

La Planète MARS : star de l'été 2018



J-L Mainardi- Mai 2018

Albedo 38



Plan de la présentation

◆ Ce qu'on connaît de la planète Mars

Les spécificités de son orbite

Son sol et son atmosphère

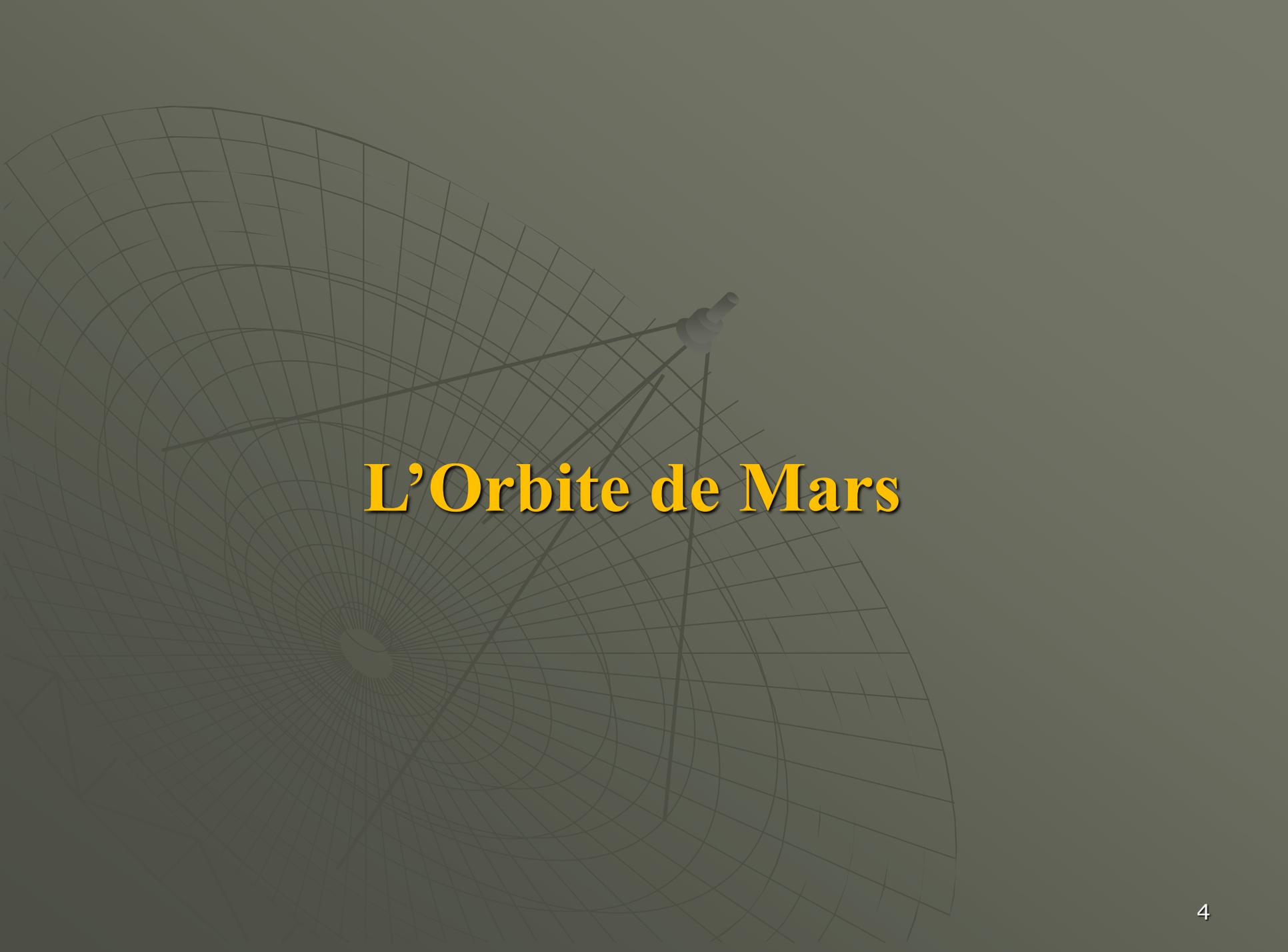
Mars et ses délires

Les missions spatiales

◆ L'observation télescopique de Mars

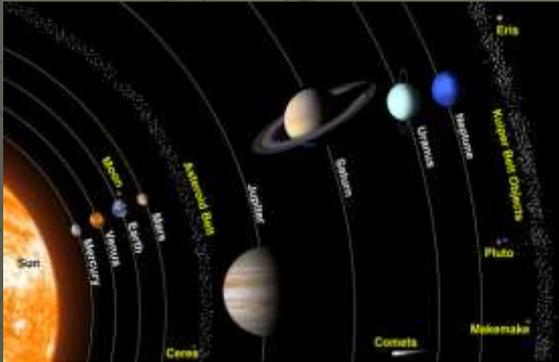
Les conditions d'observation

Ce que l'on voit sur Mars



L'Orbite de Mars

L'orbite de Mars (merci Kepler)



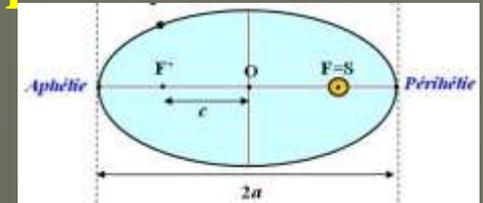
→ 4^{ème} planète à partir du Soleil

Distance moyenne au Soleil=1,524 UA (229 Millions km)

Révolution autour du Soleil= 687 j (1 an 10 mois 22j)

Inclinaison de Mars sur le plan de son orbite=25,19 °

(Terre= 23,45 °) → saisons marquées



Excentricité très importante :

$e = 0,093$ (Terre = 0,016)

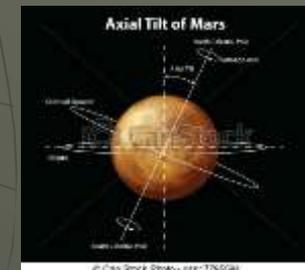
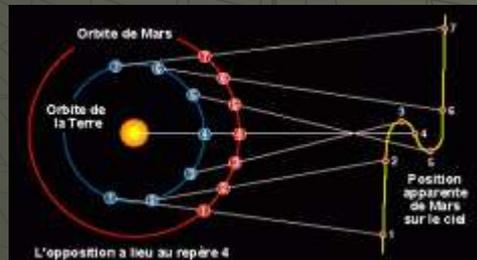
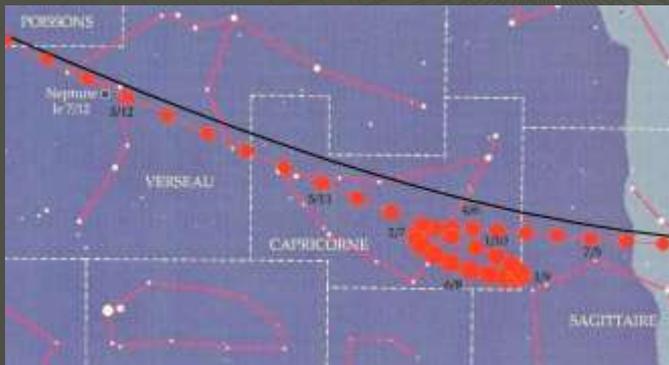
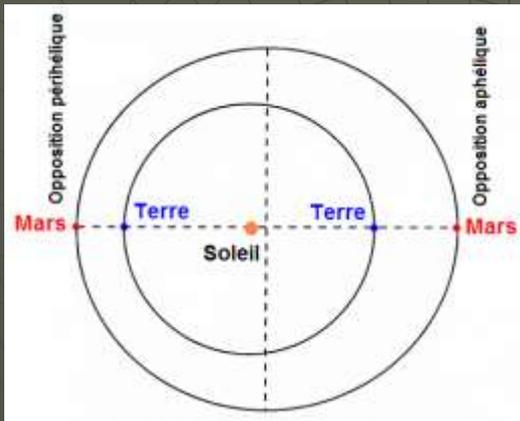
- Aphélie= 249,2 Millions de km (1,67 UA)

- Périhélie=206,7 Millions de km (1,38 UA)

Distance minimum entre Mars et la Terre = 0,37225 UA
(55,7 millions de km en 2003)

→ Opposition (tous les 780 j = 2 ans et 50 j)

MAIS opposition périhélique tous les 15 ans !



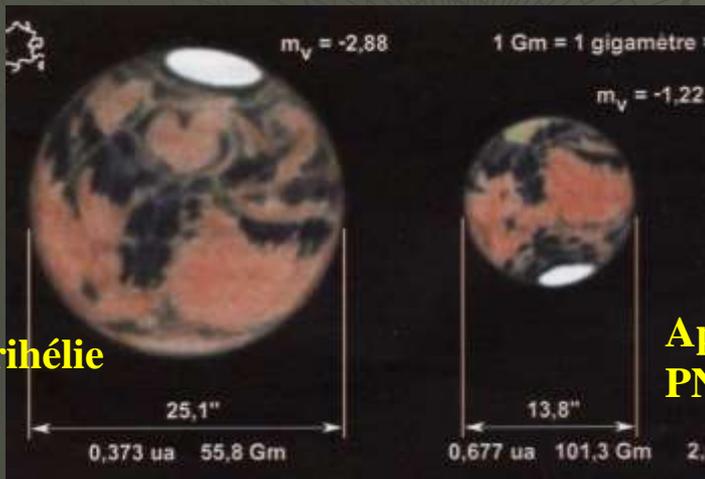
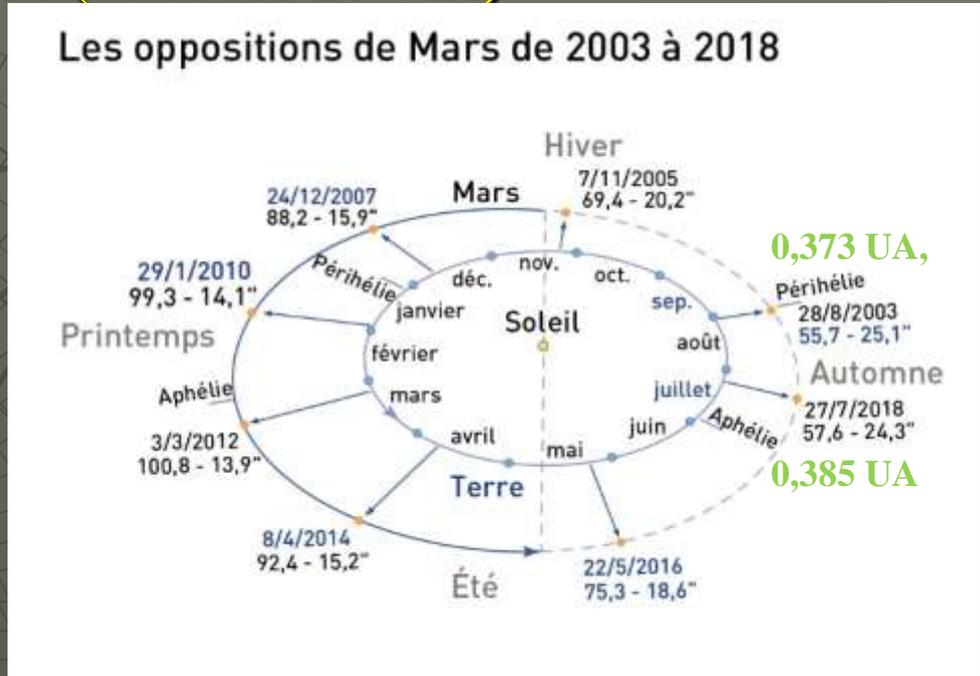
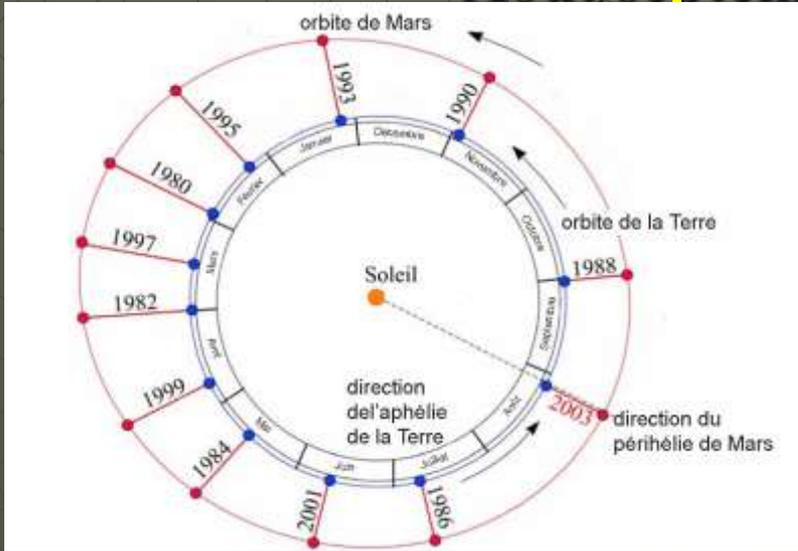
← Boucle de rétrogradation

Les Oppositions : Période Synodique= 780 j

opposition de Mars = alignement Soleil-Terre- Mars



Opposition périhélique= Opposition proche du Périhélie de Mars = Aout/septembre (tous les 15 ans)



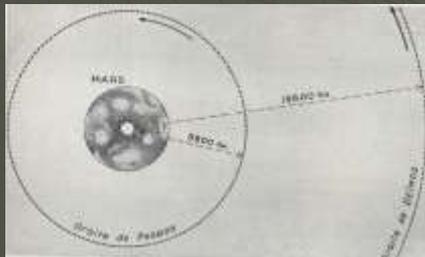
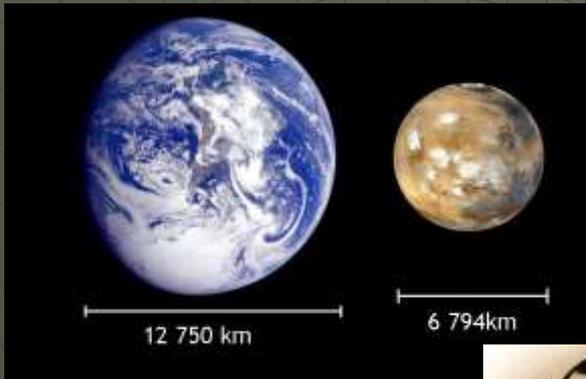
A noter: opposition périhélique

- Mars proche de son Périhélie: Fin Aout
- En Aout le Soleil est haut dans le ciel donc lors de l'opposition périhélique Mars sera bas dans le ciel=Déclinaison négative

La planète Mars



Mars= 4^{ème} planète Tellurique



**Asaph
Hall
17 Aout
1877**



Diamètre = 6794 km (0,53 x Terre)

Masse = 11% de celle de la Terre

Densité = 3,94 (Terre = 5,52)

Gravitation= 38 % de celle de la Terre

(1kg sur Terre = 380 g sur Mars)

Température : - 63 °C (de -3 °C à -133° C)

Albédo géométrique = 0,15

Champ magnétique: paléomagnétisme (roches)

Période de Rotation = 24h 37m 23 s

**Délai de transmission avec la Terre:
de 4 min à 20 min**

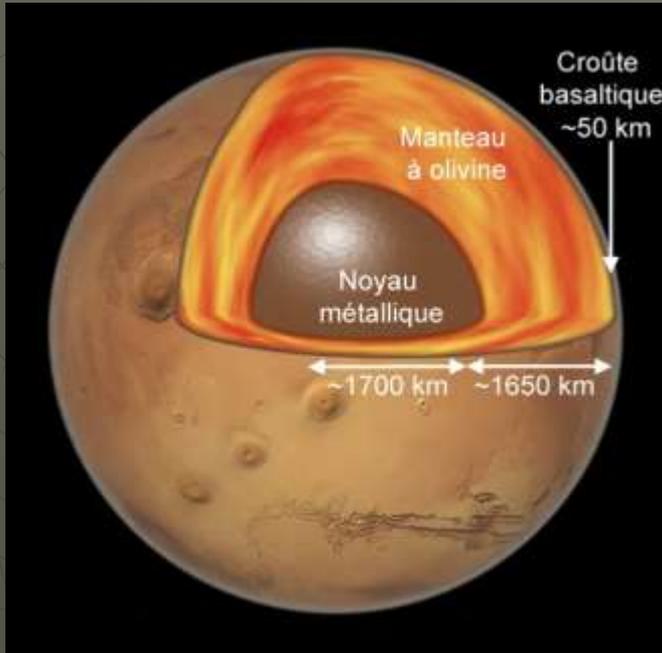
2 satellites : Phobos (mv=11) et Deimos (mv=12)



USNO-Lunette 660 mm



L'Intérieur de Mars



Planètes Telluriques = rocheuses et constituées principalement par des roches silicatées

Basalte = roche riche en silicates ferromagnésiens

Pyroxene = $[\text{MgFe}]_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$

Olivine (Peridotite) = $[\text{MgFe}]_2(\text{SiO}_4)$

Lander "Mars Insight"

◆ Sismomètre SEIS (France)

➔ Détermination structure interne-

Question : Y-a-t-il une activité tectonique sur Mars ?

◆ Thermomètre HP3-(Allemagne)

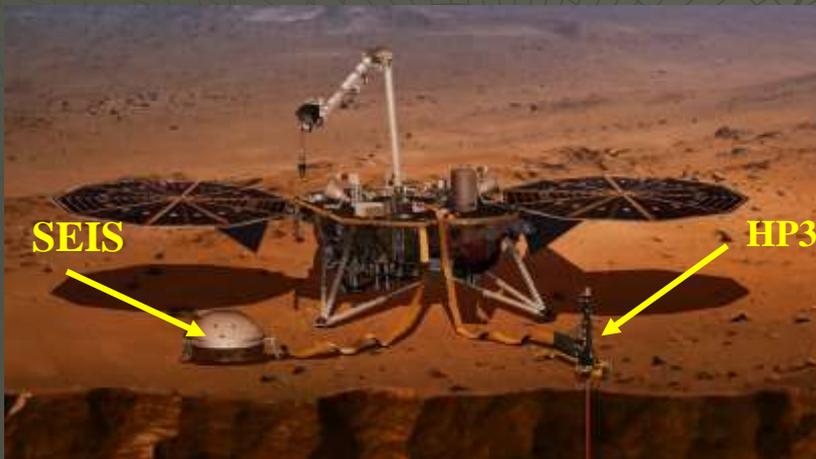
➔ Taux de refroidissement de Mars –
5m de profondeur

◆ Capteurs Météo sur la plateforme Magnétomètres

Départ : 5 Mai 2018

Arrivée : 26 Novembre 2018)

Durée "vol" = 205 j

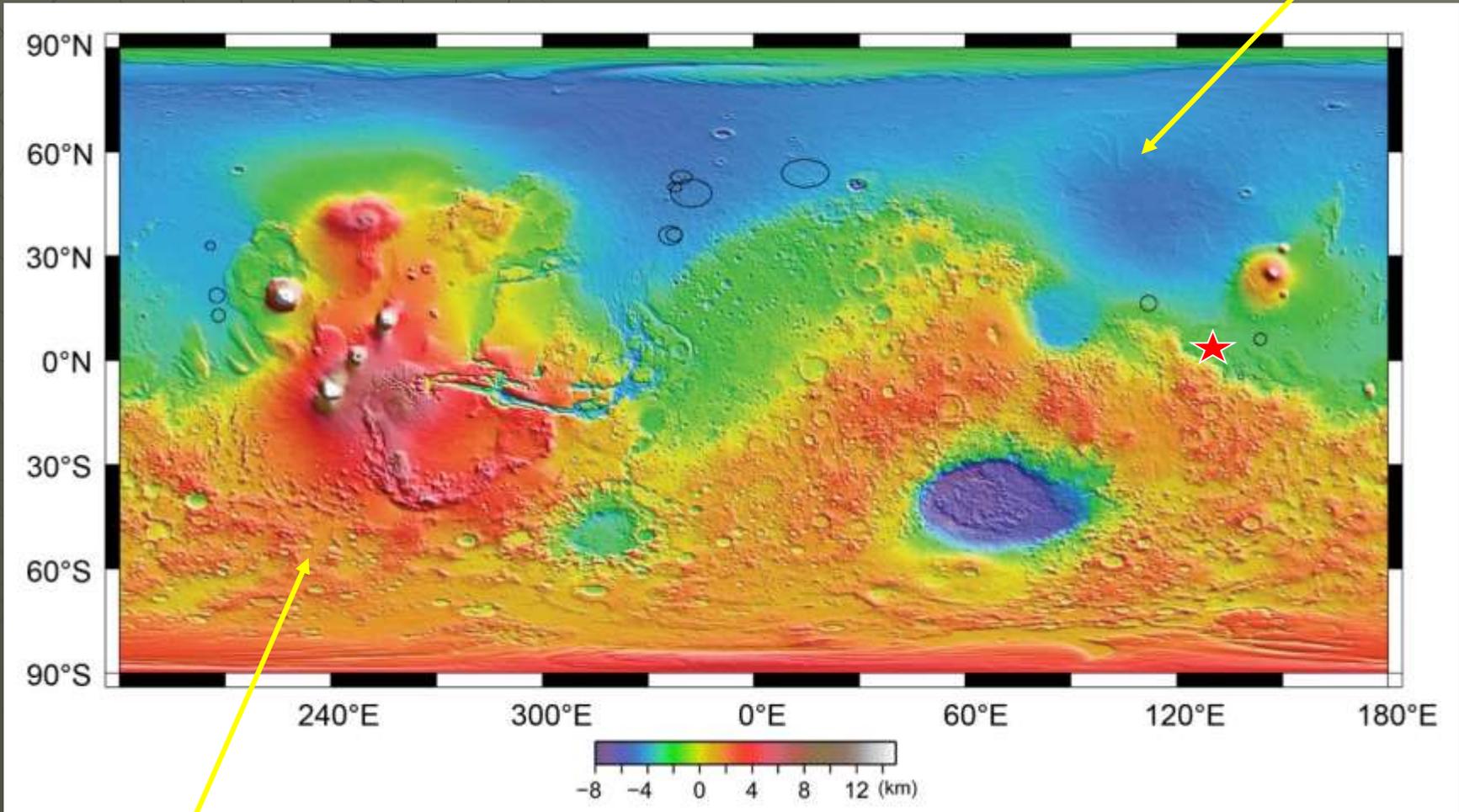


Mars "Insight"

(plateforme Phoenix-taille d'un camion)

2 Hémisphères dissemblables: dichotomie

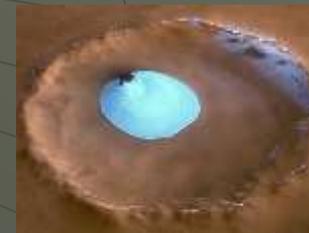
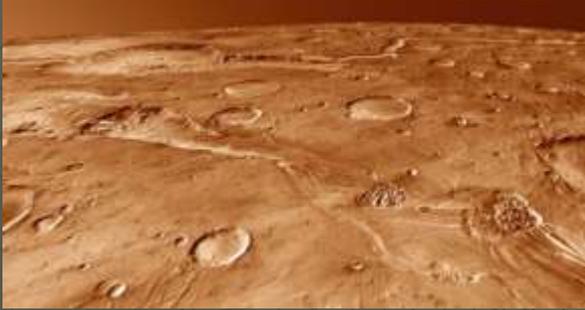
Peu de cratères
= terrains jeunes



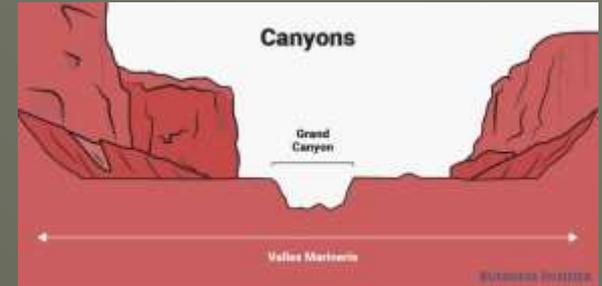
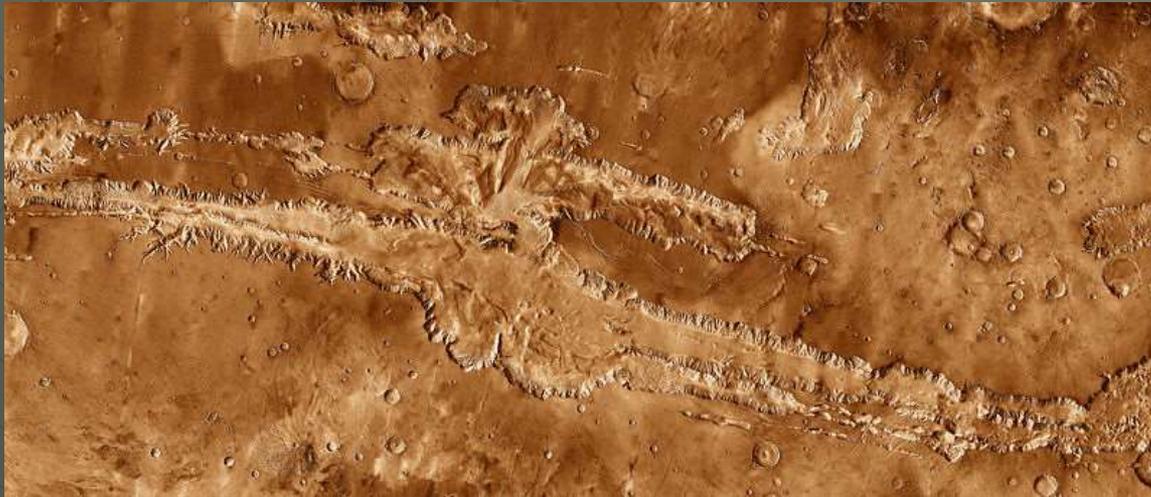
Beaucoup de cratères = terrains anciens

Le sol de Mars

Couleur du sol : Eau dans sol + UV → oxygène atomique $O\cdot$ (photolyse de l'eau)
Silicates ferreux (olivine-pyroxènes) + $O\cdot$ → Fe_2O_3 hématite - oxyde de fer couleur 'rouille'

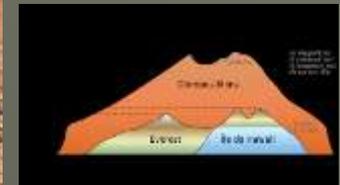


Les 2 “must” touristiques



Valles Marineris
Long= 3770 km
Largeur = 300 km
Prof # 10 km

Olympus Mons
Volcan
Hauteur =21,2 km



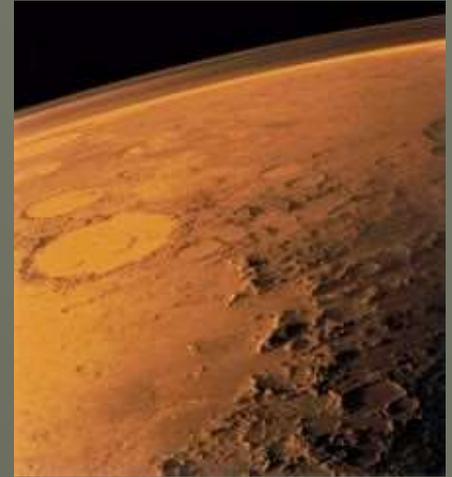
L'atmosphère de Mars : très ténue

Composition: 96% CO₂ - 2 % Argon - 1,9 % Azote -
0,15 % O₂ - 0,03 % Vapeur d'eau

Pression = 631 Pa = 170 fois moins que sur la Terre
(Terre= 1013 hectopascals)
(varie de 30 Pa en haut d'Olympus Mons
à 1155 Pa-Bassin Hellas)

Grosses fluctuations saisonnières de la pression en fonction de
l'importance de la condensation du CO₂ (1/4 de l'atm peut se condenser)

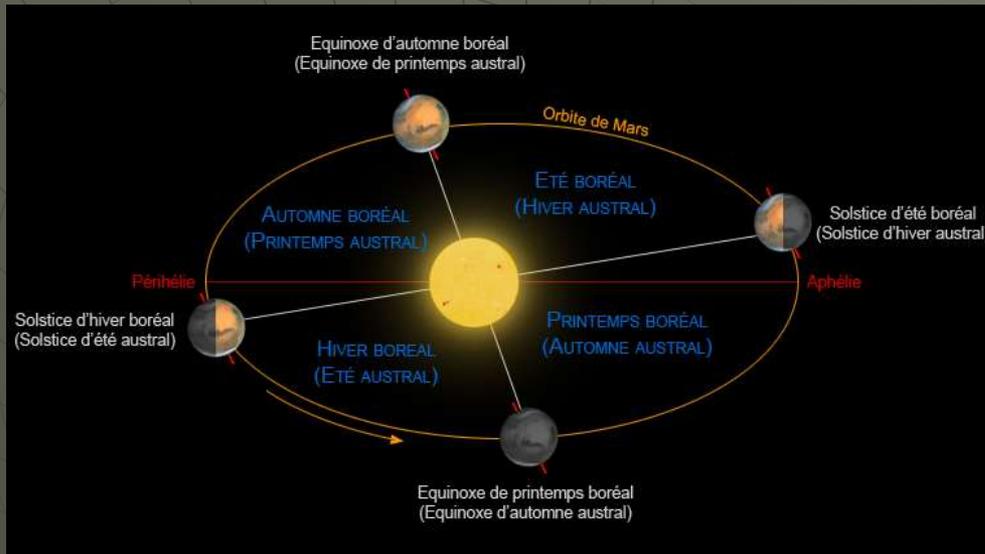
Couleur orangée du ciel : due aux poussières en suspension (diffusion de Mie
versus diffusion de Rayleigh)



Coucher de Soleil sur Mars

La Météorologie sur Mars

→ Excentricité importante de l'orbite + inclinaison de l'axe
= saisons très marquées = météorologie "démente"



Automne austral= 200 j
Hiver austral= 181 j
Printemps austral= 146 j
Été austral=159 j



Tempête de sable

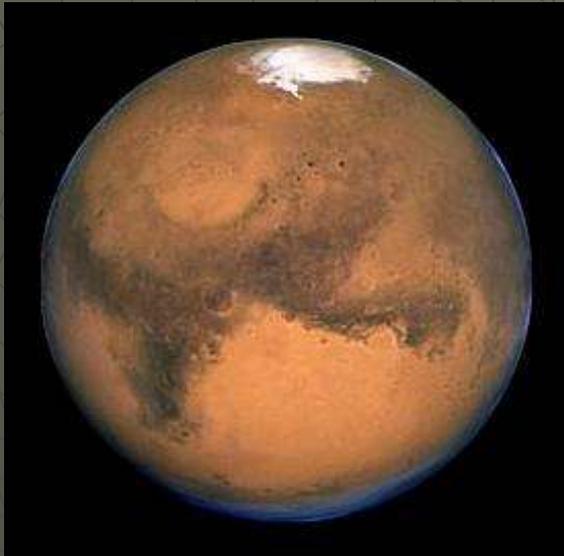
- Vents sable de 400 km h:
érosion importante-
suspension de poussières



- Condensation/ sublimation importante de CO₂ :
Apparition de nuages + variation importante
des dimensions des calottes polaires
- Amplitude saisonnière des températures très forte



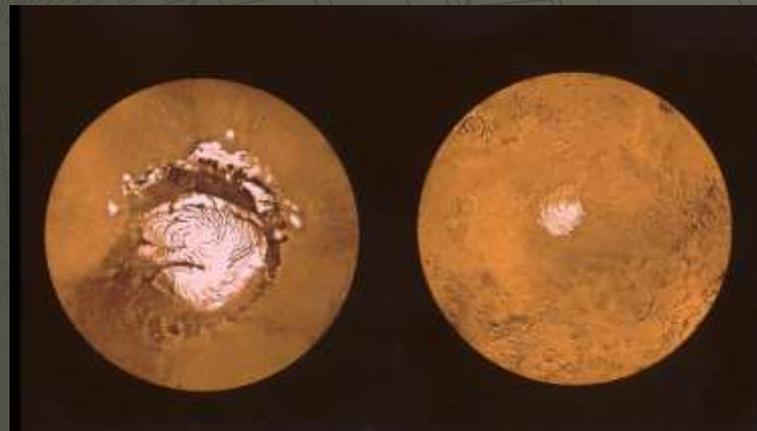
calotte polaire Nord et calotte polaire Sud



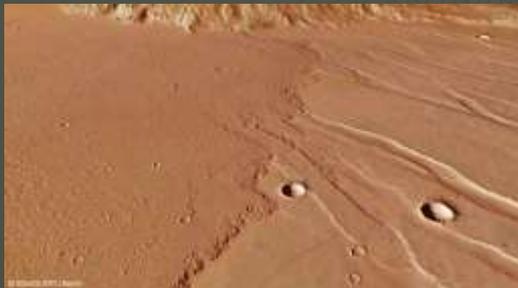
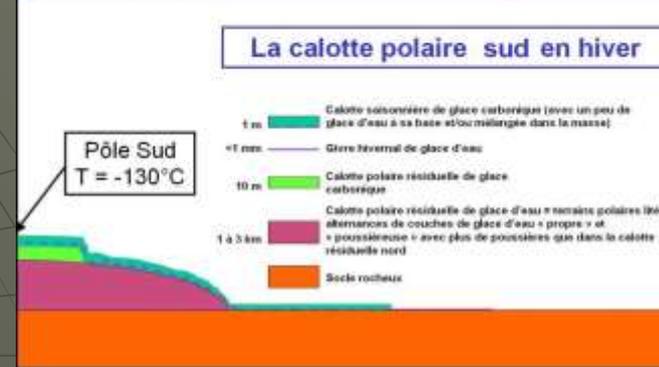
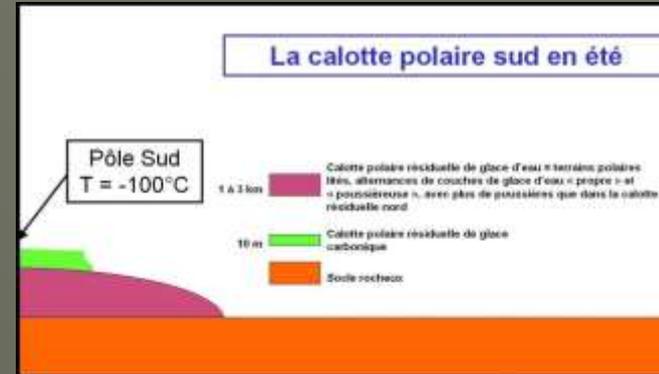
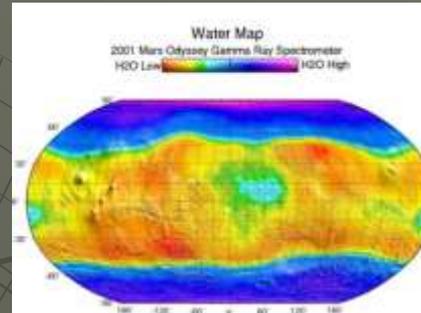
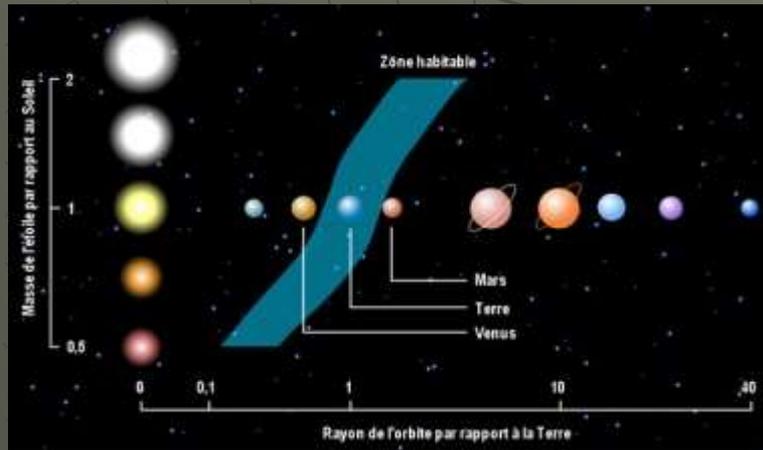
Pôle Sud



Pôle Nord



L'eau sur Mars



Mars dans l'Histoire

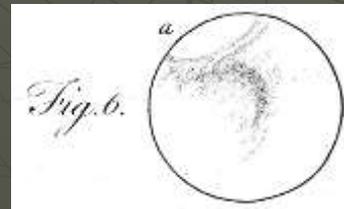
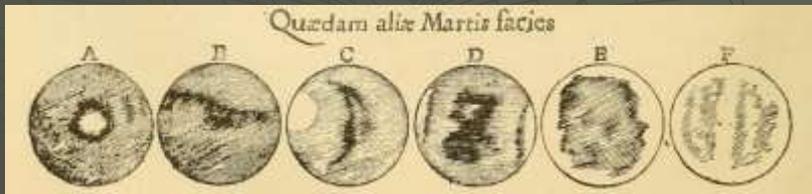
Egyptiens: "Horus incandescent"

Babyloniens : Position de "Nergal" sur le zodiaque

Grecs = Ares-un des 12 dieux de l'olympes-Dieu de la guerre



Kepler avec le carnet de Tycho Brahé (1618) :
 Ellipse-les 3 lois fondamentales de l'Astronomie
Fontana (1636):tache obscure sur Mars
Huyghens (1660): calottes polaires de Mars
Cassini (1666): rotation de Mars en 24h40m

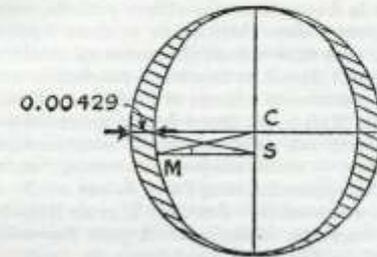


Herschell (1784) : pôle Mars (?)

316

LES SOMNAMBULES

une sorte d'ovale, semblable à un cercle aplati de deux côtés, laissant par conséquent deux étroits croissants ou « lunules » entre le cercle et cet orbite. La largeur du croissant à sa plus grande épaisseur équivalait à 0,00429 du rayon :



A ce stade, sans raison particulière, Kepler s'intéressa à l'angle situé en M : l'angle formé par le Soleil et le centre de l'orbite vu de Mars. Cet angle qu'on nommait « équation optique », varie naturellement avec les mouvements de Mars sur l'orbite : sa plus grande valeur est de 5°18'. Voici alors, selon Kepler lui-même, ce qui se passa : « ... Je me demandais pourquoi et comment il se produisait un croissant précisément de cette épaisseur (0,00429). Cette pensée me tourmentait et je songeais sans cesse... que mon apparente victoire sur Mars avait été vaine, quand je tombai tout à fait par hasard sur la sécante * de l'angle 5°18', qui est la mesure de la plus grande équation optique. Quand je vis que cette sécante égale 1,00429, il me sembla que je me réveillais... »

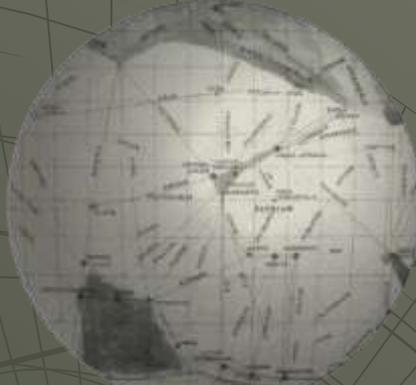
Un véritable exercice de somnambule. Au premier moment la réapparition du nombre 0,00429 dans ce contexte inattendu dut ressembler à un miracle. Mais l'astronome comprit dans un éclair que ce miracle devait en réalité s'expliquer par un rapport fixe entre l'angle en M et la distance à S, rapport qui devait rester le même pour tous les points de l'orbite; seule la manière dont il découvrait ce rapport était due au hasard. « Les voies qui conduisent l'homme au savoir sont aussi merveilleuses que le savoir lui-même. »

$$MC/MS = \sec 5^{\circ}18' = 1/\cos 5^{\circ}18' = 1,00429$$

Kepler -Les Somnambules
 (A Koestler)

1^{er} délire: les canaux de Mars

(Phénomène de paréidolie)



Les "canaux"



Gémination des canaux !



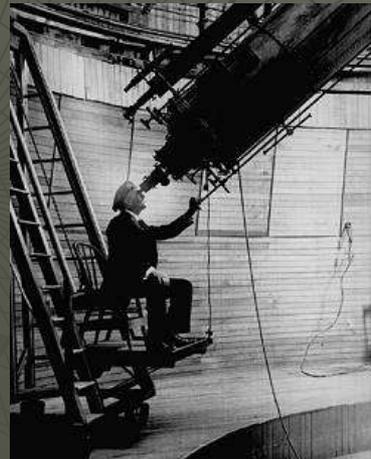
La planète s'assèche !

1877-diam =24"-Schiaparelli-Milan-Lunette 218 mm



O encontro em Juvisy dos dois maiores defensores dos canais, Flammarion (à esquerda) e Lowell (à direita).

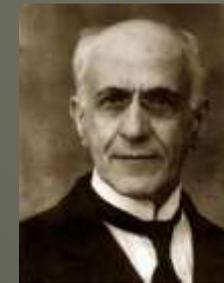
Camille Flammarion et Percival Lowell



Lowell -Flagsaff Lunette 610 mm



Mars selon Lowell



Antoniadi-1909-Meudon Lunette 830 mm

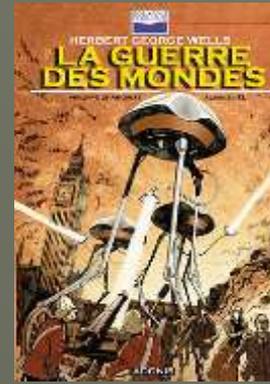
2 éme délire : les Petits Hommes Verts



1884- C-Flammarion



1889



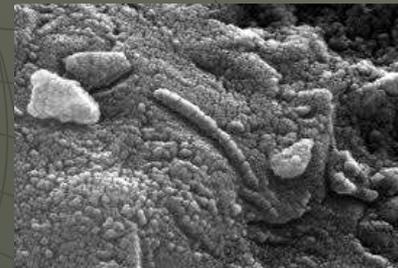
1898-H G Wells



1912-E R Burroughs



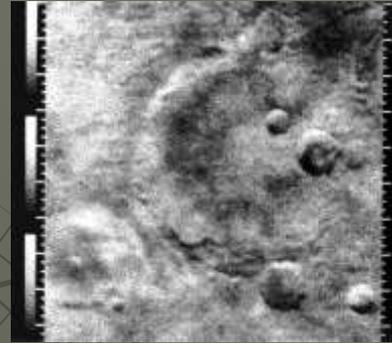
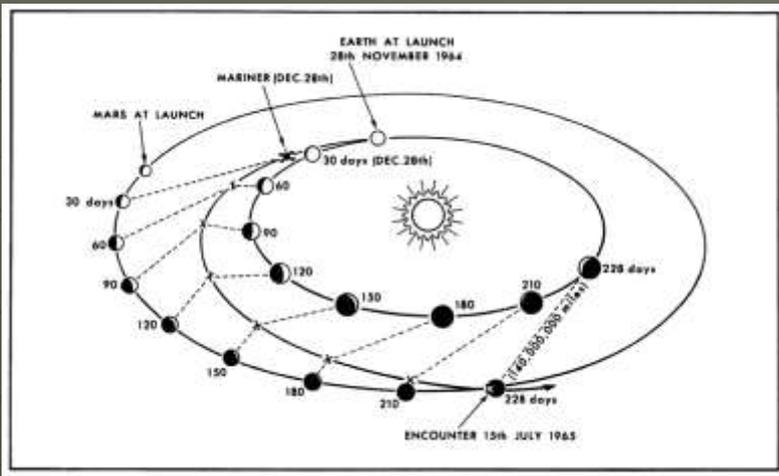
21 Aout 1955-Kelly-Hopskinville (USA)



Météorite martienne
ALH 84001



Les missions spatiales vers Mars



Mariner 4 -1965
La révélation !

→ 37 missions:

- 18 soviétiques : 2 succès
- 17 américains : 12 succès
- 1 japonais : 0 succès
- 1 européen : 1 succès mitigé : Mars Express (Beagle)
Mars Insight ? (Nov 2018)

Score =15 / 37 !!!

Survol : Mariner 4 (1965)

Orbiter: Mariner 9 (1971)-Mars Global Surveyor (1996)-
Mars Odyssey (2001)-Mars Express (ESA 2003)-
Mars Reconnaissance orbiter (2005)

Lander : Viking 1 et 2 (1975)-Phoenix 2007- Mars Insight (2018)

Rover : 4 = Sojourner (1996)-Spirit et Opportunity (2003)- Curiosity (2012)





2éme Partie :

**L'observation télescopique de
Mars**

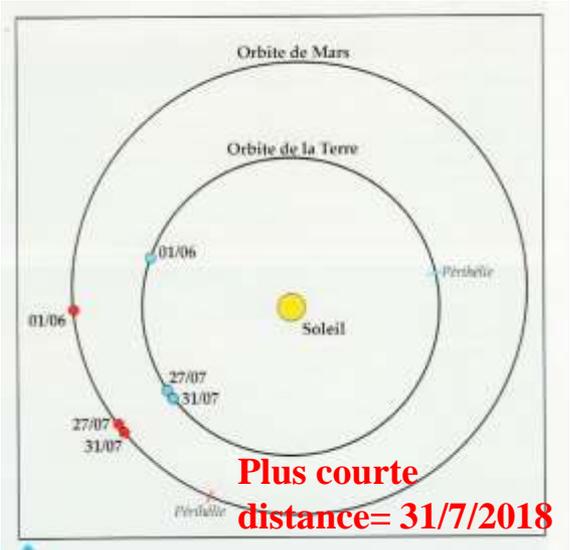
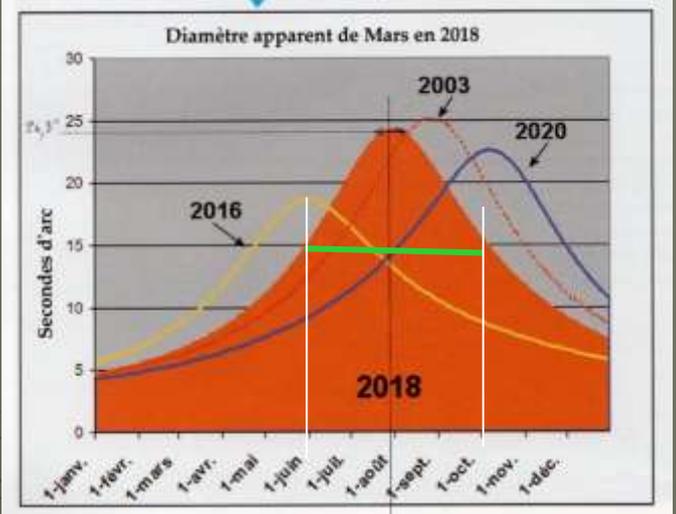
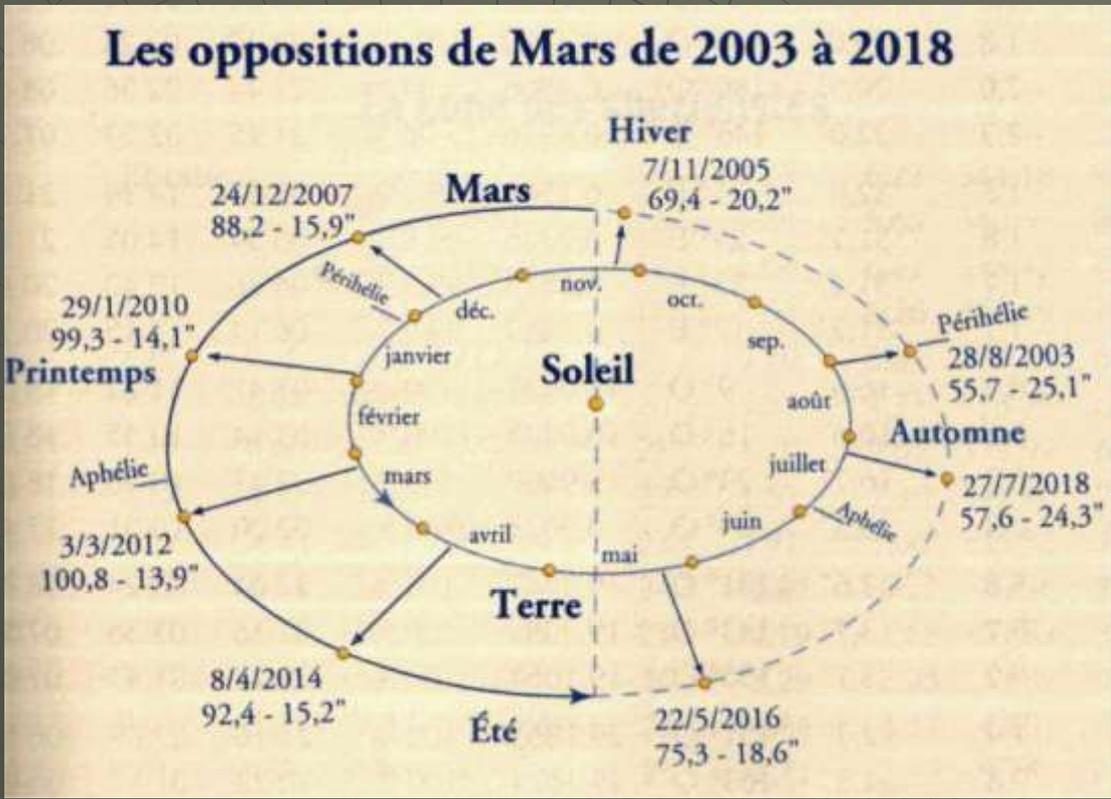
Les conditions d'observation

Les conditions d'observation de Mars au télescope dépendent essentiellement de 2 paramètres :

1- Le diamètre angulaire de la Planète

2- La hauteur de Mars au-dessus de l'horizon du lieu d'observation

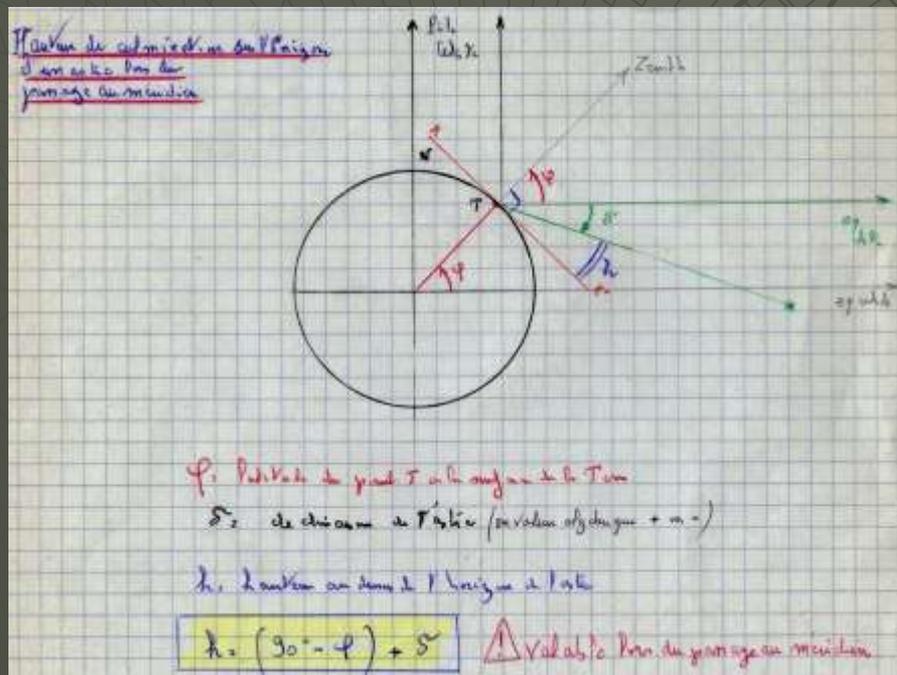
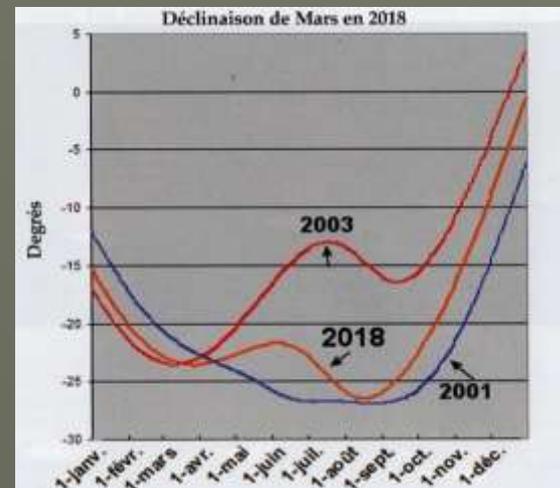
Diamètre angulaire → Opposition périhélique



Opposition tous les # 780 j (# 2 ans et 49 j)
 mais opposition périhélique tous les 15 ans !

Hauteur sur l'horizon → déclinaison (qui dépend du type d'opposition)

Opposition Date (UT)	Ls °	Dec °	Dia. "	Closest Approach (UT)	Dec °	Dia. "	Distance A.U.
2014 Apr 08 (2050)	113	-5.2	15.09	2014 Apr 14 (1254)	-5.2	15.2	0.617512
2016 May 22 (1128)	156	-21.7	18.39	2016 May 30 (2136)	-21.7	18.6	0.503196
2018 Jul 27 (0614)	219	-25.5	24.26	2018 Jul 31 (0751)	-25.5	24.3	0.384845
2020 Oct 13 (2358)	295	+5.5	22.34	2020 Oct 06 (1419)	+5.9	22.6	0.414937
2022 Dec 08 (0411)	351	+25.0	17.04	2022 Dec 01 (0218)	+25.0	17.2	0.544597
2025 Jan 16 (0103)	031	+25.1	14.6	2025 Jan 12 (1338)	+25.1	14.6	0.642304
2027 Feb 19 (1545)	065	+15.4	13.8	2027 Feb 20 (0014)	+15.4	13.8	0.677920



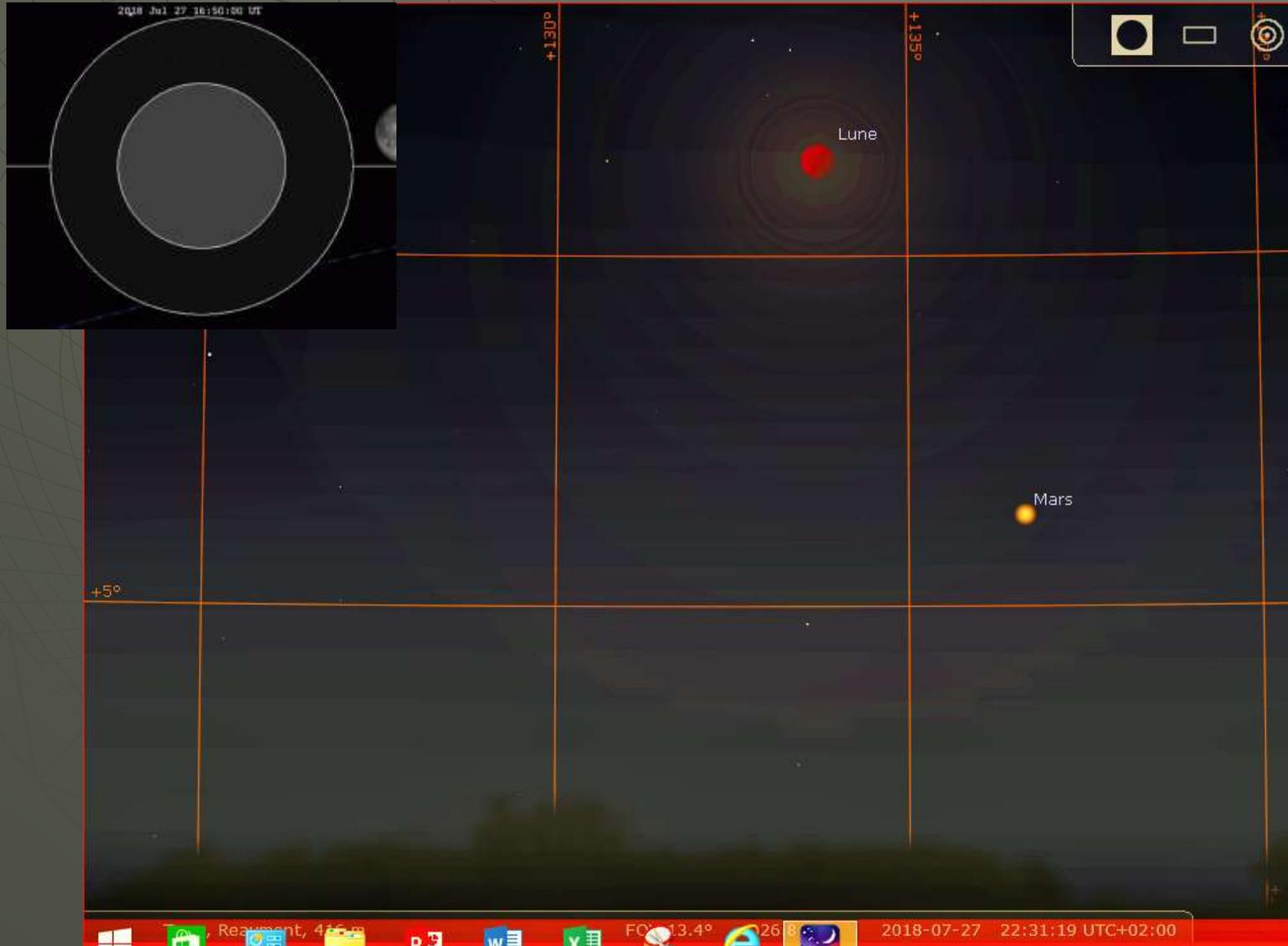
Φ = latitude du lieu d'observation

$h = (90^\circ - \phi) + Dec$
(valable pour passage au Méridien)

Voiron : $\phi = 45^\circ$
Mars juillet 2018: $Dec = -25,5^\circ$

→ $h = +19,5^\circ$

Le 27 Juillet 2018 = Opposition de Mars + Eclipse de Lune !

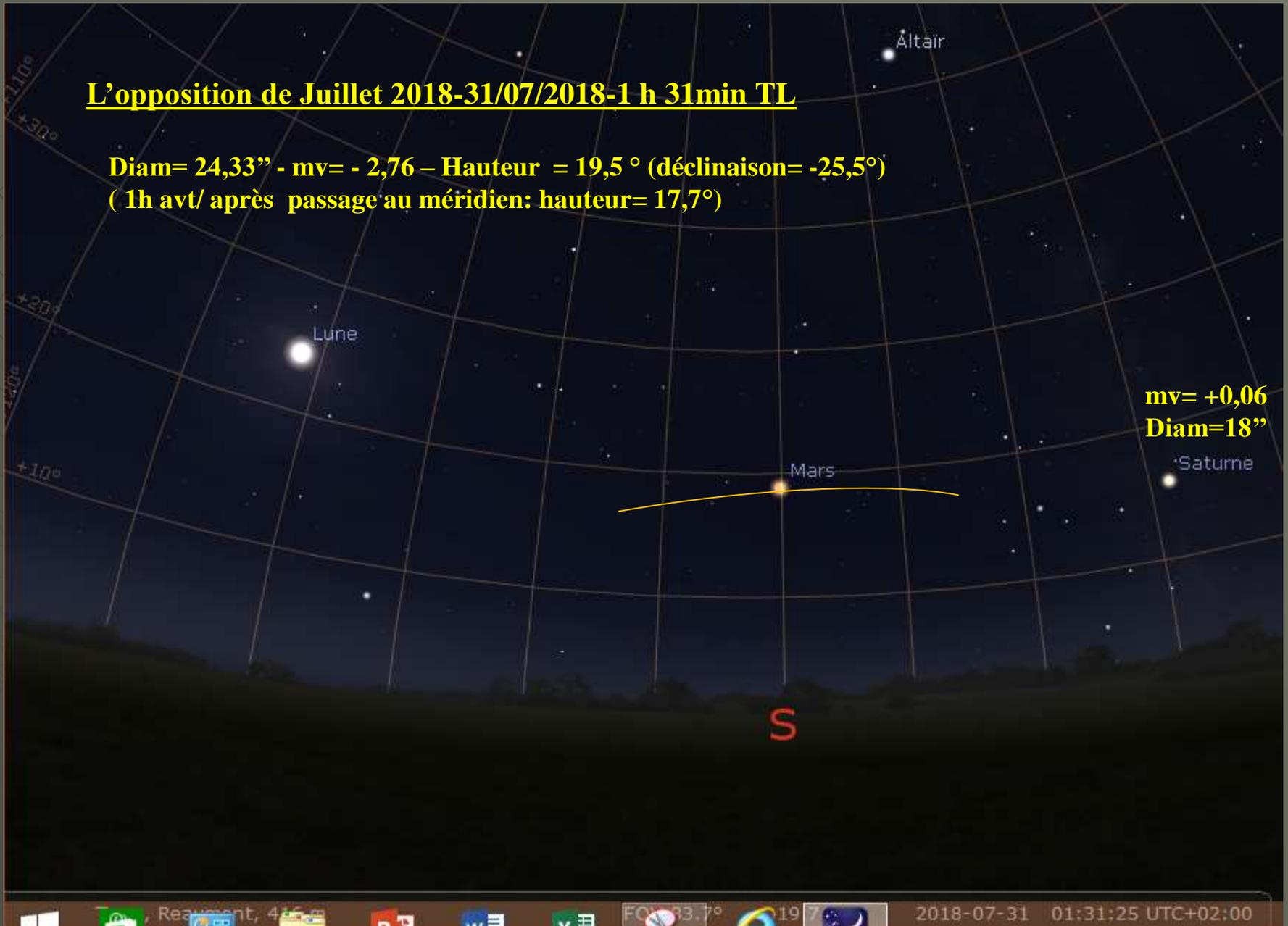


20 h30 TU
22 h 30 TL

Photo du
siècle ?

L'opposition de Juillet 2018-31/07/2018-1 h 31min TL

Diam= 24,33'' - mv= - 2,76 – Hauteur = 19,5 ° (déclinaison= -25,5°)
(1h avt/ après passage au méridien: hauteur= 17,7°)



Quels seront nos ennemis pour l'observation ?

→ Les 3 ennemis classiques de l'astronome : T. T. L .

T comme Turbulence = ennemi n°1 pour l'observation de Mars

T comme transparence = va affadir les faibles contrastes
mais importance à relativiser

L comme Luminosité : aucun rôle pour l'observation de Mars
(on peut observer avec la Lune: ça tombe bien !)

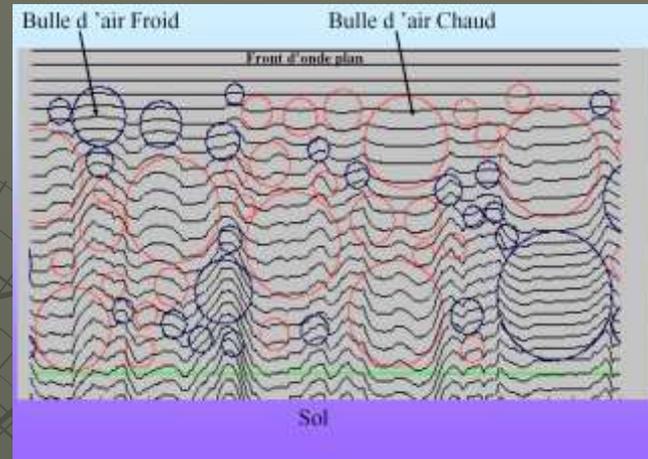
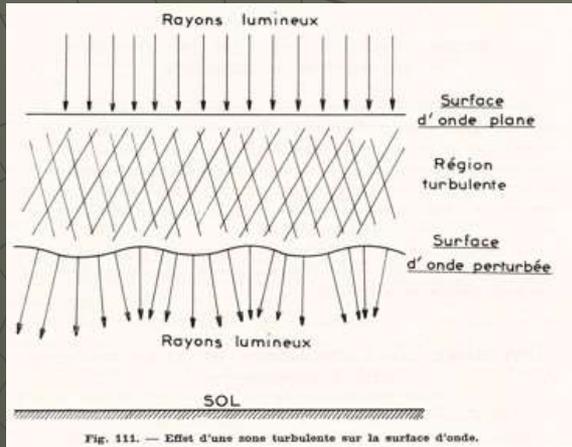
$mv = - 2,8$



→ Mais nouvel ennemi: la dispersion atmosphérique!!!



1-La turbulence-le seeing



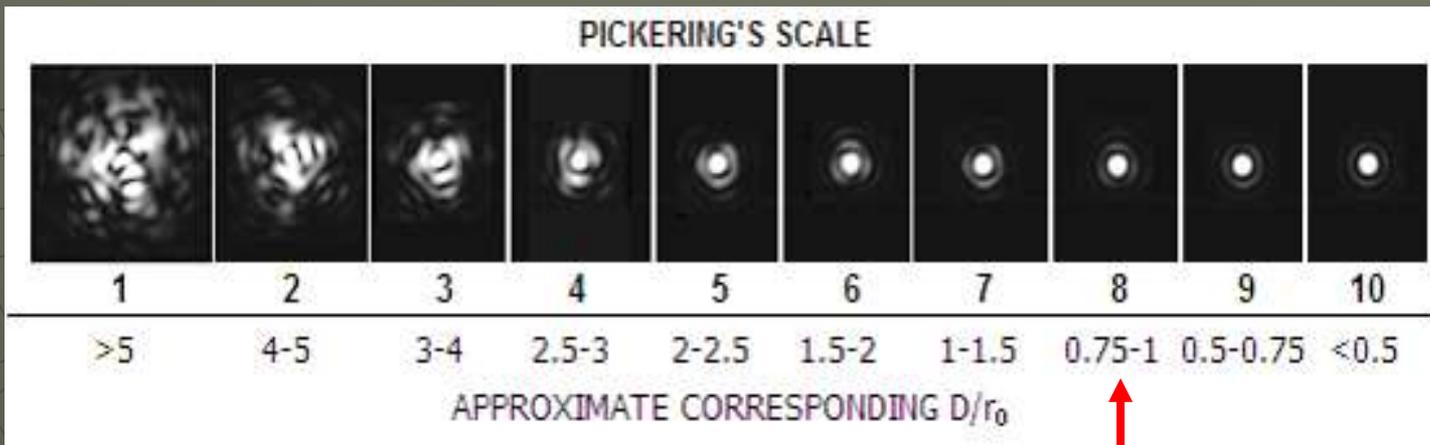
[Rappel Présentation Septembre 2013]

Paramètre de Fried : r_0 → définit la dimension caractéristique d'une cellule turbulente dans l'atmosphère (# diamètre moyen de la bulle)
 → Plus r_0 est petit plus la turbulence est importante

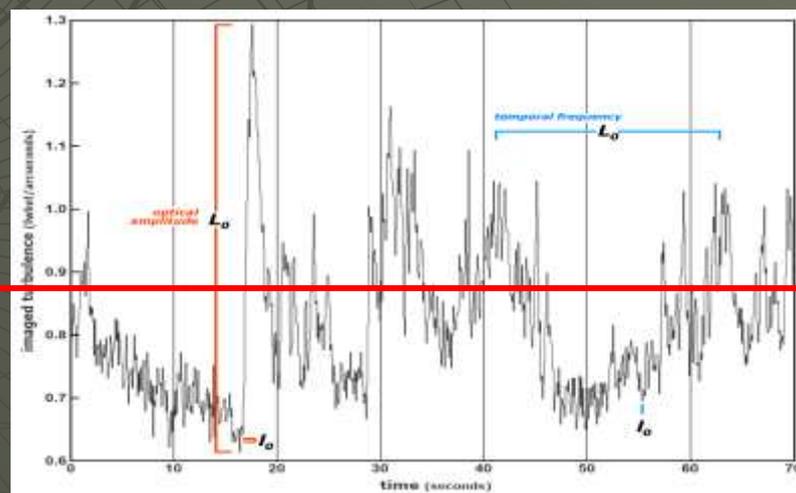
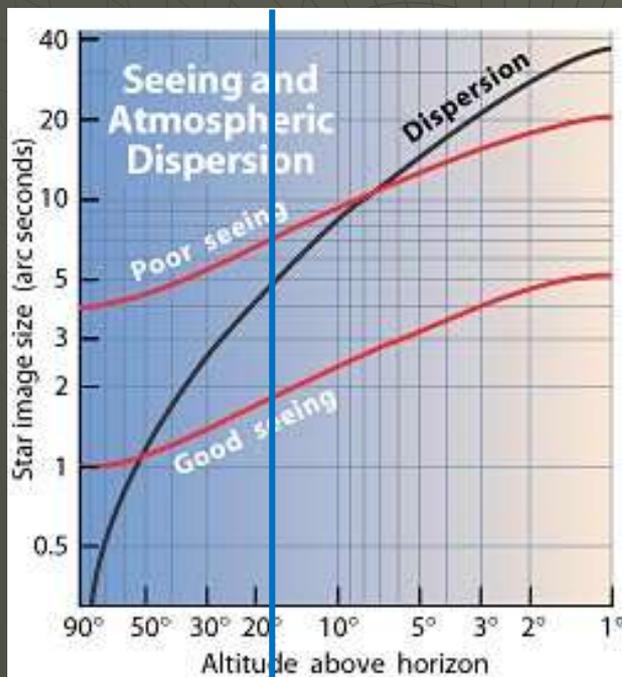
Le seeing : s → définit la résolution angulaire accessible : $s = 0,98. (\lambda / r_0)$

Exemple: bon seeing : $r_0 = 10 \text{ cm} \rightarrow s = 0,5 \text{ micron} / 10 \text{ cm} = 5.10^{-6} \text{ radian} = 1,03 \text{ '' d'arc}$
 Rappel sept 2013-calcul paramètre de Fried : Voiron r_0 # 8 cm - Restefond $r_0 = 14 \text{ cm}$

Influence de la hauteur zénithale Θ : $(r_0)_{\Theta} = (\cos\Theta)^{3/5} (r_0)_{\text{zenith}}$
 pour $\Theta = 70^\circ$: $(r_0)_{\Theta} = 0,52 \cdot (r_0)_{\text{zenith}} \rightarrow$ le seeing s est multiplié par 2



L'aspect de l'image turbulente va dépendre du diamètre D de l'instrument utilisé :
 → bonne image si $D/r_0 \approx 0,75$ à 1 donc les grands D risquent d'être défavorisés sauf dans les creux de turbulence où il seront plus performants

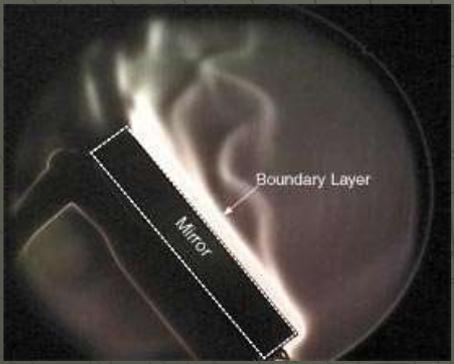


Importance des conditions d'observation pour bien profiter des creux de turbulence

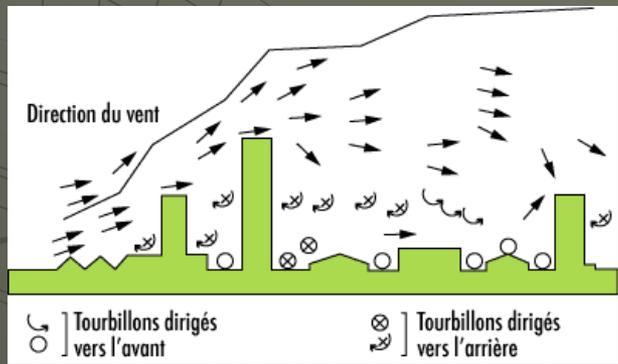
→ A 20° au dessus de l'horizon le seeing est multiplié par # 2

Seeing: mise en température, emplacement, météorologie

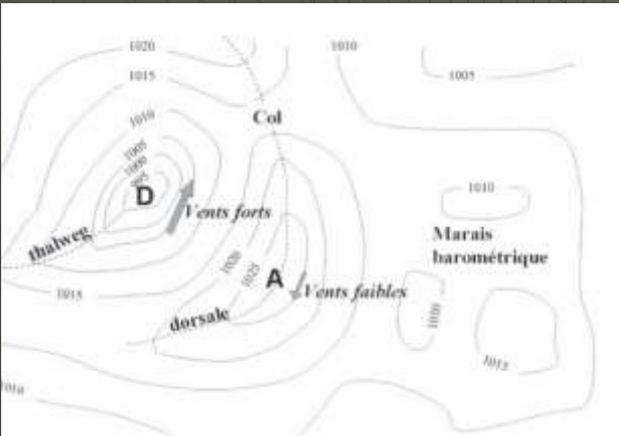
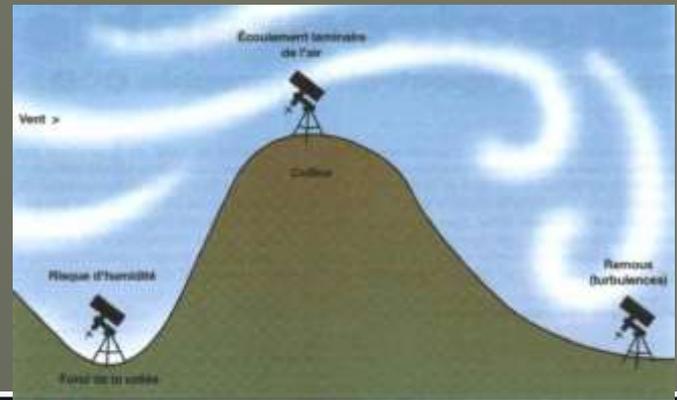
→ Les 4 niveaux où la turbulence se crée :



1-Mise en température



2-emplacement



3-Les fronts



4-Les jet-streams

Prévision du seeing (météoblue) →

Seeing for Réaumont

Tue 2018-05-15 to Wed 2018-05-16

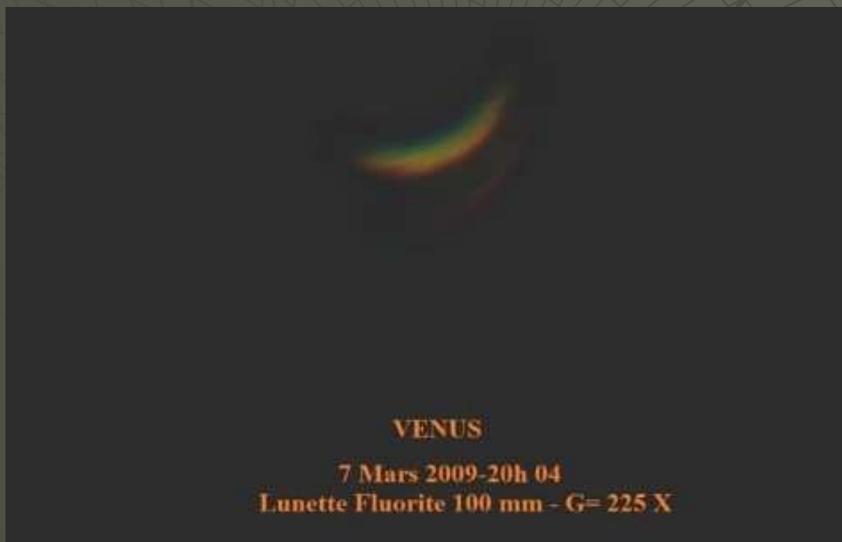
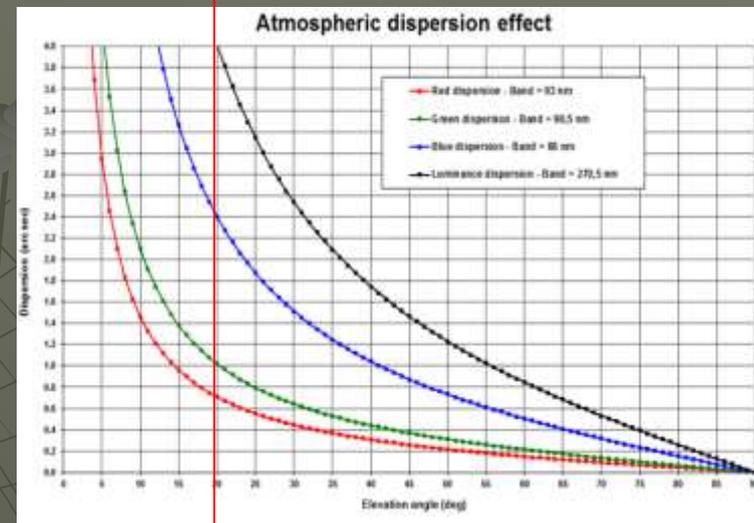
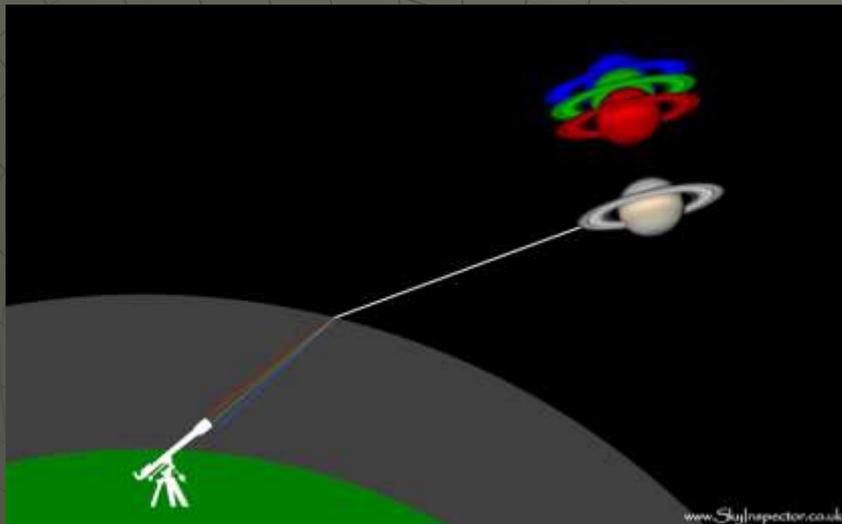
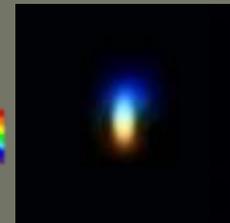
meteoblue weather close to you

More days >>

Hour (CEST)	Ground		Sky	
	Temp	rel. hum.	Clouds	Best values are marked arc sec.
13	15°C	75%	64	1.20
14	14°C	82%	52	1.20
15	14°C	84%	56	1.20
16	15°C	81%	59	1.15
17	15°C	79%	45	1.22
18	15°C	81%	61	1.12
19	14°C	81%	59	1.16
20	14°C	81%	77	1.22
21	13°C	85%	44	1.22
22	12°C	84%	62	1.20
23	12°C	83%	84	1.27
0	12°C	81%	52	1.18
1	12°C	85%	47	1.11
2	11°C	89%	15	1.13
3	11°C	89%	40	1.31
4	11°C	91%	53	1.05
5	11°C	89%	48	0.99
6	10°C	82%	68	1.01

2- La Dispersion Atmosphérique:

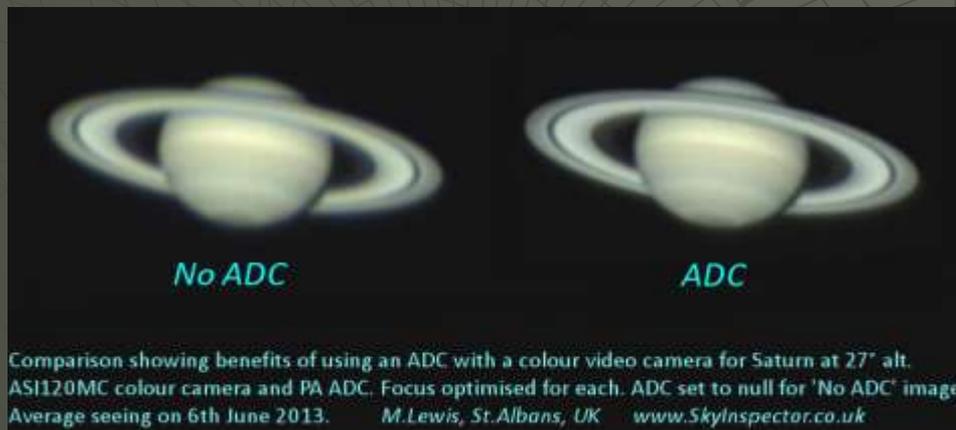
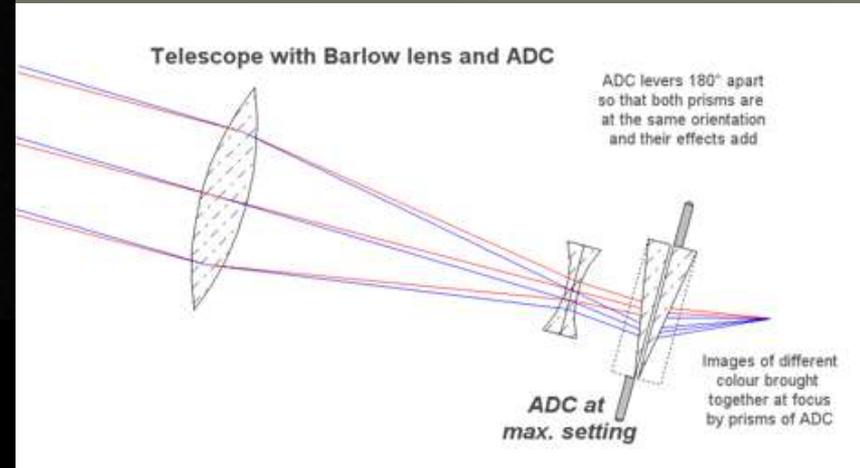
→ L'atmosphère terrestre se comporte comme un prisme:



Venus



→ La solution: le Correcteur de dispersion Atmosphérique (ADC)



ZWO ADC

Attention:
le CDA n'est efficace qu'avec des F/D > 10 (barlow)

→ **Sur Mars on ne peut pas voir avec un télescope plus de détails que l'on ne voit à l'œil nu sur la Lune !**

Mais que voit-on sur Mars ?



Une des photos de Mars la plus détaillée vue de la Terre (Hubble)

On voit sur Mars les zones d'Albédos différents qui n'ont qu'un rapport lointain avec le relief

→ Albédo = % de lumière renvoyée



Valeur des albédos:

Calotte polaire = 0,77

Sol clair orange = 0,21

Taches sombres = 0,10

Albédo moyen de Mars = 0,15

Même Hubble ne voit que des Albédos!

Mars Near Closest Approach



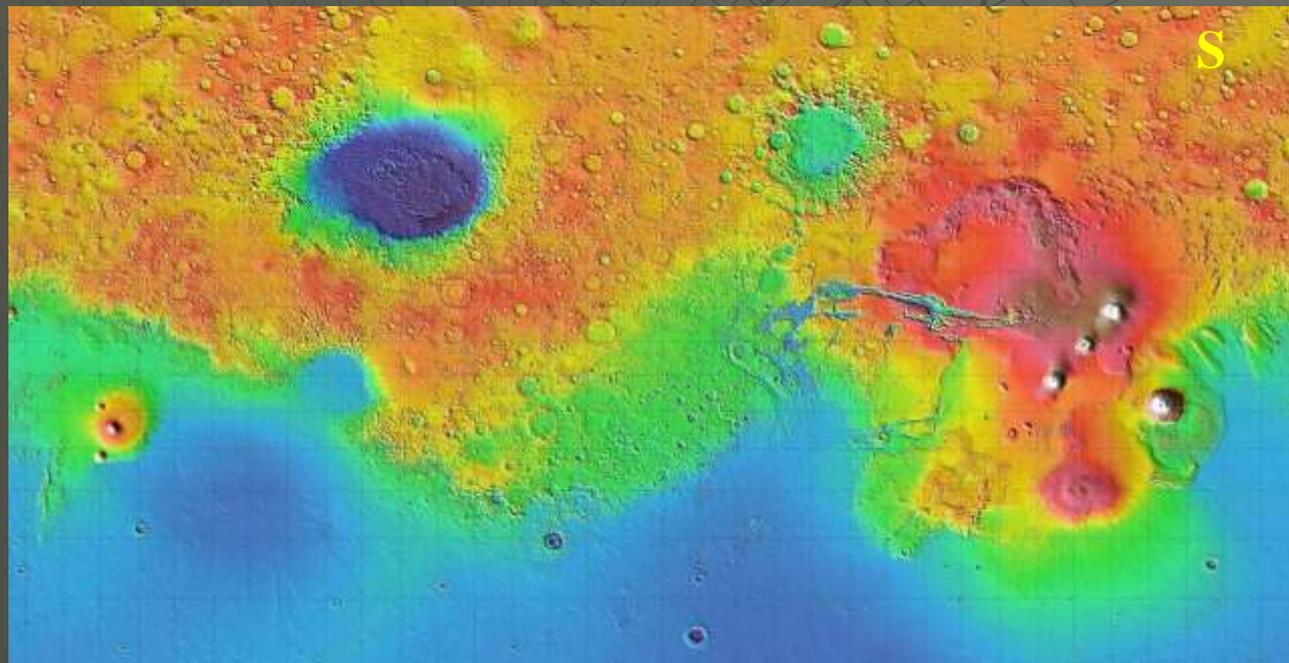
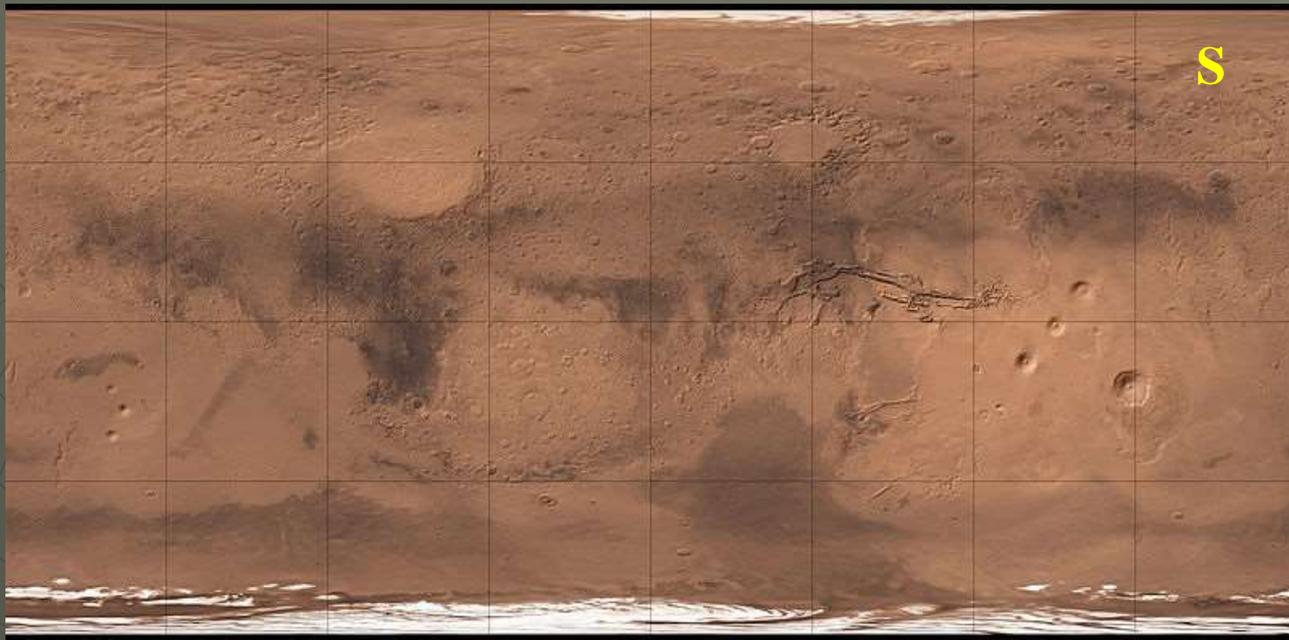
August 26, 2003
23:00 UT



August 27, 2003
10:00 UT

Hubble Space Telescope • WFPC2

NASA, J. Bell (Cornell University) and M. Wolff (Space Science Institute)
STScI-PRC03-22a

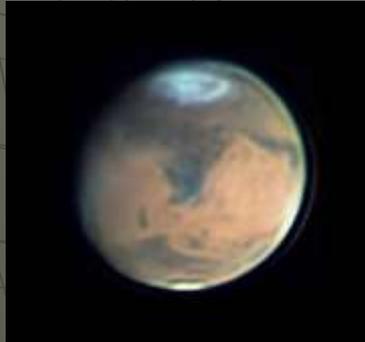


**Carte d'Albédo
et Relief**

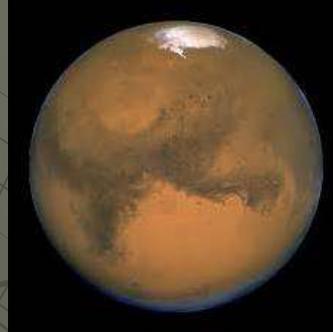
Quelques configurations utiles à reconnaître



Syrtis Major et Utopia



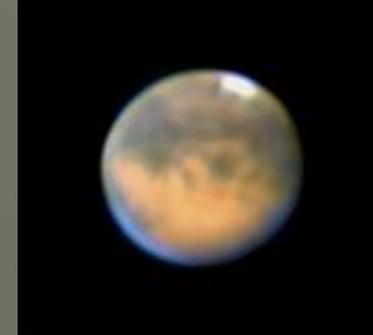
Hellas



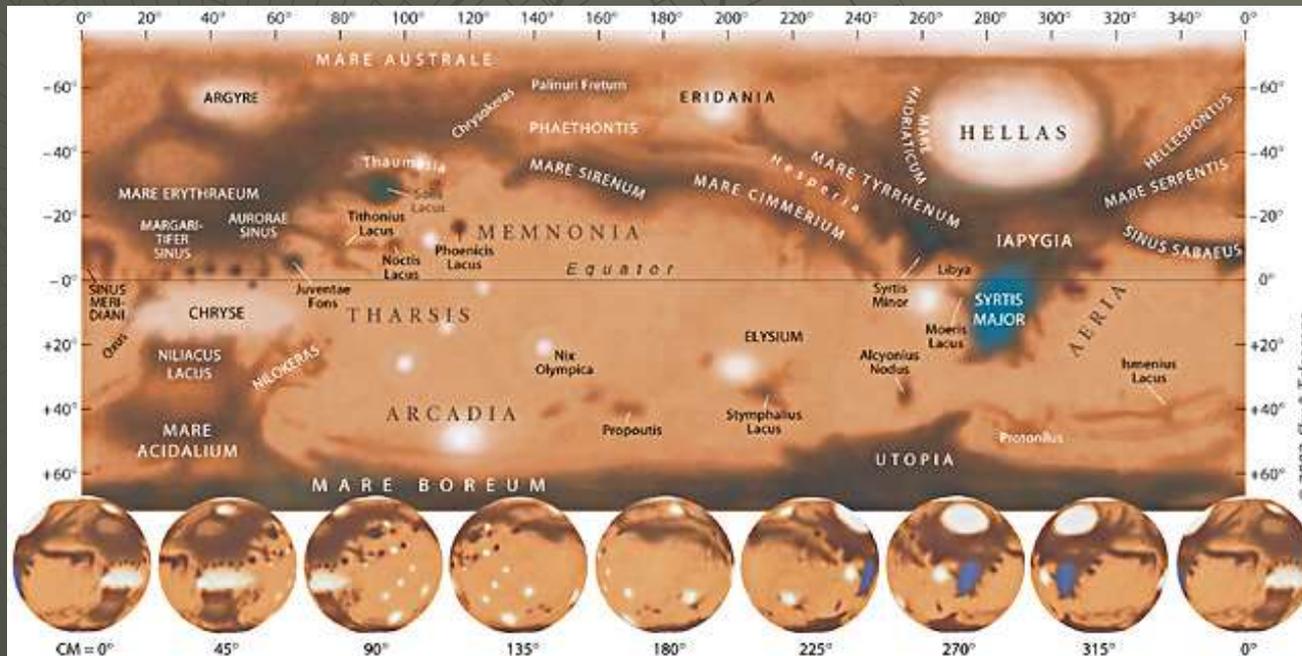
Sinus Meridiani



Mare Acidalium



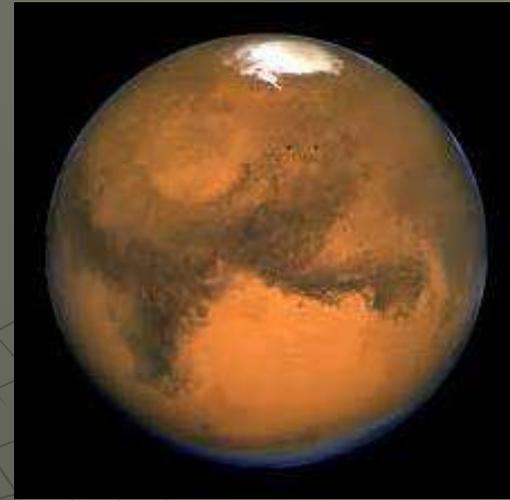
Solis Lacus



Pôle Sud

Pôle Nord

L'emploi de filtres pour renforcer les contrastes



Renforcement du contraste des Taches d'Albedo

→ filtre orange ou rouge Wratten 25 ou 29
(augmentation des contrastes-atmosphère plus transparente)

Phénomènes atmosphériques: nuages blancs et tempête de sable

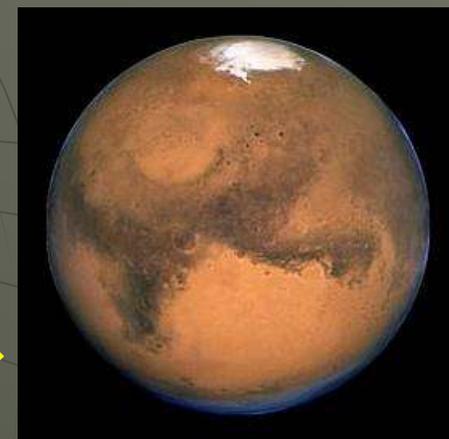
- nuages blancs=filtre bleu Wratten 80 C (mais Diam > 150 mm)
- tempête de sable= filtre orange Wratten 25

L'apparence du globe change en fonction de l'inclinaison donc du mois de l'opposition



← Opposition aphélique
(janvier/février)
Pôle Nord visible

Opposition périhélique →
(Aout-Septembre)
Pôle Sud visible



Détecter des modifications à la surface

- **Modification de la calotte polaire Sud**
→ sublimation CO₂



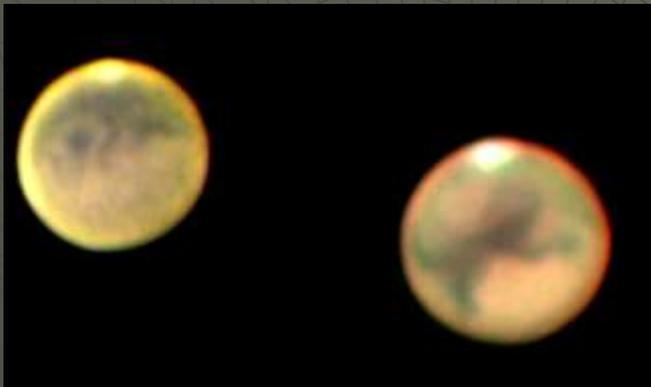
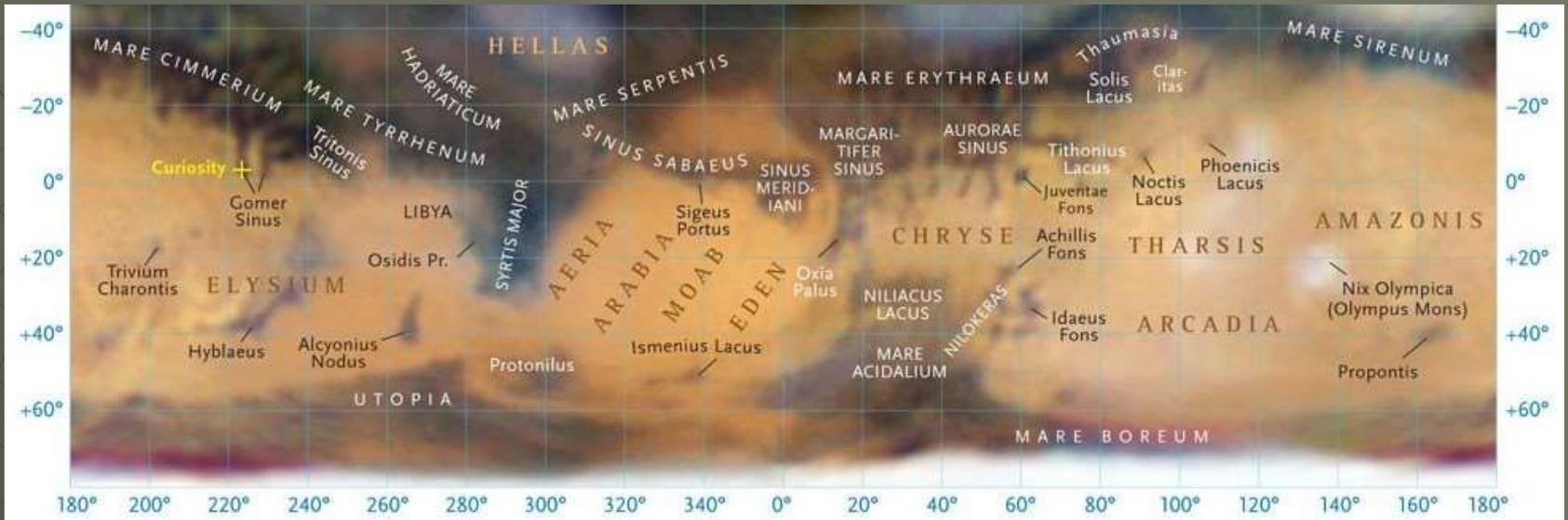
- **Estompage des zones sombres**
→ vent de sable



- **Présence de nuages blancs**
→ cirrus de cristaux de CO₂

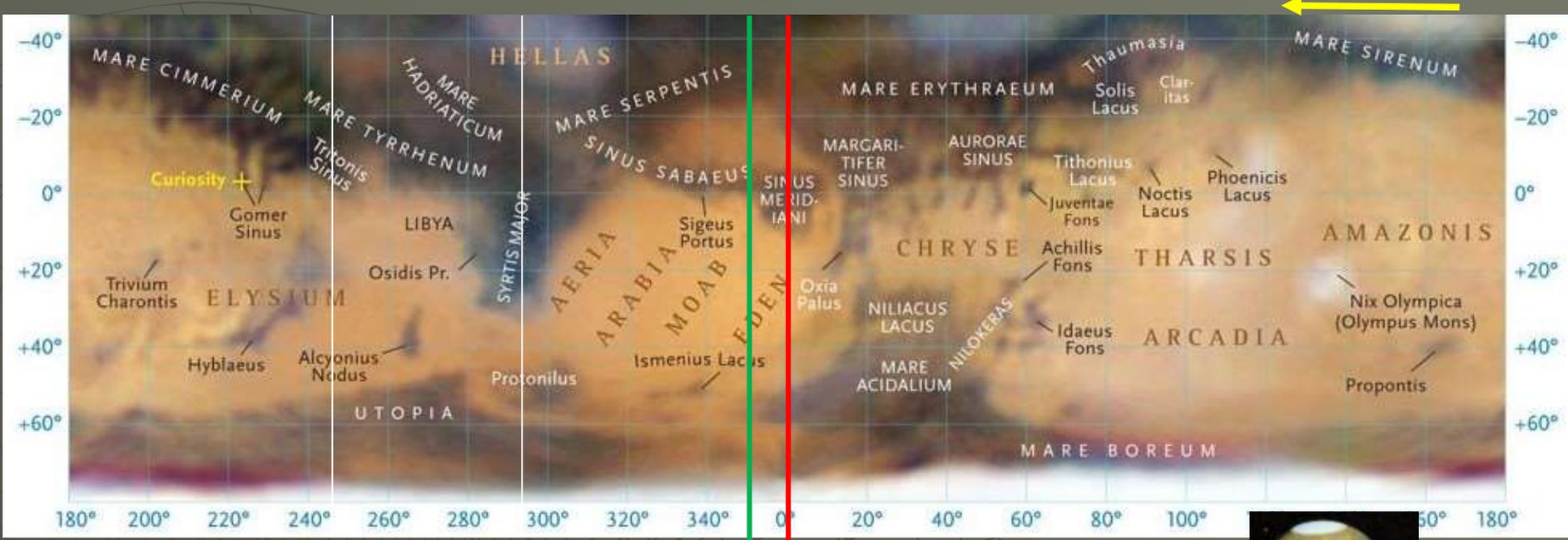


Apprenons à reconnaître !



Mars d'un jour à l'autre

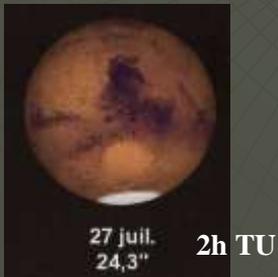
Sens de rotation ←



Rotation Terre : 1 tour en 24 h

Rotation Mars : 1 tour en 24h 37 min or 37 min = $360^\circ / 24h\ 37min \approx 9^\circ$

→ Entre deux jours consécutifs, à la même heure terrestre, Mars retarde de 9° (dans le sens des longitudes décroissantes)



$mc=260^\circ$



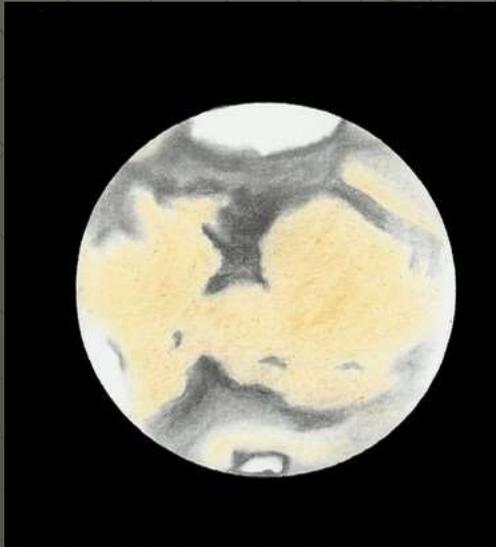
$mc=290^\circ$



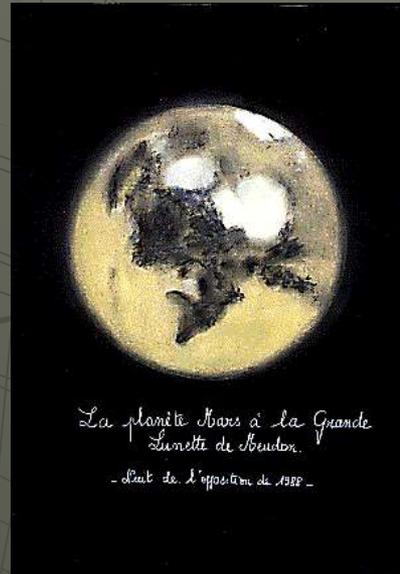
$mc=320^\circ$

Les dessins de Mars par des artistes

→ Mars apparaît plus rouge à l'œil nu qu'au télescope



T 300-2014



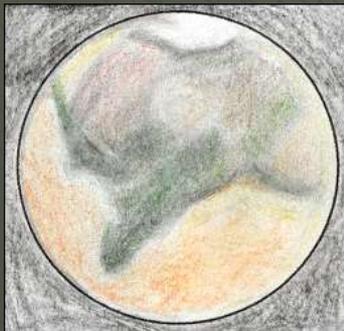
L 840-1988



T 400 -2014

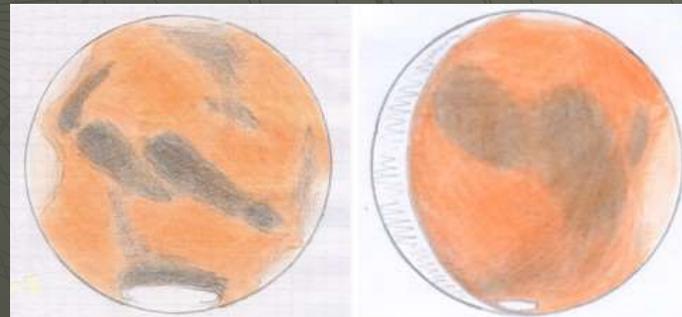


T 230-2014



Mars
2003 August 8; 10:10-11:00 UT. CM~302°
10" @ 275x, 390x +/- variable polarizer
Seeing: Antoniadi 2-3

T 250-2003



L 80-2003

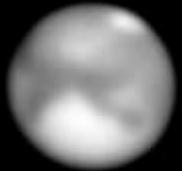


T300-2012

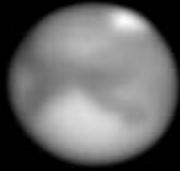
Photographier Mars

Lundi 25/08/03 22h12 (TU) Issoire - Ph. TAVERNIER

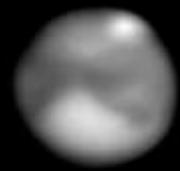
Compositage sous Iris 3.60 de 400 images sur 900 acquises



Canal R



Canal V

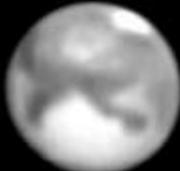


Canal B

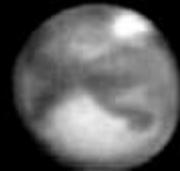
Traitement sous Iris 3.60 de type masque flou (s=3 ; c=5)



Canal R



Canal V



Canal B



Trichromie
Images
non Traitées



Trichromie
Images
Traitées



Mars
PréviewerII
simulation

Observation avec CB + Téléconvertisseur oc26mm + TouCam Pro

Turbulence 3/5 - Transparence 4/5



Observatoire
Johannesburg
Lunette = 670 mm
(film argentique)



Photo numérique
(diam 250 mm)



← 26 Aout 2003 à 22h40 TU



**Mars –Télescope 1 m-Pic du Midi- CCD
Opposition Mai 1988- diam Mars = 24'' - declin= -2°**



**Quel pôle
visible ?**