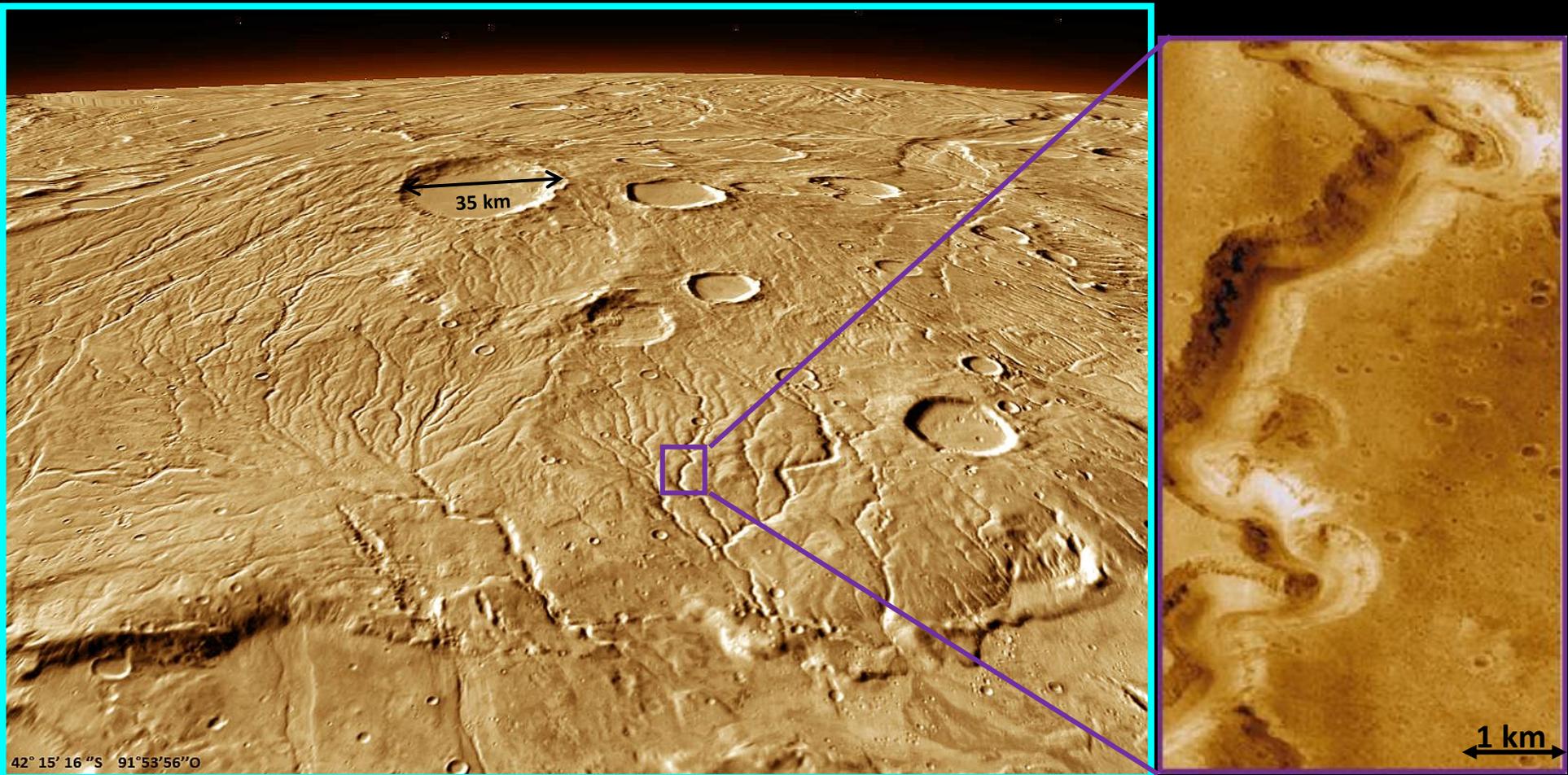


# Les aventures de Curiosity, le robot géologue de la NASA qui explore Mars



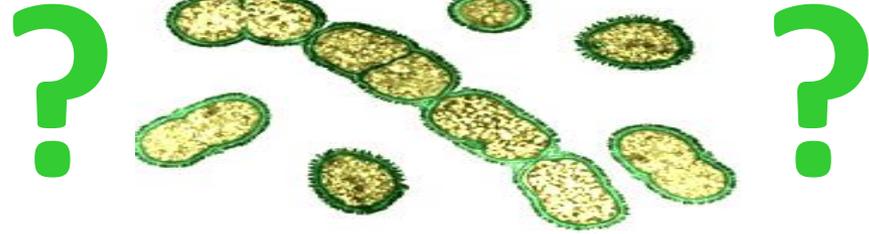
**On sait depuis 1971-1972 avec la mission Mariner 9 que de l'eau a coulé sur Mars dans un passé lointain, avec petits ruisseaux formant de grandes rivières ... On veut savoir si cette eau liquide a pu permettre, voire a permis, le développement d'une vie ancienne et « primitive ».**

## Plus vieilles traces de vie sur Terre



**On a pu reconstituer l'histoire de l'eau liquide à la surface Mars, et la comparer à celle de la Terre**

## Plus vieilles traces de vie sur Terre



**Y-a-t-il (y-a-t-il eu) des martiens ??**

**Si on veut comprendre si les conditions ont été un moment favorables à la naissance de la vie, il faut aller là (chronologiquement parlant) !  
C'est le but principal de Curiosity**

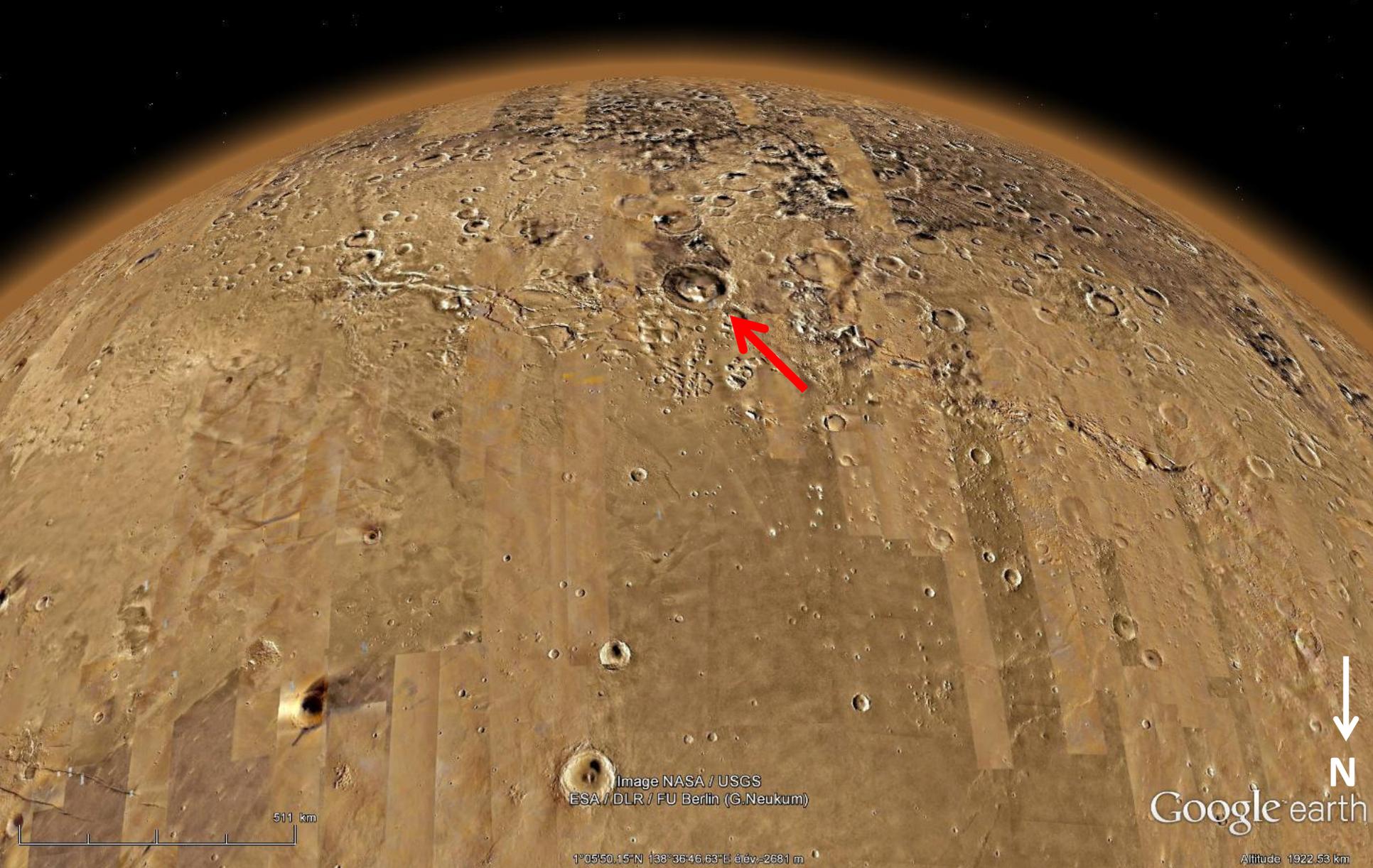


Image NASA / USGS  
ESA / DLR / FU Berlin (G.Neukum)

Google earth

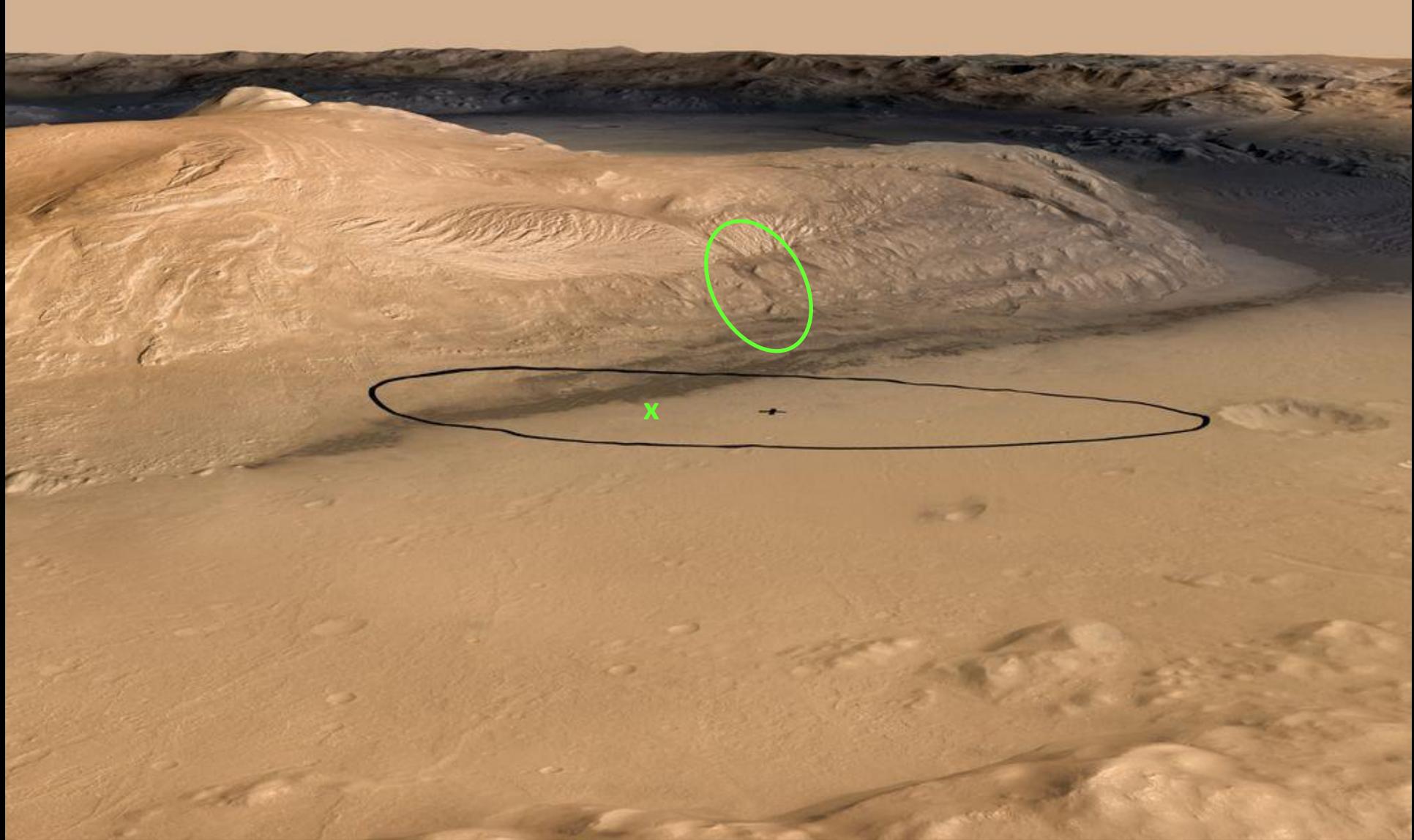
1°05'50.15"N 138°36'46.63"E élv.-2681 m

Altitude 1922.53 km

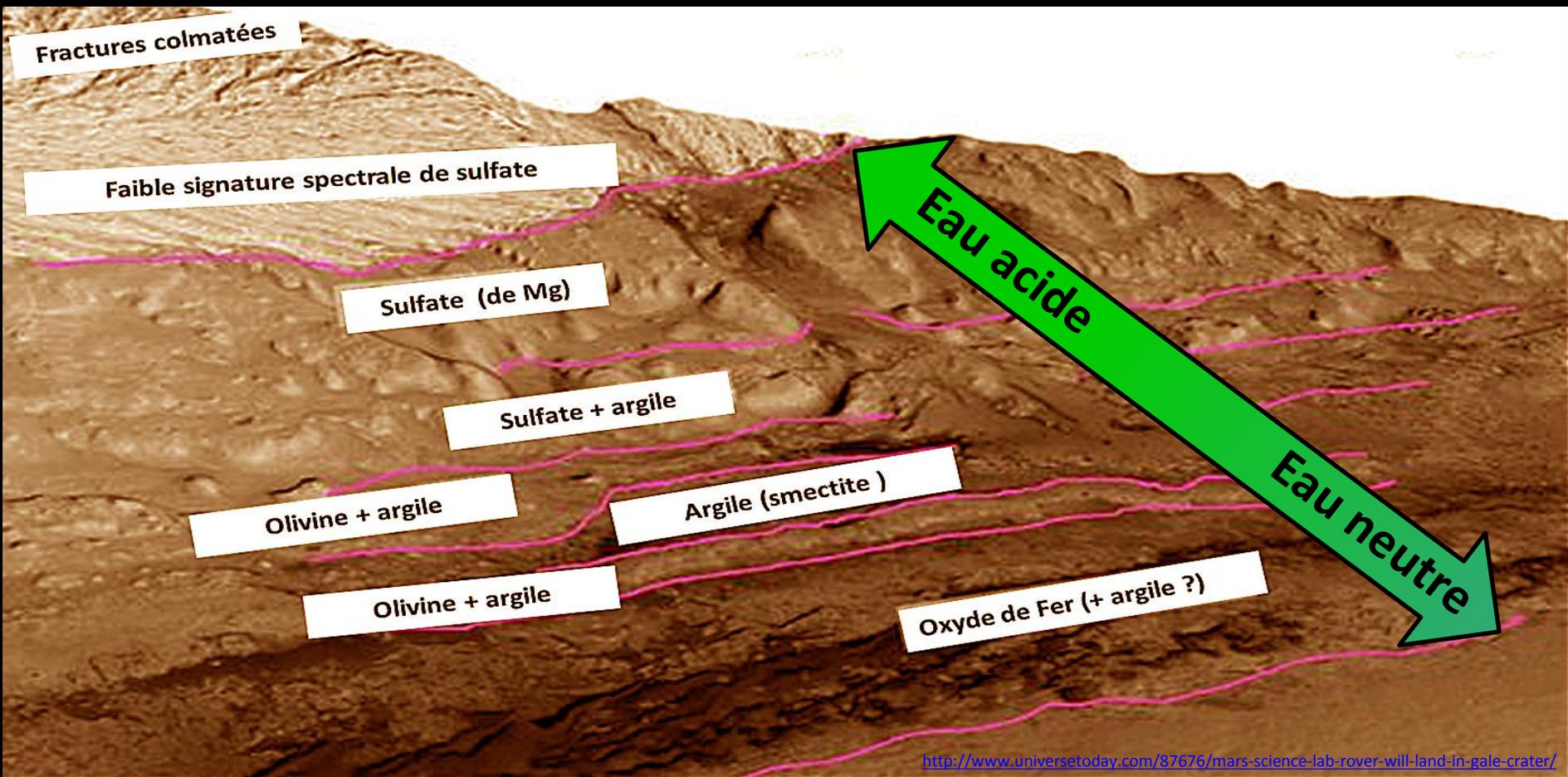
**Le cratère Gale, à la limite des hauts plateaux  
cratérisés du Sud et des basses plaines du Nord**



**Le cratère Gale  
(D = 154 km) que des études  
spectrales depuis l'orbite révèlent très  
riche en argiles, sulfates ... Au centre du cratère, le  
Mont Aeolis, plus souvent appelé Mont Sharp,  
(5 000 m de haut)**

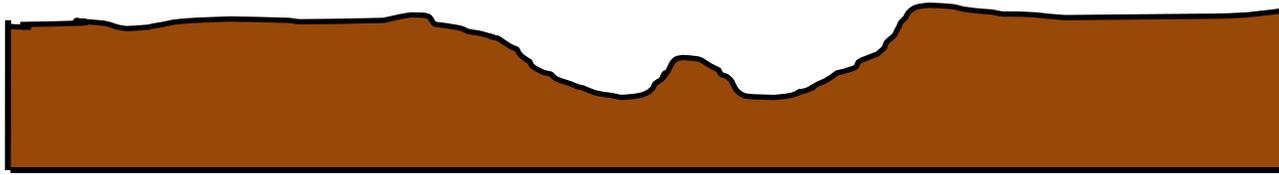


**Une vue oblique de la montagne centrale, de ses strates, de l'ellipse prévue pour l'atterrissage, de la situation du site d'atterrissage du 6 août 2012, et de la « cible ».**

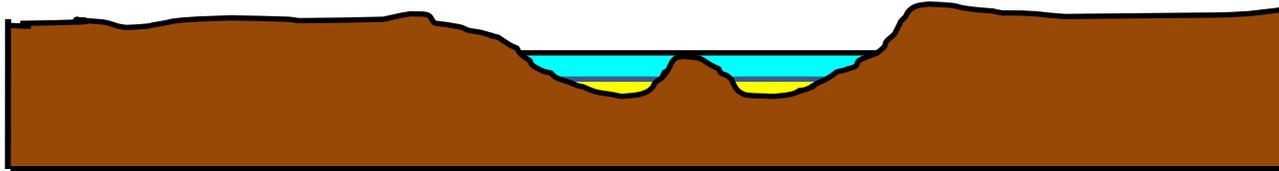


**Montage d'images obtenues depuis l'orbite montrant la « cible », coupe alléchante du Mont Sharp ainsi que sa minéralogie révélée par des études spectrales. On a devant nous 2 000 m d'épaisseur (combien de millions d'années ?) d'histoire martienne !**

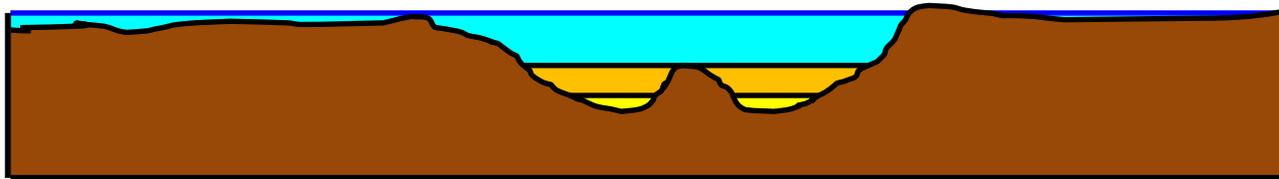
# Histoire géologique du cratère Gale (version « optimiste »)



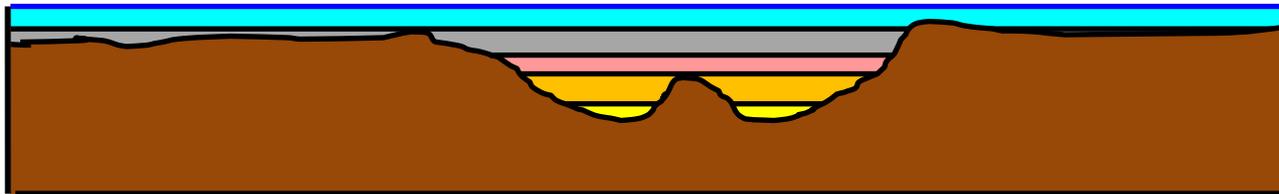
(1) cratère de météorite, avec érosion interne (et dépôts)



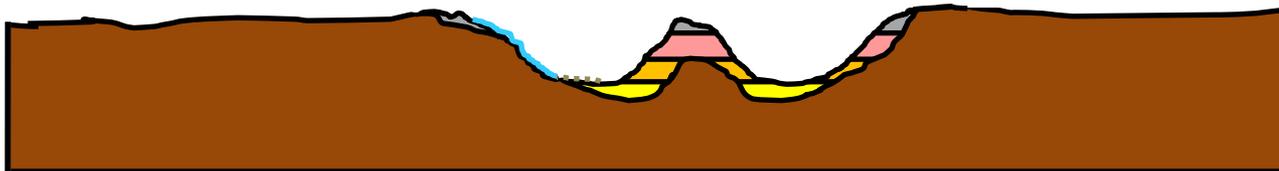
(2) Le cratère se remplit d'eau et la sédimentation commence. L'eau peut être temporaire, avec alors érosion et dépôts à l'air libre.



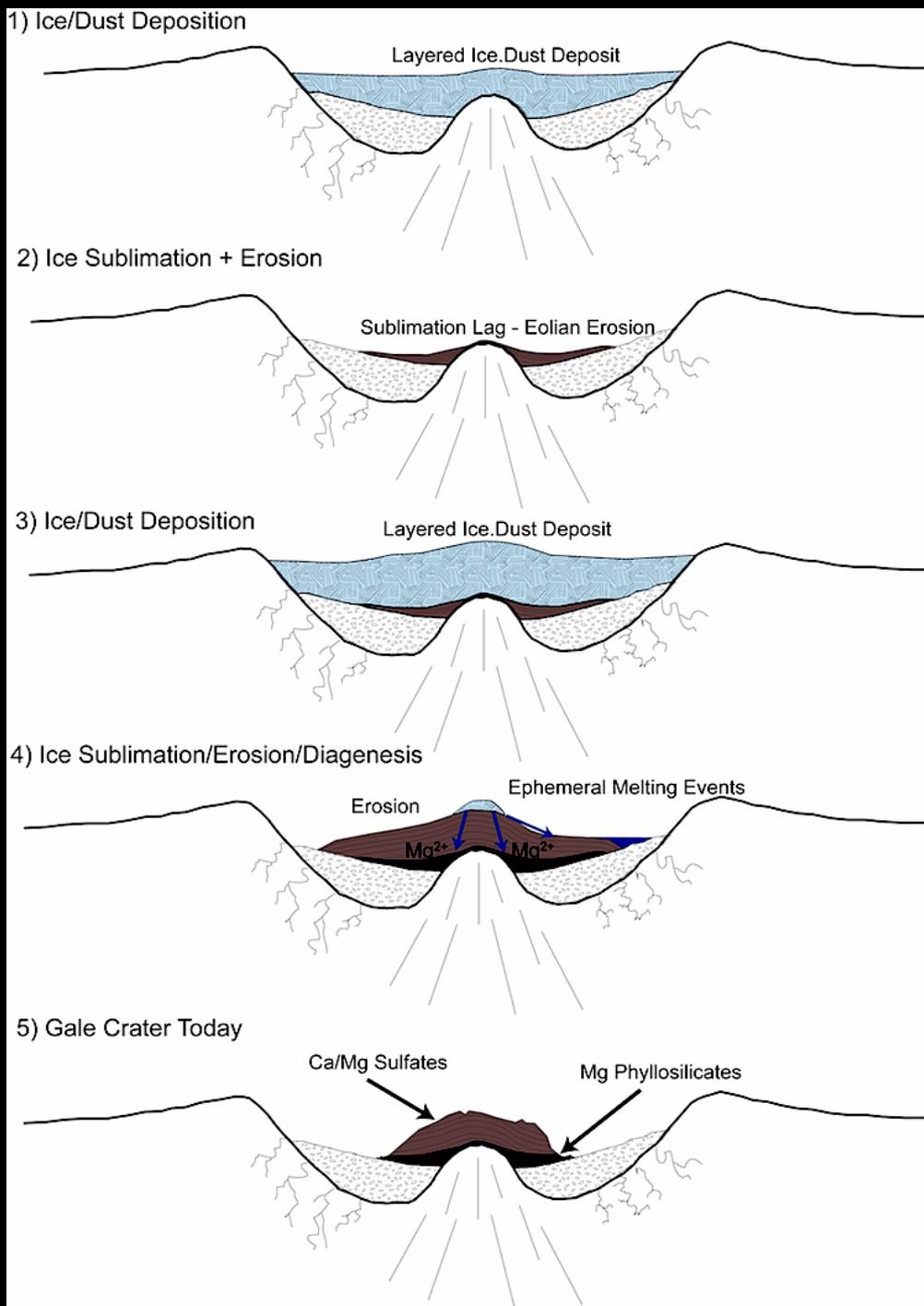
(3) l'eau revient, plus haut, et la sédimentation reprend (ou continue)



(4) l'eau est à son maximum et la sédimentation remplit tout le cratère



(5) l'érosion enlève presque tous les sédiments, sauf localement dans le cratère. Dépôts de cônes alluviaux



**Histoire géologique du cratère Gale (version « pessimiste ») : les dépôts ne se seraient pas en majorité déposés sous l'eau, mais résulteraient de processus éolo-glaciaires. Ce serait nettement moins intéressant !**

**On peut aussi faire du Mont Sharp une mégadune complexe, ou toutes combinaisons des trois scénario ...**

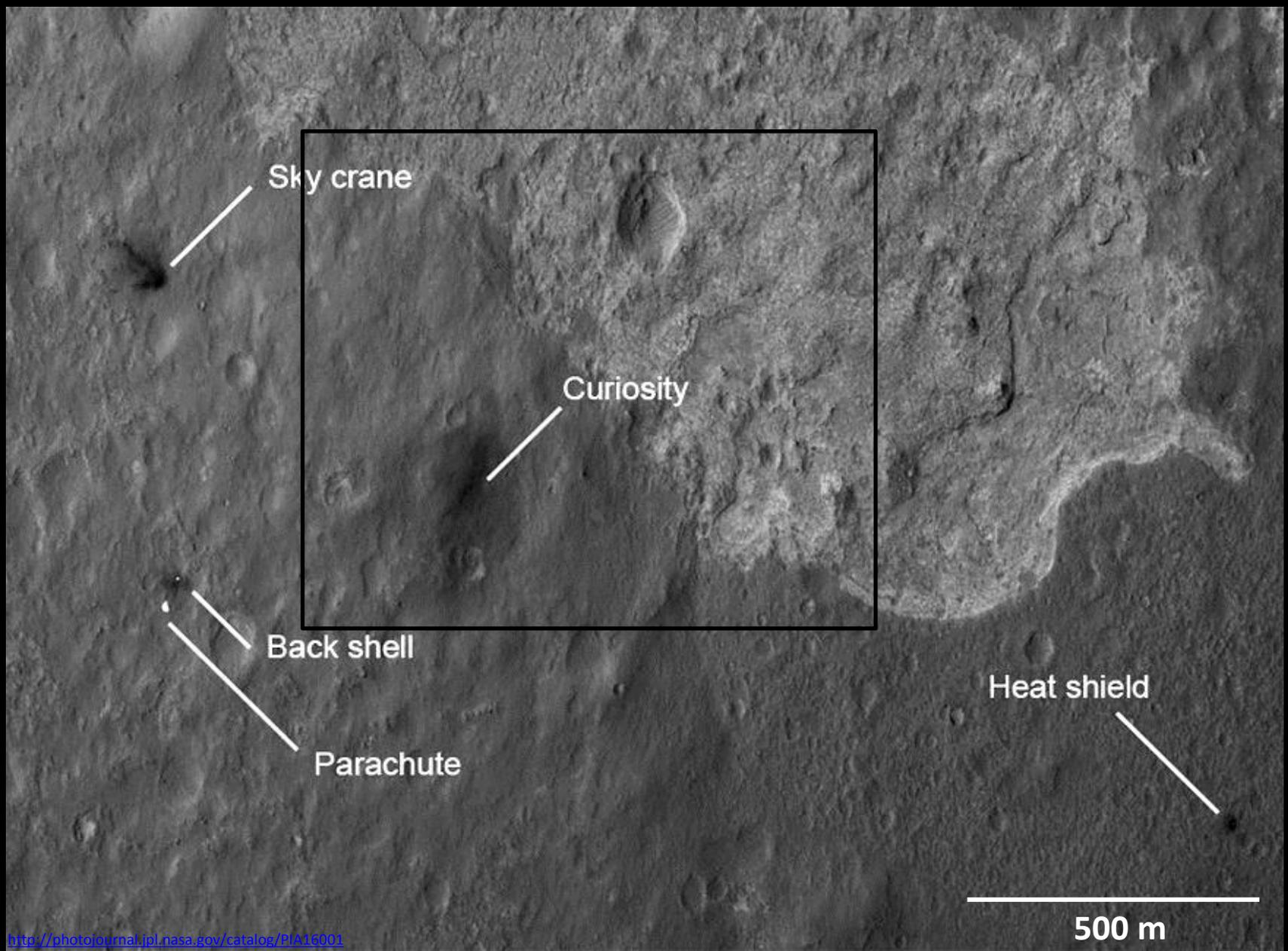
# Histoire de la mission Mars Science Laboratory et de son « rover » Curiosity

- 2003-2007 : phase de conception
- 2007-2008 : test, essais ...

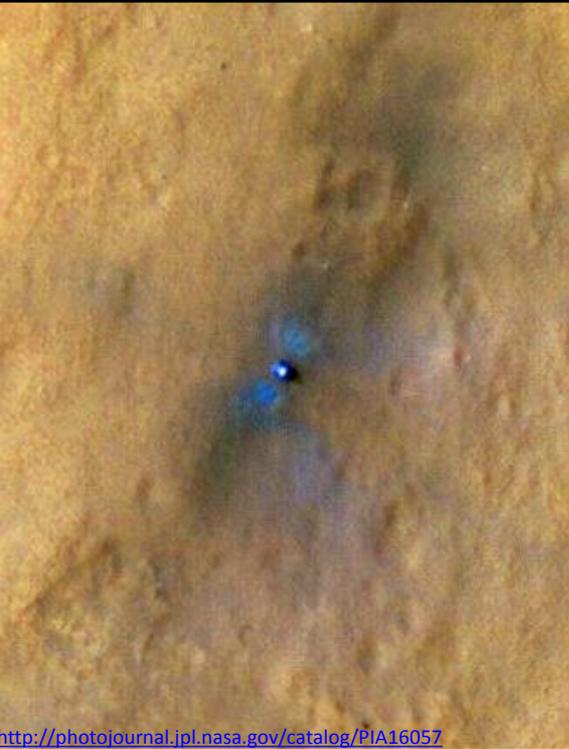
Difficultés. Le départ prévu pour 2009 est reporté à la fenêtre suivante (novembre – décembre 2011)

- 26 novembre 2011 : lancement
- Arrivée le 6 août à 7h 31 heure française
- On a fêté avant-hier son 1<sup>er</sup> anniversaire sur Mars

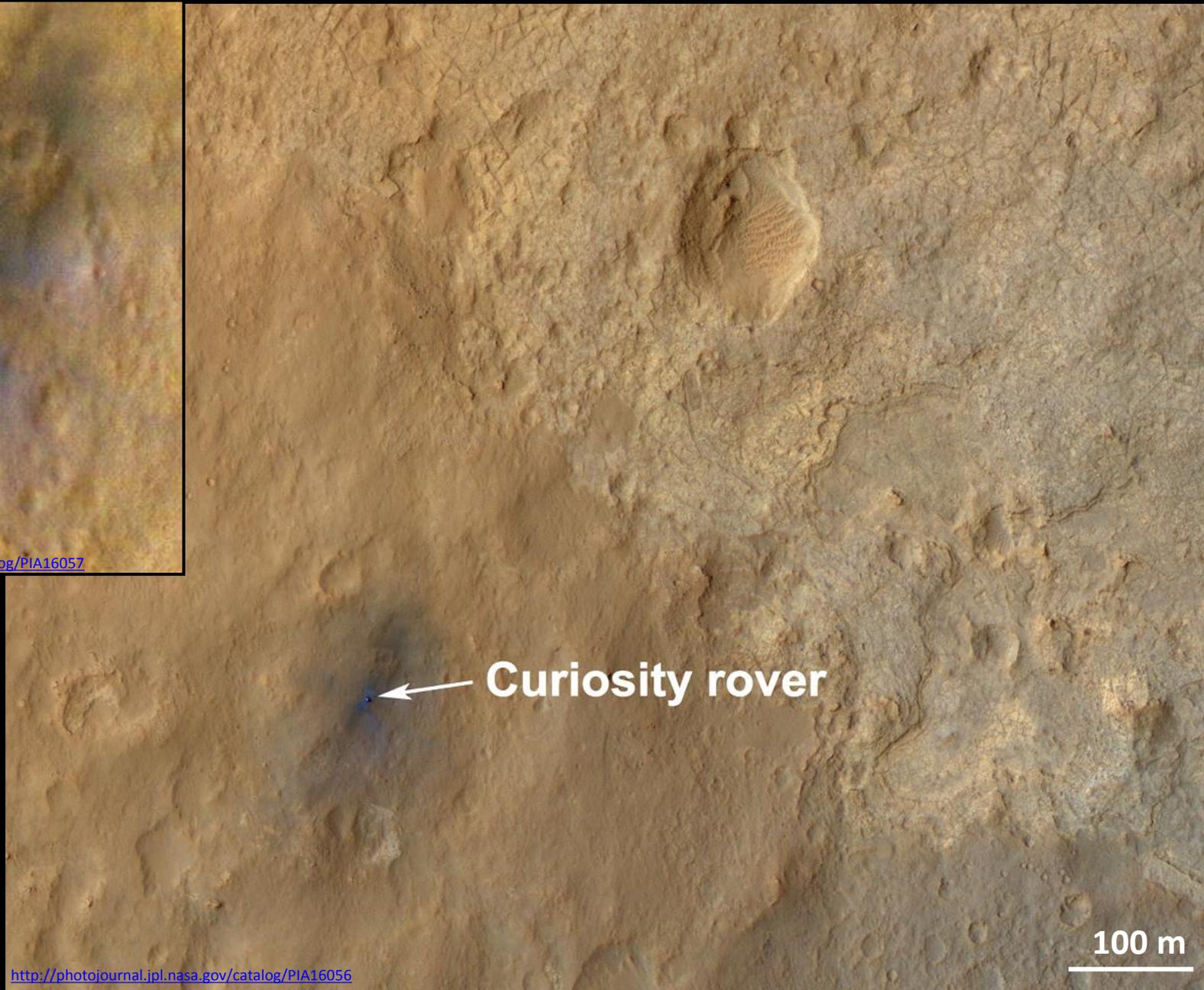




## Les « débris » de l'atterrissage



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16057>



Curiosity rover

100 m

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16056>

**Curiosity vu depuis MRO (350 km d'altitude)**



**D'août  
2012 à  
janvier  
2013, le  
vent fait  
bouger le  
parachute,  
et enlève  
progressi-  
vement la  
poussière  
noire  
autour de  
la coquille  
arrière.**

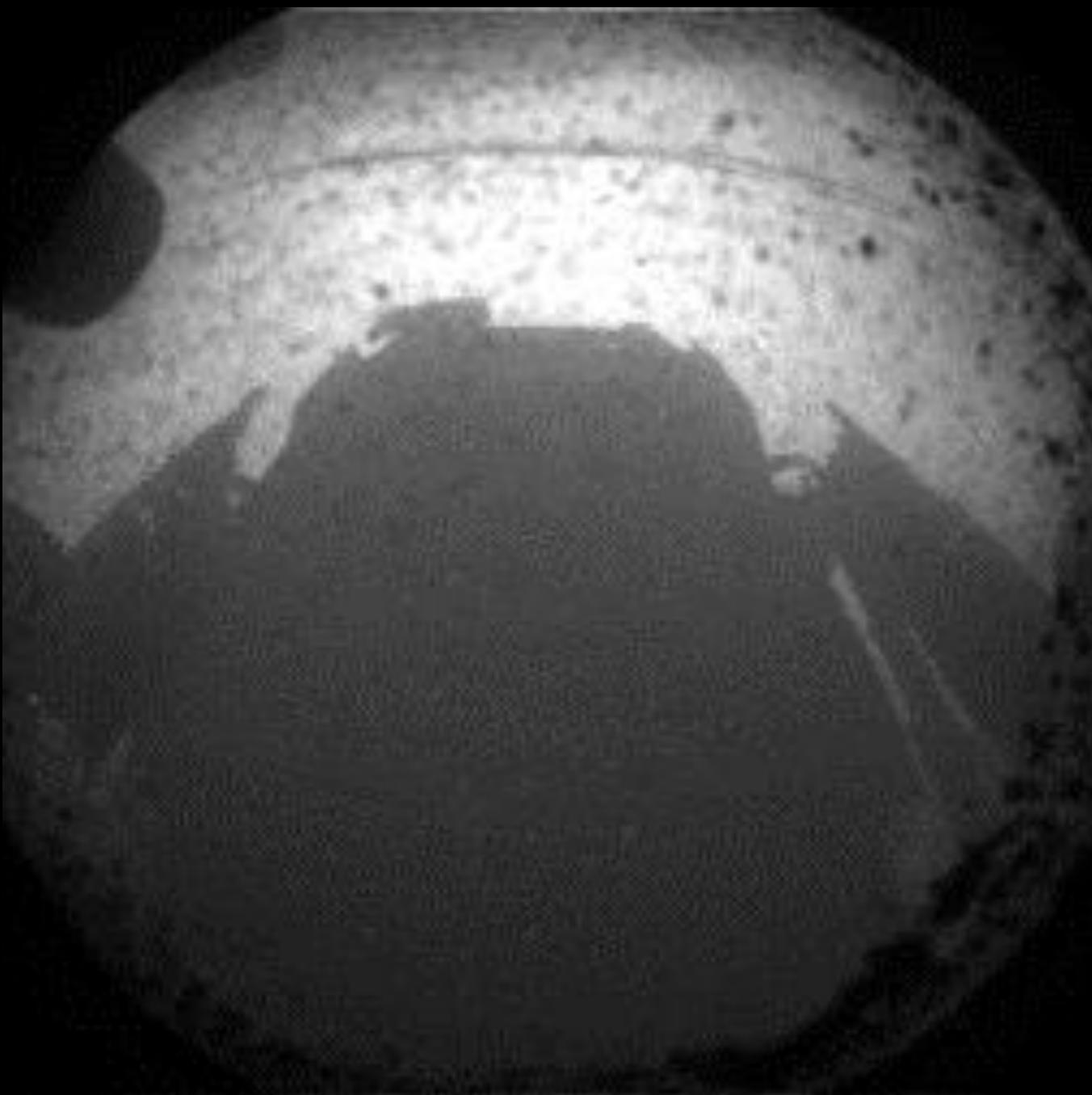
**Aug 12, 2012**

# Le rover Curiosity : ses buts scientifiques.



- Recenser les composés avec carbone réduit (qu'on appelle carbone « organique » sans que cela implique une origine biologique) présents à la surface de Mars et établir leur distribution ainsi que leur concentration
- Quantifier les éléments chimiques fondamentaux de la biochimie : carbone, hydrogène, oxygène, azote, soufre et phosphore, et, si possible, la composition isotopique du carbone et de l'oxygène
- Identifier d'éventuelles traces de processus pré-biotiques, voire biologiques
- Caractériser la composition de la surface martienne et des couches superficielles du sol d'un point de vue minéralogique et chimique (et si possible isotopique dans le cas des composés volatils)
- Comprendre les processus et les conditions de formation et d'altération des roches et des sols sur Mars
- Apporter des éléments pour comprendre le schéma d'évolution de l'atmosphère de Mars sur les quatre derniers milliards d'années
- Établir les cycles de l'eau, du dioxyde de carbone, (voire du méthane) sur Mars ainsi que la distribution actuelle de ces molécules sur la planète





**Une des 1ère images «publiées». Elle est prise par une des caméras « fish-eye » situées sur les flancs de Curiosity, volontairement dégradée (économiser. Les transmissions). Beaucoup de « saleté » sur l'objectif. On voit l'ombre du rover, et une énigmatique ligne courbe**

**Le 6 aout 2012**



Le 8 aout 2012

Et le surlendemain, haute résolution, nettoyage des objectifs et « filtre informatique ». C'est mieux.



**Photo « détordue », avec le Mont Sharp (5 000 m de hauteur) situé à une vingtaine de km.**  
**Puis arrivent les images prises par les caméras du mat.**



Publiée « que » le 28 août (N&B publiée le 20 août)

**Curiosity commence donc à faire de belles images, et la Nasa réalise les superbes mosaïques dont elle à l'habitude. En voici une sur 360°, la première en couleur où l'on voit la totalité du Mont Sharp, avec des « morceaux » de rover au 1<sup>er</sup> plan. On voit très bien les traces des 4 rétrofusées (on voit mal qu'elles sont de part et d'autre du rover sur ce panorama 360°). On va voir à la fin (si on a le web et le ... temps) un panorama circulaire, et dès maintenant une série de zooms vers le Sud-Est (le Mont Sharp) et un zoom vers le Nord (bordure du cratère Gale).**

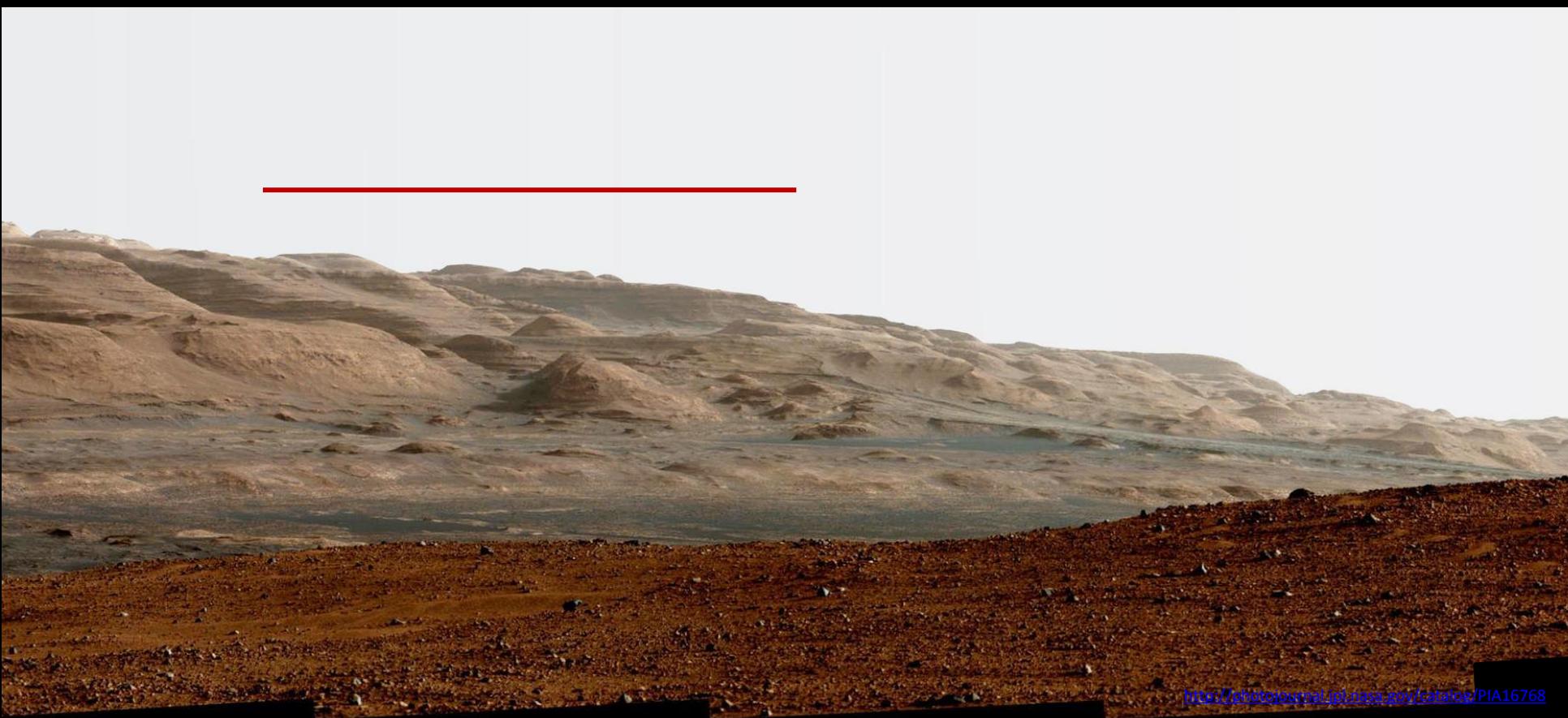


**Et voici un zoom sur le Mont Sharp (ou Aeolis), 5 000 m au dessus de la plaine, le but du voyage. Sa base est à environ 5 km, son sommet à 20 km. C'est vers son flanc NO, à droite de la photo, que va se diriger Curiosity après sa 1ere année. Voici quelques zooms et diapos explicatives de ce flanc NO. Le prochain zoom est à l'aplomb du trait rouge.**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16768>

**Zoomons encore !**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16768>

**Zoomons encore !**

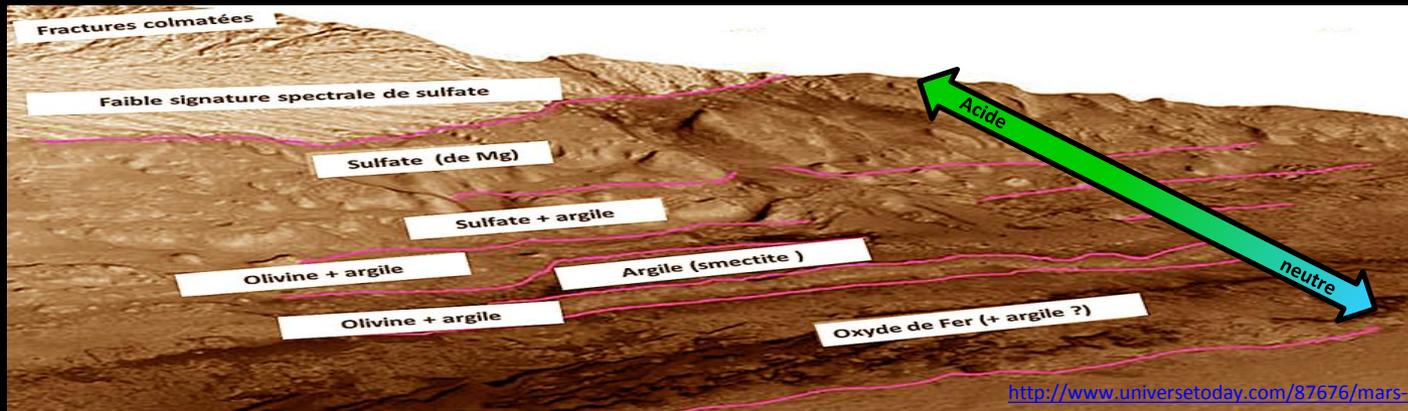




**Ca a un petit air de déjà vu, n'est ce pas (ici quelque part dans l'Est de l'Arizona)**

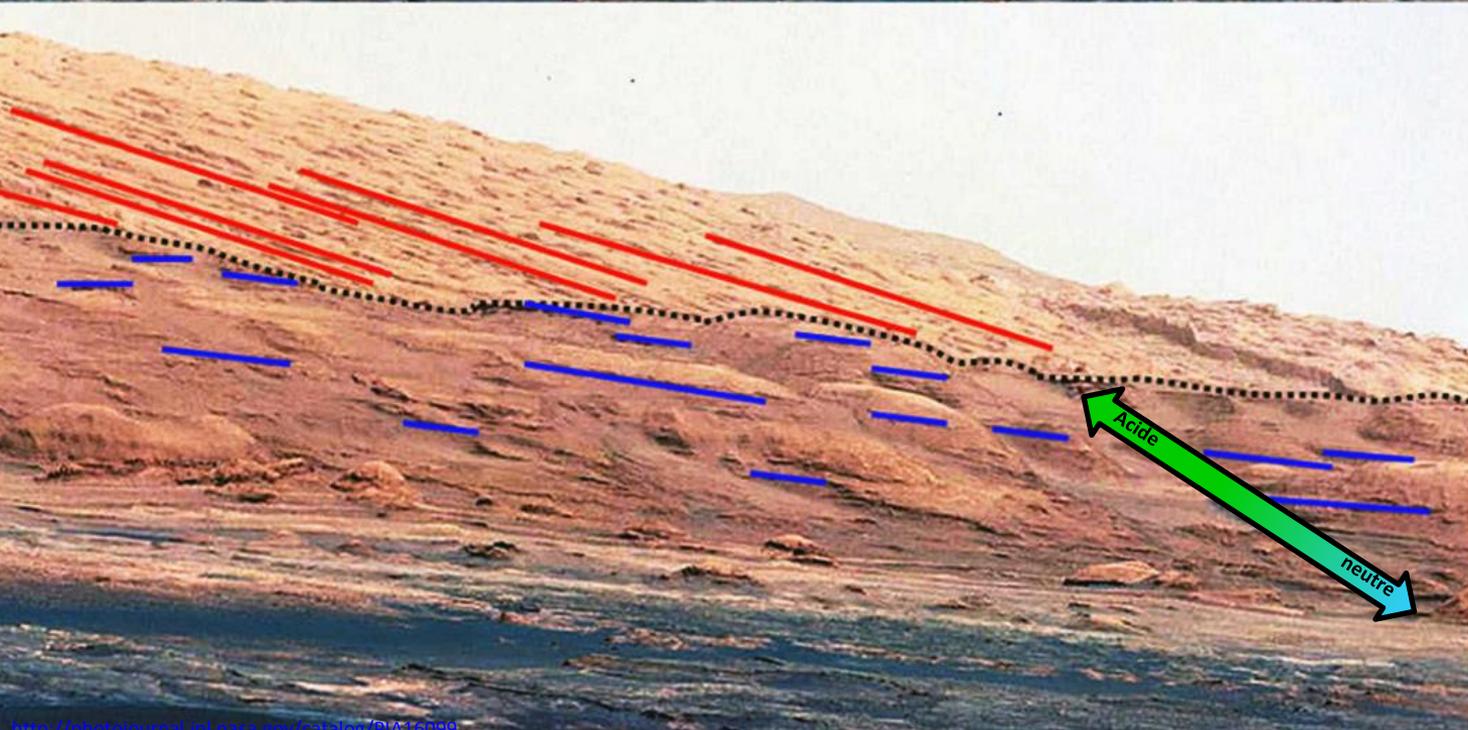
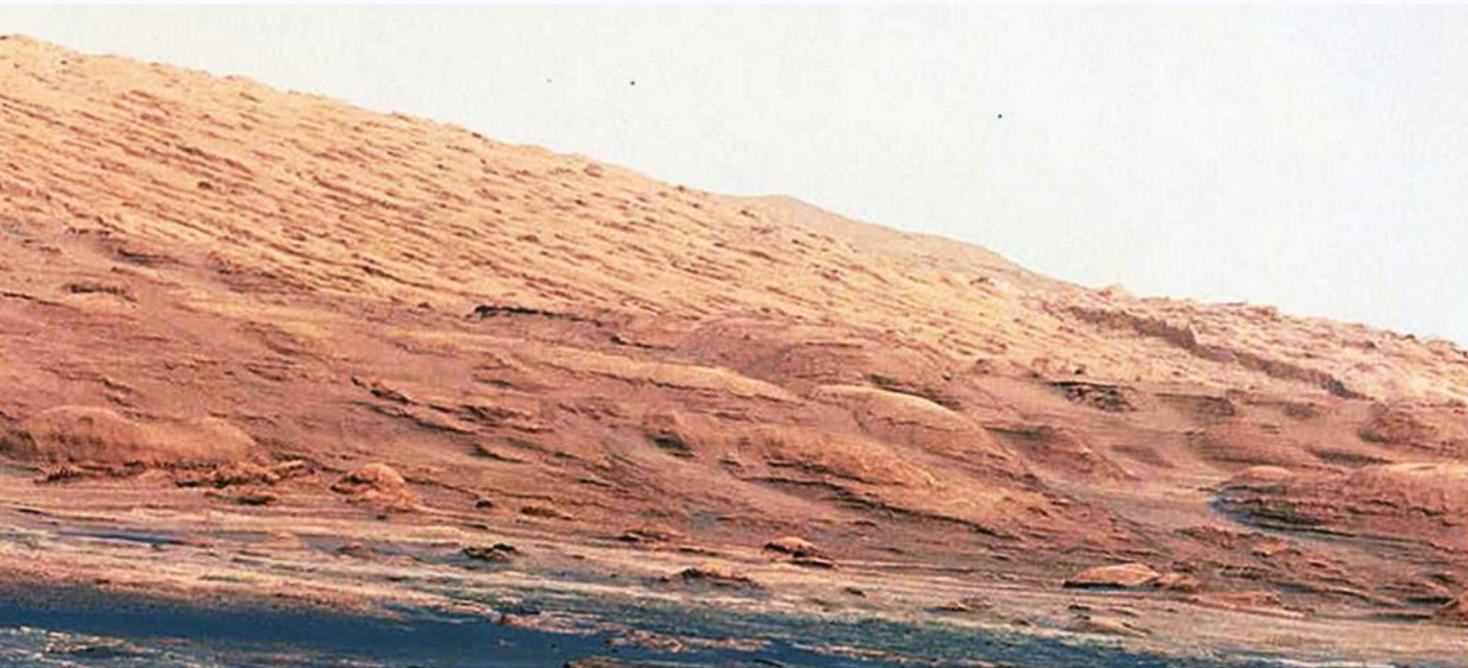


<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16768>



<http://www.universetoday.com/87676/mars-science-lab-rover-will-land-in-gale-crater/>

**Et voici pourquoi ce secteur est à priori intéressant.  
A la base, d'après les études minéralogiques  
orbitales, le milieu aqueux a changé. Il faut aller voir!**



Et la géométrie des couches change vers le sommet. Entre le haut et le bas, trois conditions de sédimentation différentes

Des conditions pré-biotiques, voire biotiques ont-elles régné dans 1, 2 ou 3 de ces étapes ?



**Une autre série de zooms sur le centre  
du Mont Sharp**



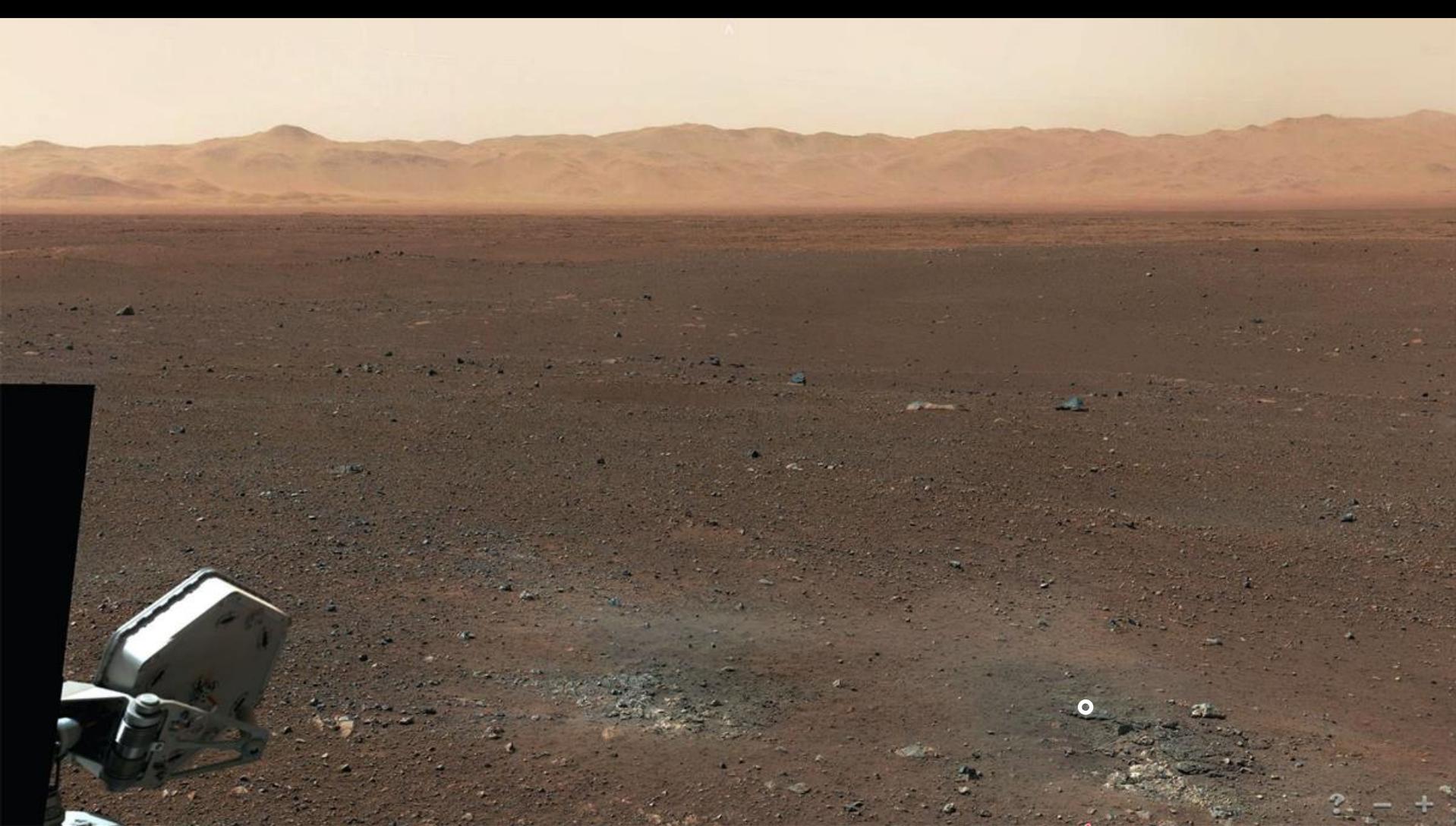
---

**Une autre série de zooms sur le centre  
du Mont Sharp**

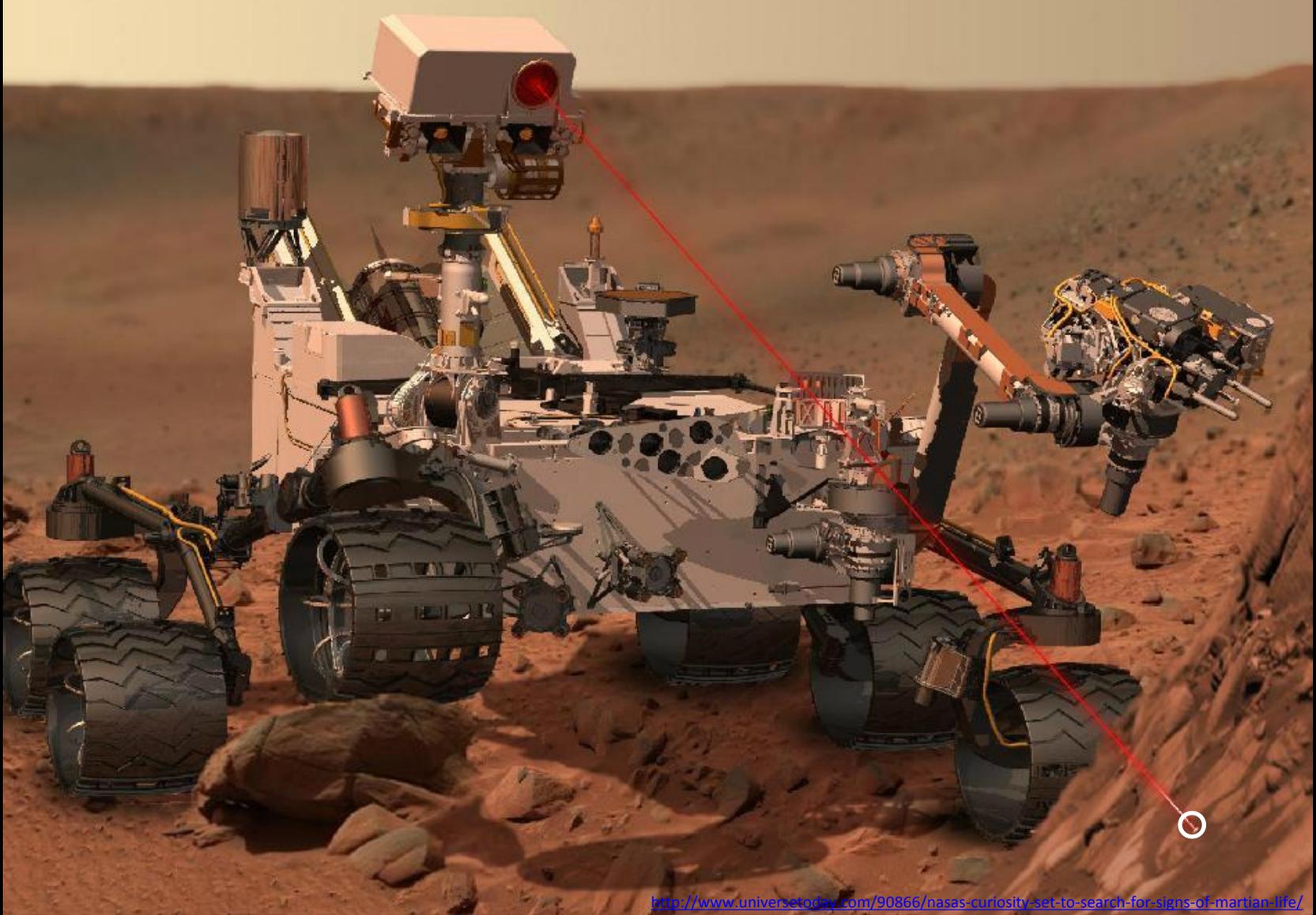


<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16768>

**La finesse et l'étendue de certaines couches laissent perplexes !**

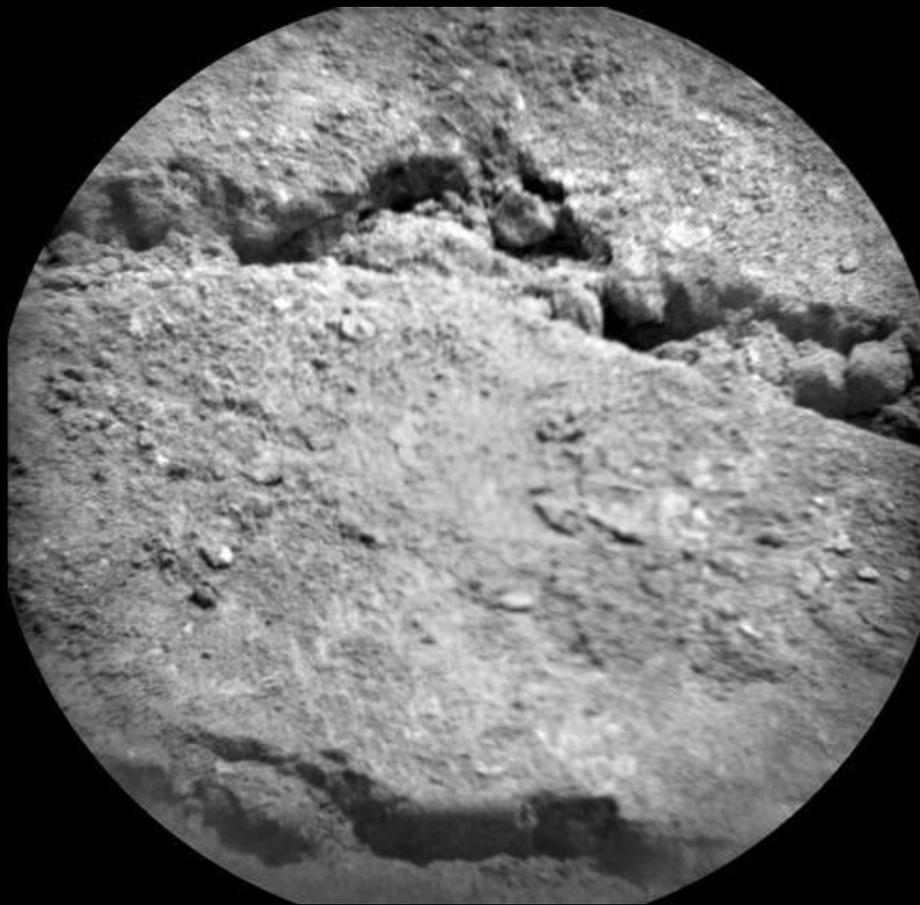


**Et voici le bord du cratère Gale, à 20 km au Nord.**  
**Avant de partir, on teste les instruments scientifiques, et surtout ChemCam. On tire au laser sur le « cercle blanc »**



<http://www.universetoday.com/90866/nasas-curiosity-set-to-search-for-signs-of-martian-life/>

**ChemCam = *CHEMistry CAMera* (instrument français) a été essayé, et ça marche !** Jean-Baptiste SIRVEN a pu nous expliquer ça dimanche 4 de 14h30 à 16h30 ou lundi 5 de 10h à 12h

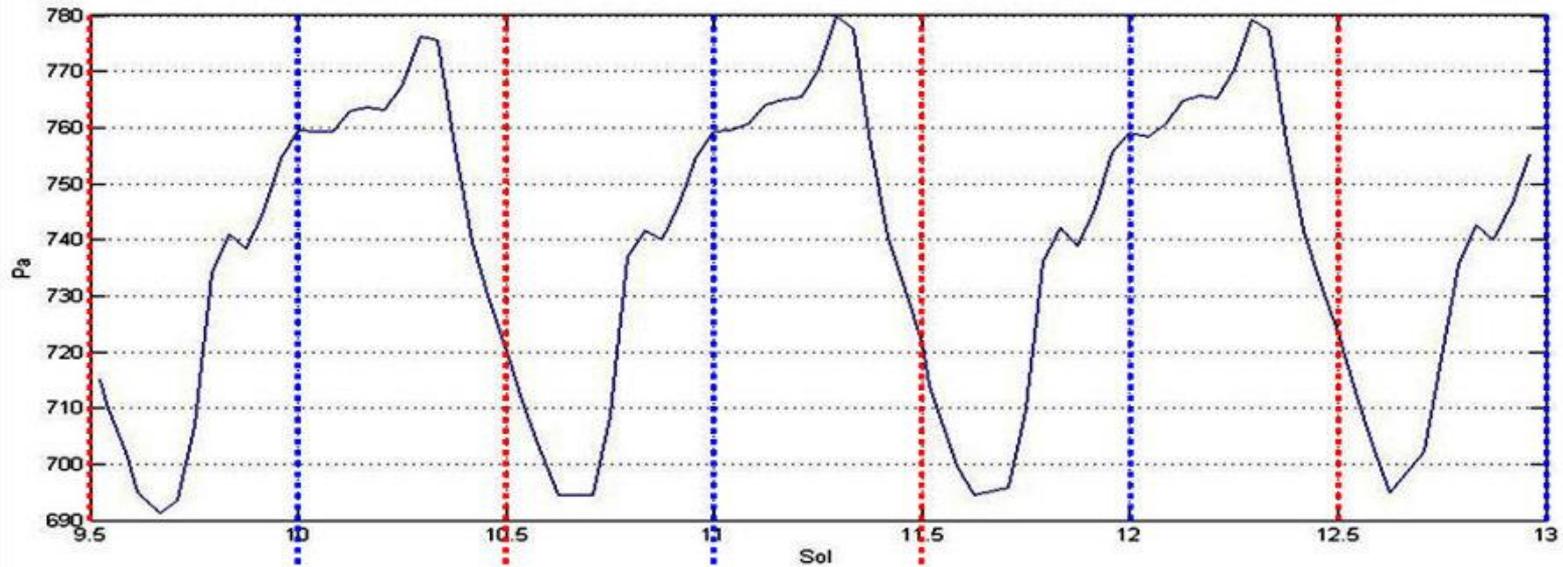


<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA15695>

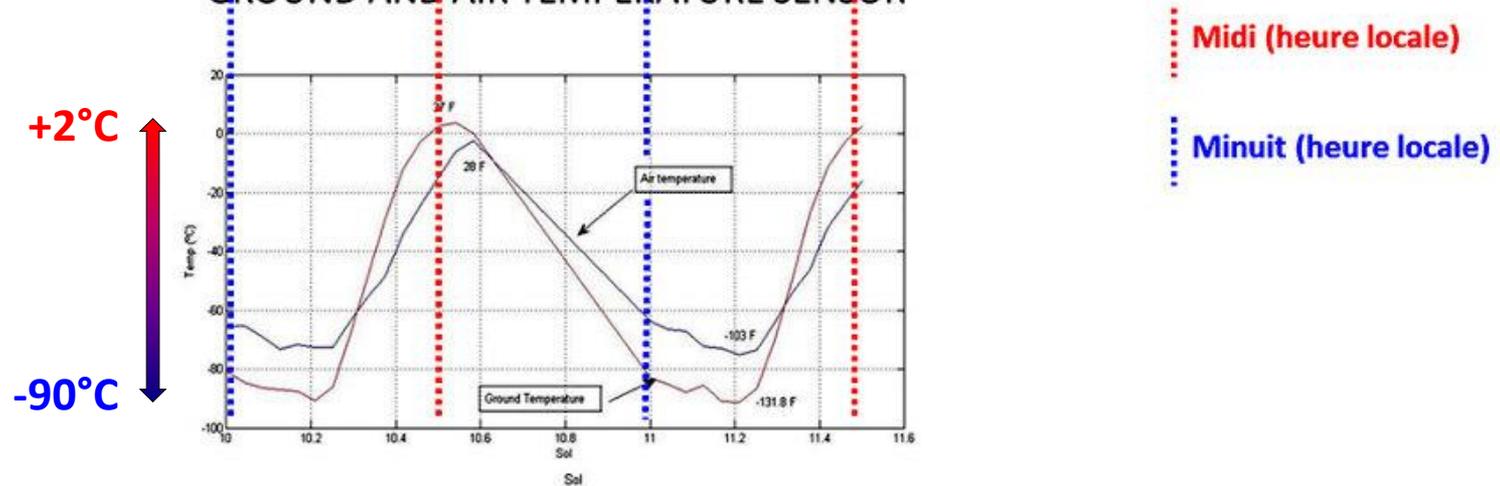
← 8 cm →

**Une cible avant et après des essais de Chemcam (50 tirs par point). En faisant le spectre émis par la roche vaporisée à Ultra Haute Température, on connaît sa composition chimique (x % de Si, y % de Ca, z % de S ...)**

# PRESSURE SENSOR



# GROUND AND AIR TEMPERATURE SENSOR



On fait aussi de la météo. Voici l'évolution de la pression et de la température du 15 au 18 août 2012



**Le bras porte-instruments a été sorti le 20 août 2012. La caméra « microscope » fonctionne (il s'est testé sur le rover lui-même). Il réserve mini forages, prélèvements, analyses ... pour quand ça vaudra le coup.**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16092>

**Et voici les images des premiers tours de roues qui datent du 22 août 2012 (sol 16). On voit très bien les traces des 4 rétrofusées de part et d'autre de la position initiale du rover, traces faites pendant la phase de vol stationnaire et de la dépose par « grutage ».**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA15697>

**On s'éloigne (30 août 2012) ...**



10 cm

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16156>

**Début septembre 2012 (sol 27 à 39), on commence à voir des « cailloux » intéressants, cailloux qui forment des bancs qu'on peut suivre sur plusieurs mètres.**



**Deux micro-détails**

Mars

Terre



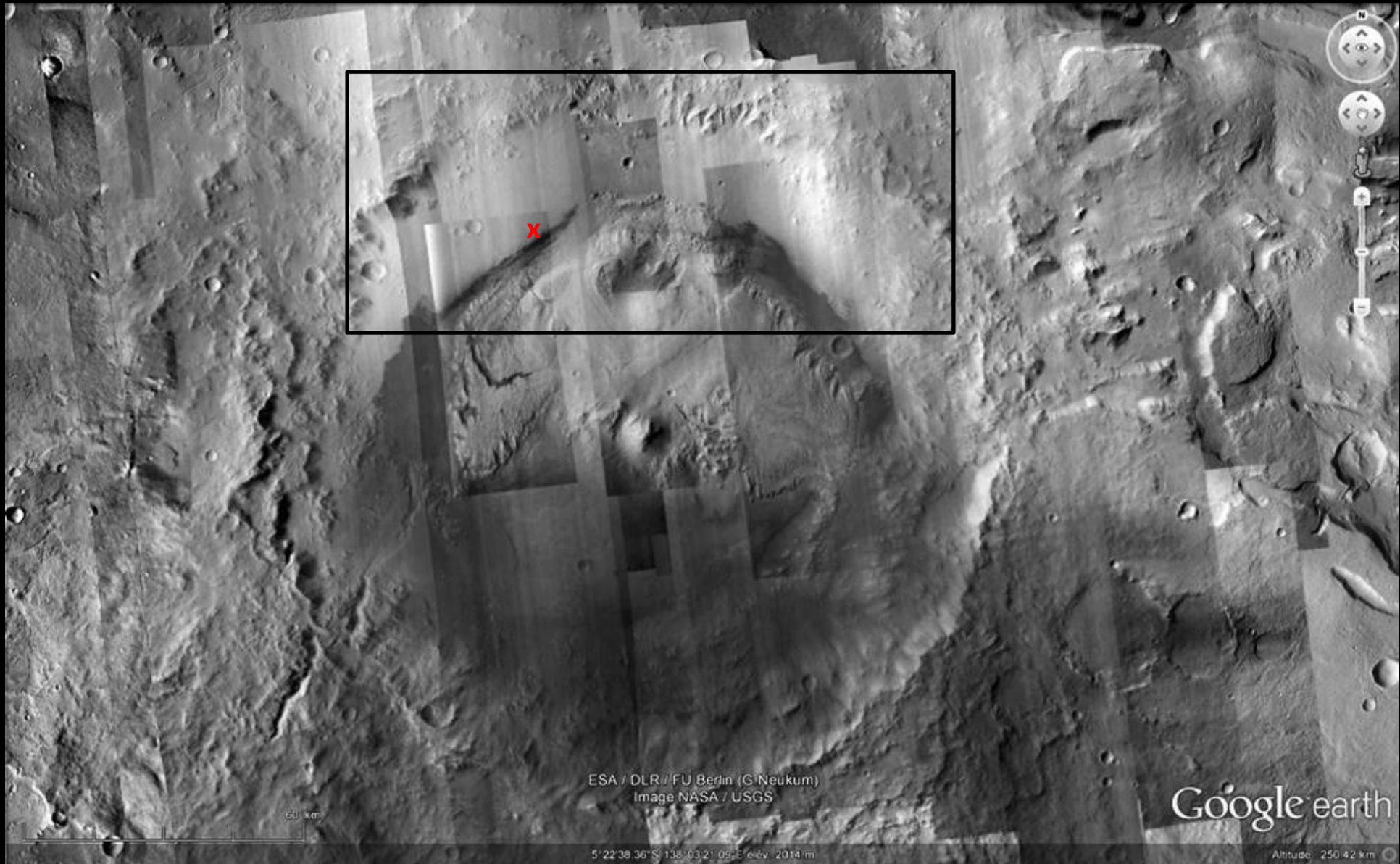
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16189>

**Une comparaison riche d'enseignements**

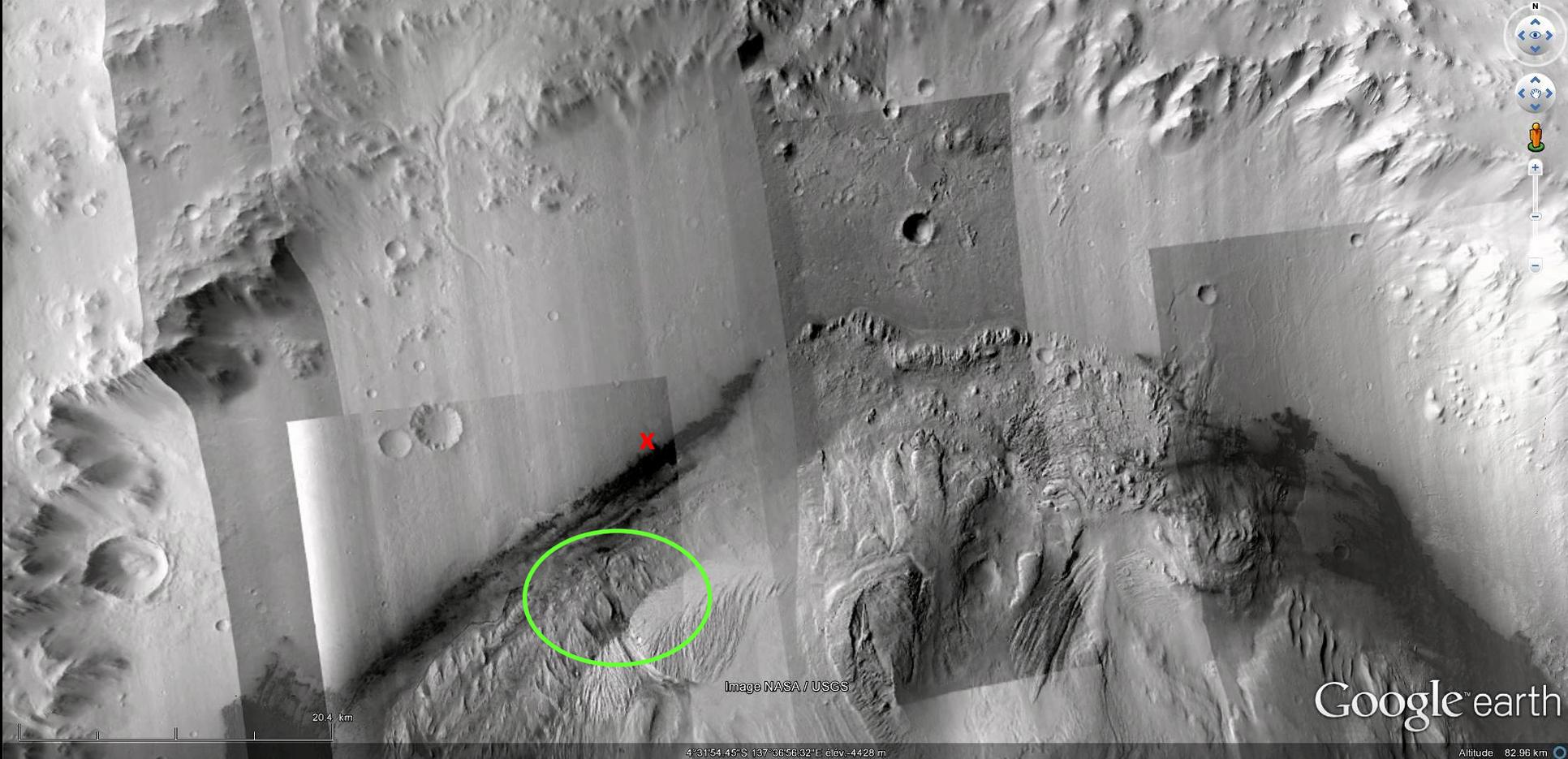


[http://bibliotheque-de-alex-marseille.fr/Affleurements\\_PACA/04\\_tourasas\\_bleons/04\\_terrasses\\_alluv\\_act.htm](http://bibliotheque-de-alex-marseille.fr/Affleurements_PACA/04_tourasas_bleons/04_terrasses_alluv_act.htm)

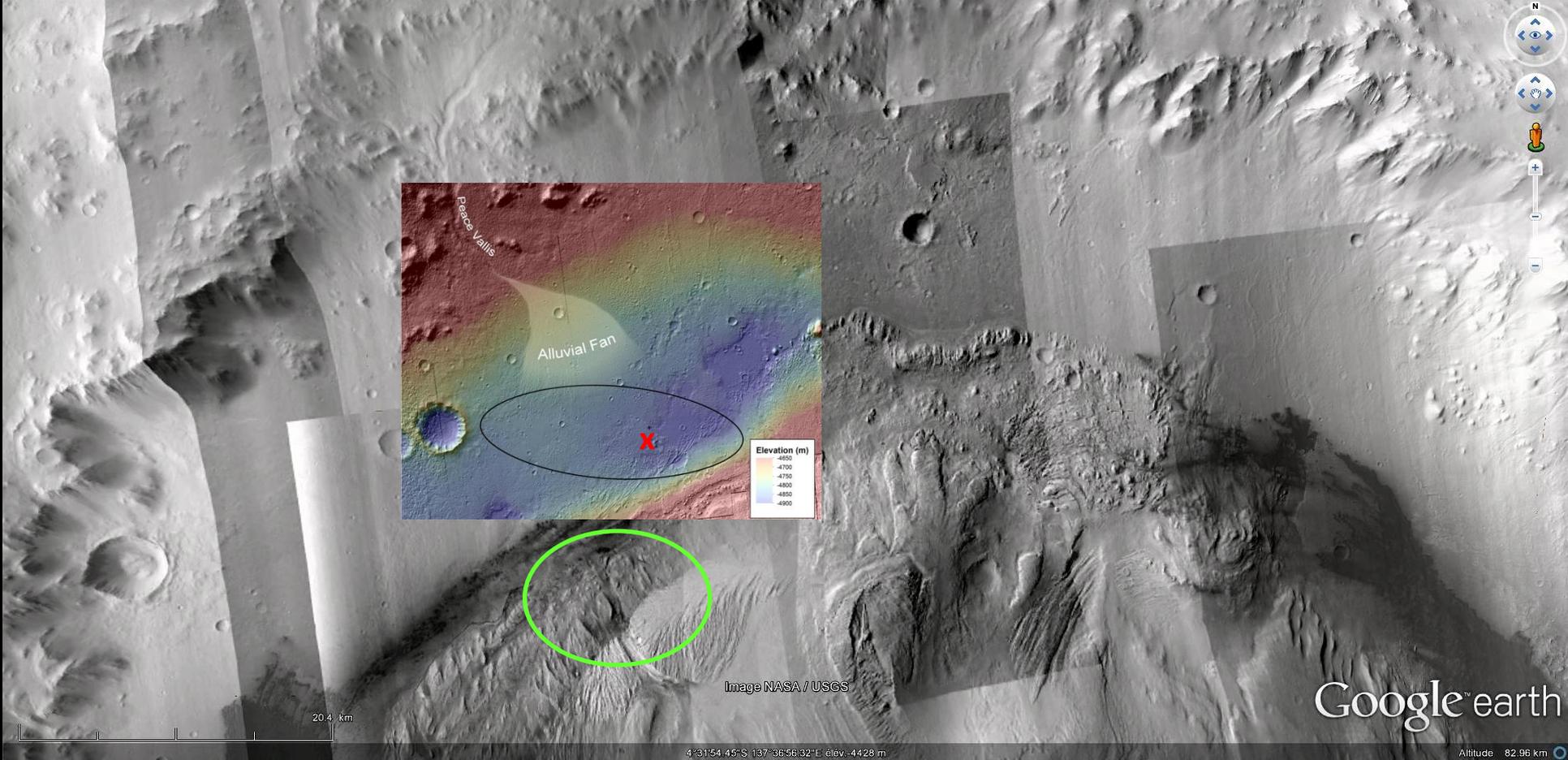
**Un équivalent du contexte géologique**



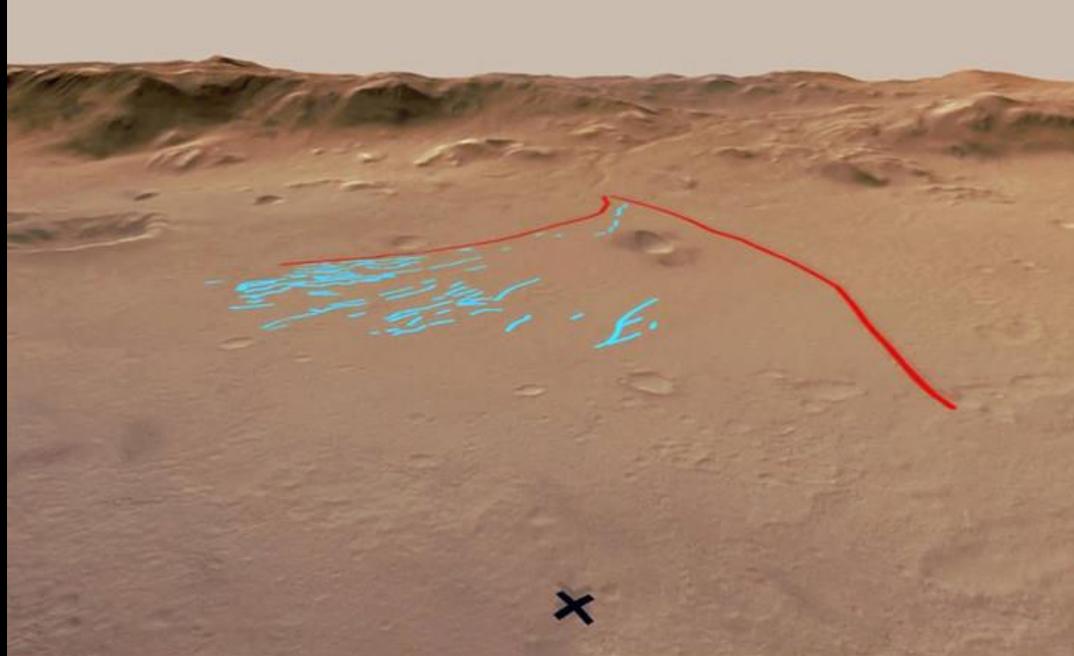
**Resituons cet affleurement dans le cratère Gale**



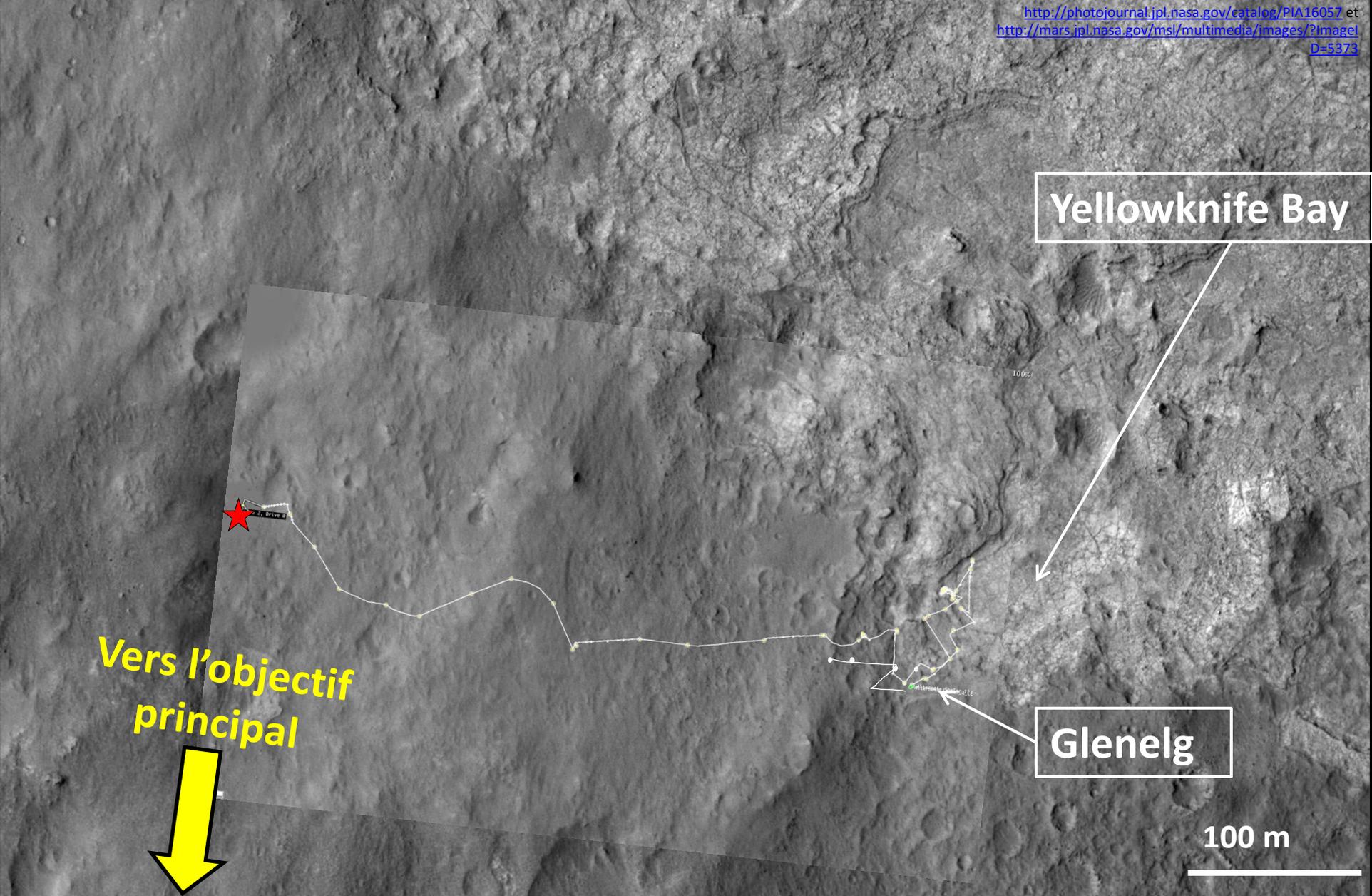
**... dans le Nord du cratère Gale. On est sur un cône de déjection torrentiel (on sait depuis au moins 2 ans qu'il y a un cône à cet endroit). On trouve ce qu'on s'attendait à trouver, normal, mais ce n'est pas l'objectif principal.**



**... dans le Nord du cratère Gale. On est sur un cône de déjection torrentiel (on sait depuis au moins 2 ans qu'il y a un cône à cet endroit). On trouve ce qu'on s'attendait à trouver, normal, mais ce n'est pas l'objectif principal.**



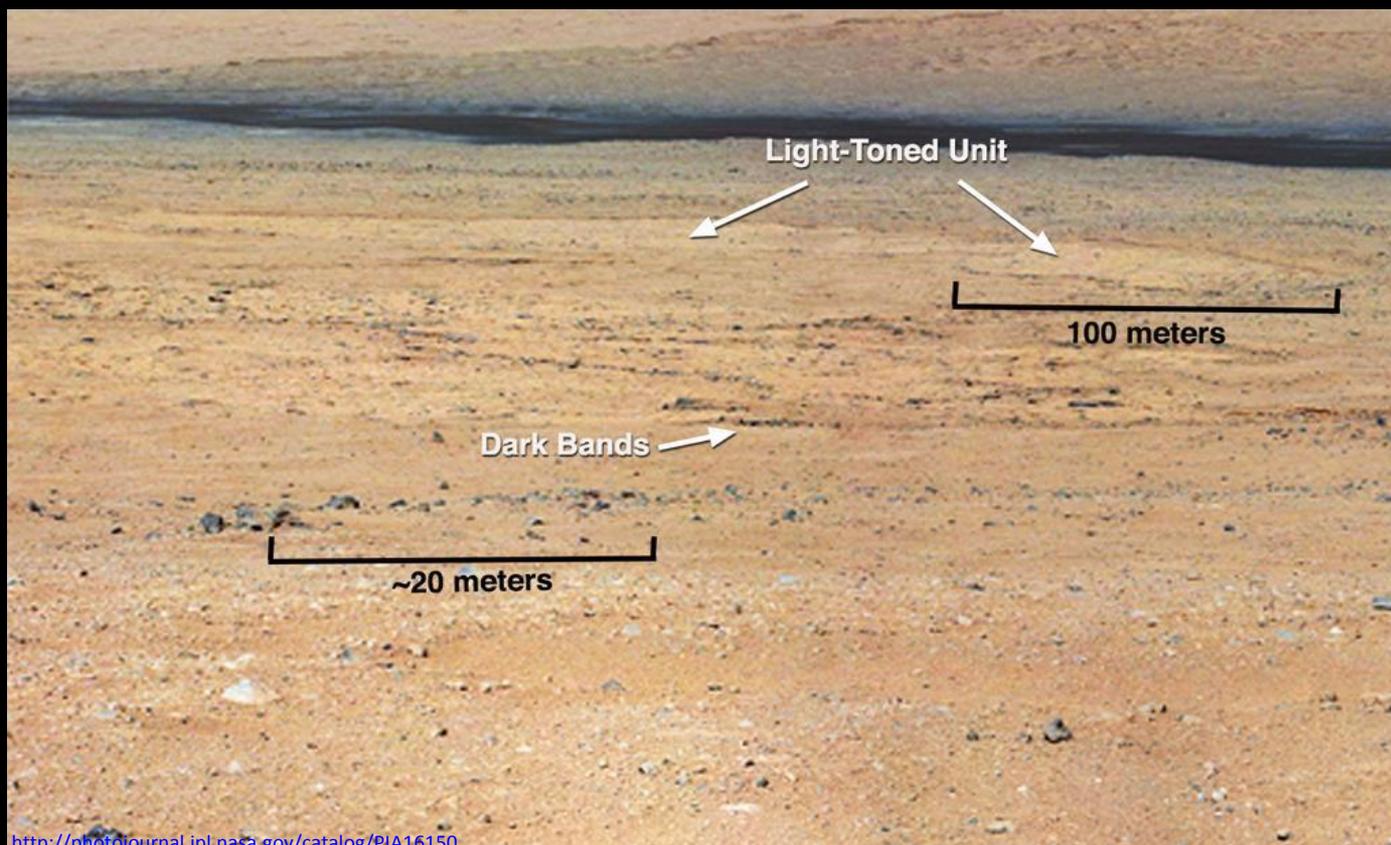
**Interprétation  
« Nasa » du cône  
de déjection  
martien, et un  
équivalent  
terrestre que je n'ai  
pas pu m'empêcher  
de chercher et de  
vous montrer.**



**Les onze premiers mois de trajet - travail jusqu'au sol 327 (8 juillet 2013) : un « détour » à l'Ouest avant l'objectif principal.**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16154>



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16150>

**Le paysage en route vers Yellowknife Bay (image du 19 septembre, sol 43). En noir, le champ de dunes qui empêche d'accéder au Mt Sharp par là.**



**Le 19 septembre (sol 43), la Nasa décide que ce rocher (Jake Matijevic) sera la 1ère cible des instruments du bras manipulateur**



**Le 22  
septembre, il  
a testé  
l'appareil à  
fluo X, la  
caméra très  
haute  
résolution.  
Tout marche.  
Malgré un  
buzz  
médiatique,  
rien de neuf.**



[http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=51&camera=MAST\\_LEFT](http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=51&camera=MAST_LEFT)

**Souvent, comme ici le 28 septembre 2012 (sol 52), la Nasa publie les images qui suivent (et bien d'autres), mais ne fait aucun commentaire géologique. Voici leur contexte, puis des détails et leur interprétation purement personnelle.**



**Le 28 septembre  
(sol 52), on trouve cette image parmi les images brutes. Ça  
fait furieusement penser à de la cryoclastie.**

[http://mars.jpl.nasa.gov/msl/ovltime/na/raw/?s=52&Camera=NAV\\_RIGHT\\_A](http://mars.jpl.nasa.gov/msl/ovltime/na/raw/?s=52&Camera=NAV_RIGHT_A)

[http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=52&Camera=NAV\\_RIGHT\\_A](http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=52&Camera=NAV_RIGHT_A)



Photo Pierre Thomas



Photo Pierre Thomas

**La cryoclastie, c'est la fracturation des roches par le gel (ou peut-être les alternances chaud-froid). Ici, un galet islandais à peine cassé.**

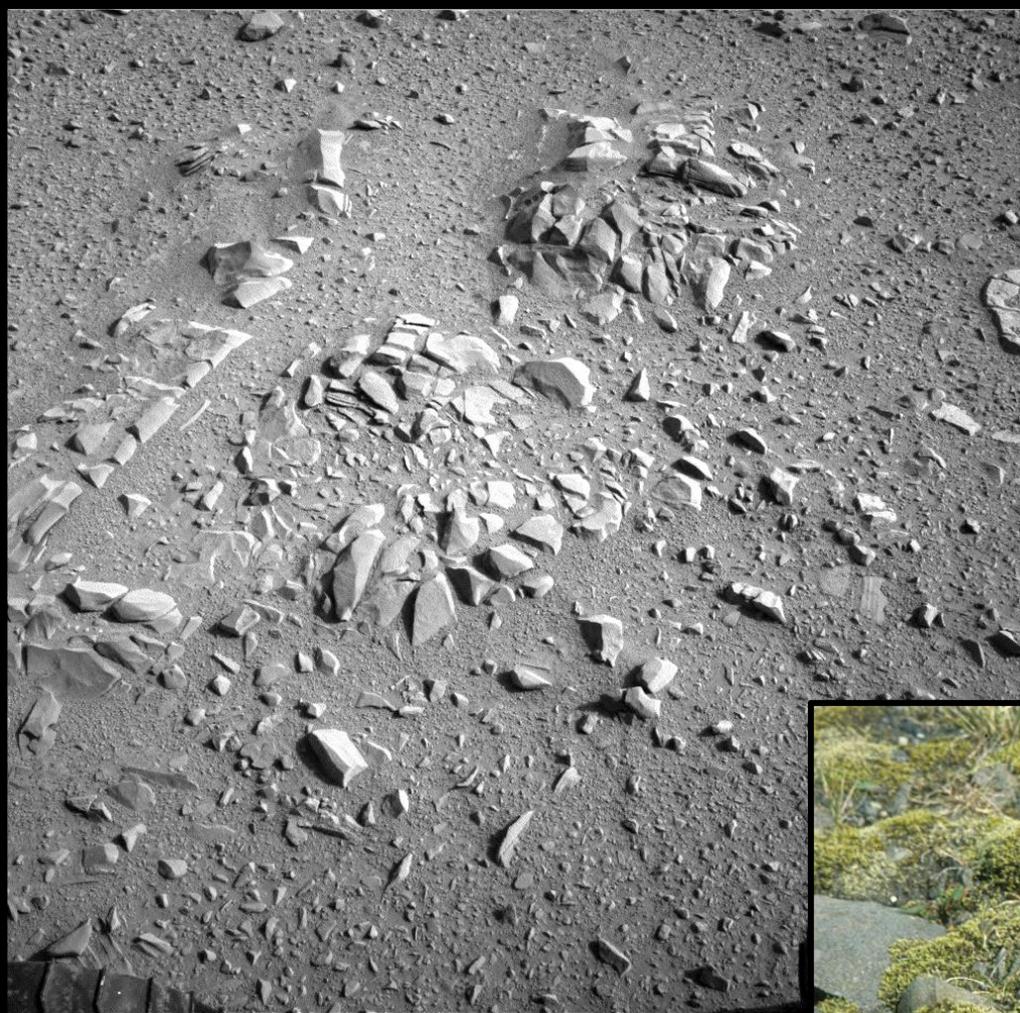


Photo Pierre Thomas

**Là, un autre galet islandais  
complètement éclaté**



Photo Pierre Thomas



**Ca se ressemble,  
n'est-ce pas ?**

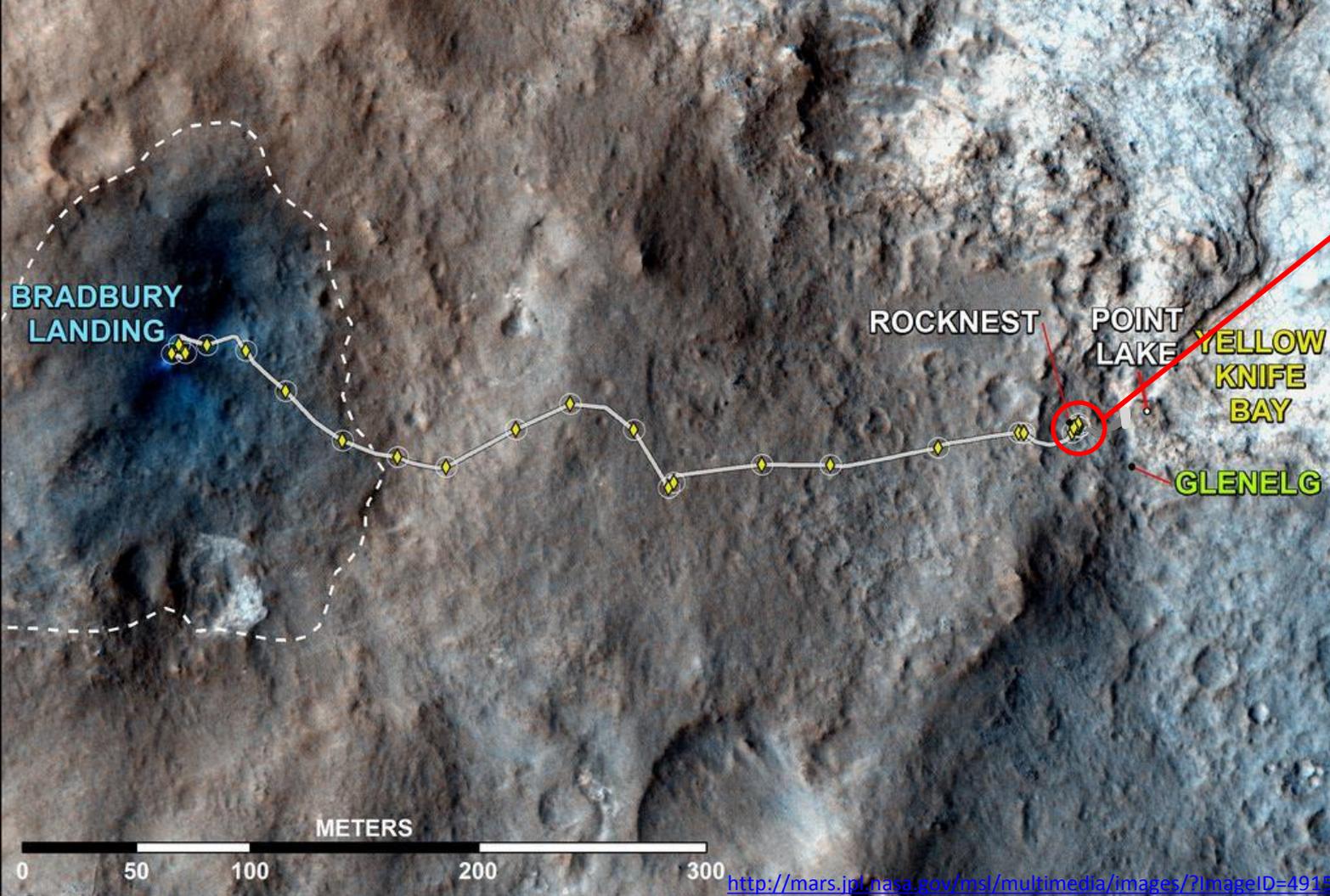
**Les alternances  
chaud-froid sont-  
elles suffisantes  
pour faire éclater  
ainsi la roche,  
puisque'il n'y a pas  
d'alternance eau  
liquide - glace ?  
Mais il ne faut pas  
oublier le givre  
nocturne  
(vapeur → glace)**



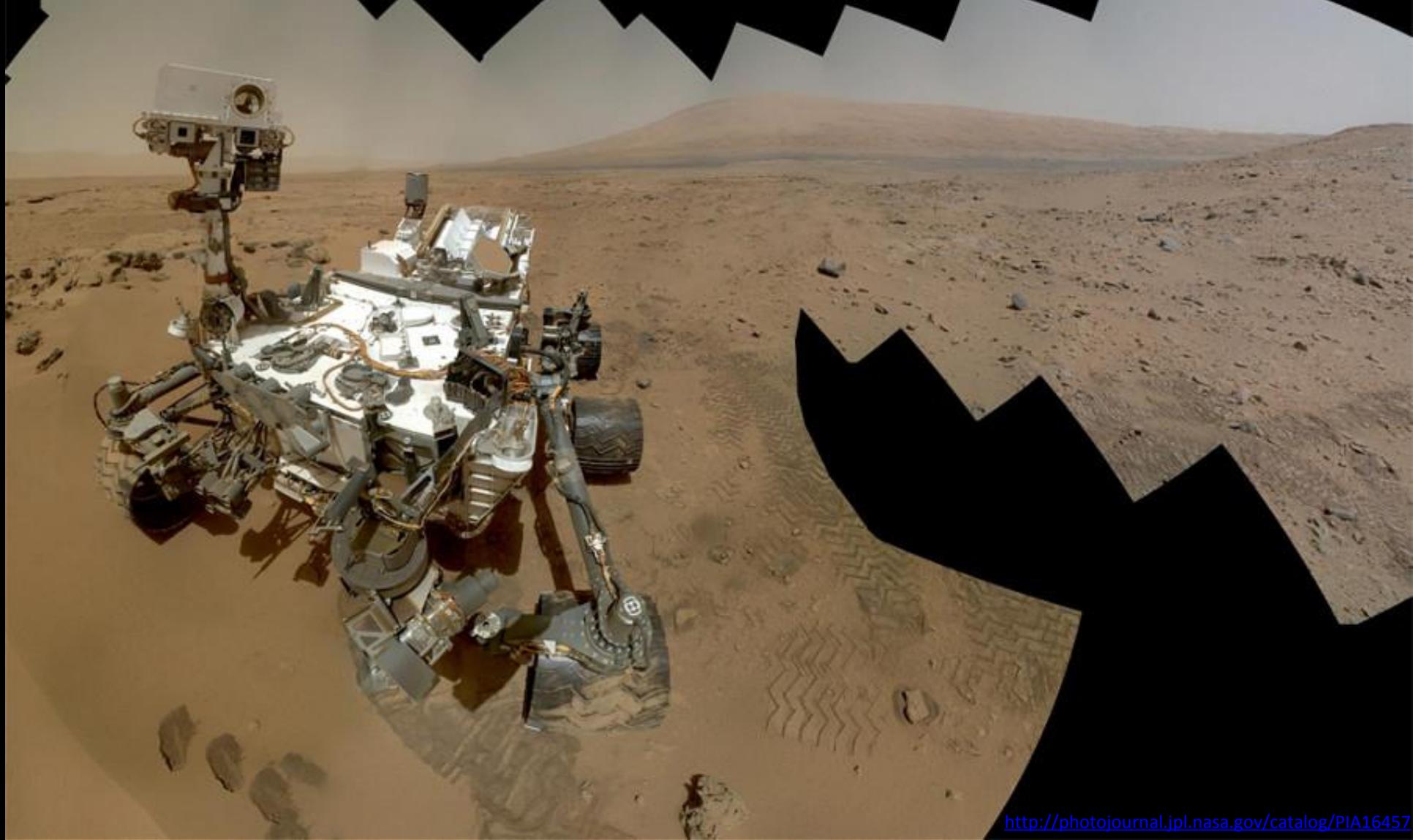
Photos Viking 2, 1976-1977



**Le 2 octobre 2012 (sol 56), on trouve ces 2 images parmi les images brutes. Des roches fines, finement stratifiées (comparez avec la gauche). Quelle variété !**



**Début octobre 2012, la Nasa choisit la zone où elle va tester ses outils de prélèvement et toute ses chaînes analytiques chimiques et minéralogiques : la zone nommée Rocknest, à l'entrée de Yellowknife Bay. Elle va y rester quasiment 2 mois**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16457>

**Avant de commencer à commenter ces analyses, regardons Curiosity, qui peut se faire un autoportrait avec ses 17 caméras, ce qu'il a fait sur ce site où il est resté quasiment 2 mois.**

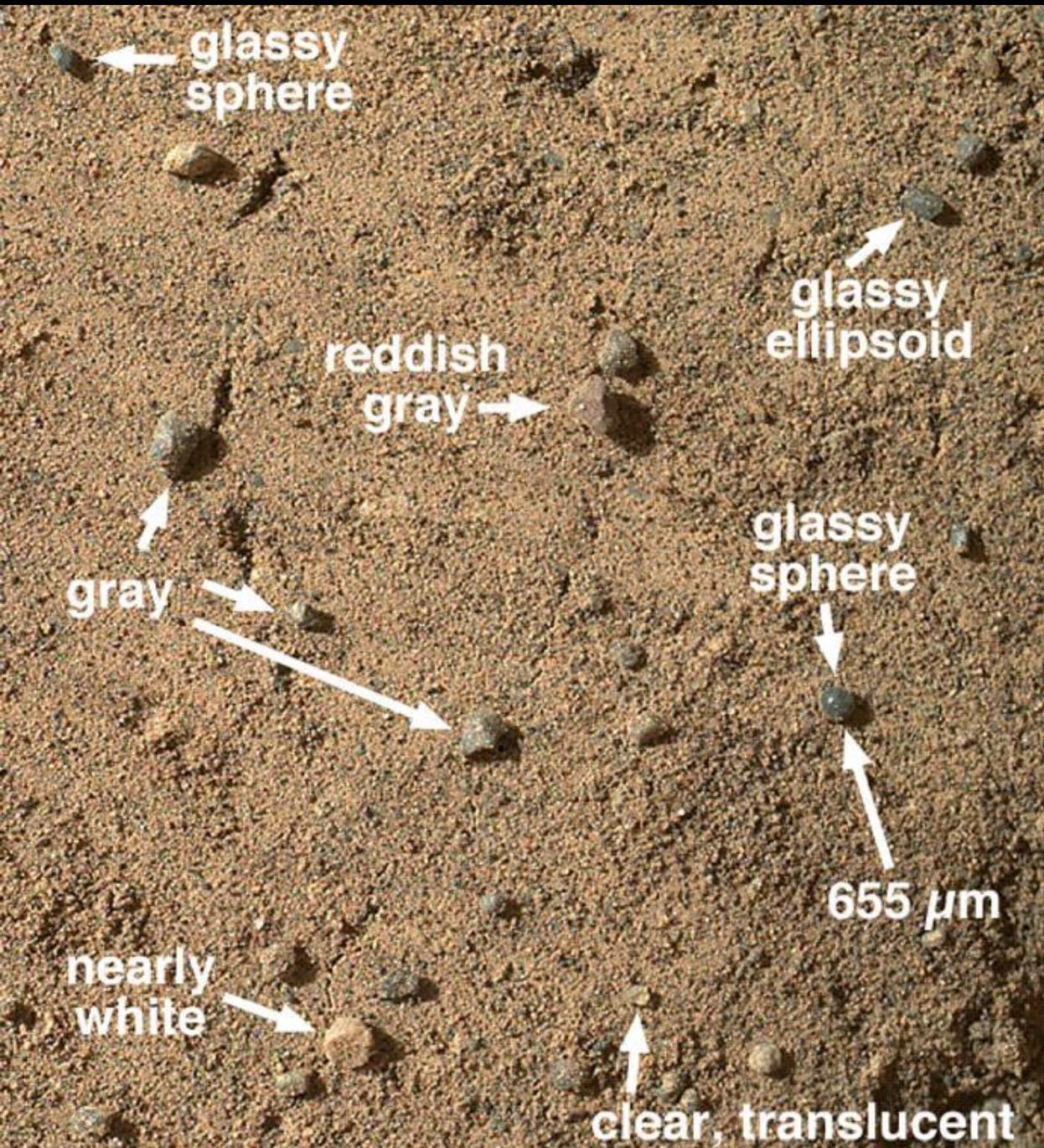


[http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=58&camera=FHAZ\\_LEFT\\_A](http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=58&camera=FHAZ_LEFT_A)



[http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=58&camera=NAV\\_LEFT\\_A](http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=58&camera=NAV_LEFT_A)

**Photos prises le 4  
octobre (sol 58)  
pendant ces opérations**

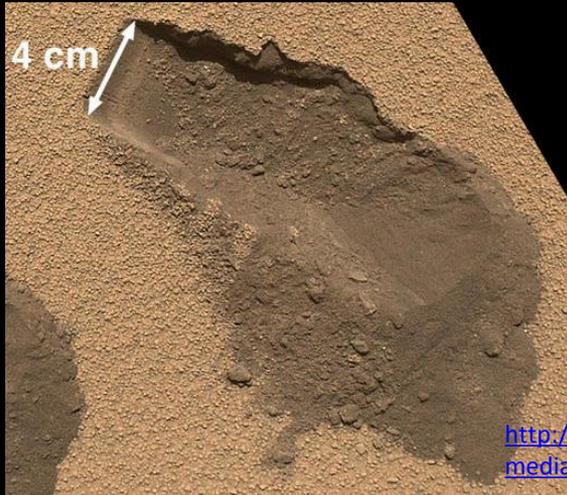
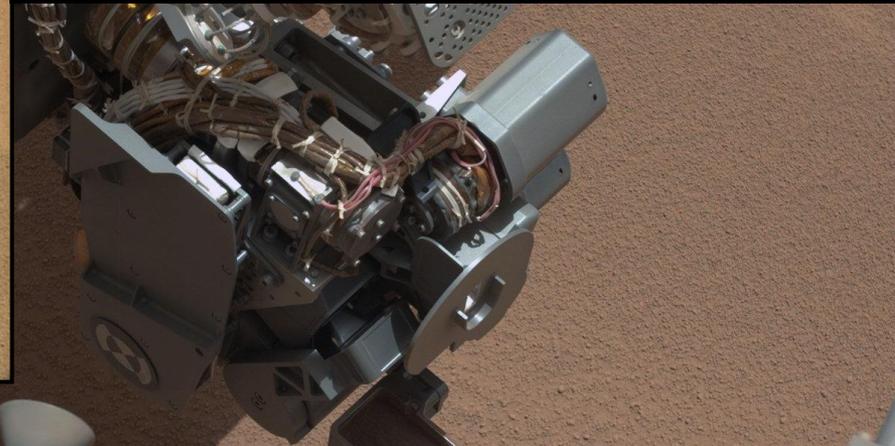


Ici, très gros plan sur le sol tassé par le passage d'une roue. Le champ de l'image couvre une zone de 1,9 x 2,2 cm. On pourrait essayer d'identifier les minéraux constituant ce sable.

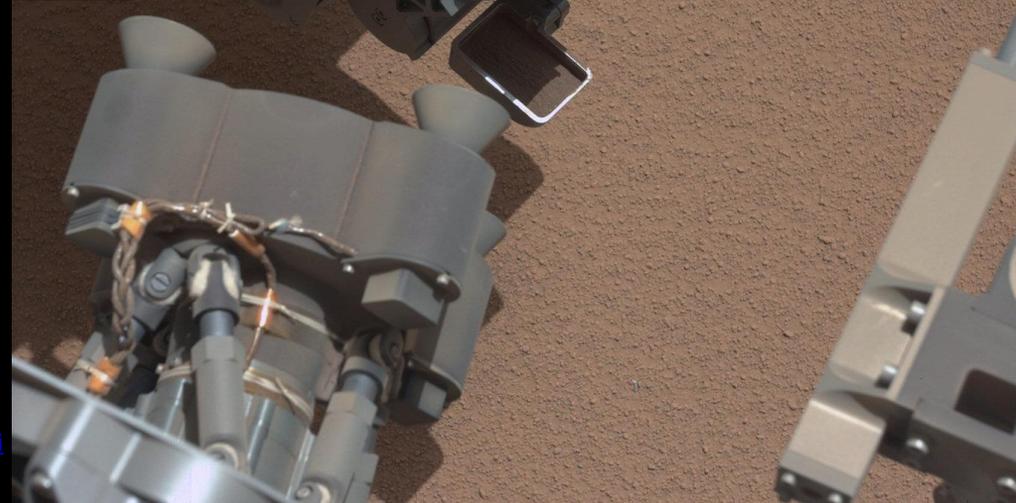
**Photos prise le 7 octobre  
(sol 62) montrant le début  
de ces opérations. On  
prélève du sable éolien  
d'une mini-dune, sable  
amené de loin par le vent**



<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=61&camera=MAST>



<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multi-media/images/?ImageID=4907>





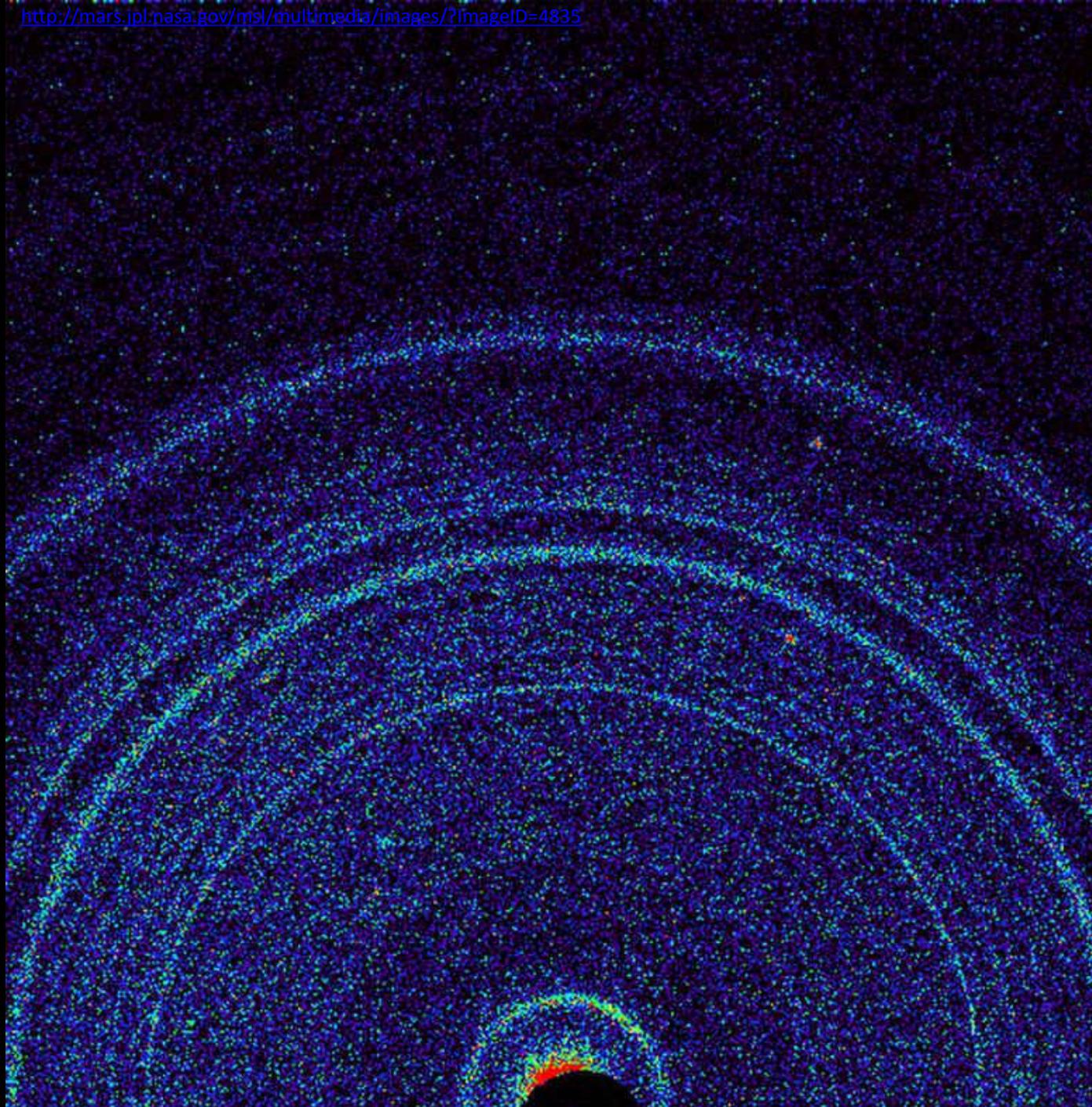
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16164>

**Voici les essais des deux entrées de SAM, avec clapets fermés et ...**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16164>

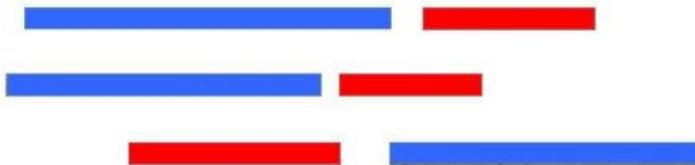
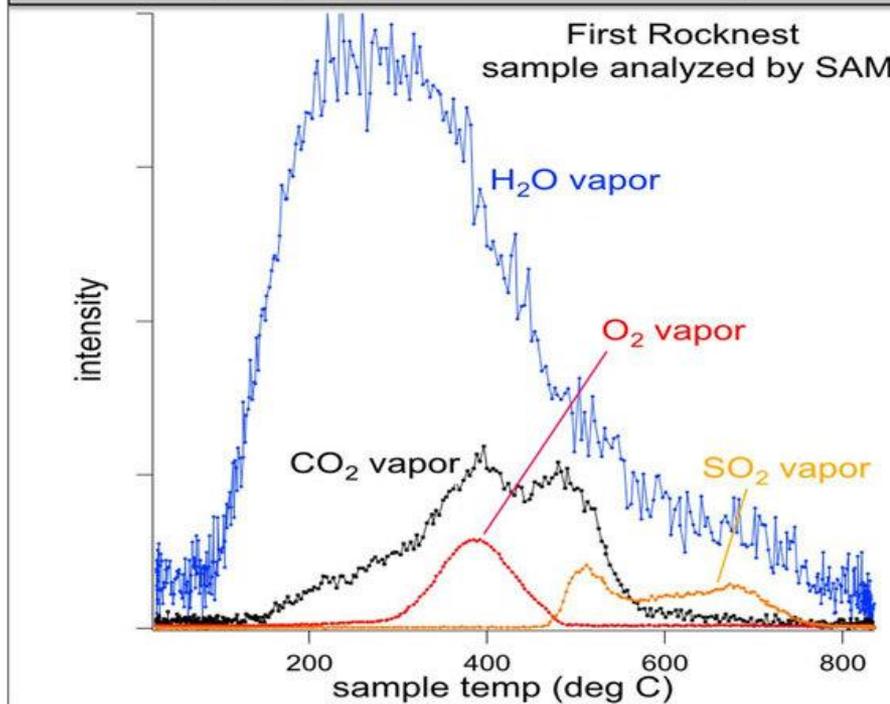
**Voici les essais des deux entrées de SAM, avec  
clapets fermés et ... ouvert**



**Diagramme de diffraction X (CheMin) du sable éolien ramassé. Cela permet d'identifier 4 structures «cristallines» : Olivine, pyroxène, feldspath et verre. Il s'agit d'un sable basaltique non altéré.**

# Variety of gases released from Rocknest samples

## Major gases released on heating



Gases detected by SAM include water (a few percent), and lesser amounts of carbon dioxide, oxygen, and sulfur dioxide

### SAM experiment types

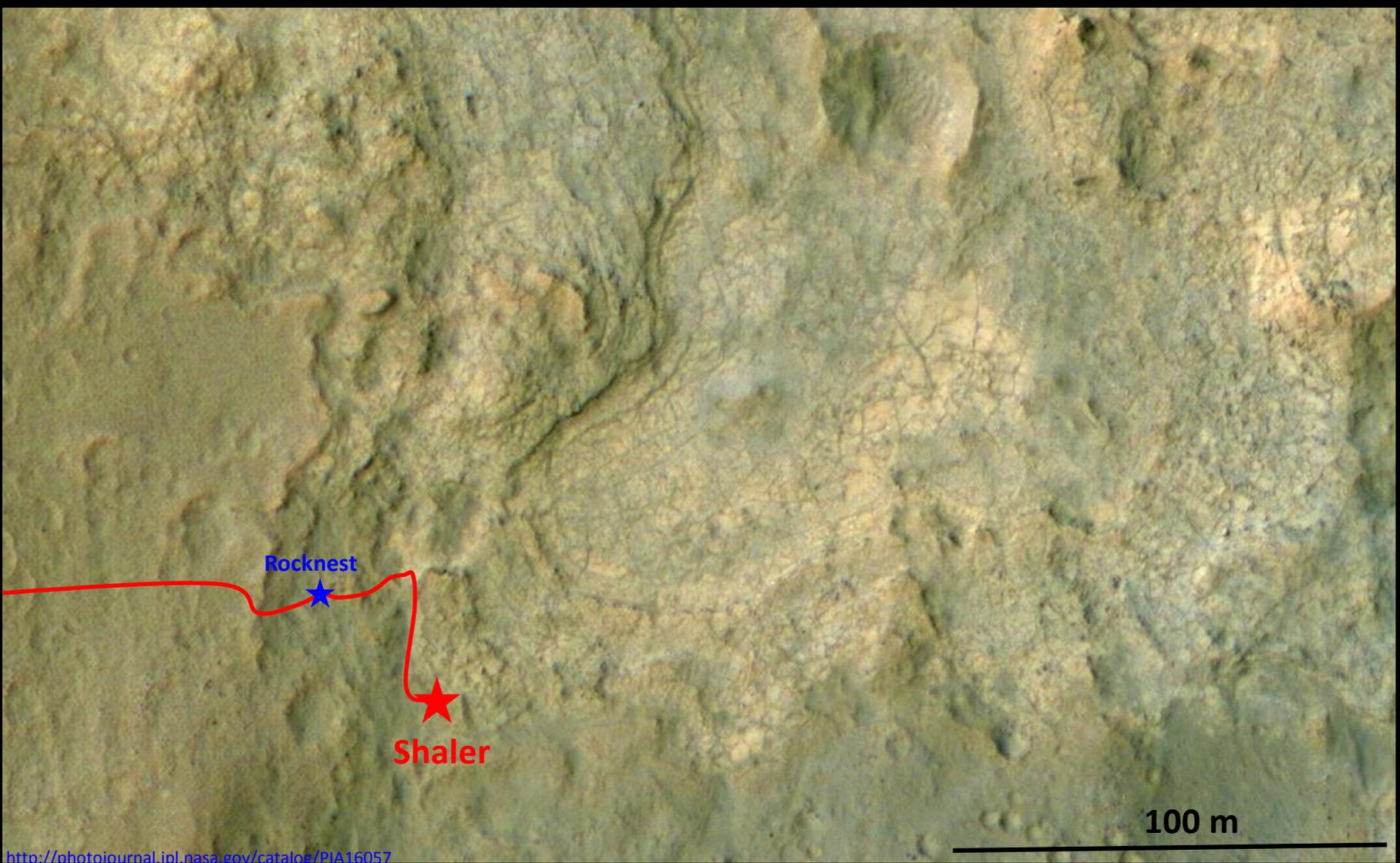
- Gas composition
- Isotopes in light elements
- Specific search for organics

For three separate experiments  
Red bar - sample temperature for gas sent to TLS  
Blue bar - sample temperature for gas sent to GC

Puis on chauffe (800°C) ce sable éolien et on analyse les gaz qui s'en échappent. Ca marche ! On ne peut pas dire si il y a ou n'y a pas de matière organique (limite du seuil de détection)



**Le sol 101 (18 novembre 2012), on repart (enfin) pour descendre dans Yellowknife Bay, ici vue depuis Rocknest, le site où il vient de passer 2 mois**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16057>

**Gros plan sur Yellowknife Bay. De quoi est constitué ce terrain «craquelé» ? Curiosity s’y dirige. En passant, il fait une halte au site nommé Shaler (étoile)**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16551>

**On entre dans Yellowknife Bay par l'Ouest et on regarde vers le Sud Est (site nommé Shaler) ce sol 120 (7 décembre 2012). On voit des couches, plein de types de couches.**



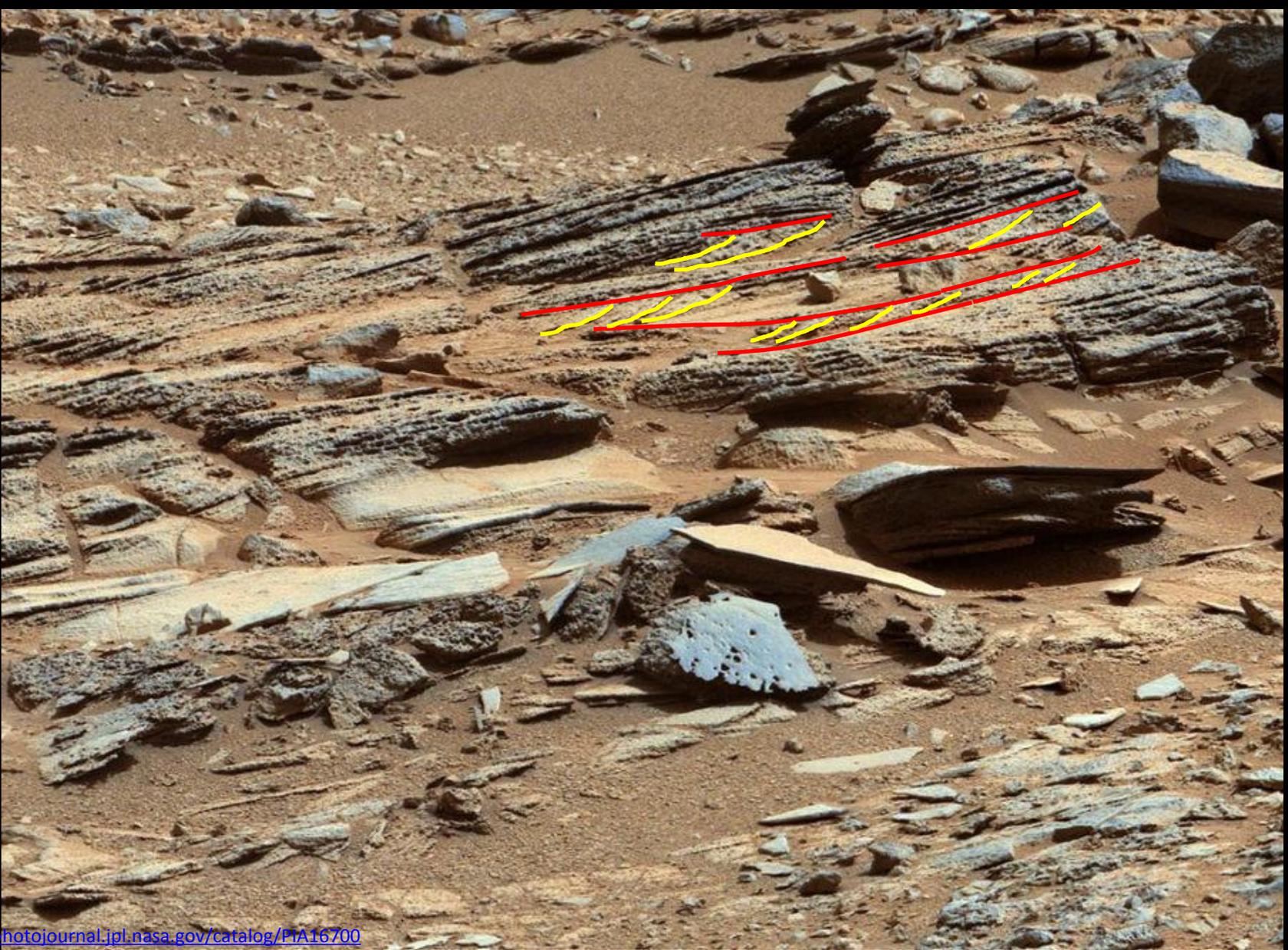
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16551>

**Détail de Shaler ...**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16700>

**Hyper détail sur un secteur de Shaler, avec ce qu'on appelle des stratifications obliques, qui rappellent ...**



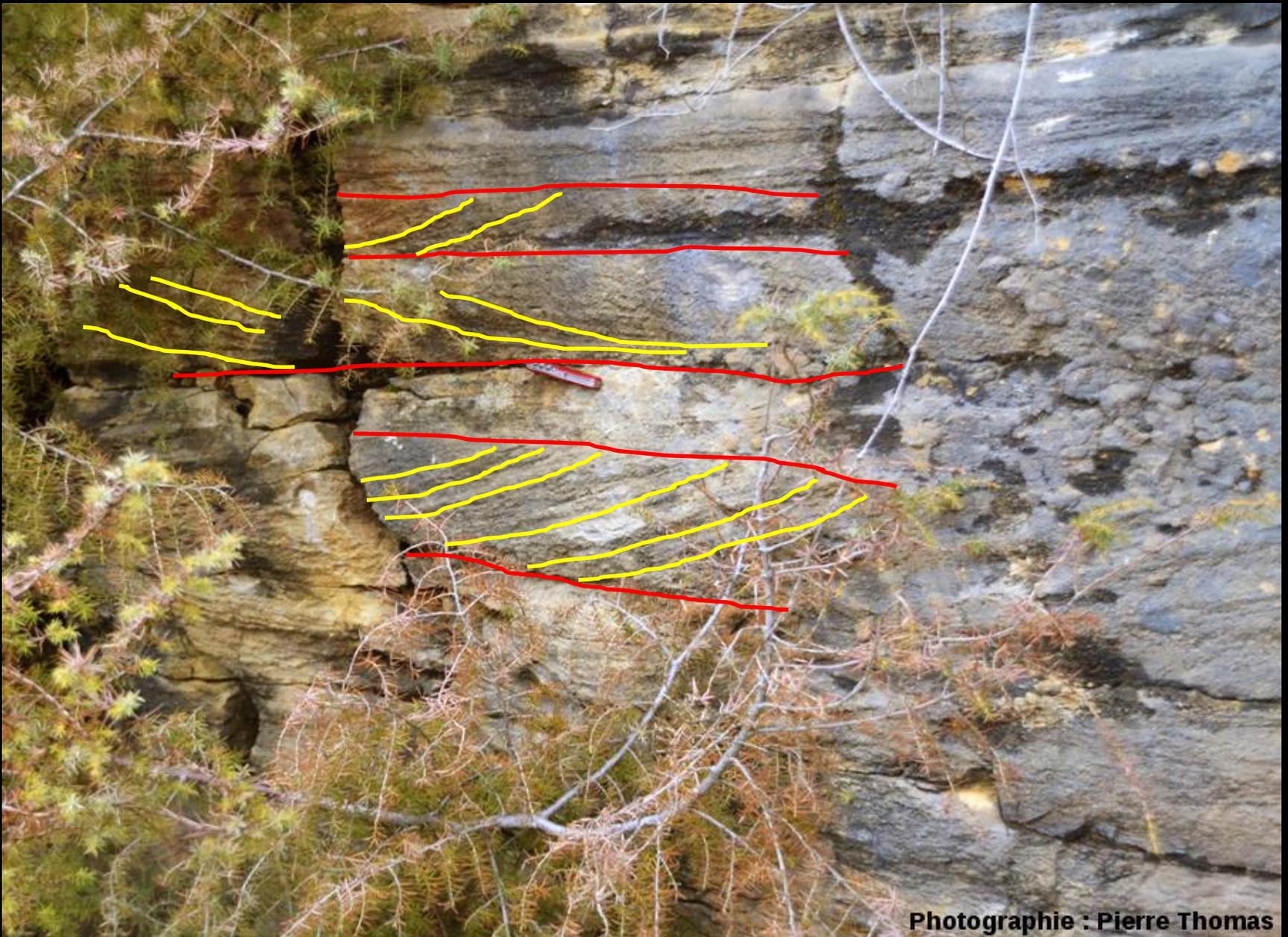
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16700>

**Hyper détail sur un secteur de Shaler, avec ce qu'on appelle des stratifications obliques, qui rappellent ...**



Photographie : Pierre Thomas

... des couches déposées par un courant d'eau.



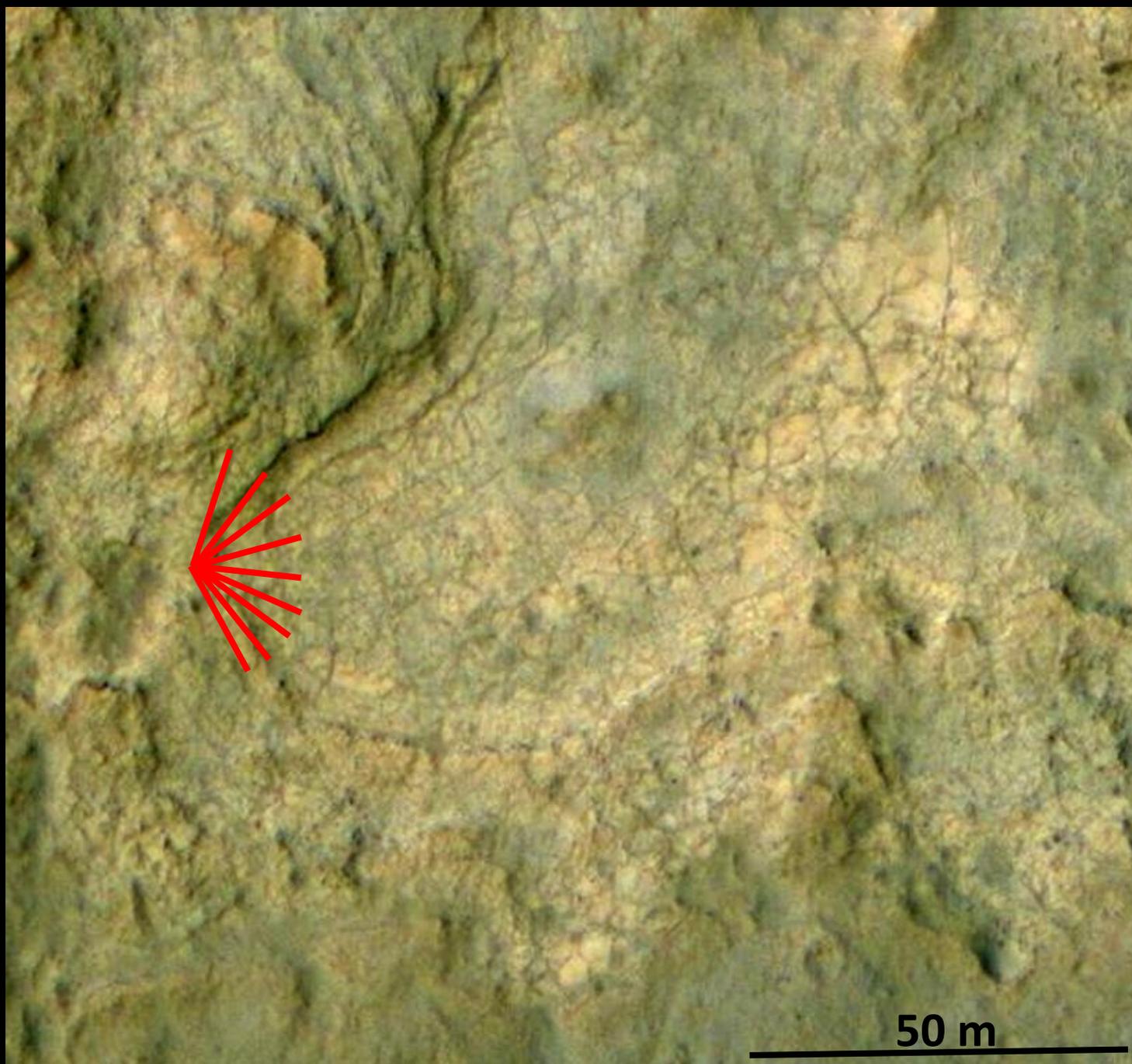
Photographie : Pierre Thomas

... des couches déposées par un courant d'eau.



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16925>

**Puis on se dirige franchement vers la « baie ». Voici une vue du « fond » de Yellowknife Bay prise (assez tard) le 25 janvier 2013 (sol 168), avec son curieux sol craquelé, d'origine bien énigmatique. Curiosity fera son 1<sup>er</sup> forage 12 jours plus tard juste dans le coin inférieur droit, et le 2eme 3 mois plus tard, 5 m à coté.**



**La même  
Yellowknife  
Bay vue par  
MRO, avec  
le site de  
prise de vue  
de l'image  
précédente.**

**50 m**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16925>

**La bordure Sud Est de Yellowknife Bay**



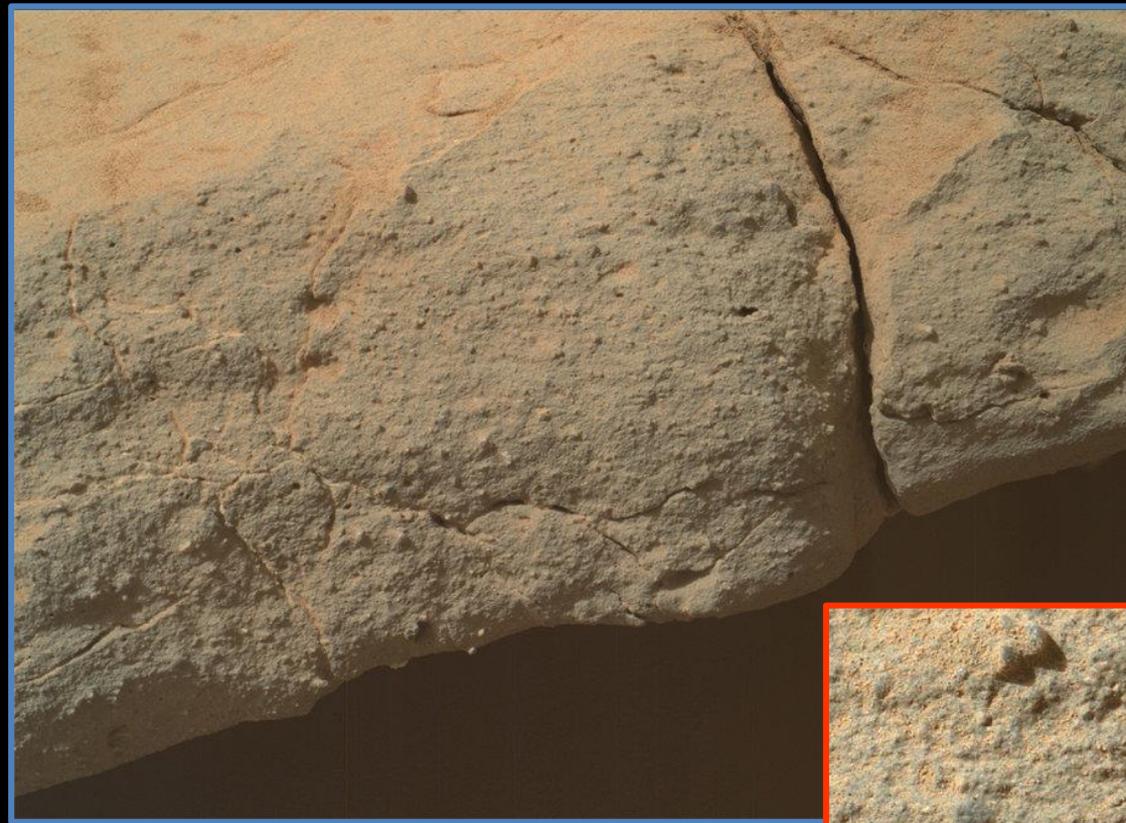
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16562>

**Le sol 130, (17 décembre 2012), on arrive près de la bordure NW de Yellowknife Bay. On va rester un bon moment le long de cette bordure, avec de très nombreuses observations, et les essais de forages qui seront fait « derrière nous ».**



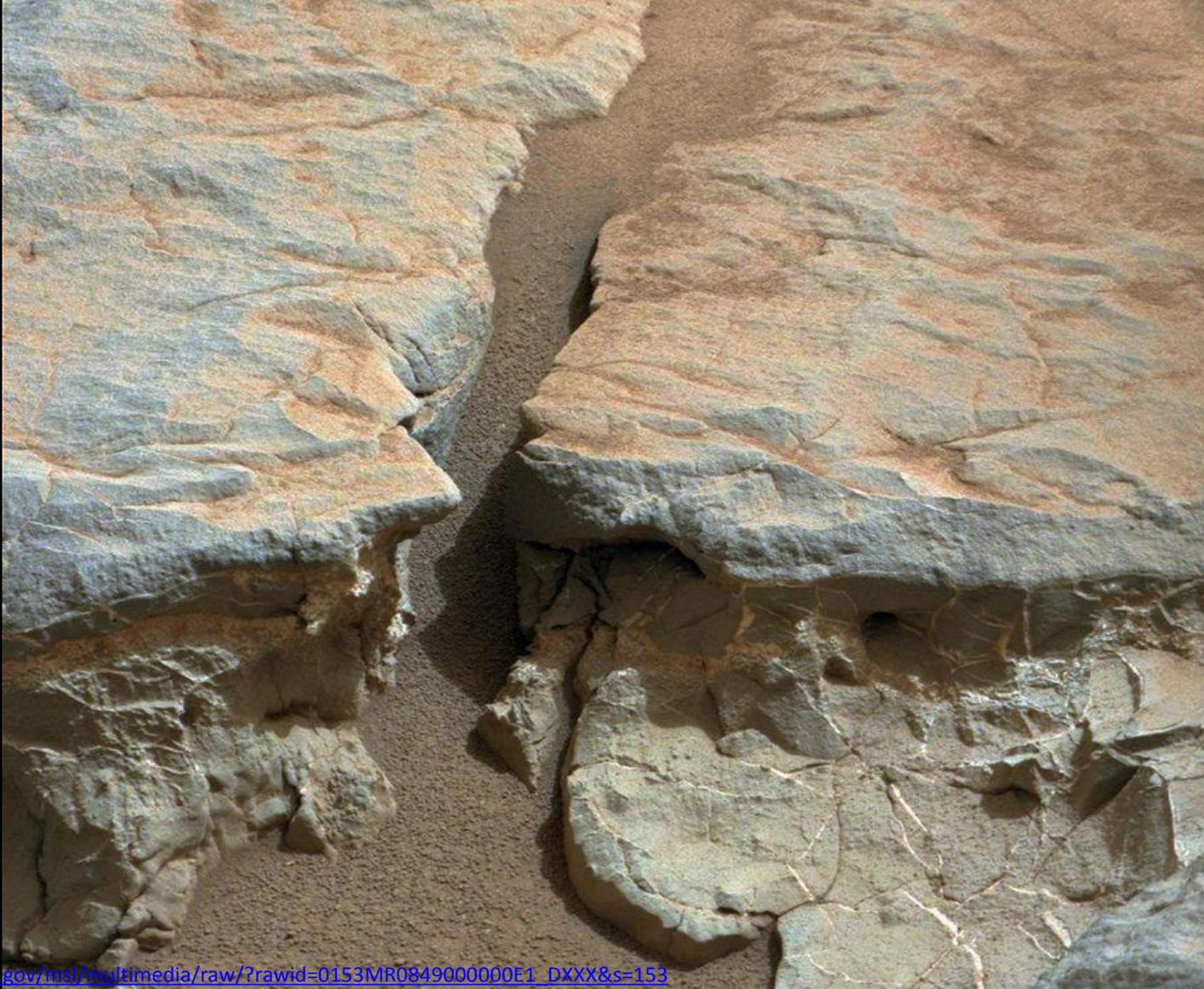
**On « regarde » de près la mini-falaise de ce flanc NO.  
Des bancs durs forment des saillies. Les bancs plus  
tendres forment des « abris sous roche »**

de très près,



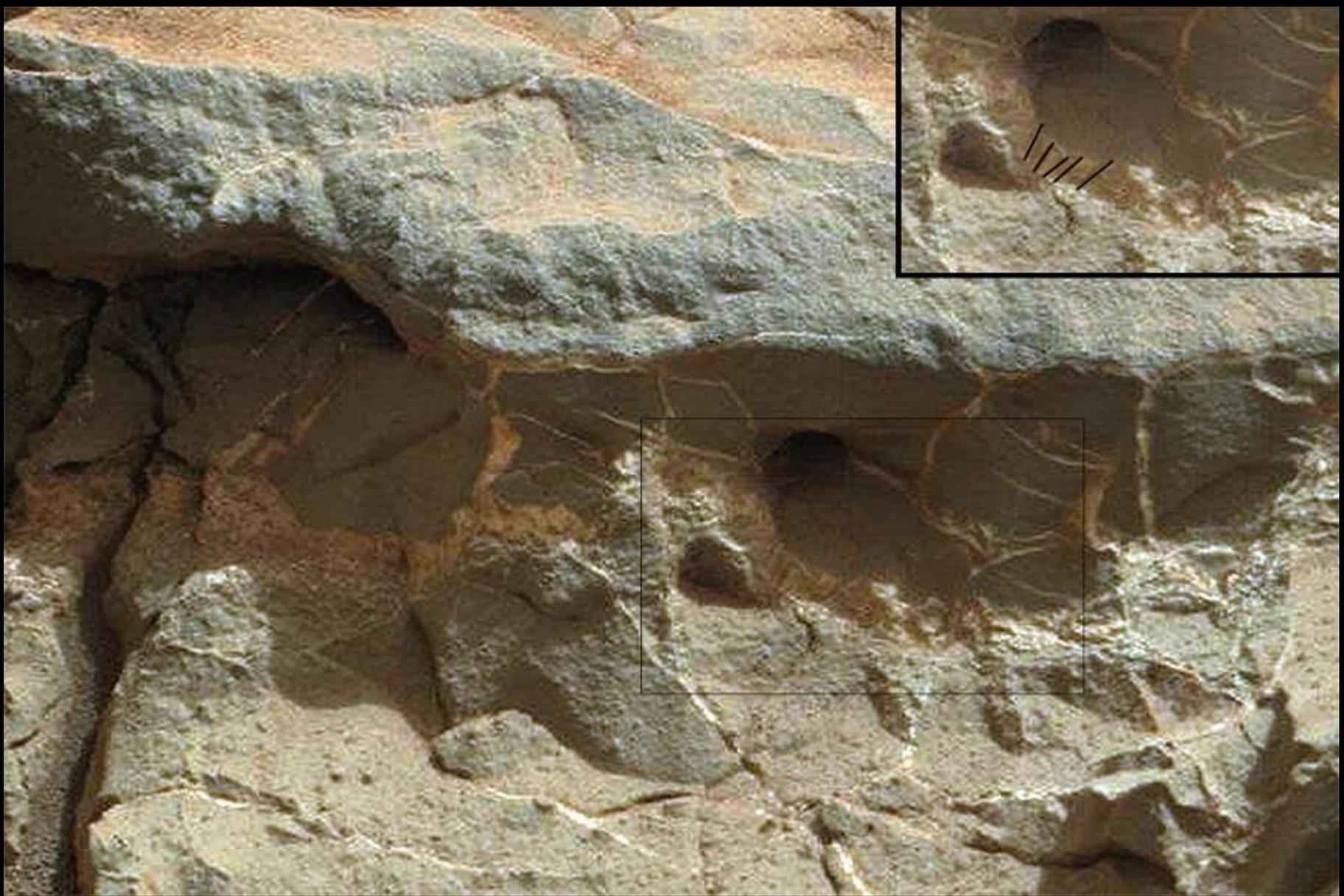
**Un banc dur de très très près ! Du grès, ancien sable consolidé, à grains très arrondis (par un long transport).**



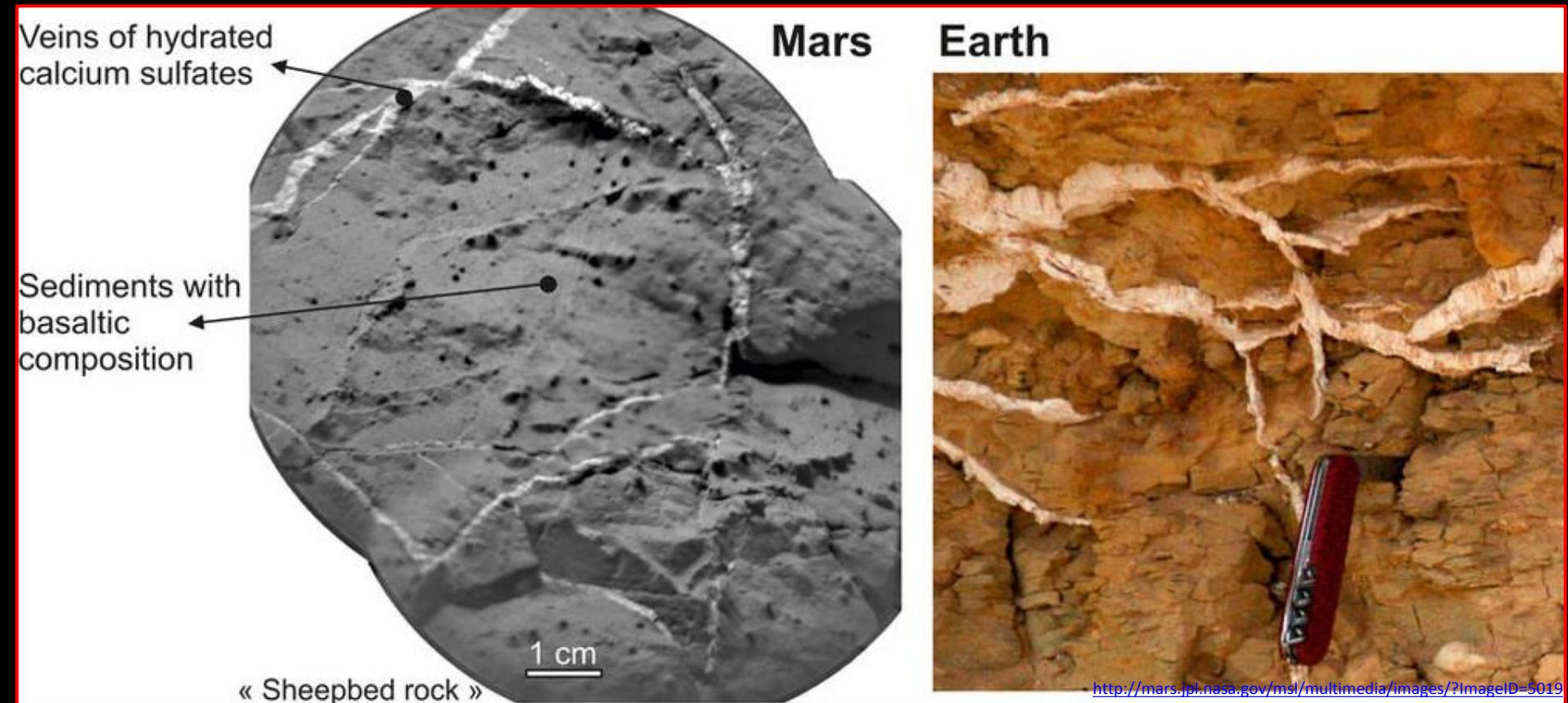


[http://mars.jpl.nasa.gov/mcl/multimedia/raw/?rawid=0153MR0849000000E1\\_DXXX&s=153](http://mars.jpl.nasa.gov/mcl/multimedia/raw/?rawid=0153MR0849000000E1_DXXX&s=153)

**Une nouveauté : certains bancs de ce grès (surtout les moins durs) sont traversés des fractures remplies d'une substance blanche.**



**Un détail de ce grès traversé par ces fractures remplies.  
On voit même une structuration interne à ses fractures.**



**Résultat des analyses de Chemcam, et comparaison avec la Terre. Le grès est fait de sable basaltique très consolidé et les fractures sont remplies de sulfate de calcium (du gypse). De l'eau a circulé dans ces fractures, et y a déposé ce sulfate de Calcium. Opportunity avait déjà vu ça 2 ou 3 fois ; mais ici on est sûr que c'est du gypse, et il y en a beaucoup plus.**



Photographie : Pierre Thomas

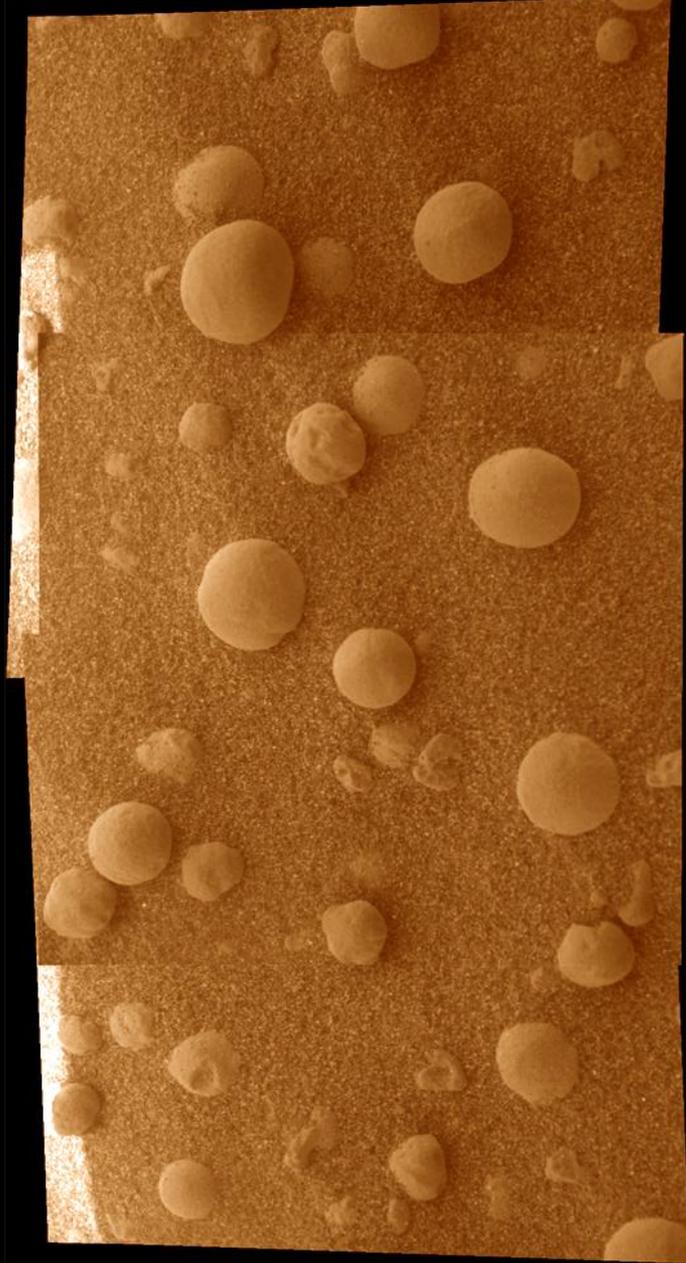
**Ces petits filons terrestres dans leur contexte, quelque part dans le désert égyptien.**



**Et dans ce grès parcouru de filonnets de gypse, des micro-nodules, qui rappellent furieusement ...**



**... les myrtilles d'Opportunity (là-bas, il y en a beaucoup plus). La Nasa n'a pas encore dit en quoi elles sont, mais ce sont sans doute, comme à 10 000 km, des concrétions phréatiques (la NASA les appelle Bumps). Et c'est sur ce site en grès « tendre » à gypse (+ quelques bumps) dans Yellowknife Bay que la Nasa va entreprendre ses premiers forages**



**Opportunity, « myrtilles »  
en oxyde de Fer**



**Curiosity, « bumps » en ??**

**Des « myrtilles » terrestres en oxyde de fer (comme pour Opportunity), concrétions développées dans la roche par une nappe phréatique.**



Photo Pierre Thomas

Ici dans les séries  
basales de l'Oligocène  
d'Auvergne



Photo Pierre Thomas



**Début février 2013, la NASA choisit le site des deux premiers forages : « the John Klein outcrop ». Le 8 février (sol 182), on commence le 1<sup>er</sup> forage.**



Avant le 1<sup>er</sup> forage

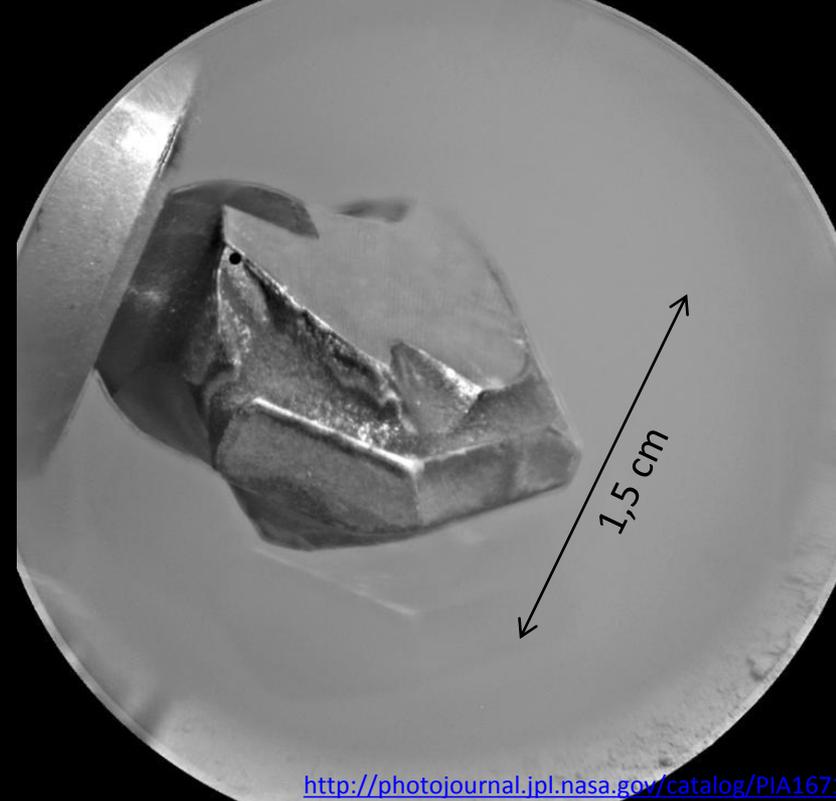


Après le 1<sup>er</sup> forage

**Avant et après le 1<sup>er</sup> forage « test » dans ces dalles de grès assez peu consolidé. Le diamètre du « trou » est de 1,6 cm, sa profondeur de 2 cm.**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16726>

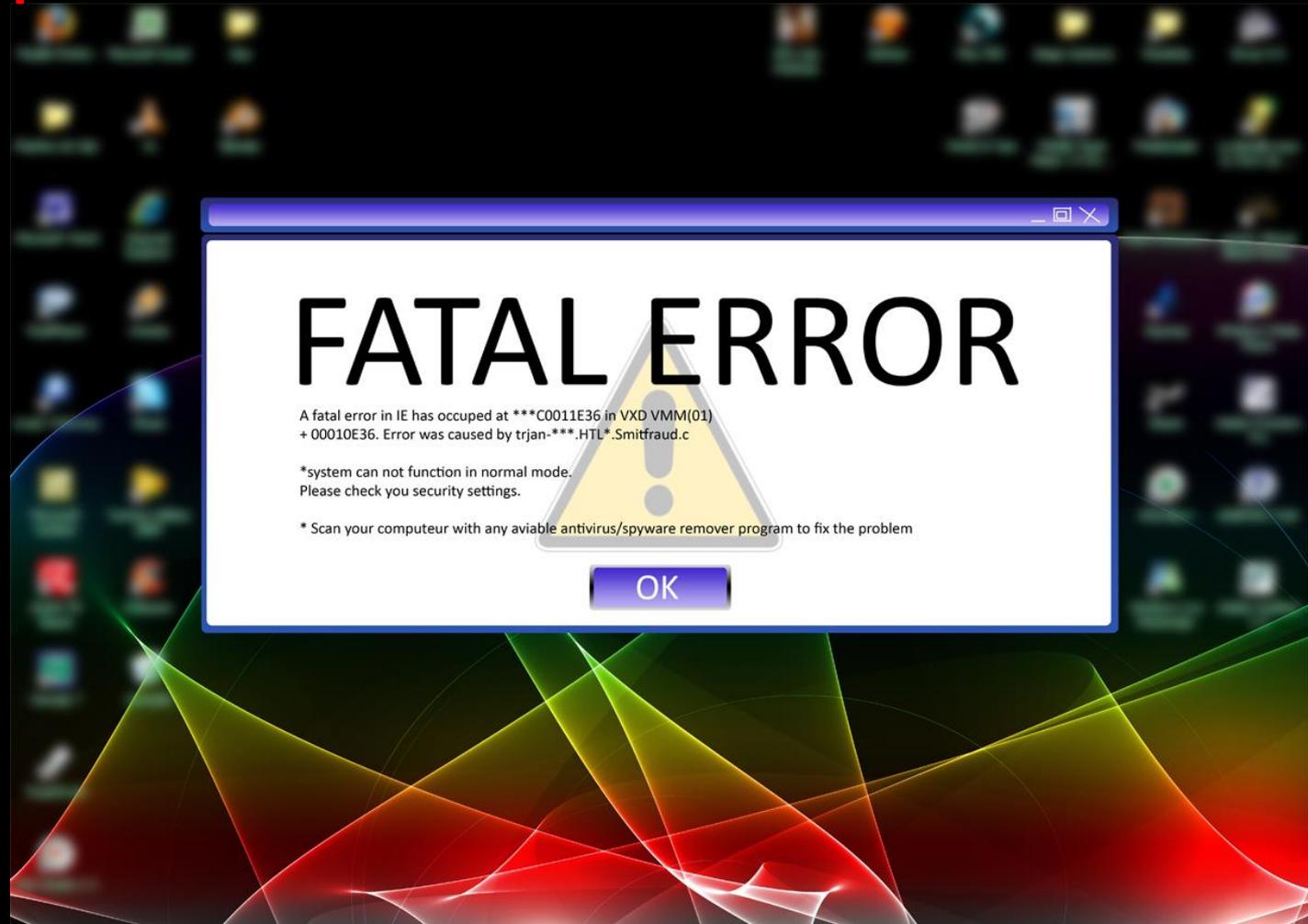


<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16718>

**Gros plan sur le foret  
(foreuse à percussion) et  
sur les deux premiers  
forage (D = 1,6 cm, P = 2 et  
6,4 cm). C'est la poudre  
qui va être prélevée et  
analysée**

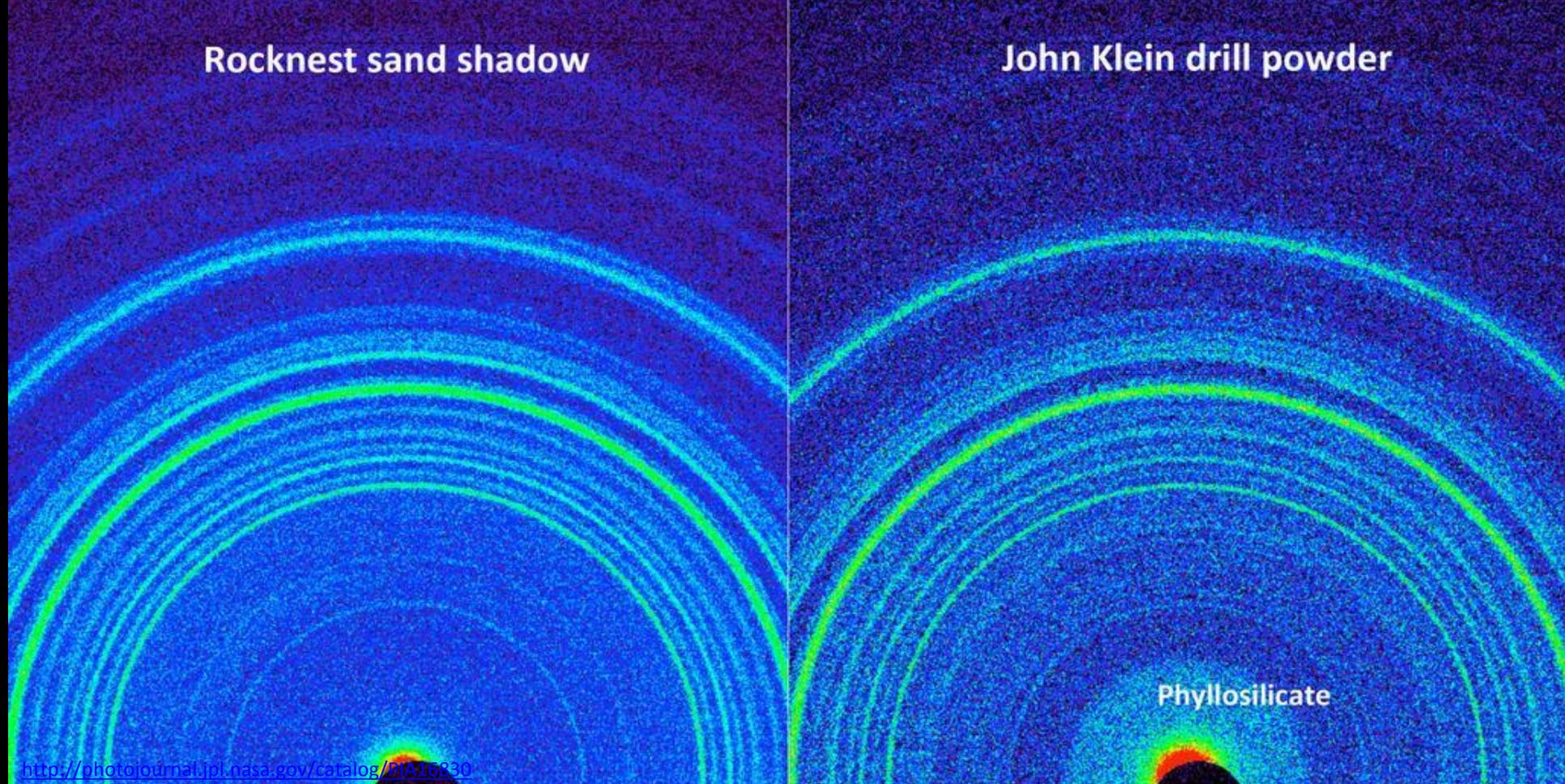
**Mais le 28 février 2013, un gros bug informatique sur l'ordinateur A met le robot en mode sécurité qui se branche sur l'ordinateur B. Le bug est peut-être dû à un « flash » de vent solaire. Il faut déboguer, et tout reprogrammer à distance. Ca va prendre 3 semaines.**

**Pendant ces 3 semaines, la Nasa travaille sur les résultats bruts transmis in extrémis, et « publie » beaucoup, enfin un peu plus que d'habitude .**

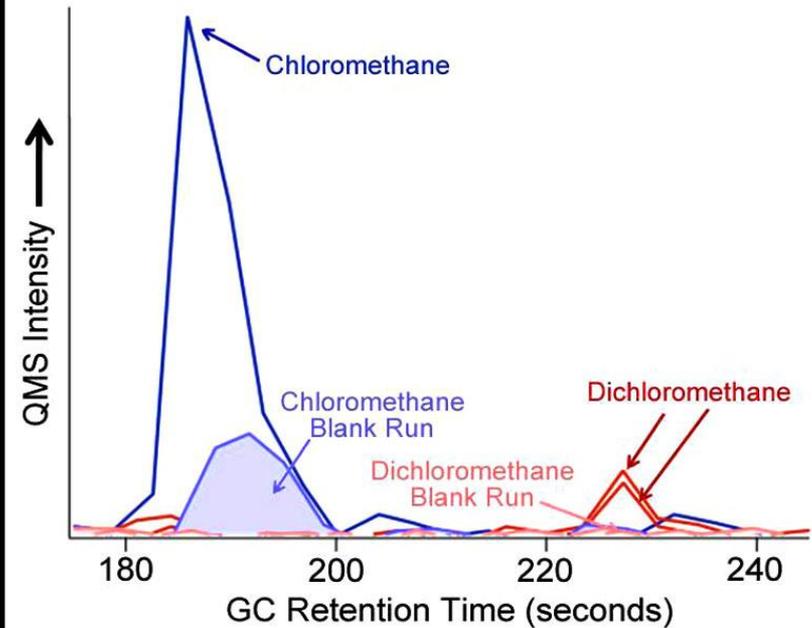
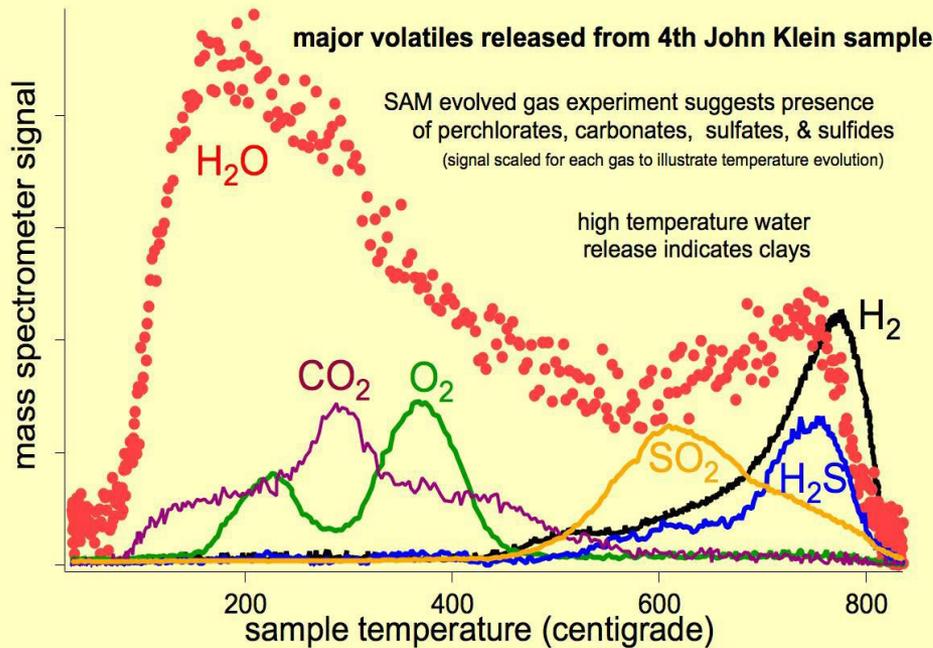


Rocknest sand shadow

John Klein drill powder



Résultats de l'analyse de la poudre aux rayons X avec CheMin : des minéraux usuels d'un sable basaltique, avec en plus des sulfates et des argiles (type smectite), abondantes (20%), preuve que le basalte mère (ou ce sable basaltique) a été altéré longuement par des eaux neutres.

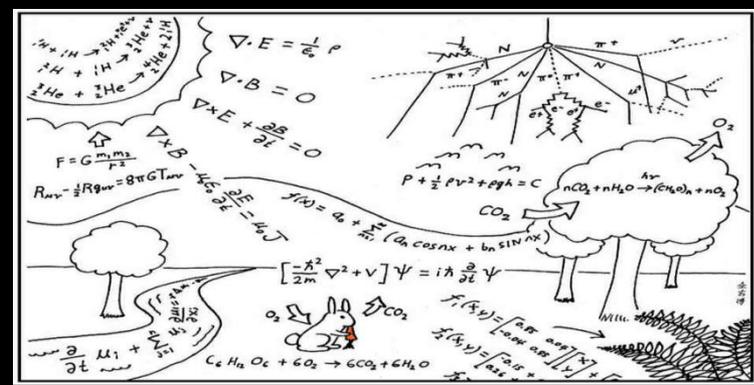


<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16817>

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16836>

**Analyses effectuées le 27 février (sol 200)**

**Et on essaie SAM pour la 2eme fois. Quand on chauffe la poudre, il s'échappe de l'eau, différents composés soufrés (sulfates et sulfures), du gaz carbonique (la roche contient du Carbone) et un soupçon du chlorométhane (une partie de ce carbone serait réduit).**



Traduisons ces observations, courbes et analyses en langage de tous les jours . Ces roches ont été déposées par de l'eau courante qui a coulé "longtemps" (argile), par de l'eau peu salée, avec un Ph neutre (smectite, pas de sulfate de fer ...), avec coexistence de micro-environnements oxydés et réduits (dominants). Cet ancien environnement aurait été tout à fait habitable par la majorité des bactéries terrestres actuelles, alors que l'ancien environnement d'Opportunity ne l'aurait été que pour des bactéries bien particulières (acidophiles et halophiles). En outre, les caractéristiques de cet ancien environnement étaient propices à la synthèse et à la polymérisation d'acides aminés.

Ces roches libèrent du Carbone réduit, mais en quantité si faible qu'on ne peut pas encore être formel sur son origine martienne.

**Et le 19 mars, alléluia. La Nasa annonce :**

***March 19, 2013***

***PASADENA, Calif. - NASA's Mars rover Curiosity has returned to active status and is on track to resume science investigations, following two days in a precautionary standby status, "safe mode."***



Collection H. HÉRÈLLE  
P. 32-421

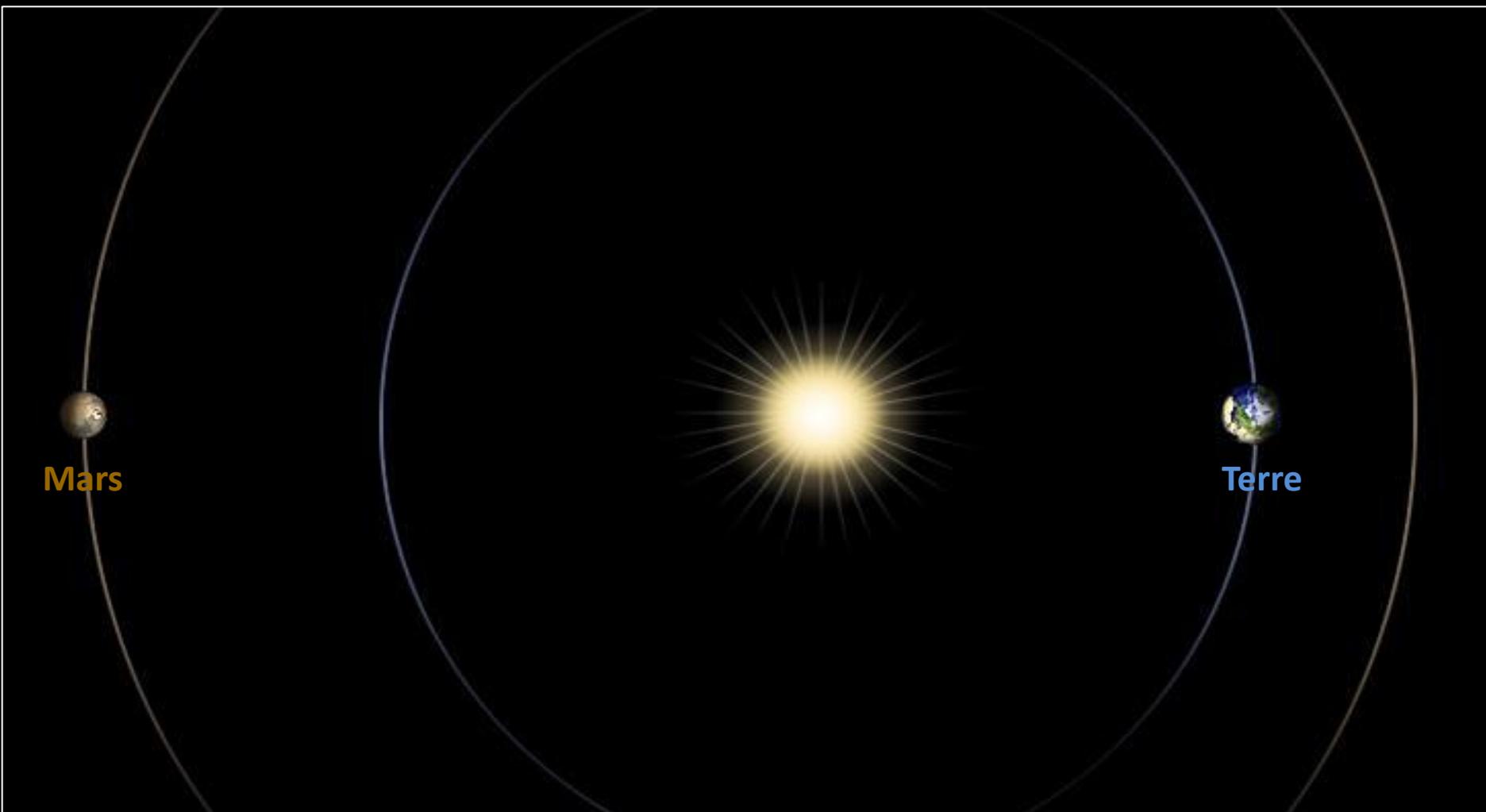
G.-F. HÆNDEL

**ALLELUIA**  
du  
**MESSIE**  
à 4 voix mixtes

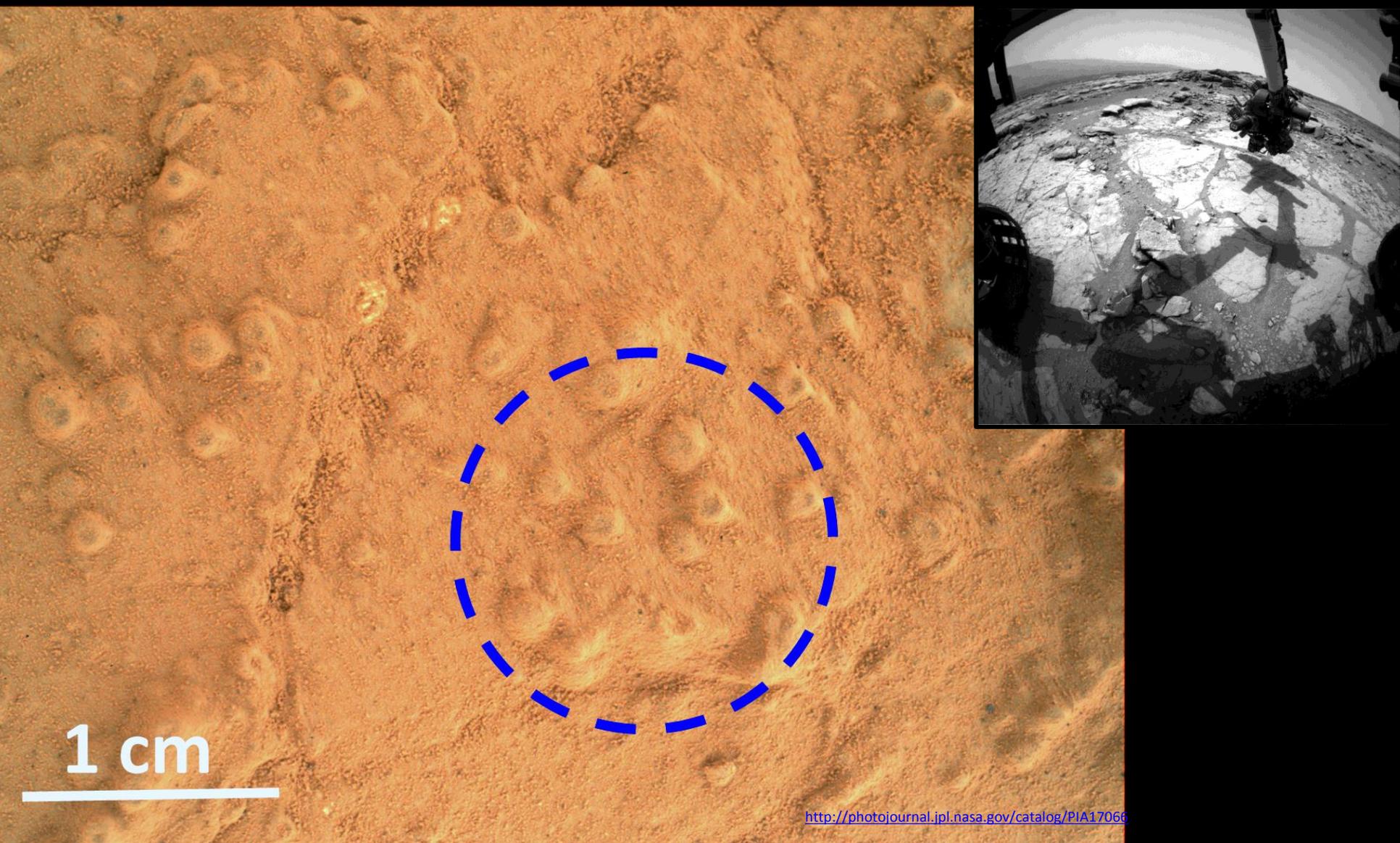
Paroles françaises et réduction au clavier  
PAR  
**Félix Raugel**  
*Maitre de chapelle de Saint-Etienne*

POUR  
CHOEUR et ORGUE  
QUINTETTE - CORDES et TROMPETTES

PHILIPPO, Éditeur 24, Boulevard Poissonnière --- PARIS  
Tous droits d'accèsion, de reproduction, de traduction et d'arrangement réservés pour tous pays  
Imprimé en France



**Mais du 4-5 avril jusque vers le 1<sup>er</sup> mai 2013, conjonction de Mars avec le Soleil, ce qui va interrompre les communications (c'était bien sûr prévu). Suite des aventures à partir de début mai.**



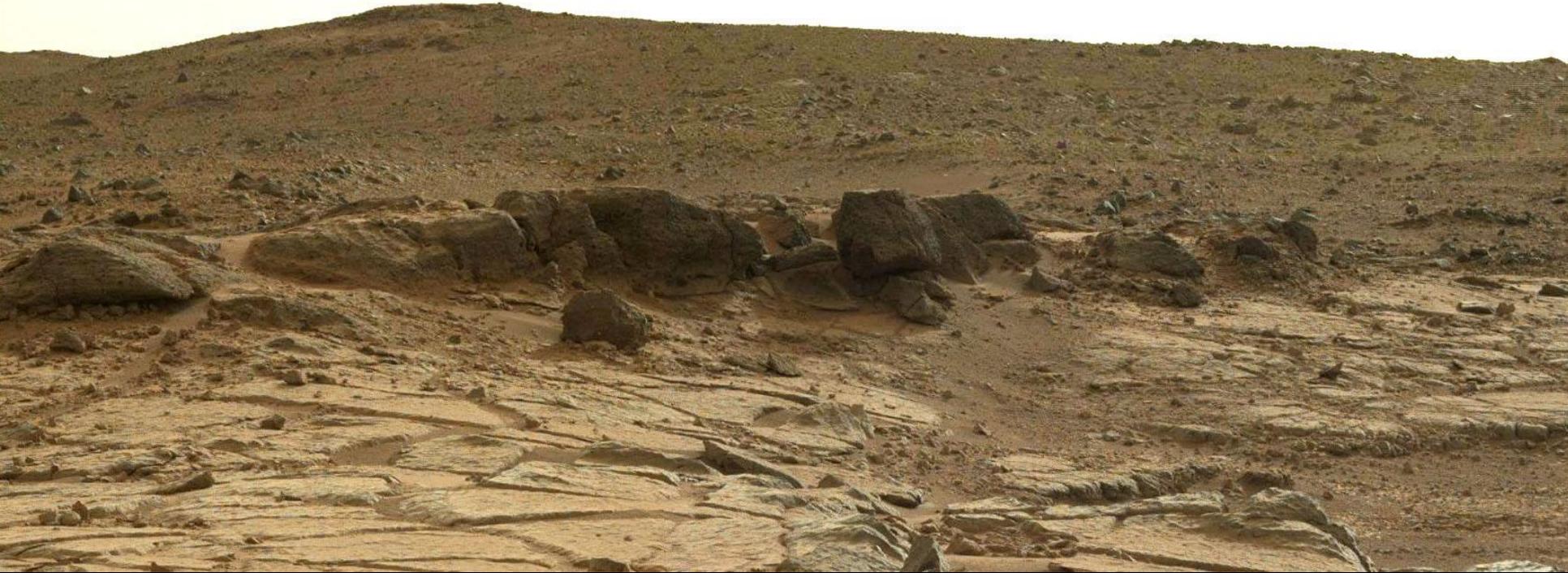
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17066>

**Ca repart comme prévu début mai. Le sol 279 (19 mai 2013), 2eme campagne de forage, à 5 m du 1<sup>er</sup> site, sur le rocher nommé Cumberland, particulièrement riche en « bumps ».**



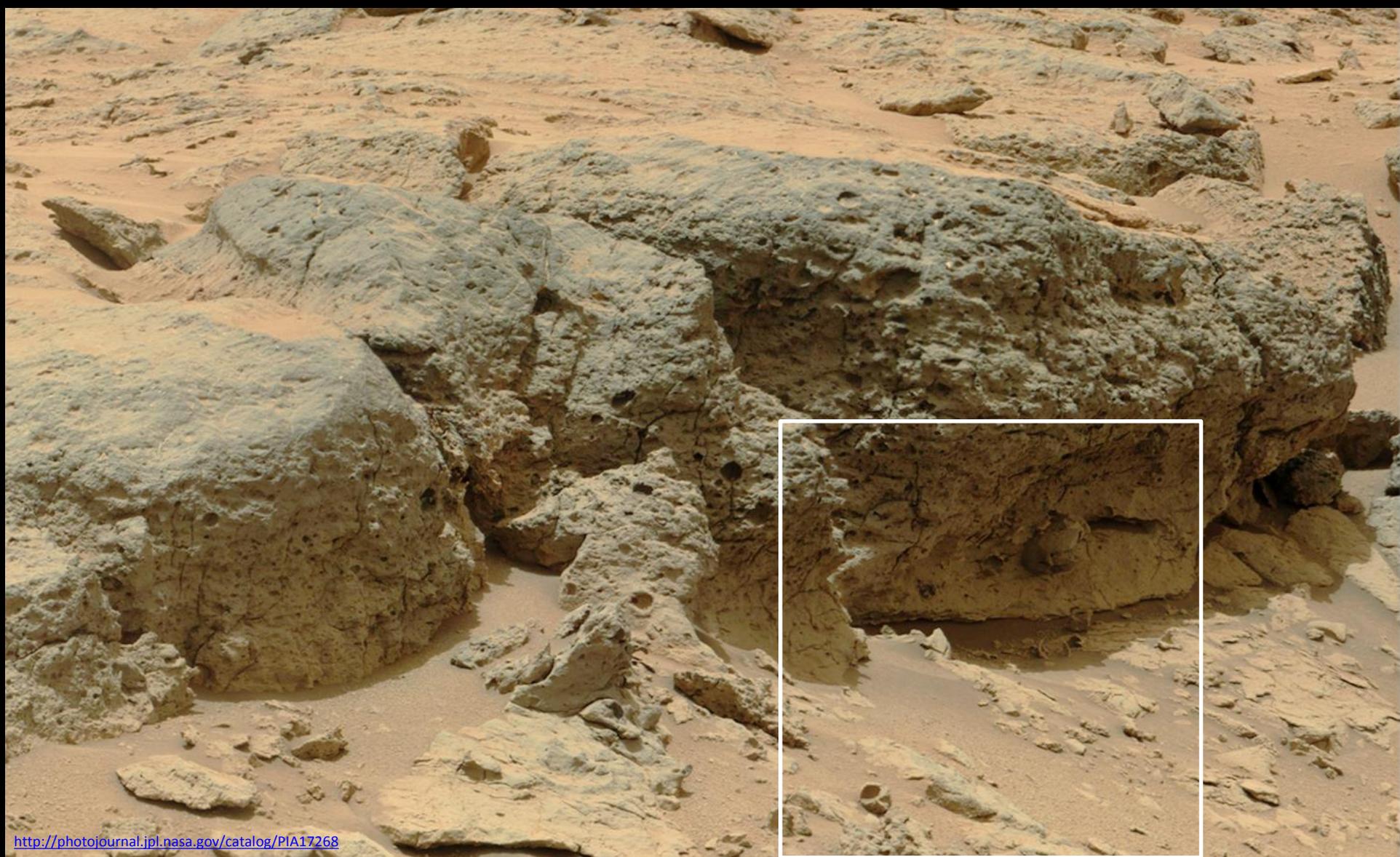
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17069>

**Le sol 279 (19 mai 2013), 2eme campagne de forage, à 5 m du 1<sup>er</sup> site, sur le rocher nommé Cumberland, particulièrement riche en « bumps ». Chemcam est passé par là.**



[http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=193&camera=MAST\\_](http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=193&camera=MAST_)

**Puis on amorce la sortie de Yellowknife Bay, en repassant dans le secteur de Point Lake en juin 2013**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17268>

**L'affleurement nommé Point Lake à la surface bien vacuolaire photographié le sol 302 (12 juin 2013)**



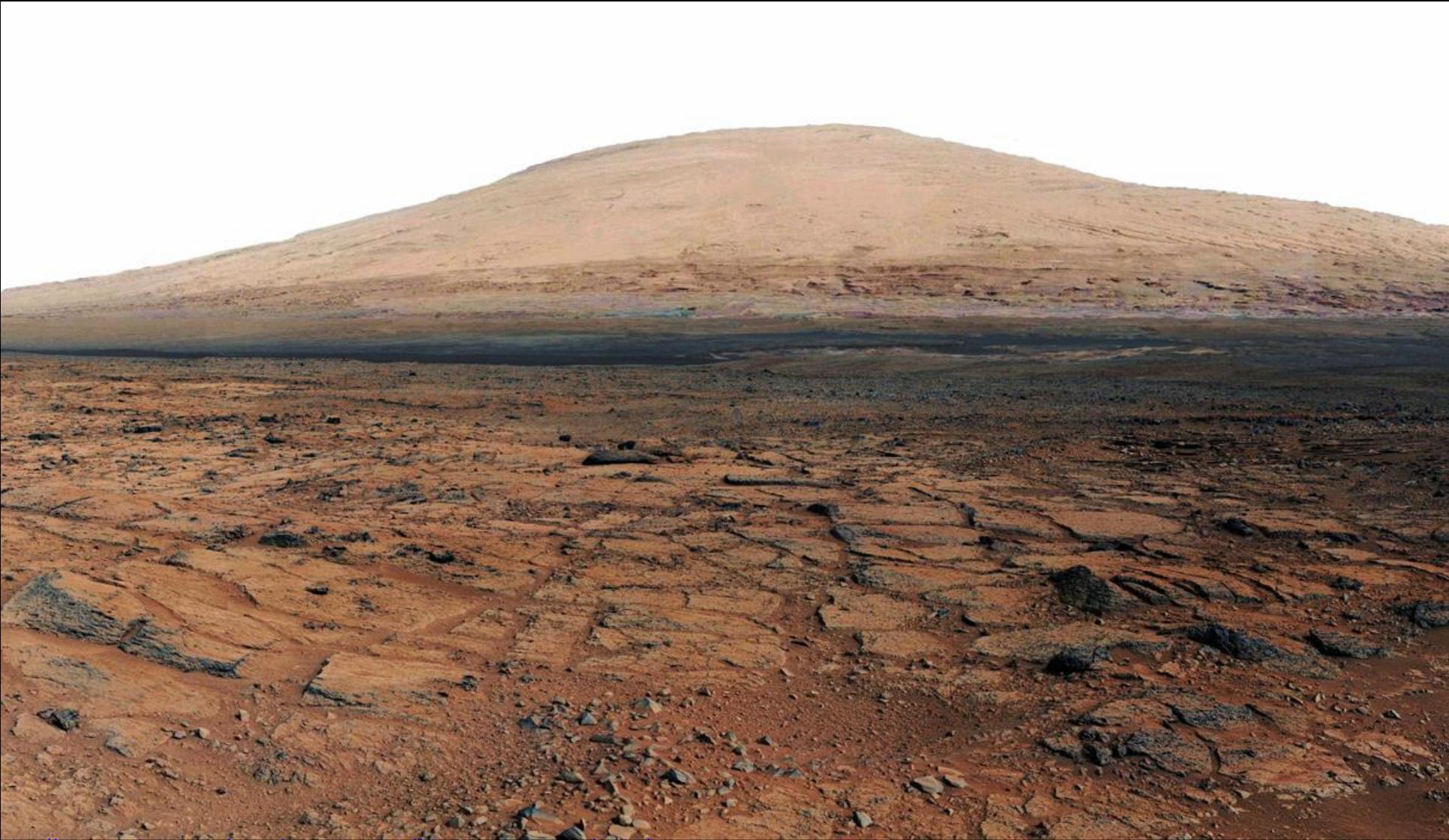
**Regardez bien !  
Les creux sont  
parfois  
entourés d'une  
bordure plus  
résistante. On a  
l'impression de  
boules à  
périphérie  
résistante et à  
cœur tendre**



**Deux (possibles) analogies terrestres, à la main ...**



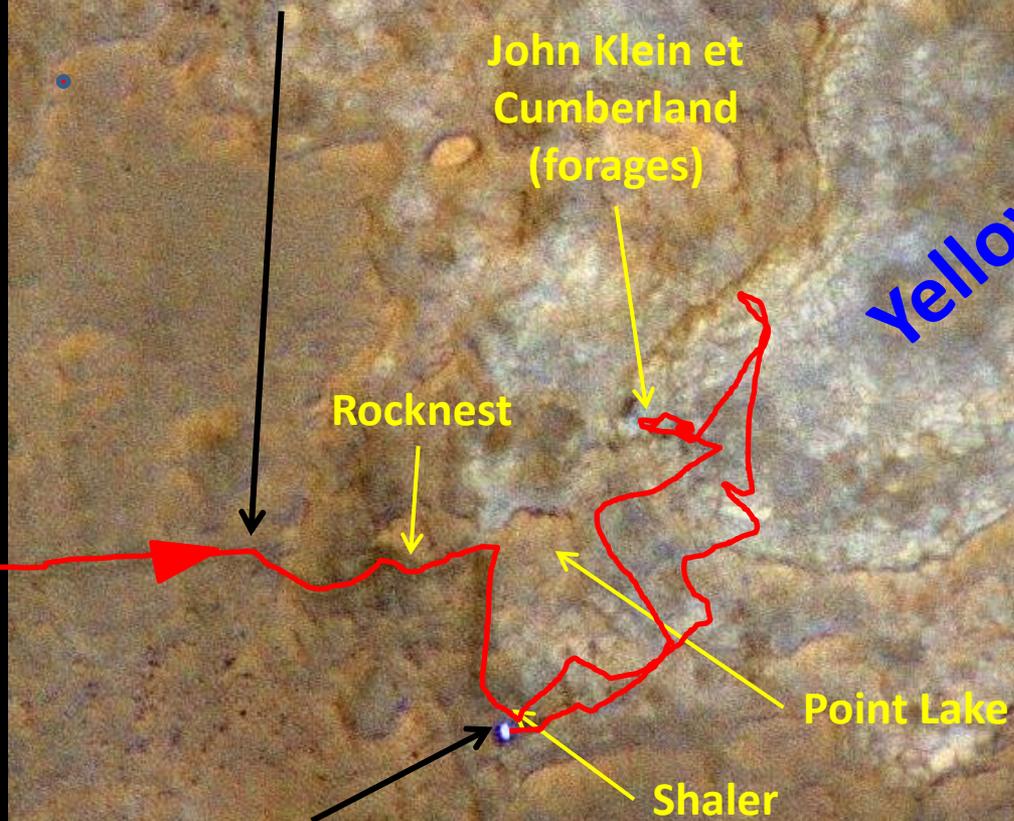
**... ou *in situ* dans leur contexte. Sur Terre, ce type de structure est le résultat de la circulation interne à la roche d'eau ferrugineuse. Sur Mars ??**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16563> et <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16768>

**Mi-juin 2013, Curiosity commence à sortir de Yellowknife Bay. N'oublions pas le but de la mission qui est juste là devant nous, mais séparé de nous par des dunes noires.**

**Sol 53,  
30 septembre 2012**

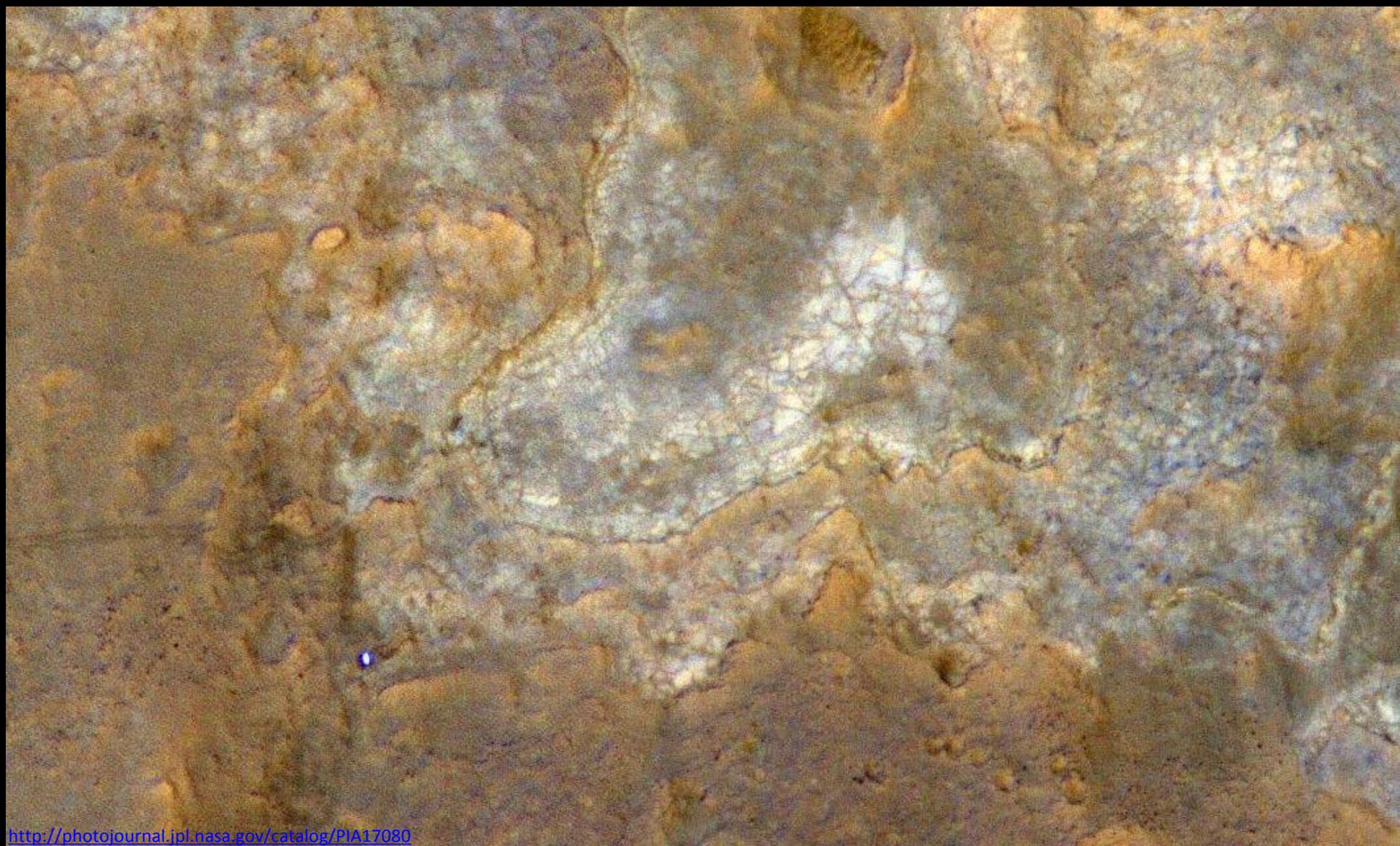


**Yellowknife  
Bay**

**Sol 316,  
27 juin 2013**

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17080>

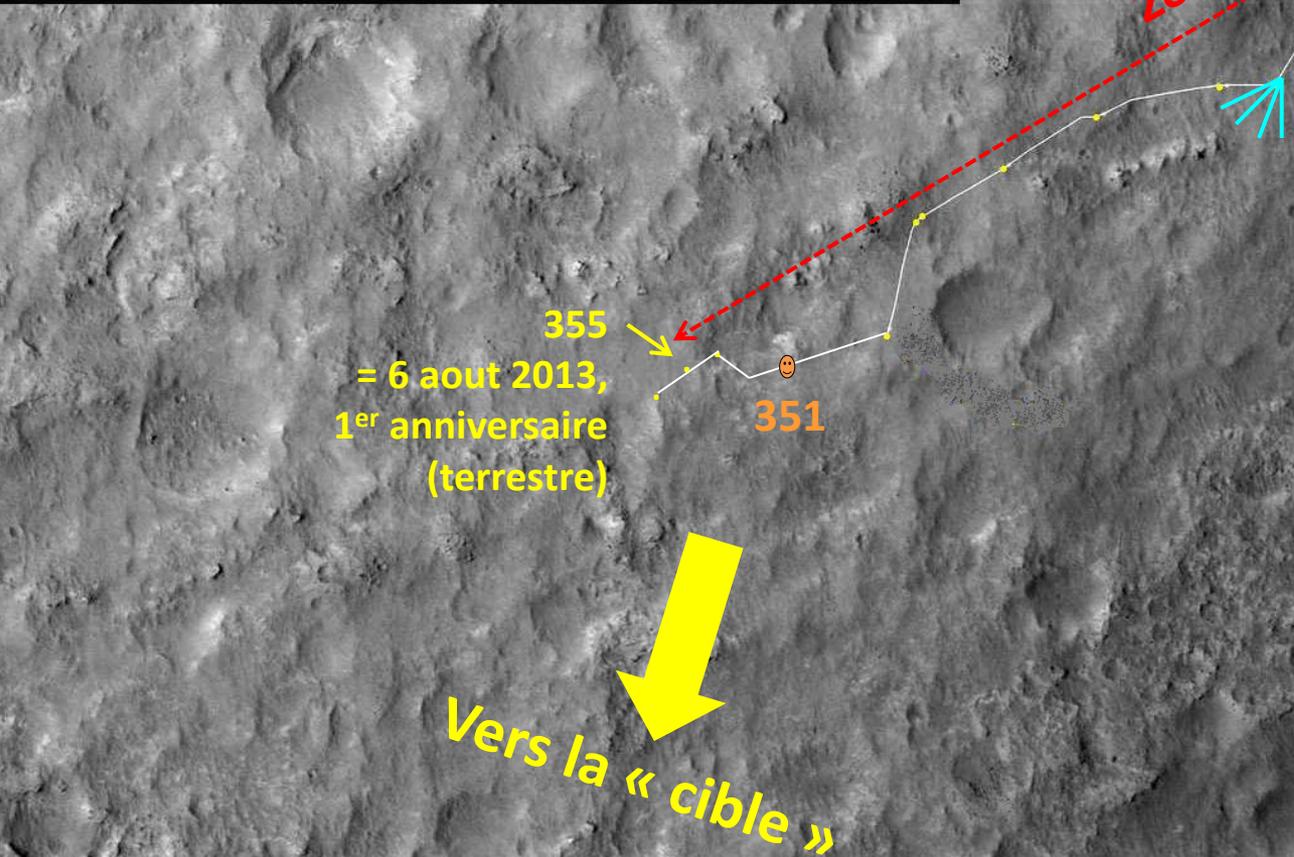
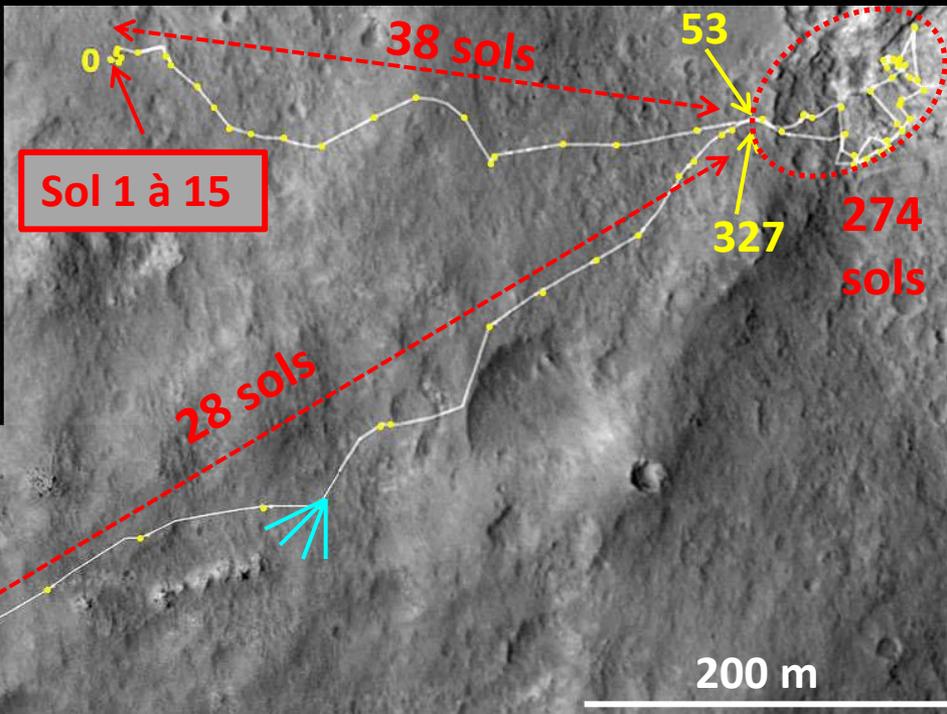
**Résumé de 9 mois de trajet et de travail dans Yellowknife Bay et environs.**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17080>

**Résumé de 9 mois de trajet et de travail dans Yellowknife Bay et environs. On voit les traces laissées sur le sol quand il est meuble, et les reflets du soleil sur Curiosity.**

Les trois « temps » de la 1<sup>ère</sup> année de Curiosity. Il ne reste « que » 8 000 à 10 000 m à faire pour atteindre la « cible ».



En attendant, une carte postale du sol 342, et une série du sol 351.



<http://mars.jpl.nasa.gov/mars/multimedia/raw/15-342&camera=MA5T>

**Carte postale du sol 342 (24 juillet 2013)**



**Dans les images du sol 351, six (dont celle-là) n'ont été mises en ligne qu'hier soir, sans aucun commentaire. Qu'est ce que c'est ?**



**Je pense que cette photo montre Phobos (en haut)  
et Deimos (en bas)**

08:41:38



08:41:41



08:41:59



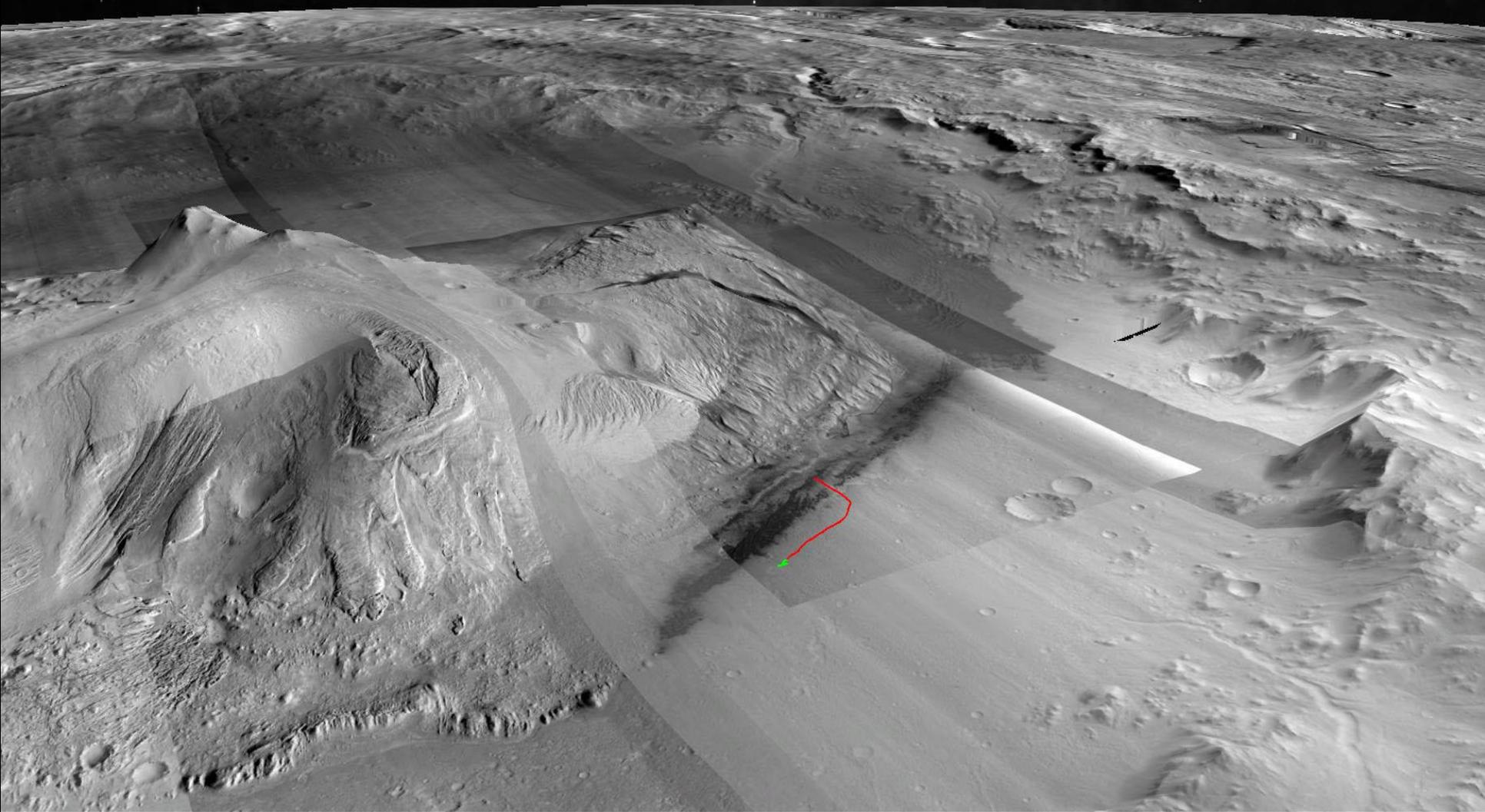
08:42:27



**Eh oui, une occultation de  
Deimos par Phobos !**

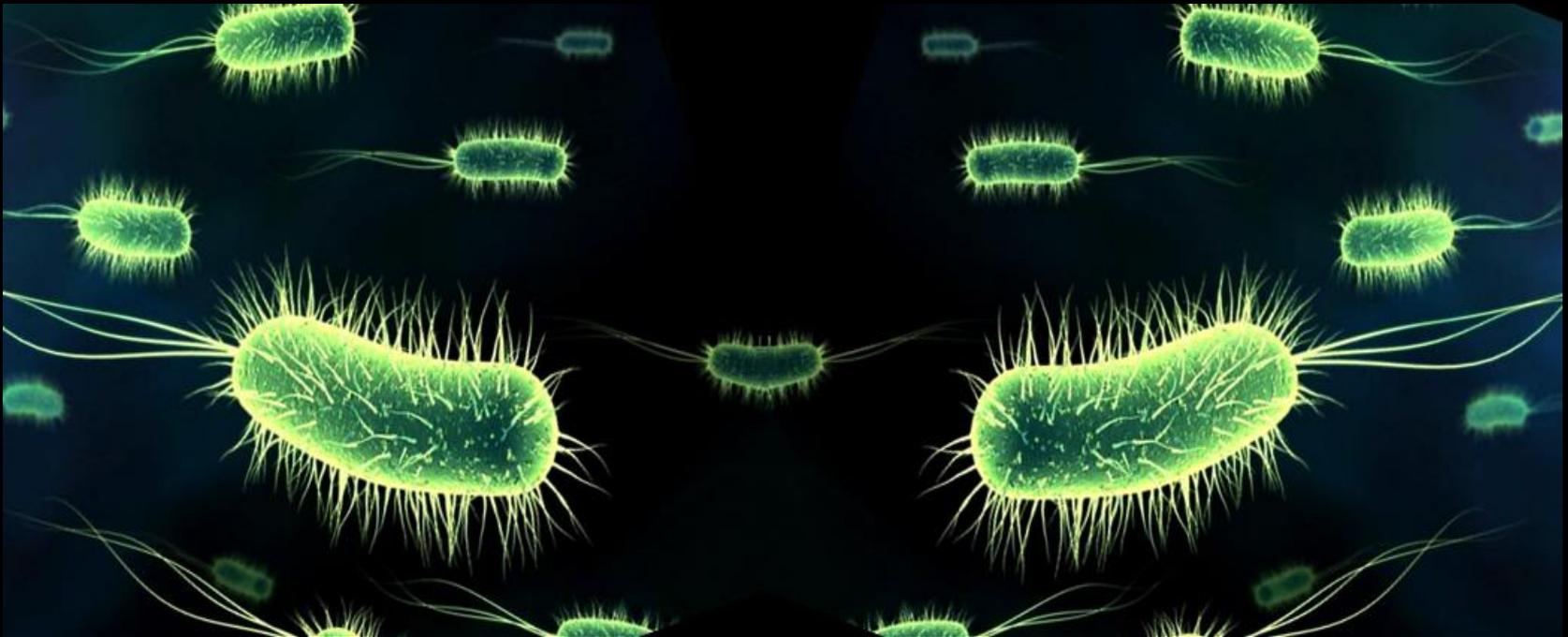
**08:42:55**





**En juillet 2013, Curiosity quitte définitivement Yellowknife Bay et va gagner la base du Mont Sharp en évitant les dunes. En vert, les 1600 m déjà faits le 6 août. En rouge, les 8 000 à 10 000 m qui restent à faire pour franchir le cordon de dunes et atteindre la base du Mont Sharp.**

**Mais le temps imparti va finir. Pour conclure, je vous rappelle le but principal de Curiosity : déterminer si les conditions anciennes ont pu permettre (oui), voire ont permis (?), le développement d'une chimie pré-biotique, et pourquoi pas d'une vie (ancienne et très simple). Pour l'instant, rien de formellement concluant sur cette chimie du carbone, mais tous les espoirs sont permis !**





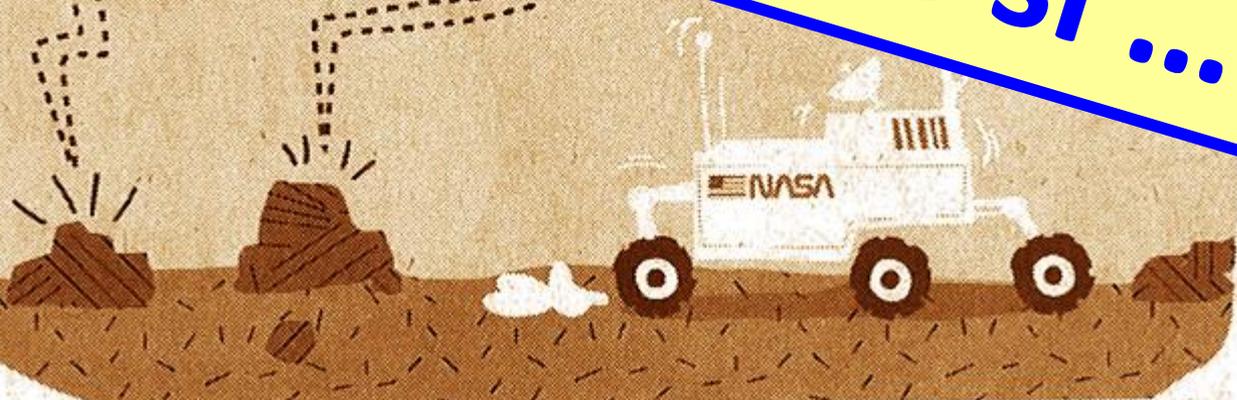
**Et pour finir en souriant, espérons que cette éventuelle vie n'existe plus, ou que si elle existe encore, elle n'est pas trop évoluée ! Car on ne la trouverait peut-être pas !**

DAR LES ANNEAUX DE SATURNE!

ATILOUX»

NO

**Merci de votre attention,  
et peut-être à l'année  
prochaine si ...**



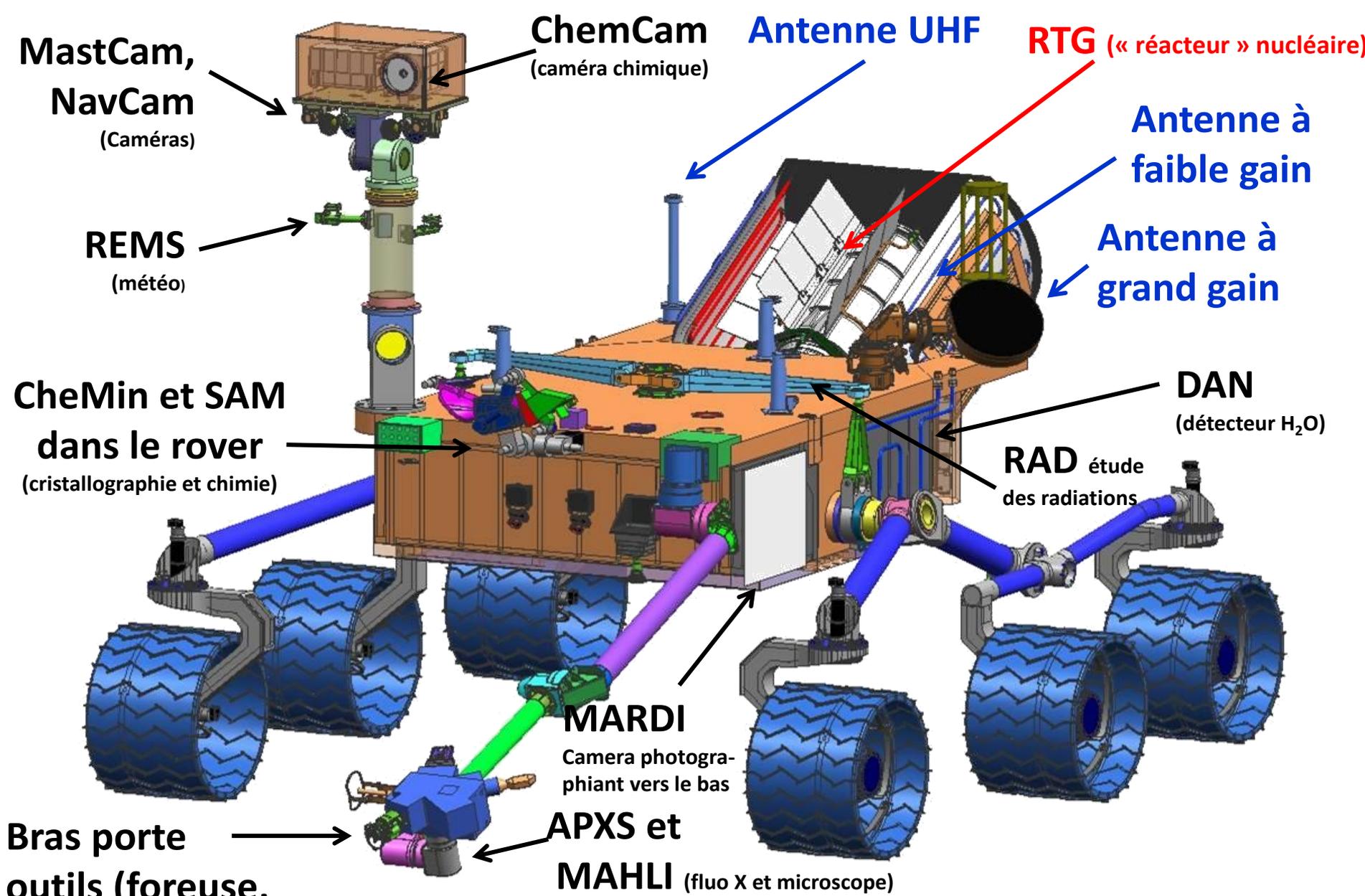
Et pour finir en  
souriant,  
espérons que  
cette  
éventuelle vie  
n'existe plus,  
s  
e!  
la  
ait  
peut-être pas!

Et si il reste du temps, une vision animée d'un panorama à 360°, Mars comme si on y était. Dommage qu'on ne soit pas au planétarium !

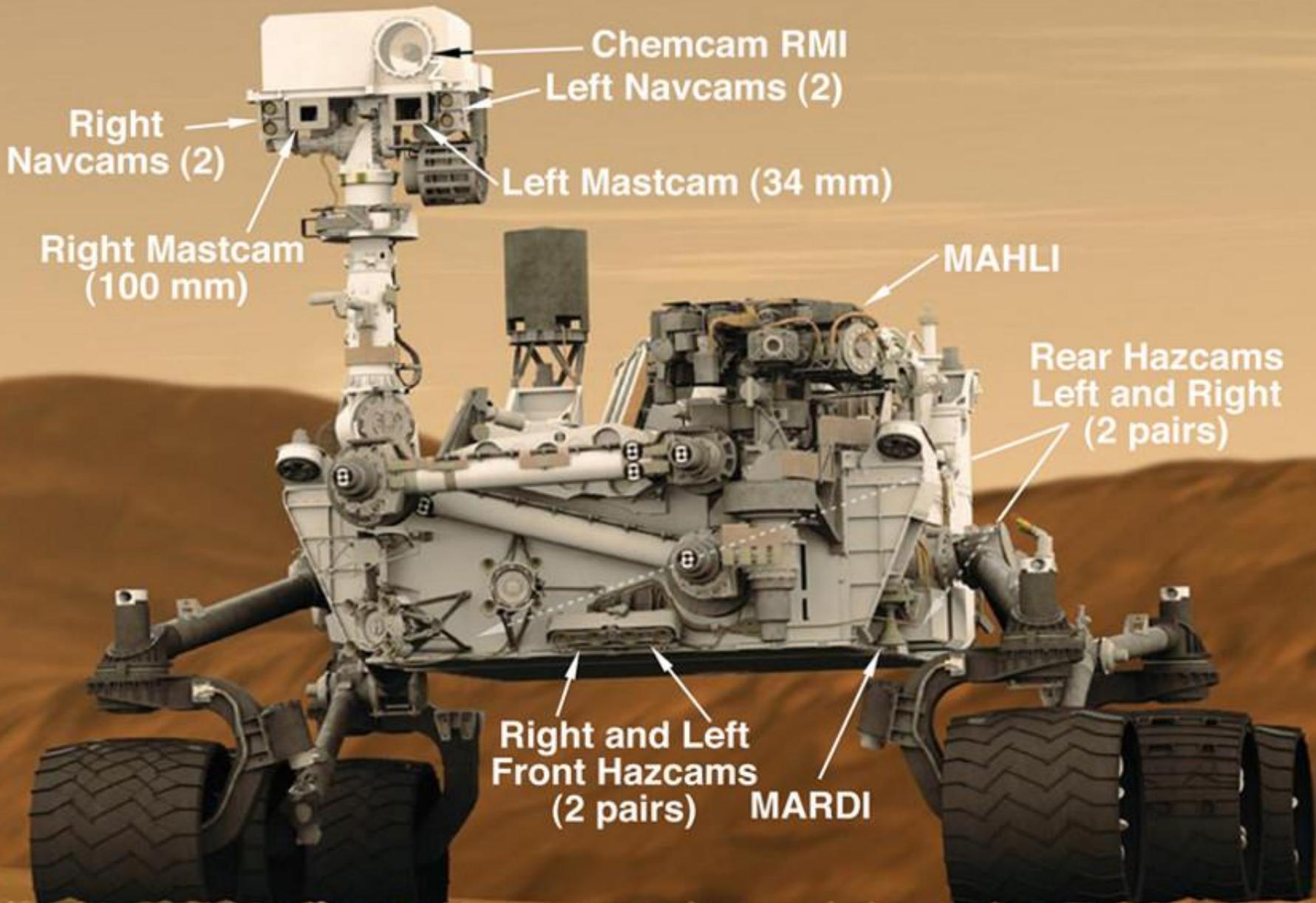
<http://www.panoramas.dk/mars/curiosity-first-color-360.html>





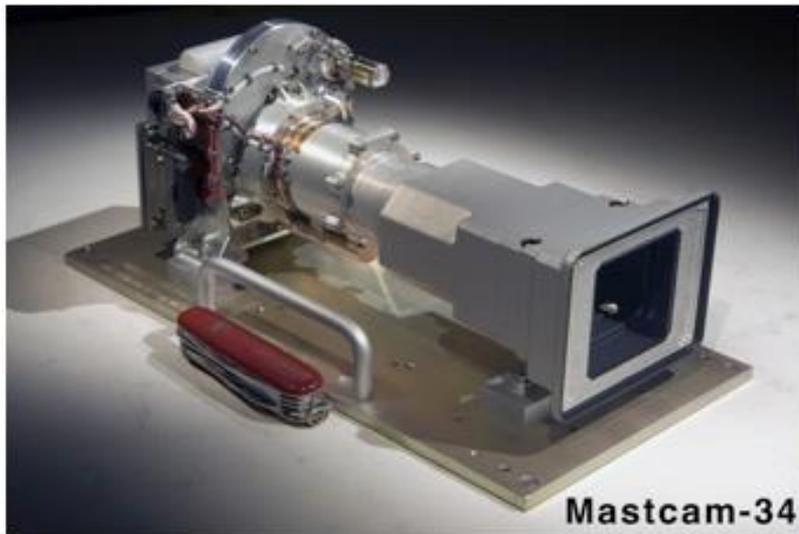
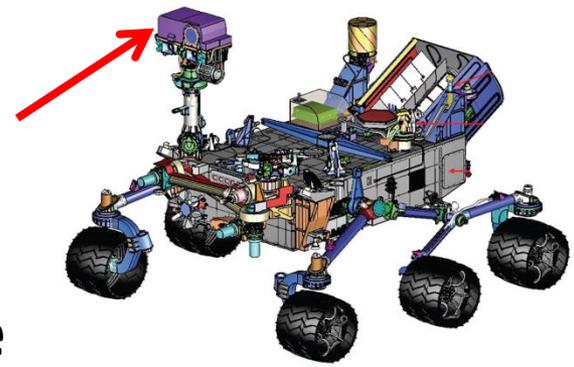


**Les équipements du rover**

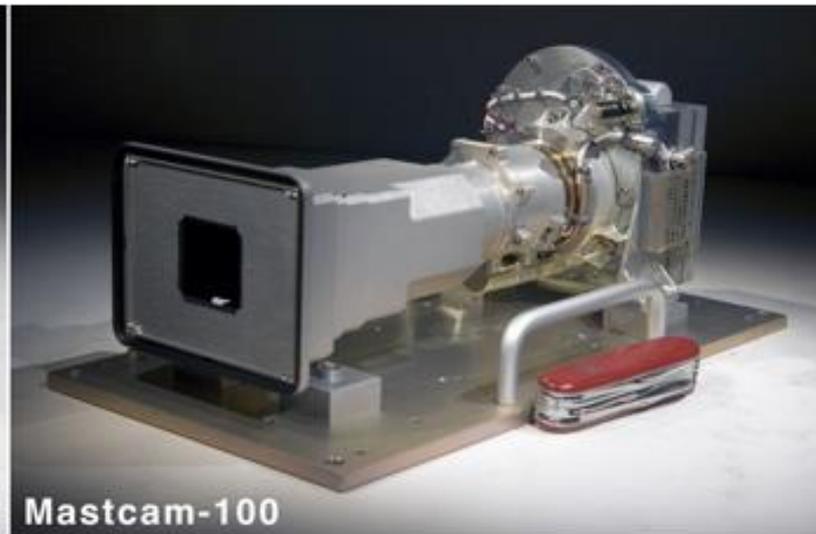


**Les 17 caméras de Curiosity**

**MastCam** (*Mast Camera*): ensemble de caméras panoramiques ( focale de 34 et 100 mm) et de caméra « de navigation ». Huit filtre entre 440 et 1035 nm pour faire de la « vraie » et « fausse » couleur, de la spectroscopie « grossière ». Image de 1200x1600 pixels. Capacité de stockage de 5500 images. Vidéo à la cadence de 10 images/s



Mastcam-34

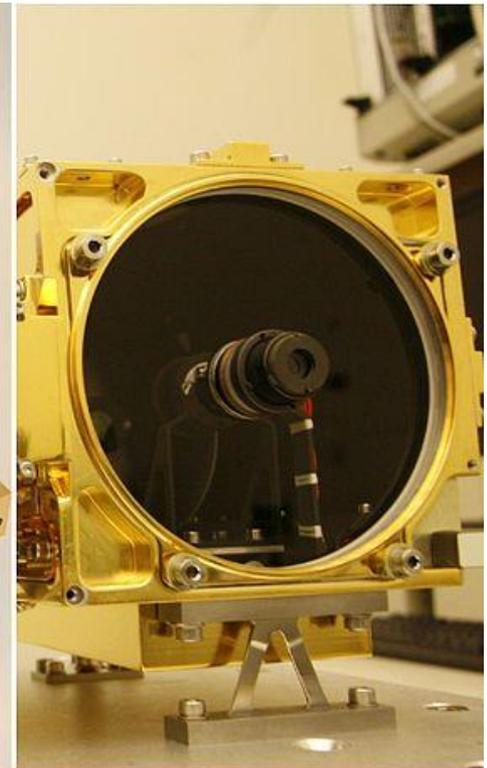
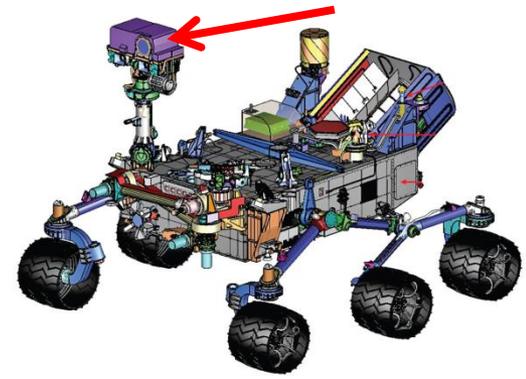


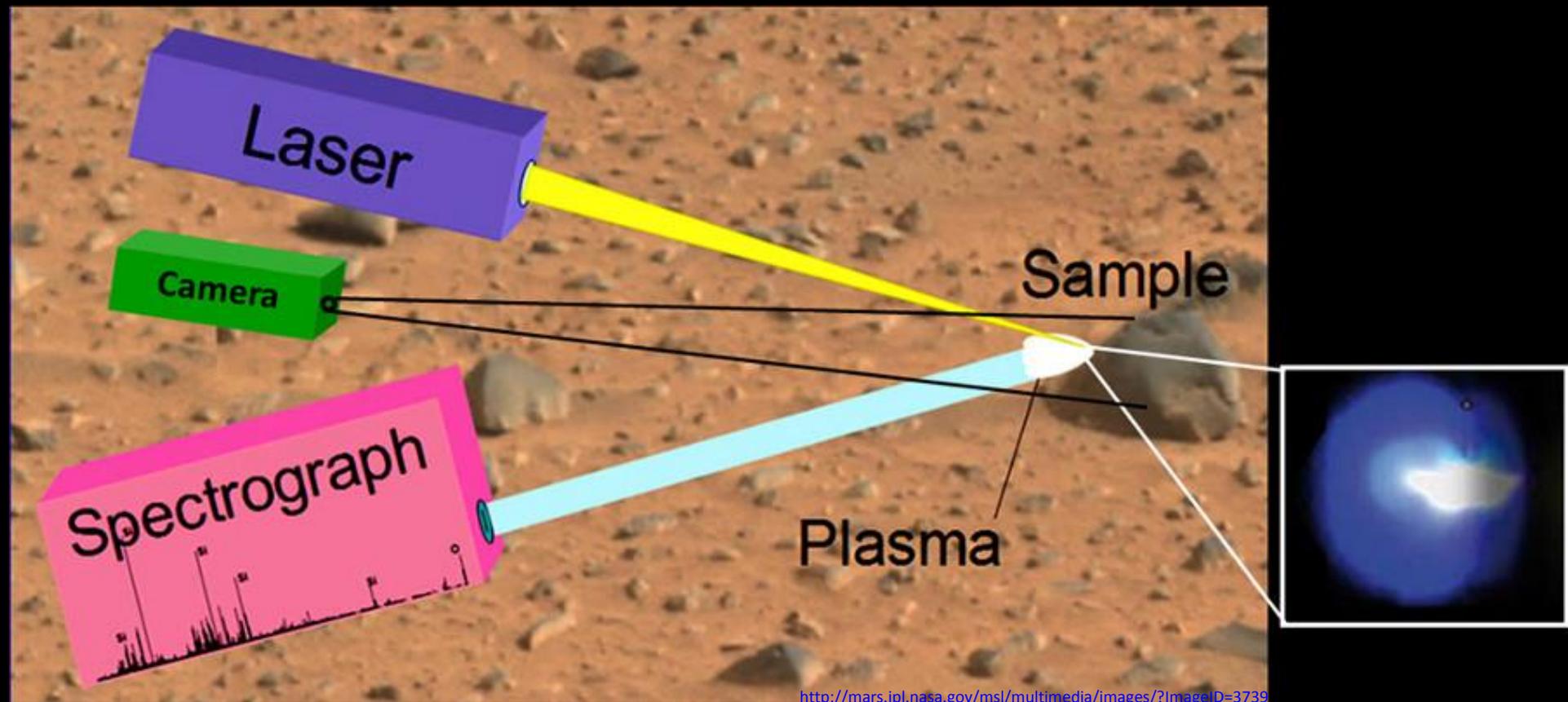
Mastcam-100

Sur le pourtour du rover, cameras fisheyes pour la navigation

**ChemCam** (« *CHEMistry CAMera* »): laser + caméra + spectromètres. Le laser envoie un faisceau d'environ 0,5 mm de diamètre sur la roche (distance < 7m). Cela produit un plasma qu'une caméra photographie et analyse spectralement ( 240 à 850 nm). Cela donne « rapidement » et sans se déplacer la chimie de plusieurs sites environnant, ce qui permet un choix pour les analyses détaillées beaucoup plus longues à faire .

**Instrument français.**

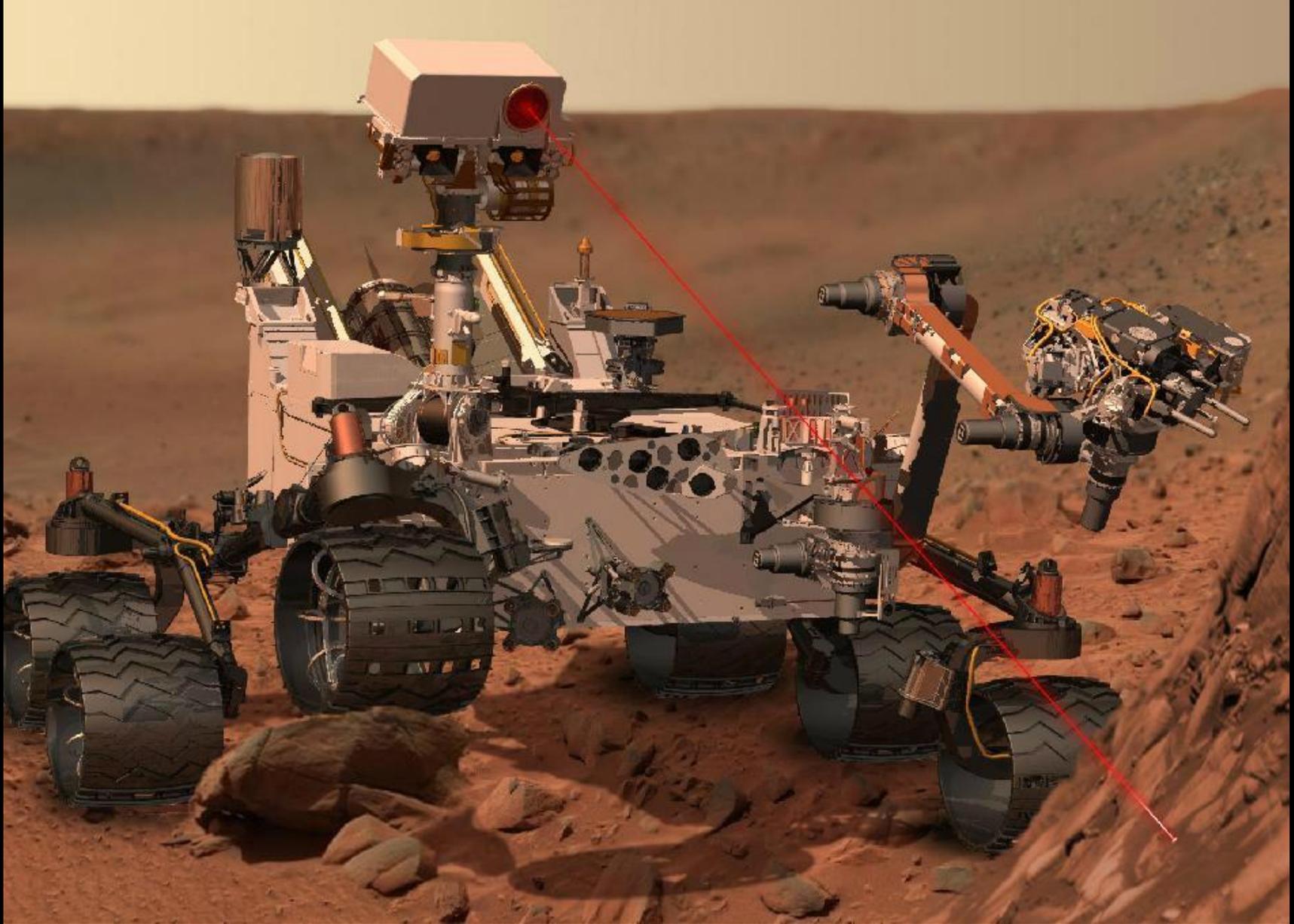




**Le principe de Chemcam.**

**Chaque « tir » laser délivre 1 million de watts pendant 5 milliardièmes de seconde.**

**La largeur du faisceau (légèrement variable avec la distance, jusqu'à 7m) est d'environ 0,4 mm**



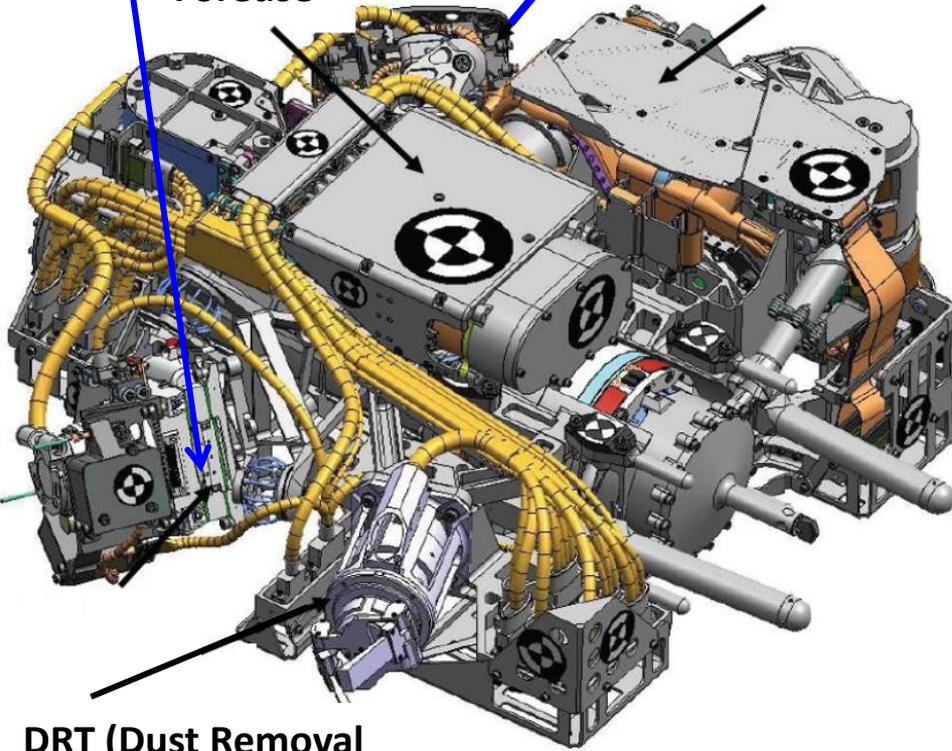
**ChemCam, ça fait un peu guerre des étoiles, vous ne trouvez pas !**

# Bras porte outils

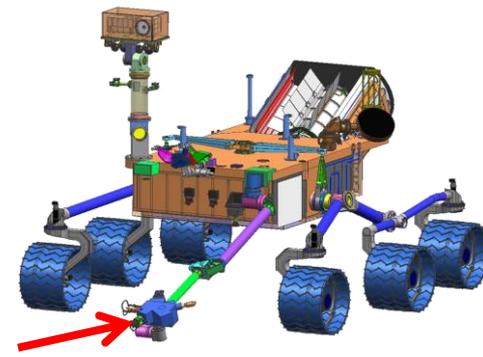
MAHLI  
(caméra  
« loupe »)

APXS : analyse chimique  
« grossière » par simple  
contact

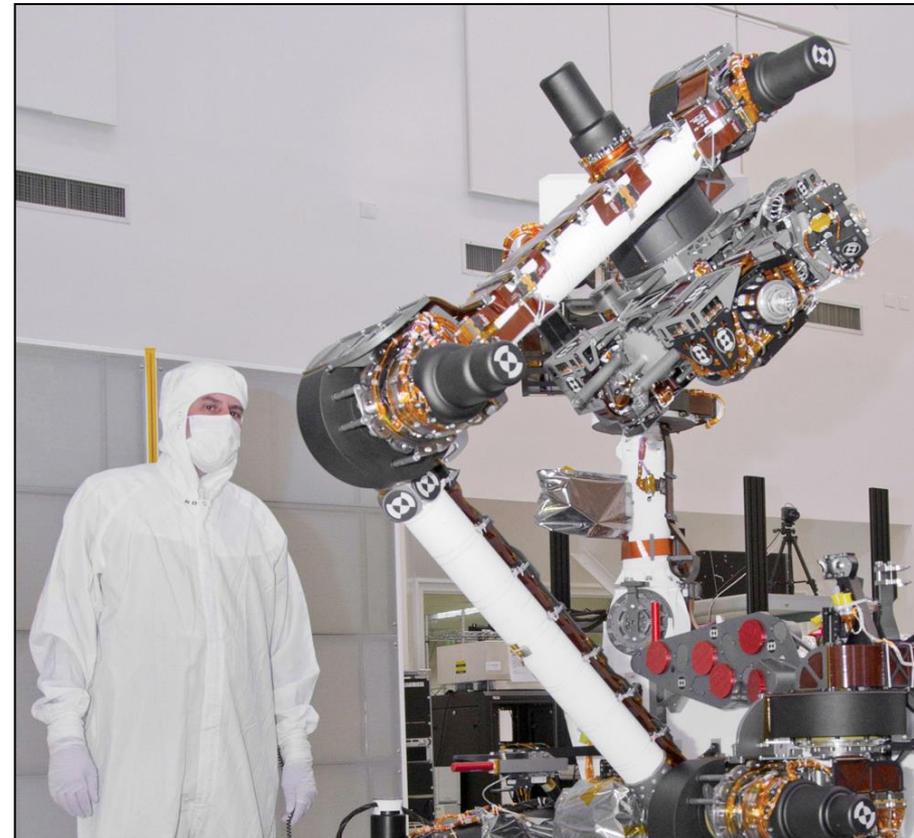
Foreuse



DRT (Dust Removal  
Tool ) : Brosse et  
aspirateur à poussière  
et fragments de roche

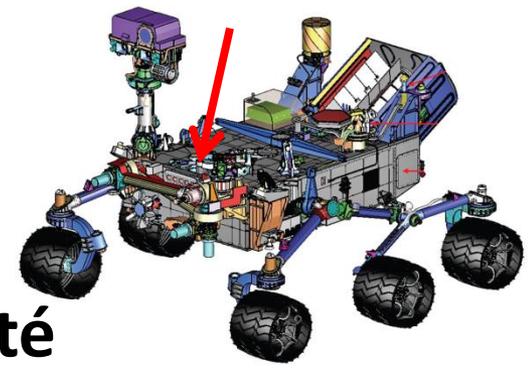


CHIMRA (Collection and Handling for Interior Martian Rock Analysis ) : mini pelleuse pouvant faire des mini tranchés dans un sol meuble et amener les échantillons aux analyseurs « internes »

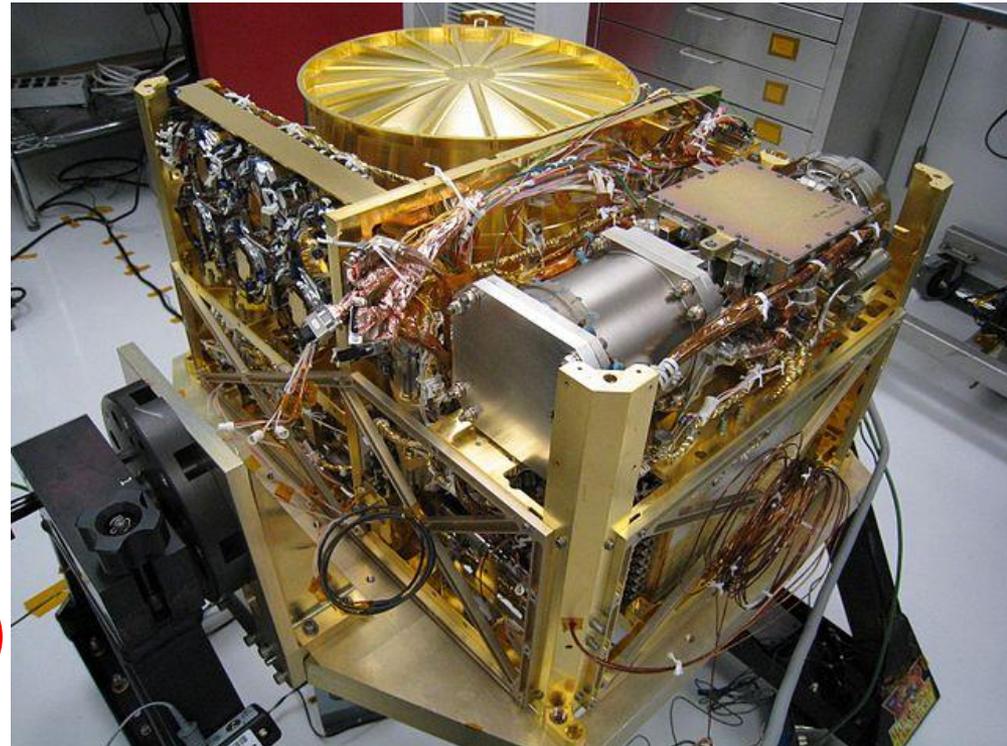


# **SAM** (« *Sample Analysis at Mars* »)

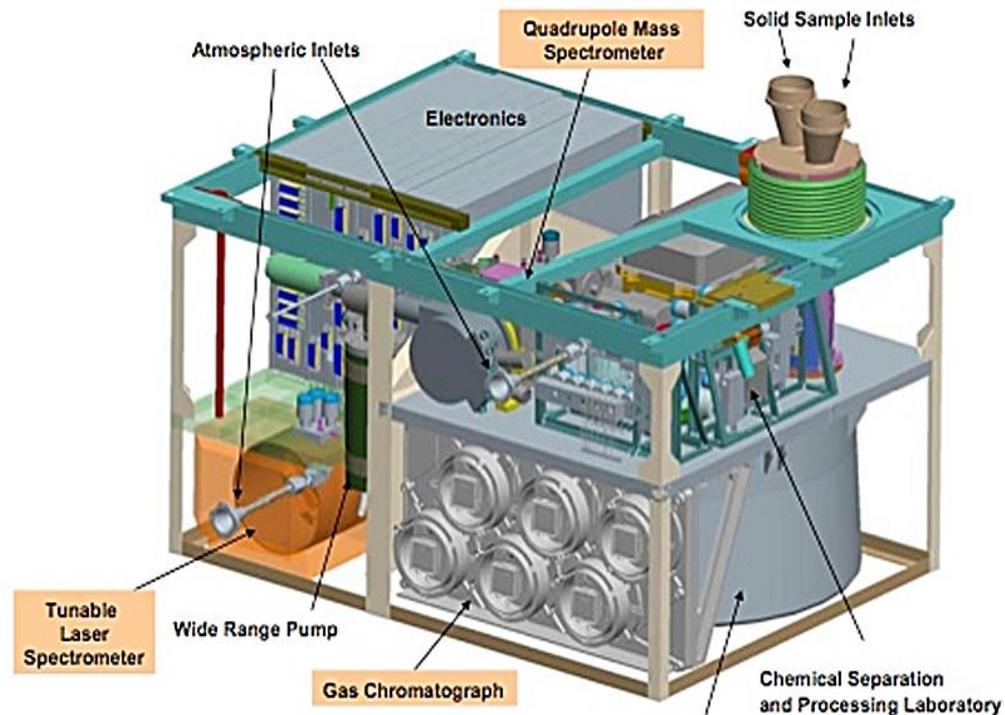
**Le plus complexe, le plus prometteur et le plus innovant des équipements scientifiques en ce qui concerne l'habitabilité ancienne de Mars.**



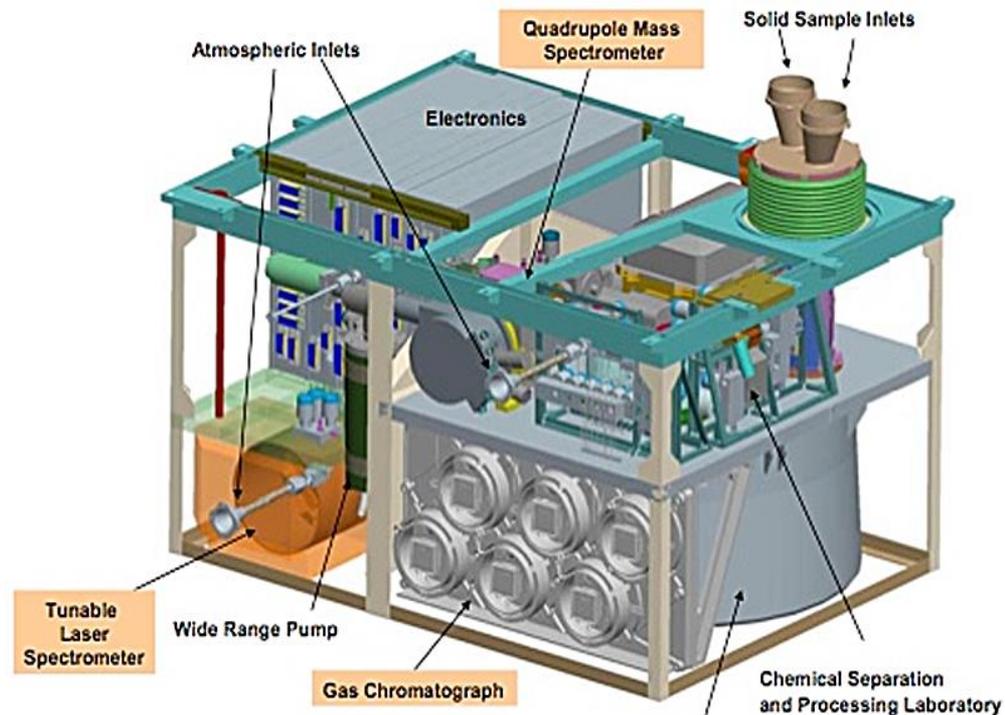
**On pourra ainsi déterminer la présence ou l'absence de carbone dans le sol, sous quelle(s) molécule(s) il se trouve, son rapport isotopique, si il y a du méthane dans l'atmosphère, les différences isotopique entre CO<sub>2</sub>, méthane, matière organique ... Il n'y a pas mieux pour essayer d'identifier une activité prébiotique (ou biotique) ancienne sur Mars**

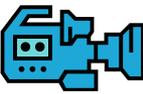


Les échantillons solides sont amené par le bras manipulateur et déposés dans des capsules **(74 seulement, attention !)**. Ils sont ensuite traité chimiquement (pyrolyse, combustion, dérivatisation ...) libérant des « sous produits » gazeux. Ces sous-produits gazeux, ou l'atmosphère martienne brute ou « traitée » prélevée directement, sont ensuite analysés par 3 instruments élémentaires pouvant fonctionner isolément ou à la suite l'un de l'autre . L'ensemble est accompagné par tout un système d'introduction, de pompe et de purge.



- Un chromatographe en phase gazeuse : (GC = Gas Chromatograph) à 6 colonnes qui va séparer les différentes molécules gazeuses introduites (instrument français)
- Un spectromètre de masse à quadrupôle (QMS = Quadrupole Mass Spectrometer) qui va identifier les principales molécules sortant du chromatographe
- un spectromètre laser réglable (TLS Tunable Laser Spectrometer) pour étudier les rapports isotopiques de C et O et les éventuelles traces de méthane

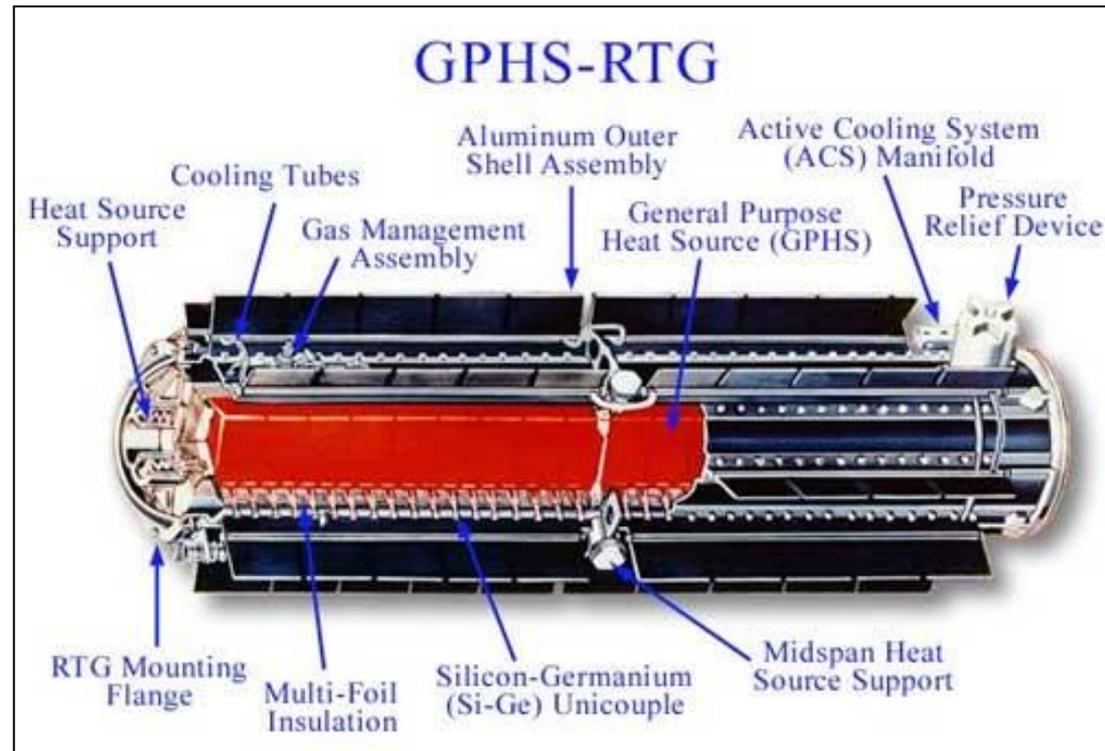


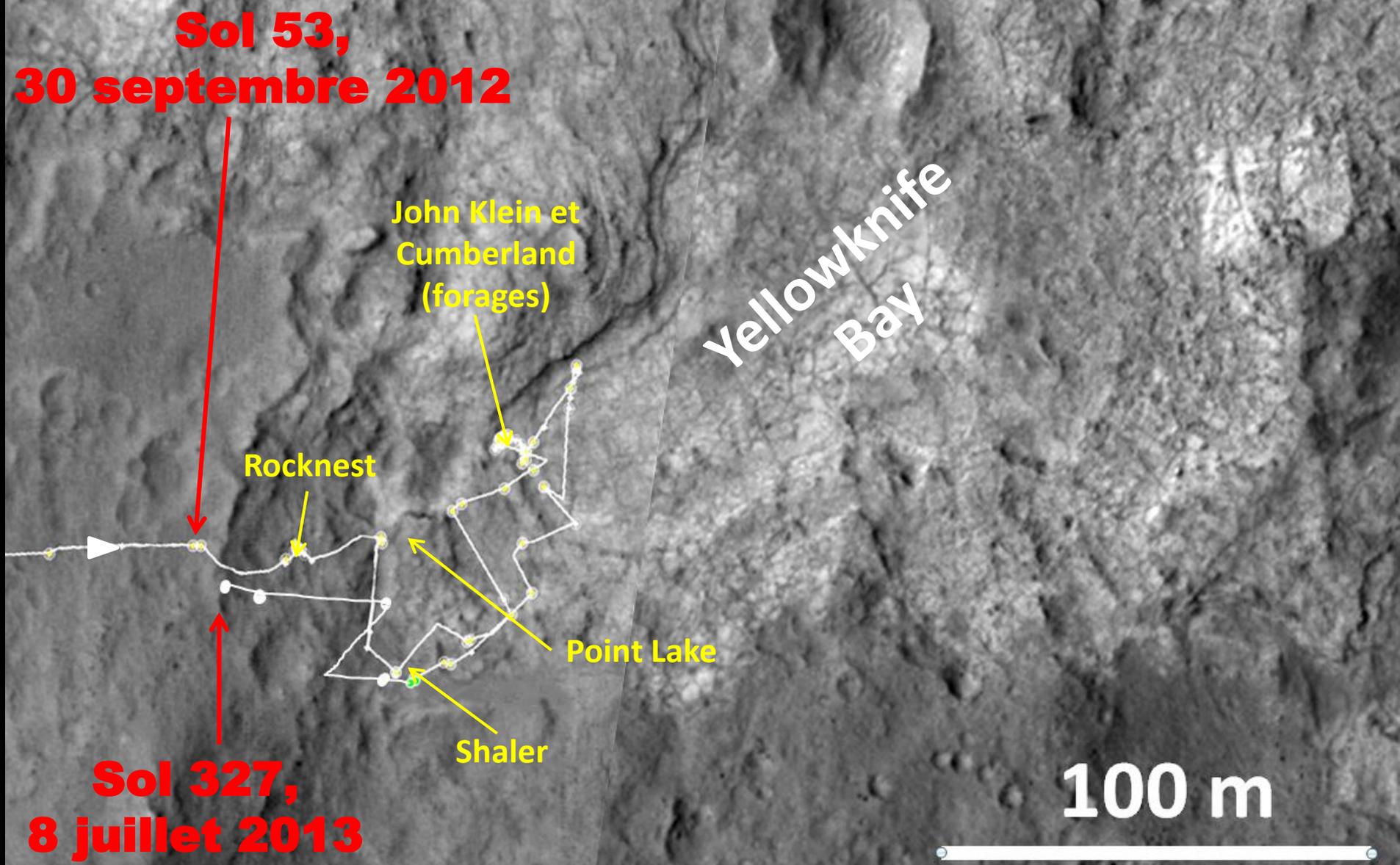


## La production d'énergie

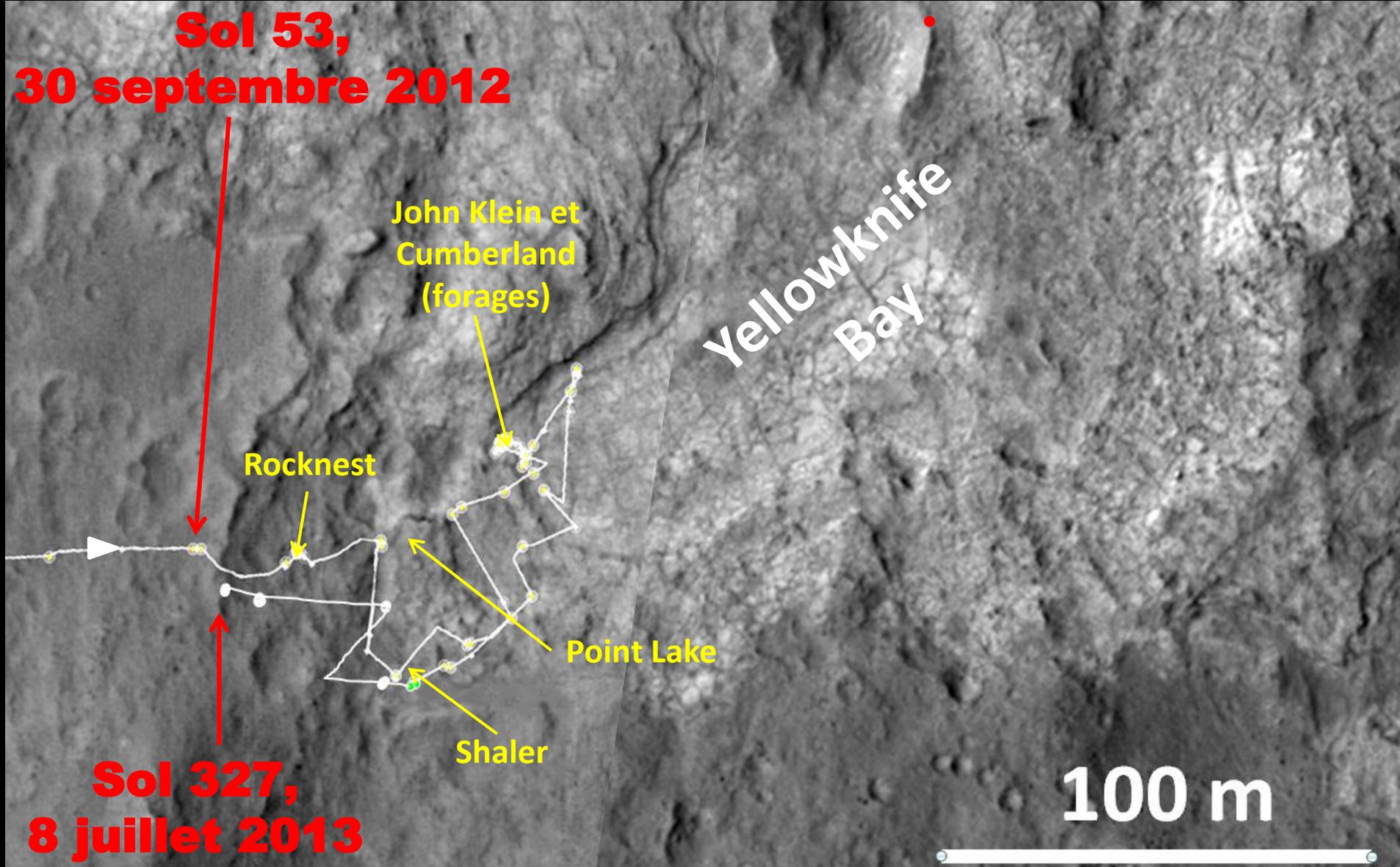
Curiosity marche à l'énergie nucléaire, avec batteries chimiques alimentées un RTG (Radio-isotope Thermoelectric Generator) qui grâce à ses 4,8 kg de  $^{238}\text{PuO}_2$  générera 2000 W thermique, convertis en 120 W électrique (période de 87ans  $\rightarrow$  100 W au bout de 15 ans). Curiosity a 6 roues motrices. Il peut aller sur des pentes jusqu'à 45°.

La durée de vie nominale de Curiosity est d'1 an martien (2 ans terrestres) et de 20 km.

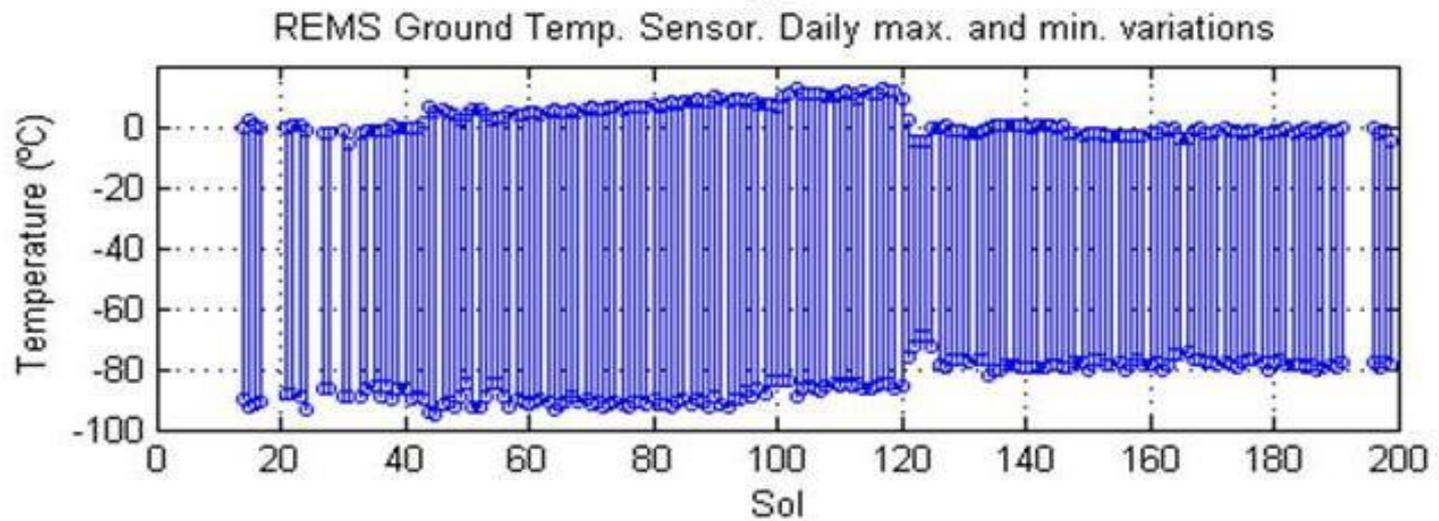
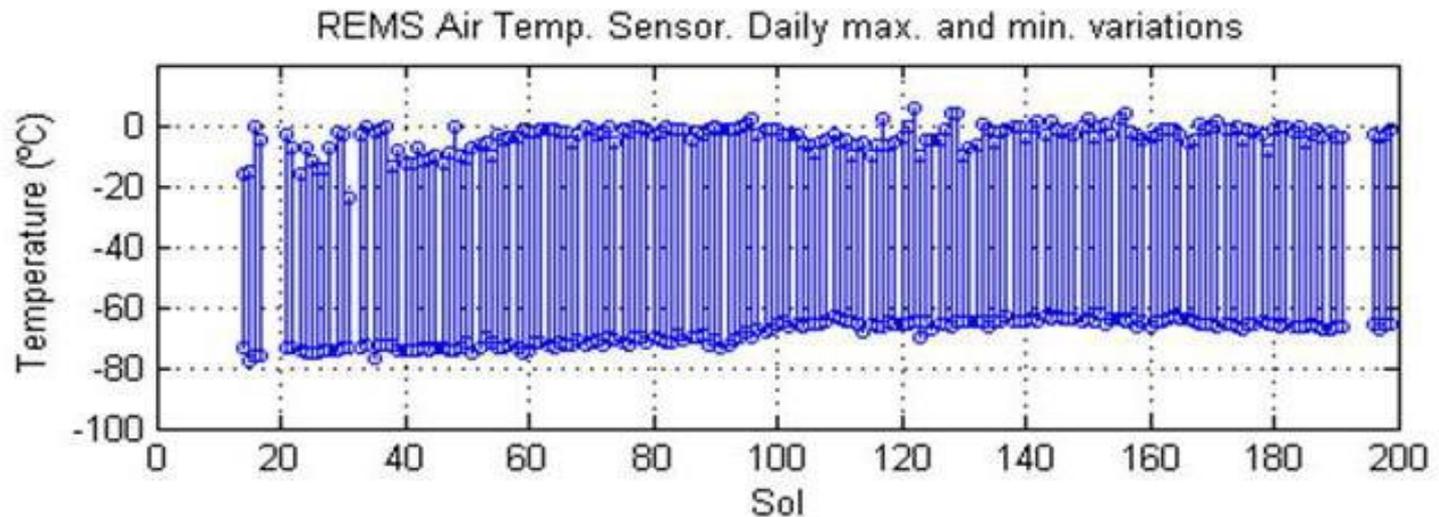




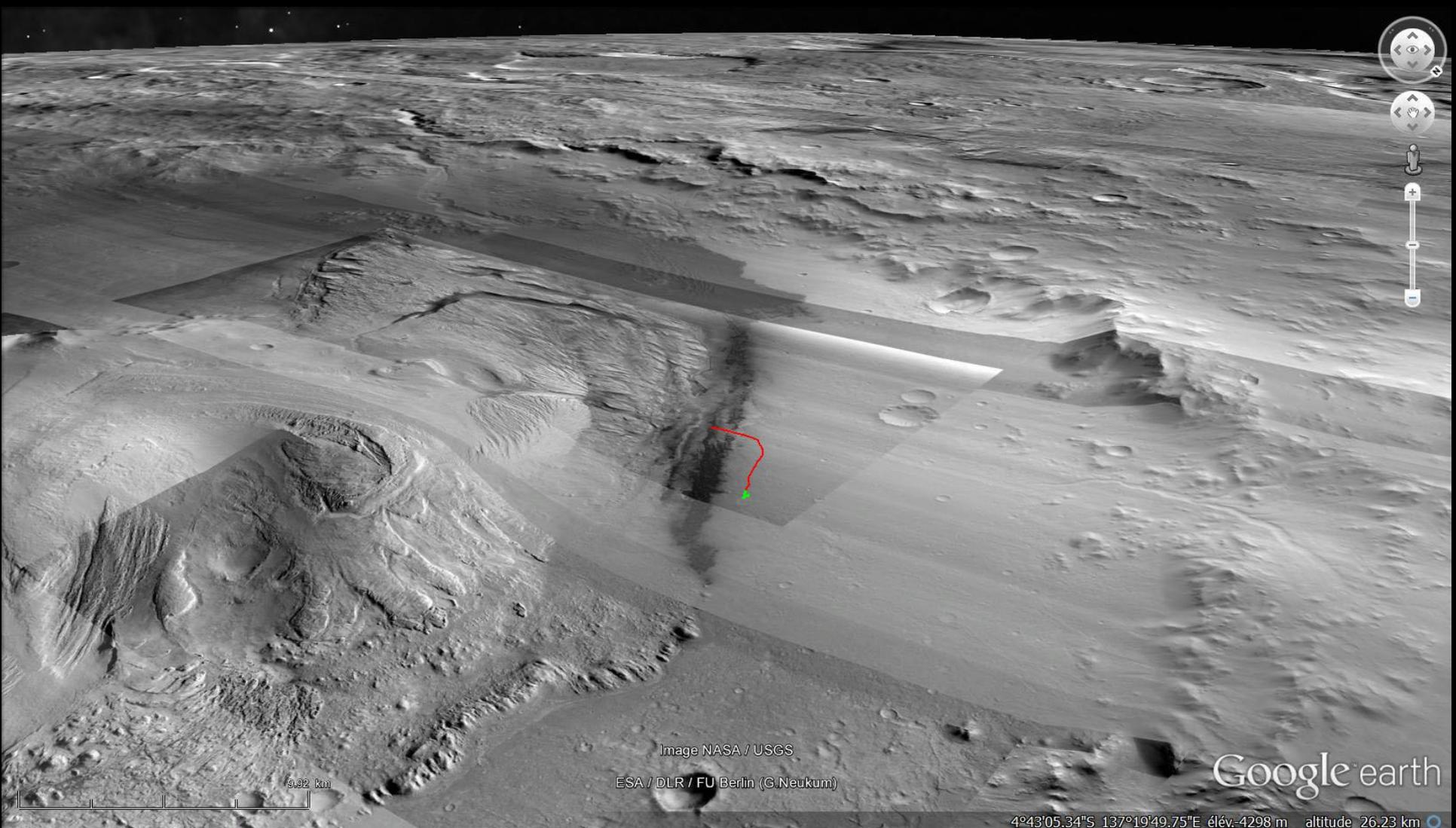
**Résumé de 9 mois de trajet et de travail  
dans Yellowknife Bay**



**Résumé de 9 mois de trajet et de travail  
dans Yellowknife Bay**



**Et encore un résultat pour occuper les médias : la météo, et la température du sol dont on déduit l'inertie thermique, donc la teneur en eau.**



4°43'05.34"S 137°19'49.75"E élév.-4298 m altitude 26.23 km

**En juillet 2013, Curiosity quitte définitivement Yellowknife Bay et va gagner la base du Mont Sharp en évitant les dunes. En vert, les 1600 m déjà faits début août. En rouge, les 8 000 à 10 000 m qui restent à faire pour franchir le cordon de dunes et atteindre la base du Mont Sharp.**