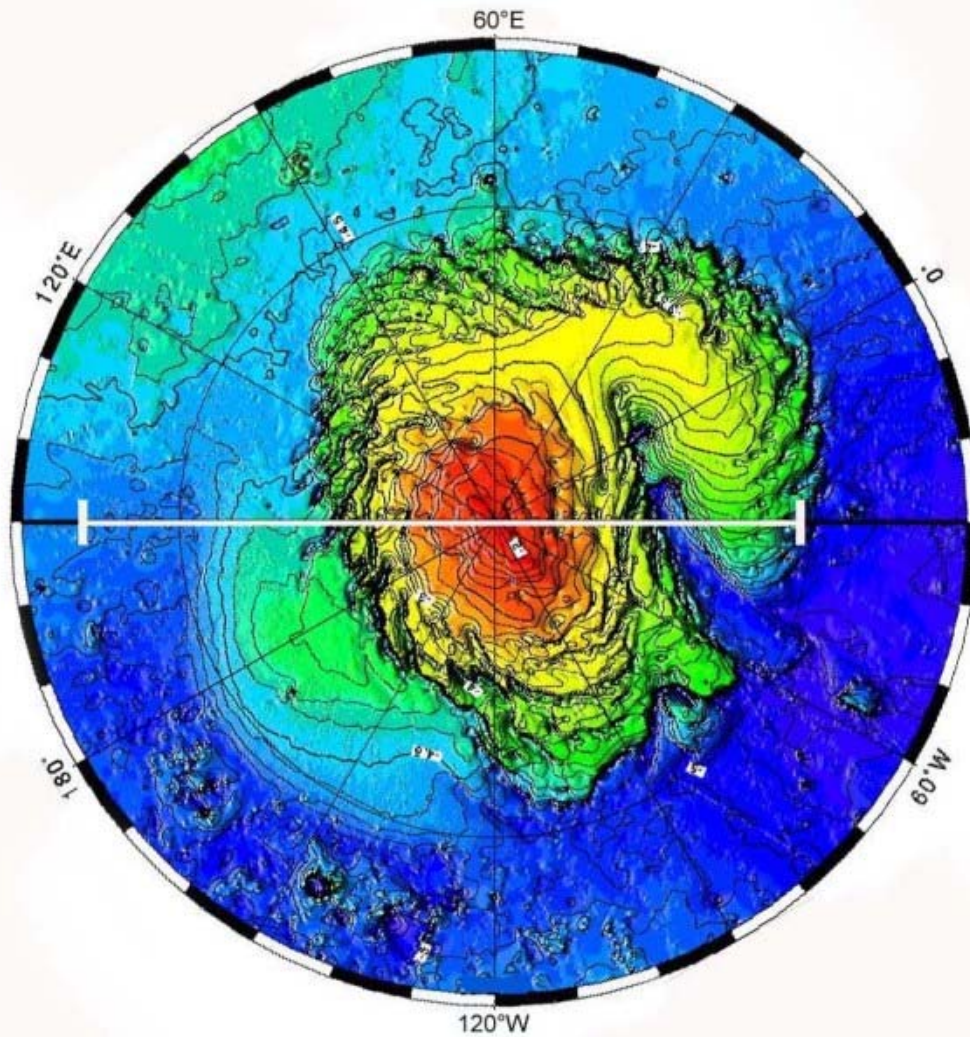




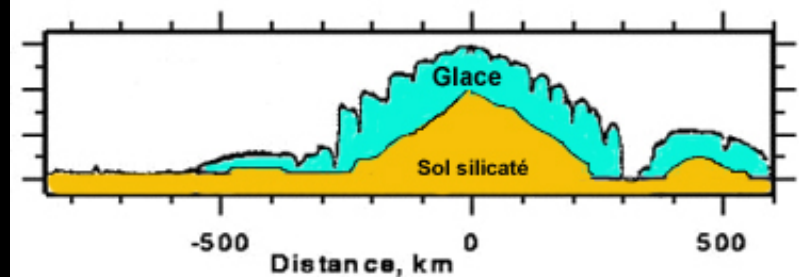
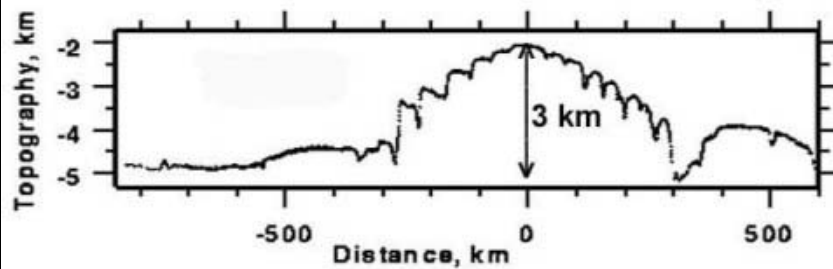
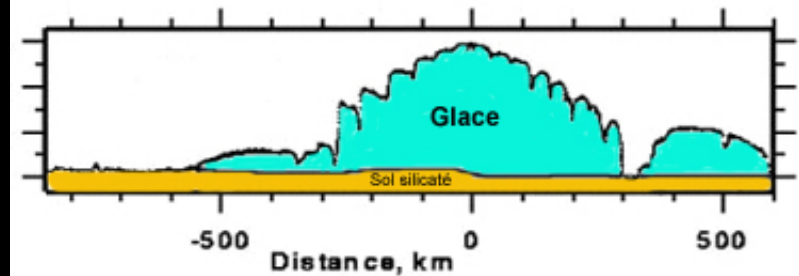
**Voici la carte et une coupe topographique à travers la calotte permanente nord (données Viking, 1977).**



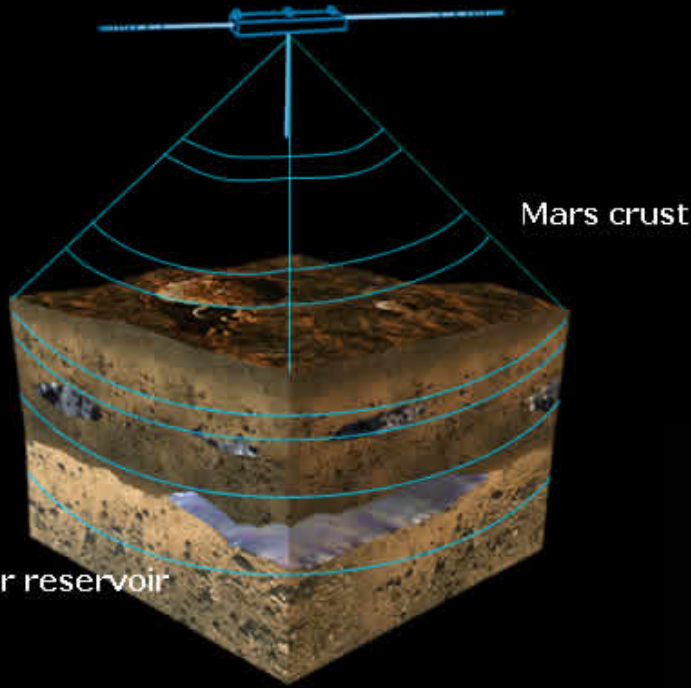




**Mais quel est la géométrie du socle, donc quel est le volume de la glace ?**

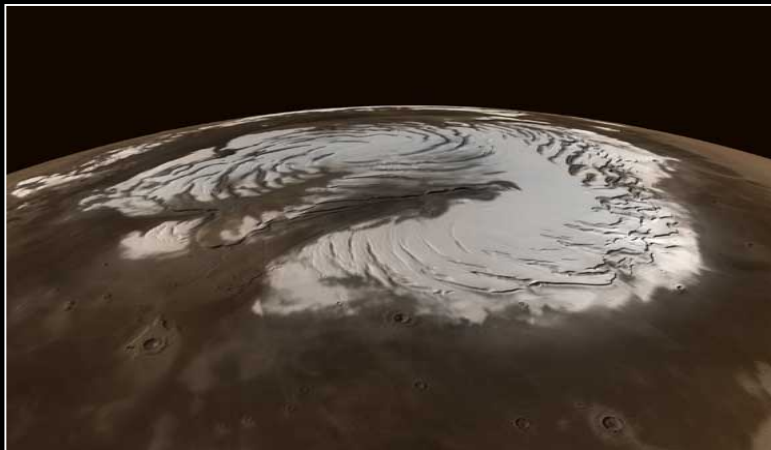
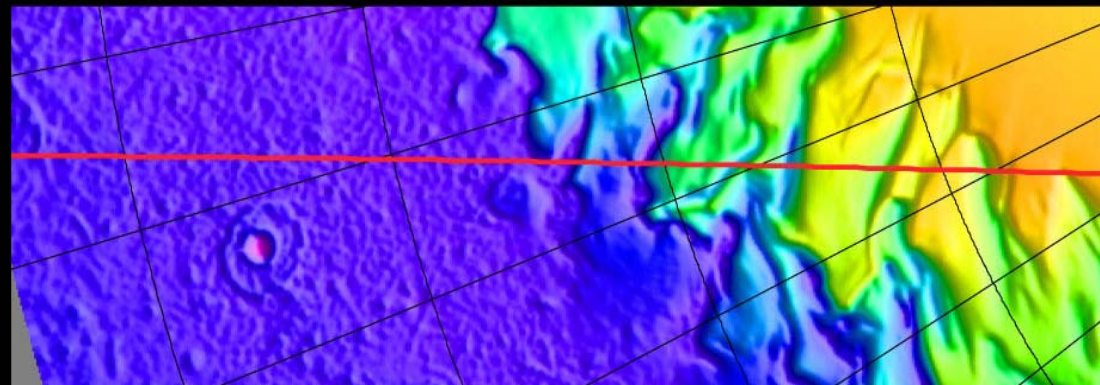
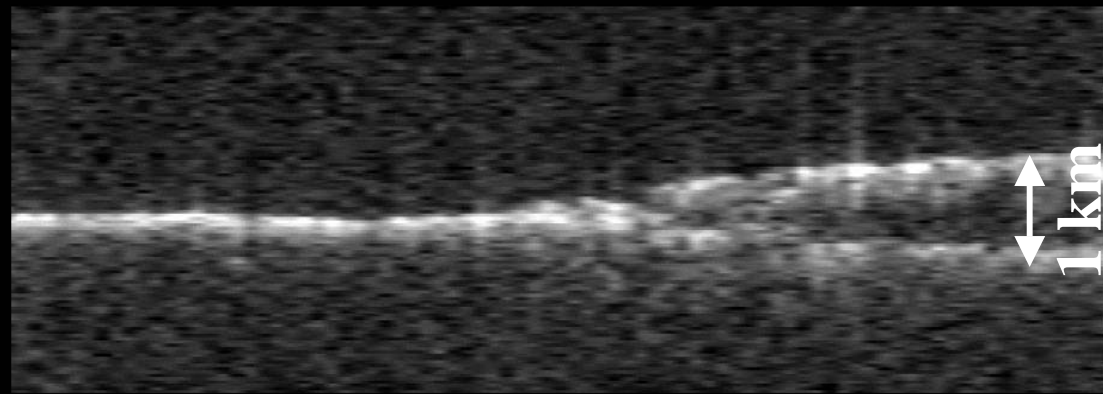


MARSIS antenna beam



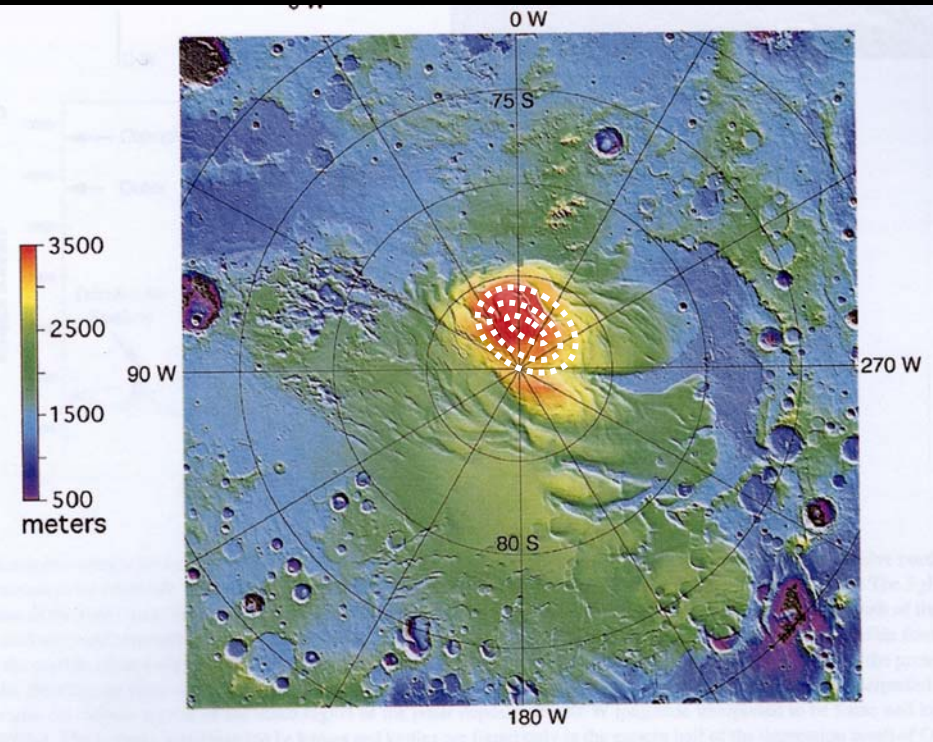
**Deux sondes (ESA et NASA) possèdent un radar**

**Premier résultat du radar : la calotte polaire nord d'été fait plus d'1 km d'épaisseur**

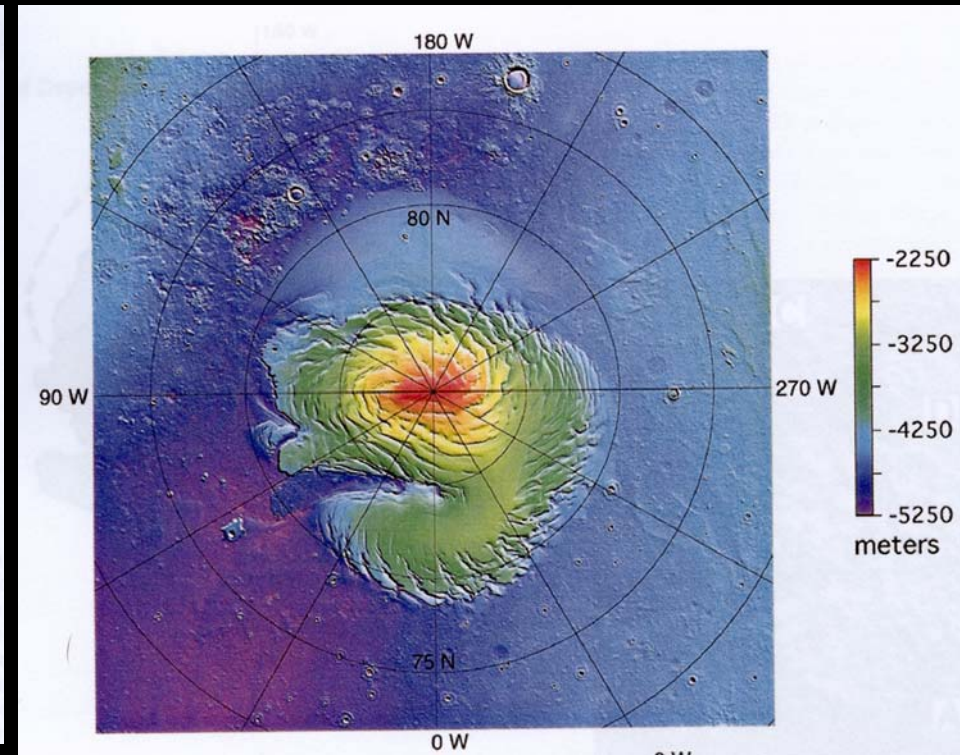




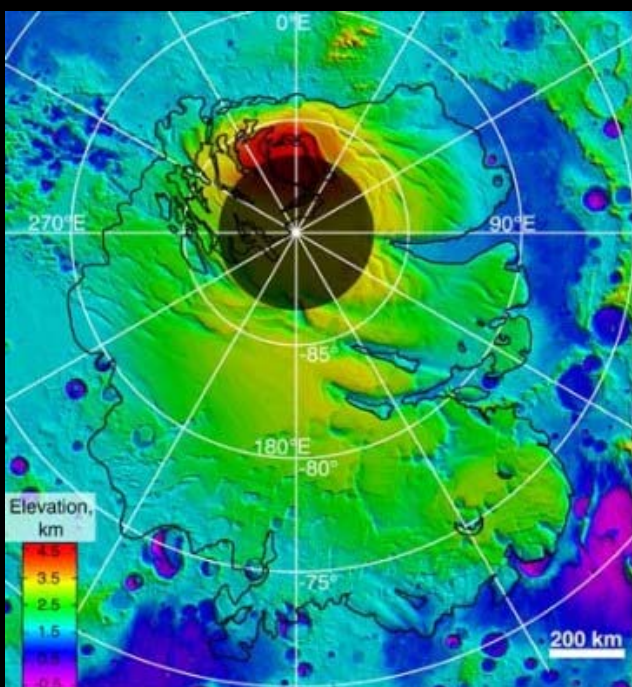
# Comparaison des deux calottes permanentes



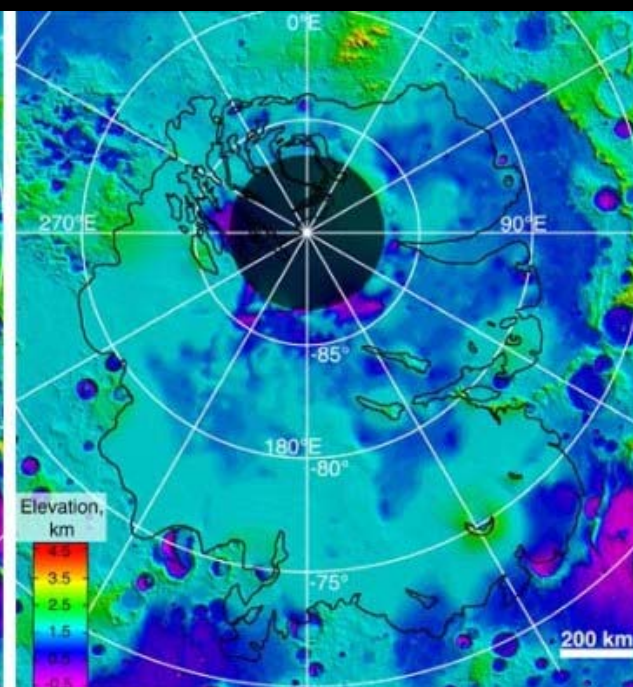
**Calotte sud, faite de glace d'H<sub>2</sub>O très poussiéreuse. Une petite calotte permanente de 10 m d'épaisseur de glace de CO<sub>2</sub> (pointillé blanc).**



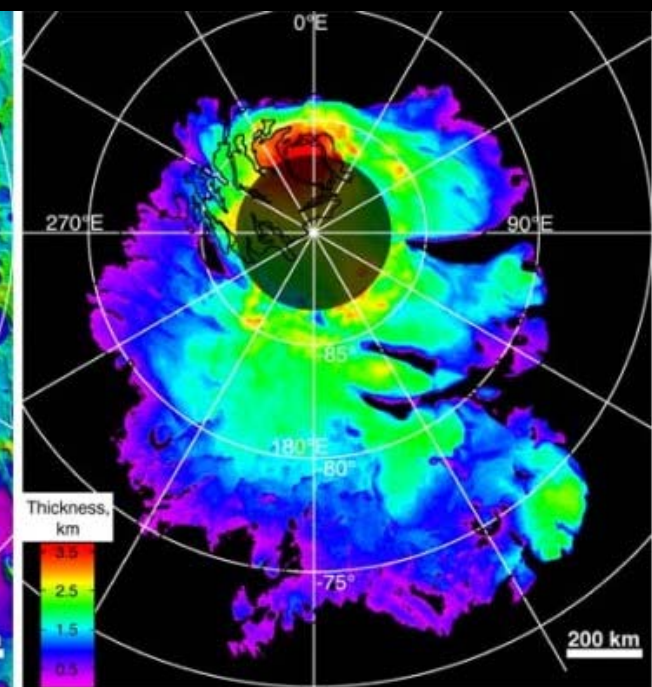
**Calotte nord, faite de glace d'H<sub>2</sub>O peu poussiéreuse. Pas de CO<sub>2</sub> permanent**



Altitude de la surface



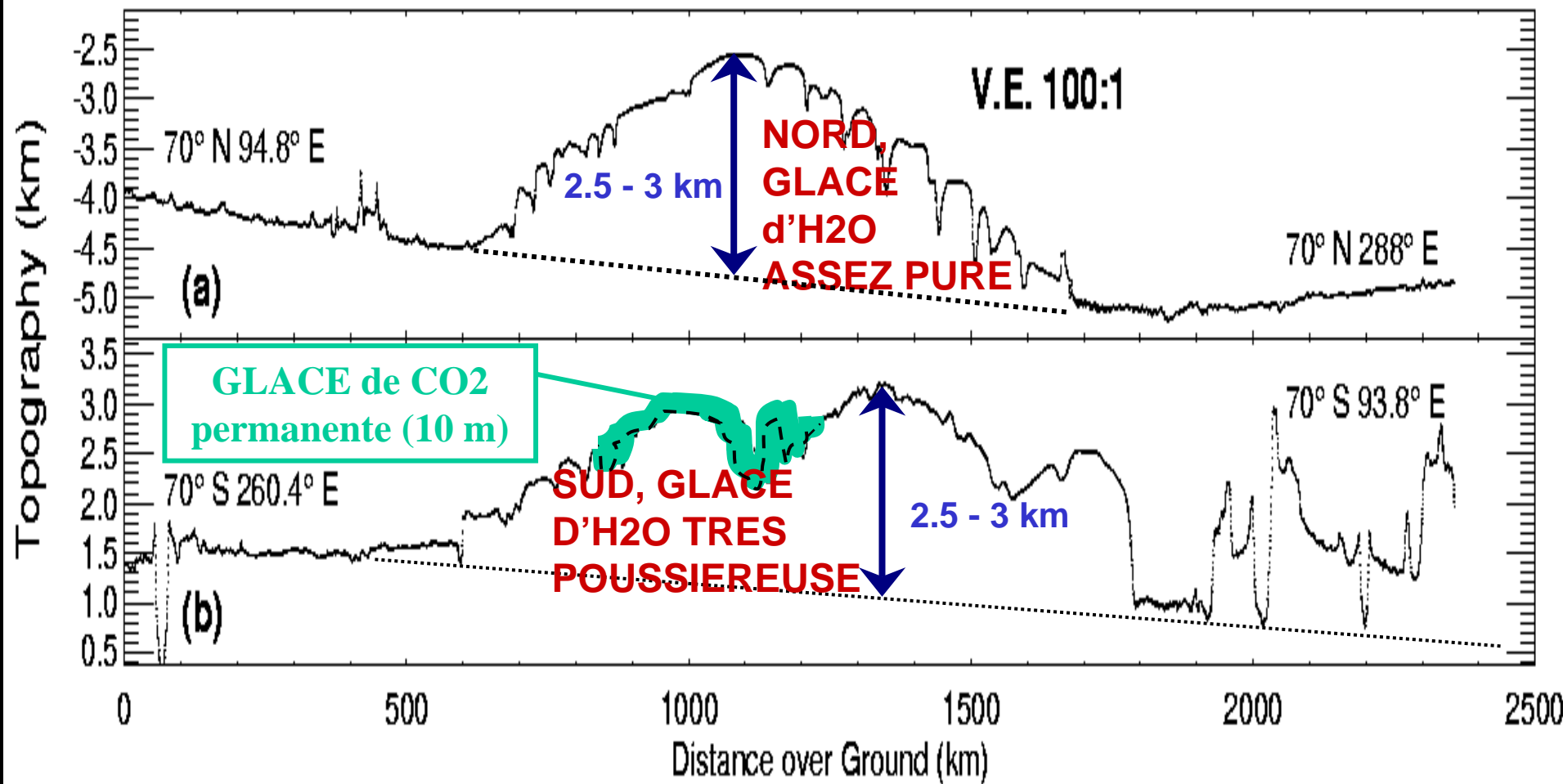
Altitude du sommet du socle



Épaisseur de la glace

**Connaissant la topographie de la surface et celle du sommet du socle (ici calotte sud), on calcule l'épaisseur et le volume de ces calottes permanentes faites de glace d'eau (poussièreuse au sud, propre au nord). Les deux volumes sont comparables (même ordre de grandeur que celui de la calotte groenlandais)**





**Les dimensions et épaisseurs des calottes permanentes nord et sud sont similaires. (même ordre de grandeur que celui de la calotte groenlandais). Si elles fondaient, cela remplirait les basses plaines du nord d'une centaine de mètres d'eau.**

# L'utilisation des neutrons

Un corps sans (ou avec peu d') atmosphère reçoit des rayons cosmiques. Ces rayons arrivent au sol et provoquent des réactions nucléaires dans les premiers mètres. Ces réactions fabriquent des neutrons dont une partie est émis « en haut ». Si il y a du Deutérium dans le sol, ces neutrons sont ralentis. Il n'y a plus qu'à mesurer avec une sonde en orbite la vitesse des neutrons émis par la surface pour savoir si les mètres les plus superficiels du sol contiennent du Deutérium, donc vraisemblablement de l'eau ou tout autres corps hydrogénés.





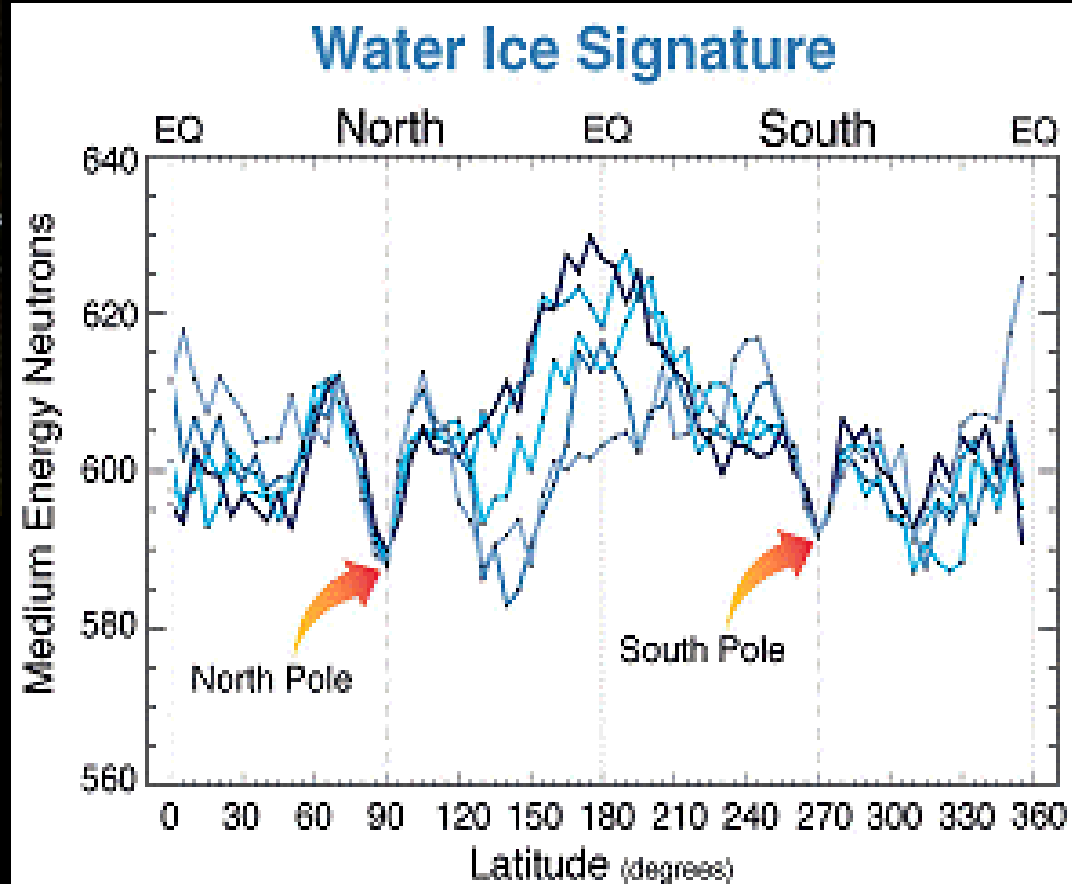
**Aux pôles de la Lune, les cratères sont plongés dans la nuit et le froid (-238°C) perpétuels. De la glace pourrait y subsister. Y en a t'il ? Comment savoir, comment voir dans ces « trous noirs » ?**



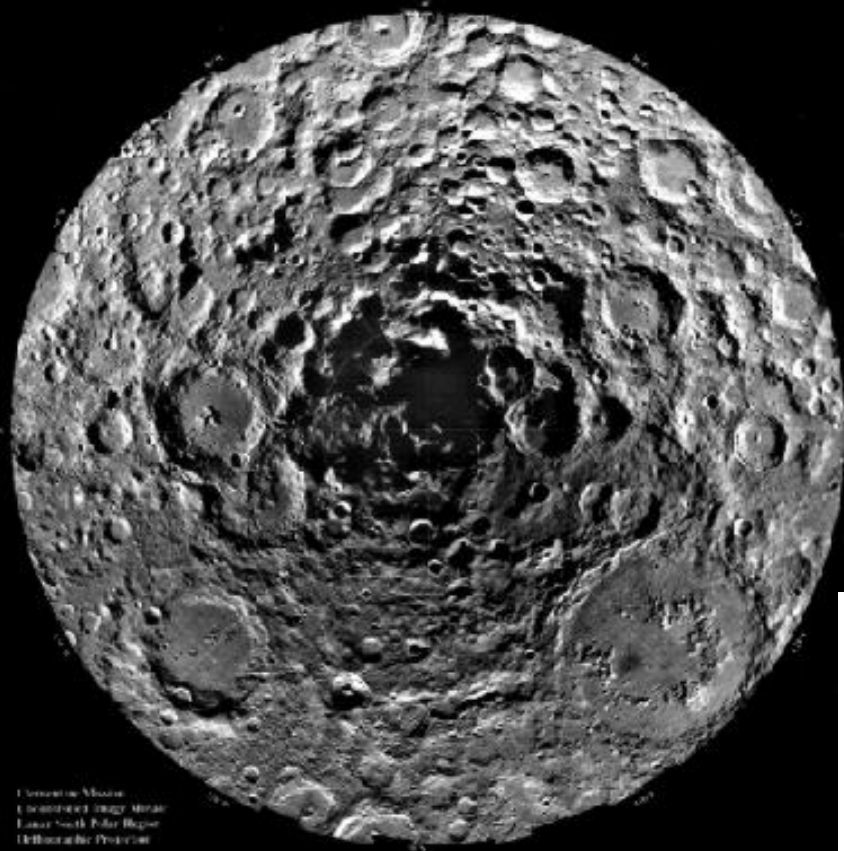


**La sonde Lunar Prospector en orbite polaire autour de la Lune. Elle avait un détecteur de neutrons, neutrons ralentis par des substances telles qu'H<sub>2</sub>O**

**Au niveau des pôles, les neutrons sont effectivement ralentis**



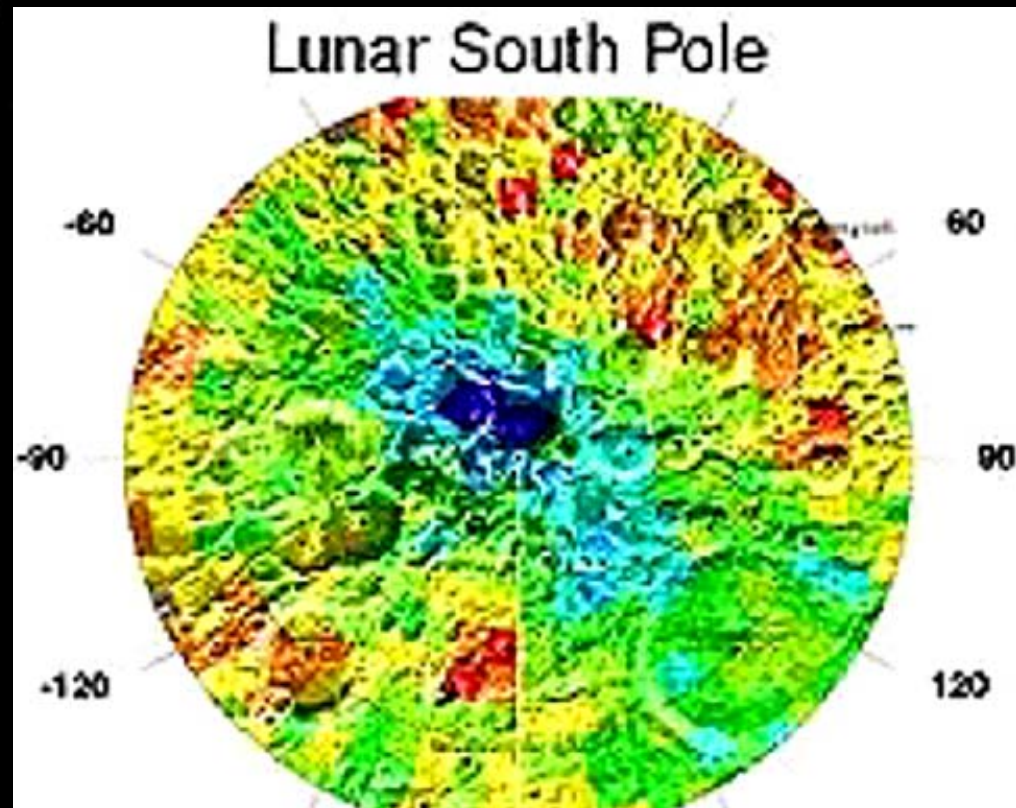




University of Arizona  
Lunar Reconnaissance Orbiter  
Lunar South Pole Region  
LRO/Diviner Project

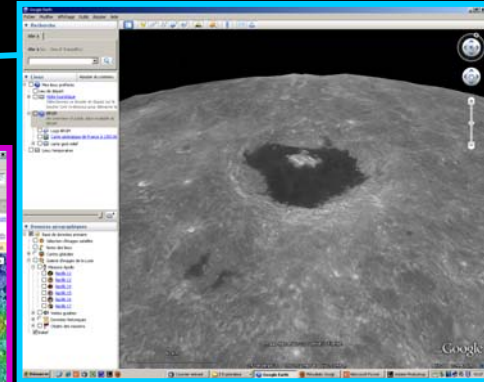
**Mosaïque de photos prises tout au long d'une journée montrant le Pôle Sud de la Lune. Certains cratères restent perpétuellement à l'ombre**

**Et c'est à l'emplacement de ces cratères que les neutrons sont ralentis. Ces cratères contiendraient de la glace d' $H_2O$  ! Une carte de l'eau sur la Lune !!**

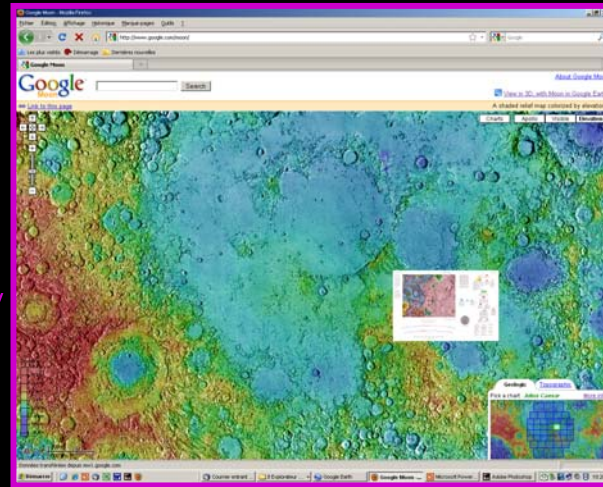


**Et pour finir, puisque je m'adresse à des « transmetteurs » de connaissances, n'oubliez pas :**

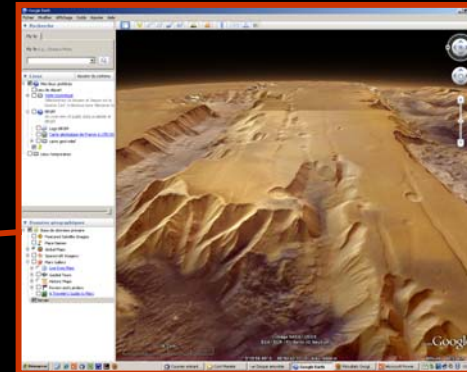
**Google Moon** (comme Google Earth)



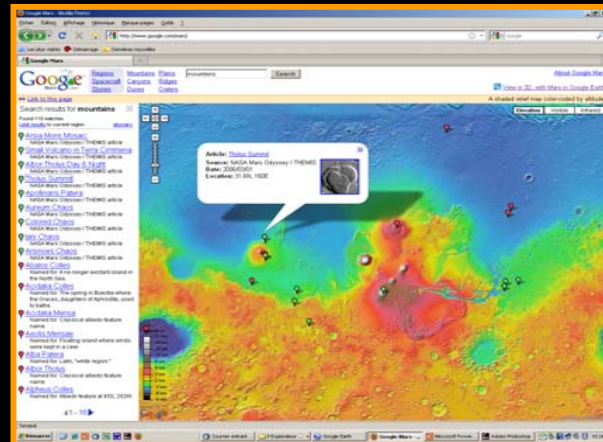
**Google Moon (cartes)**  
<http://www.google.com/moon/>



**Google Mars** (comme Google Earth)



**Google Mars (carte)**  
<http://www.google.com/mars/>





**Voici la 95<sup>eme</sup> diapo. J'espère avoir rempli mon contrat, qui était de vous montrer un très (trop) rapide aperçu des multiples possibilités de la cartographie dans le système solaire, possibilités qui auraient fait pâlir d'envie Elie de Beaumont, père de la carte géologique de la France.**

