

L'ALBIREOSCOPE

Tempêtes, neiges, glaces et « fuites de gaz » sur la planète Mars



Pierre Thomas, ENS Lyon Paris, Rencontre de C.S.E 2012

Des nouvelles de Mars

Rencontres de Ciel & Espace

novembre 2012

Michel

SOMMAIRE

I DOSSIER

Des nouvelles de Mars

18 **AL78** Aurora Borealis 34 **Technique**
les darks

20 **G'est arrivé ce jour-là...**
les anniversaires
D'octobre 38 **Mots croisés**

26 **le Soleil** 39 **Galerie photos**

MARS, la planète rouge, a toujours éveillé la curiosité de l'homme. Et aujourd'hui, les sondes et les robots envoyés là bas aident l'homme à mieux découvrir cette planète : photographies en haute résolution et mesures scientifiques de plus en plus précises lui font lever ses secrets.

Un grand moment de ces rencontres Ciel&Espace 2012 était la conférence, très attendue, de **Pierre Thomas**, qui est professeur à l'ENS (Ecole Normale Supérieure) de Lyon, où il enseigne cette discipline merveilleuse qu'est la géologie avec cette spécificité particulière : la géologie des planètes, en plus donc de celle de la Terre. Sur internet, on peut trouver son site, extrêmement intéressant : planet-terre.ens-lyon.fr

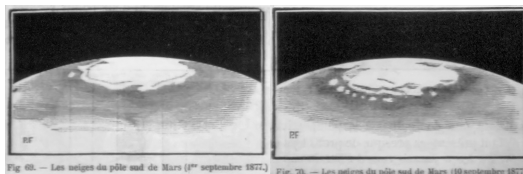
Mars à l'époque actuelle, peut-on ajouter des choses à ce qui est déjà connu ?

Nous allons parler des tempêtes, de la neige, de la glace et des fuites de gaz sur la planète Mars car peut-être bien que Mars fuit.

C'est en 1666, voilà déjà un bail, que Cassini et Huygens découvrent, à peu près au moment, à la même opposition (Soleil, Terre et Mars alignés dans cet ordre), qu'il y a des calottes polaires sur Mars. Et à l'époque, sur Mars, on voyait tout cela blanc : on disait forcément que c'était de l'eau. De l'eau, H₂O, on sait donc qu'il y en a sur Mars depuis 1666 ! Aujourd'hui, des journalistes sont encore à

demander : y a-t-il de l'eau sur Mars ? C'est connu depuis Louis XIV ! Au 18^{ème} siècle, on voit que ces calottes changent de taille et au 19^{ème} siècle, on voit même qu'elles changent de taille de jour

Gravures de Flammarion : calotte polaire de Mars



Mars vue par le télescope spatial Hubble

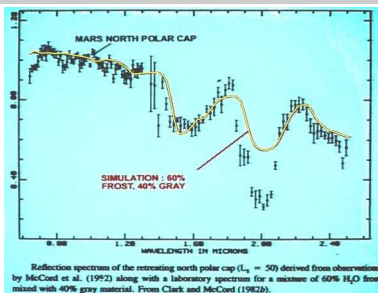
en jour comme sur les gravures de Flammarion où l'on voit dessiné ces calottes le 1^{er} et le 10 septembre 1877 avec de subtils changements dans les « neiges » du pôle sud de Mars. On a confirmé en 1964, donc ce n'est pas très vieux, que la calotte polaire nord était composée de glace d'eau H₂O mais ce résultat a été peu médiatisé car il émanait

d'un soviétique. Ces résultats spectroscopiques depuis la terre ont été depuis maintes fois confirmés. Sur une publication américaine, plus connue déjà, qui date de 1982, on peut voir les raies spectrales infrarouge de la calotte nord, et on observe celles de l'eau. Par

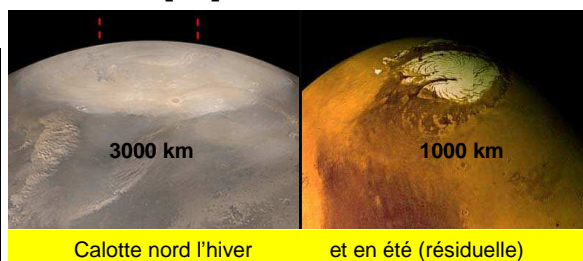


Jean-Dominique Cassini (1625-1712)
En arrière-plan l'observatoire de Paris dont il fut le premier directeur.

contre, on ne voyait pas de raie spectrale de l'eau dans la calotte d'été sud quand on regardait depuis la Terre. Mais ceci est maintenant devenu de l'histoire ancienne et le télescope spatial a confirmé ce que l'on observait depuis la Terre et sur ces 3 photos datant d'octobre 1996, janvier et avril 1997, on observe une calotte polaire nord qui est très grande en hiver, moyenne au printemps et petite en été, chose découverte, pour rappel, dès le 18^{ème} siècle. C'est



contre, aux pôles, il fait beaucoup plus froid. Au pôle nord, de -130 °C l'hiver à -60 °C voire -70 °C l'été ; et au pôle sud, c'est à peu près la même température l'hiver, mais tout de même un peu plus froid l'été (-100 °C et jusque -125 °C juste au pôle sud). Voilà donc les conditions martiennes, pas de quoi attirer les touristes pour faire de la bronzette sur la neige. Ci-dessous, des photos des calottes prises par des sondes qui orbitent autour de Mars : la calotte nord en hiver et en été, qui passe alors d'un diamètre



de 3000 km à environ 1000 km. Examinons ces glaces du nord, et d'abord la calotte d'été, dite résiduelle, qui fait à peu près 1000 km de diamètre ; cette calotte résiduelle est parcourue par des vallées, ou des fossés (chasma) dont l'origine est mal comprise mais Coriolis et des vents tourbillonnants doivent y être pour quelque chose, car cela dessine une vague spirale. L'examen plus en détail des bords d'une vallée permet même d'avoir une coupe de cette calotte avec, sur la photo dessous, cette belle vue oblique d'un bord de chasma qui montre que la structure interne est complexe : le haut est fait de strates bien blanches, le bas est fait de strates moins blanches, et tout cela est d'une extraordinaire beauté. C'est complexe, voire extrêmement

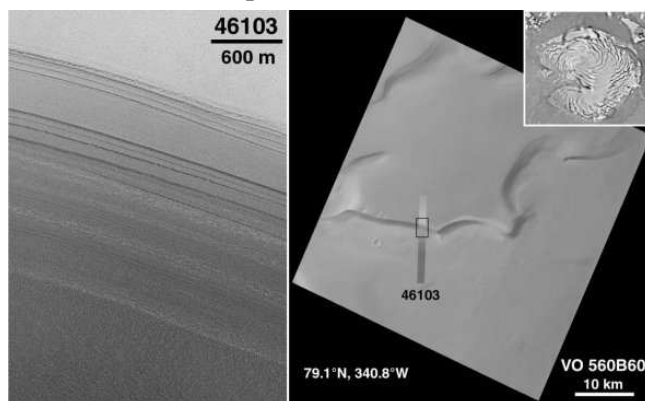
la sonde Viking en 1976 qui a complètement établi toutes ces données. Sur la photo qui est prise par le télescope spatial sont reportées les données de Viking, confirmées à chaque nouvelle mission spatiale. A l'équateur, il fait à peu près -60°C l'hiver et -20°C l'été, mais sur les faces bien sombres, bien exposées, à midi, cela peut friser les 0° C. Par



Températures moyennes au hautes latitudes nord :
-130 °C l'hiver
-60 à -70 °C l'été

Températures moyennes à l'équateur :
-60 °C l'hiver
-20 °C l'été (~ 0°C sur les faces sombres bien exposées à midi en plein été)

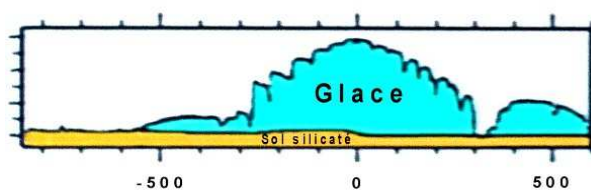
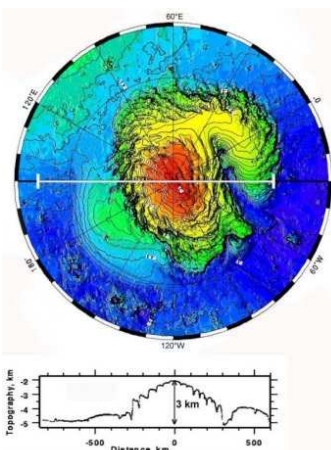
Températures moyennes au hautes latitudes sud :
-130 °C l'hiver
-100 °C l'été (-125 °C juste au pôle)



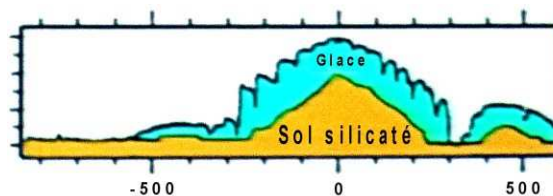
complexe. Photo précédente : on voit la calotte polaire avec un relief exagéré ; le zoom montre un morceau du « mur » qui est un millefeuille de couches de glace bien blanche (de la glace d'eau presque pure), et de glace plus sombre (de la glace beaucoup plus riche en poussière). Il y a une certaine rythmicité : les gens qui font de la paléoclimatologie en France connaissent sur Terre ces variations climatiques dues à des variations astronomiques (on parle de cycle de Milankovitch : ingénieur, astronome, géophysicien serbe 1879-1958—théorie mathématique du climat). Beaucoup de gens pensent qu'il y a des cycles de même nature sur Mars et essaient de retrouver ces variations orbitales dans les couches du pôle nord. On appelle ces terrains polaires des TPL (terrain polaires lités).

Une couche claire correspondrait soit à une période d'accumulation de glace d' H_2O propre (dépôts hivernaux puis sublimation estivale) pendant une période où l'atmosphère calme véhicule peu de poussières. Les niveaux sombres correspondraient soit à des époques d'ablation (sublimation estivale puis dépôts hivernaux) laissant sur place une accumulation résiduelle de poussière contenue dans la glace se sublimant, soit à des époques avec une circulation éolienne intense et une atmosphère très poussiéreuse. Étudier les rythmes de ces variations climatiques est un objectif de la géologie martienne.

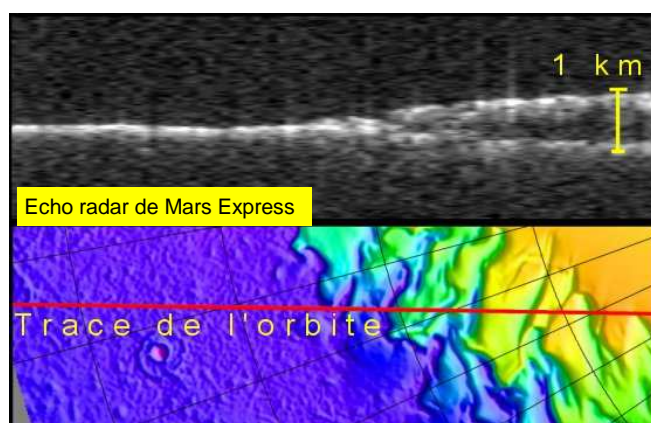
Il est possible de connaître de différentes façons le relief de Mars et l'altimétrie laser est une des méthodes actuellement avec une sonde en orbite qui envoie un faisceau laser vers le sol, qui se réfléchit et le résultat aller/retour combiné avec la position exacte de la sonde permet de connaître la topographie des lieux survolés. La calotte polaire nord présente ainsi une bosse d'environ 3000 mètres mais cela ne veut pas dire qu'il y



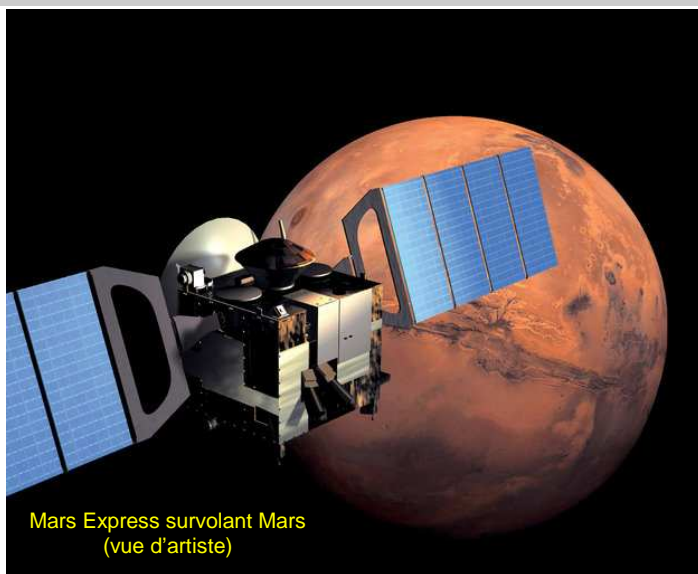
a 3000 mètres de glace (c'est une possibilité) mais la glace peut aussi cacher une monta-



gne. Il peut donc y avoir une grande quantité d'eau stockée dans cette calotte ou beaucoup moins s'il s'agit d'une montagne recouverte de glace. Comment savoir laquelle des deux hypothèses est la bonne ? En utilisant le radar. Deux sondes, une européenne et une américaine, ont survolé Mars équipées d'un radar (l'Europe s'est distinguée dans l'espace à cette occasion, mais en communiquant beaucoup moins que la NASA...). Ces deux sondes étaient d'ailleurs assez complémentaires car la sonde européenne avait un pouvoir pénétrant plus fort mais une résolution plus faible que la sonde américaine et vice versa ; la combinaison des informations des deux sondes donnera des résultats sé-



rieux. La sonde européenne **Mars express** a envoyé l'écho radar de son survol de la calotte polaire nord qui montre qu'à cet endroit, la calotte faisait à peu près un kilomètre d'épaisseur. A noter que le but initial de l'usage du radar était de trouver si Mars avait de l'eau liquide en profondeur. **MRO** (Mars Reconnaissance Orbiter), la sonde américaine, et Mars Express ont toutes deux échoué dans leur mission initiale car si de l'eau existe dans le sol, la capacité d'exploration des sondes était insuffisante ; par contre, les scientifiques ont obtenu une bonne repré-



Mars Express survolant Mars
(vue d'artiste)

Mars Express est une sonde spatiale de l'Agence spatiale européenne (ESA) lancée en 2003 pour étudier la planète Mars (1^{ère} première mission d'exploration d'une planète du système solaire de l'ESA). Sa mission est de recueillir des données sur la surface, l'atmosphère, l'ionosphère et le sous-sol de la planète. La sonde comprenait un orbiteur et un petit atterrisseur, Beagle 2. Mars Express a repris en partie l'architecture de la sonde Rosetta et cinq des sept instruments avaient été développés pour la sonde soviétique Mars 96. Mars Express a été lancée le 2 juin 2003 par une fusée Soyouz et s'est mise en orbite autour de Mars le 25 décembre. Beagle 2 a été perdu après sa séparation de la sonde principale.

La mission d'une durée initiale de 23 mois a été prolongée à plusieurs reprises et doit désormais s'achever fin 2014

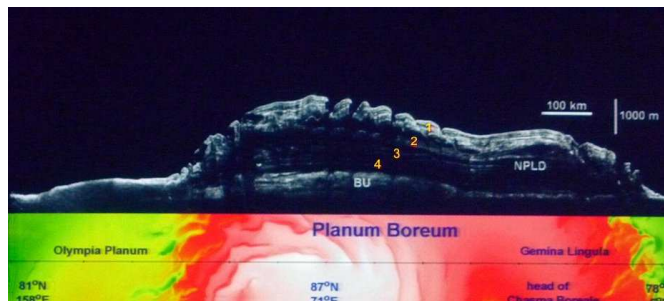
MRO est une sonde spatiale de la NASA qui orbite autour de Mars depuis le mois de mars 2006. C'est un orbiteur de grande taille (plus de 2 tonnes) et qui dispose du télescope HIRISE (permettant d'obtenir des images avec une résolution de 20 à 30 cm), d'un spectromètre, d'un radiomètre ainsi que d'un radar.

MRO est équipé d'un système de télécommunications qui lui permet de transférer des volumes de données très importants vers la Terre et de jouer le rôle de relais pour les données collectées par les rovers posés à la surface tel que le tout dernier Curiosity. Sa mission a été prolongée jusqu'en 2015.



Mars Reconnaissance Orbiter
(vue d'artiste)

sentation de la calotte permanente nord et quatre cycles climatiques auraient participé

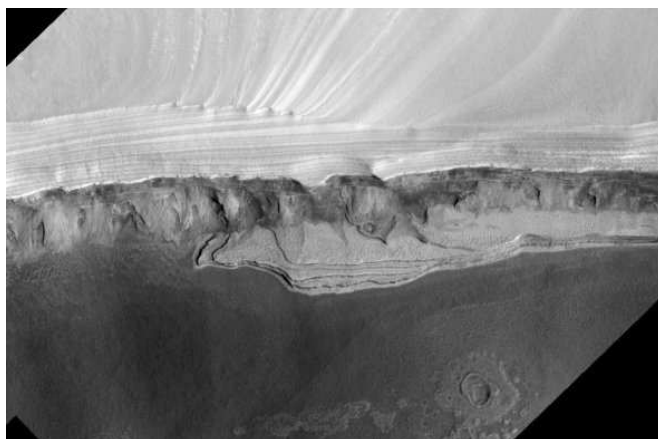


Coupe radar globale de la calotte permanente polaire nord avec les résultats combinés des sondes Mars Express et MRO.

On y verrait quatre cycles, notés sur la figure.

BU : socle rocheux NPLD : dépôts

à la dépose de la glace (cf. Milankovitch). Sur Mars, il y a donc bien une calotte de glace très épaisse et cela fait un volume énorme : pas de montagne cachée et la première hypothèse est la bonne.



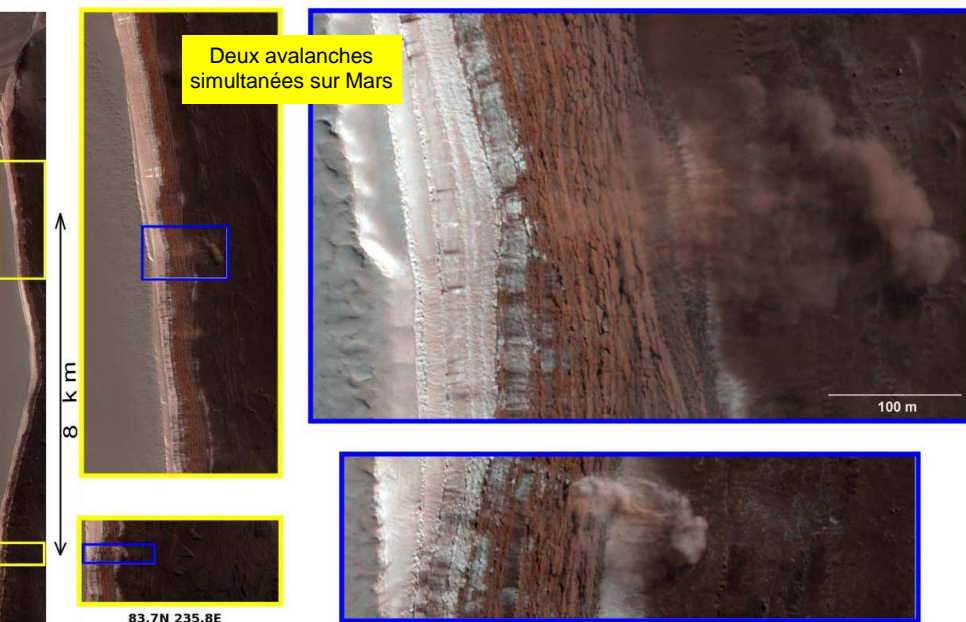
Escarpement de la calotte résiduelle nord : plusieurs couches de dépôts de glace plus ou moins propre et quelque chose qui ressemble à une traînée d'avalanche.

En ce qui concerne les calottes transitoires, en hiver, elles sont recouvertes de neige et glace carbonique et s'étendent sur environ trois mille kilomètres de diamètre. Cette neige recouvre tout, la roche comme la glace déjà présente et cela représente à peu près 1 mètre d'épaisseur. Mais pour voir cette calotte, il faut attendre le début du printemps sur Mars. En effet, en hiver, c'est la nuit permanente (tout comme chez nous aux pôles : un court été, et un long hiver qui plonge tout dans l'obscurité, c'est la nuit polaire). Cette neige se dépose en automne et se sublime au printemps.

Mars tremble

Au bord d'un chasma, au printemps, sur la calotte permanente, tout était recouvert d'un

Après avoir vu le centre de la calotte, examinons maintenant les bords des calottes polaires, toujours en ce début de printemps sur Mars, à peu près là où se trouve l'étoile sur la photo.

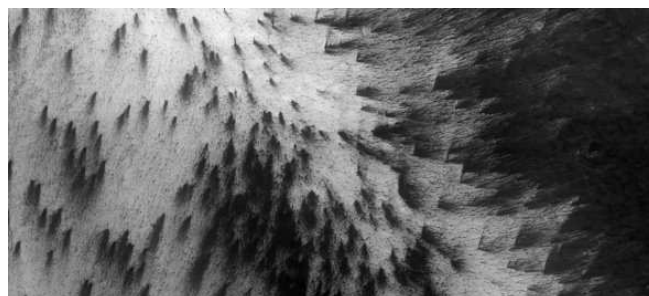


Sur ces calottes, au printemps, on voit des traînées noires parallèles, ou qui semblent suivre une direction, donc probablement orientées par un vent de surface mais aussi des traînées doubles avec une forme en éventail, en V.

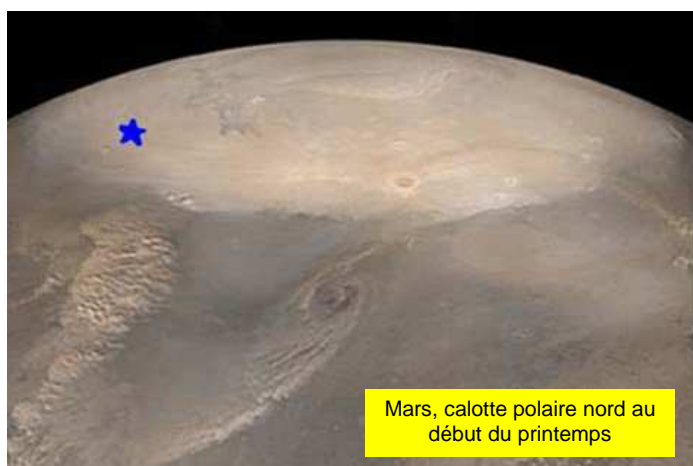


mètre de neige carbonique et il y a eu une avalanche : la neige carbonique se sublime d'abord en bas plutôt qu'en haut car il y fait plus chaud ; mais cela déstabilise les couches du haut et provoque l'avalanche vue le 19 février 2008 sur la photo. En fait, il y a eu deux avalanches à 8 km de distance et simultanées, ce qui laisse supposer qu'il y a un phénomène commun qui a déclenché le processus. C'est la seule indication, très ténue, qui laisse présager l'existence de tremblements de Mars et c'est l'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer un tel comportement.

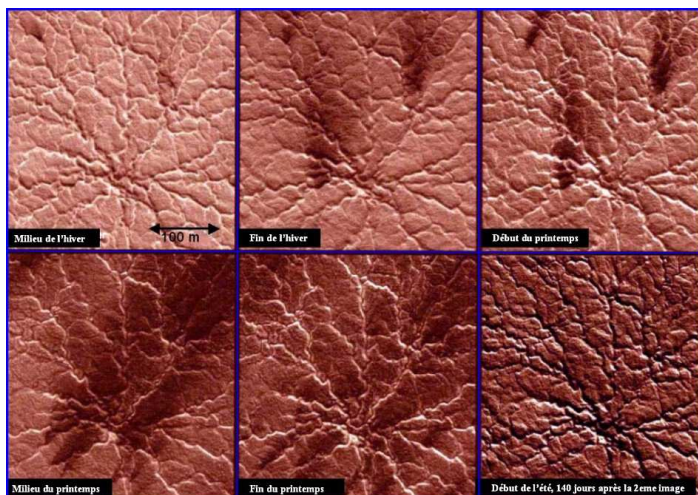
Que sont ces traînées noires ?



L'hiver, elles sont absentes (constaté par le fait que la glace carbonique est relativement transparente et on voit le sol de Mars à dominante rouge, relativement clair tout de même car il y a de la neige dessus). En été, la neige carbonique est partie et le sol est devenu beaucoup plus foncé. Progressivement ces traînées noires sont apparues du début du printemps jusque la fin du printemps et le début de l'été. Explication : le sol martien est sombre et comme tout corps sombre, il absorbe bien la chaleur. La glace d'hiver, c'est 1 mètre de neige et glace carbonique, bien transparente et quand le printemps arrive, le soleil chauffe cette glace et la majeure partie de l'énergie traverse cette

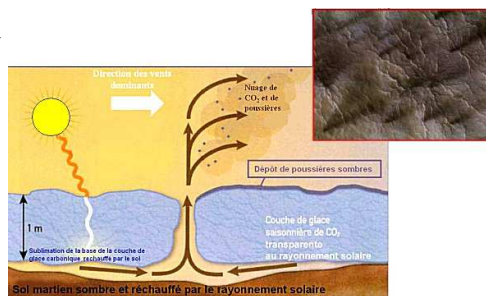


glace et va chauffer le sol. La glace carbonique va donc plus se sublimer en bas qu'en haut. Il y a donc du gaz carbonique (CO_2) en bas et qui est sous pression car il a du mal à s'échapper ; ce gaz va tout de même se faufiler



En hiver (en haut à gauche), il n'y a pas de structure en éventail. Recouvert d'1 mètre de glace carbonique assez transparente, la région est assez claire. Pendant le printemps, apparaissent ces éventails, pendant que la région s'assombrit. Au début de l'été, la glace carbonique a disparu ; la région est devenue sombre, et les éventails ne se discernent plus.

dans les vallées et finir par trouver un trou, et il entraîne avec lui de la poussière arrachée au sol martien. Le vent de surface entraîne ces poussières selon sa ou



ses directions privilégiées, et elles se déposent sur la glace encore présente en créant ces figures. Un dessin résume la chose : une promenade sur une calotte transitoire pendant une chaude journée de printemps. Il y a donc des espèces de geysers à CO_2 , qui fonctionnent à l'énergie solaire, et qui ne ressemblent pas à ceux de la Terre qui eux fonctionnent grâce à la chaleur du sous-sol.



Regardons maintenant les résultats fournis par la sonde Phoenix, la mal aimée des sondes spatiales car personne ne sait qu'elle existe (bien qu'elle n'ait pas été lancée par l'ESA), et qui s'est posée sur Mars à la fin mai 2008 à 68° de latitude nord.



Phoenix avec ses deux panneaux solaires horizontaux déployés (vue d'artiste)

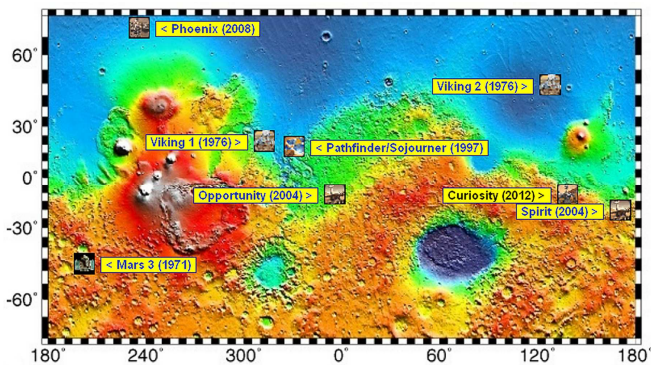
Phoenix reprenait des composantes de la sonde Mars Surveyor (programme annulé en 2001 suite à l'échec de la mission Mars Polar Lander) mais elle est la première d'un nouveau programme appelé Scout, qui se caractérise par le coût modéré des sondes. L'engin avait pour mission de trouver des traces d'eau sur Mars et le 31 juillet 2008, ses analyses ont confirmé la présence d'eau gelée dans le sol (Phoenix était équipée d'un bras robotisé avec une petite pelle à son extrémité et une caméra).

Alors que la durée de sa mission avait été fixée à trois mois, le dernier contact établi avec la Terre date du 2 novembre, soit plus de cinq mois après l'atterrissage. L'hiver martien rigoureux a détruit la sonde. MRO a photographié Phoenix en 2010 : elle avait perdu un panneau solaire, et était recouverte de poussière.

Lors de son atterrissage, c'était le début de l'été, et par conséquent elle a été complètement recouverte par la calotte transitoire nord lors de l'hiver suivant, ce qui était tout à fait prévu. Il n'existe pas de photo de Phoenix sous la glace car c'était la nuit. Mais il y a des photos du site prises par une sonde orbitant autour de Mars lors de l'atterrissage de Phoenix. Le zoom montre la sonde avec ses deux panneaux solaires. Pendant l'hiver, tout ça a été recouvert par une couche d'un mètre de neige carbonique. Que s'est-il passé au printemps suivant ? La neige se sublime et il en reste dans les dépressions, et les creux mais les sommets et les petites collines sont dégagés. Les gros plans des parties



Phoenix posée sur Mars



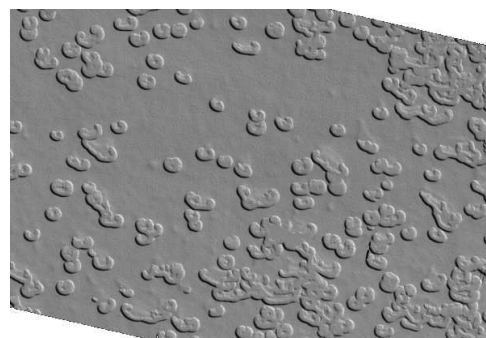
Sites d'atterrissage des sondes sur Mars dont Phoenix

de la sonde en 2008 sur le site d'atterrissage ont permis de comparer avec la vue du même site en 2010 où l'on s'aperçoit que les panneaux solaires ne brillent plus et que le parachute a disparu ; il y a donc eu des tempêtes pour arracher ce parachute qui se promène donc sur Mars tout seul. A noter qu'une sonde soviétique n'avait fonctionné que quelques secondes lors de son arrivée sur le sol martien et sans doute que son parachute était tombé dessus, pas de chance... En résumé, l'été sur la calotte polaire nord, il y a 1000 à 3000 mètres de glace (d'eau) sur du caillou ; l'hiver, tout ça se recouvre de glace carbonique en débordant très largement, avec quelques mélanges de glace d'eau mais de manière insignifiante et au printemps, tout se sublime avec des phénomènes de geysers : **Mars crache, et n'est donc pas si mort que ça.**

Examinons en été la calotte polaire sud, qui est plus petite : elle ne fait que 300 km de diamètre. C'est une information connue de-

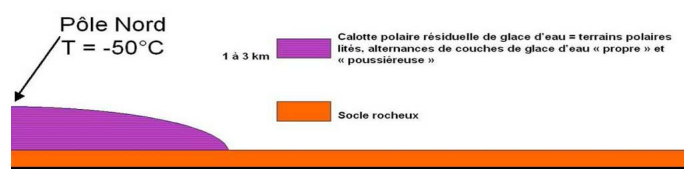


puis longtemps car elle a été observée par les astronomes depuis la Terre mais la calotte polaire sud ne présentait pas de raies spectrales de la glace d'eau vue de la Terre. La calotte sud se recouvre également l'hiver d'une immense calotte transitoire de glace carbonique et qui montre bien sa transparence selon l'angle incident de la lumière qui la frappe. Autre résultat de notre sonde Mars Express : elle a montré, avant la sonde américaine, que c'était de la glace carbonique mais qu'il y avait aussi un peu de glace d'eau, à certains endroits, qui se trouve sous la glace carbonique. Une vue avec un zoom de la calotte d'été polaire sud sur la surface montre une structure « en gruyère » mais que la NASA appelle « fromage suisse » : des petites falaises d'une quinzaine de mètres d'épaisseur avec des bosses et des trous de 10 à 15 mètres.

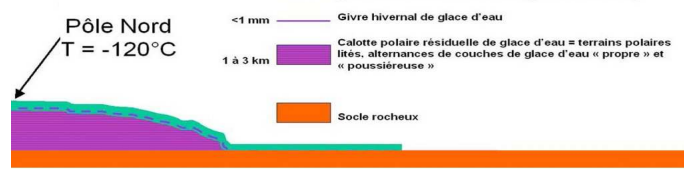


Le gruyère de Mars : l'éclairage vient d'en bas à gauche. Chaque « cercle » est donc un creux. Ici, les « trous de gruyère » sont minoritaires et la « pâte » est dominante formant un vaste « plateau ». La photo couvre un cadre d'environ 5 x 8 km.

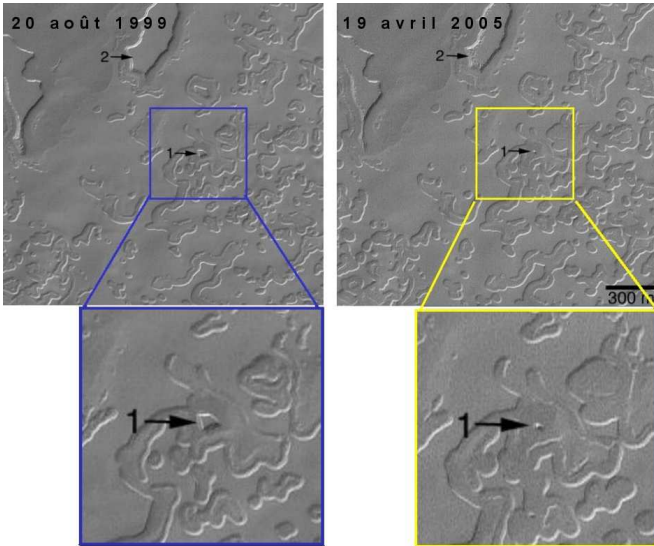
La calotte polaire nord en été



La calotte polaire nord en hiver



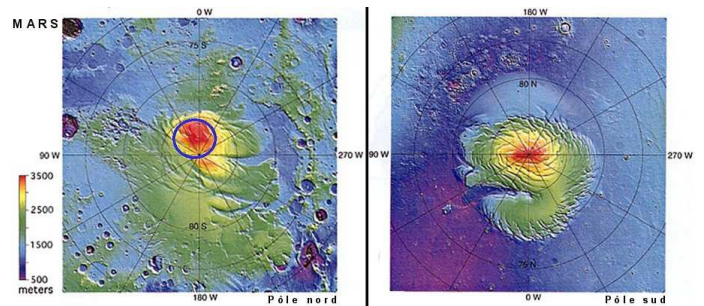
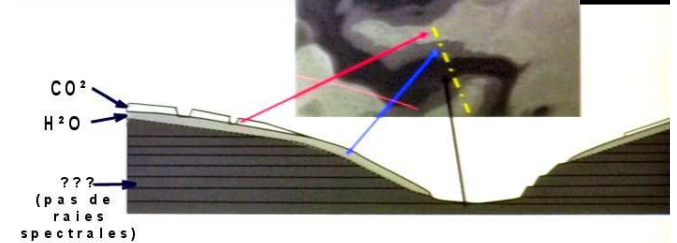
sivement car les trous s'agrandissent entre chaque observation comme ici de 1999 à 2005, soit 3 années martiennes. Ce plateau fait



donc une dizaine de mètres d'épaisseur, recouvert chaque hiver d'un mètre de glace carbonique qui se sublime l'été suivant mais les 10 mètres qui devraient être stables se subli-

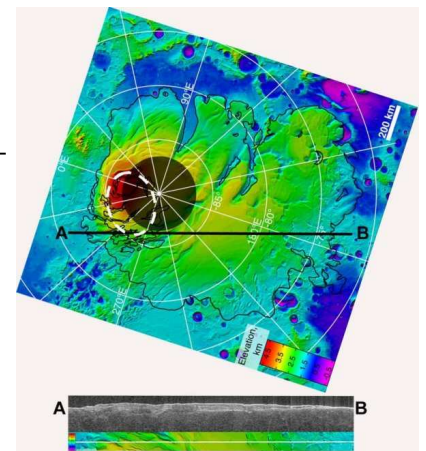
Structure des bords de la calotte Sud

Qu'y a-t-il sous la couche de glace de CO₂ claire (~10 m) ?
Localement, de la glace d'eau (un peu plus sombre)



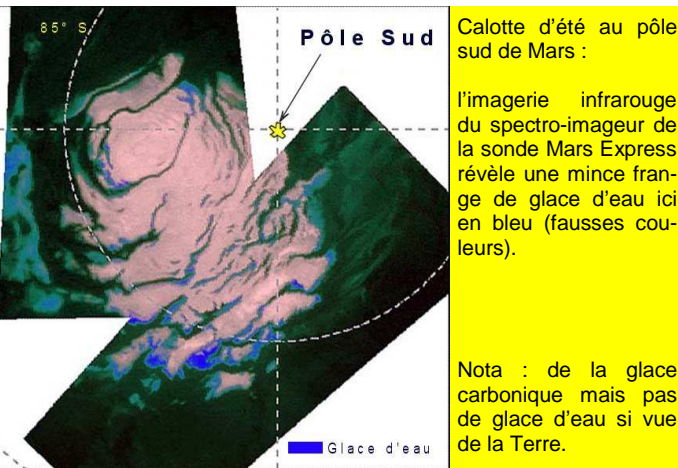
Cartes topographiques des pôles de Mars : le cercle en bleu correspond à peu près à la calotte résiduelle de CO₂ (pôle nord).

lares dans une zone circulaire autour des pôles avec une « bosse en relief » et des terrains lités. L'examen radar de ces zones donne une signature radar équivalente entre nord et sud. En fait, le pôle sud a donc aussi sa calotte polaire de glace d'eau (démontré par la température relevée, pas assez froide pour être celle de la glace carbonique) ; de la glace d'eau avec le même litage mais beaucoup plus sale. Le volume peut aussi être déterminé avec



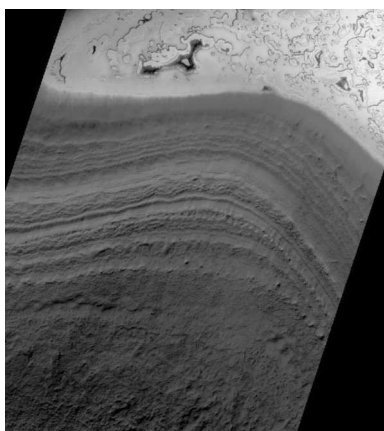
les mesures radar qui montrent que le volume de la calotte polaire sud, constituée de glace sale, est équivalent à celui de la calotte polaire nord constituée de glace « propre ». La photo de la

Les radars de Mars Express et de MRO donnent une structure et une épaisseur voisine de celle de la calotte polaire nord avec, en particulier, ce qui ressemble à un contact TPL/socle.



ment aussi un petit peu. Il y a donc réchauffement climatique du sud de Mars, et dont l'homme n'est pas responsable ! L'examen en détail de la calotte polaire sud montre de la glace d'eau : une couche qui fait moins de 10 mètres d'épaisseur. Les bords escarpés du plateau (chasma) permettent d'examiner le substrat rocheux qui ne présente pas de raies spectrales caractéristiques mais ressemble au terrain polaire lité, avec la même structure mais plus de poussière qui masquerait la glace éventuellement incluse. Si on compare nord et sud, on retrouve à peu près des choses simi-

calotte polaire sud résiduelle en glace carbonique montre les terrains lités autour qui forment la calotte permanente de glace sale. Il y a donc, avec quasi certitude, autant d'eau au nord qu'au sud : **le volume d'eau martien a doublé**. Si la glace d'eau fondait, le sol martien serait recouvert de 30 à 40 mètres d'eau, soit une quantité importante (équivalente à celle de la calotte du Groenland)



Calotte sud résiduelle : on voit le « gruyère » en haut. Même alternance de couches que les TPL du nord mais avec des teintes plus foncées.

Le modèle de la calotte polaire sud, c'est donc

La calotte polaire sud en été



La calotte polaire sud en hiver



3000 mètres de terrain polaire lité, bien plus sale qu'au nord sans que l'on sache pourquoi, avec au dessus, de manière permanente, 10 mètres de glace carbonique (mais qui est toutefois en réduction) et localement un peu de glace d'eau. L'hiver, tout cela se recouvre d'un mètre de glace carbonique qui se sublime au printemps.

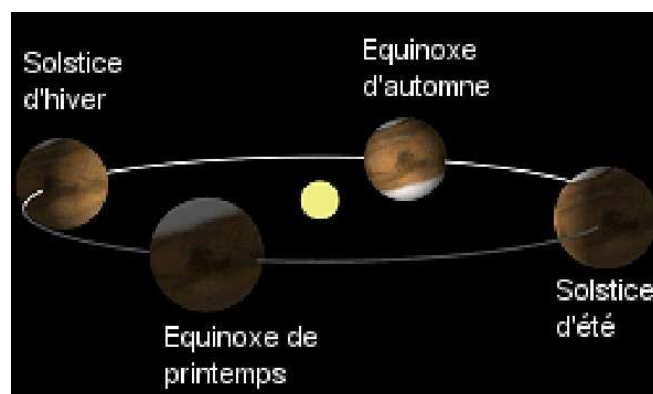
La coupe topographique des calottes est donc quasi similaire entre nord et sud.

Mars et son atmosphère.

On sait que la planète rouge a une atmosphère ténue ; c'est un fait qui est connu depuis longtemps. L'atmosphère de Mars, c'est 95 % de gaz carbonique, 2,7 % d'azote, de l'argon, et très peu d'oxygène. La pression atmosphérique martienne est très faible (7,3 millibars) et représente 1/160^{ème} de celle de la Terre. L'orbite de Mars est très elliptique, une excentricité 5,5 fois supérieure à celle de la Terre. Cela a pour effet d'augmenter le contraste des saisons, avec une vitesse variable de la planète sur son orbite et une durée variable des sai-



Vue oblique de la surface martienne qui a été prise par Viking. A 40 km au-dessus de Mars, une fine bande de condensation atteste de la présence d'une atmosphère ténue et inadaptée à la vie que nous connaissons.

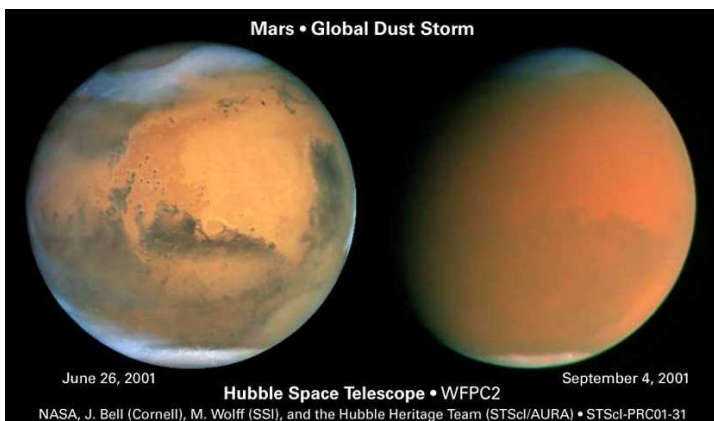


sons (lois de Kepler). Le solstice d'hiver nord ne dure pas longtemps car la planète va vite sur son orbite : l'hiver nord est court et n'est pas trop froid car la planète est plus proche du Soleil ; en conséquence, l'été sud est court mais « très » chaud. Six mois martiens plus tard, c'est l'été dans le nord mais il n'est pas très chaud, et l'hiver dans le sud

Saison (hémisphère nord)	Durée de la saison sur Terre en jours terrestres	Durée de la saison sur Mars en jours martiens
Printemps	93	194
Été	93	178
Automne	90	143
Hiver	89	154

est long et bien froid. La différence de température est aussi influencée par l'inclinaison de l'axe de rotation de la planète (25° 12' comparés aux 23° 27' de la Terre) et la distance de Mars au Soleil avec une orbite elliptique très marquée par rapport à la Terre (de 1,66 UA à 1,38 UA avec 1 UA = 149 597 870 km). Le jour martien (sol) est à peu près égal au jour terrestre (24 h et 40 minutes) mais la planète fait une révolution autour du Soleil en 687 jours terrestres (668 jours martiens).

Les tempêtes de Mars



On voit que la calotte temporaire sud diminue de juin à septembre, preuve que la tempête a bien lieu à la fin de l'hiver austral.

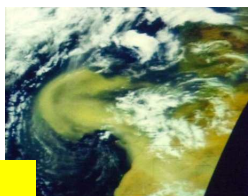
Sur ces photos prises par le télescope spatial Hubble, on voit Mars en juin 2001 puis en septembre 2001, et en septembre on ne voit plus rien ! Mars subit une tempête énorme qui met de la poussière dans toute l'atmosphère et dissimule la surface. Ces grosses tempêtes ont été découvertes par hasard par Mariner 9 (1971, 72) qui, lorsqu'il est arrivé, ne montrait rien. Ce n'était pas une panne de caméra, mais c'était une tempête gigantesque sur Mars. Ces grandes tempêtes arrivent en fait régulièrement, vers la fin de l'automne et le début de l'hiver. Avant de se généraliser, ces



Mars

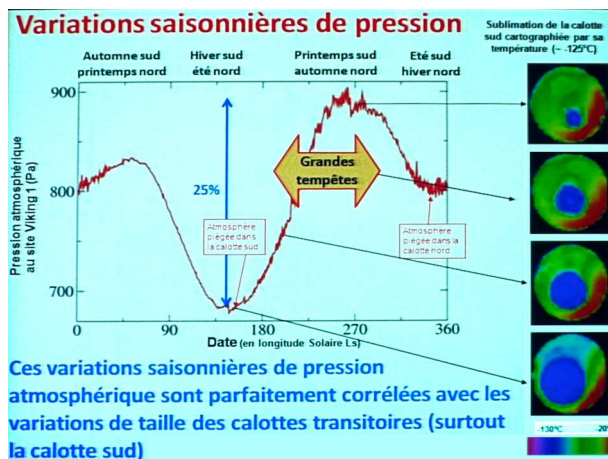
tempêtes débutent par des phénomènes locaux, des vents de sable que l'on peut comparer à ce qui est vu sur Terre : les vents de sable du Sahara.

La différence : sur Terre, ce n'est pas aussi répétitif.



Sahara

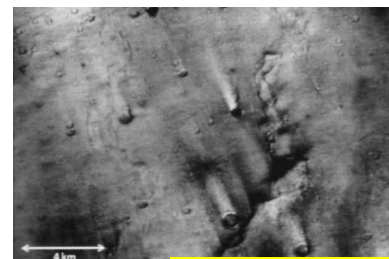
La sonde Viking a fait des relevés météo, comme celui de la pression au cours d'une



Ces variations saisonnières de pression atmosphérique sont parfaitement corrélées avec les variations de taille des calottes transitoires (surtout la calotte sud)

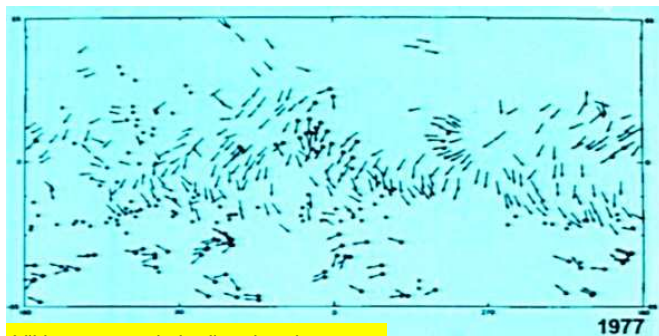
année martienne. Après une légère augmentation, la pression diminue dramatiquement (-25 %) à l'hiver sud et puis remonte au printemps sud (qui est l'automne nord), et cela engendre les grandes tempêtes et redescend ensuite lors de l'hiver nord (été sud). En sachant que l'atmosphère est composée surtout de gaz carbonique, on comprend que le gaz carbonique qui gèle entraîne cette baisse de pression dans l'atmosphère, et vice versa.

Les tempêtes sont générées par l'énorme calotte polaire sud qui se sublime. La détermination de l'épaisseur de la calotte est ainsi déterminée par les variations de pression atmosphérique qui indiquent les masses mises en jeu par sublimation et condensation de CO₂ ; la connaissance de la surface des calottes transitoires, de la masse volumique de la glace carbonique permet de calculer l'épaisseur de ces calottes transitoires : environ 1 mètre. En dehors des tempêtes, il y a du vent sur Mars qui laisse des traces



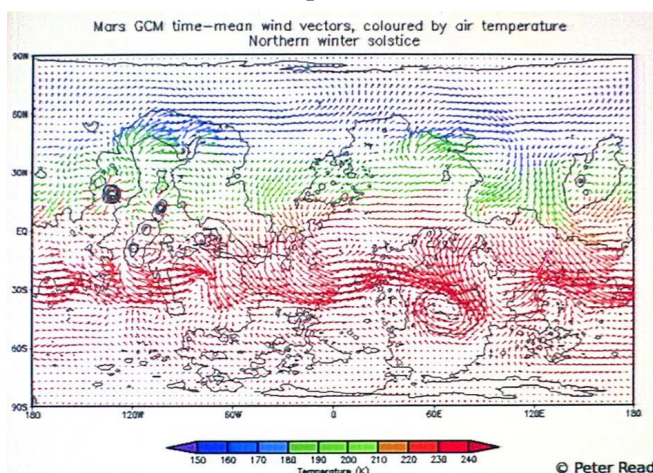
Wind streaks de Mars

(Wind Streaks) ; ces traces sont variables après chaque tempête saisonnière et il est possible ainsi d'établir des cartes des vents après tempête. Elles ont d'ailleurs été établies historiquement avec les sondes Mariner 9 et Viking mais ces cartes sont à comparer avec celles des gens qui font de la météorologie martienne actuellement, et qui



Viking : carte de la direction des vents

établissent des modèles, comme ce qui est fait ici sur la Ter-



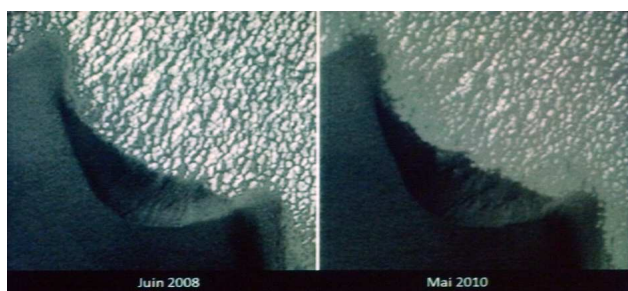
Météo de Mars : Global Circulation Model

re. En plus de cette circulation générale, il peut y avoir des phénomènes locaux, des dépressions et le vent associé au sable ou la poussière, engendre des dunes. Il y a de gigantesques champs de dunes, des dunes transverses, perpendiculaires au sens du



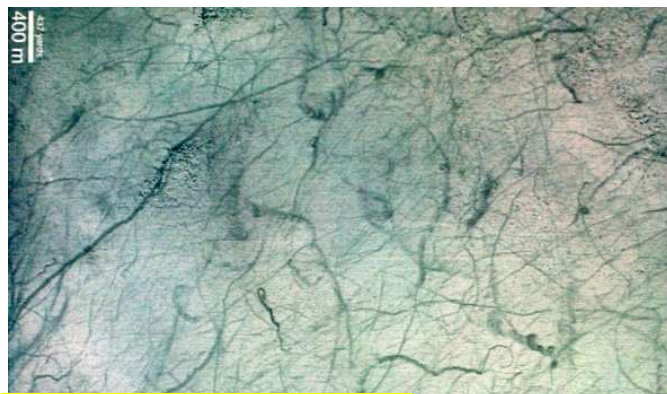
Mars : dunes transverses vues par un orbiter

vent ou des dunes en croissant (barkhanes) dont la pointe est tournée d'où vient le vent ;



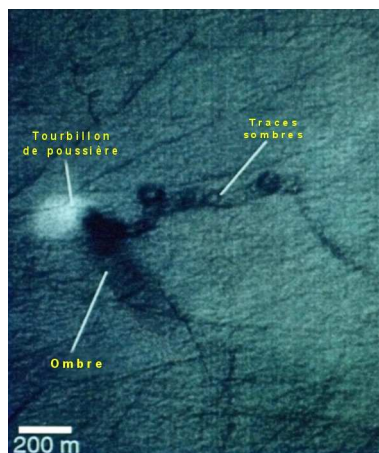
Mars : évolution des dunes en croissant

le suivi photographique montre que tout ça bouge, se déplace (comme sur Terre).



Mars : d'étranges dessins à la surface

Des traces sombres, spirales et de forme variées sont aussi visibles à la surface de Mars (Pierre Thomas les qualifie de spermatozoïdales) ; les robots Spirit et Opportunity ont observé plein de minis tornades à la surface de Mars comme celles que l'on peut voir chez nous dans le désert de Gobi.

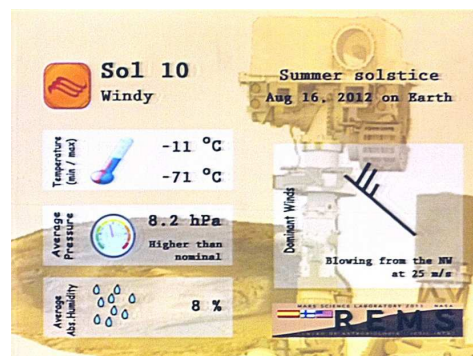


Et ce sont ces tornades qui génèrent ces dessins bizarres sur le sol martien.

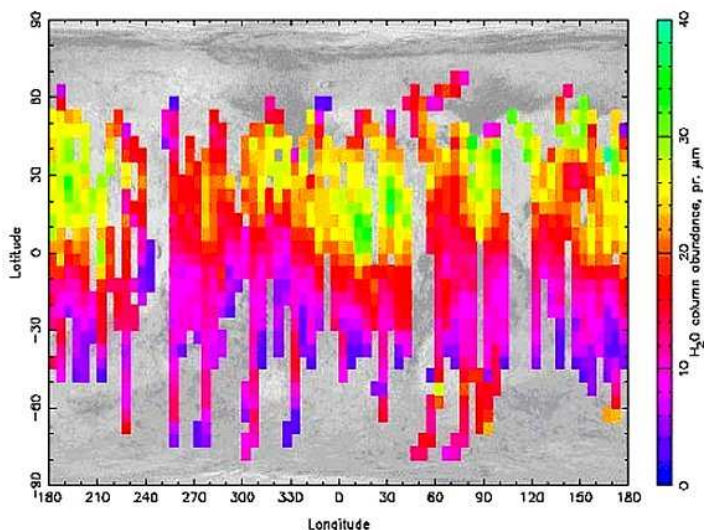


Désert de Gobi

Curiosity, qui est arrivé sur Mars il y a peu, fait lui aussi de la météo et voilà un bulletin du 16 août 2012, solstice d'été pour Mars, qui permet de voir qu'il faisait au maximum moins 11 °C, avec peu d'humidité, et un vent du nord ouest de 25 m/s (90 km/h) qui peut paraître fort mais la pression atmosphérique, n'oublions pas, est faible.



Les mesures d'humidité se retrouvent aussi portées sur des cartes qui montrent que la quantité de vapeur d'eau varie avec les saisons, ce qui suggère un passage périodique

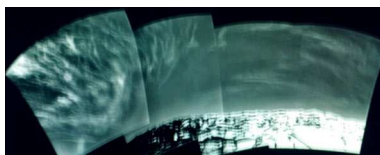


Teneur martienne en vapeur d'eau pendant l'été boréal

glace-vapeur. A noter que l'échelle est en μm précipitable, ce qui signifie que si toute l'eau tombait au sol, cela ferait une couche de $30 \mu\text{m}$ d'épaisseur, donc il n'y a en fait pas beaucoup d'eau dans l'atmosphère de Mars. Cette eau peut tout de même former des nuages et on le sait par la mesure de température qui exclut autre chose ($> -55 \text{ }^\circ\text{C}$). La photo du Mont Olympus (26 km de hauteur) prise par Viking le montre ici dépassant le plafond nuageux, et d'autres photos prises par Viking montrent le soleil filtrer à travers les nuages. Le radar de la sonde Phoenix qui s'était posée du côté du pôle nord a vu tomber de la neige.

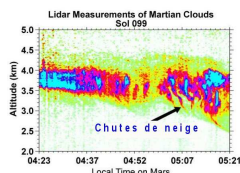


Viking : Mont Olympus

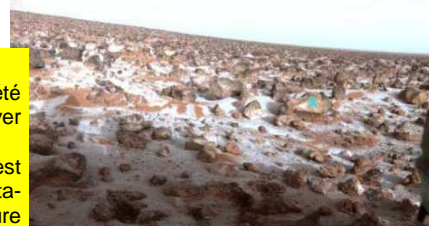


Viking : soleil au travers des nuages

Les flocons générés vers 3 à 4 km de hauteur se subliment avant d'arriver au sol ; c'est un phénomène qui se produit aussi sur Terre, où la pluie ou la neige s'évapore avant de toucher le sol. On sait depuis Viking que pratique-



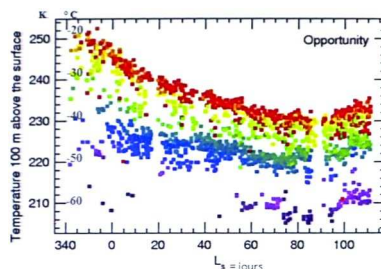
ment toutes les nuits Mars se recouvre de givre et là encore, c'est la température qui confirme que c'est bien de l'eau et non



Mars 48° lat. nord : Paysage de Viking : été en haut et matin d'hiver en bas. Le givre hivernal est particulièrement spectaculaire. La température locale, supérieure à la température de condensation-sublimation du CO_2 , indique que ce givre n'est pas du givre de CO_2 , mais bien d' H_2O .

pas de la glace carbonique. Le robot Opportunity a fait de la météo à long terme depuis plus de huit années et Curiosity devrait faire de

même sur une année martienne s'il marche bien.



Opportunity fait de la météo :

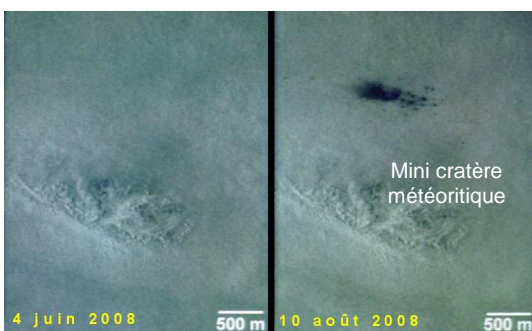
variations de température entre le jour et la nuit, et entre l'été et l'hiver.

Phoenix s'est posé au nord, en début d'été, et comme chez nous au nord du cercle polaire, on observe un soleil de minuit qui ne se couche pas. Mais cela ne dure pas et bientôt

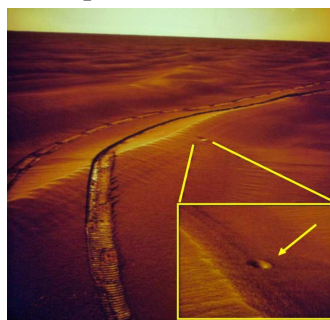


arrive la nuit polaire : le givre d'eau ne se sublime plus mais va rester recouvert de givre de CO_2 . Petit à petit la sonde va s'endormir par manque de lumière sur les panneaux solaires, faute de Soleil et faute de recharge de batterie suffisante. Ce givre peut aussi se voir avec les photos prises le matin par les sondes qui orbitent autour de Mars, sur les faces nord des montagnes et des cra-

tères, où plein de givre s'est déposé la nuit. **Mais comment voir qu'il y a de la glace dans le sous-sol de Mars ?** Sur Mars, il tombe des petites météorites, autant sur Mars que sur la Lune (moins sur la Terre car son atmosphère la protège) et les photos d'un même endroit à des époques différentes montrent parfois que des petits cratères caractéristiques ont fait leur apparition,



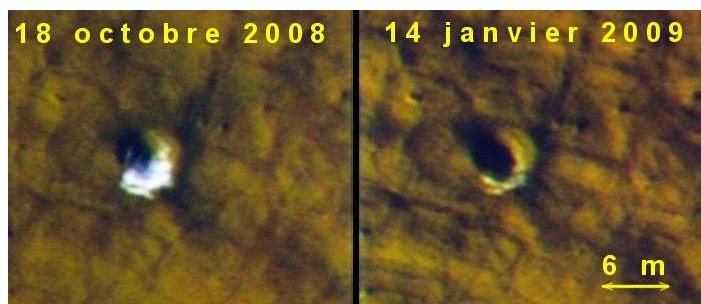
et même Opportunity a pu prendre la photo d'un petit cratère de 10 cm de diamètre près des marques du passage de ses roues, et qui n'avait pas été effacé, donc formé après la dernière tempête (la taille de la météorite devait être voisine de 5 mm). Ces cratères actuels sont souvent entourés d'éjectas blancs dont le spectre IR



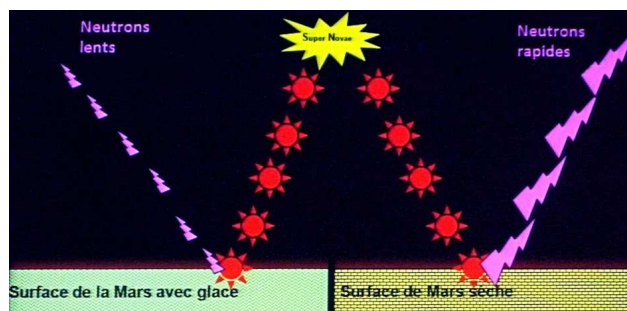
révèle la nature : de la glace d'eau. Le cratère de la photo de gauche a été creusé en 2008, il fait 8 mètres de diamètre et 1,5 mètre de profondeur et il y a donc, sous la surface, suffisamment de glace pour blanchir la zone de l'impact. Un autre cratère creusé entre le 22 décembre 2007 (on ne le voyait pas) et le 5 juillet 2008 où il est vu la première fois (D=6 m, P=1,3 m) montre encore de la glace vive le 18 octobre 2008 et qui disparaît quasiment en janvier 2009. De la gla-



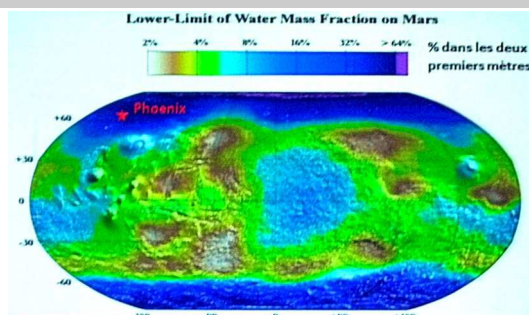
Cratère météoritique



ce stable existe donc en profondeur (à moins de 1,3 m) mais elle est instable en surface à 43° de latitude nord où se trouve ce cratère. La glace est emprisonnée dans le sous-sol, sous la poussière ou les sédiments mais se sublime quand elle est mise à l'air libre. **Peut-on quantifier cette glace superficielle ?** On peut utiliser deux particularités de Mars : très faible atmosphère, et absence de champ magnétique. Sur Terre, les rayons cosmiques générés par les supernovas arrivent de toutes les directions mais sont filtrés par son atmosphère et aussi déviés par son champ magnétique. Le sol terrestre ne reçoit qu'une très faible partie des rayons cosmiques. Sur Mars ou sur la Lune : pas de champ magnétique, peu d'atmosphère sur Mars et pas sur la Lune donc les rayons cosmiques arrivent jusqu'au sol (cela risque d'être un problème sérieux si l'homme met un jour le pied sur le sol martien car ces radiations sont nocives, voire létales). Arrivés sur le sol, ces rayons cosmiques provoquent des réactions nucléaires qui libèrent des neutrons rapides qui quittent le sol de



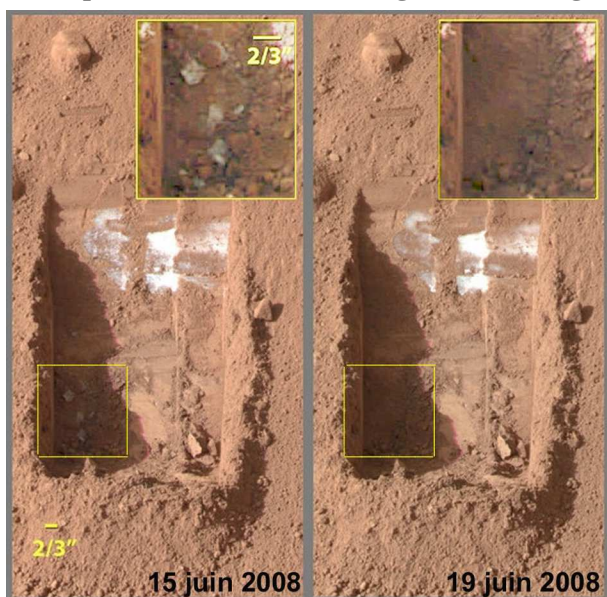
Mars. Or, le deutérium qui représente une très faible part de l'hydrogène de l'eau est un bon ralentisseur de neutrons. Si la surface de Mars est sèche, les neutrons seront rapides et si la surface est glacée, les neutrons seront lents. Depuis l'orbite de Mars, il n'y a plus qu'à capter l'énergie des neutrons envoyés depuis la surface de Mars et on fait alors une conversion en pourcentage d'hydrogène, (donc d'eau) qu'il y a dans les deux premiers mètres du sous-sol de Mars. La cartographie obtenue montre la présence d'eau notamment au-delà de 60° de latitude, ce que Phoenix a confirmé par ses prélèvements en creusant



Carte montrant la répartition de l'eau dans les deux premiers mètres du sous-sol martien.

L'étoile indique la position où la sonde Phoenix a atterri et fait ses mesures.

de petites tranchées dans le sol : **plus de 30 % de glace d'eau dans le sol**. Il y a beaucoup de glace dans les latitudes élevées, au nord et au sud, au-delà de 60° de latitude, et plus encore où se trouvent les calottes. Dans les latitudes intermédiaires, il y en a aussi de manière non négligeable, le moins voisinant les 3%. La sol de Mars n'est donc jamais sec même dans son premier mètre superficiel. Phoenix, là où il s'est posé, a vu beaucoup de glace et dès les premiers jours, ses échantillons montraient une substance blanche : glace ou sels divers ? Ce blanc changeait au cours du temps, se sublimait donc ce n'est pas du sel mais de la glace. De la glace



Trace d'une tranchée réalisée par Phoenix dans le sol martien

d'eau pure ou avec quelque chose dedans ? Phoenix avait emporté des équipements d'analyse sommaire et les NASA News du 31 juillet 2008 titraient « Victoire, nous avons de l'eau ! ». Résultat : une glace d'eau légèrement basique qui contient des sels divers comme le sodium et le magnésium, et du perchlorate (pas bon car c'est un oxydant, mais des bactéries dans le désert d'Atacama s'en accommodent parfaitement).

Le sol contient des argiles avec 5 % de carbonate de calcium (calcaire), ce qui révèle un passé humide (objet du travail de Curiosity).

Et que voient les sondes qui orbitent autour de Mars ?

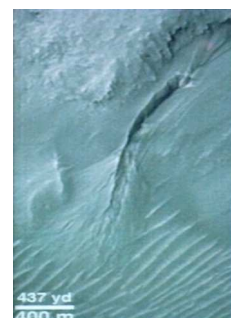
On a découvert en 1997 des « gullies » qui sont des rigoles, des ravines ; c'est tout petit (400 mètres). Il y a des lignes de source, des vallées sèches qui sont très



Des « gullies »

jeunes (moins de 10 millions d'années) car aucun cratère ne les coupe ; on voit des dunes avec sa rigole et son delta qui recouvre le

champ de dunes. On sait qu'il ne peut y avoir d'eau liquide sur Mars aujourd'hui car la température et la pression sont trop faibles : au sommet du Mont Blanc, l'eau bout à 85° C, et 66° C sur l'Everest, et ne bout donc pas à 100° C comme au niveau de la mer. Sur Mars, de l'eau tiède sortant d'un thermos pressurisé se mettrait à bouillir



« gullie » dans les dunes

et geler en même temps car il fait très froid alors que la pression est très faible ! L'examen d'un cratère comportant des gullies, montre qu'il y a souvent des dépôts blancs dessus. Mais un comparatif entre une vue de 2005 et une vue antérieure de 2001 du même cratère semble indiquer que quelque chose a coulé sur Mars au 21^{ème} siècle



gullie comme elle apparaissait en 2001

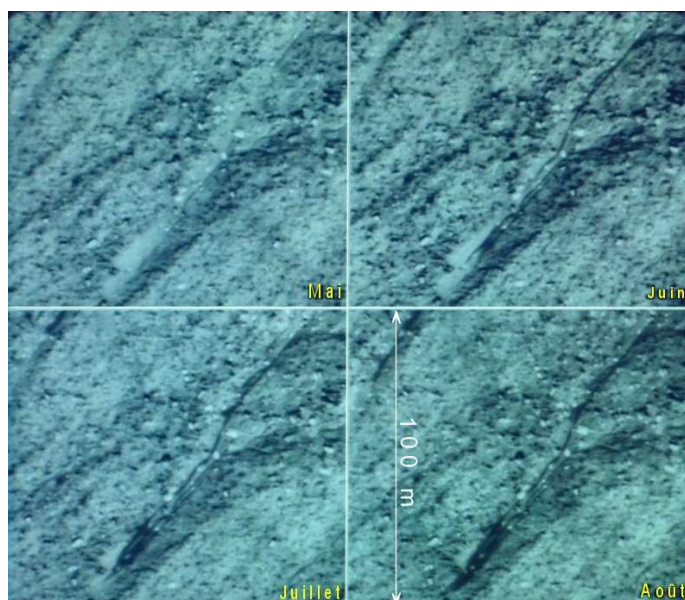
gullie comme elle apparaissait en 2005

car la ravine s'est remplie : d'où un énorme débat sur la nature de la coulée. Dernière nouvelle en août 2011 : des traînées sombres qui n'existent pas l'hiver, apparaissent au printemps, s'allongent l'été et disparaissent en automne. Vont-elles réapparaître ?



Traînées sombres sur le sol de Mars qui changent au cours du temps

La photo ci-dessous montre la progression des traînées de mi-printemps à mi-été (les mois indiqués correspondent à l'équivalent saisonnier pour l'hémisphère nord terrestre).



On voit nettement la traînée sombre grandir, elle fait à peu près 100 mètres (ceci en 8 mois terrestres). Les NASA News de 2011 donnent une explication, bien que des chercheurs soient encore perplexes : probablement des écoulements de saumures, d'eau salée liquide. Donc peut-être un front d'humidité qui progresse dans une vallée mais si les chercheurs

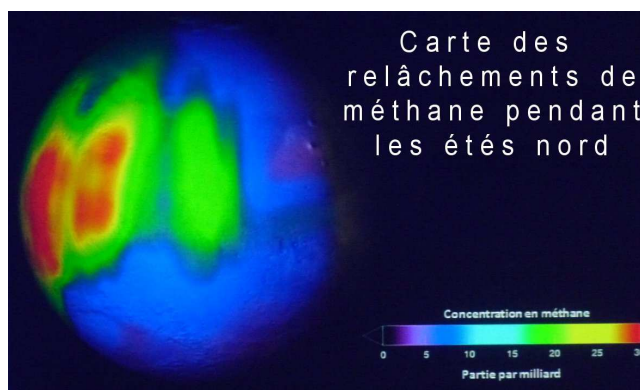
sont perplexes, on peut dire assurément que **Mars n'est pas mort**.

Dernier point : Mars pète ou rote t-il ?

La revue *Science* annonce qu'il y a eu un fort dégagement de méthane sur Mars à l'été 2003 (information sûre a priori, confir-

Science AAAS.ORG FEEDBACK HELP LIBRARIANS All Science Journals Enter Search Term
 AAAS NEWS SCIENCE JOURNALS CAREERS MULTIMEDIA COLLECTIONS
 Science The World's Leading Journal of Original Scientific Research, Global News, and Commentary.
 Science Home Current Issue Previous Issues Science Express Science Products My Science About the Journal
 Home > Science Magazine > 20 February 2009 > Mummola et al. 323 (5917): 1041-1045
 Article Views Published Online January 15 2009
 Science 20 February 2009
 Vol. 323 no. 5917 pp. 1041-1045
 DOI: 10.1126/science.1165243
 Abstract
 Full Text
 Full Text (PDF)
 Figures Only
 Supporting Online Material
 REPORT
Strong Release of Methane on Mars in Northern Summer 2003
 Michael J. Mumma^{1,2}, Geronimo L. Villanueva^{2,3}, Robert E. Novak⁴, Tlak Hewagama^{3,5}, Boncho P. Bonev^{2,3}, Michael A. DiSanti⁶, Avi M. Mandel⁶, Michael D. Smith⁷
 VERSION HISTORY
 Author Affiliations
 To whom correspondence should be addressed. E-mail: michael.j.mumma@nasa.gov
 3235917/1041 (most recent)
 1165243v1
 ABSTRACT
 Article Tools
 Living systems produce more than 90% of Earth's atmospheric methane; the balance is of geochemical origin. On Mars, methane could be a signature of either origin. Using high-dispersion infrared spectrometers

mée de plusieurs manières avant publication, car c'est une revue réputée sérieuse) ; c'est à partir d'une observation réalisée par des télescopes terrestres où l'on voit les zones qui relâchent du méthane pendant les étés martiens : trente parties par milliard.



L'article du magazine dit : « Les systèmes vivants produisent plus de 90% de méthane dans l'atmosphère de la Terre, le reste est d'origine géochimique. Sur Mars, le méthane pourrait être une signature de la vie ou lié à son origine. L'utilisation de spectromètres infrarouges à grande dispersion de trois télescopes basés au sol, a permis la mesure du méthane et de la vapeur d'eau sur Mars simultanément sur plusieurs intervalles de longitude au début et à la fin de l'été nord en

2003 et près de l'équinoxe de printemps en 2006. Lorsqu'il est présent, le méthane forme des panaches étendus, et les maxima des profils latitudes signifient que le méthane a été libéré de régions discrètes. En plein été nord, la panache principale contenait environ 19.000 tonnes de méthane, et l'intensité de la source estimée ($\geq 0,6$ kg par seconde) était comparable à celles des infiltrations d'hydrocarbures de la Coal Oil Point à Santa Barbara, en Californie ».

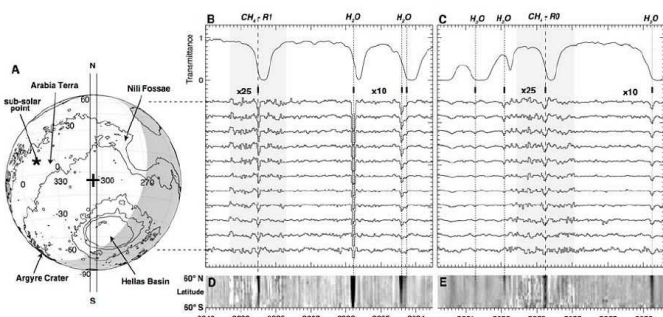


Fig. 1. Detections of methane and water vapor on Mars on UT 19 and 20 March 2003. (A.)

Trente parties par milliard, c'est très peu ; c'est dispersé par les vents puis détruit par les ultraviolets. Le dégagement gazeux serait de l'ordre de 0,1 à 1 kg par seconde (mais sur une grande surface). Sur Terre, le méthane provient : de processus géologiques avec le méthane du gaz naturel, du pétrole, du charbon, du gaz de schiste (d'anciens organismes vivants, planctons, arbres qui se sont décomposés) et des processus biologiques comme la fermentation des marécages, des tourbières, la digestion des ruminants (qui rotent du méthane, lequel provenant de leur estomac) et aussi de réactions chimiques minérales ou biologiques (hydrogène et gaz carbonique peuvent faire du méthane). Une autre possibilité est la formation d'hydrates de méthane avec la combinaison d'eau et de basses températures – 50 °C (des hydrates qui, sur Terre, dans les toundras polaires, pourraient aggraver le réchauffement climatique). Le méthane peut être stocké avec de l'eau quand la température est basse et/ou la pression élevée



Si la température augmente (l'été), les clathrates se déstabilisent et redonnent du méthane.

en formant des hydrates de méthane appelés aussi clathrates. Sur Mars, quel est l'origine du méthane ? N'est-ce pas un artefact ? En fait, on est à la limite de la résolution, Mars Express en a vu, les télescopes

d'Hawaï aussi mais on est en marge du rapport signal/bruit dans ces mesures et il y a des gens qui disent que ce n'est pas vrai. Il y a une saisonnalité avec des années martiennes qui suggère une déstabilisation des clathrates, mais ça ne marche que lorsqu'il fait chaud. Cela repousse le problème dans le temps : qu'est-ce qui a formé les clathrates ? Il se pourrait qu'il s'agisse de réactions minérales qui laisserait penser qu'il y a encore de l'eau chaude (nécessaire à ces réactions chimiques) qui circule ou a circulé il n'y a pas très longtemps, ou des réactions biologiques ; c'est donc une affaire à suivre mais les réponses vont sans doute arriver ou sont déjà arrivées car le robot Curiosity a fait ses premières analyses d'atmosphère ; c'est l'été dans l'hémisphère sud où il est et l'hiver dans l'hémisphère nord. Curiosity n'a quasiment pas trouvé de méthane avec des mesures toujours en limite de bruit.

Dernières nouvelles (septembre 2013)

MailOnline

Home | News | U.S. | Sport | TV&Showbiz | Femall | Health | Science | Money | RightMind

Science Home | Pictures | Gadgets Gifts and Toys Store

NASA says there is NO life on Mars: Curiosity rover hasn't discovered any clues that the atmosphere supports living things

- Curiosity rover has found no sign of methane, which is produced by life
- Robot has spent a year on Red Planet scanning its surface and atmosphere
- 'If you had life somewhere on Mars, you might see some', NASA says

By MARTIN ROBINSON

PUBLISHED: 07:04 GMT, 20 September 2013 | UPDATED: 16:18 GMT, 21 September 2013

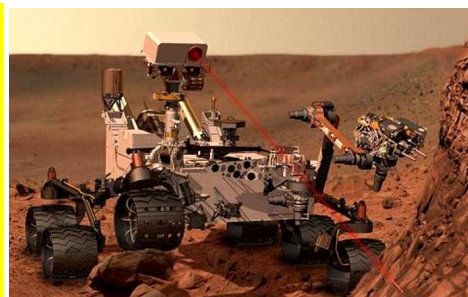
Trouver de grandes quantités de méthane sur Mars aurait permis de renforcer l'hypothèse d'une vie sur la

planète rouge (sous réserve que le métabolisme de ces hypothétiques organismes vivants martiens soit analogue à celui des espèces vivantes terrestres). Or, il se trouve que sur Terre, de nombreux microorganismes... ne produisent pas de méthane ! Par conséquent, **il est théoriquement tout à fait possible d'imaginer que, de la même manière, des micro-organismes ne rejetant pas de méthane vivent sur Mars.**

Curiosity

La voiture robot qui se ballade sur Mars actuellement délivre des tas d'informations scientifiques.

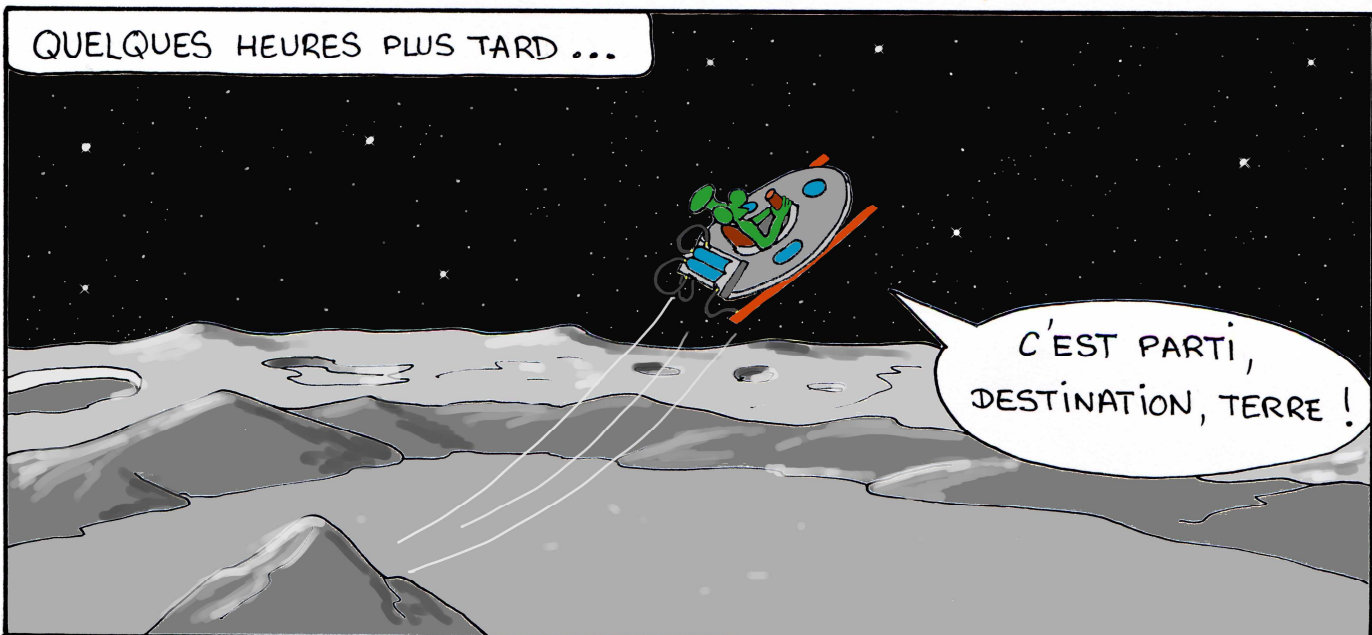
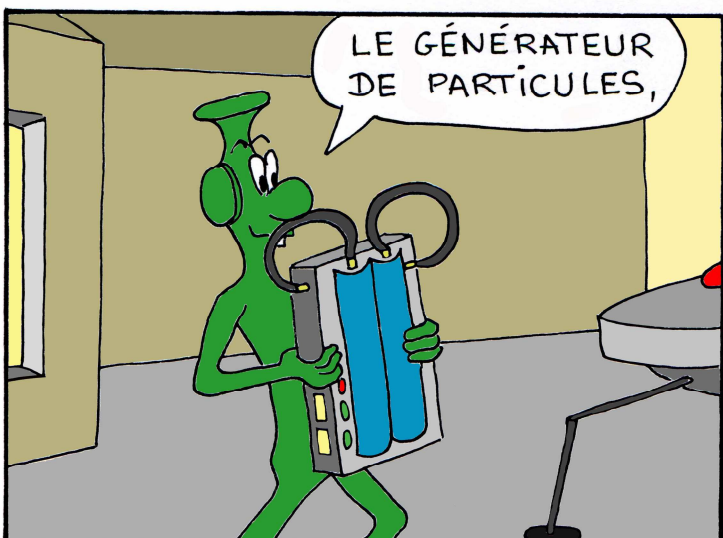
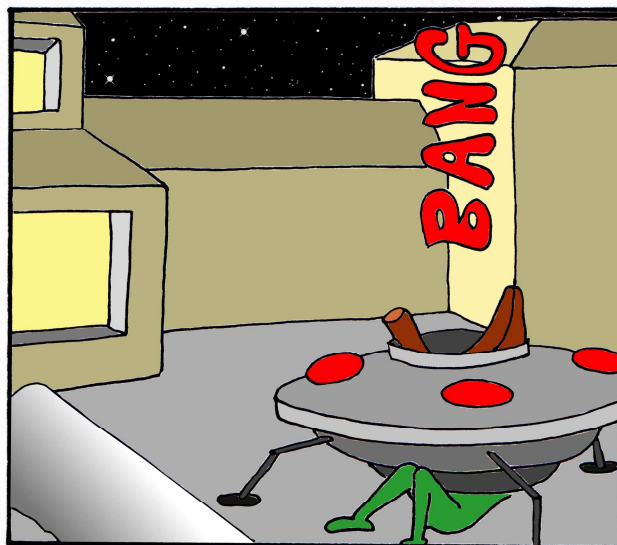
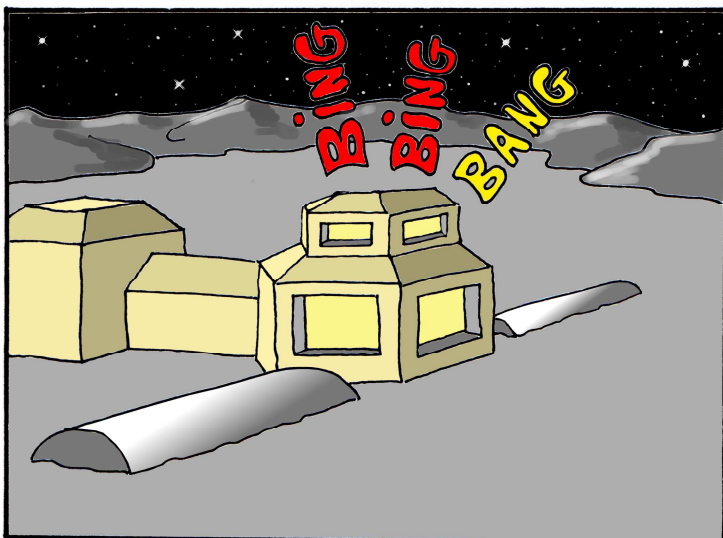
Affaire à suivre !

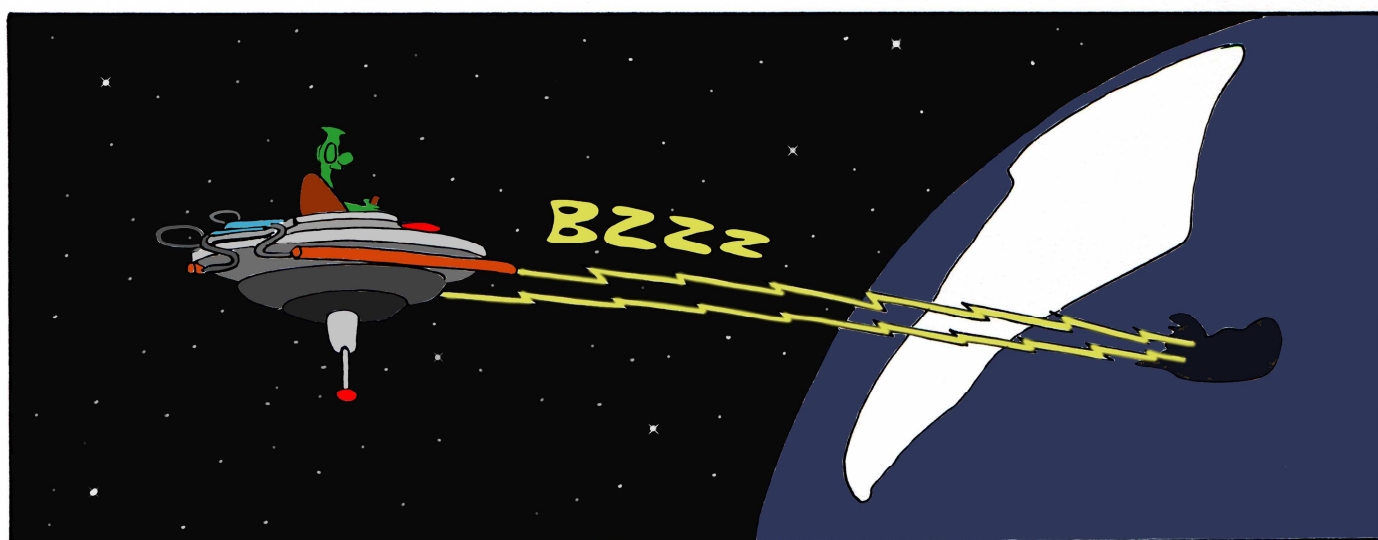




AI 78

Aurora Borealis



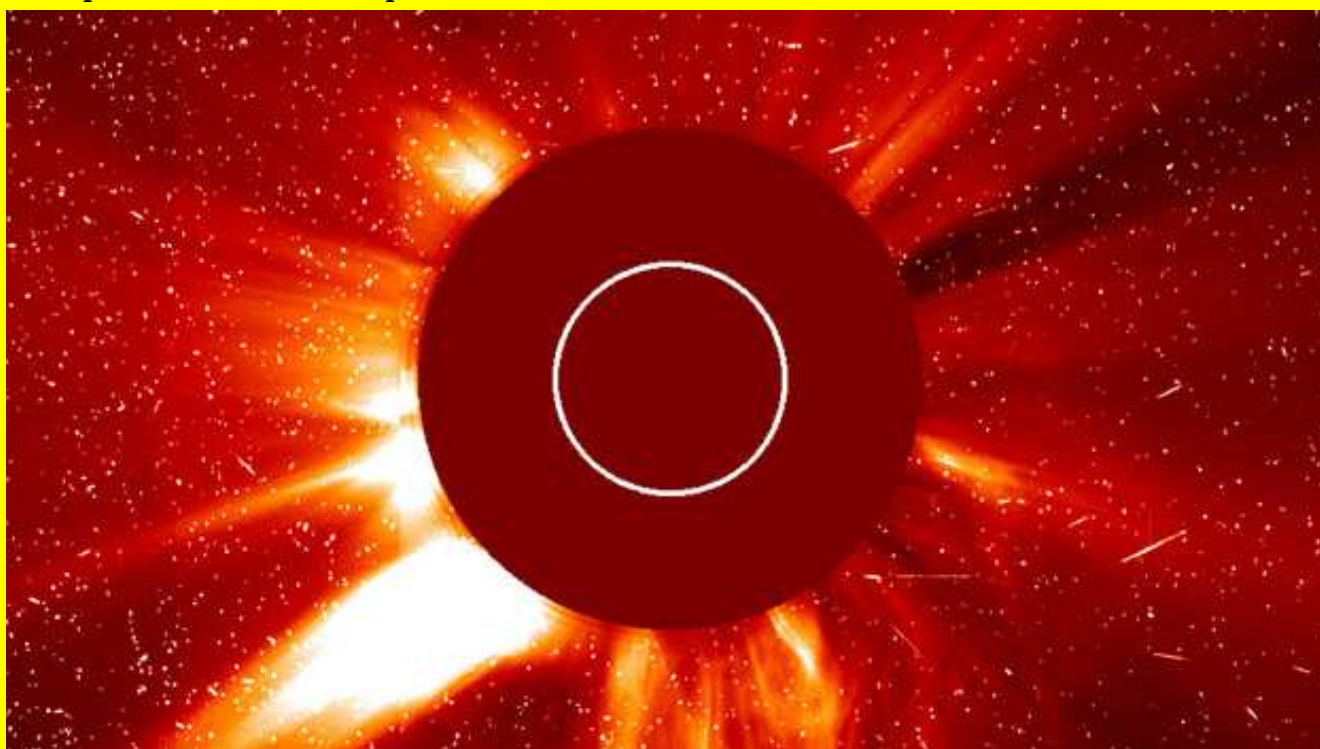


C'est arrivé ce jour-là...

Octobre 2003, il y a 10 ans

Octobre 2003, le soleil est en pleine activité avec plusieurs éruptions majeures, les 22, 23 et surtout le 28 octobre : une éjection de masse coronale (CME en anglais) qui se dirige droit vers la Terre à la vitesse de plus de 2000 km/s. A cette vitesse les particules atteindront notre planète en 24h pour provoquer de magnifiques aurores polaires. Cette éruption est la 3^e

plus puissante enregistrée depuis 1970, les 2 précédentes ayant eu lieu en août 1989 et en avril 2001. La violente bouffée de rayons X, qui voyage à la vitesse de la lumière, n'a mis que 8 min pour parvenir jusqu'à la Terre où elle a fortement ionisée les couches supérieures de l'atmosphère provoquant d'importantes perturbations dans les communications radio.



Octobre 1993, il y a 20 ans



Kosmos 1484

Le satellite de télédétection russe, Kosmos 1484 a été lancé depuis la base de Baïkonour en 1983. En octobre 1993, une explosion à bord, endommage le satellite. Il s'agirait de l'explosion d'une batterie. Les militaires américains ont suivi la chute de 48 débris qui n'ont pas causés de dégâts importants. Fin octobre 2012, le commandement stratégique des Etats-Unis estime que Kosmos 1484 entrera dans l'atmosphère le 19 décembre. Mais avec une masse de 2,5t, il ne devrait pas se

consumer entièrement. Repoussé au 18 janvier 2013, cette rentrée atmosphérique se passe finalement le 28 janvier. L'American Meteor Society rapporte des témoignages du passage d'un bolide dans le ciel de l'est des Etats-Unis de New-York jusqu'en Géorgie.

Rentrée atmosphérique de Kosmos 1484 dans le ciel des Etats-Unis

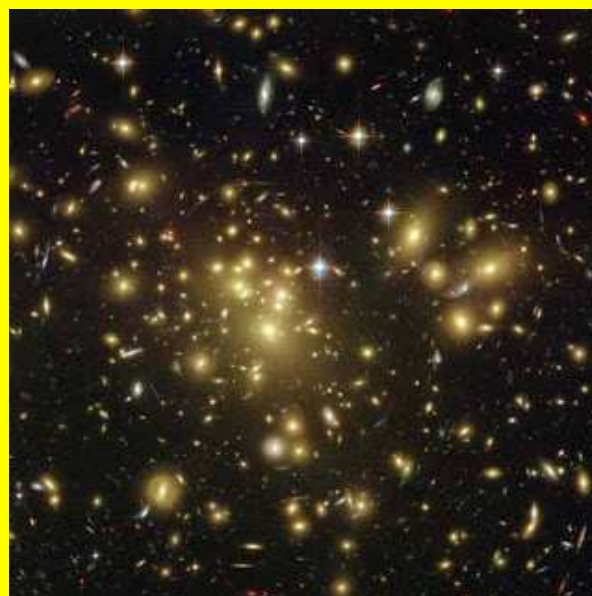


Octobre 1983, il y a 30 ans

George Abell naît le 1^{er} mars 1927. Cet astronome américain commence sa carrière d'astronome comme guide de visite de l'observatoire Griffith à Los Angeles. Il travaille ensuite comme observateur pour l'observatoire du mont Palomar : c'est à cette époque qu'il collecte les informations relatives aux amas de galaxies. Le catalogue Abell contient près de 4000 amas contenant au moins 30 galaxies. Le catalogue initial d'amas de l'hémisphère Nord a été publié en 1958. Il a co-découvert une comète et établi que les nébuleuses planétaires provenaient d'étoiles géantes rouges. Il est président de la commission Cosmologie de l'Union Astronomique Internationale et en 1970, il est même élu membre de la Royal Astronomical Society. De 1968 à 1975 il est président du département astronomie de l'Université de Los Angeles, UCLA. Il nous quitte le 7 octobre 1983. Le catalogue étendu des amas de galaxies, contenant les amas de l'hémisphère Sud a été publié à titre posthume en 1987.



George Abell (1927 - 1985)



Amas de galaxies, Abell 1689

Octobre 1933, il y a 80 ans

Les poussières que les comètes laissent sur leur trajectoire sont à l'origine des étoiles filantes. Lorsque notre planète traverse les sillons de débris des comètes, nous assistons aux pluies d'étoiles filantes, la plus connue a lieu au mois d'août, les Perséides, mais il y en a une centaine répartie tout au long de l'année, la plupart bien moins spectaculaire que les Perséides mais certaines comme les Géminides (du 12 au 14 décembre) ont un taux horaire supérieur, il peut atteindre les 120 météores par heure, elles proviennent d'un objet appelé (3200) Phaéon qu'on suppose être une comète éteinte. Dans la nuit du 9 octobre 1933, les Draconides (issues de la comète 21P/ Giacobini-Zinner) ont offert un spectacle fantastique avec un taux horaire qui a même atteint un pic de 10 000 à l'heure pendant quelques

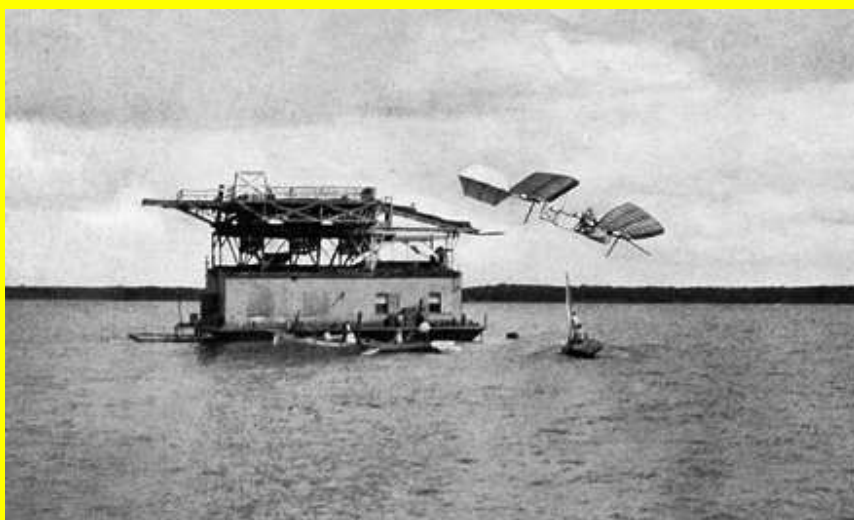


Fig. 287. — La grande pluie d'étoiles filantes du 27 novembre 1872.

minutes ! L'essaim des Draconides n'offrent pas souvent un tel spectacle car la Terre ne fait que frôler la trajectoire de la comète sans la croiser, on compte en général tout au plus 10 à 20 étoiles filantes par heure.

Octobre 1903, il y a 110 ans

Samuel Pierpont Langley est un physicien, inventeur et astronome américain. Après avoir été diplômé, il travaille comme assistant au Harvard College Observatory. En 1867, il devient professeur d'astronomie à l'université de Pittsburgh. En 1881, Langley invente le bolomètre, détecteur de rayonnement, avec lequel il va mesurer le rayonnement solaire. En 1886, il reçoit la médaille Henry Draper pour ses travaux sur la physique solaire. Langley est également dans la course au premier vol piloté face aux frères Wright. Son avion est catapulté et comme il n'a pas de train d'atterrissage, il effectue ses es-



sais au dessus du Potomac. Après deux essais infructueux les 7 octobre et 8 décembre 1903, le projet est abandonné, à chaque fois, le pilote est récupéré indemne.

Octobre 1893, il y a 120 ans



Ernst Öpik (1893 - 1985)

Ernst Julius Öpik est né le 23 octobre 1893 en Estonie. Il commence ses études à Moscou où il se spécialise dans l'étude des petits objets : astéroïdes, comètes et météorites. A cause de la révolution de 1917, il retourne à Tartu en Estonie pour finir sa thèse. Il prédit cor-

rectement la fréquence des impacts de météorites sur Mars (confirmée avec les sondes spatiales). En 1932, il suggère que l'origine des comètes se situe bien au-delà de Pluton dans un réservoir de comète qu'on appelle maintenant le nuage de Oort, initialement appelé, nuage d'Öpik-Oort. Il propose également un modèle convectif pour l'évacuation de la chaleur interne du Soleil. En 1948, il part en Irlande, à l'université d'Armagh. A partir des années 1960, début de l'ère spatiale, il passe la moitié de son temps à l'Université du Maryland, jusque dans les années 80. Il meurt le 10 septembre 1985.

Octobre 1873, il y a 140 ans

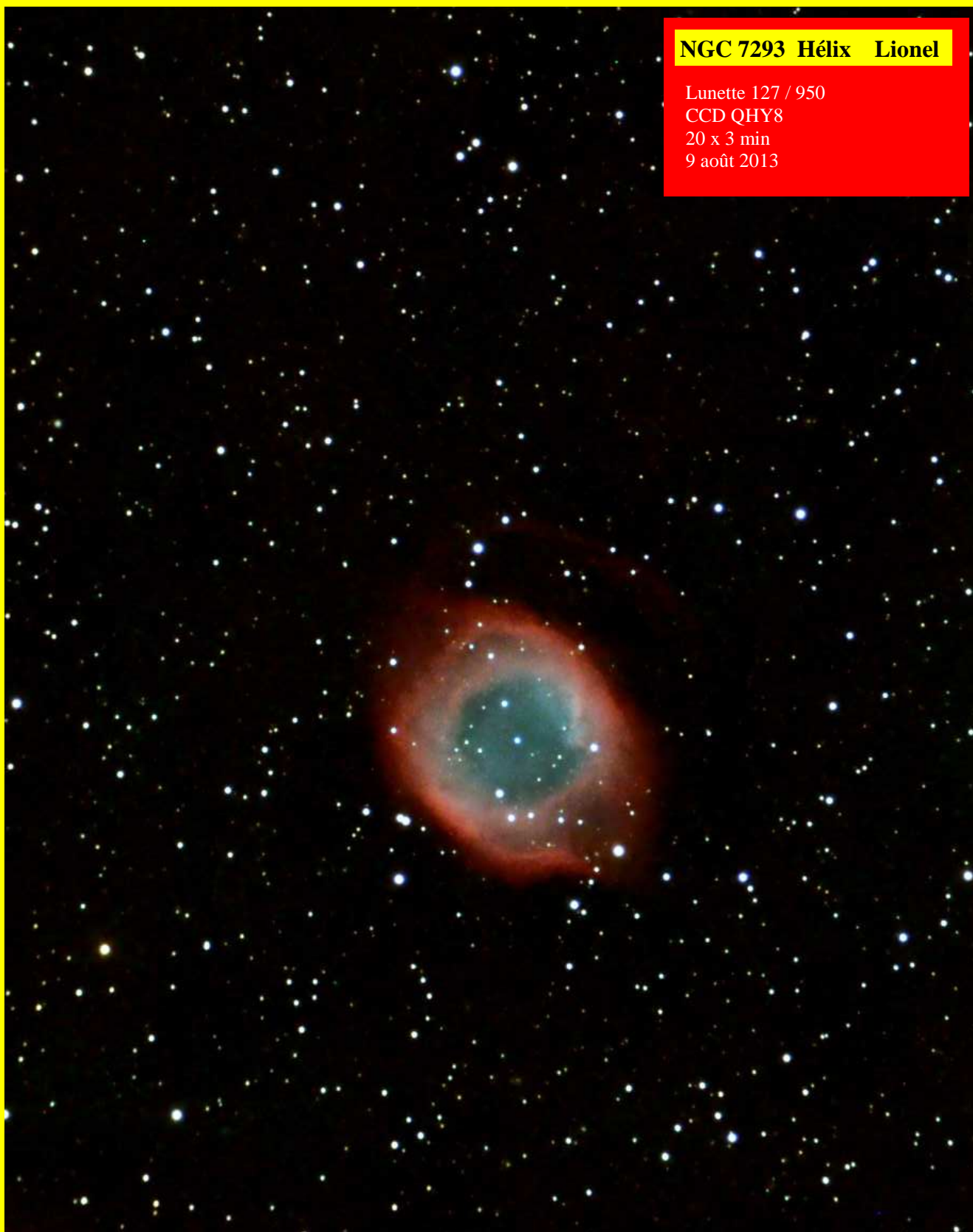
Karl Schwarzschild est un astrophysicien allemand né le 9 octobre 1873. Dès ses premières années scolaires, il se construit un petit télescope, son père le présente alors à un ami mathématicien qui avait un petit observatoire privé. Karl apprend alors à se servir d'un télescope et étudie des mathématiques bien plus évoluées qu'à l'école. A 16 ans, il devient déjà célèbre pour une théorie sur les orbites. Il étudie à l'université de Strasbourg puis à Munich. Il améliore les plaques photographiques qu'il utilise pour l'étude spectrale des étoiles. Il développe une formule qui montre comment la sensibilité des pellicules évolue au cours du temps, plus elle est exposée et moins elle est sensible : c'est ce qu'on appelle « le défaut de réciprocité ». Cette formule contient un paramètre : « l'exposant de Schwarzschild ». De 1901 à 1909, il est professeur à l'institut de Göttingen. Il énonce les lois du transport radiatif de l'énergie du Soleil, étudie le mouvement ellipsoïdal des étoiles et découvre la pression de radiation. Il travaille aussi sur la structure des atomes et il identifie la nature quantique du rayonnement associé. En 1916, il est surtout le premier à trouver une solution aux équations gravitationnelles d'Albert Einstein et montre que dans certains cas, la matière peut atteindre une telle densité qu'on a affaire à une singularité : en deçà d'une certaine

distance de ce point, le rayon de Schwarzschild, la matière est irrémédiablement attirée vers ce point, en fait un trou noir. Il est engagé sur le front russe par l'armée allemande en tant qu'artilleur. Il étudie le champ gravitationnel qui règne autour des étoiles sphériques qui ne tournent pas sur elles-mêmes (le cas le plus simple pour résoudre les équations de la Relativité Générale). Il fait parvenir ses conclusions à Albert Einstein qui les présente à l'Académie des Sciences de Prusse le 13 janvier 1916. Quelques semaines plus tard, Einstein présente un second article de Schwarzschild sur la courbure exacte de la courbure du champ gravitationnel à l'intérieur d'une étoile. A peine quatre mois plus tard, le 19 juin, Einstein annonce à l'Académie des Sciences de Prusse la disparition de Karl Schwarzschild, à la suite d'une maladie contractée sur le front russe, il avait 42 ans.



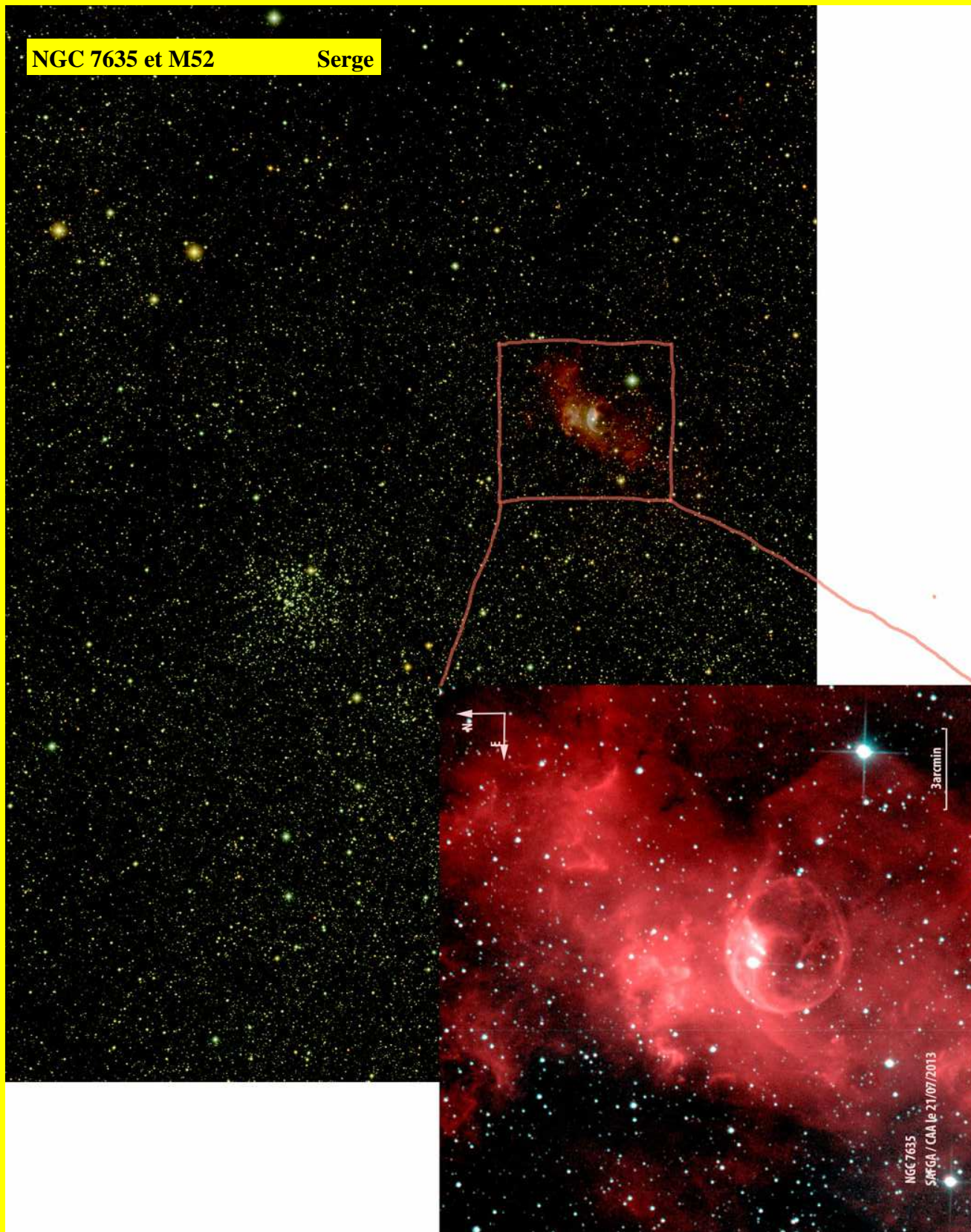
NGC 7293 Hélix Lionel

Lunette 127 / 950
CCD QHY8
20 x 3 min
9 août 2013



NGC 7635 et M52

Serge



Le Soleil au sommet de sa forme...

Lionel

Bien que le maximum d'activité du cycle 24 fasse partie d'un des moins virulent, il n'en reste pas moins qu'il nous offre un spectacle fascinant. On le doit probablement aussi aux progrès des instruments, aussi bien les toutes dernières générations de lunettes solaires que les nouvelles webcam, rapides et sensibles, mais également aux logiciels et aux procédures de traitements qui nous permettent de révéler les plus petits détails présents dans nos images. Les structures visibles sur le Soleil dépendent de la longueur d'onde dans laquelle on observe.

Les taches solaires

Dans la partie visible du spectre de la lumière (filtre mylar), on voit surtout les taches solaires. Elles apparaissent sombres car au niveau de la photosphère, le champ magnétique bloque la remontée de la chaleur du centre du soleil vers la surface. Au niveau des taches la température est inférieure à ce qu'elle est sur le reste de la surface du soleil, 4200 K à comparer aux 5800 K de la surface

(voir encadré pour sur les températures). Cette différence de température se traduit par une différence de contrastes sur l'image, on voit donc une tache. Mais cette tache, si on pouvait l'isoler seule dans l'espace serait extrêmement brillante. C'est grâce à ces taches solaires qu'on a pu révéler la rotation du soleil sur lui-même. La plus grosse tache solaire jamais observée date d'avril 1947, elle avait une taille telle qu'on aurait pu y mettre 100 Terres !

Le centre de la tache est plus sombre et plus bas en altitude que la surface de la photosphère. Lorsqu'une tache atteint le bord du disque solaire, on peut voir qu'elle a la forme d'une cuvette. Elle est entourée d'une pénombre, zone moins sombre que la tache elle-même dont la température est inférieure de 200 à 500 K à celle de la surface.

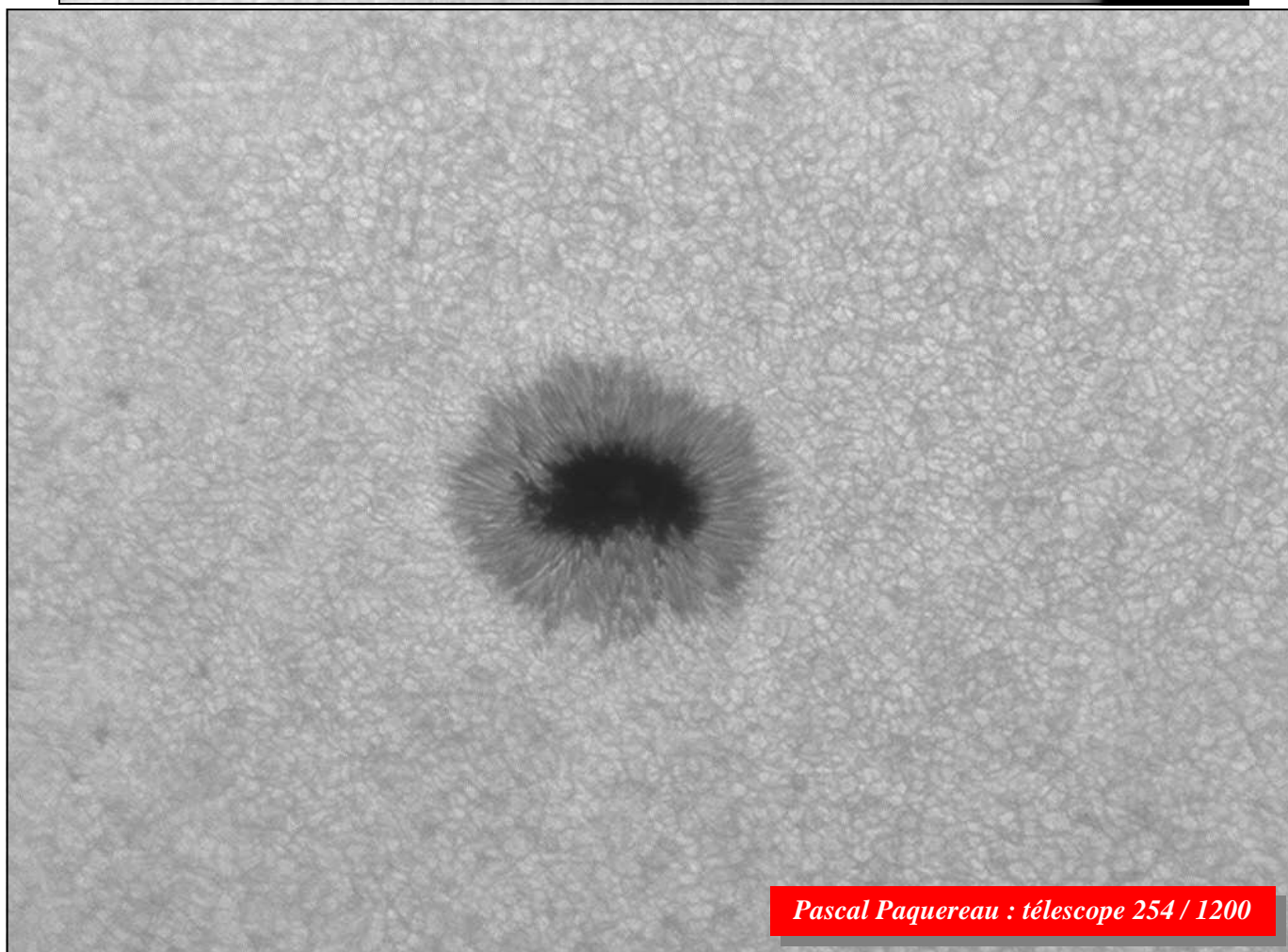
La granulation

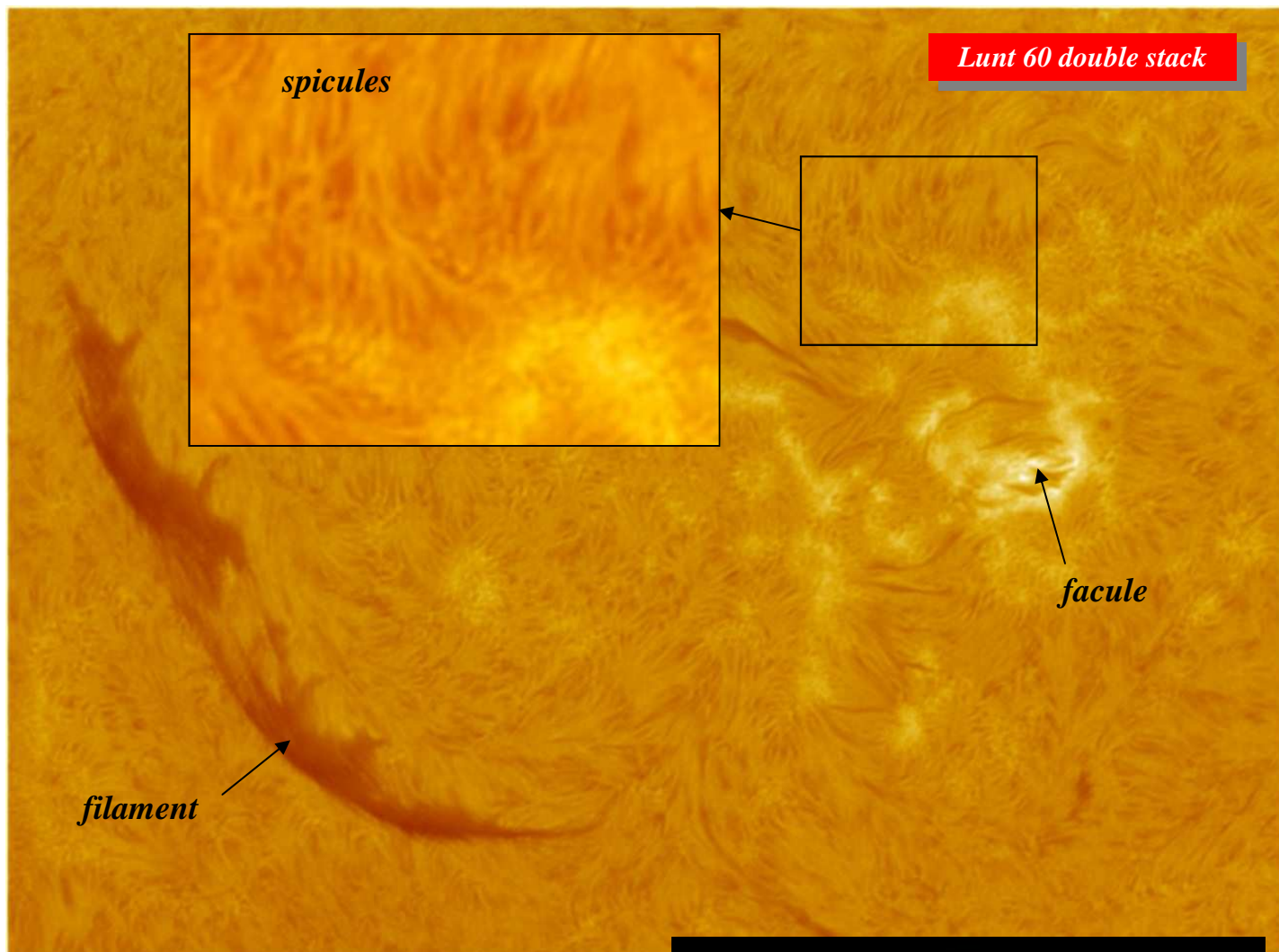
Sur le reste de la surface du Soleil, on peut voir des petits grains lorsque la turbulence

*Le Soleil avec un hélioscope. Lunette 127 / 950
Le 16 juillet 2012 à Bracou (Lionel)*



Pascal Paquereau : télescope 254 / 1200

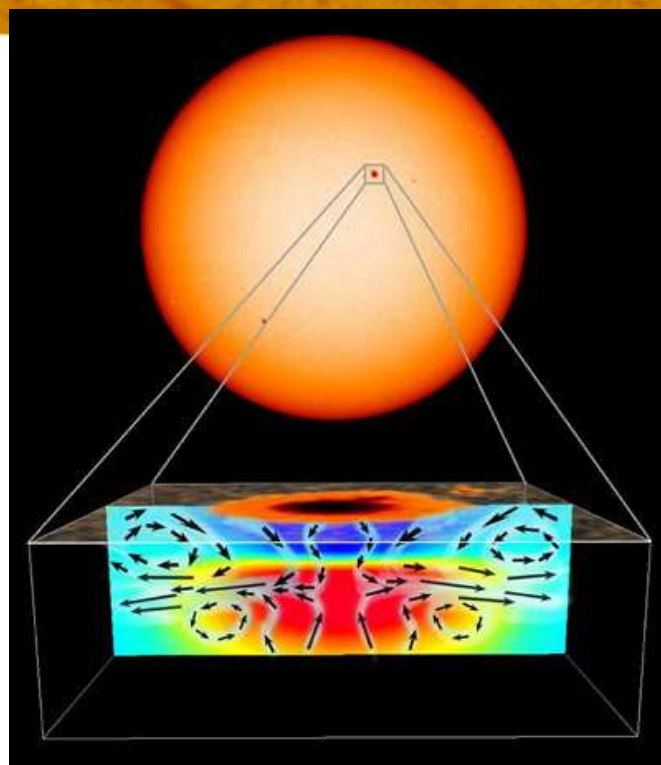




est faible. C'est ce qui donne au Soleil un aspect de peau d'orange : c'est la granulation. Comme les remous dans une casserole d'eau bouillante, la chaleur remonte du centre du Soleil. Elle crée sur la photosphère des bulles de gaz chaud (zone brillante) entourées de gaz plus froid qui descend dans les profondeurs (frontière plus sombre). C'est ce brassage qui permet à la chaleur de s'évacuer du cœur du Soleil. Les granules mesurent en moyenne 600 km de diamètre et s'élèvent d'une trentaine de km au-dessus de la surface du Soleil. Leur durée de vie est de l'ordre de 10 min.

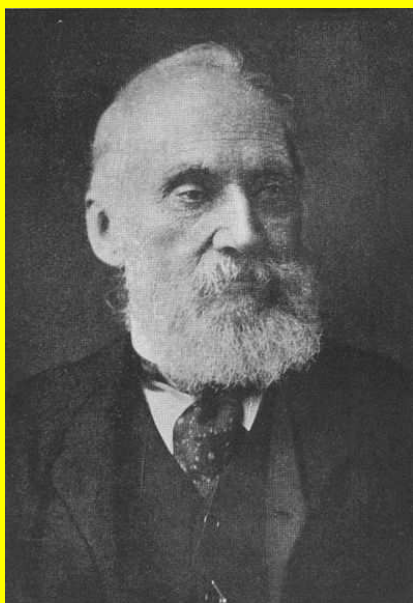
Les facules

A l'inverse des taches qui sont des régions où la température est plus basse qu'à la surface, les facules sont des zones où la température est plus élevée, elles apparaissent bien plus brillantes que la surface du Soleil.



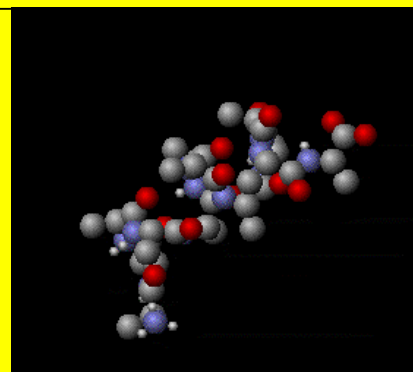
-273,15°C = 0 K

Le zéro absolu



*William Thomson (Lord Kelvin)
(1824 - 1907)*

Dans la vie courante nous mesurons les températures avec les degrés Celsius, échelle pour laquelle le 0°C correspond à la transition entre l'état solide et liquide de l'eau, et le 100°C, la transition entre l'état liquide et gazeux. Les physiciens préfèrent, quant à eux, une échelle qui traduit davantage un phénomène physique : l'agitation des particules. La température correspond à la moyenne des vitesses des particules (vibration et déplacement). Lorsque les particules ralentissent, la température baisse. C'est cette échelle des températures qui mesure un véritable phénomène physique, on l'appelle donc aussi la température absolue. Lorsqu'on extrapole à la température qu'il faudrait pour immobiliser



Chaque atome est animé d'une vibration d'autant plus vive que la température est élevée.

complètement les particules on trouve une température égale à -273,15°C ou encore 0 K, c'est le zéro absolu. Bien évidemment on ne peut pas descendre en-dessous, puisqu'à cette température, les particules sont immobiles, on ne peut pas faire moins !

Corolaire : Que se passe-t-il réellement lorsqu'on souffle sur son thé ou son café pour le refroidir ?

Dans une boisson chaude, la température est due à la vitesse d'agitation des molécules. Mais elles ne vont pas toutes à la même vitesse, ce n'est qu'une moyenne.

Les plus rapides parviennent à quitter la surface et, au gré des collisions avec les molécules de l'air qu'elles rencontrent, certaines reviennent dans la boisson qui donc reste chaude. Lorsqu'on souffle, on ne fait qu'envoyer au loin les molécules qui s'échappent de la surface, elles ne peuvent plus y revenir, la boisson refroidit plus vite puisqu'elle perd toutes les molécules les plus chaudes au fur et à mesure qu'elles sortent de la boisson...



On trouve les facules surtout en périphérie des taches car lorsque le gaz chaud en provenance du cœur du Soleil est bloqué en profondeur, il s'accumule et parvient finalement à s'évacuer sur les côtés. Les facules évoluent sur des durées de plusieurs heures. Elles ont particulièrement révélées avec les filtres calcium.

Les protubérances

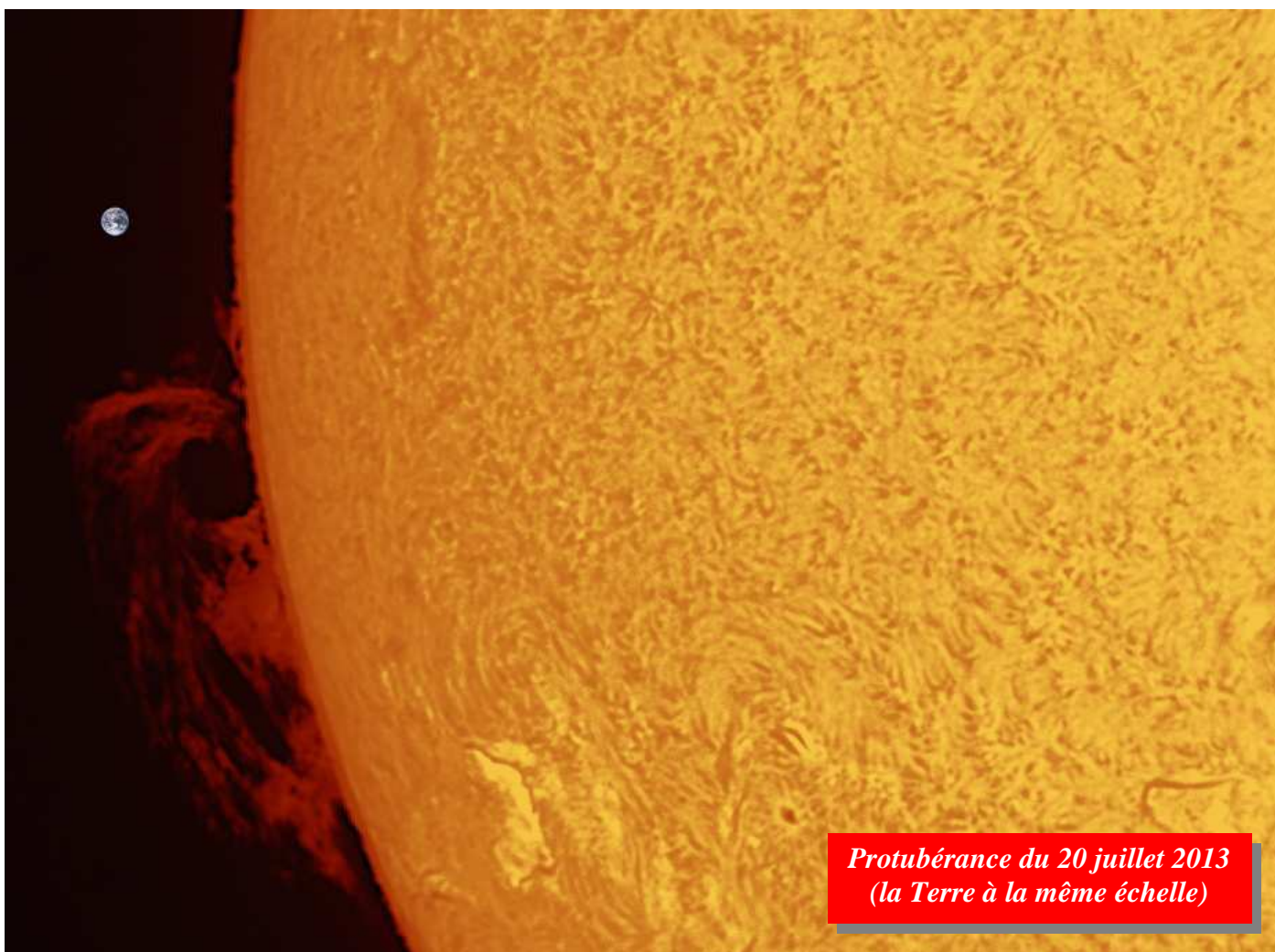
Lorsque le gaz s'échappe de la surface et suit les lignes de champ magnétique, il forme des protubérances. Elles apparaissent brillantes sur le pourtour du Soleil et sombre sur le disque où elles prennent le nom de filaments. Elles sont tellement ténues qu'elles ne sont visibles qu'avec les filtres H-alpha. La moindre des protubérances dépasse la taille de la Terre, certaines peuvent atteindre 300 000 km ! Ce sont de véritables fontaines de gaz qui s'élève et retombe sur le Soleil.

Les spicules

Alors qu'en lumière visible, le Soleil apparaît granuleux, avec un filtre H-alpha, il semble chevelu, avec des coups de brosse dans différentes directions : ce sont les spicules. Ce sont des jets de matière de 500 à plus de 10 000 km de hauteur qui s'élèvent à plus de 20 km/s (72 000 km/h) au-dessus de la chromosphère. Leur durée de vie est d'environ 5 minutes. L'origine et la dynamique des spicules fait l'objet de nombreuses recherches mais on pense maintenant qu'elles sont la source privilégiée du chauffage de la couronne solaire à plus de 1 millions de degrés. C'est Angelo Secchi qui a découvert l'existence des spicules en 1877 à l'Observatoire du Vatican.

Les éruptions solaires

Certaines zones très actives de la surface peuvent engendrer de véritables éruptions.



*Protubérance du 20 juillet 2013
(la Terre à la même échelle)*

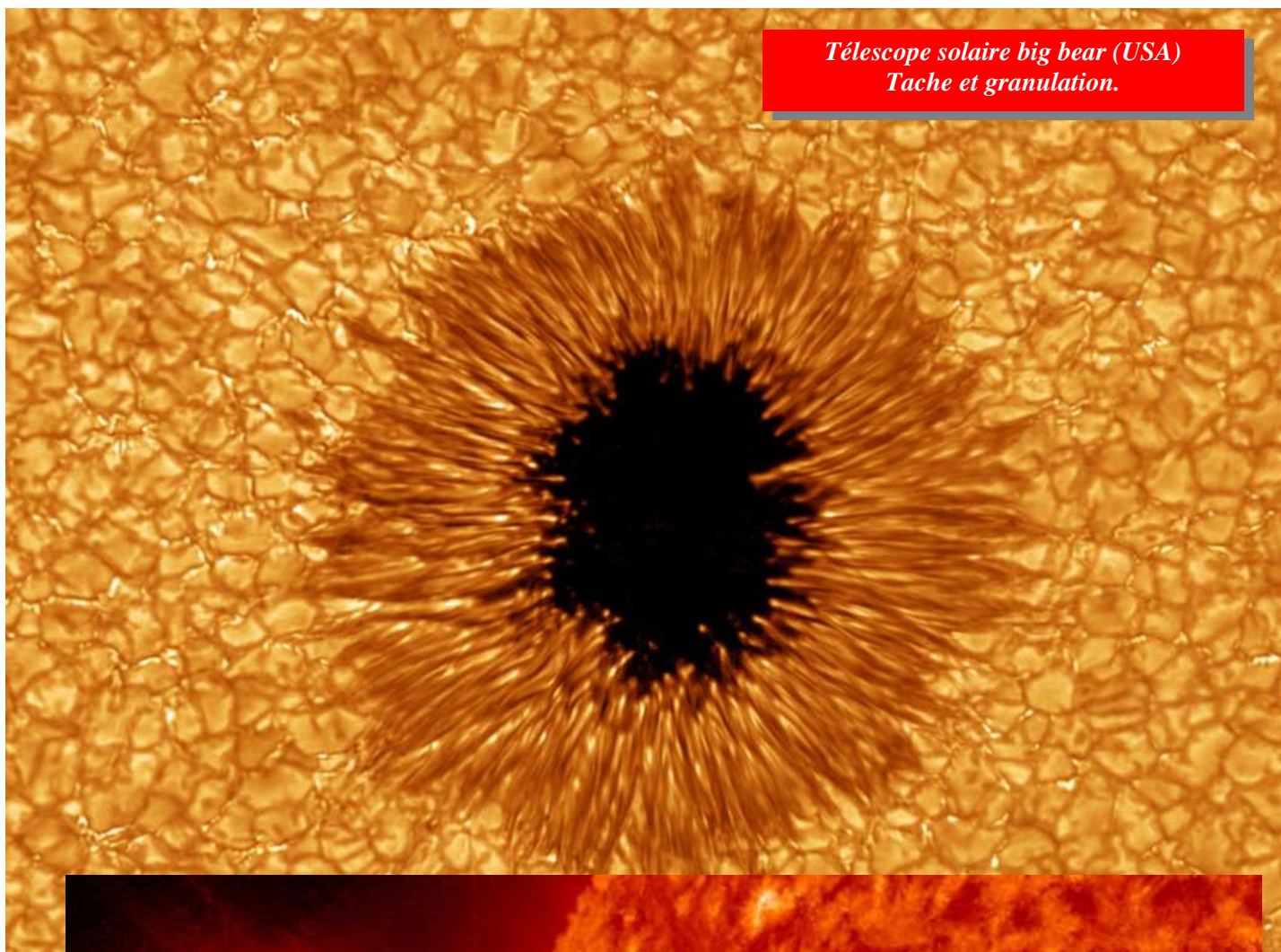
*Le Soleil avec filtre calcium, taches et facules.
Lunette 127 / 950
Le 17 juin 2012 à Bonville (Lionel)*



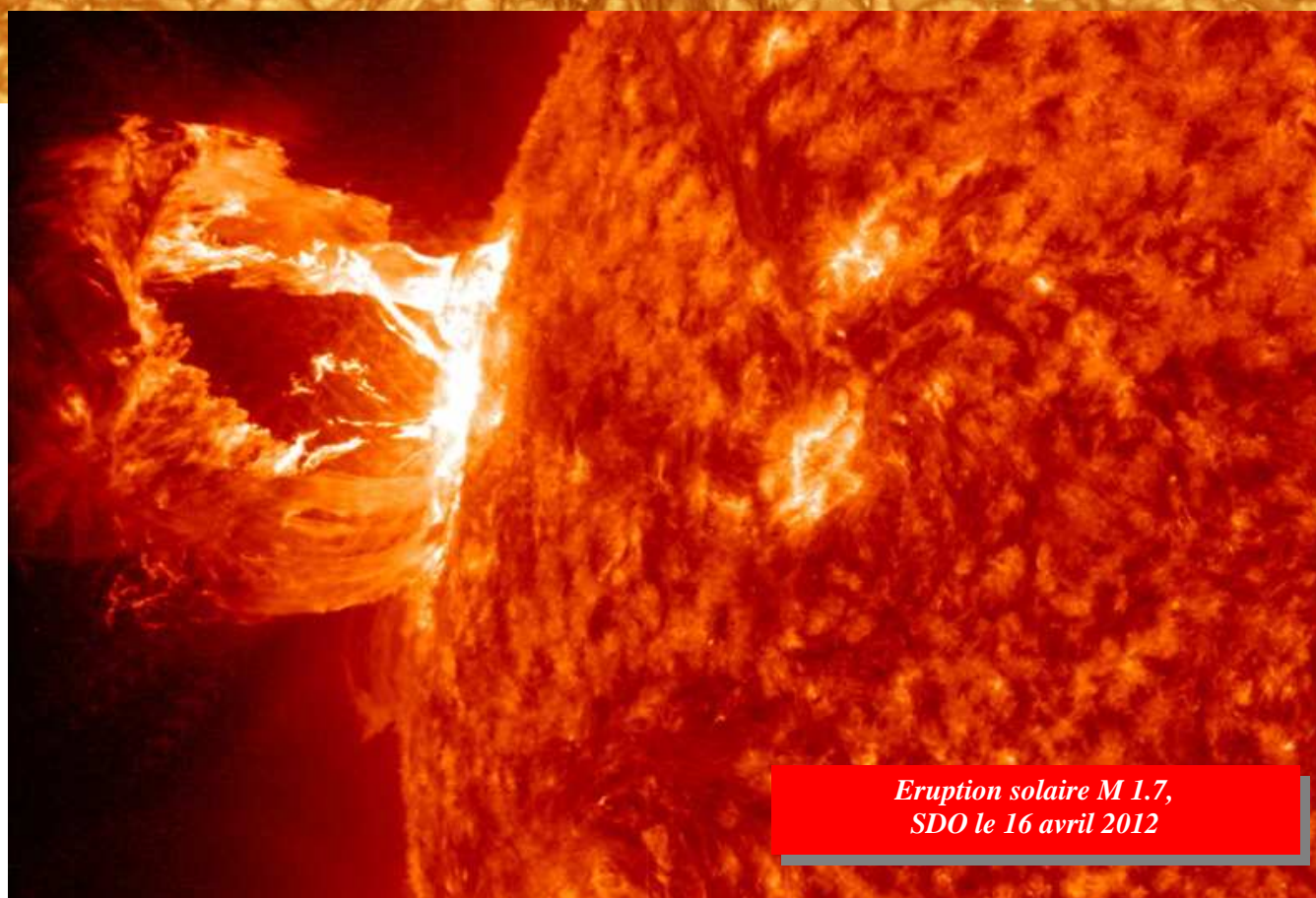
*Protubérance solaire du 1er avril 2013,
à la manière corographe. Lunt 60 (Lionel)*

Elles sont classées en plusieurs catégories : A, B, C, M et X, chacune affublée d'un nombre proportionnel à son intensité. La tache solaire 1748, encore nommée AR1748 (AR pour Active Region) a généré 3 éruptions de

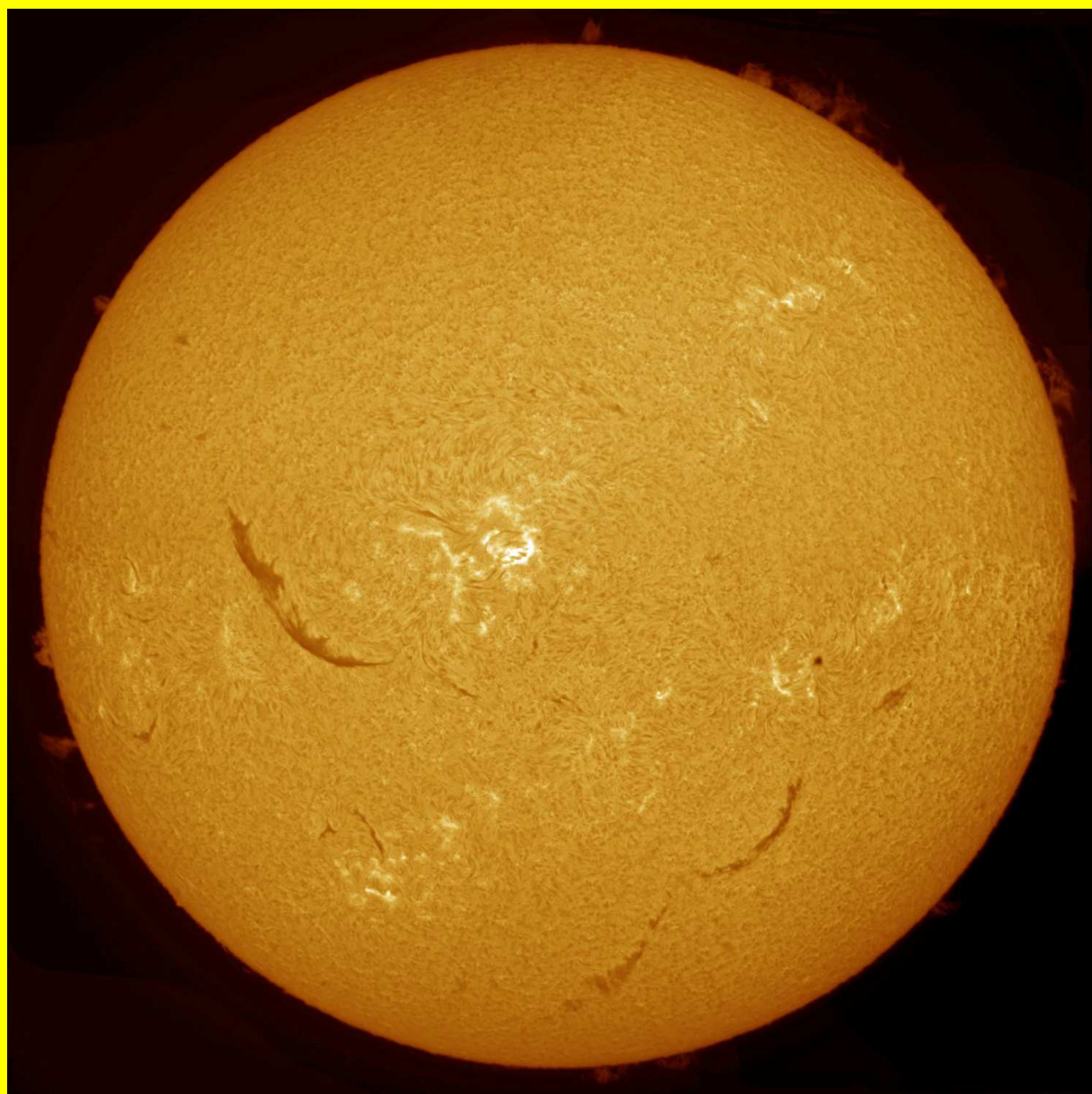
classe X au mois de mai cette année : le 13 mai, une éruption X 1.3 suivie le même jour par une éruption X 2.8, puis 2 jours plus tard une X 3.8, qui est, pour l'instant, la plus importante de l'année 2013. Cette dernière classe n'a pas de limite, c'est ainsi que l'éruption du 4 novembre 2003 atteint l'intensité X 28+ ! En moyenne, les éruptions sont 10 fois plus brillantes que la surface solaire et chaque éruption libère plus d'énergie que 1 milliard de bombes H. Ces éruptions de particules voyagent dans l'espace à près de 1000 km/s. Si elle nous fait face, l'éruption envoie toutes ces particules droit vers la Terre qu'elles atteignent en 2 jours pour provoquer de magnifiques aurores polaires.



*Télescope solaire big bear (USA)
Tache et granulation.*



*Eruption solaire M 1.7,
SDO le 16 avril 2012*



Soleil en H alpha Lionel

Lunt 60 double stack
25 septembre 2013

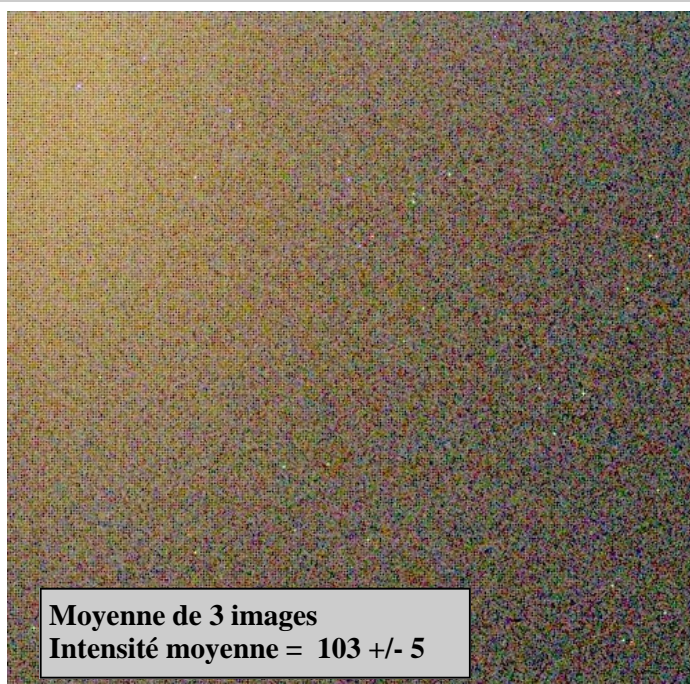
Le master dark

Lionel

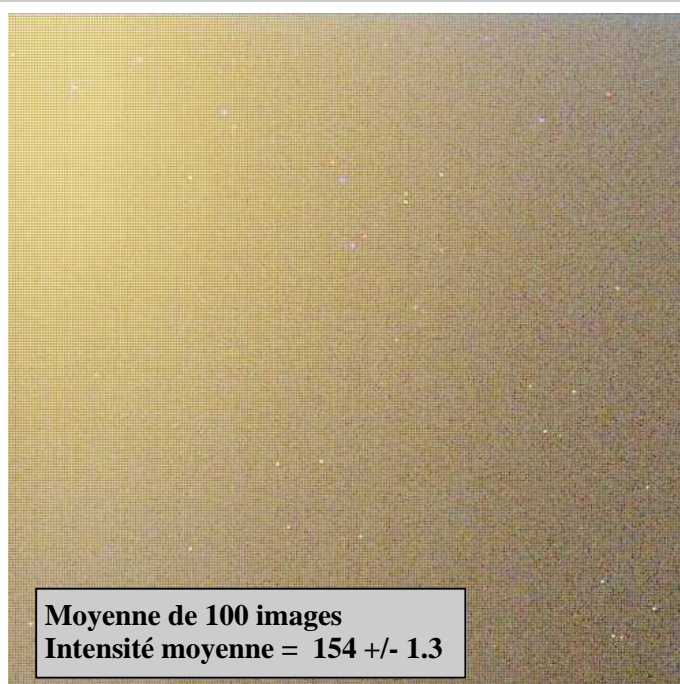
L'ère du numérique a mis fin à l'utilisation des pellicules dans le domaine de l'astrophotographie. Les capteurs qu'on trouve dans les appareils photos ou les caméras CCD, sont des matrices de pixels (picture elements = éléments d'image) qui réagissent à la lumière des objets photographiés. Chaque pixel est une sorte de puits qui convertit les photons en électrons. Lorsque le « puits » est plein, on dit que le pixel est saturé, ceci peut se produire lorsqu'on observe un objet très lumineux (le nombre importants de photons géné-

rent rapidement un très grand nombre d'électrons) ou lorsque la pose est longue (les étoiles les plus brillantes envoient suffisamment de photons avec le temps). A l'issue de la pose, il faut compter tous les électrons qui se trouvent dans chaque pixel. Pour se faire, on décale tous les pixels de la matrice d'une colonne, et l'électronique est chargée de lire pixel par pixel, la colonne qui est « sortie » de la matrice. Pour une grande matrice, la lecture peut prendre plusieurs secondes. Malheureusement pour nous les électrons ne sont pas générés uniquement par la lumière incidente, émanent d'une jolie nébuleuse ou d'une belle étoile double colorée. Les électrons peuvent aussi remplir les pixels à cause de la température, ambiante ou de l'électronique de la caméra. Ces pixels non désirés font partie de ce qu'on appelle d'une manière générale, « le bruit » de l'image, il faudra absolument les supprimer pour retrouver le véritable aspect de l'objet photographié. En réalité le véritable bruit n'est qu'une petite partie de la partie indésirable





Moyenne de 3 images
Intensité moyenne = 103 +/- 5



Moyenne de 100 images
Intensité moyenne = 154 +/- 1.3

Gros plan sur le coin supérieur gauche des master_dark (moyenne de 3 dark à gauche, moyenne de 100 dark à droite). On constate que l'électronique de la caméra se situe en haut à gauche, la chaleur dégagée par les composants génère des électrons qui n'ont rien à voir avec des photons venus du ciel. L'image de droite paraît plus lisse que celle de gauche, le bruit a été réduit par le nombre d'images utilisées pour faire le master.

d'une image et ce bruit a plusieurs origines :

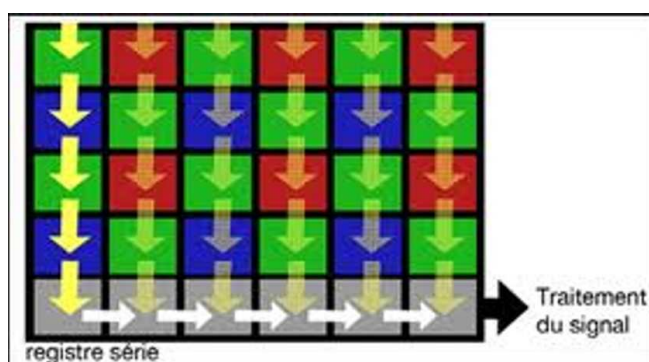
Le courant d'obscurité

Il est formé par les électrons générés par la chaleur ambiante. Il est connu, puisqu'il dépend du capteur, on le trouve dans les spécifications. Pour le capteur ICX413AQ de la QHY8 par exemple, le courant d'obscurité est de 0,02 électrons par seconde à une température de +10°C. En 1994, les CCD les plus performantes équipées du capteur Thomson 7895 avaient un courant d'obscurité de 0,5 e/s à -40°C. Ce qui veut dire que lorsqu'on fait une pose de 3 min (180s), une QHY8 aura un courant d'obscurité de 3,6 électrons là où une Thomson atteint les 90 électrons. Ce courant d'obscurité est connu et ne pose pas spécialement de problèmes excepté si les étoiles les plus faibles ne génèrent pas un signal supérieur à ce seuil ! Ce qui pose problème en revanche, c'est le bruit associé, aléatoire lui, qui est égal à la racine carré de ce courant : 2 électrons pour la QHY8 et 10 pour la Thomson. Une façon d'y remédier est de refroidir la caméra puisqu'on divise ce courant d'obscurité par 2 à chaque fois qu'on descend la tempéra-

ture de 6°C (le bruit est donc lui aussi diminué). Les professionnels parviennent de cette manière, en descendant la température de leurs CCD de 60°C à diminuer le courant d'obscurité d'un facteur 1000. Avec certaines caméras, refroidies à -100°C, le courant d'obscurité est tellement faible que les astronomes professionnels préfèrent retrancher une valeur constant à l'image au lieu de soustraire un dark pour ne pas rajouter de bruit...

Le bruit de lecture

A la fin de la pose, l'électronique de la caméra doit lire chaque pixel pour compter le nombre d'électrons qui s'y trouvent. Mais, lors du transfert, certains électrons sont per-

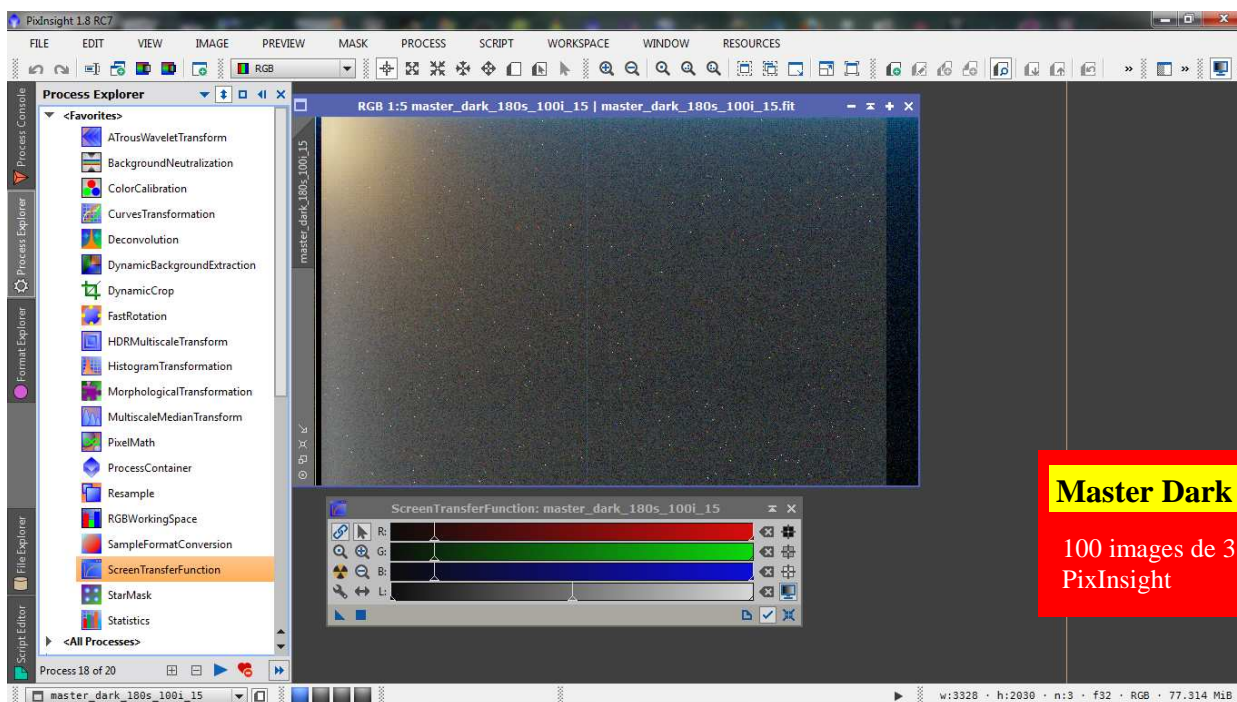


du (encore une taxe !). Cette perte, aléatoire elle aussi, génère un bruit qui dépend de la minutie apportée à la lecture. Plus l'électronique prend de temps pour la lecture et meilleure elle sera, les constructeurs doivent donc adapter l'électronique de leur caméra pour gérer au mieux l'obtention d'une image de bonne qualité avec l'impatience de l'observateur lors de l'acquisition des images. Dans le cas de la QHY8, le bruit de lecture vaut 10 électrons.

Le bruit des images

C'est évidemment une composition de ces différents bruits, aléatoires, qu'il faudra retirer de toutes les images avant de pouvoir les traiter pour en révéler tous les détails. C'est la raison pour laquelle il faut faire des dark : des images du noir (caméra bouchée), puisque même en l'absence de lumière, des électrons sont générés et ils viennent parasiter toutes nos images. Mais les dark ne doivent pas détériorer les images. Avec de mauvais dark, le remède peut s'avérer être pire que le mal ! Si on fait un dark, le côté aléatoire du bruit va aggraver les choses lors de la soustraction du dark de l'image (les bruits du dark et de l'image ne sont pas les mêmes, ils vont s'amplifier). Pour, non pas minimiser ce bruit, mais ne pas l'augmenter, il faut un dark qui représente au mieux le courant d'obscurité avec un bruit qui doit être aussi négligeable que possible et pour cela il faut en faire plusieurs : lorsqu'on augmente de N

le nombre de dark, le bruit ne croit que d'un facteur \sqrt{N} ainsi si au lieu de faire un seul dark qui contient le courant d'obscurité et le bruit, on en fait 2, le signal, c'est-à-dire, l'image de ce courant d'obscurité sera doublé mais le bruit ne sera amplifié que d'un facteur $\sqrt{2} = 1,4$ en proportion on aura l'impression que le bruit a diminué de 30%. Avec 100 dark, le bruit aura gagné un facteur 10 dans une image qui a gagné un facteur 100, le bruit a diminué de 90%, on ne risque plus de détériorer l'image en voulant la corriger des défauts de la caméra. Ceci ne corrige en rien le bruit de l'image elle-même, cela évite simplement d'en rajouter ! Pour que l'image soit le moins bruitée possible il faudra de même soit augmenter la durée de la pose (le signal va progresser plus vite que le bruit) soit augmenter le nombre de poses (le bruit augmente comme la racine carrée du nombre de poses et comme on l'a vu, cela revient à en diminuer l'influence). Le courant d'obscurité dépend de la caméra, mais il n'évolue pas beaucoup avec le temps, à condition de toujours travailler dans les mêmes conditions puisqu'il dépend de la température et de la durée de la pose. Il est donc possible de faire ce qu'on appelle un master_dark qui restera efficace pour corriger les images pendant plusieurs mois (pour traiter mes images de 3 min de pose, j'utilise un master_dark constitué de 100 poses de 3 min, soit 5 heures de pose au total !).



Master Dark

100 images de 3 min
PixInsight



M27


Lionel

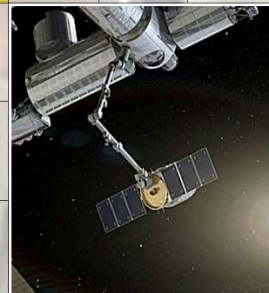
Lunette 127 / 950

20 x 3 min

5 août 2013

Solution du n°66 de juin

	Prénom Marqua la page Langue	E	V	A	Reconnaissance Singe	O	L	D	Esthétique Remonte	L	Pas utile Arrivée Article défini	N					
		O	C	Voiture Site de tirs de fusées	V	A	N	Evite indéfini Pseudo	E	L	U	D	E				
	Écouté Etoffe légère	O	B	E	I	Sans sexe Plante qui pique	A	S ₇	E	X	U	E					
Confiserie Tsigane	Chenal Orge germé	L	G	R	A	5	U	Fait de l'huile Crochets	O	L	I	V	E	Bas de feu Petite dernière à Kourou			
		R	O	M	A	N	I	Elève Habitude de fantôme	E	R	I	G	E	105 romain Creusa	C	V	
Région à pas de tir Il y fait froid		K	A	Z	A	K	H	S	T	A	N	Familière de conte Gourmand	F	E	E		
		P	O	L	E	6	O	A	S	I	S	Signal pour boxeur Mesurait les grains	G	O	N	2	G
Do Curium		U	T	Une révolution terrestre Repères	A	N	N	E	E	Fis la grimace Fine épée	B	O	U	D	A	4	
	Bat rapidement La plus... est imposée	C	M	P	L	O	T	S	Faire tremper Tables romaines	R	O	U	I	R	Cardinal		
	Fit voler Gagarine A perdu	V	A	L	U	E	Pas réussie Calme	F	A	I	L	L	I	E			
		A	B	O	L	I	R	Protègent l'astronaute	C	A	1	P	S	U	L	E	S
Vallée des Pyrénées Fait venir		A	S	P	E	Vire au rose Moi (depuis Kant)	R	O	S	I	S	7ème pour Philippe Variété d'ocre	A	R	T		
		A	T	T	I	R	E	Enlevées Ancien partenaire	O	T	E	E	S				
Pas tard Scopitone pour le ciné		T	O	T	3	Transformerai en glace	G	E	L	E	R	A	I				
		J	U	K	E	B	O	X	Isolé	S	E	U	L				



A	N	T	A	R	E	S
1	2	3	4	5	6	7

La fusée ANTARES d'Orbital a effectué son premier test de mise à feu du premier étage le 22 février 2013 avec succès. Moins d'un an après l'arrêt de la navette spatiale, une compagnie US est en mesure de ravitailler la Station Spatiale Internationale et une autre vient de passer avec succès cette étape critique du lancement vers l'orbite basse à partir du sol américain.

Colossal	Pas vêtu	Sulcus sur Encelade	Fermé Amas	Minoterie	Gaie	Couriers	Adj. poss.
Ouverture					Esclave	Attachai	Règle
Epouse		Amas stellaires denses 52 ares			Jette		4
Vin doux	Jeunes Handicapés			Mauvais film	File		Sont à point
			Après le 99ème				Paradis
Titre			Comédie			Un des pôles	
Défunte			Trima			Ennuis	
			Brillante			Rude	
			Pesante			Blaque	
Lentille		œuf de pou			Museau		
Robot		Bifferai			A sa boîte		
					Baquettes		5
					Gain		Origine
	Etuve			Fanfare bretonne			Poissons
Plénitude	Servie			131 est cancérogène			
						Pas nette	
						Nomme	
Cours d'eau			Flicage			Refus	
Mesure			Langage			Prénom féminin	
			Métal léger				
7ème grecque			Point gagnant		Fixées		3
Filet à cheveux							
					Soite		

1	2	3	4	5

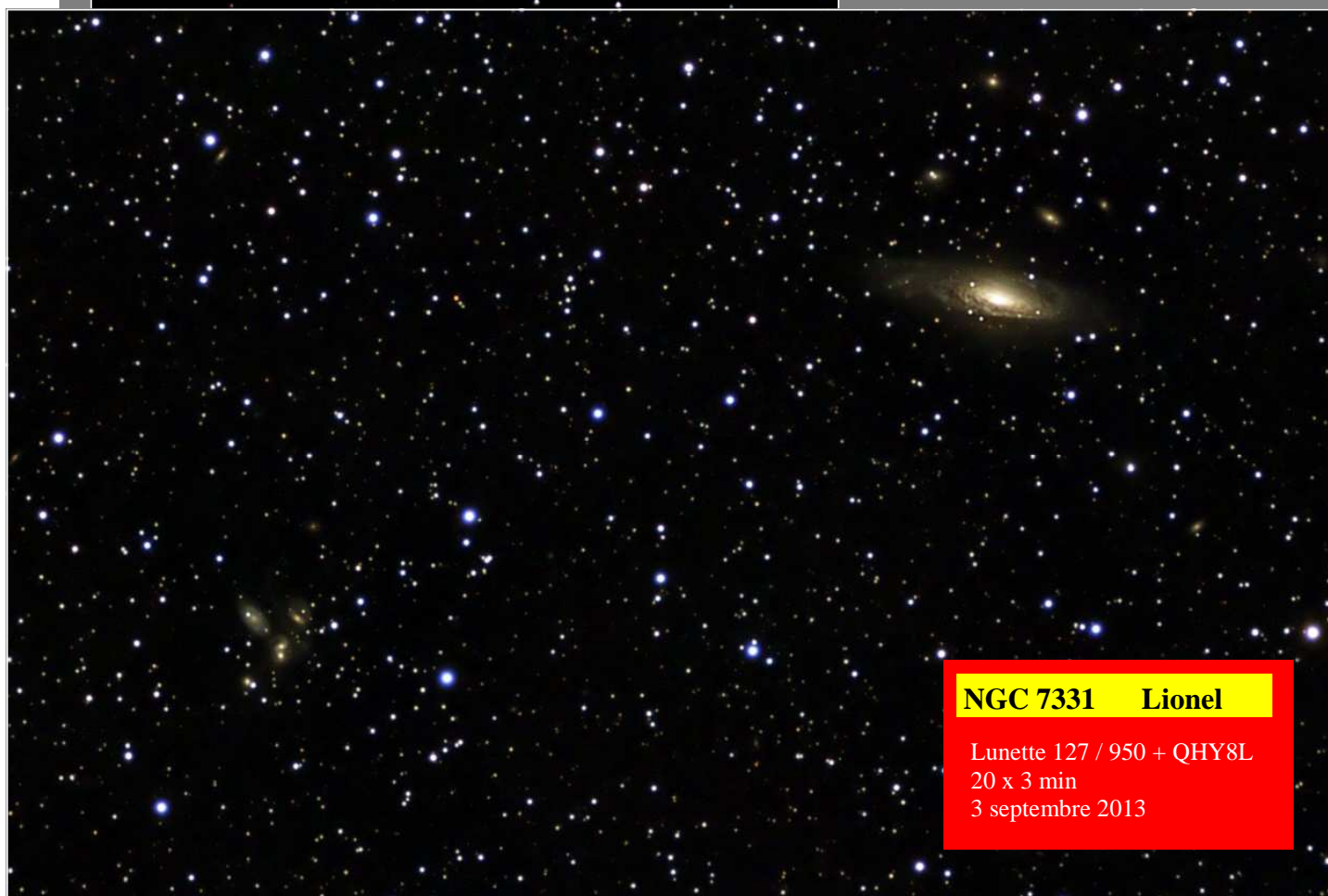
Un orbiteur de 2,55 tonnes et 11 mètres d'envergure qui doit partir mi novembre pour un voyage vers Mars afin d'analyser son atmosphère et ses interactions avec le vent solaire. A terme, il pourra relayer les communications entre la Terre et les rovers qui sont déjà sur le sol martien comme Curiosity.

Galerie



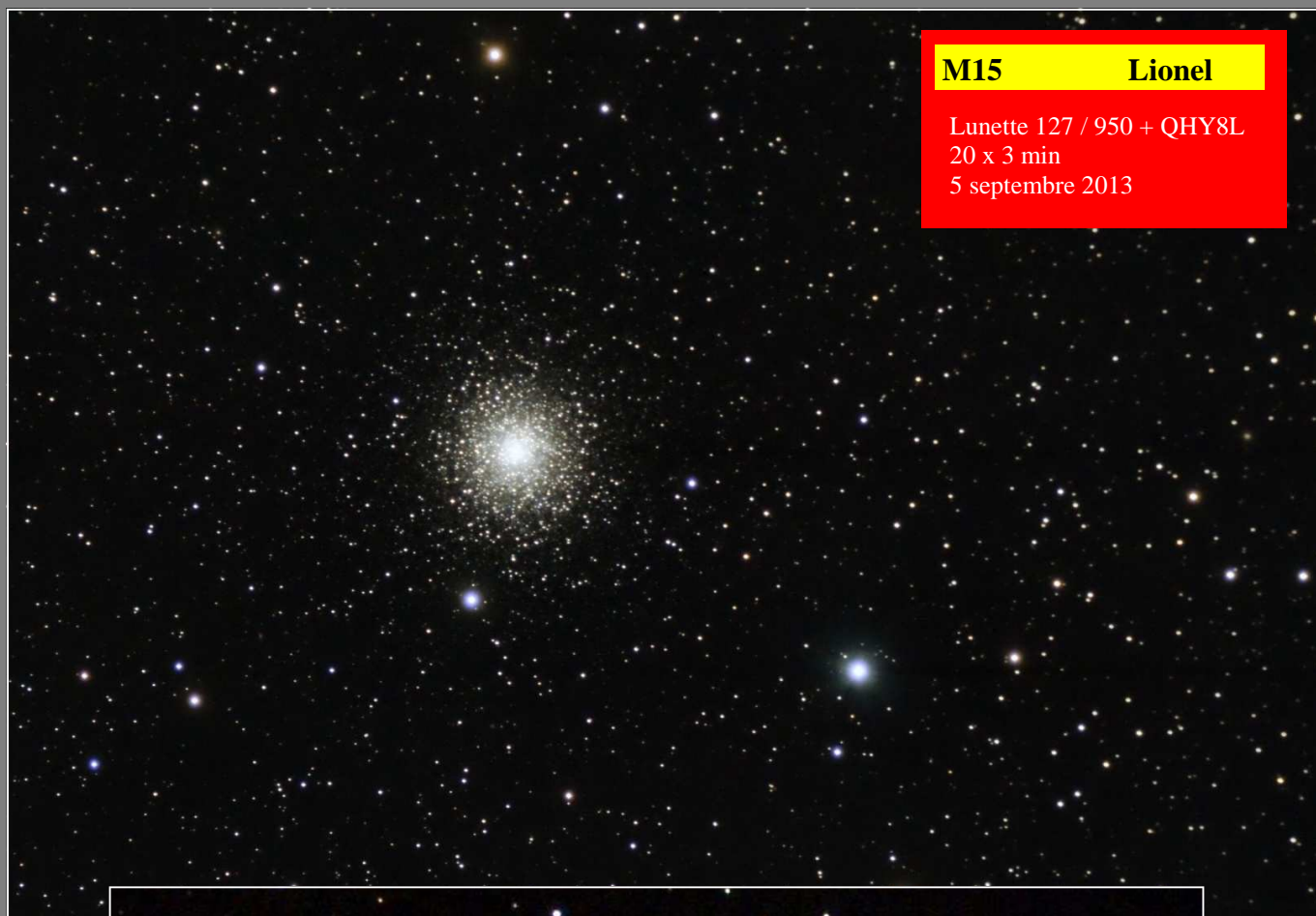
NGC 7331 **Gilles**

C9
16 août 2013



NGC 7331 **Lionel**

Lunette 127 / 950 + QHY8L
20 x 3 min
3 septembre 2013



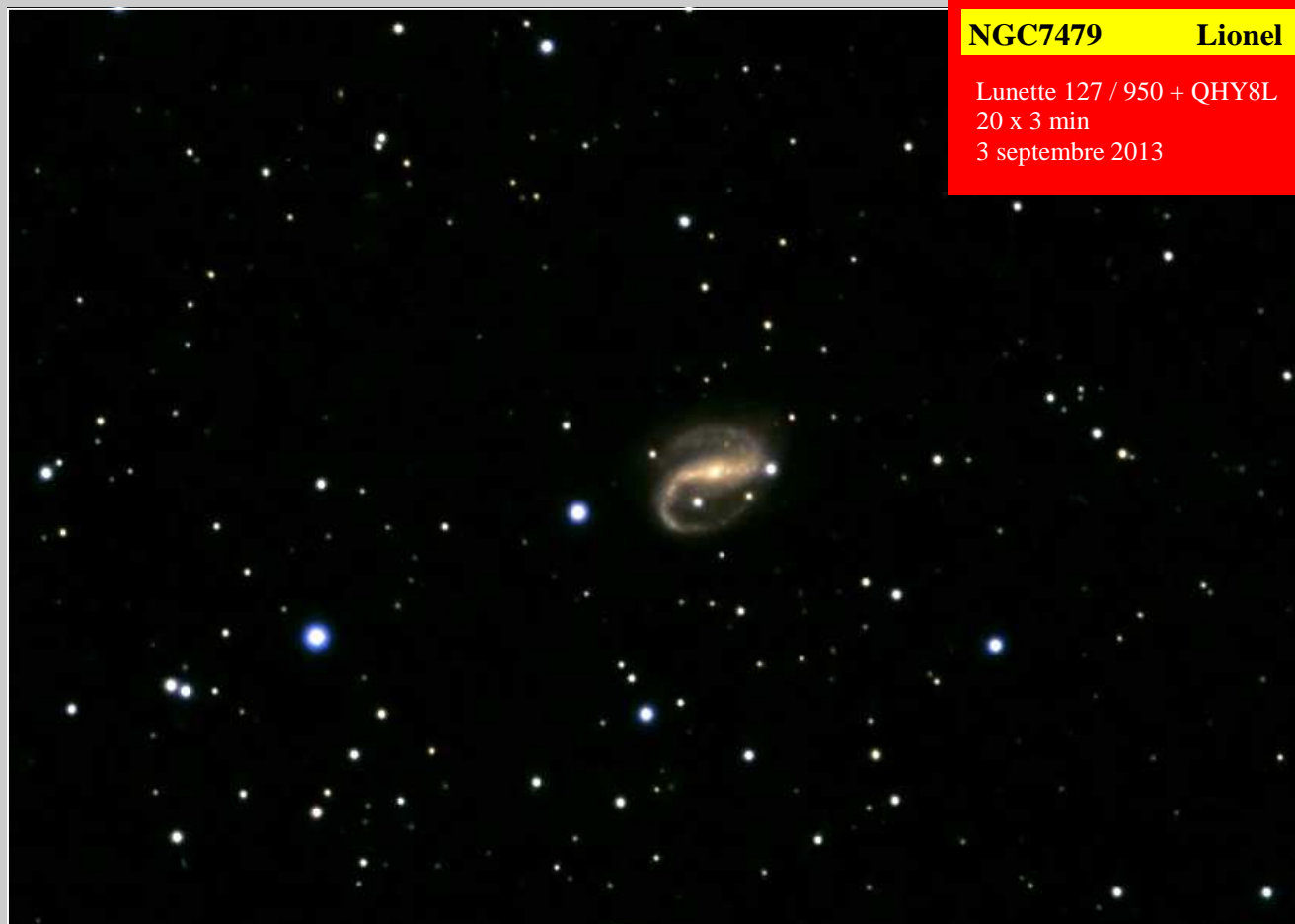
M15 **Lionel**

Lunette 127 / 950 + QHY8L
20 x 3 min
5 septembre 2013



M74 **Lionel**

Lunette 127 / 950 + QHY8L
20 x 3 min
3 septembre 2013



NGC7479 **Lionel**

Lunette 127 / 950 + QHY8L
20 x 3 min
3 septembre 2013



NGC5907 **Lionel**

Lunette 127 / 950 + QHY8L
20 x 3 min
5 septembre 2013

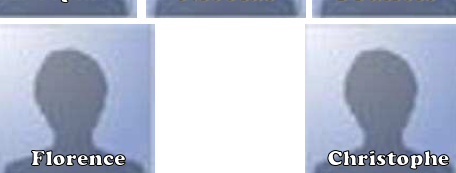
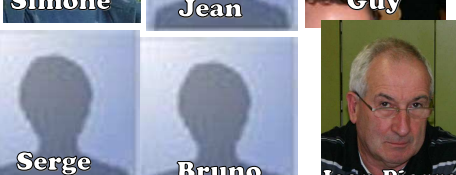
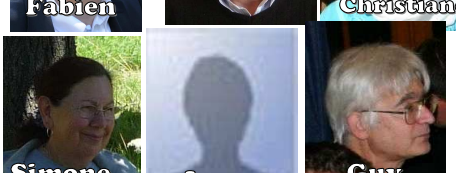
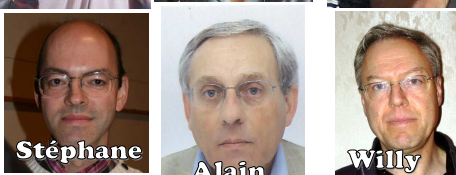
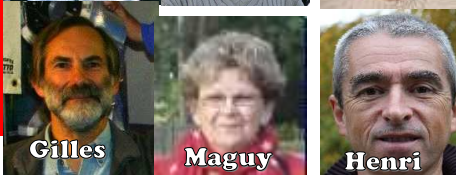
M74

Lionel

Lunette 127 / 950 + QHY8L
20 x 3 min
23 septembre 2013



Albireo78
saison 2013-2014



www.albireo78.com

Sortie du n°68 : décembre 2013



Albireo⁷⁸

Siège social
18 rue du 11 novembre
78690 Les Essarts le Roi
Mail : albireo78@dbmail.com

Président
Lionel Bourhis
34 rue du four à chaux
28700 Bleury

Ont participé au n°67
Michel Gantier
Lionel Bourhis

Imprimé à Chartres
Chartres Repro
5 rue du Maréchal Leclerc
28110 Lucé

