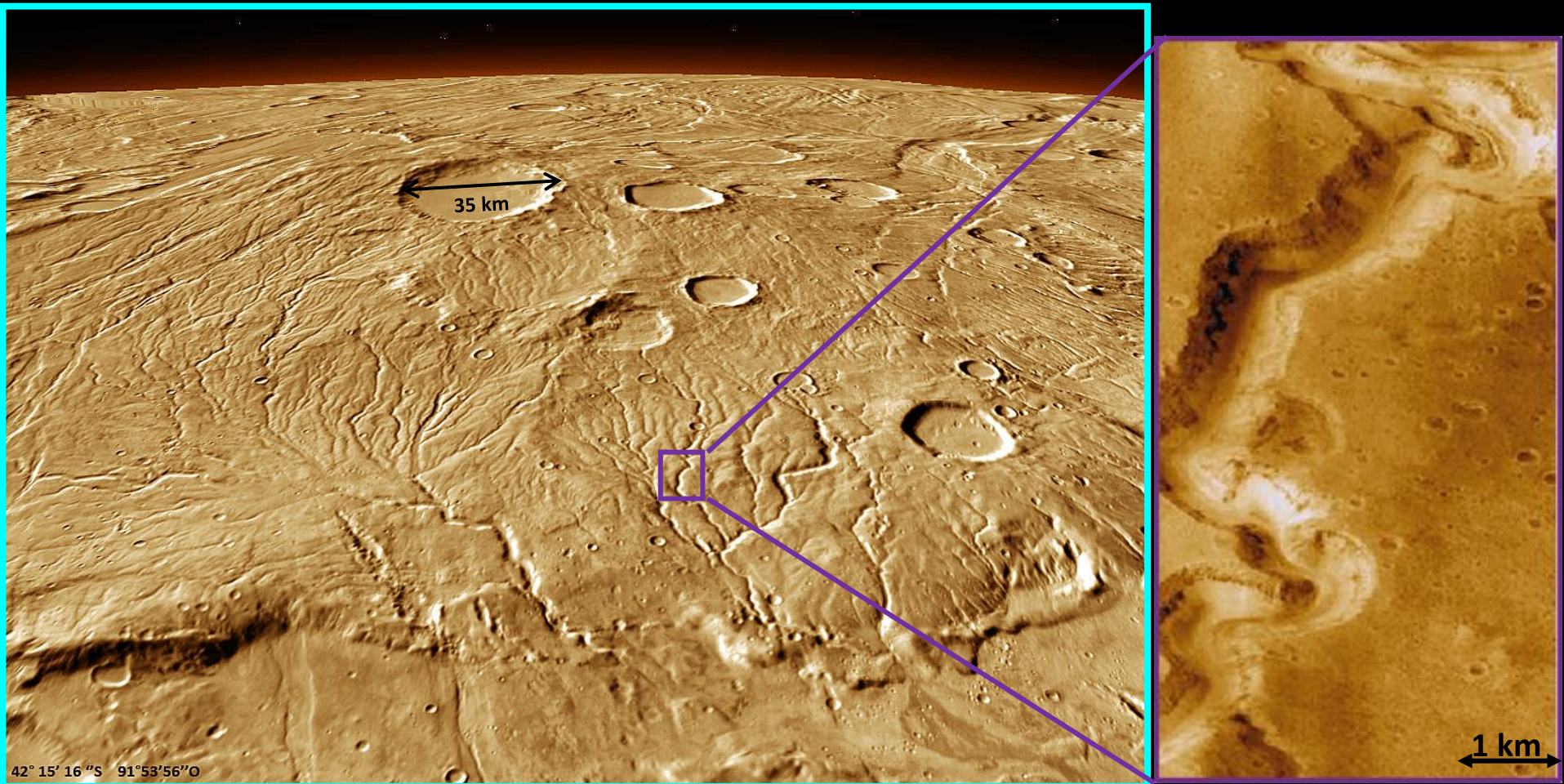
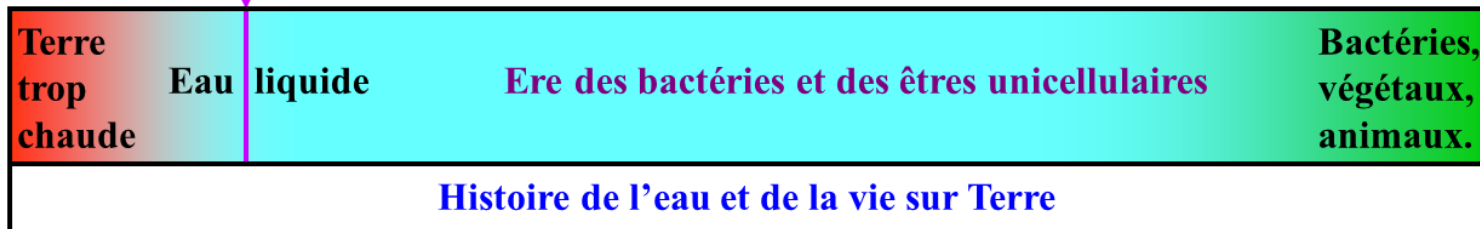
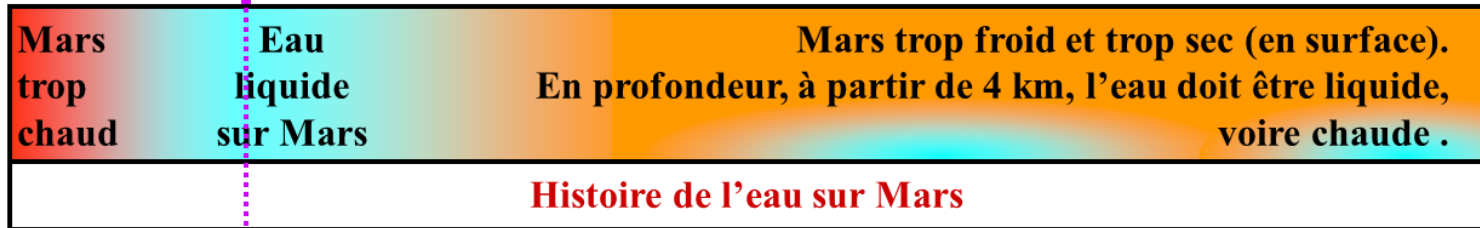


Les aventures de Curiosity, le robot géologue de la NASA qui explore Mars depuis 2 ans et deux jours.



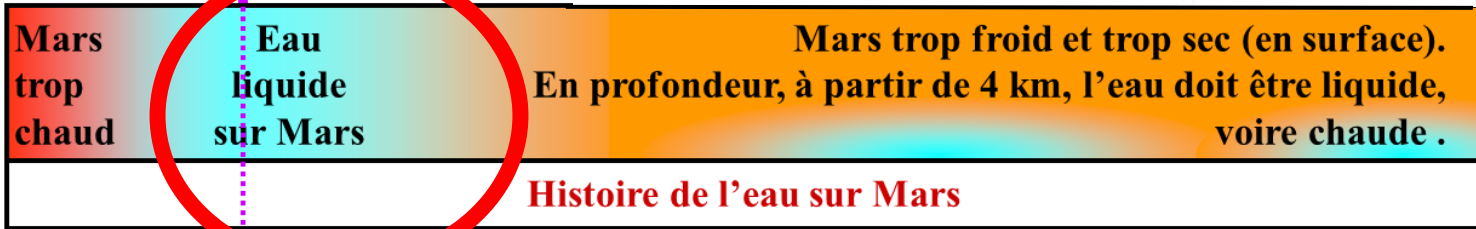
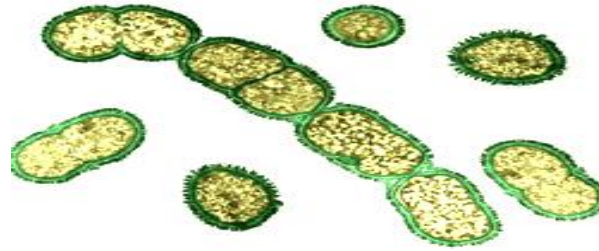
On sait depuis 1971-1972 avec la mission Mariner 9 que de l'eau a coulé sur Mars dans un passé lointain, avec petits ruisseaux formant de grandes rivières ... On veut savoir si cette eau liquide a pu permettre, voire a permis, le développement d'une vie ancienne et « primitive ».

Plus vieilles traces de vie sur Terre



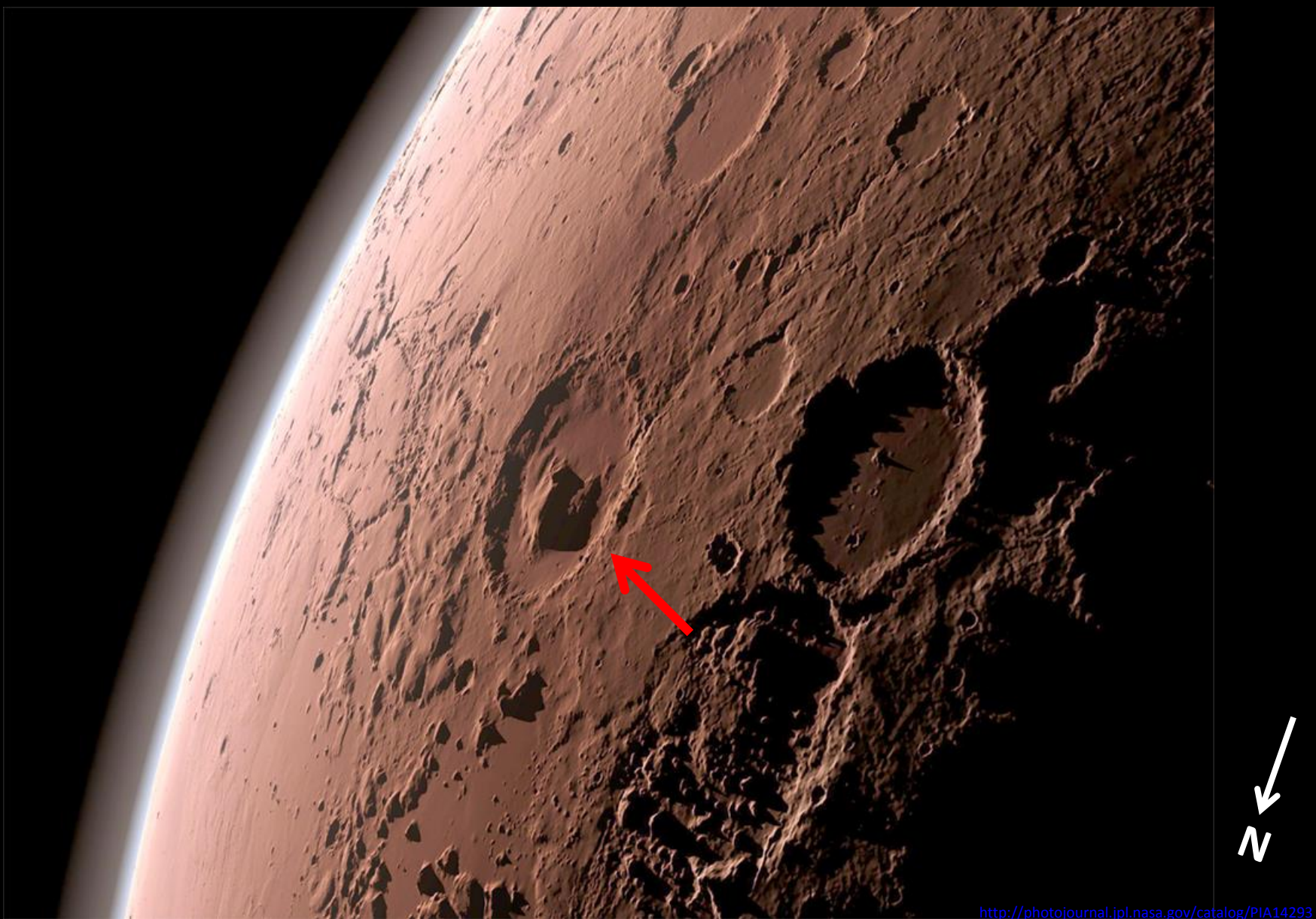
Avec les nombreuses sondes en orbites, on a pu reconstituer l'histoire de l'eau liquide à la surface Mars, et la comparer à celle de la Terre

Plus vieilles traces
de vie sur Terre



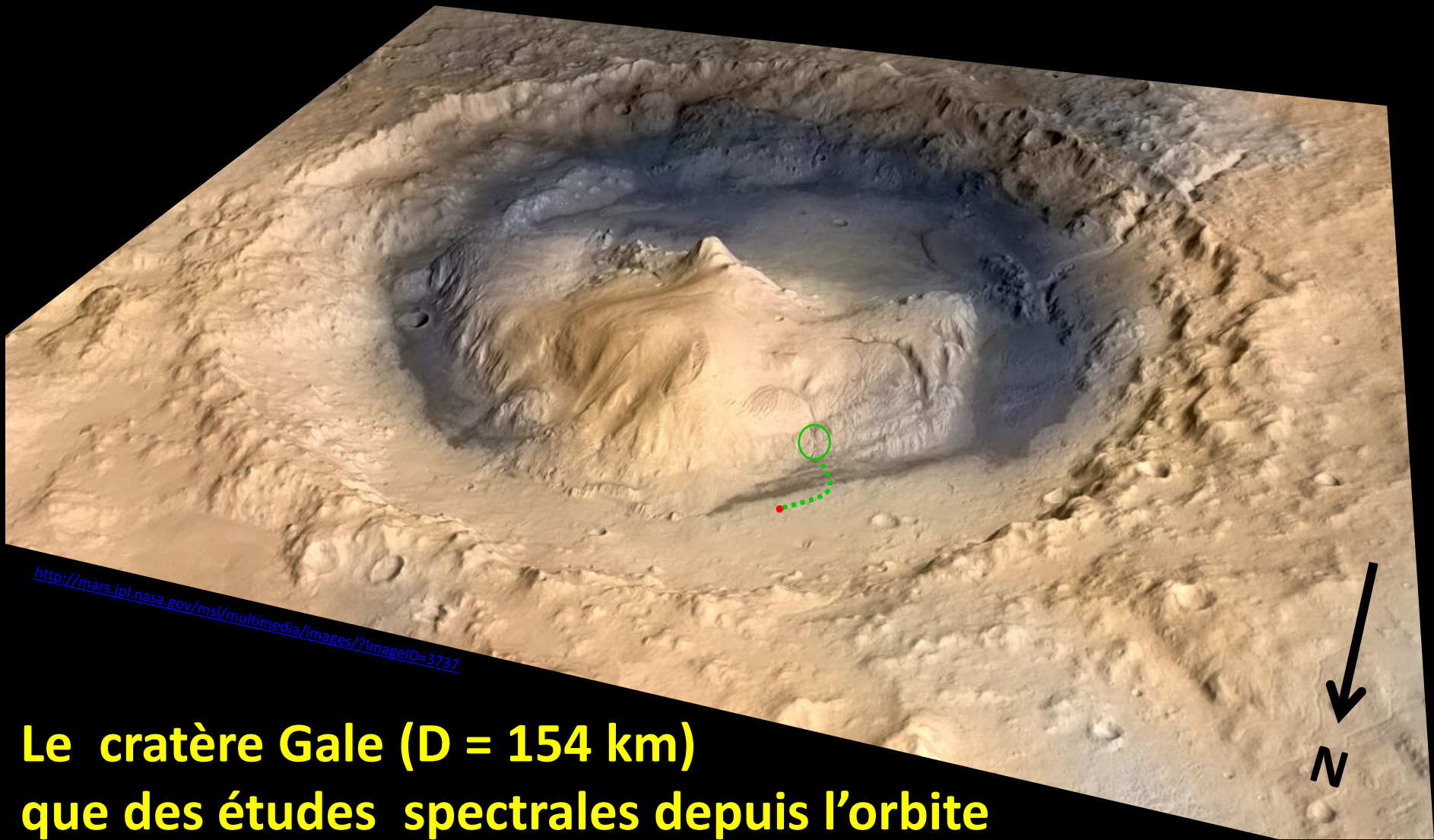
Y-a-t-il (y-a-t-il eu) des martiens ??

Puisqu'on veut savoir 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



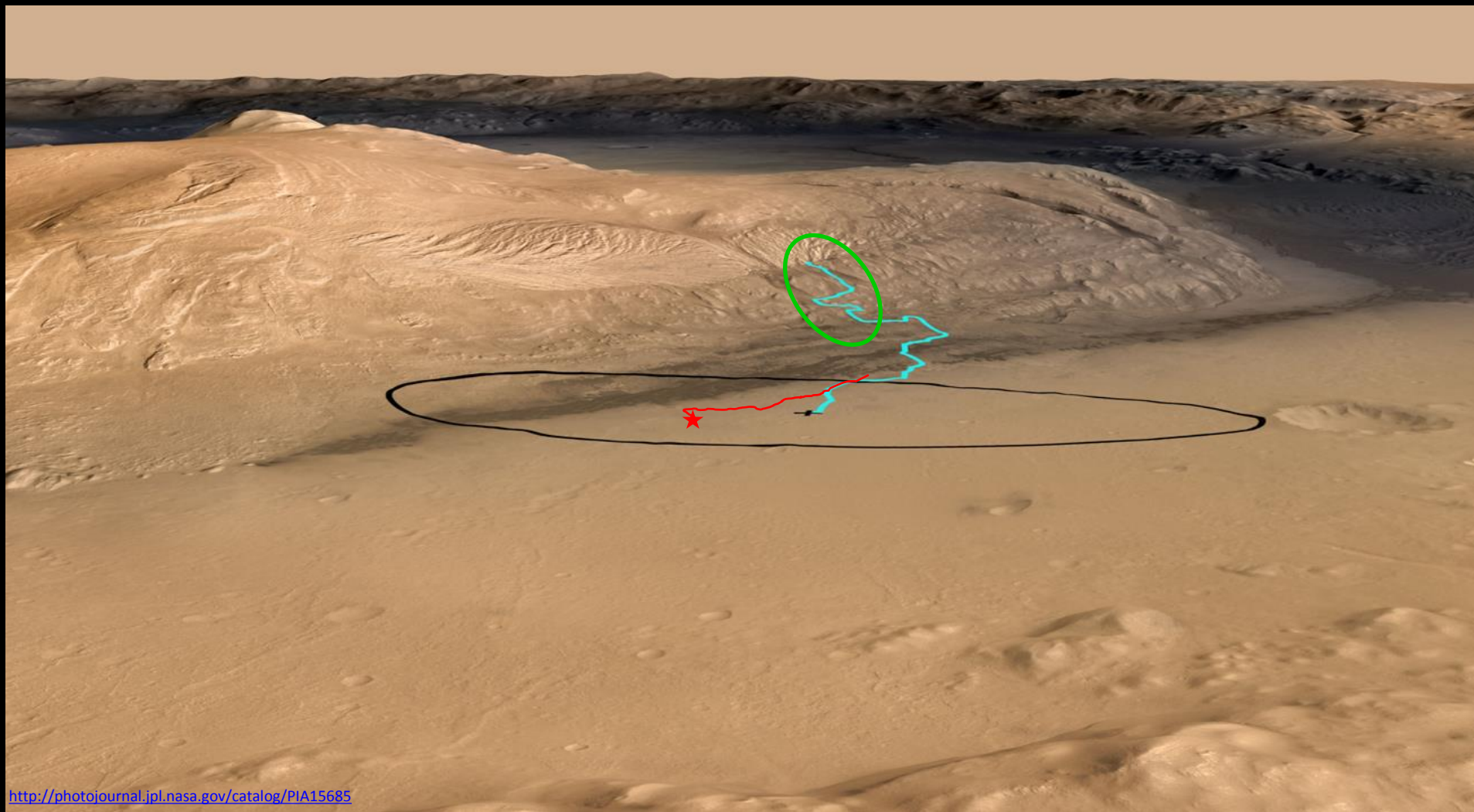
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA14293>

Le cratère Gale (D = 154 km), à la limite des hauts plateaux cratérisés du Sud et des basses plaines du Nord



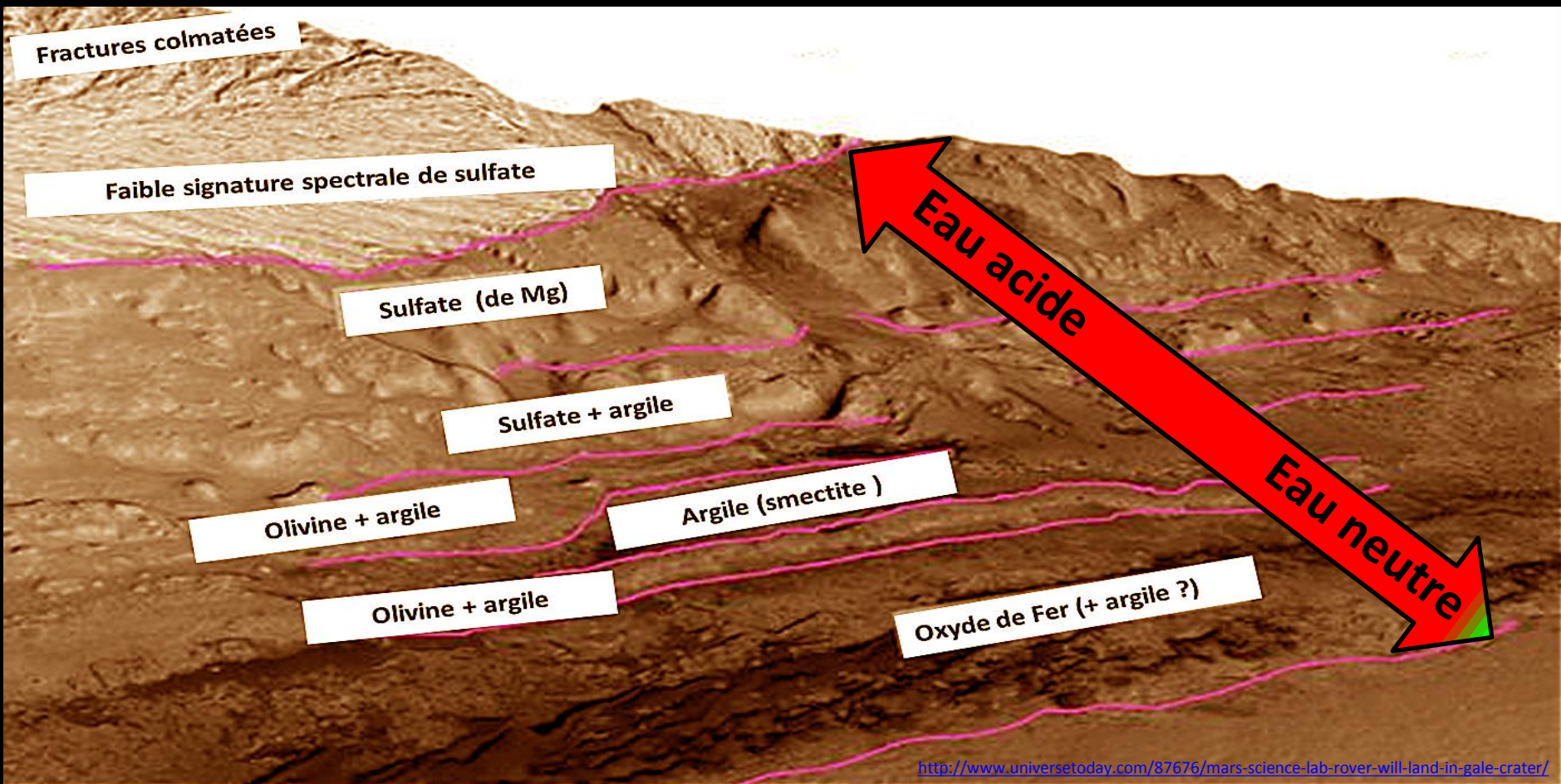
<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/images/?ImageID=3737>

**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), qui est bien plus qu'un piton central.**



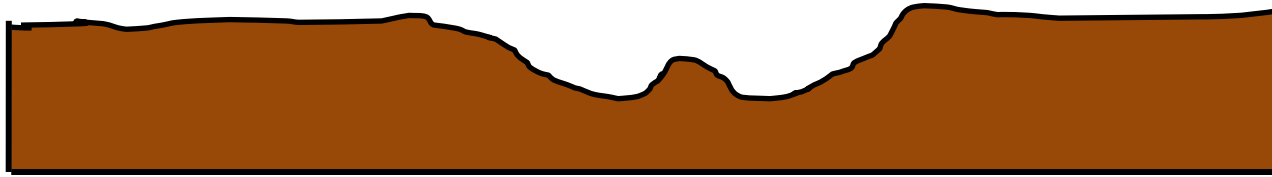
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA15685>

Zone prévue de l'atterrissage, trajet programmé (depuis le centre de l'ellipse de confiance), et cible, le tout mis en ligne le 11 juin 2012. En rouge, le site réel de l'atterrissage le 6 août 2012, et le trajet déjà effectué. On voit ce qu'il reste à faire.

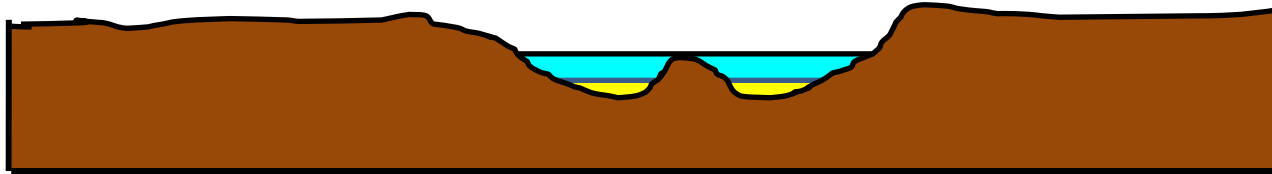


Montage d'images obtenues depuis l'orbite montrant la « cible », coupe alléchante du Mont Sharp ainsi que sa minéralogie révélée par des études spectrales. On a devant nous 1 500 m d'épaisseur (combien de millions d'années ?) d'histoire martienne !

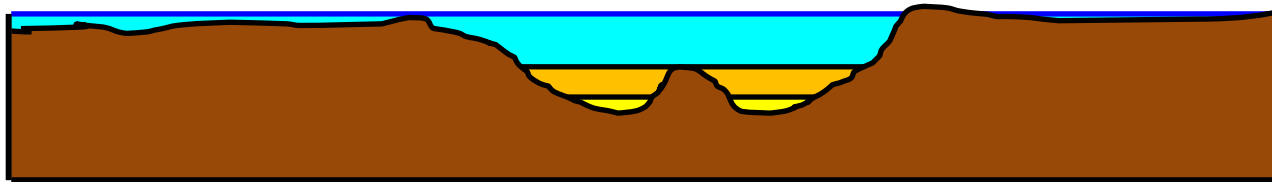
Histoire géologique du cratère Gale (version « optimiste »)



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



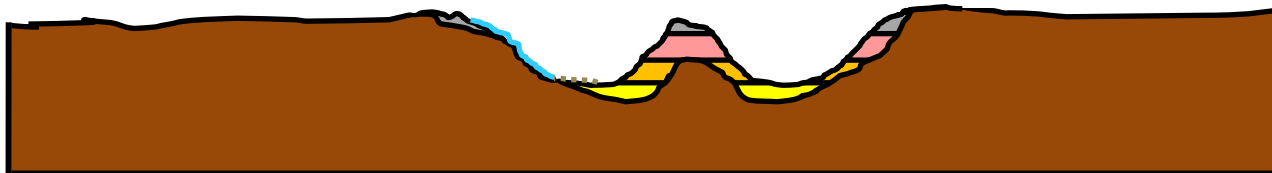
(2) Le cratère se remplit d'eau et la sédimentation commence. L'eau peut être temporaire, avec alors érosion et dépôts à l'air libre.



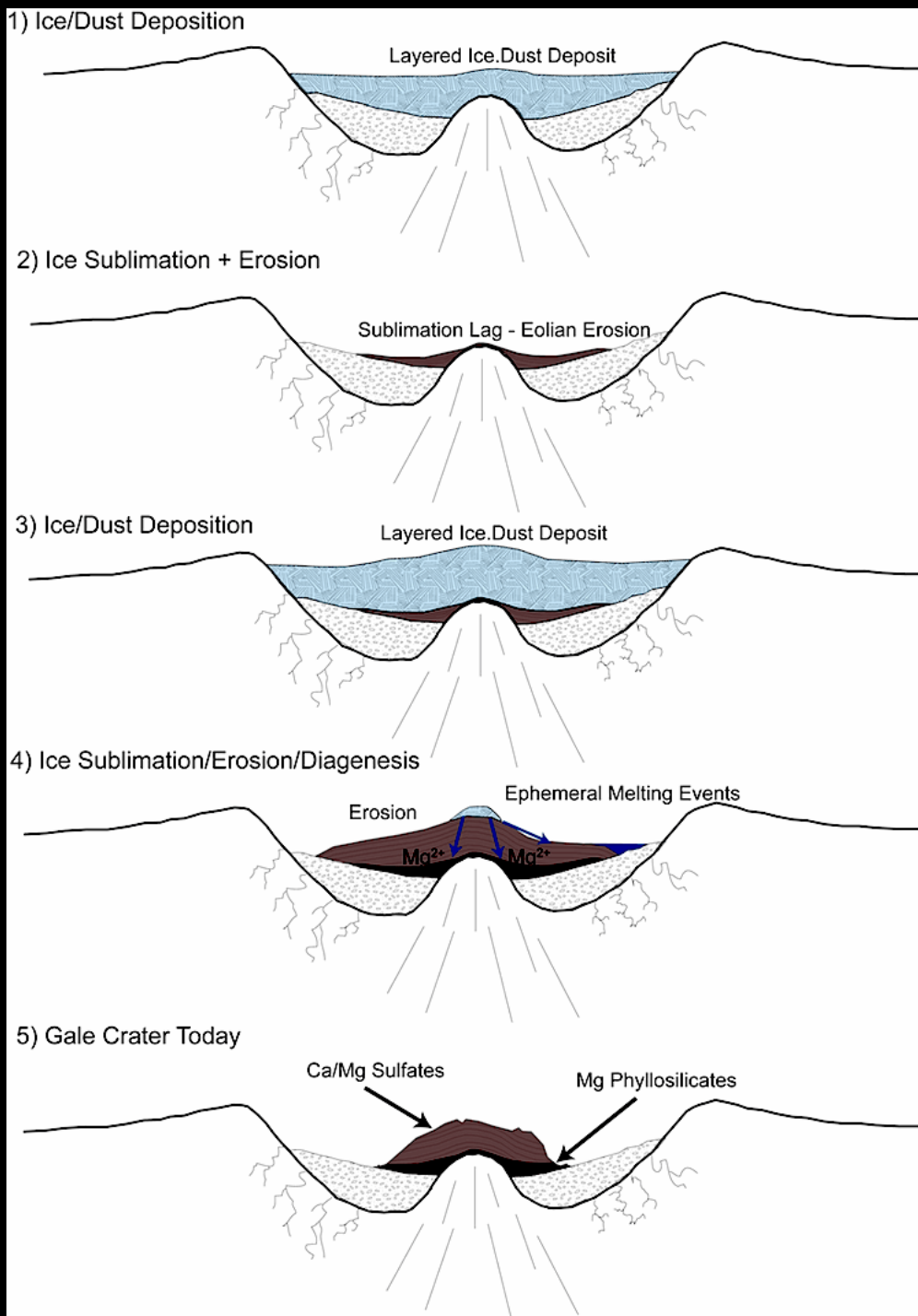
(3) l'eau revient, plus haut, et la sédimentation reprend (ou continue)



(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 méga-dune 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 hier son 2^{ème} anniversaire (terrestre) sur Mars

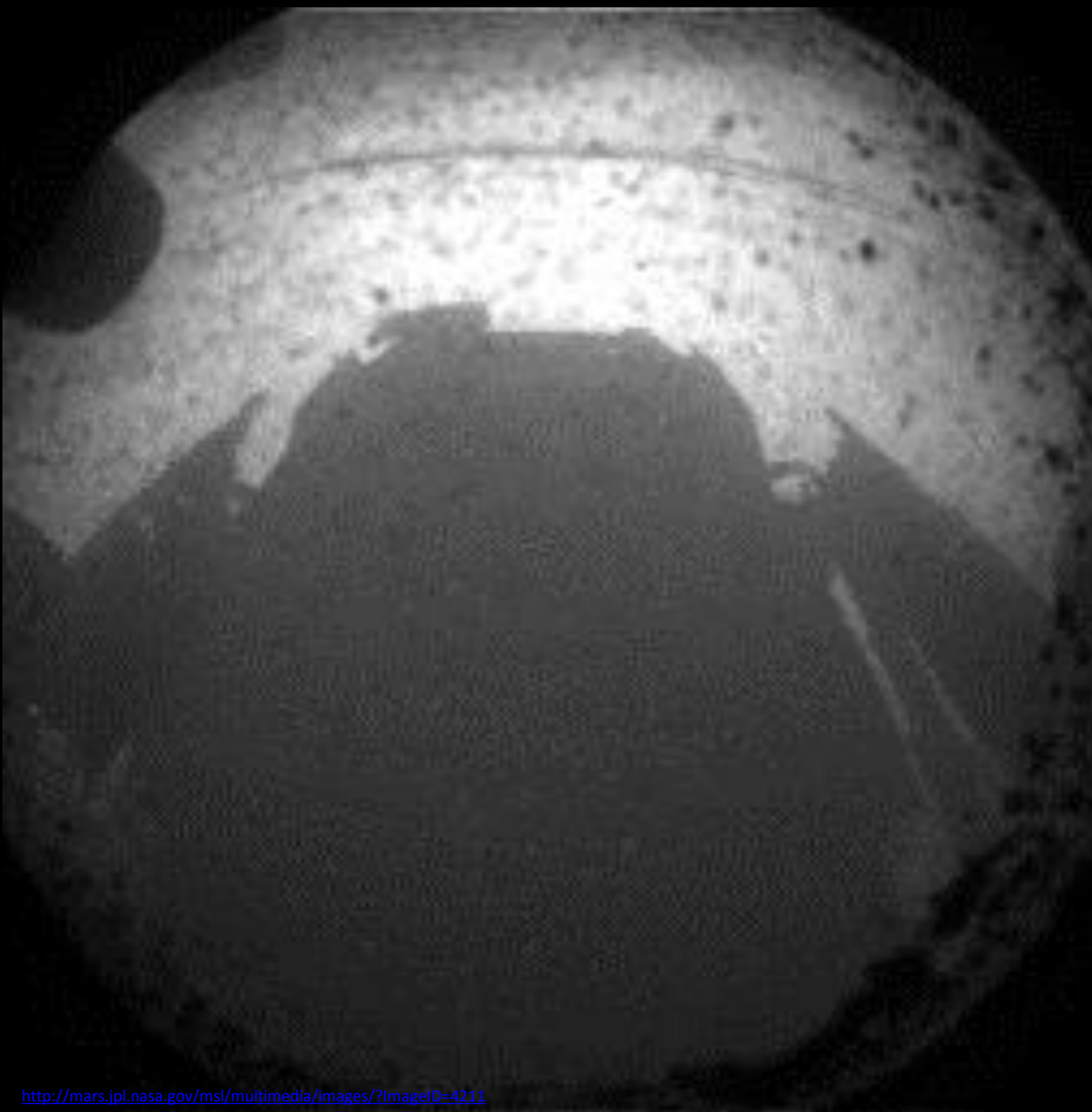


Le rover Curiosity, et ses buts scientifiques.



- 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 du sol et du sous-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 strates, 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





Vous vous rappelez sans doute cette première image arrivée au matin du 6 août 2012. A part l'ombre du rover, on ne voyait pas grand-chose (objectif fish-eye, cache non enlevé)

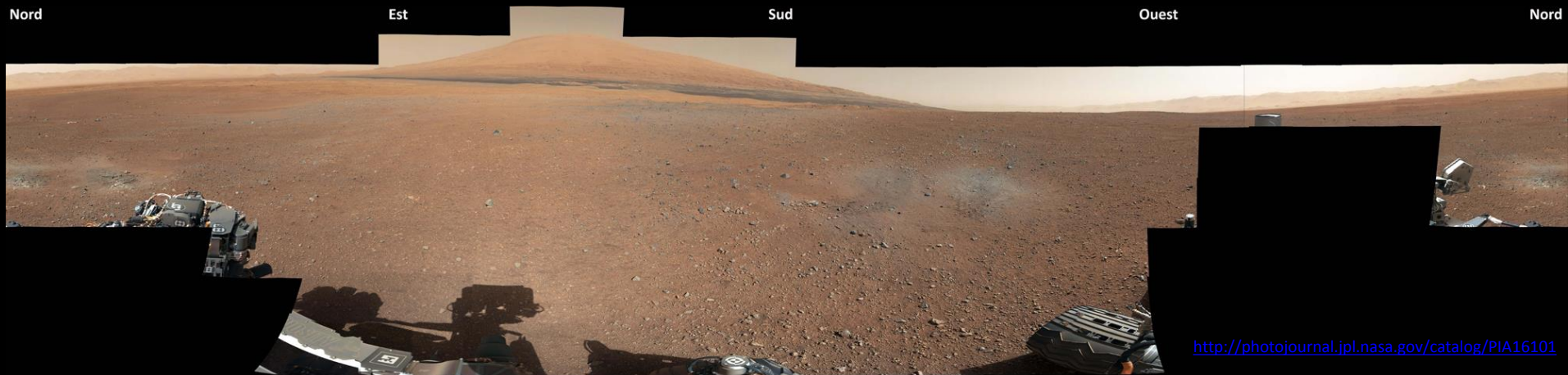
<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/images/?ImageID=4211>

Le 6 aout 2012



<http://mars.jpl.nasa.gov/mot/multimedia/images/?imageID=4271>

Photo « détordue » avec le cache enlevé, arrivée le 8 août, avec le Mont Sharp (5 000 m de hauteur) avec le sommet situé à une vingtaine de km.



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16101>

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^{er} 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 une série de zooms vers le Sud-Est et le Mont Sharp, puis vers la cible en plein Sud.



Voici donc 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, à droite de la photo, que se dirige Curiosity, mais pas en ligne droite . Voici encore deux zooms de cette base du Mont Sharp.



La cible, appelée par la NASA « The Promised Land » dans un article mis en ligne sur son site le 17 août 2012. Entre cette Terre Promise et nous, ce maudit cordon de dunes.



<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/images/?ImageID=4569>

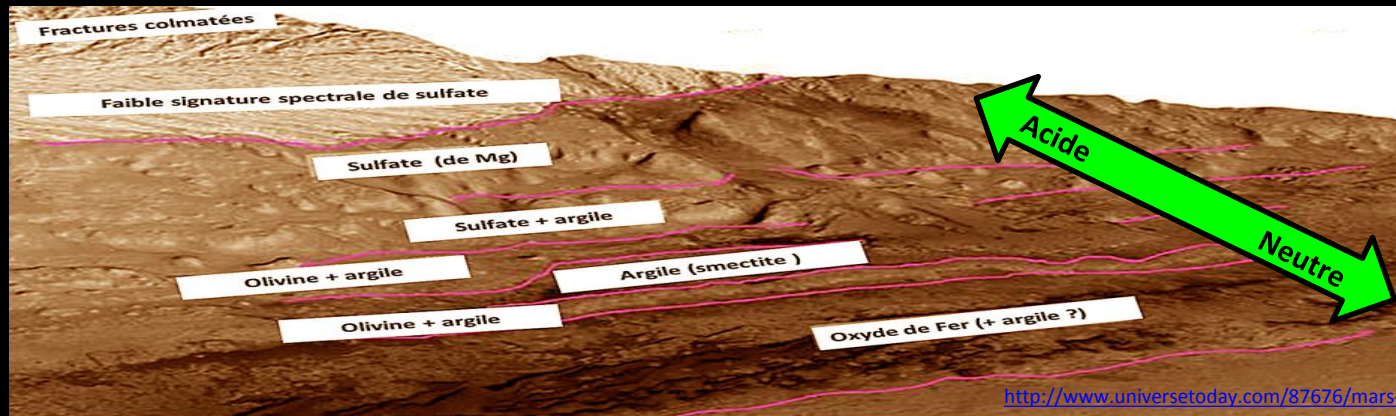
Zoom maximum sur ces strates de la « Promised Land ». Un géologue fantôme en voyant ça. Si tout va bien, on y arrive fin 2014-début 2015.



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

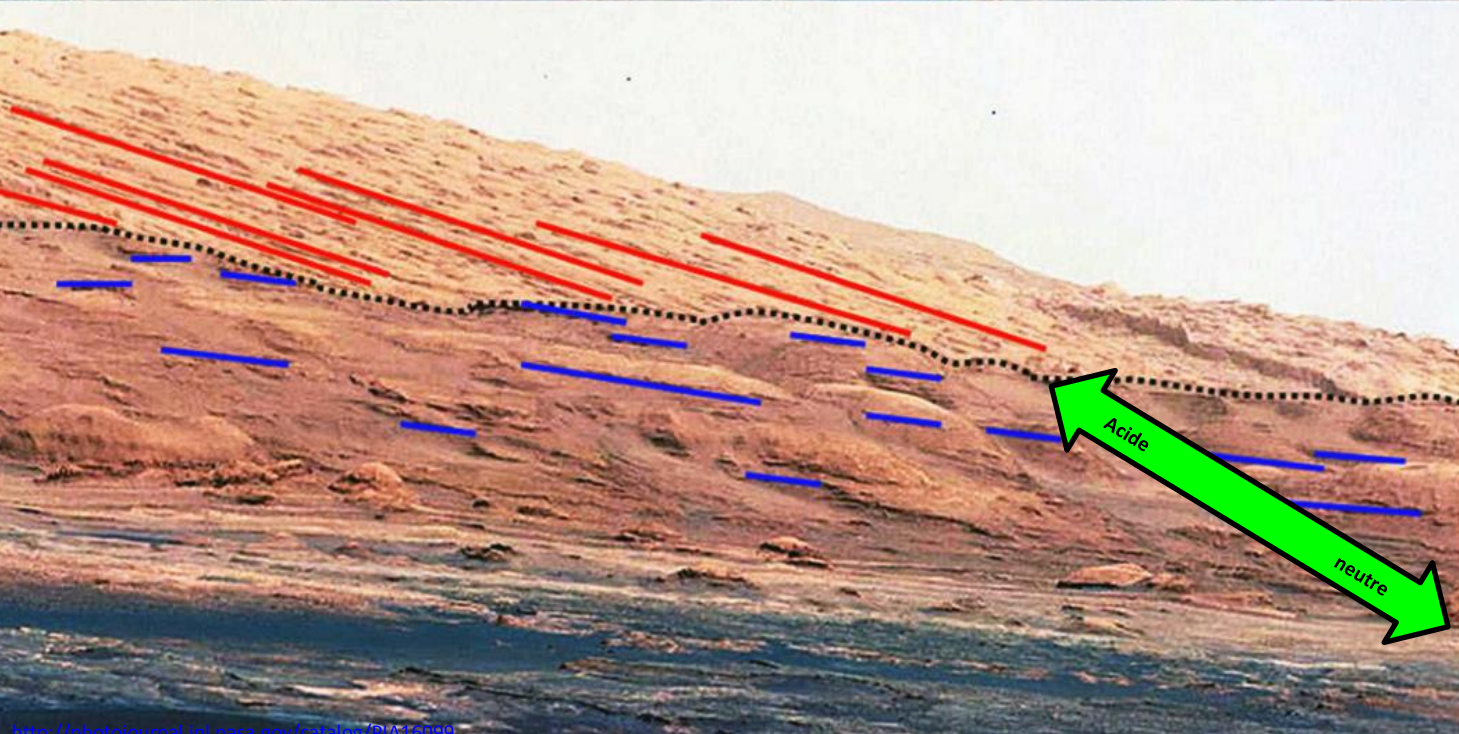


journal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16768



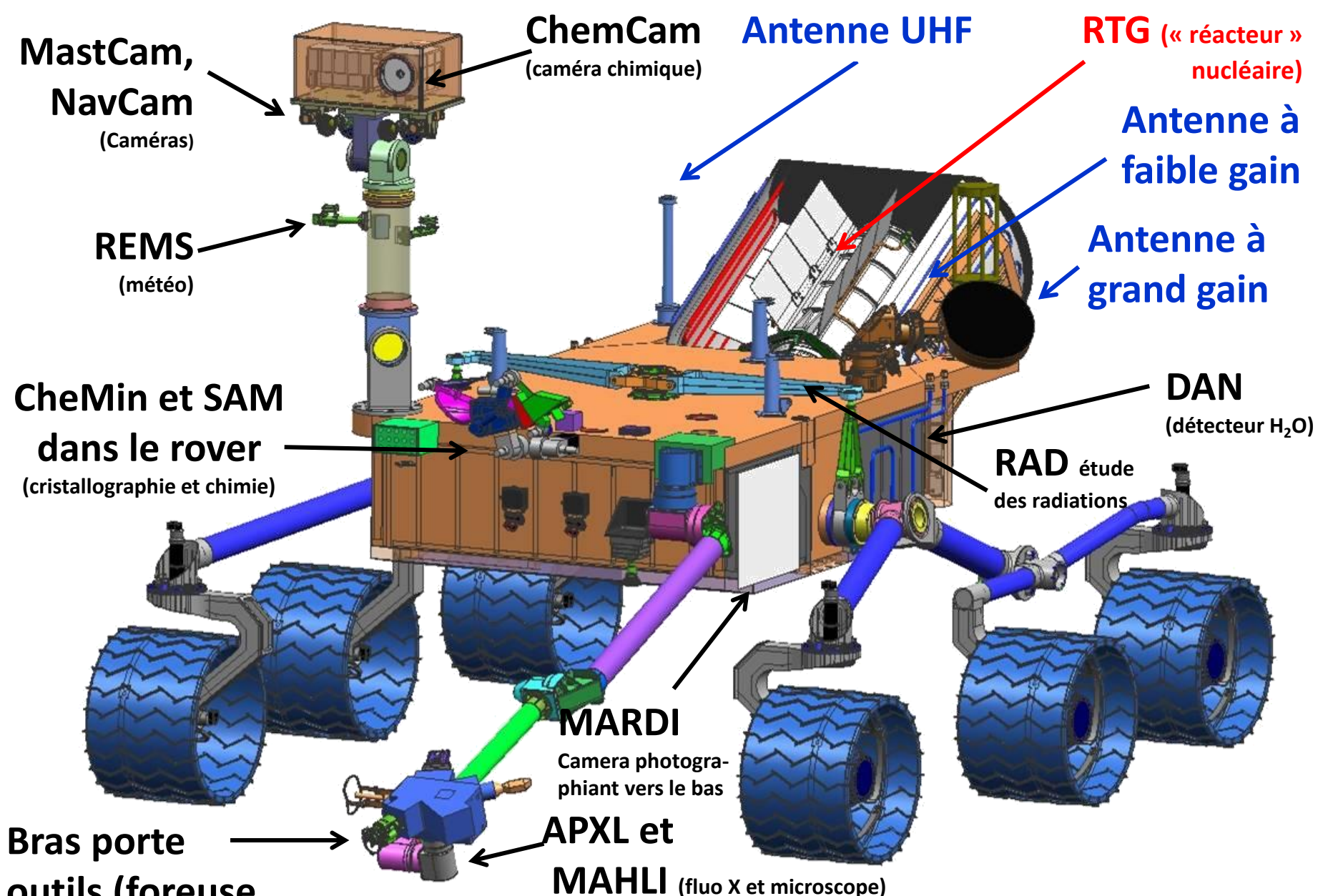
<http://www.universetoday.com/87676/mars-science-lab-rover-will-land-in-gale-crater/>

**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!**

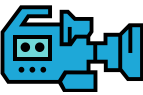


Et la géométrie des couches change vers le sommet. Entre le haut et le bas, trois conditions de sédimentation différentes

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



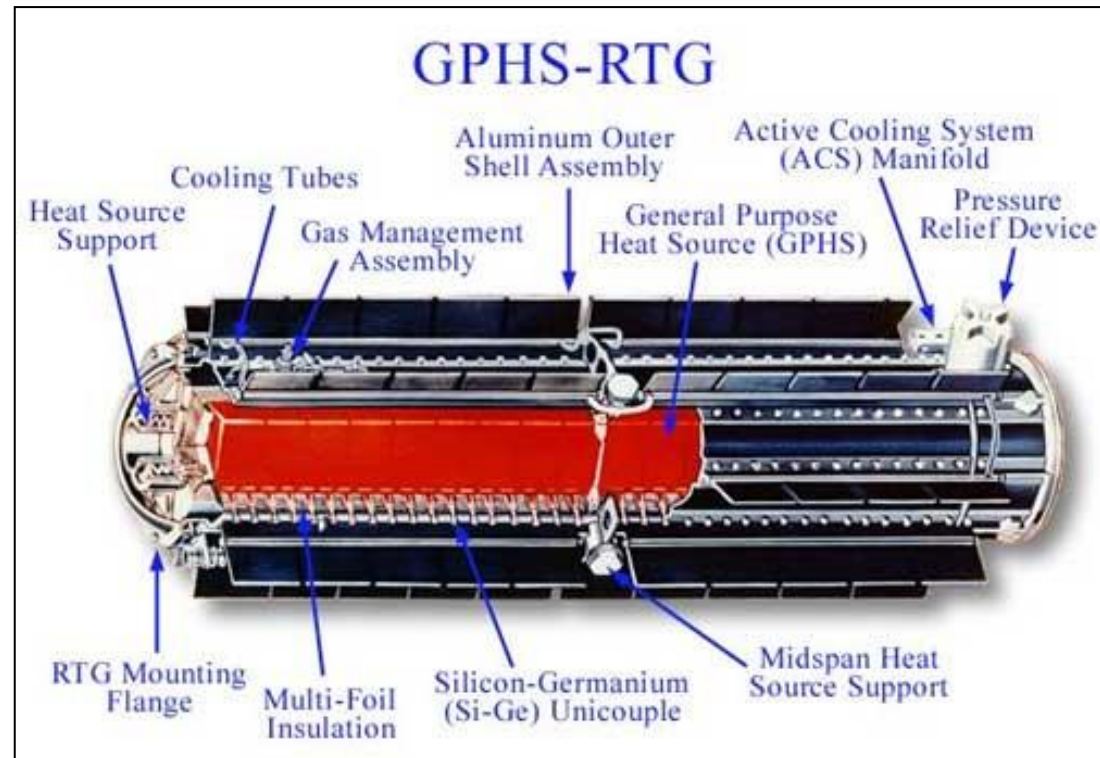
Les équipements du rover

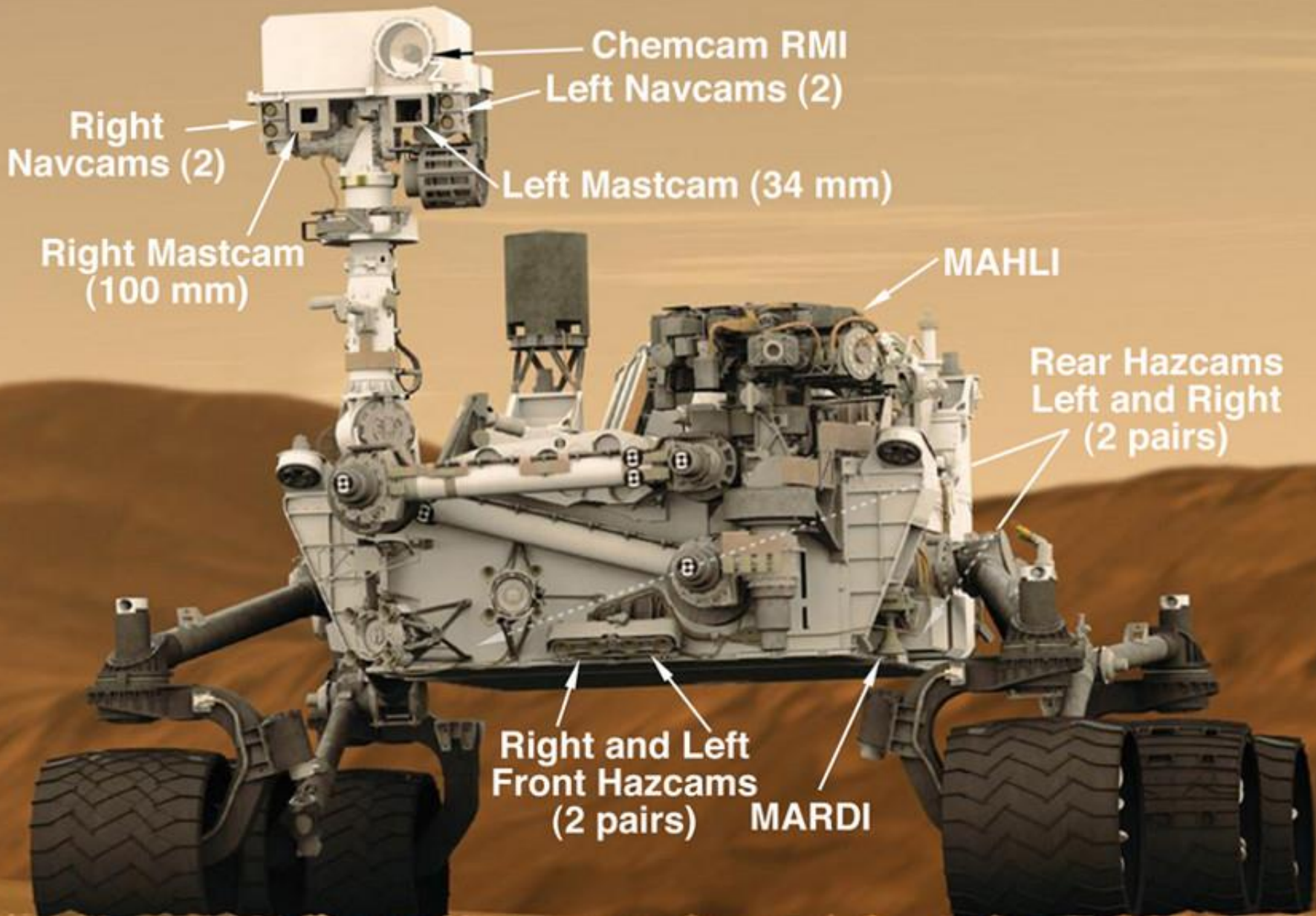


La production d'énergie

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°.

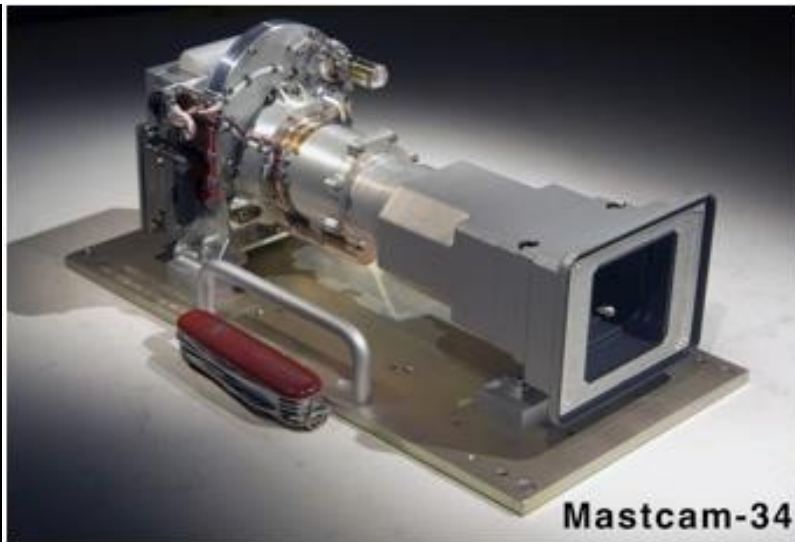
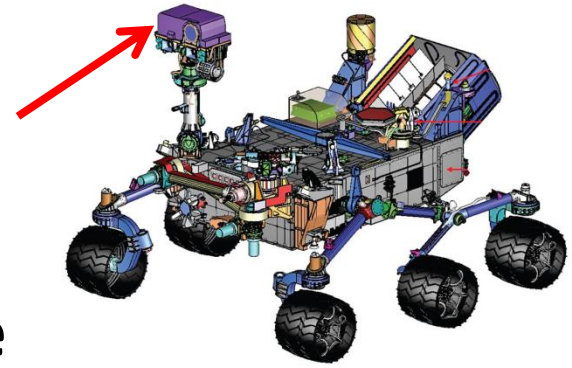
La durée de vie nominale de Curiosity est d'1 an martien (2 ans terrestres) et de 20 km.



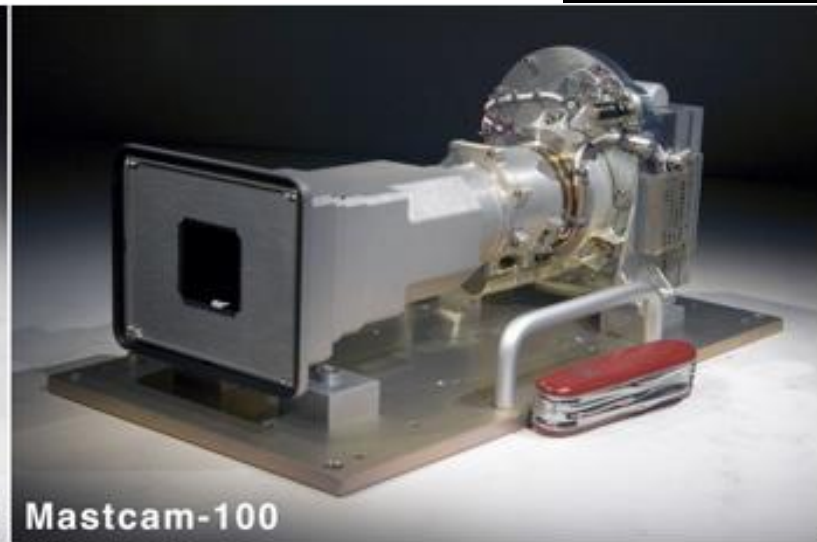


Les 17 caméras de Curiosity

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

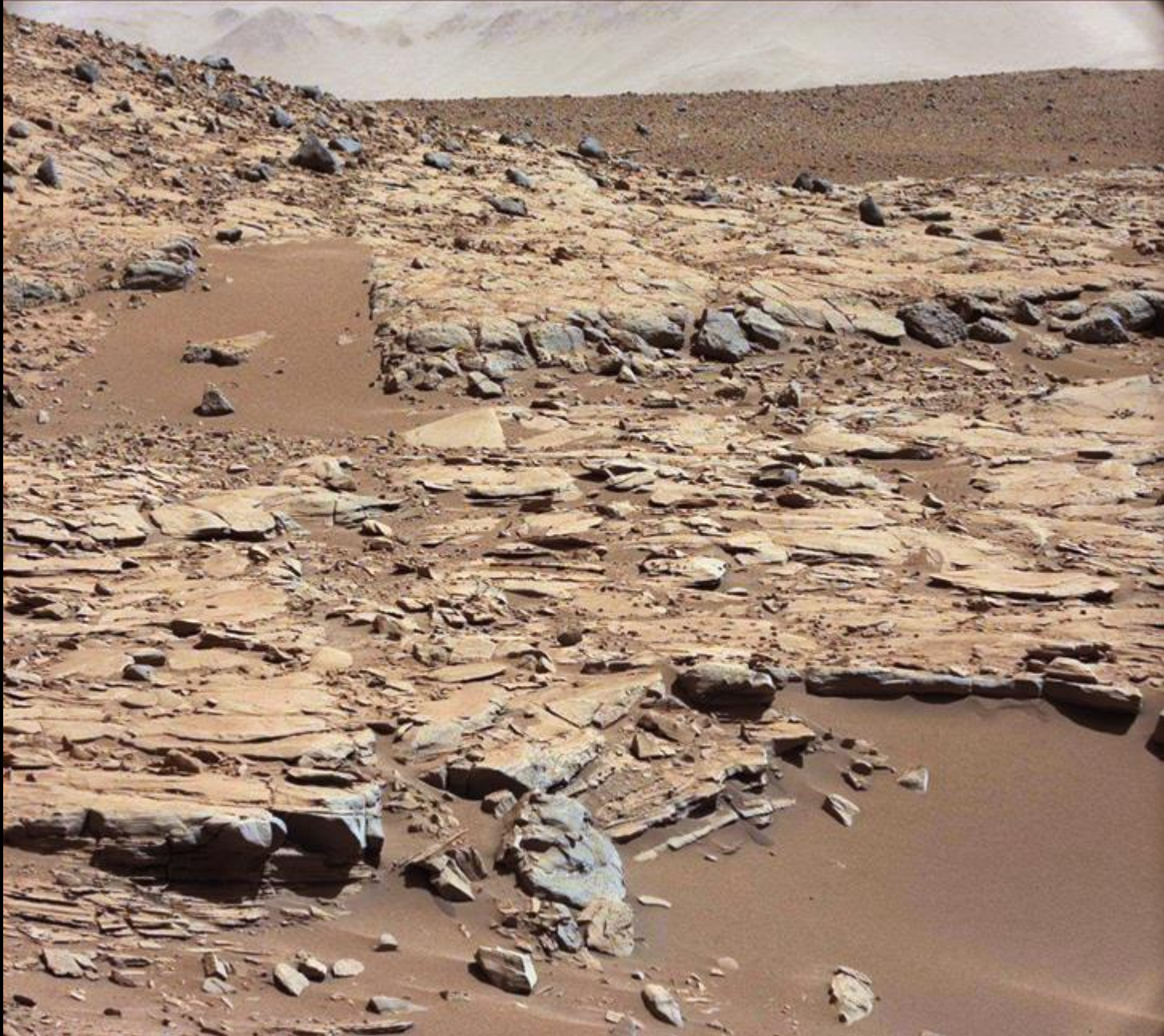


**Exemple
d'images
prises par
les
différentes
caméras
mi-avril
2014.**

**Ici la Front
Hazcams ...**



**... Là une
des Navcam**



... Mastcam « panoramique », petite focale



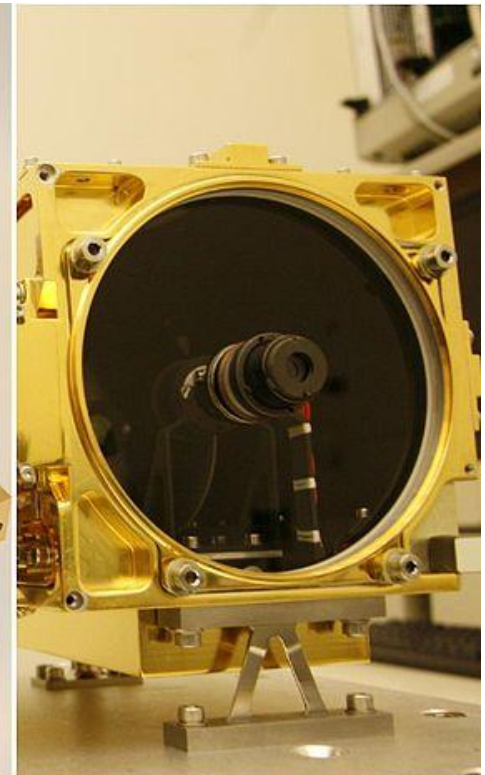
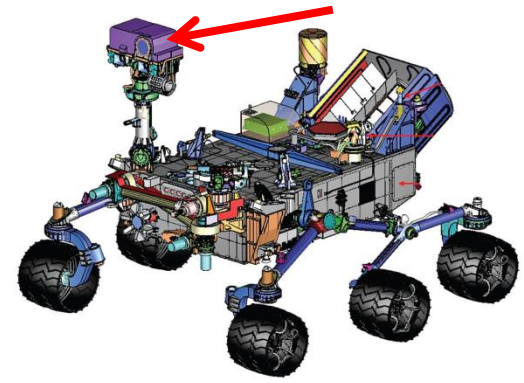
... Mastcam, grande focale

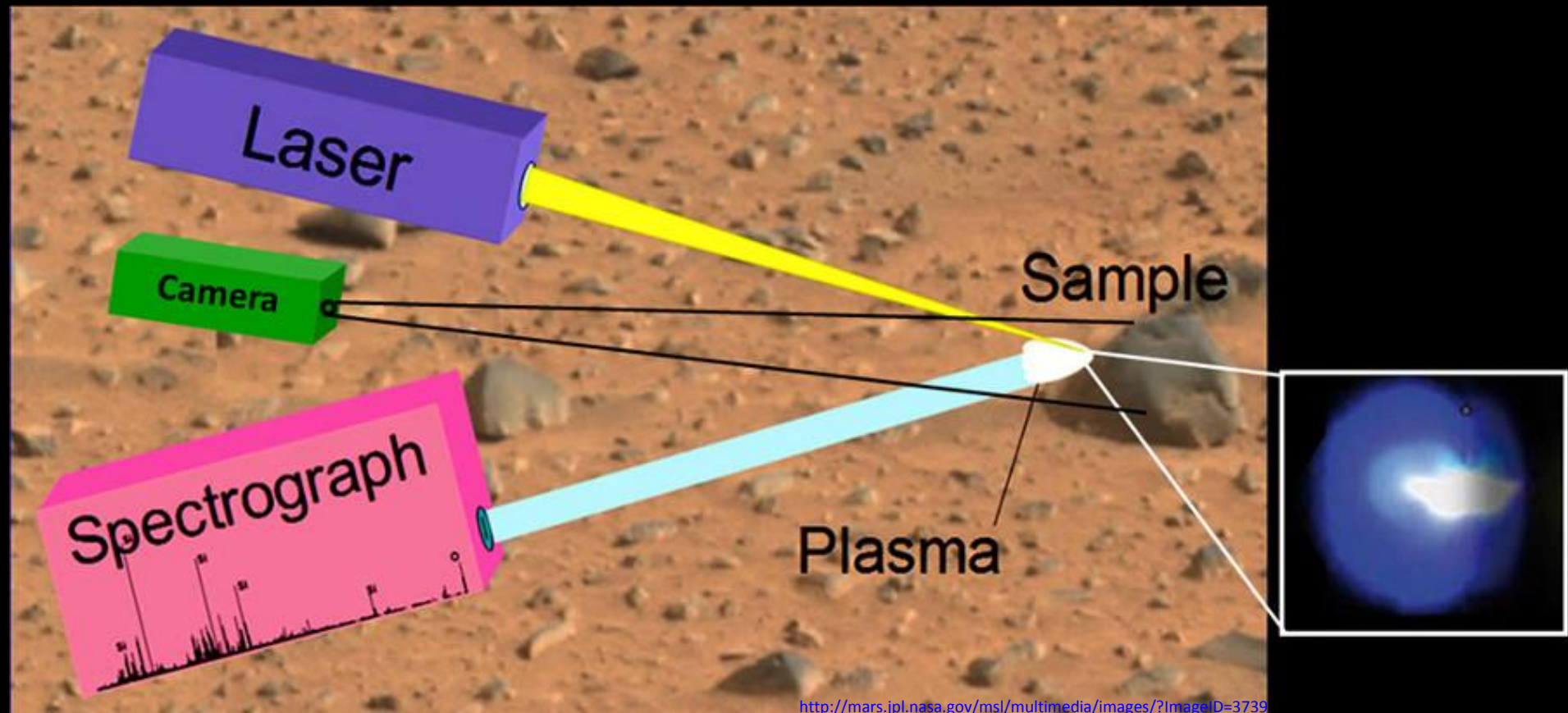


... MAHLI (loupe)

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.

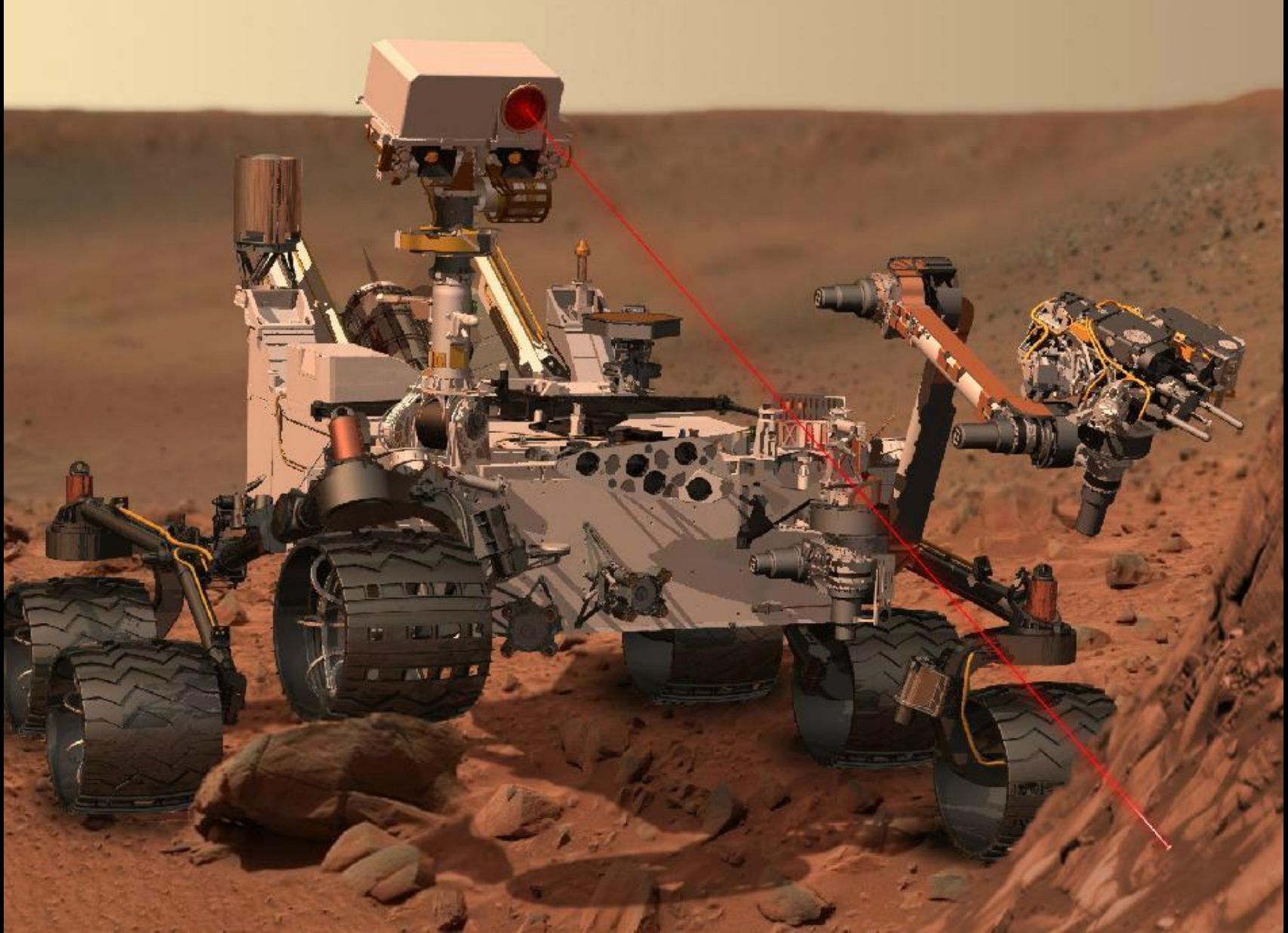




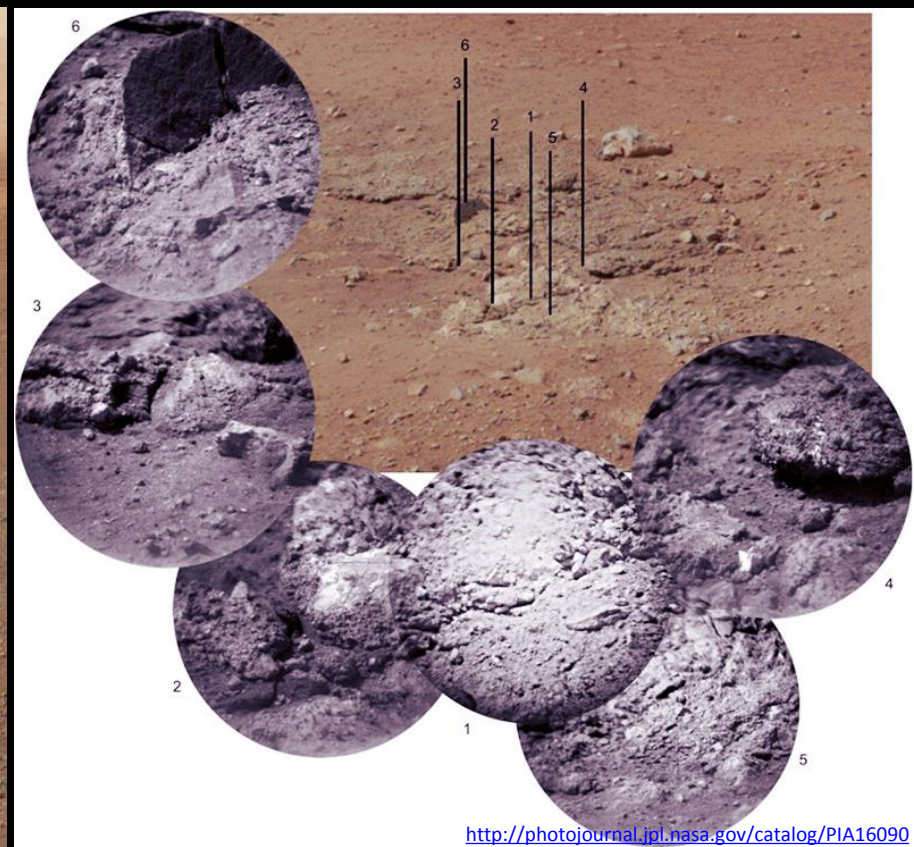
Le principe de Chemcam.

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



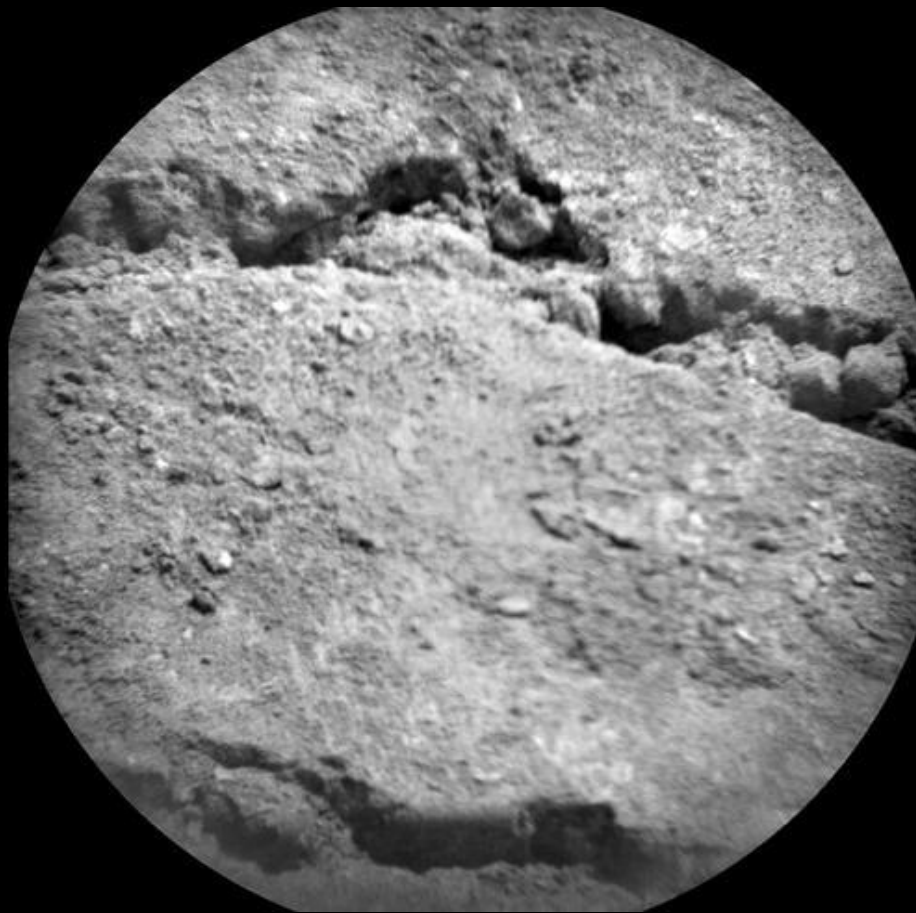
ChemCam, ça fait un peu guerre des étoiles, vous ne trouvez pas !



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16090>

**Premiers tests de la
caméra de Chemcam. Le
champ de chaque prise
de vue mesure environ
10 cm de diamètre**

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16101>



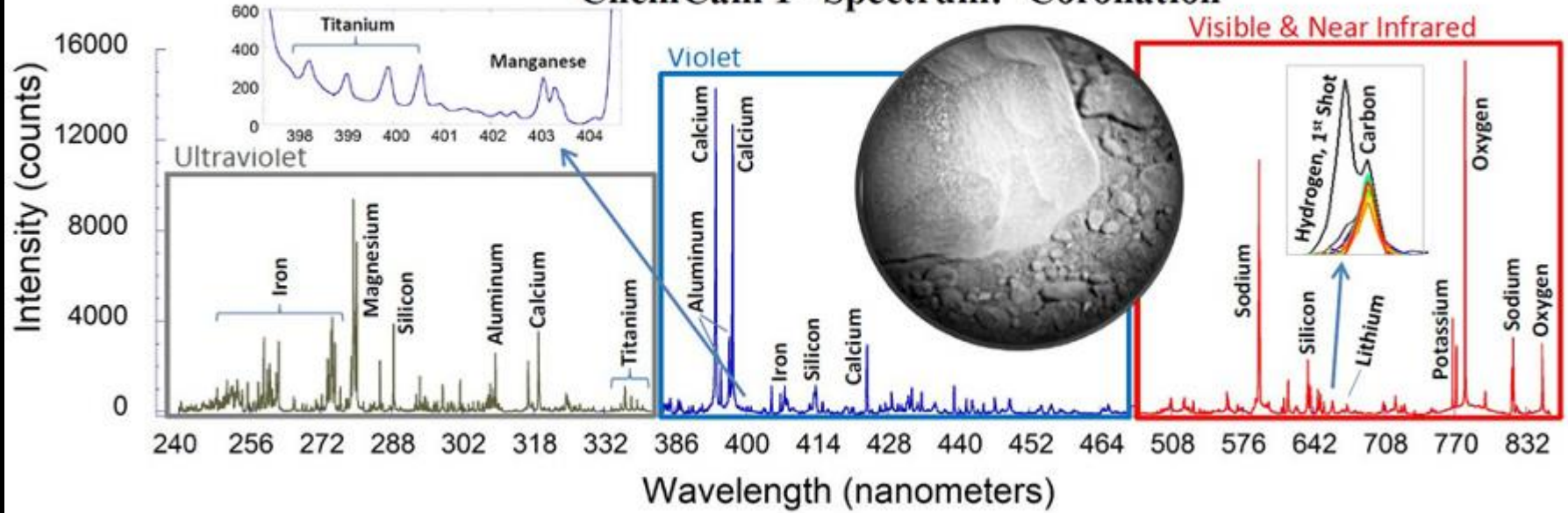
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA15695>



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 ...)

ChemCam 1st Spectrum: 'Coronation'

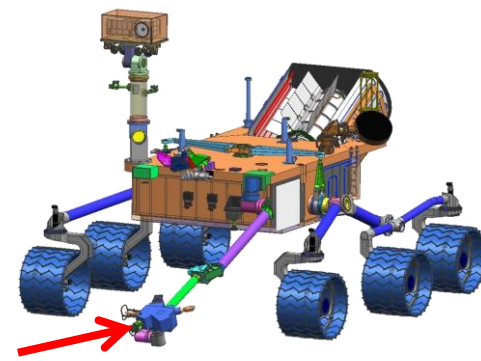


ChemCam = CHEMistry CAMera (instrument français) a été essayé, et ça marche, on a une analyse

Bras porte outils

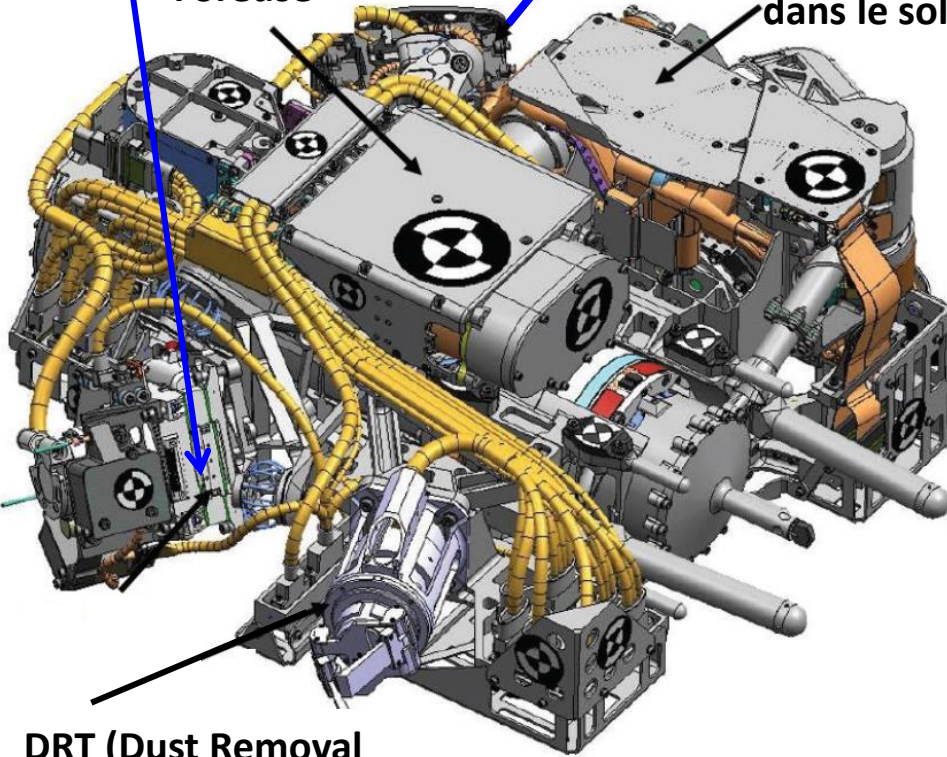
MAHLI
(caméra
« loupe »)

APXS : analyse chimique
« grossière » par simple
contact



Foreuse

CHIMRA (Collection and Handling for Interior Martian Rock Analysis) : mini pelleuse pouvant faire des mini tranchés dans le sol et amener les échantillons aux analyseurs “internes”



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

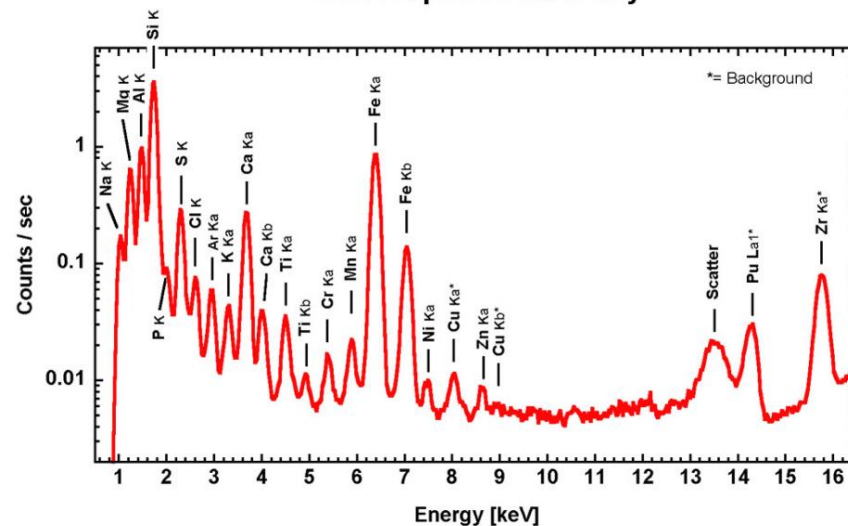


The Alpha Particle X-Ray Spectrometer (APXS)

Une source radioactive (ici du ^{244}Cm) émet des particules α sur la cible. Celles-ci renvoient une partie des particules α , et émet des rayons X par fluorescence. L'énergie des particules α et des photons X dépend de la nature des noyaux présents dans la cible ; le nombre de particules rétrodiffusées et de photon X dépend du nombre de tel ou tel noyau « lourd » ($\geq \text{Na}$)



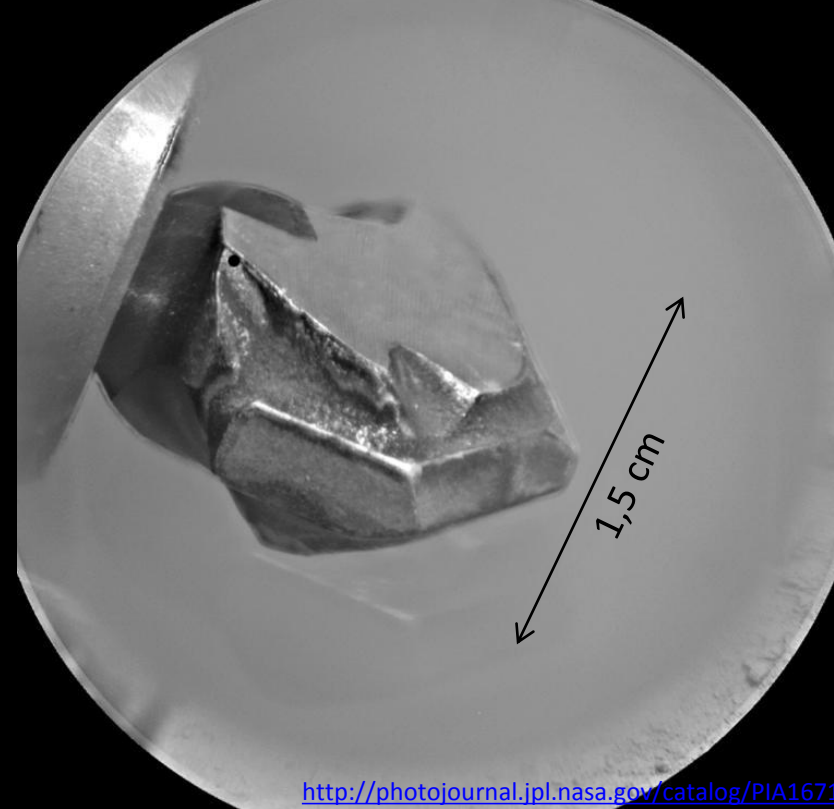
MER-A Spirit APXS X-Ray



La foreuse



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



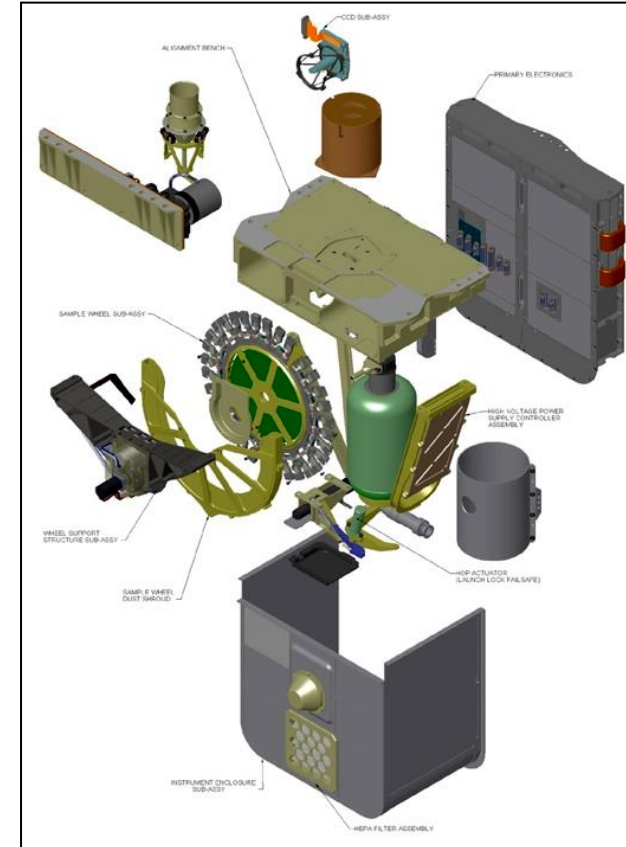
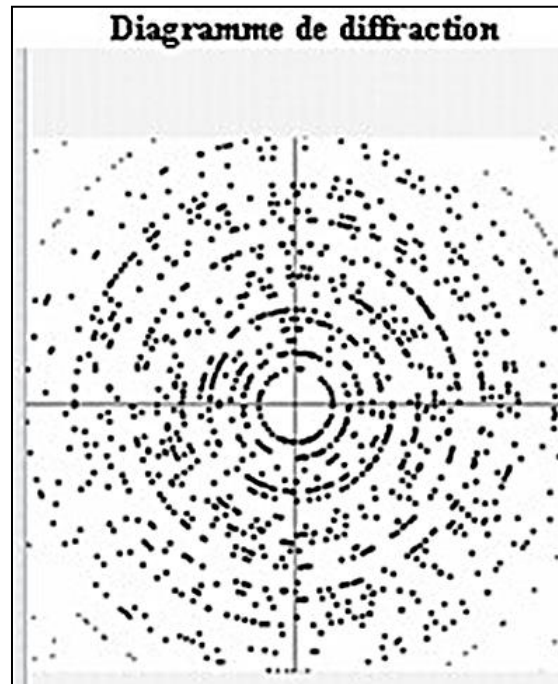
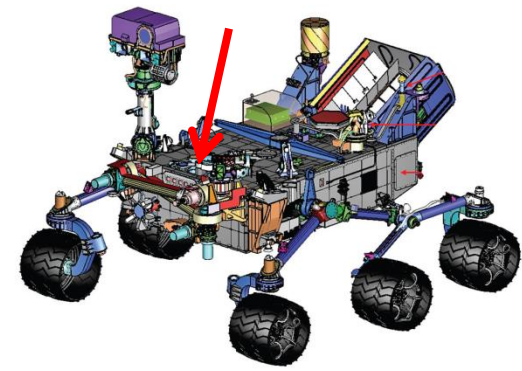
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16718>

Gros plan sur le foret de la 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

CheMin (*Chemistry & Mineralogy*) :
analyseur permettant l'analyse de la
structure cristalline (diffraction X) et les
concentrations massiques des différents
éléments (fluo X) → détermination
de la minéralogie (olivine, argile ...).
CheMin est « interne ». Les échantillons
sont déposés près de l'entrée par

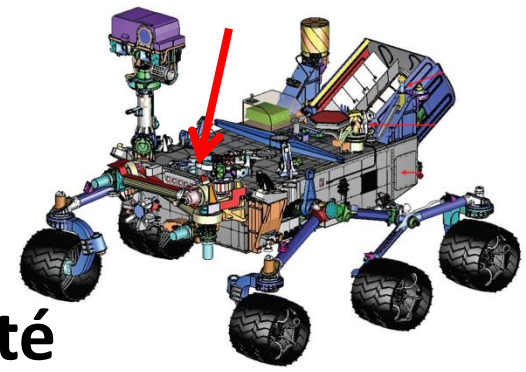
CHIMRA. Le rover
contient 27
capsules d'analyse
seulement ;

à ne pas « gâcher » ;
il va falloir bien
choisir !!!)

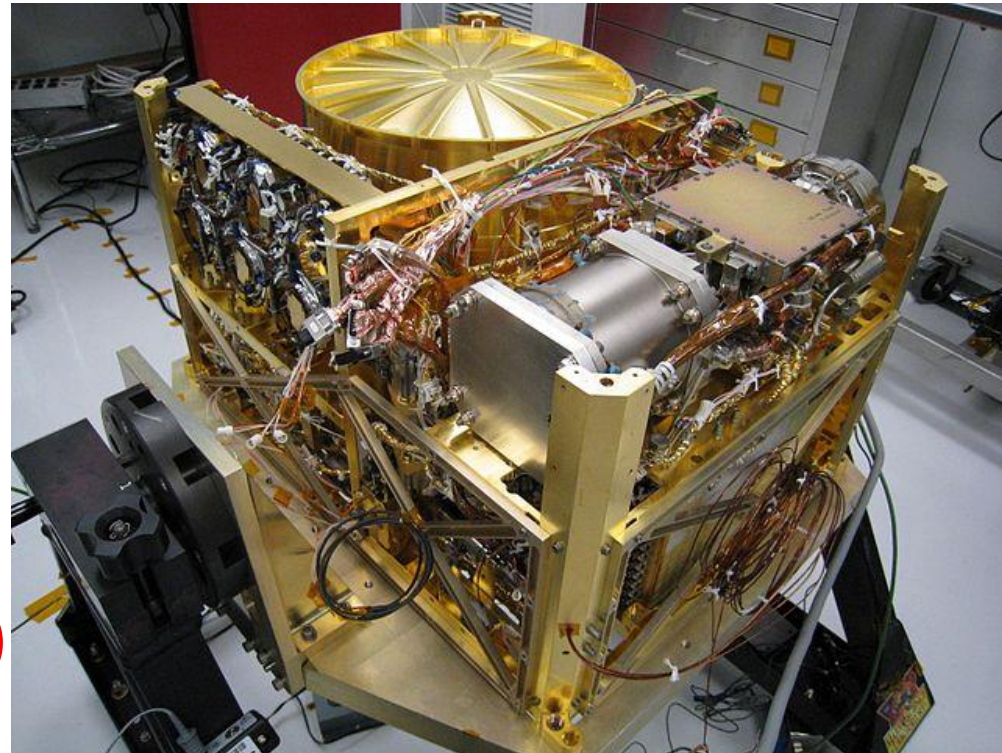


SAM (« *Sample Analysis at Mars* »)

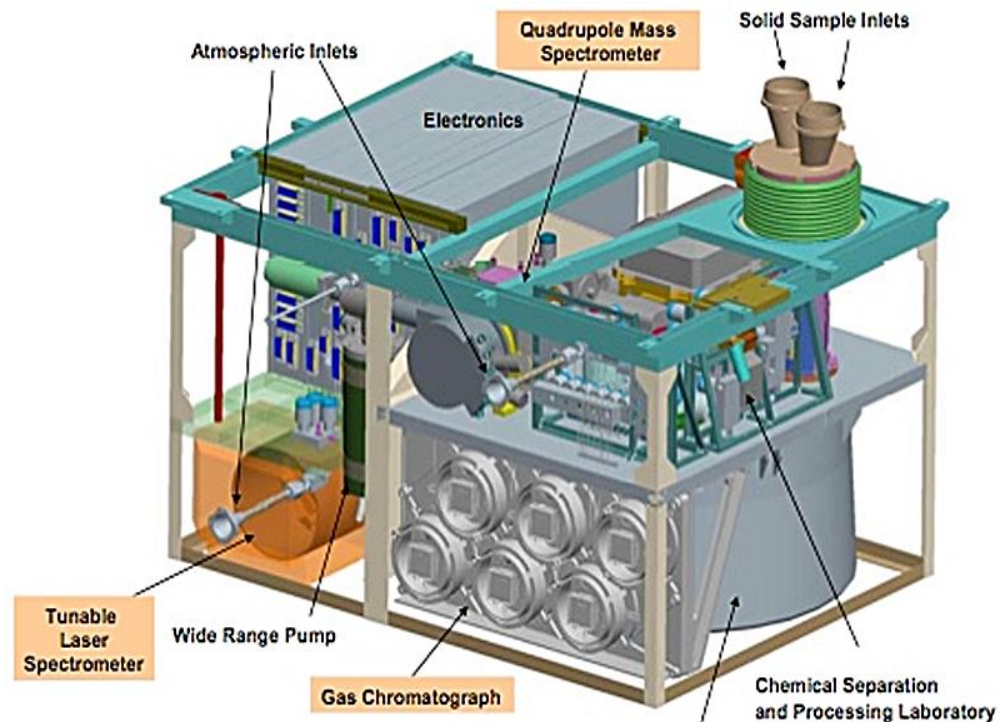
Le plus complexe, le plus prometteur et le plus innovant des équipements scientifiques en ce qui concerne l'habitabilité ancienne de Mars.



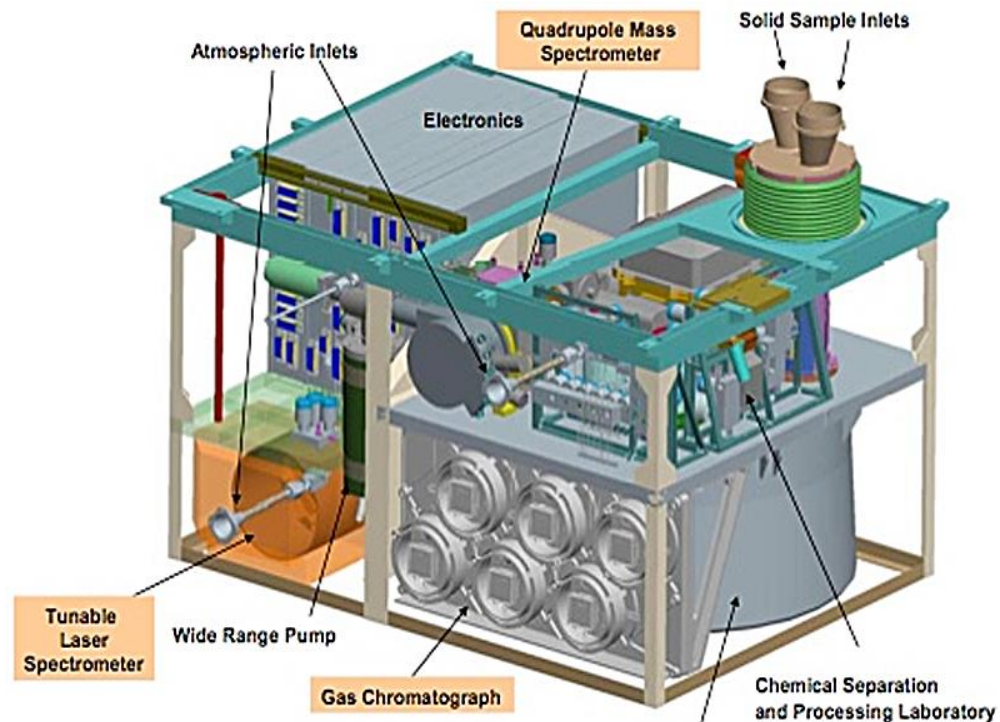
On pourra ainsi déterminer la présence ou l'absence de carbone dans le sol, sous quelle(s) molécule(s) il se trouve, son rapport isotopique, si il y a du méthane dans l'atmosphère, les différences isotopique entre CO_2 , méthane, matière organique ... **Il n'y a pas mieux pour essayer d'identifier une activité prébiotique (ou biotique) ancienne sur Mars**

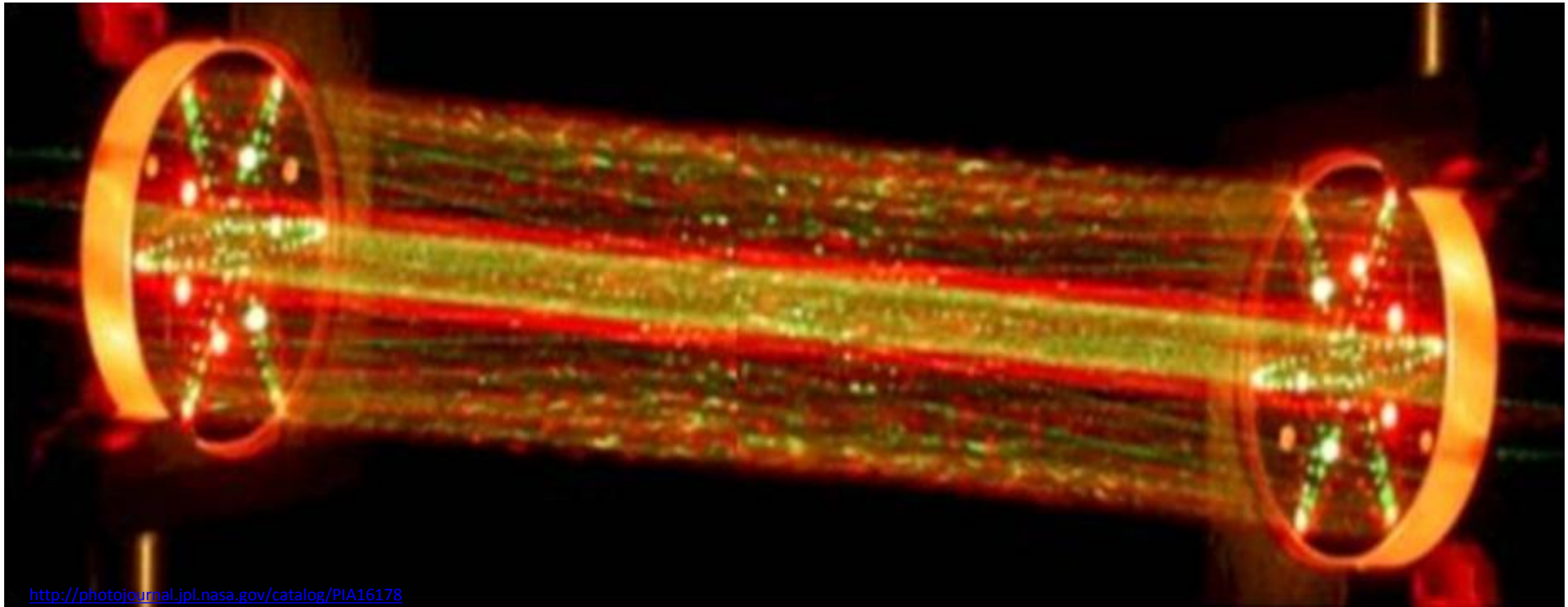


Les échantillons solides sont amené par le bras manipulateur et déposés dans des capsules **(74 seulement, attention !)**. Ils sont ensuite traité chimiquement (pyrolyse, combustion, dérivatisation ...) libérant des « sous produits » gazeux. Ces sous-produits gazeux, ou l'atmosphère martienne brute ou « 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.



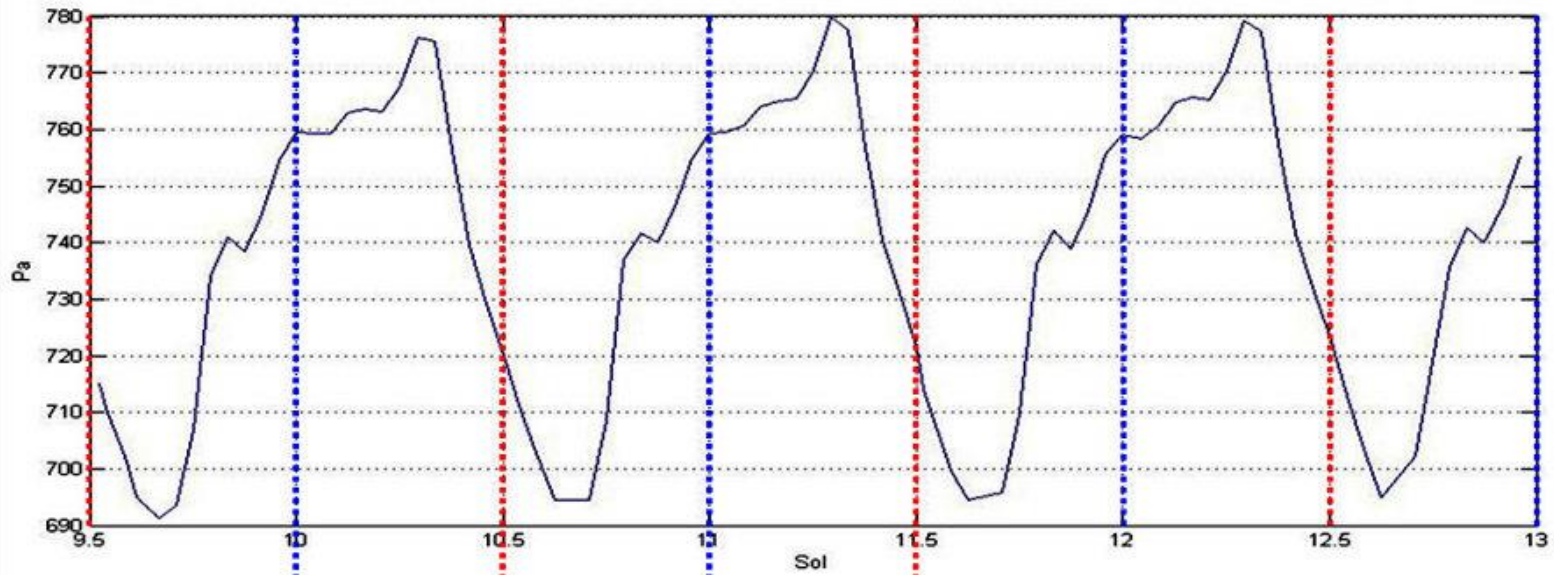
- Un chromatographe en phase gazeuse : (GC = Gas Chromatograph) à 6 colonnes qui va séparer les différentes molécules gazeuses introduites (instrument français)
- Un spectromètre de masse à quadrupôle (QMS = Quadrupole Mass Spectrometer) qui va identifier les principales molécules sortant du chromatographe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



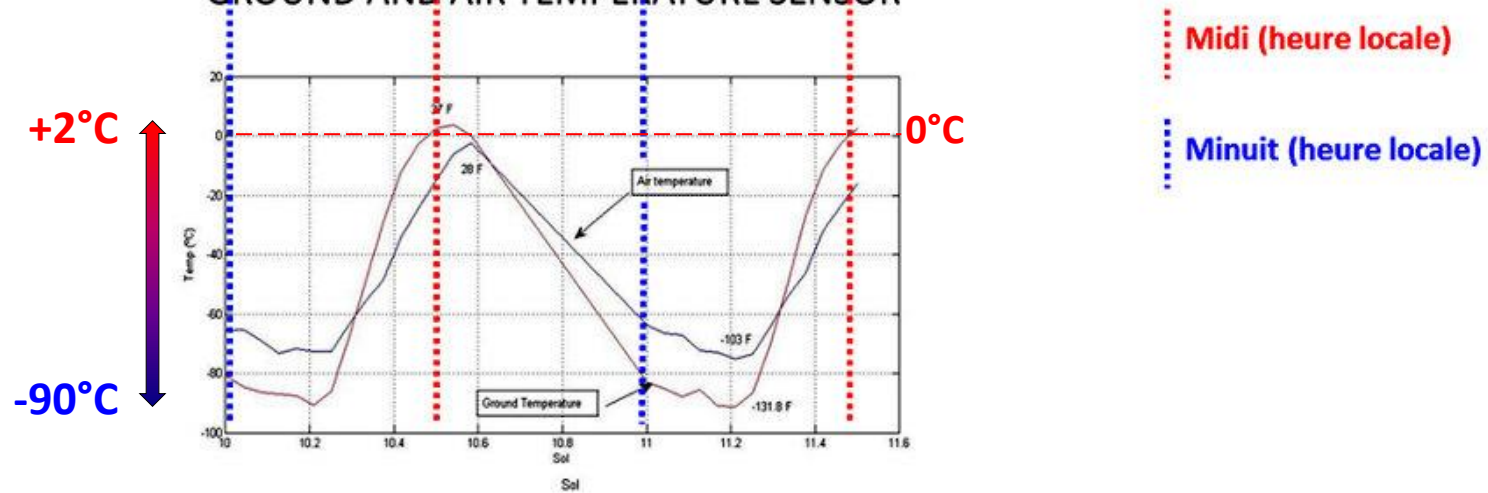


Une vue de la chambre interne du « Tunable Laser Spectrometer » lors d'un essai au sol

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



Sol 10

Windy

Temperature
(min / max)



Air	Ground
-11°C	+4°C
-71°C	-89°C

Average
Pressure



8.2 hPa
Higher than
nominal

Average
Abs. Humidity



8 %

Summer solstice
Aug 16, 2012 on Earth

Dominant Winds



Blowing from the NW
at 25 m/s



Les conditions de pression et de température ne permettent pas aujourd'hui l'existence d'eau liquide stable en surface : il fait en général trop froid, et la pression n'est pas assez élevée, même quand on dépasse temporairement 0°C. Ici, le bulletin météo du premier solstice d'été.



<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 ».

Je vais vous « raconter » ces 24 mois (1 année martienne) d'exploration géologique.



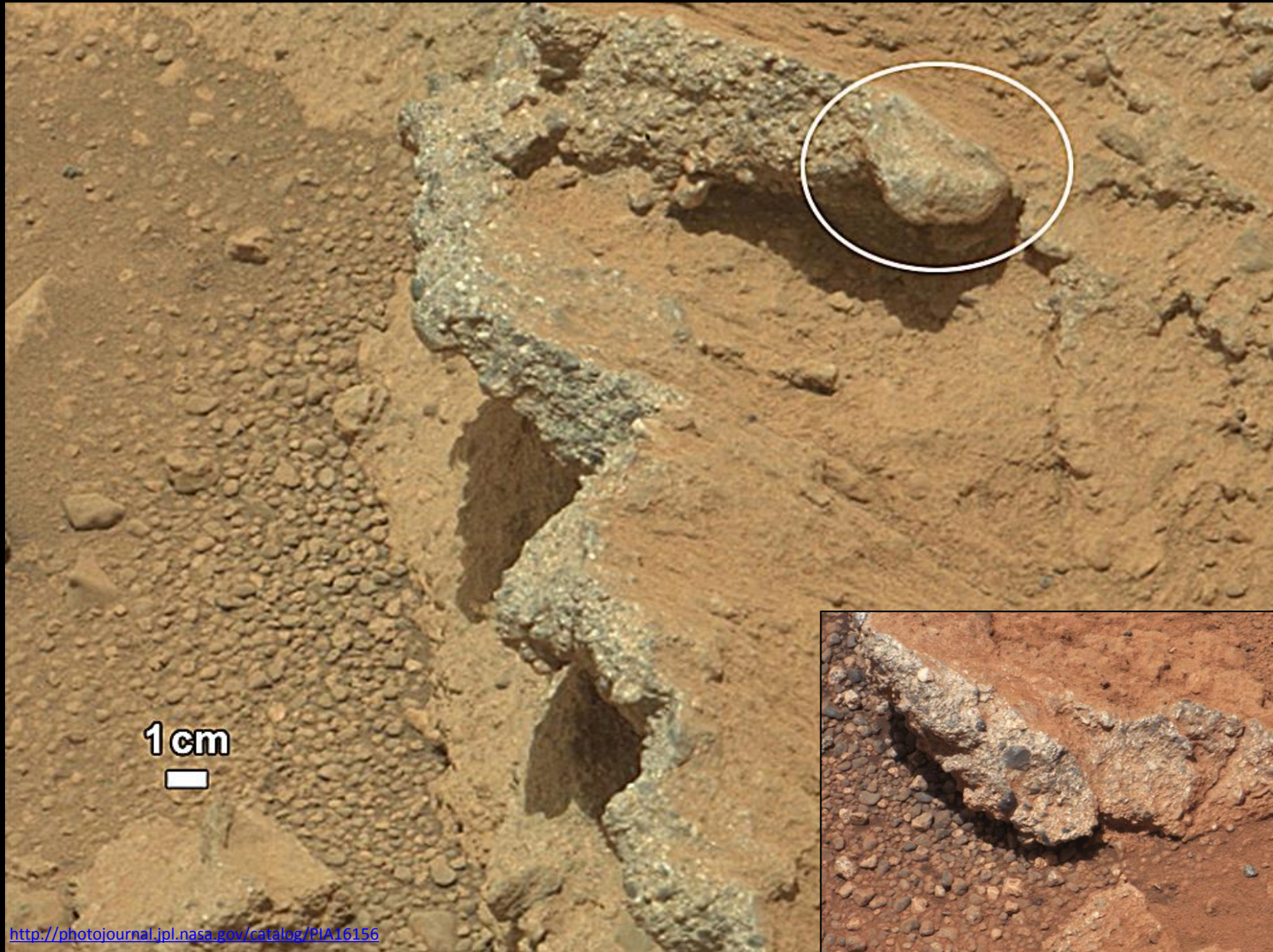
Le paysage vu des environs immédiats du secteur d'atterrissage. Des couches, qu'on peut suivre sur plusieurs dizaines de mètres !

10 cm



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

Mais des couches de quoi ?



**Des couches de galets ronds
et soudés**

Mars

Terre

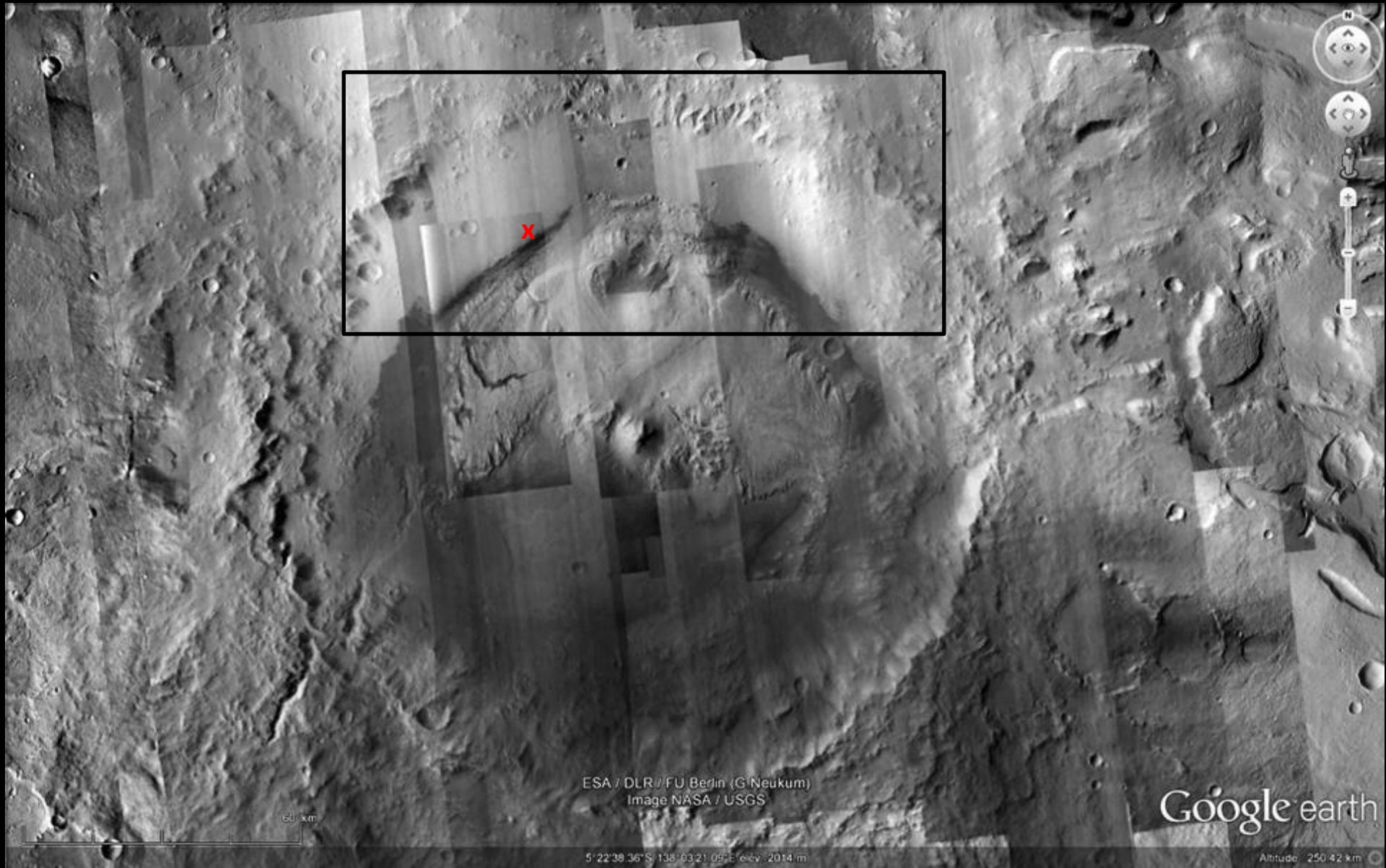


Une comparaison riche d'enseignements

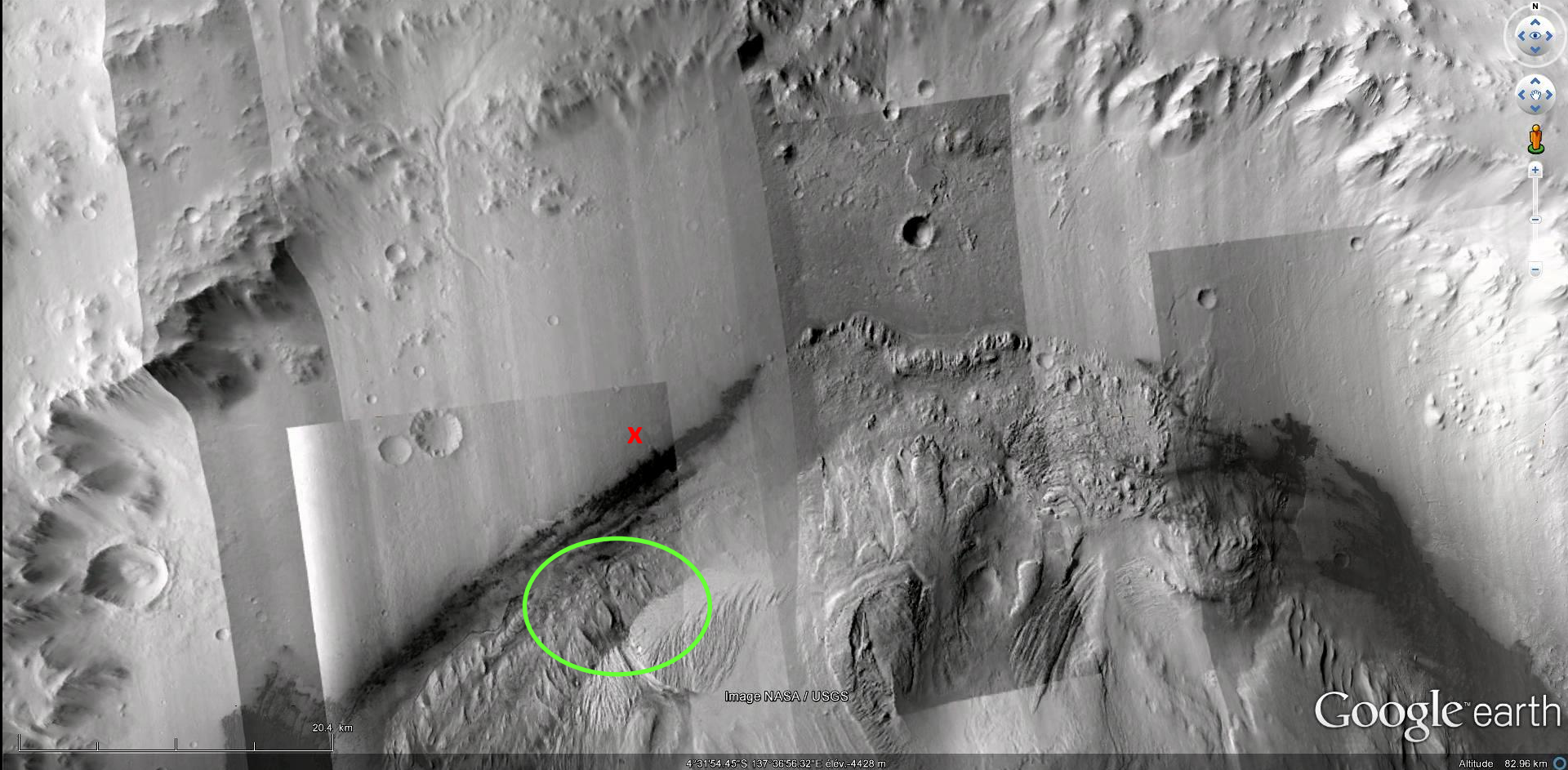


https://bibliotheque.ac-aix-marseille.fr/Affiliements_PACA/01_terrasses_bienno/04_terrasses_alniv_act.htm

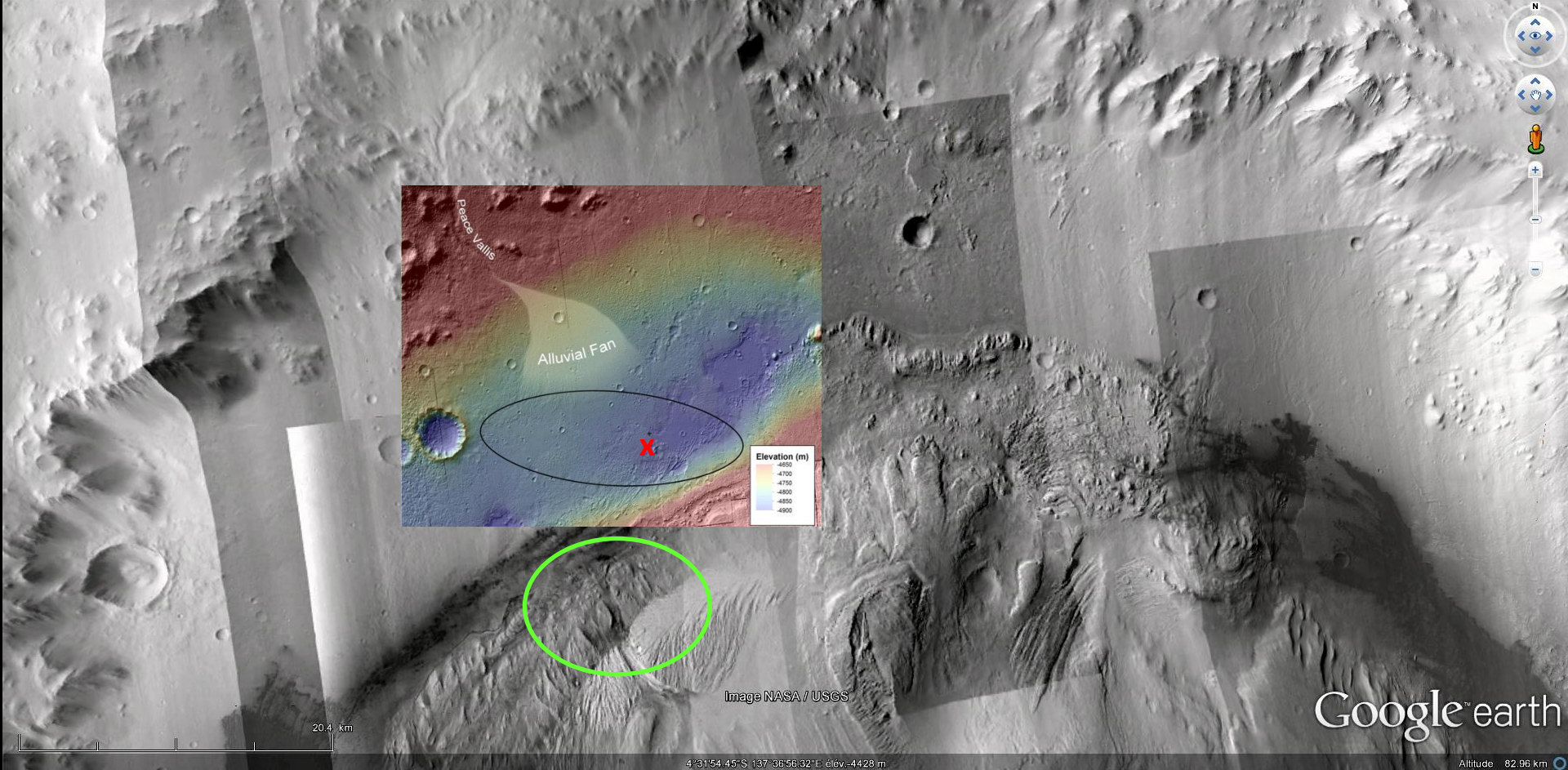
Un équivalent terrestre de ce contexte géologique



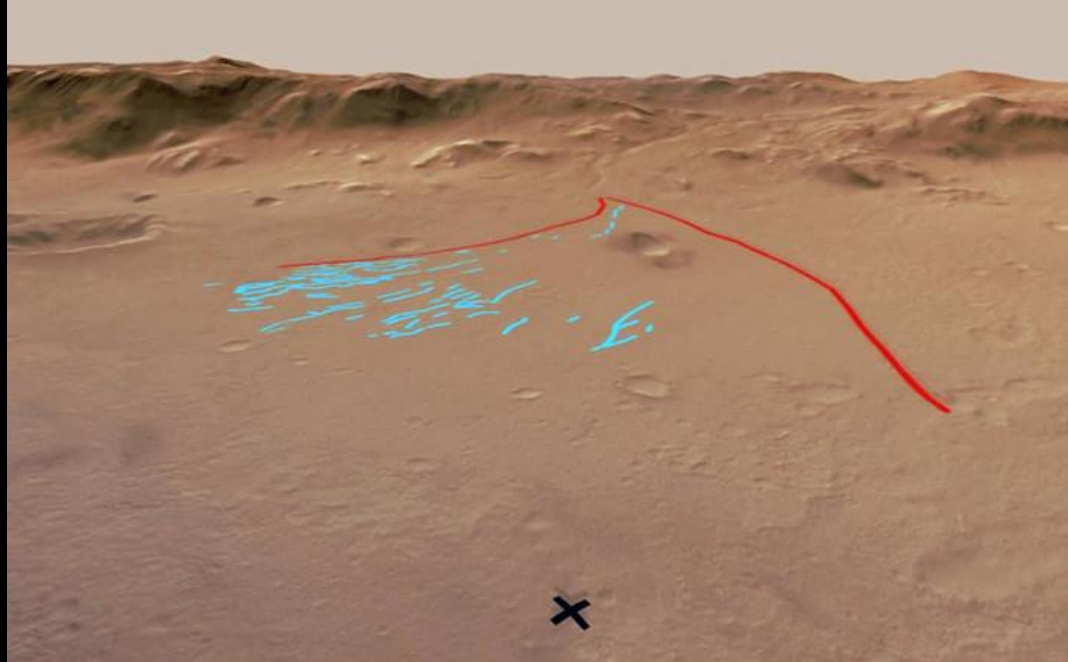
Resituons cet affleurement dans le cratère Gale



... dans le Nord du cratère Gale. On est sur un cône de déjection torrentiel (on sait depuis au moins 2010 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.

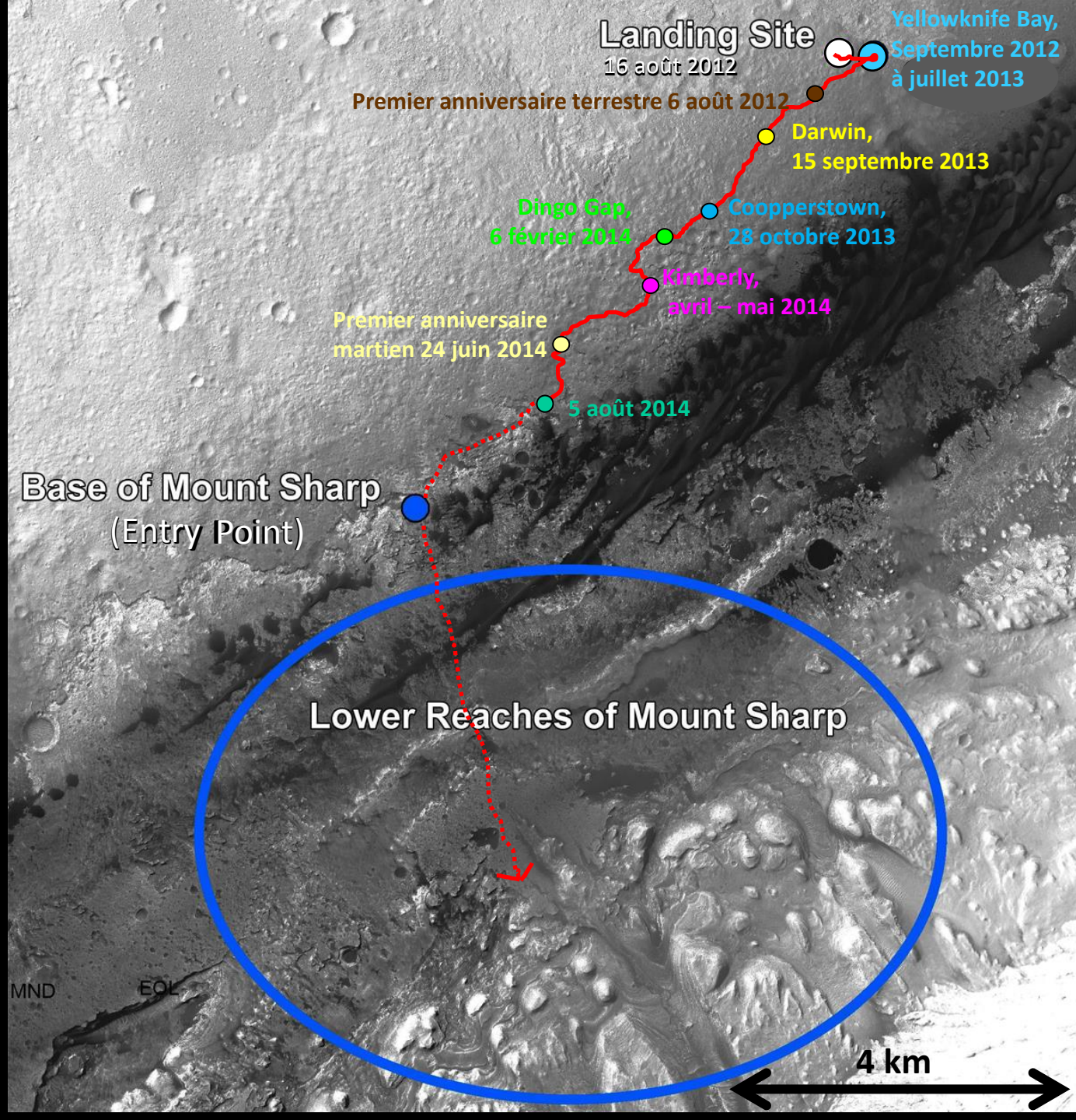


... dans le Nord du cratère Gale. On est sur un cône de déjection torrentiel (on sait depuis au moins 2010 qu'il y a un cône à cet endroit). On trouve ce qu'on s'attendait à trouver, normal, mais ce n'est pas l'objectif principal.



**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.**

Le trajet de Curiosity, d'août 2012 à août 2014. Au lieu de se diriger vers le Sud, vers « la Terre Promise », il va à l'Est. Pourquoi ?



Yellowknife Bay

Vers l'objectif principal

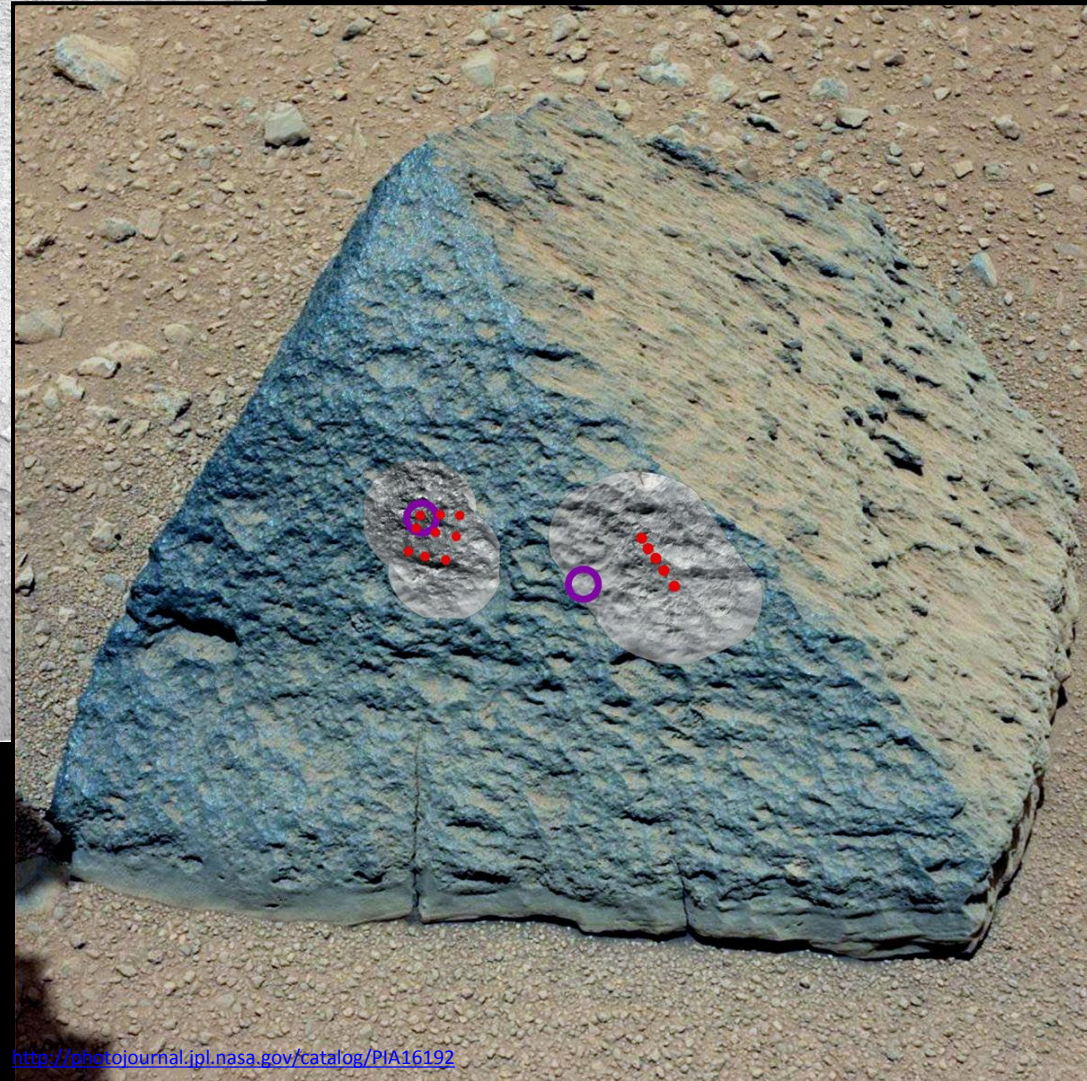
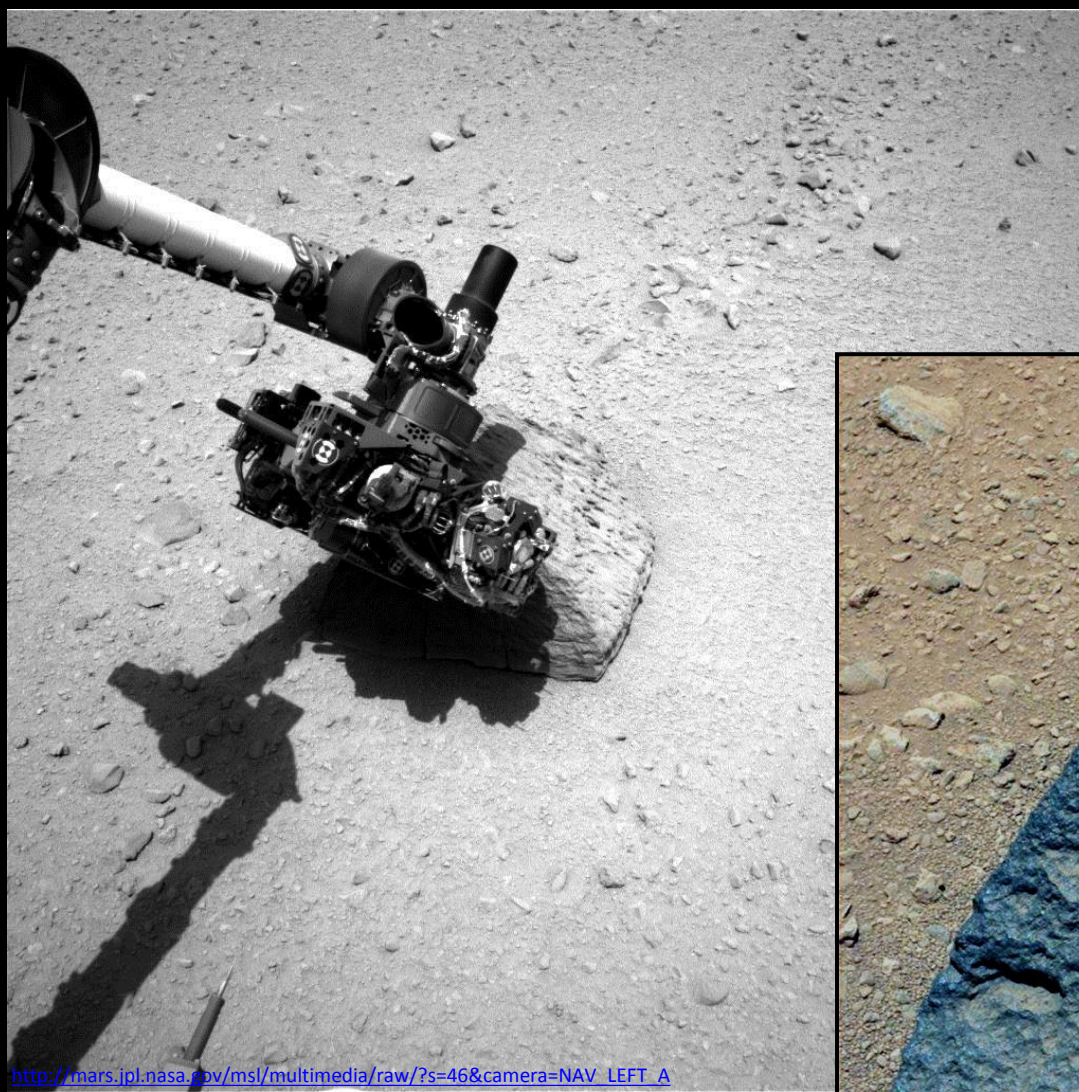
100 m

Les onze premiers mois de trajet : vers et dans Yellowknife Bay. Détaillons 2 résultats obtenus sur le trajet.



**Pour leurs
1ères
analyses, le 19
septembre
2012 (sol 43)
les géologues
choisissent un
gros rocher, en
forme de
dreikanter, le
rocher nommé
*Jake
Matijevic.***

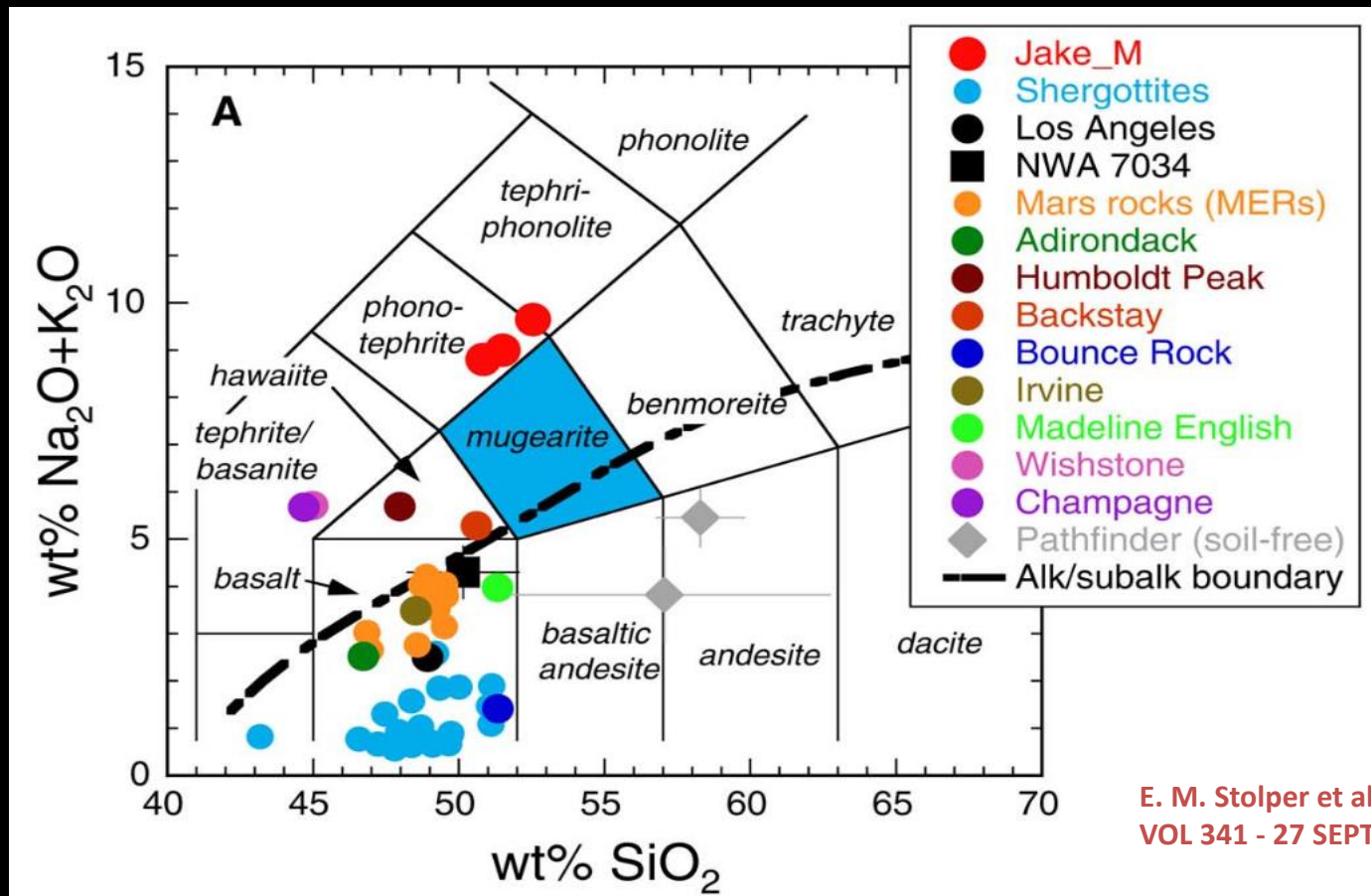
Analyses à distance (chemCam) et par contact (APXS).



http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw?s=46&camera=NAV_LEFT_A

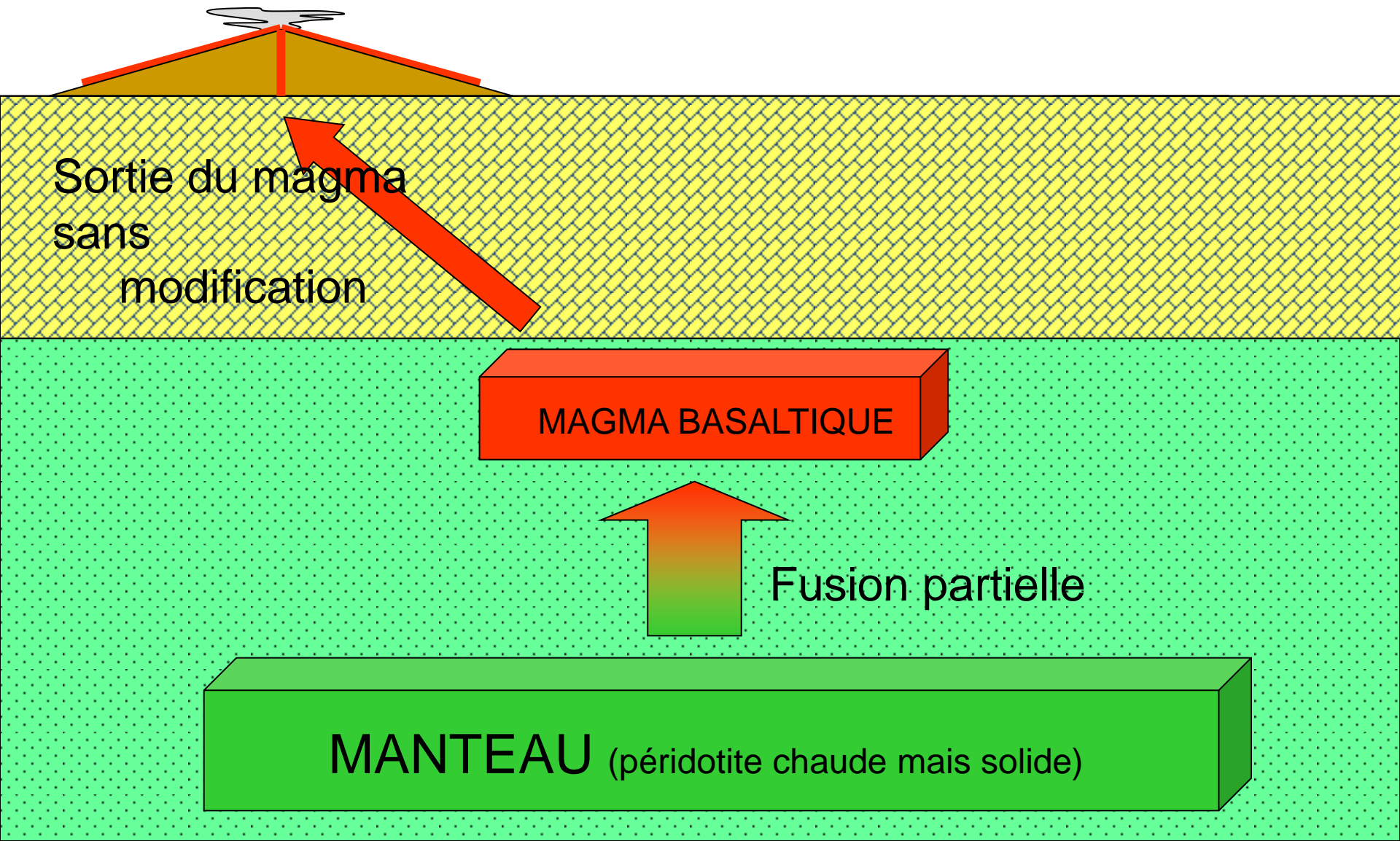
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16192>

Résultat : une téphri-phonolite à 15% de néphéline normative. Ce blocs, sans doute issu d'un « petit » cratère creusé dans la « vieille croûte » suggère que cette dernière contient des laves différenciées de la série alcaline. Une première pour Mars !



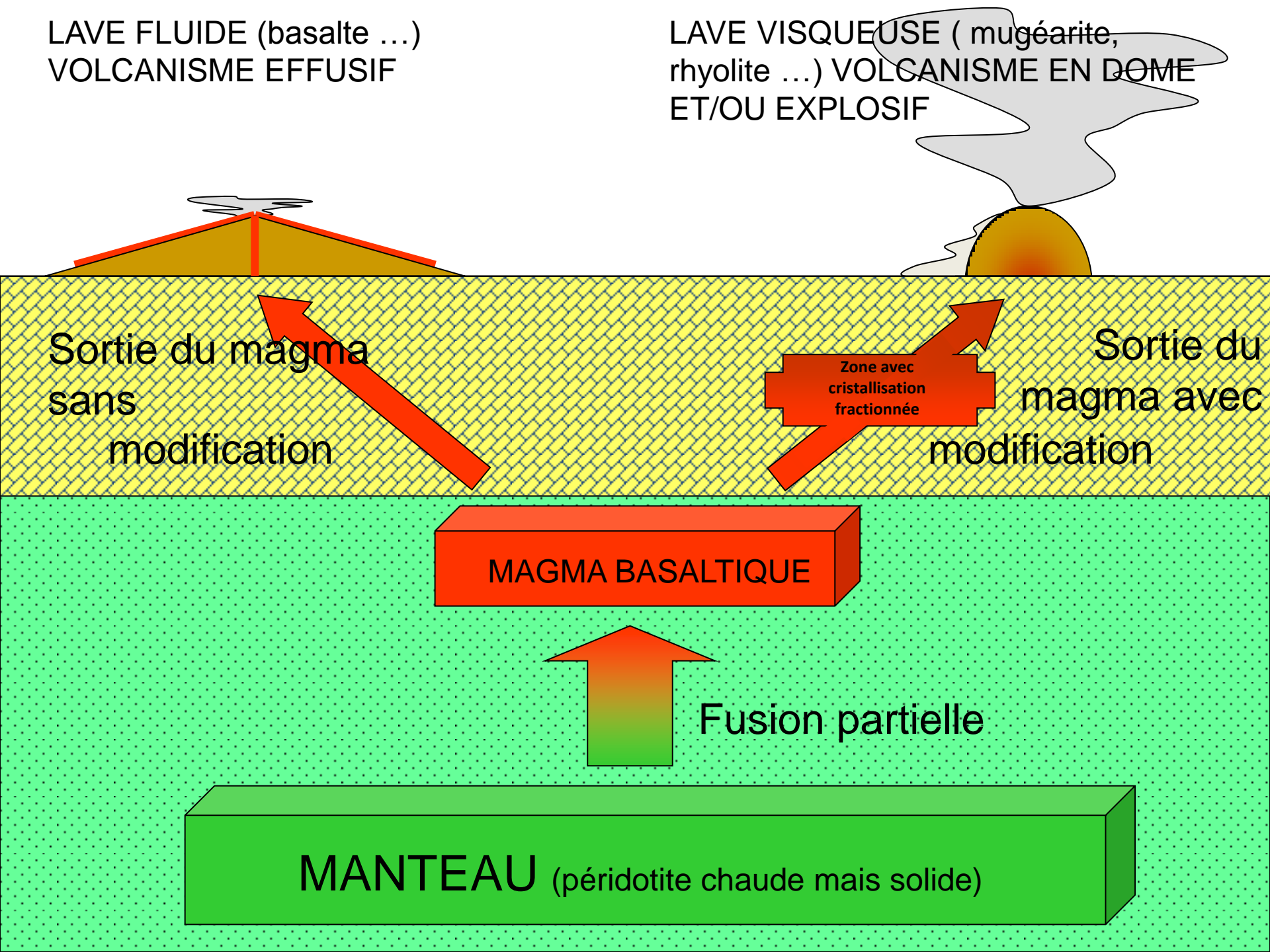
E. M. Stolper et al, SCIENCE -
VOL 341 - 27 SEPTEMBER 2013

LAVE FLUIDE
VOLCANISME EFFUSIF



LAVE FLUIDE (basalte ...)
VOLCANISME EFFUSIF

LAVE VISQUEUSE (mugéarite,
rhyolite ...) VOLCANISME EN DOME
ET/OU EXPLOSIF



Sortie du magma
sans
modification

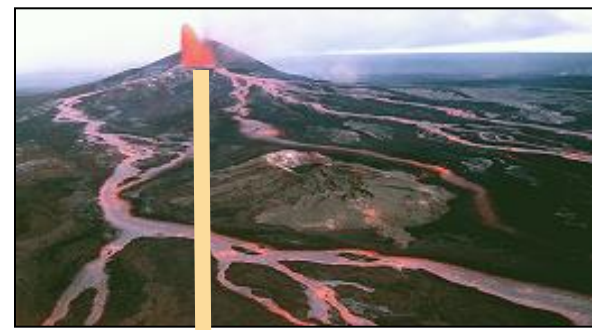
Sortie du
magma avec
modification

Zone avec
cristallisation
fractionnée

MAGMA BASALTIQUE

Fusion partielle

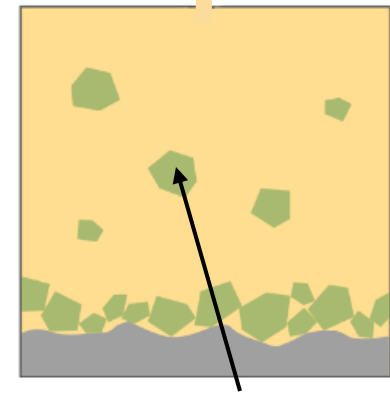
MANTEAU (péridotite chaude mais solide)



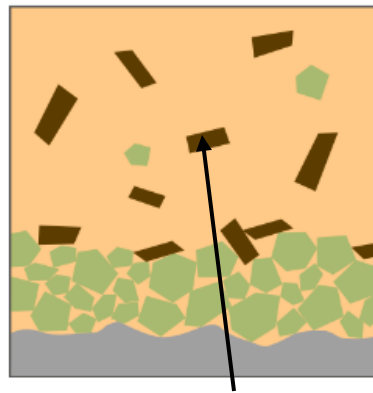
← Basalte



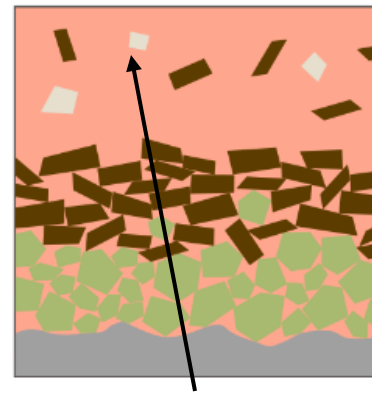
Roche différenciée (téphri-phonolite) →



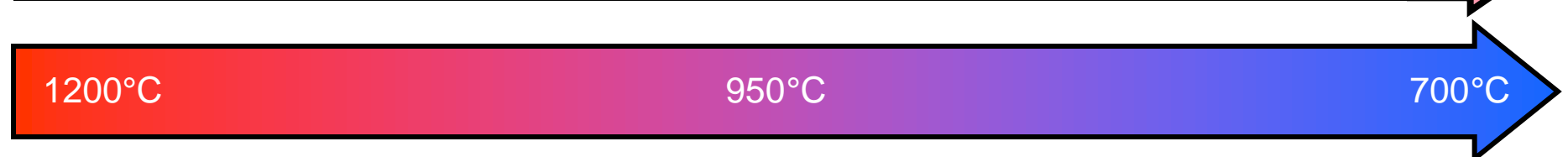
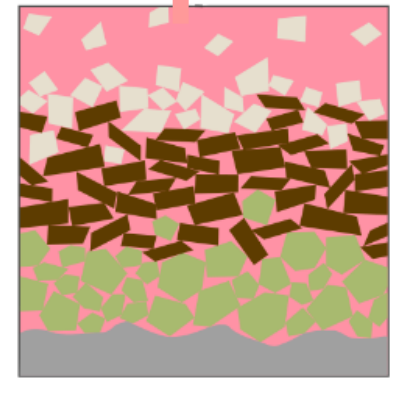
SiO₂ = 35%



SiO₂ = 50%



SiO₂ = 60%



La cristallisation fractionnée (= différenciation) modifie la chimie, et la viscosité du magma. Ca a lieu sur Terre, **et aussi sur Mars**



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

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



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.

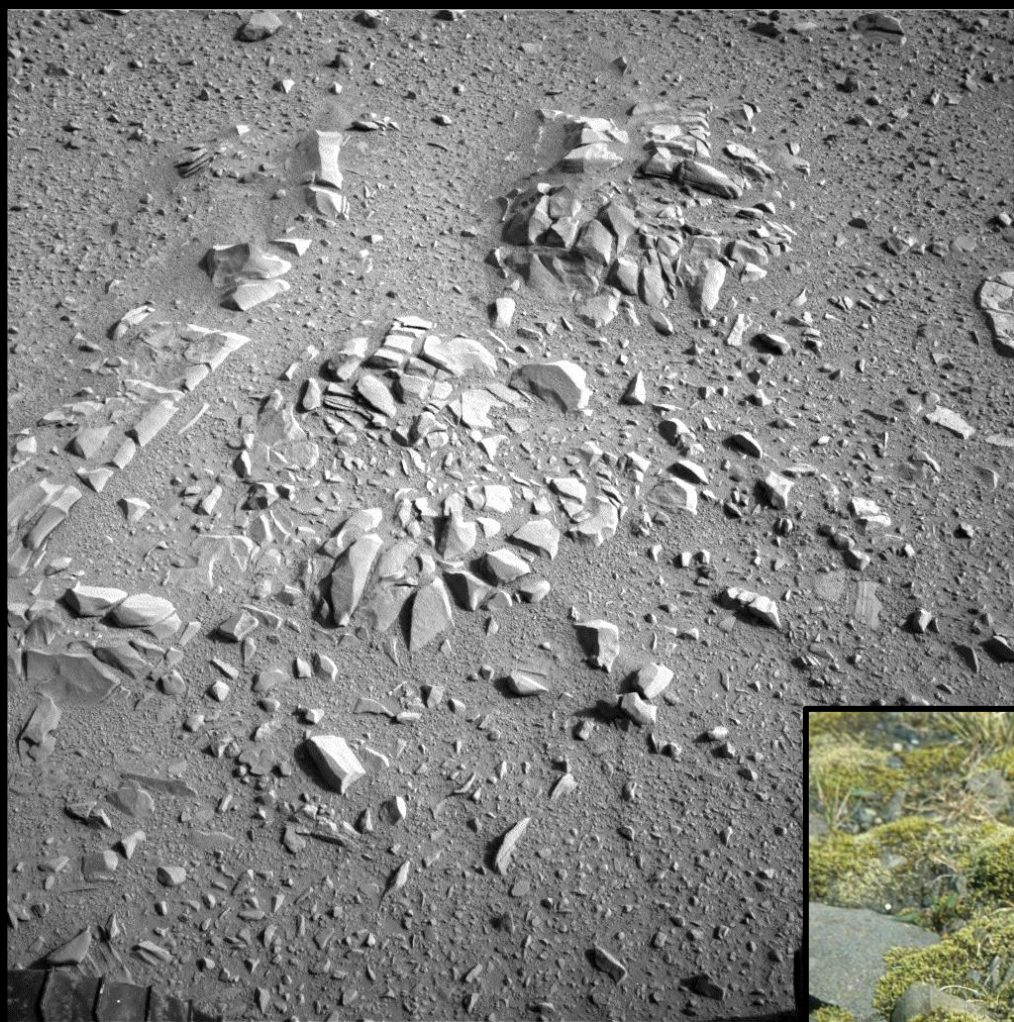


Photo Pierre Thomas



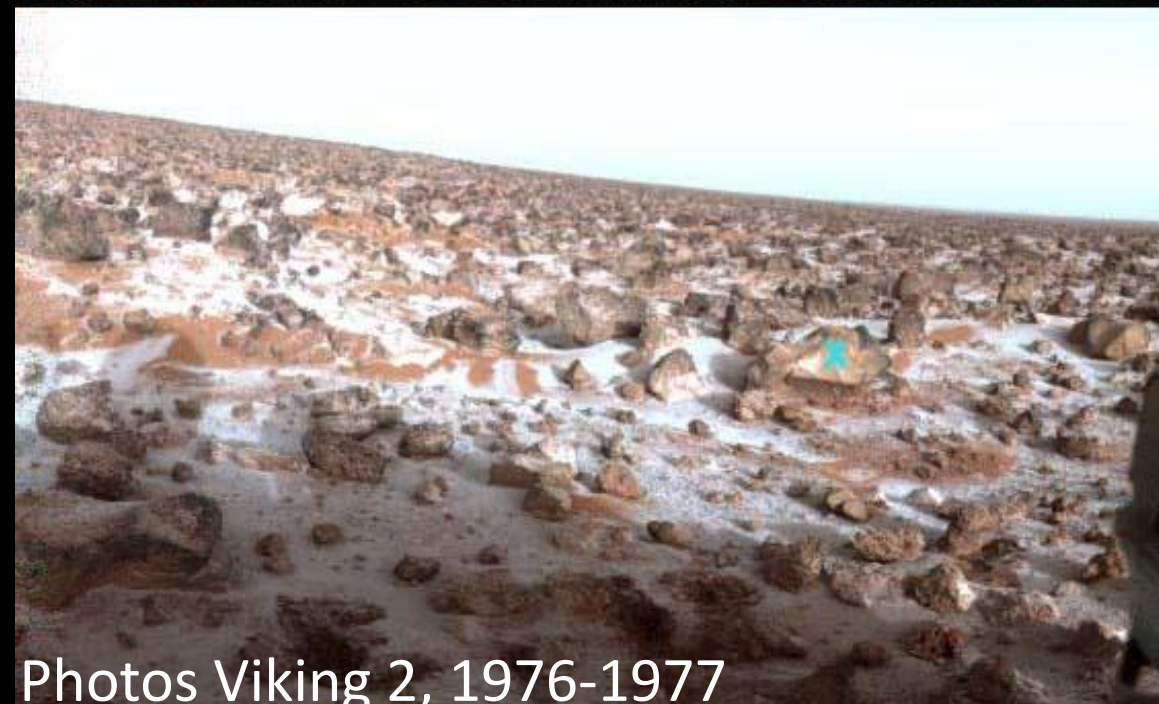
Photo Pierre Thomas

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

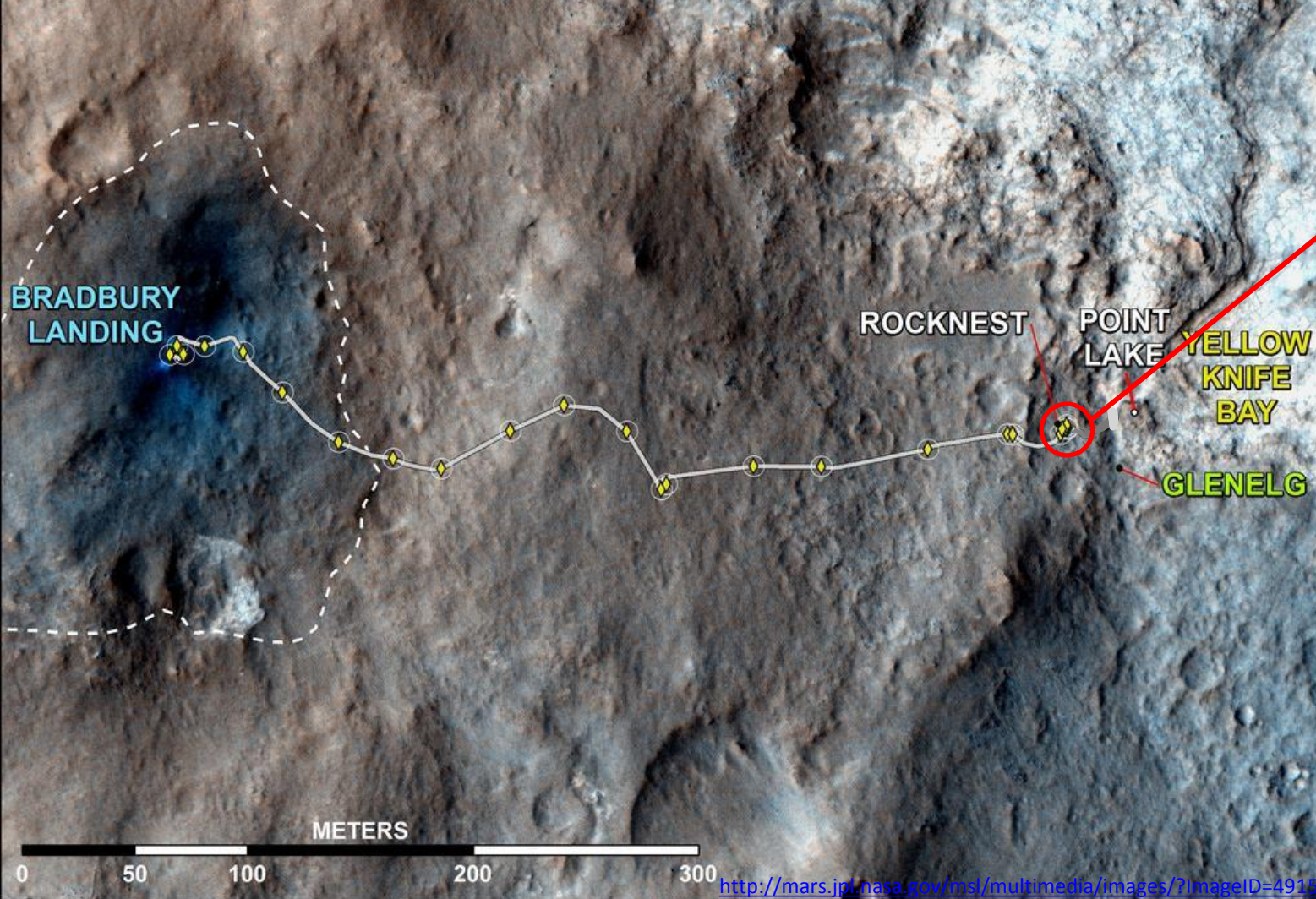


**Ca se ressemble,
n'est-ce pas ?**

**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)**

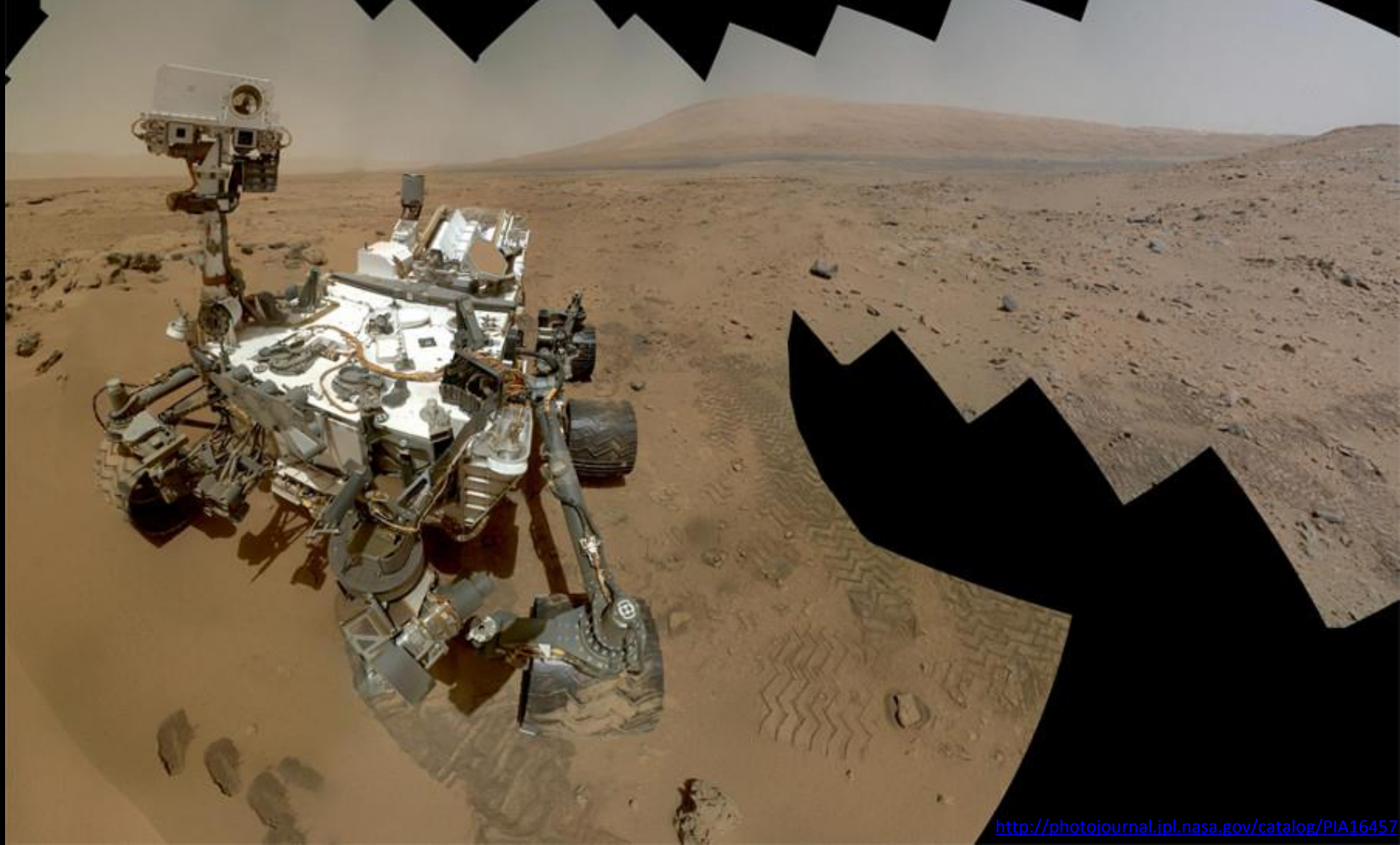


Photos Viking 2, 1976-1977



Sol 55
à 101

Début octobre 2012, la Nasa choisit la zone où elle va tester ses outils de prélèvement et toute ses chaines 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



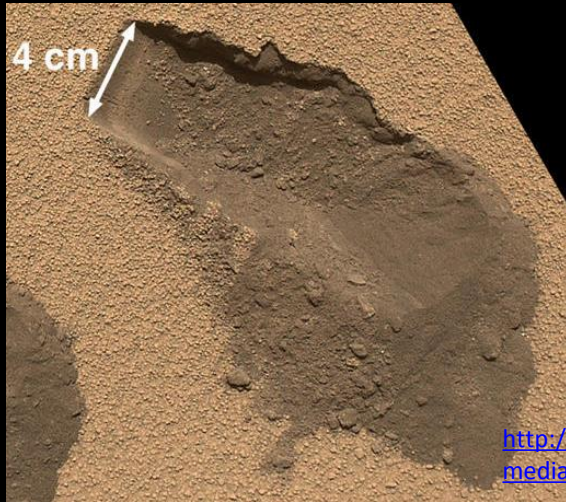
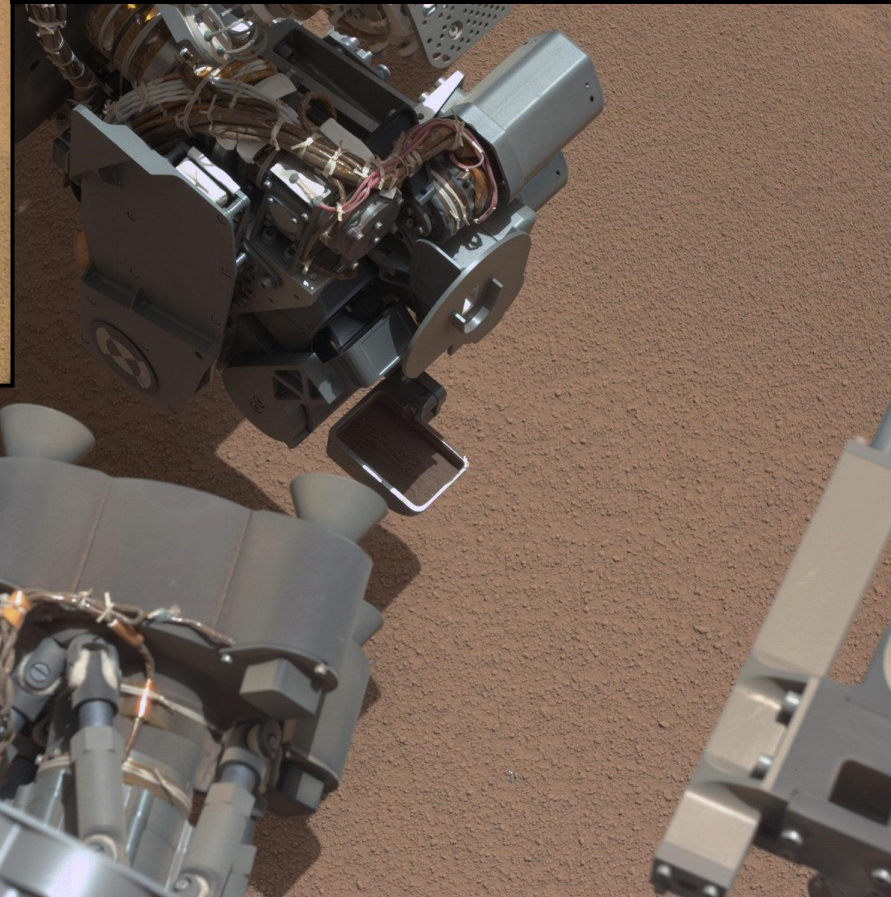
http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=58&camera=NAV_LEFT_A

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

**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**

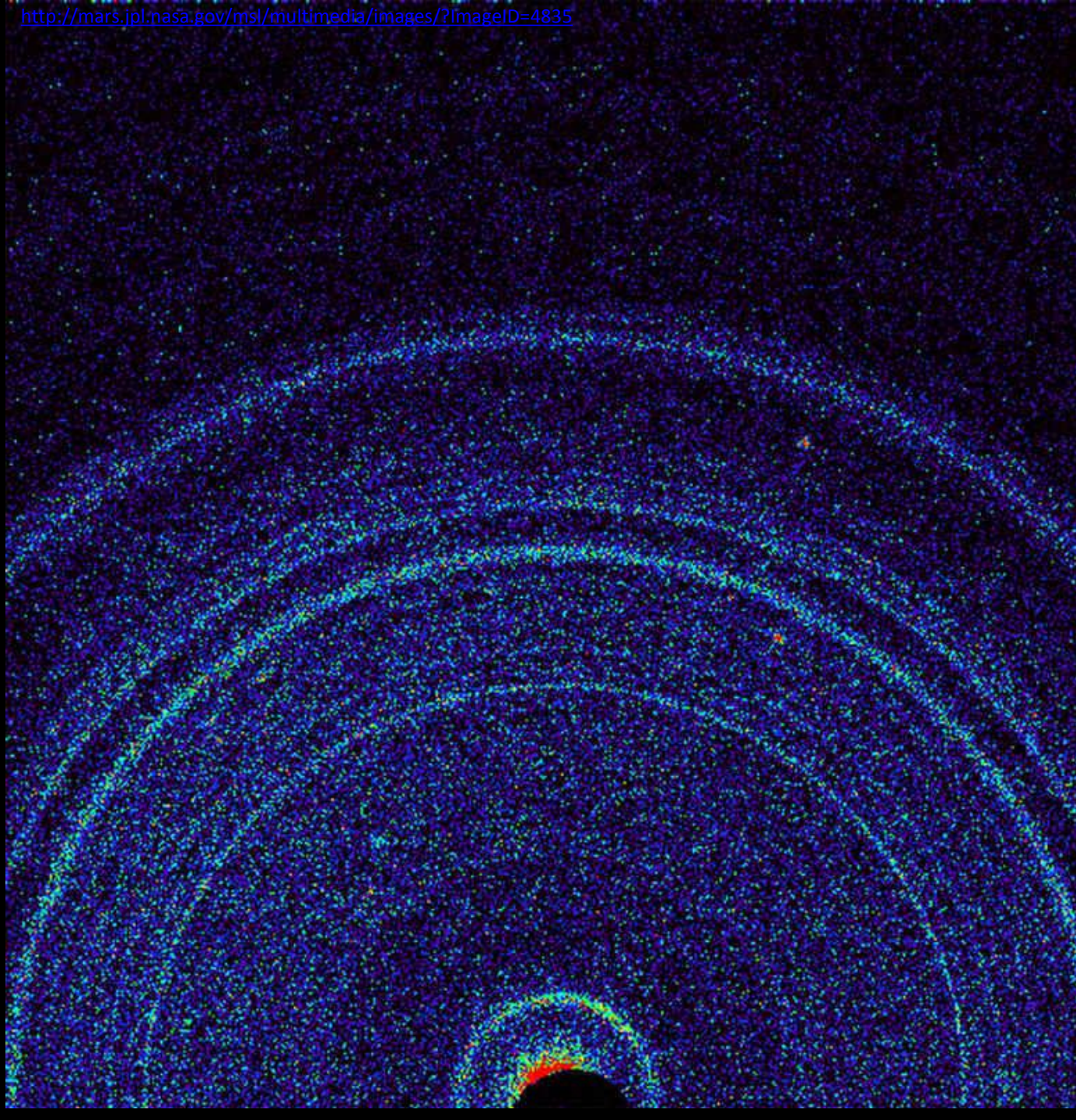
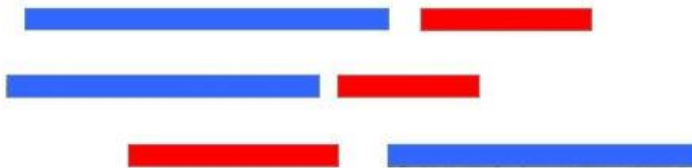
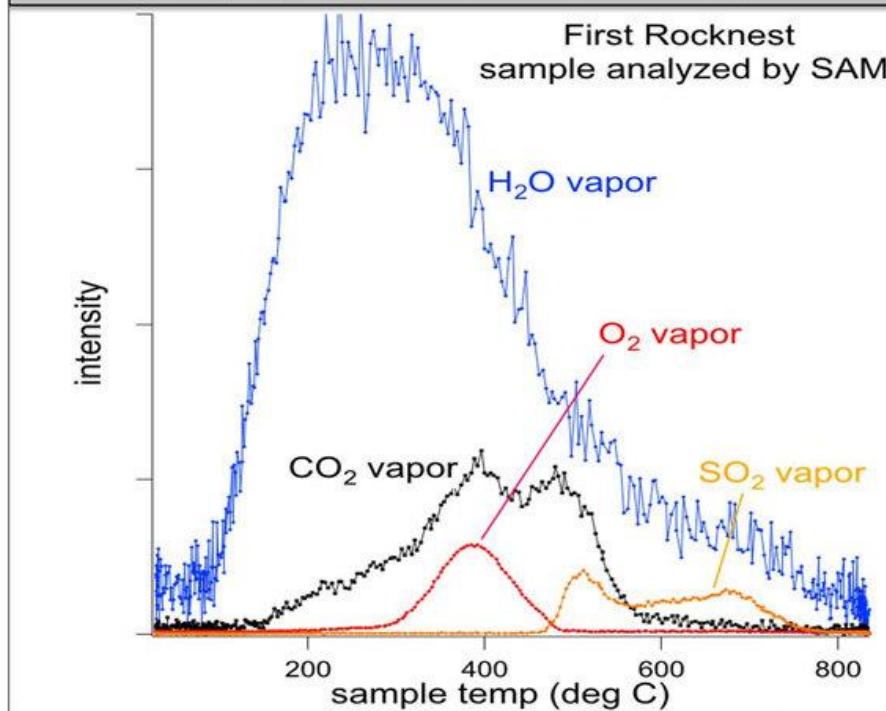


Diagramme de diffraction X (CheMin) du sable éolien ramassé. Cela permet d'identifier 4 structures «cristallines» : Olivine, pyroxène, feldspath et verre. Il s'agit d'un sable basaltique non altéré.

Variety of gases released from Rocknest samples

Major gases released on heating



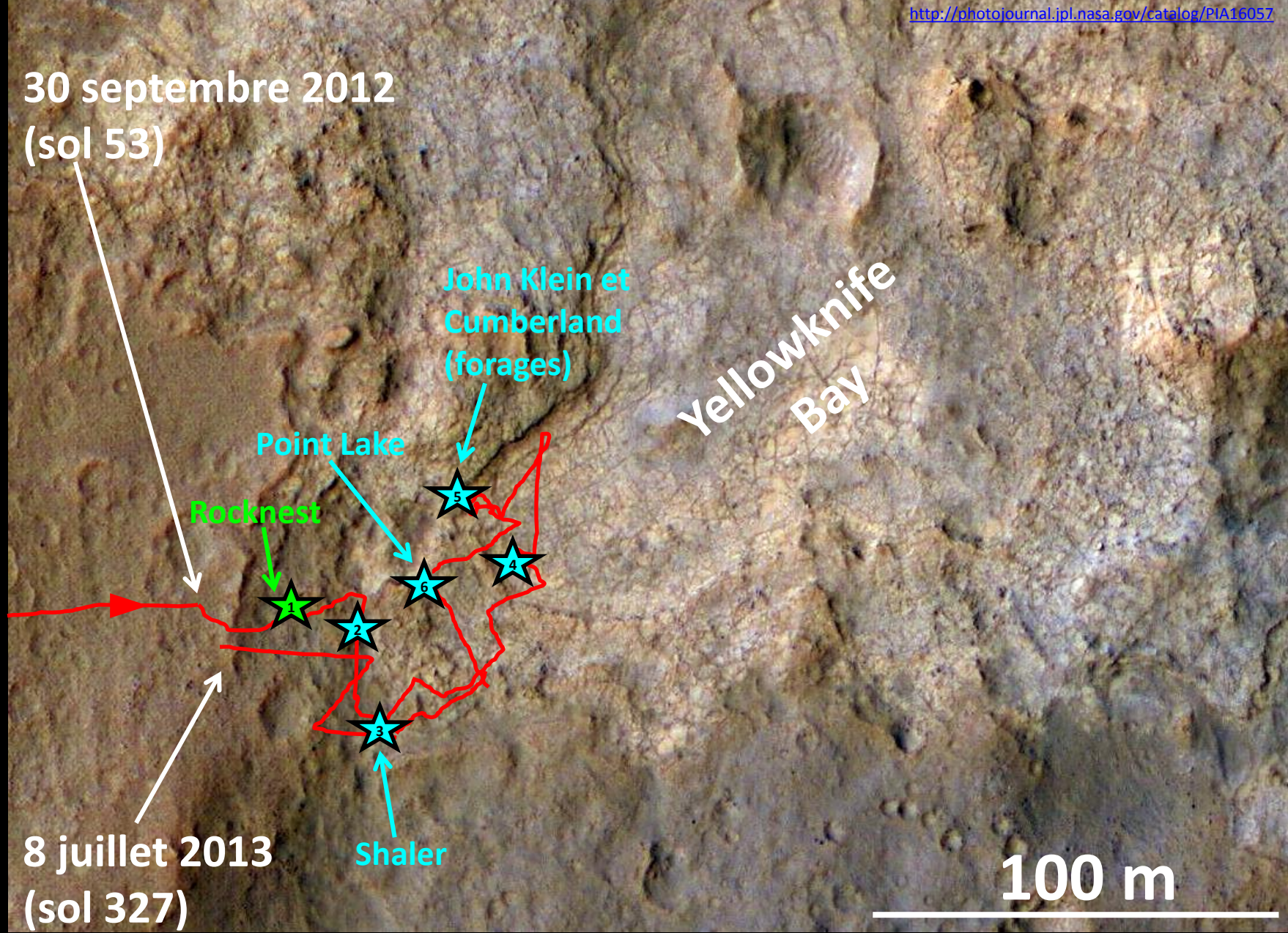
Gases detected by SAM include water (a few percent), and lesser amounts of carbon dioxide, oxygen, and sulfur dioxide

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)



30 septembre 2012
(sol 53)

John Klein et
Cumberland
(forages)

Yellowknife
Bay

Point Lake

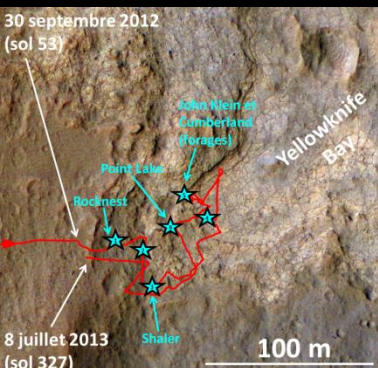
Rocknest

8 juillet 2013
(sol 327)

Shaler

100 m

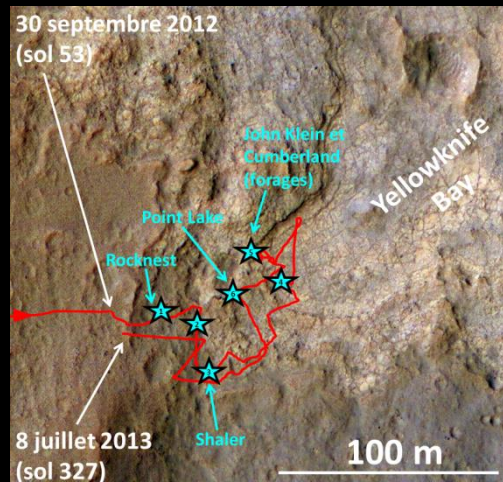
Les neufs mois passés dans Yellowknife Bay et son curieux sol « craquelé ».



Point 2 : Vue globale sur le Sud-Est de Yellowknife Bay, son curieux sol craquelé, et au fond le Mont Sharp



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



Point 3 : On entre dans Yellowknife Bay par le Sud-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.



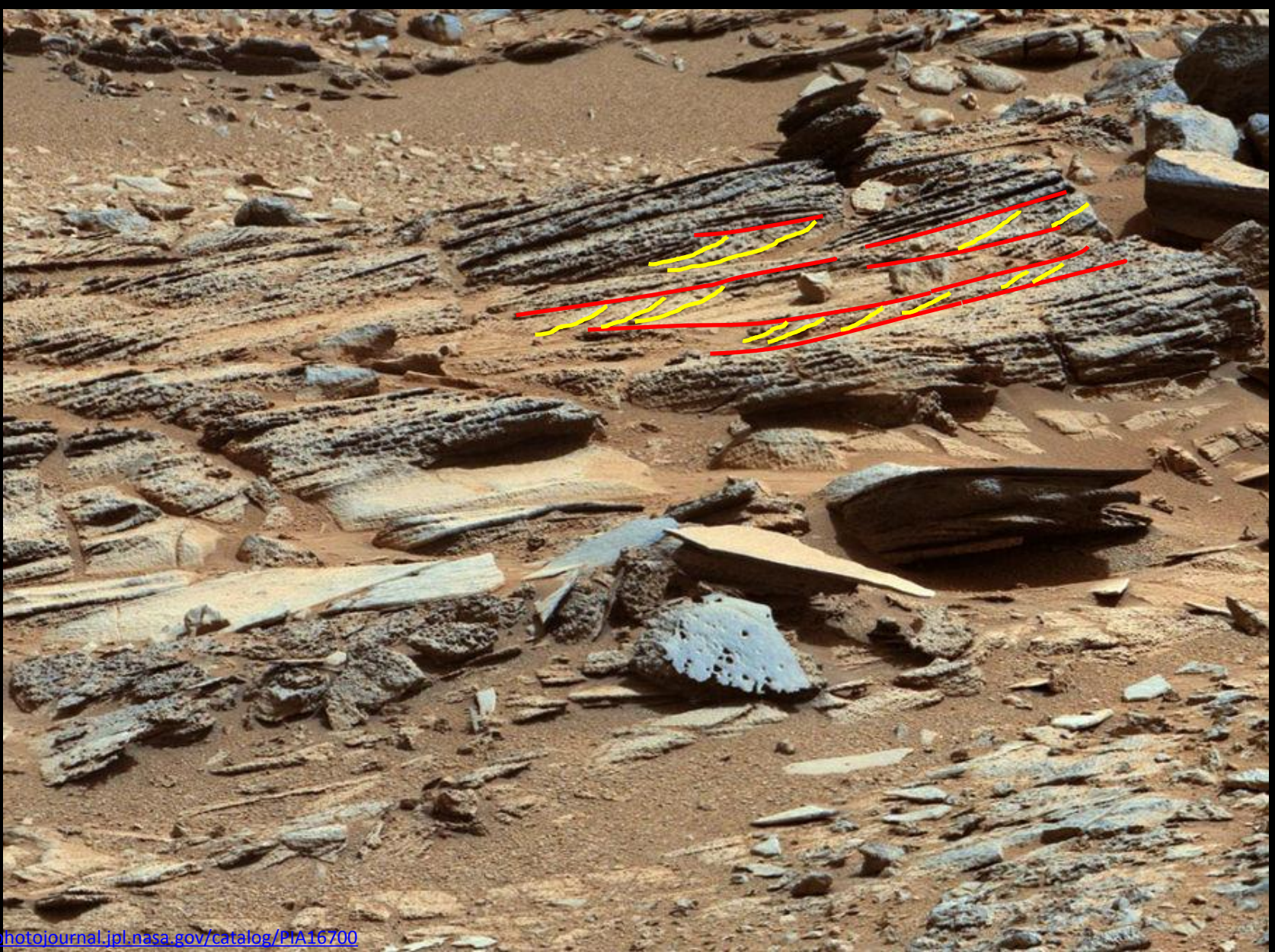
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16551>

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 ...



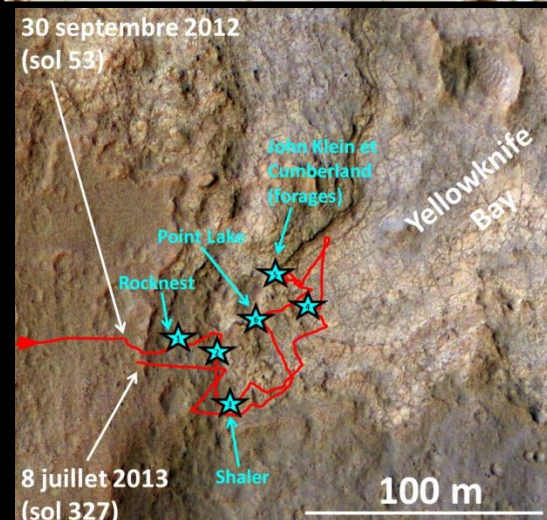
Photographie : Pierre Thomas

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



Photographie : Pierre Thomas

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



Le point 4 : le rebord Sud-Sud-Ouest de Yellowknife Bay



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

La bordure Sud Est de Yellowknife Bay. Et toujours ces craquelures ...

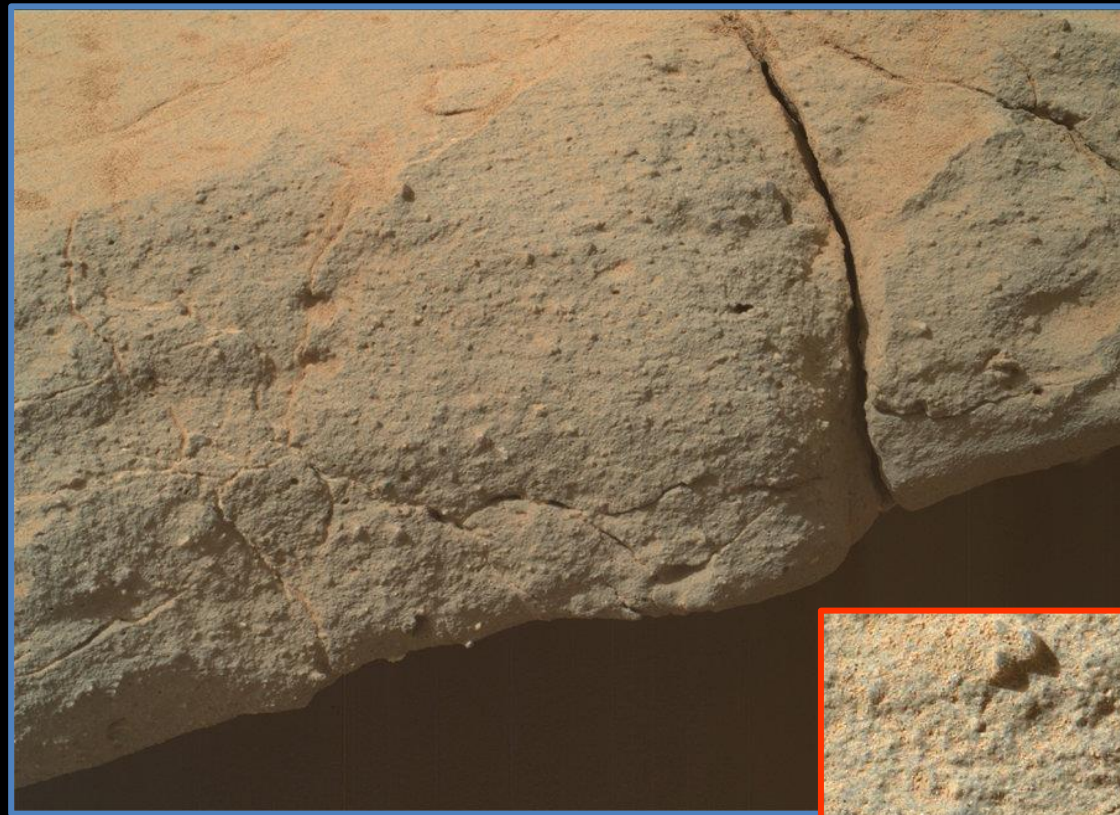


Craquelures qui se poursuivent sous le « sol » et qui jouent encore en « aspirant » le sable.



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

La formation Gillespie de près ...

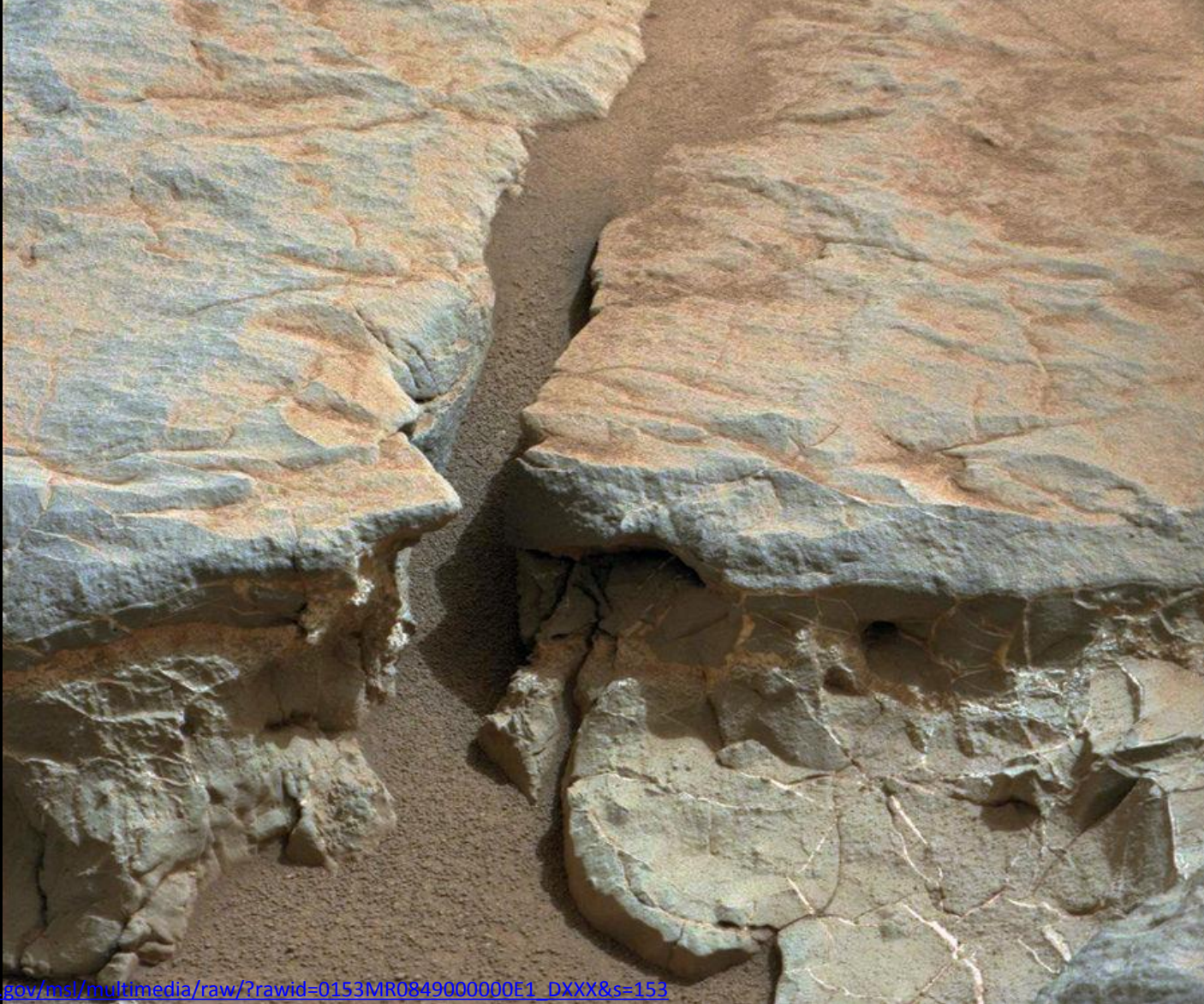


... de très très près ! Du grès, ancien sable consolidé, à grains très arrondis (par un long transport). C'est ce grès qui se fracture et se craquelle.



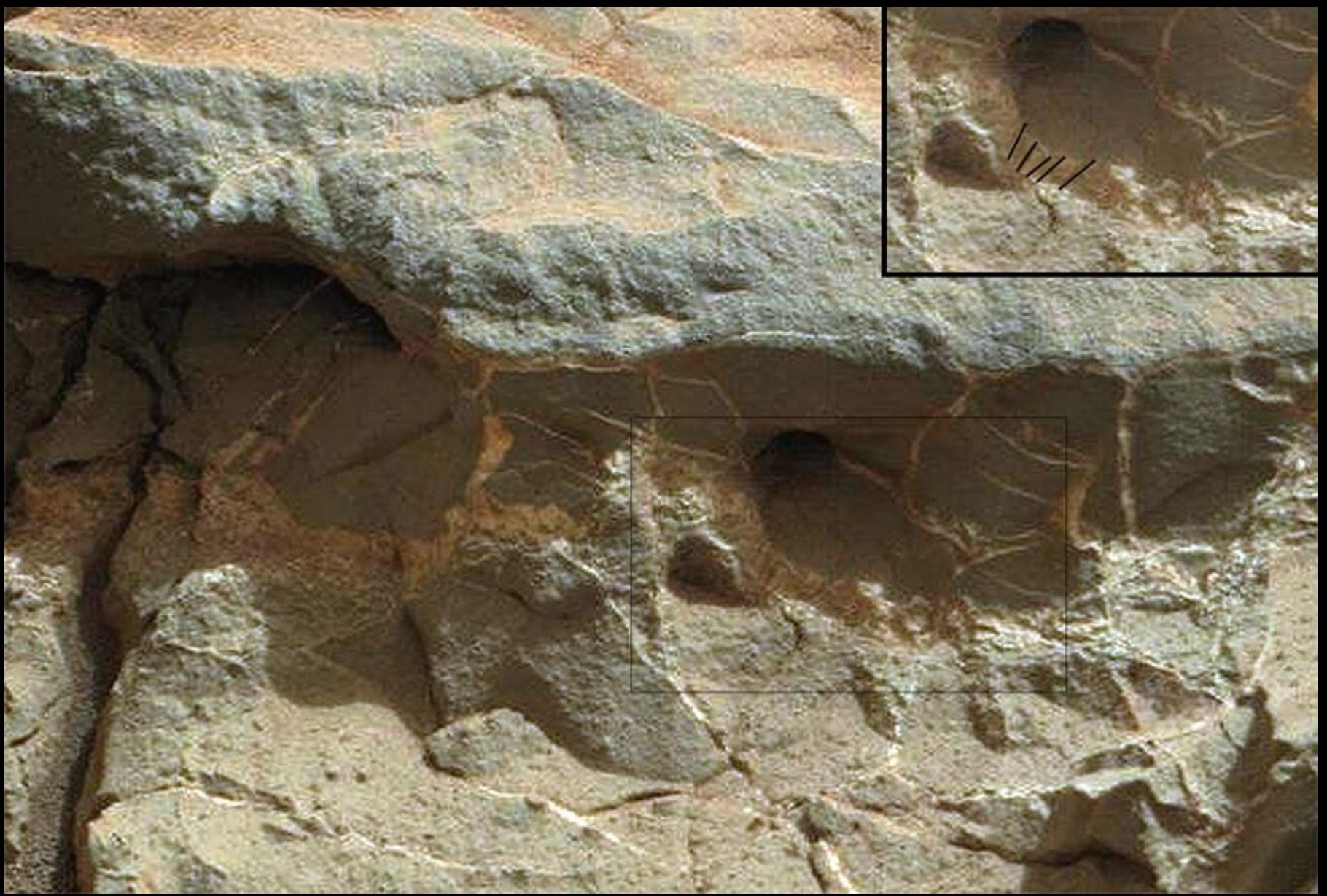


Des « craquelures » dans du grès terrestre, une possible analogie avec ce qu'on voit sur Mars (sans le sable). Ce serait dû à des alternances Chaud/Froid, mais rien n'est confirmé.

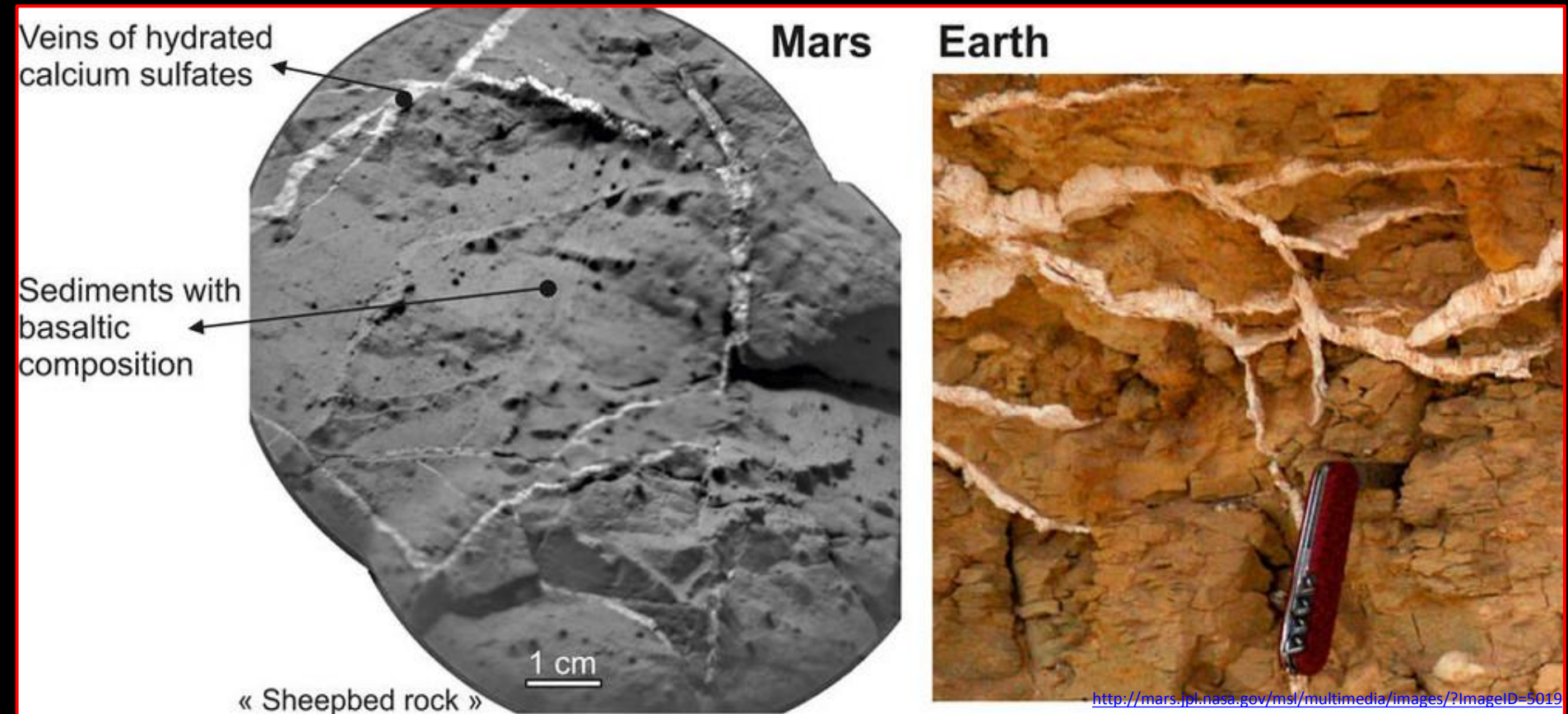


http://mars.jpl.nasa.gov/mc/multimedia/raw/?rawid=0153MR0849000000E1_DXXX&s=153

Les niveaux plus tendres sous les bancs de grès font partie de la formation Sheepbed. Ils traversés des fractures remplies d'une substance blanche.



**Un détail de ces niveaux traversés par ces fractures remplies.
On voit même une structuration interne à ses fractures.**



Résultat des analyses de Chemcam, et comparaison avec la Terre. La roche est faite 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.



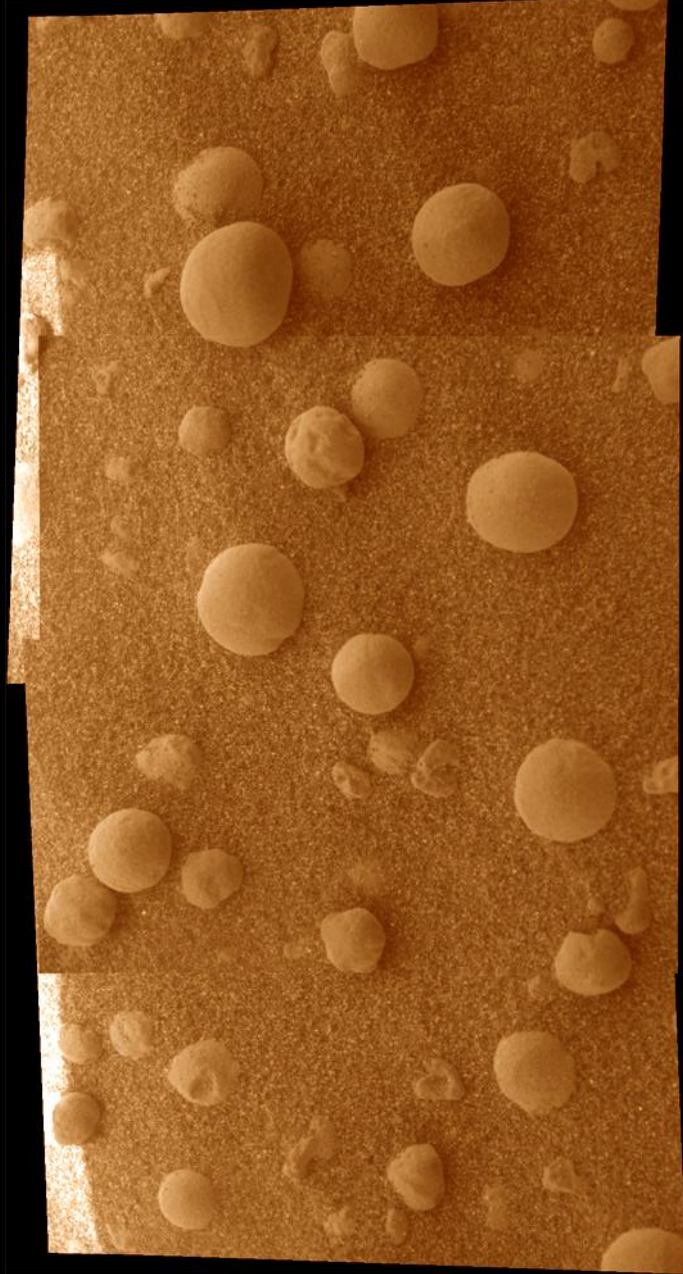
Et dans cette formation Sheepbed parcouru de filonnets de gypse, des micro-nodules (des bumps), qui rappellent furieusement ...



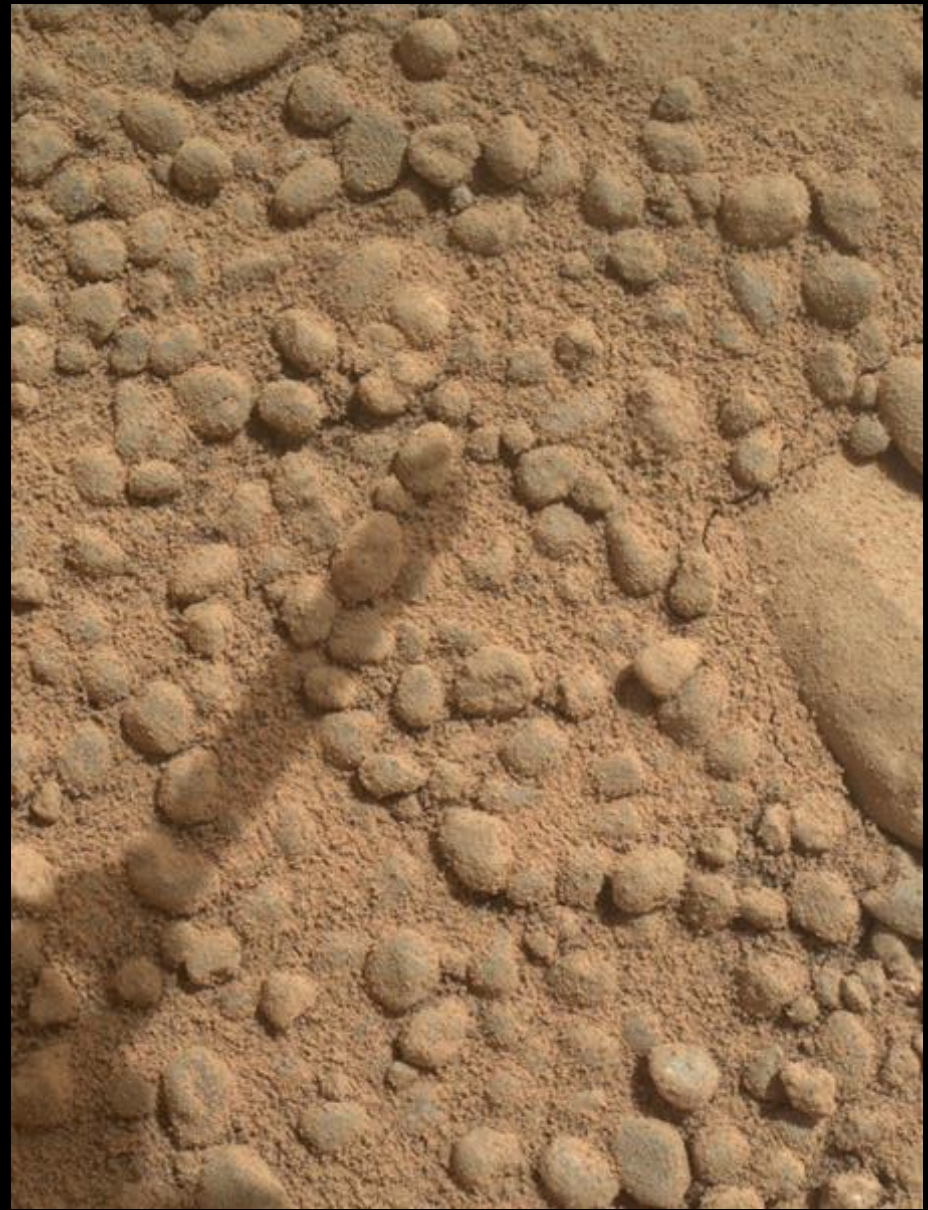
Opportunity
<http://photo.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16933>

Curiosity

... les myrtilles d'Opportunity (là-bas, il y en a dans beaucoup plus de sites). 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 roche « 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

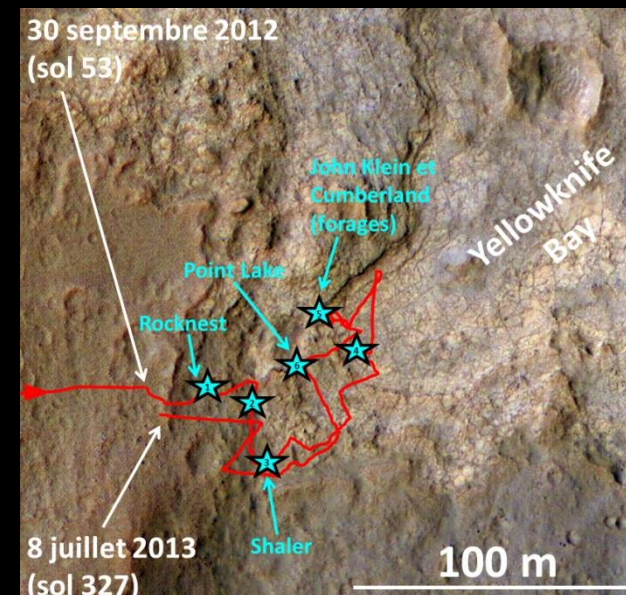


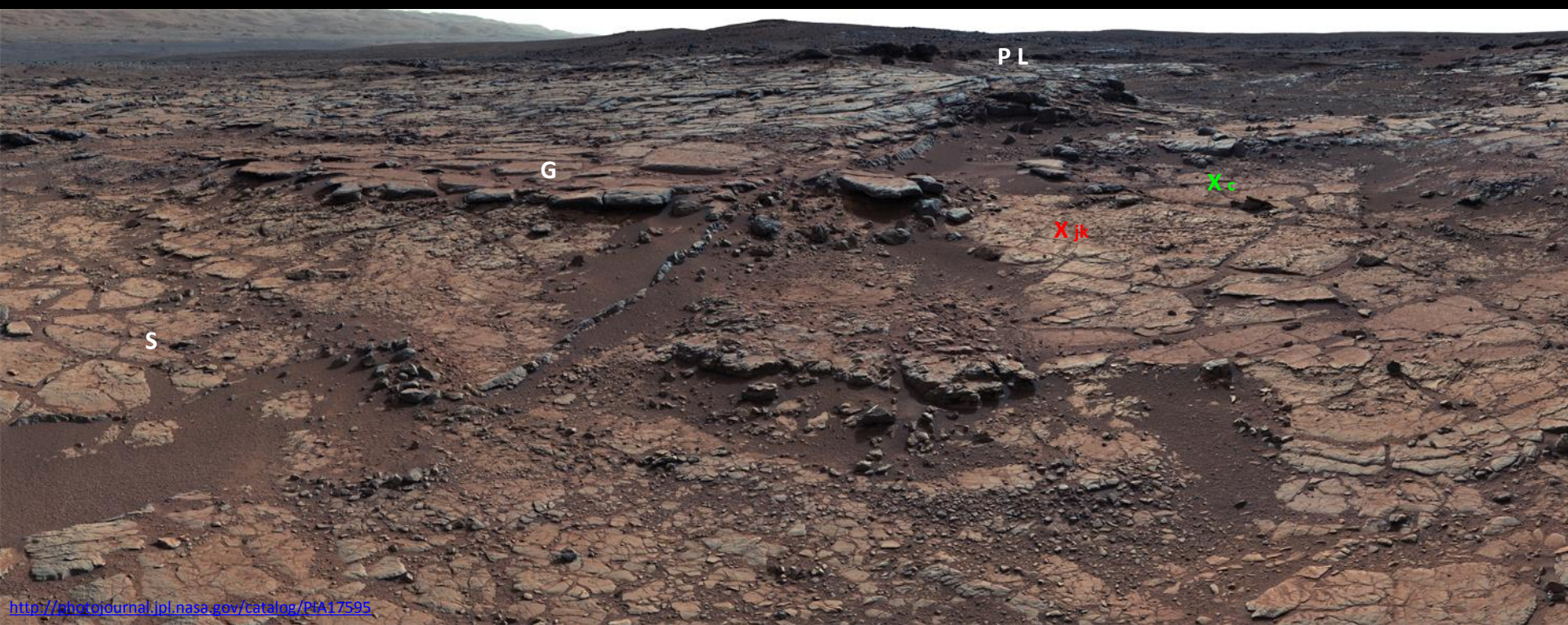
Photo Pierre Thomas



NASA/JPL-Caltech/MSSS/Damien Bouic - <http://www.db-prods.net/marsroversimages>

Point 5 : après être allé vers le Nord-Est de quelques dizaines de mètres, on revient vers le Sud Ouest et on va faire les deux premiers forages (x) : John Klein et Cumberland. Le point G (G comme Gillespie) sert de repère.





Vue perpendiculaire à la précédente, avec le même repère (G)

Xjk : forage n° 1 et 1 bis, John Klein

Xc : forage n° 2 Cumberland

S : Sheepbed

G : Gillespie Lake

P L : Point Lake

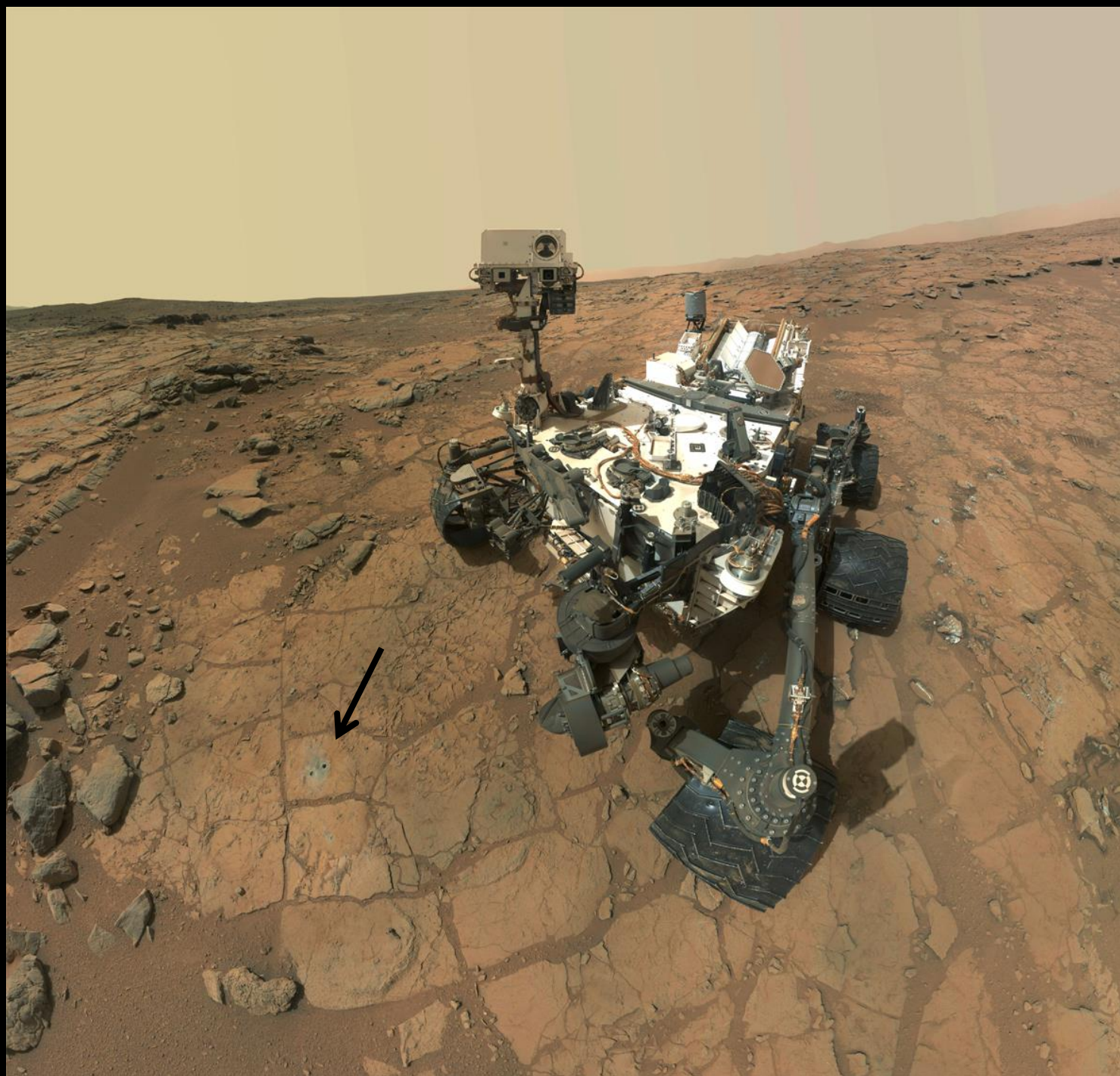
On devine bien ce débit « polygonal » qui affecte les couches de grès.



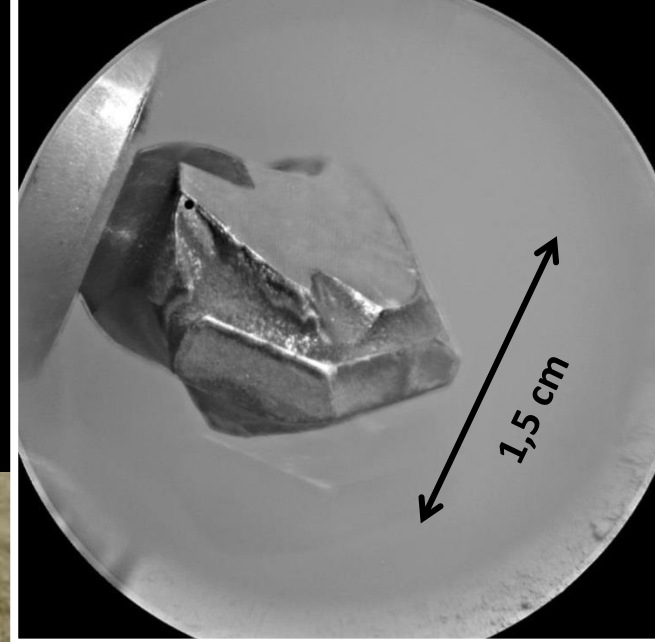
**Début février
2013, la
NASA choisit
le site du
premier
forage :
« the John
Klein
outcrop ».**

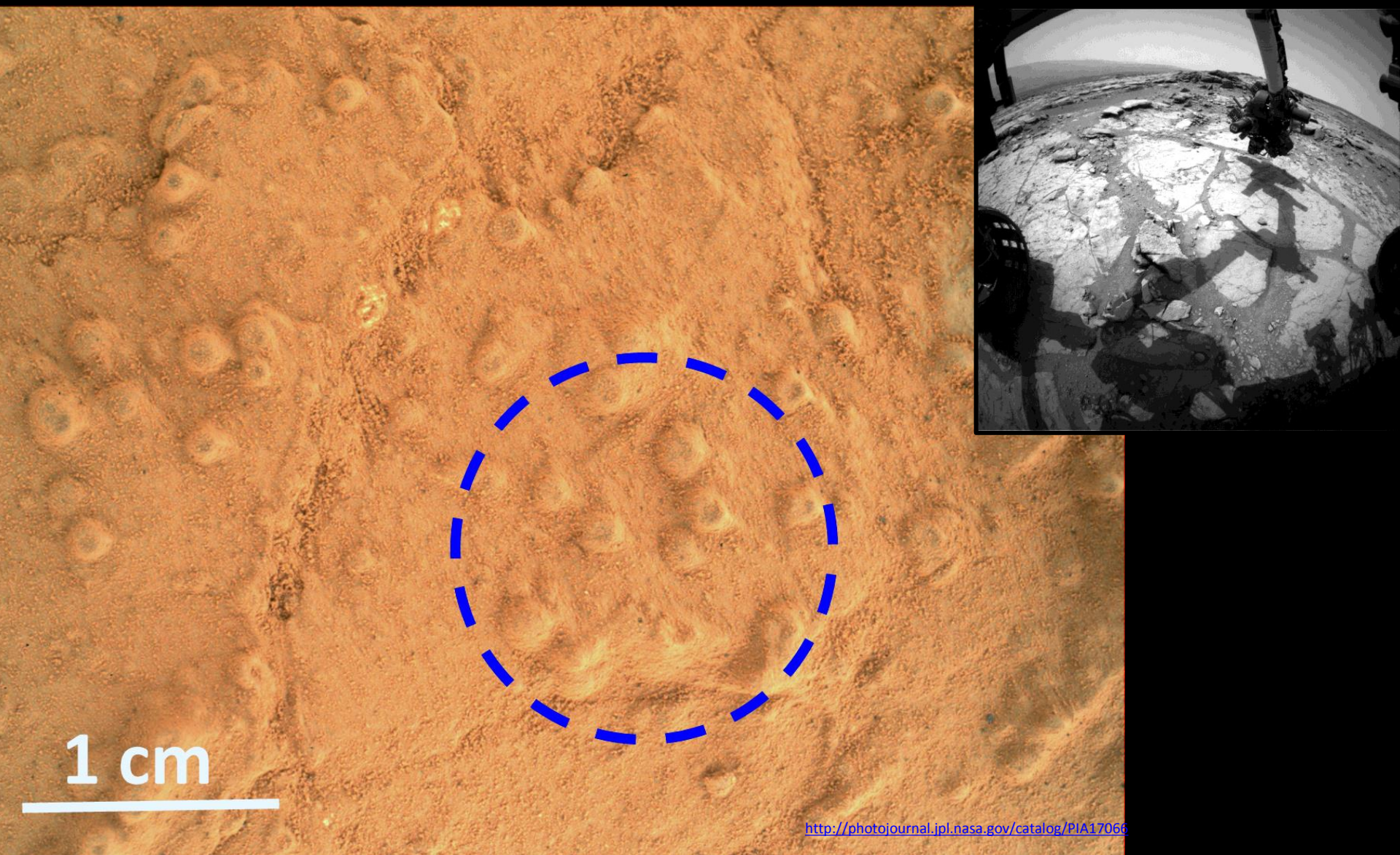
**Le 8 février
(sol 182), on
commence
le 1^{er} forage.**

**Autoportrait
de Curiosity
et position
des deux
forages de
*John Klein (1
et 1 bis)*, sur
la formation
Sheepbed.**



Gros plan sur le forage *John Klein* n° 1 bis. C'est la « poudre » issue de ce forage qui a été analysée aux rayons X et par SAM (chauffage + chromatographie en phase gazeuse + spectro. de masse)





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

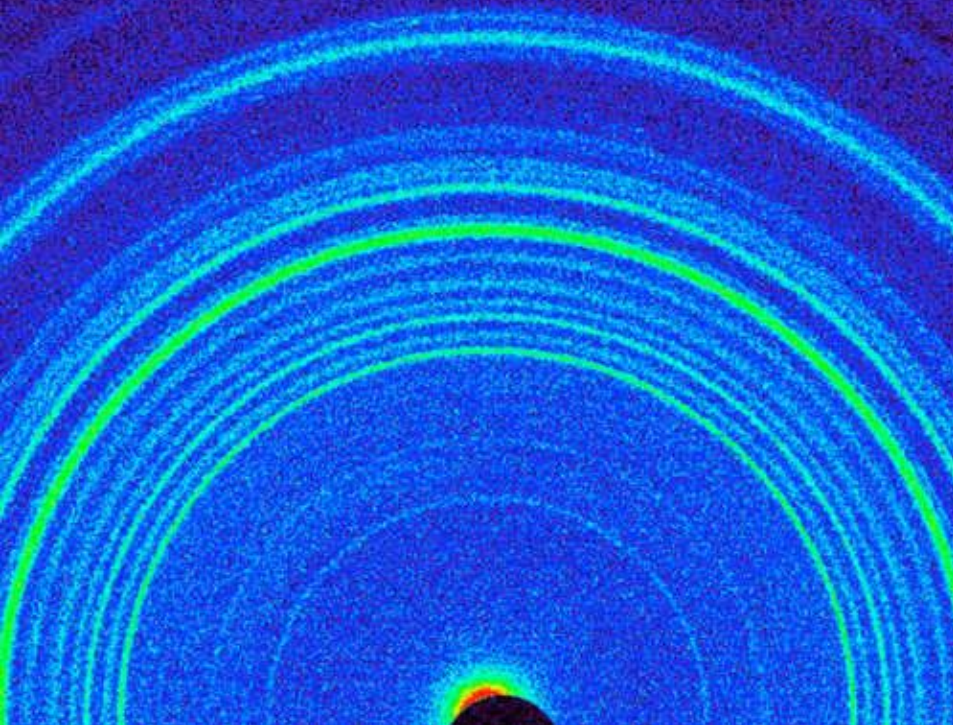
Après quasiment 2 mois d'interruption, ça repart comme prévu. Le sol 279 (19 mai 2013), 2eme forage, à 5 m du 1^{er} site, sur le rocher nommé Cumberland, particulièrement riche en « bumps ».



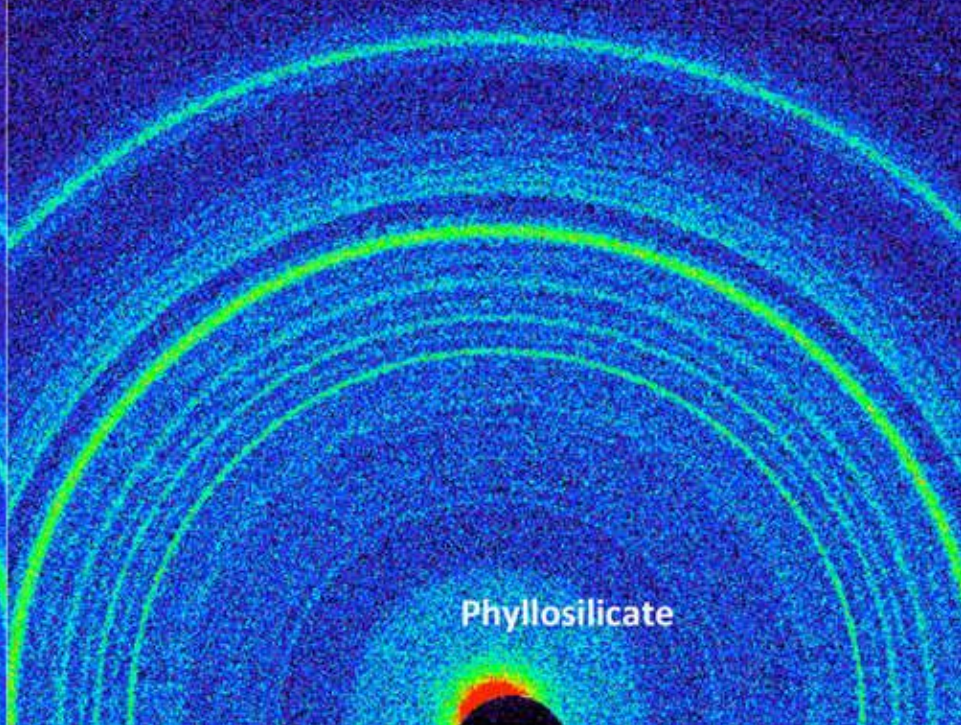
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17069>

Après quasiment 2 mois d'interruption bug (informatique et conjonction), ça repart comme prévu. Le sol 279 (19 mai 2013), 2eme forage, à 5 m du 1^{er} site, sur le rocher nommé Cumberland, particulièrement riche en « bumps ». Chemcam est passé par là.

Rocknest sand shadow



John Klein drill powder



Phyllosilicate

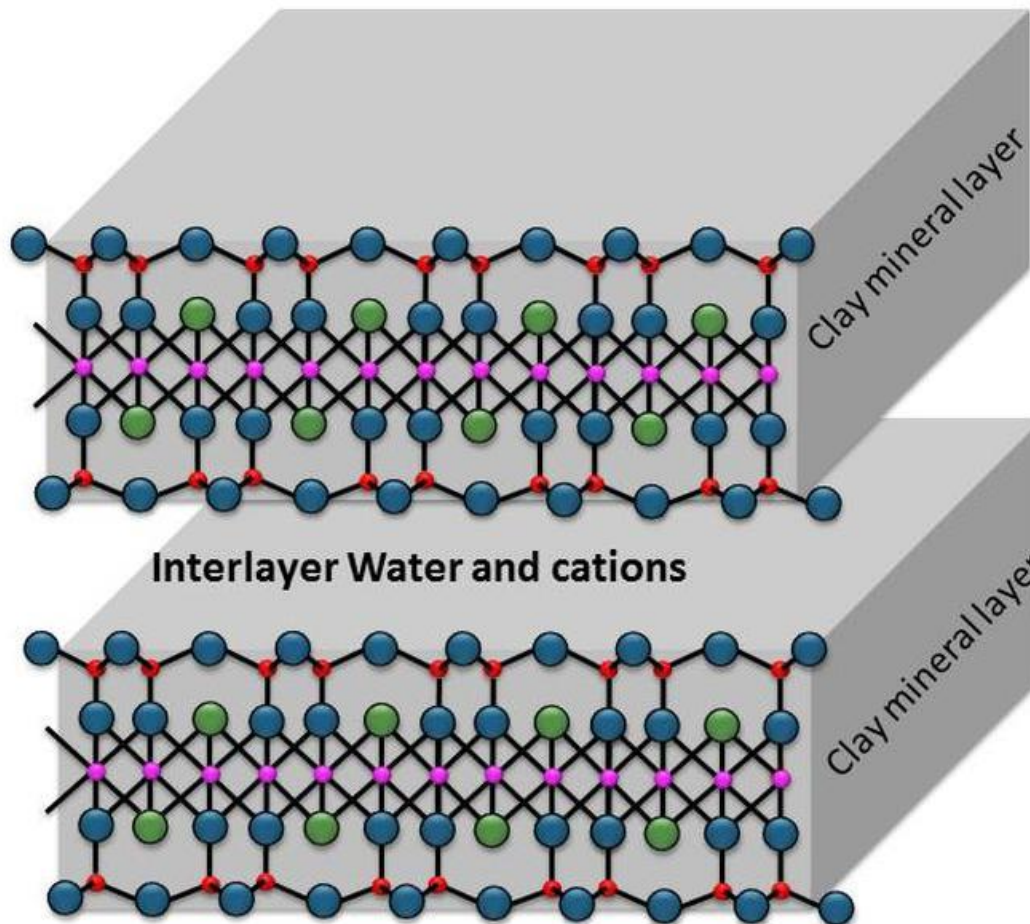
Diagramme de diffraction X de la poudre de John Klein (à droite, sable éolien). Cette poudre contient 20% de smectite (argile due à de l'altération par des eaux non acides), et des minéraux de roches volcaniques.

Cumberland Drill Hole and Powder



- Silica, Aluminum atom
- Magnesium atom
- Oxygen atom
- Hydroxyl group

Clay Mineral Structure



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17598>

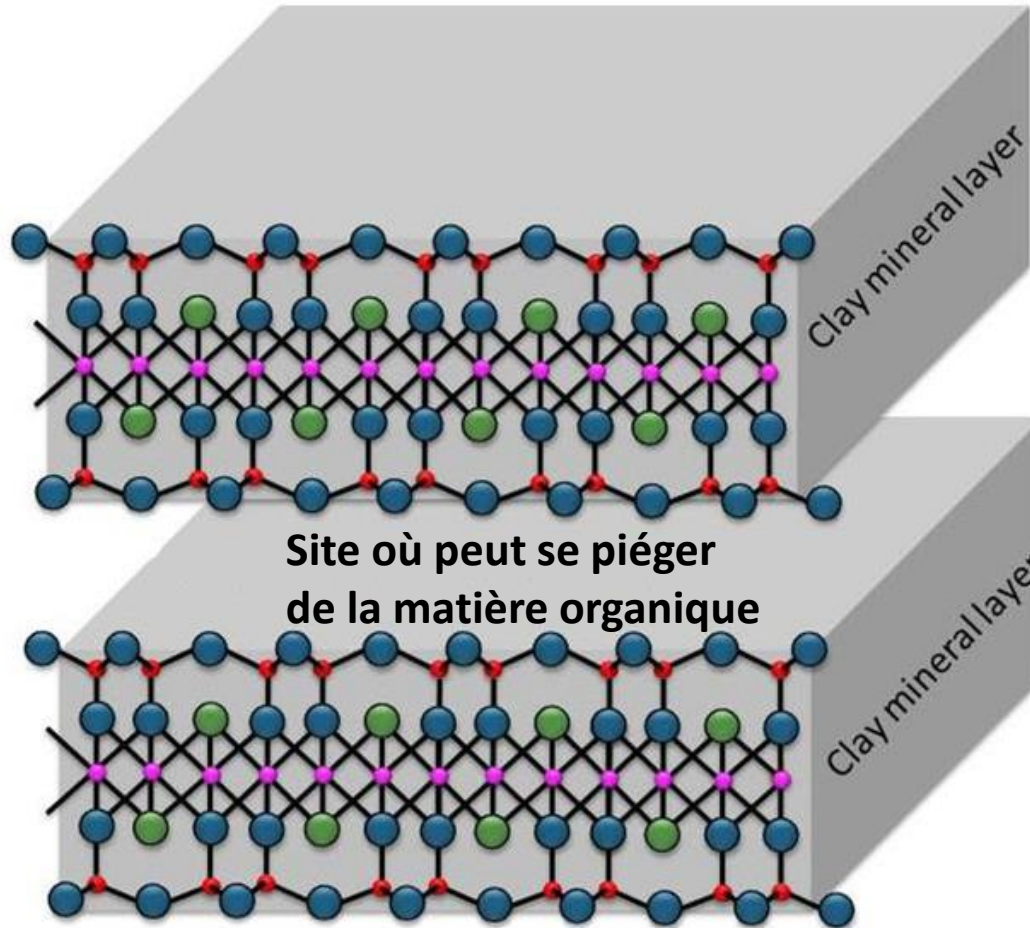
La structures cristallines des smectites, argiles qui ne se fabriquent qu'en milieu neutre (non acide) ...

Cumberland Drill Hole and Powder

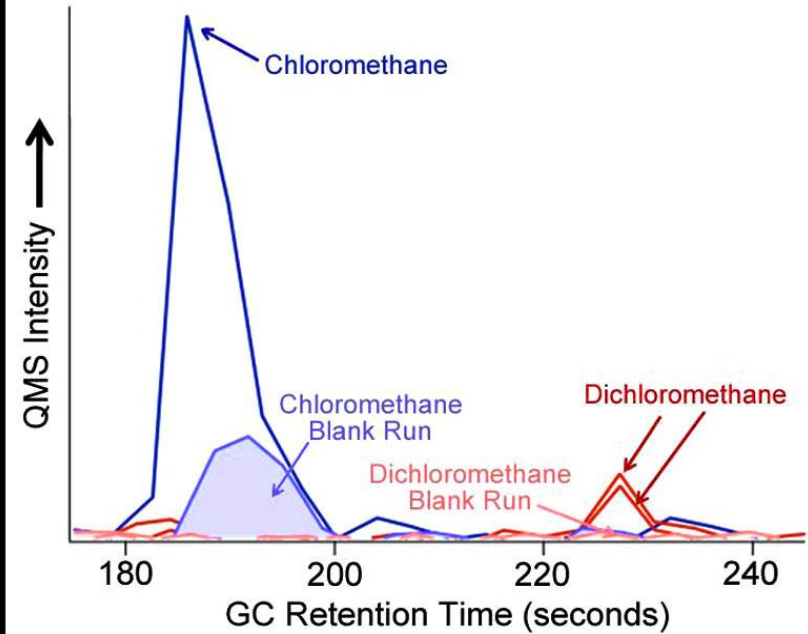
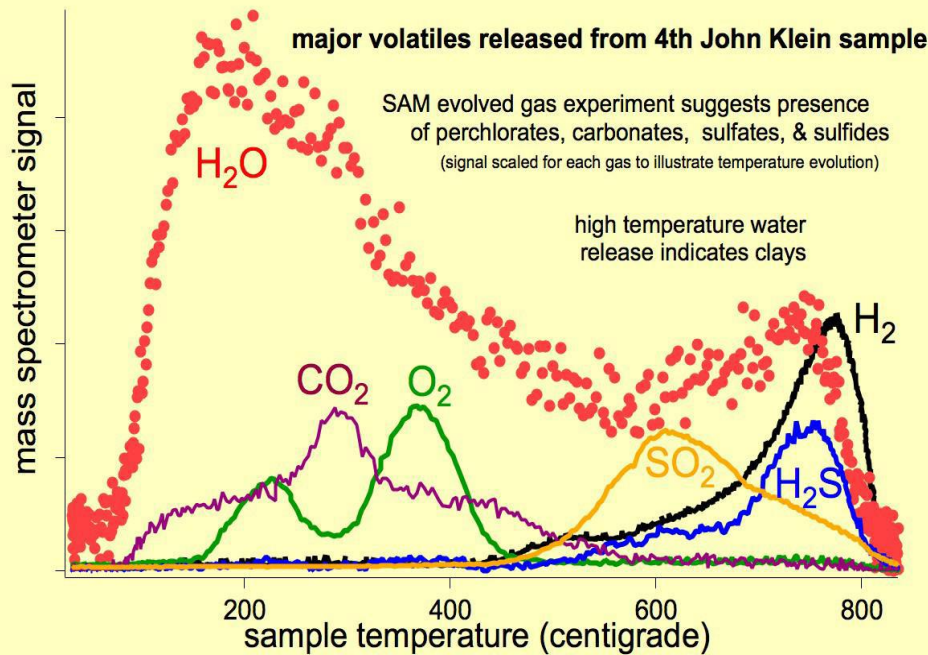


- Silica, Aluminum atom
- Magnesium atom
- Oxygen atom
- Hydroxyl group

Clay Mineral Structure



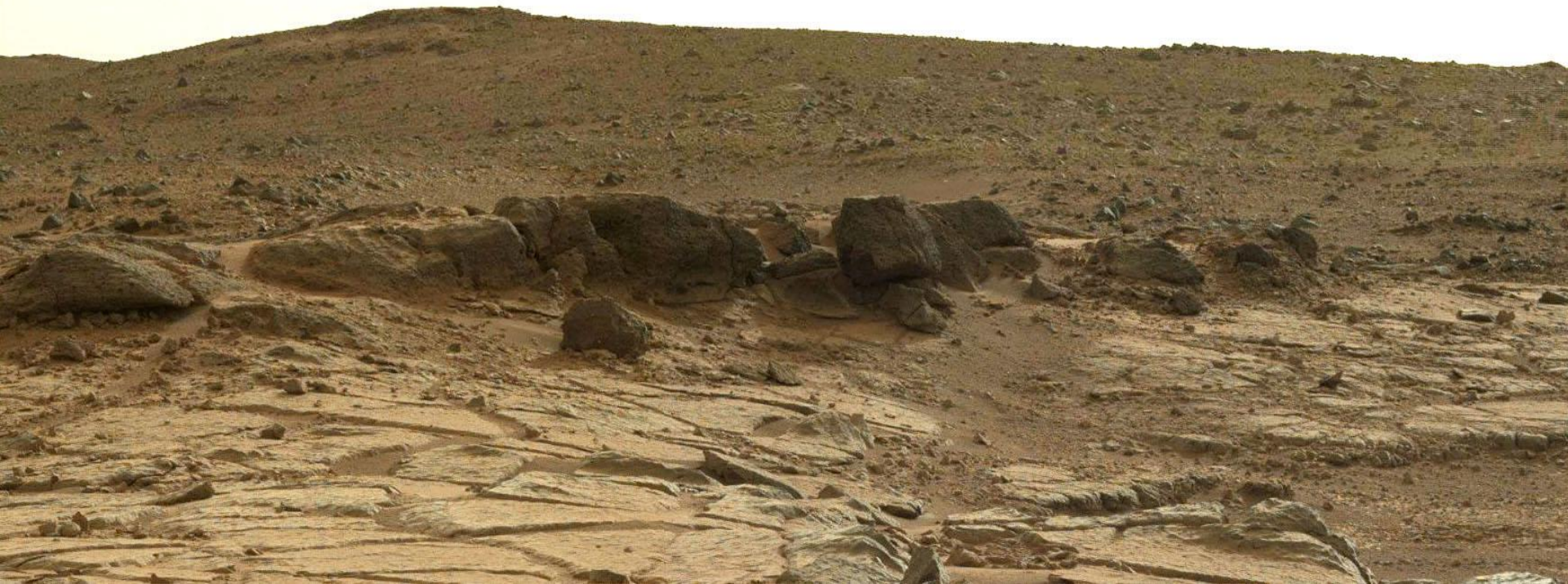
... et dont la structure est un très bon « piège » potentiel pour de la matière carbonée



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

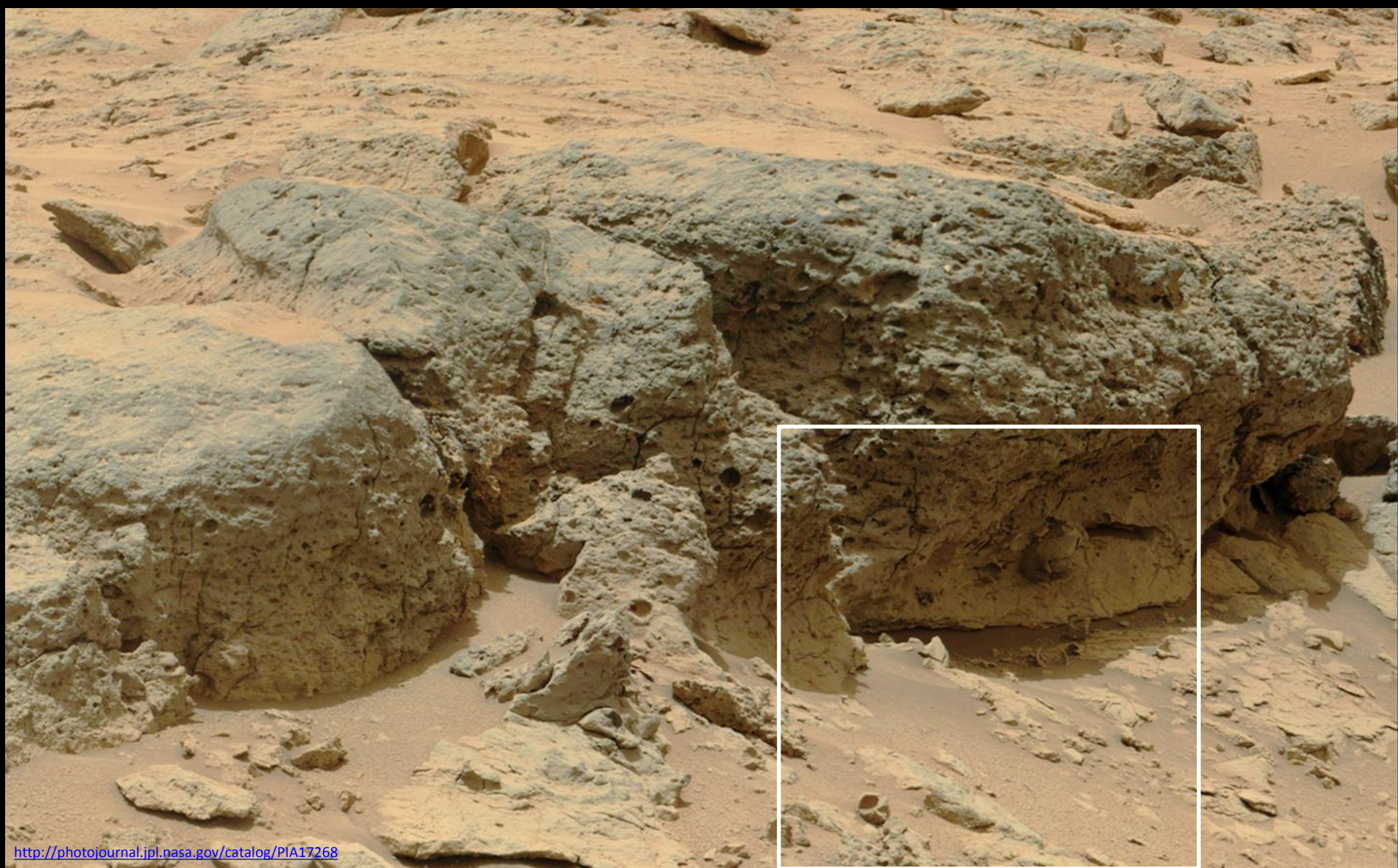
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16836>

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, mais fortement dégradée par des perchlorates).



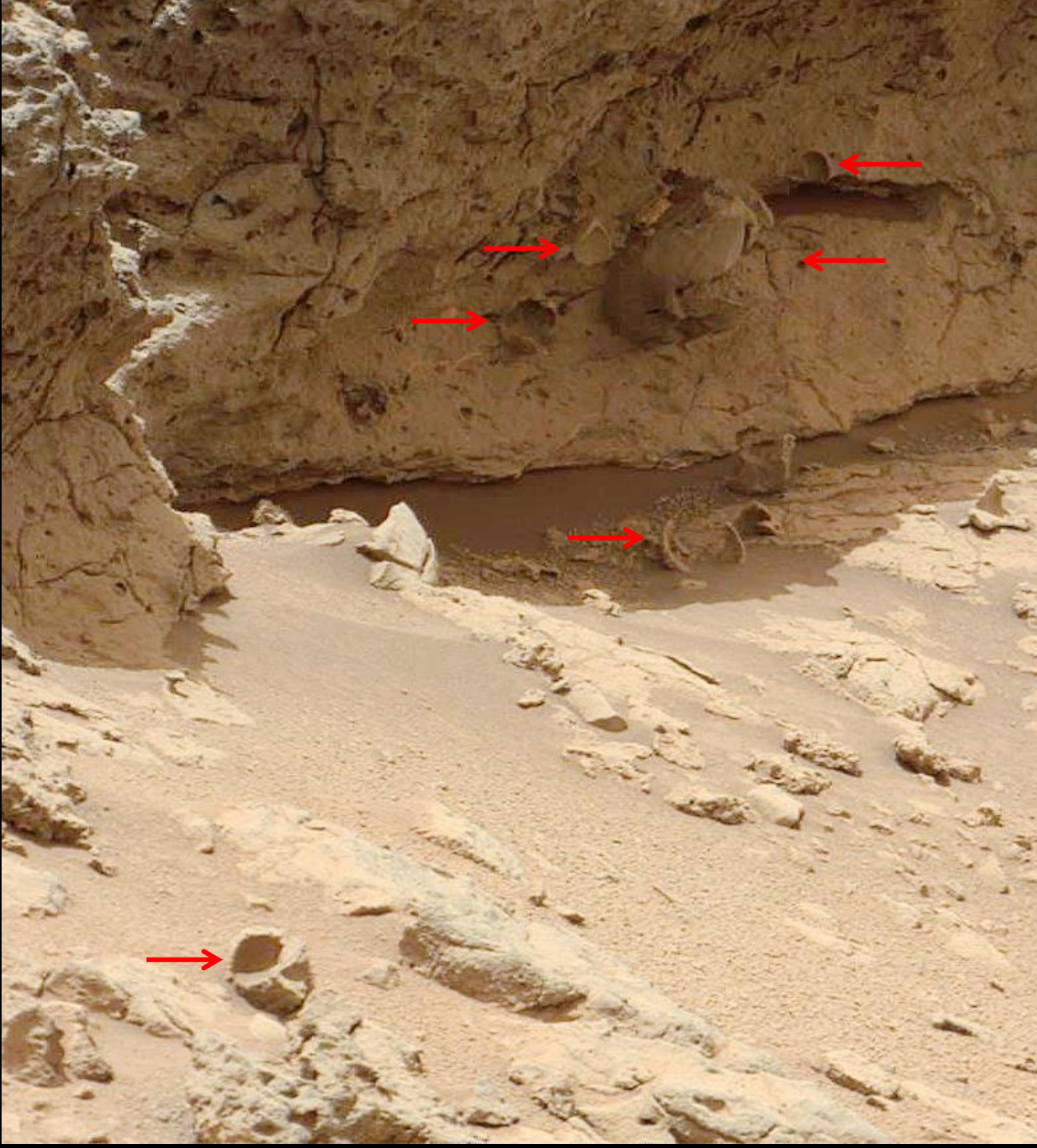
http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=193&camera=MAST_

Puis on amorce la sortie de Yellowknife Bay, en passant 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**

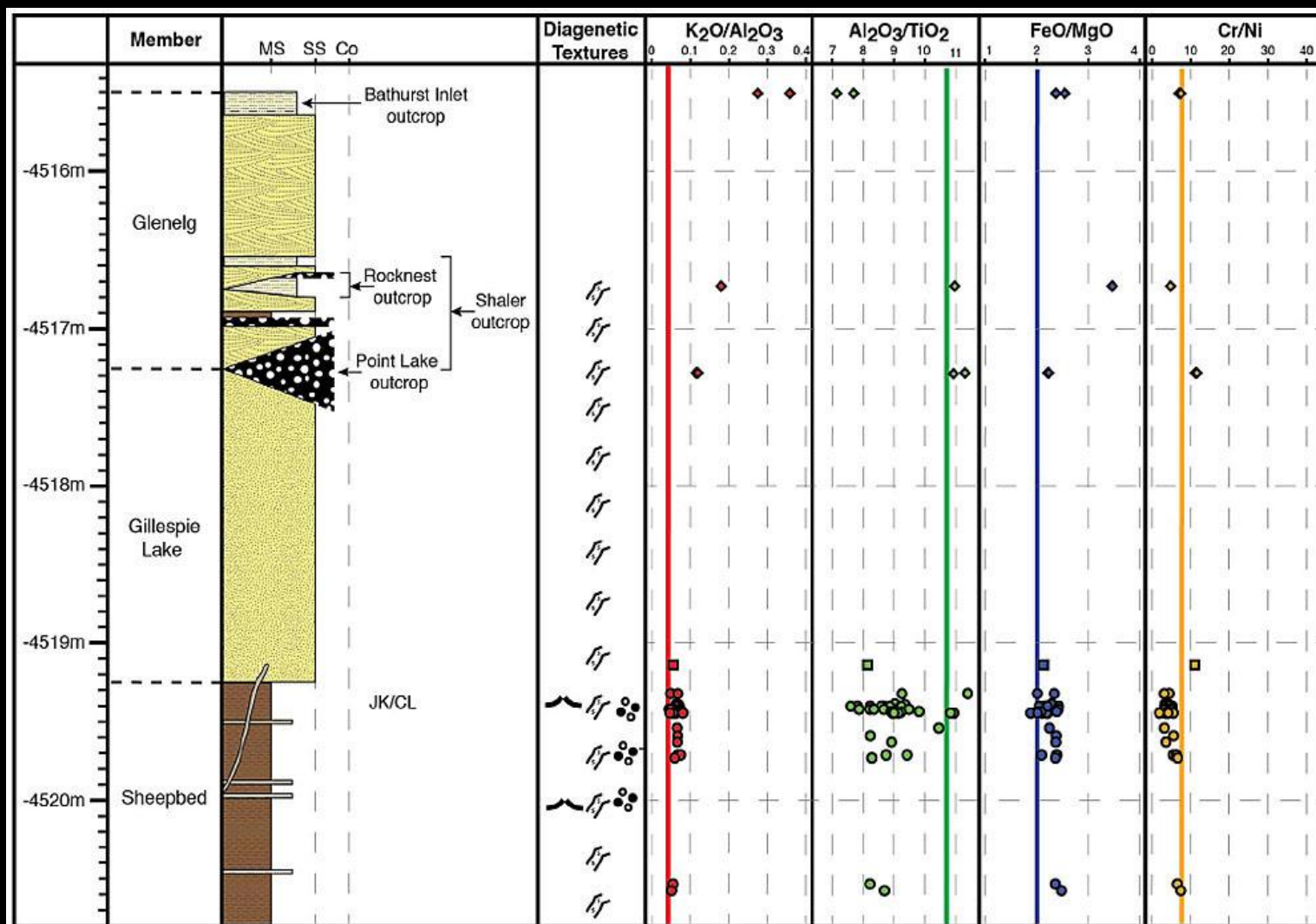


Deux (possibles) analogies terrestres, à la main ...



... 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 ??

Avec tout ça, on fait ce que les géologues appellent une colonne stratigraphique, succession des couches de bas en haut, donc du plus vieux au plus récent



Legend

Lithology

- Unknown Vuggy
- Cross-stratified Sandstone (SS)
- Sandstone (SS)
- Siltstone
- Mudstone (MS)

"The snake"

JK/CL John Klein/Cumberland drill sites

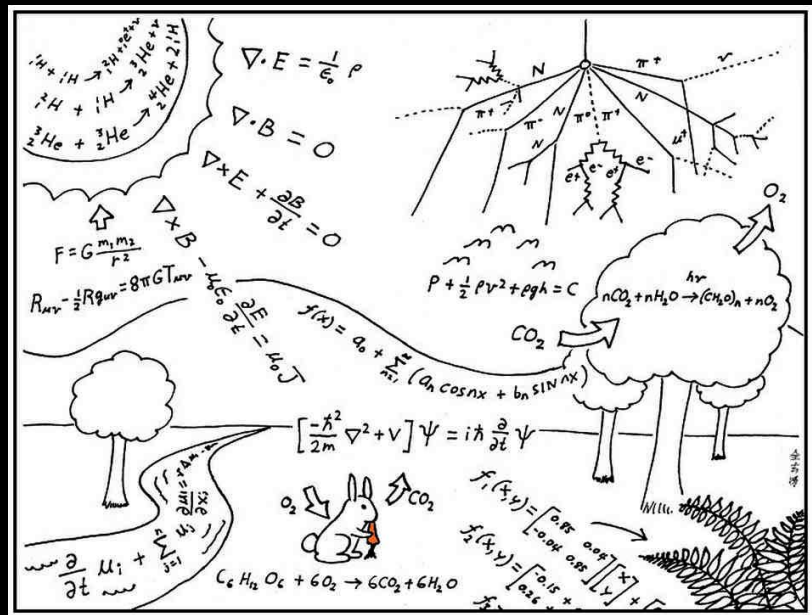
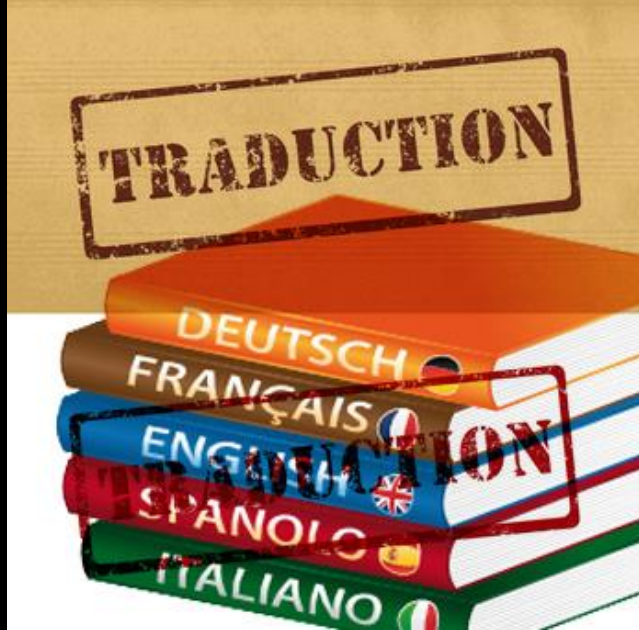
Diagenetic Textures

- Sulfate-filled fractures and voids
- Raised ridges
- Nodules and hollow nodules

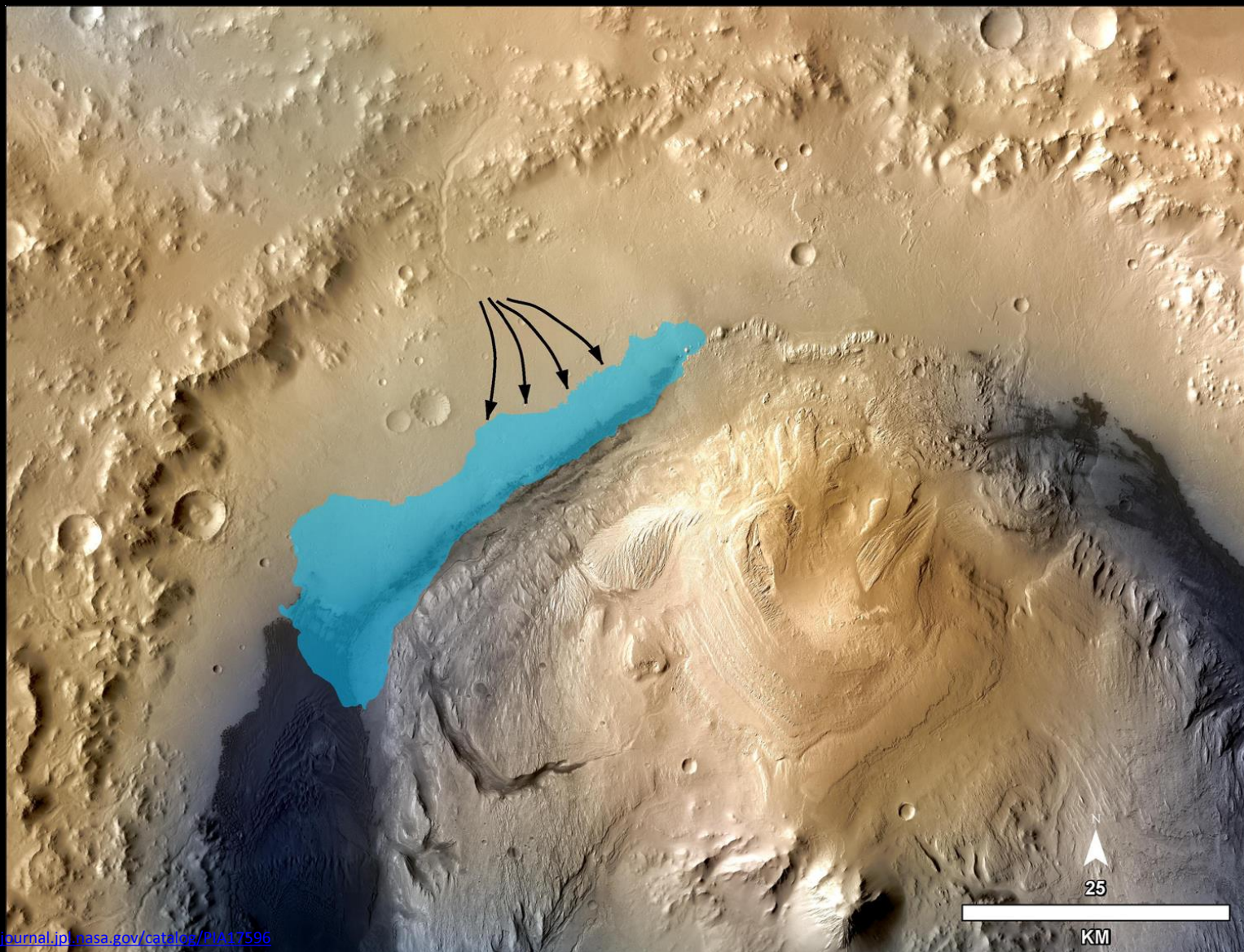
Geochemistry

- Glenelg member APXS analyses
- Gillespie member APXS analyses
- Sheepbed member APXS analyses
- Average K₂O/Al₂O₃ of Mars crust*
- Average Al₂O₃/TiO₂ of Mars crust*
- Average FeO/MgO of Mars crust*
- Average Cr/Ni of Mars crust*

*from Taylor and McLennan (2009)



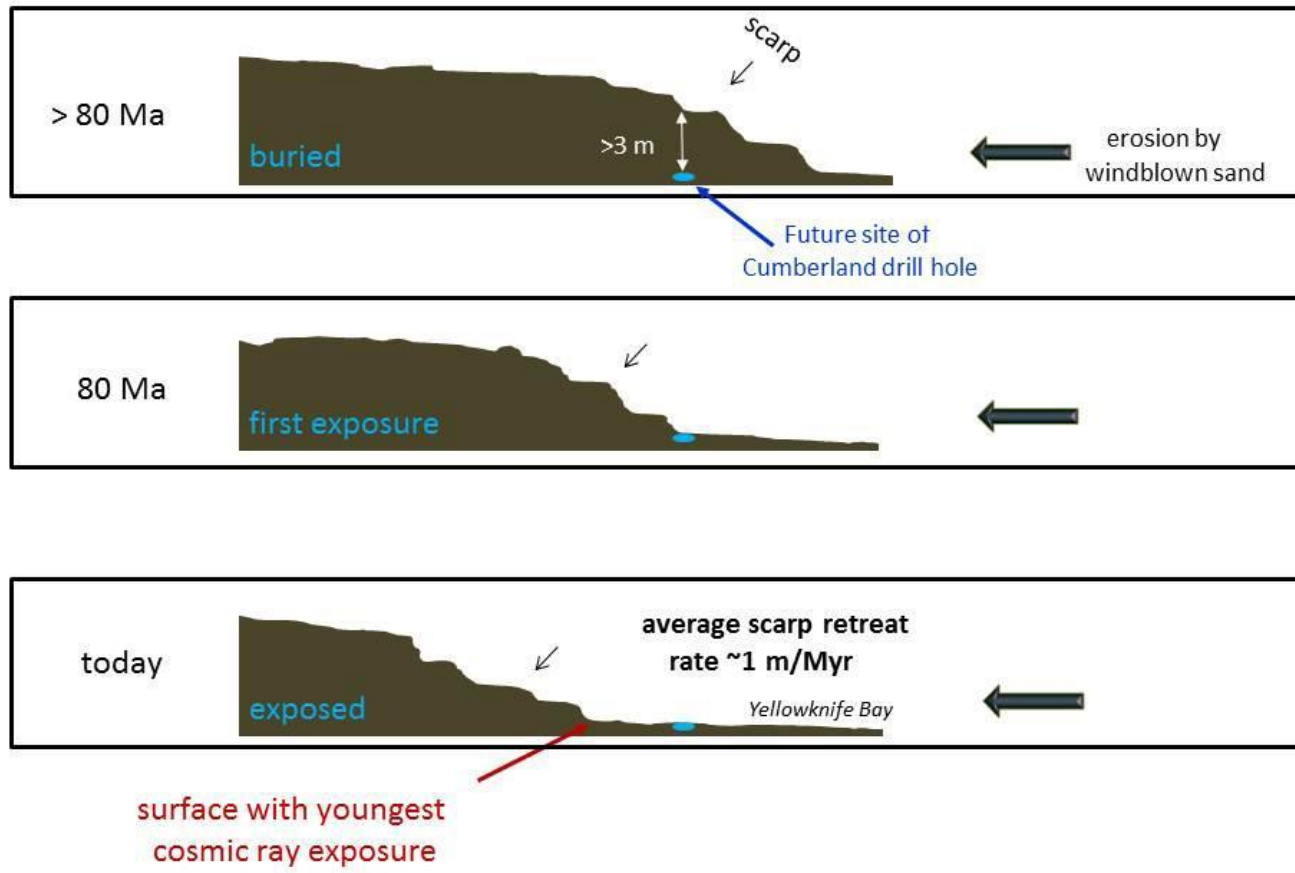
Traduisons ces observations, courbes et analyses en langage de tous les jours : ces roches ont été déposées par de l'eau courante dans un ancien lac. Elles se sont déposées dans de l'eau peu salée, avec un Ph neutre, avec coexistence de micro-environnements oxydés et réduits. Cet ancien environnement serait aujourd'hui tout à fait habitable par la majorité des bactéries terrestres actuelles, alors que l'ancien environnement d'Opportunity ne le serait que pour des bactéries bien particulières (acidophiles et halophiles). Ce Ph neutre est une condition favorable à la chimie prébiotique (polymérisation des acides aminés ...). Ces anciens environnements ont-ils été habités ??



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17596>

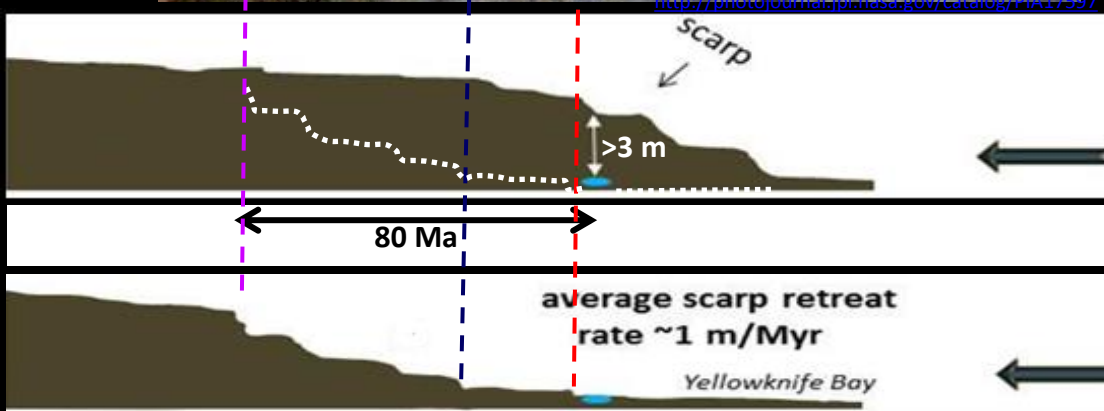
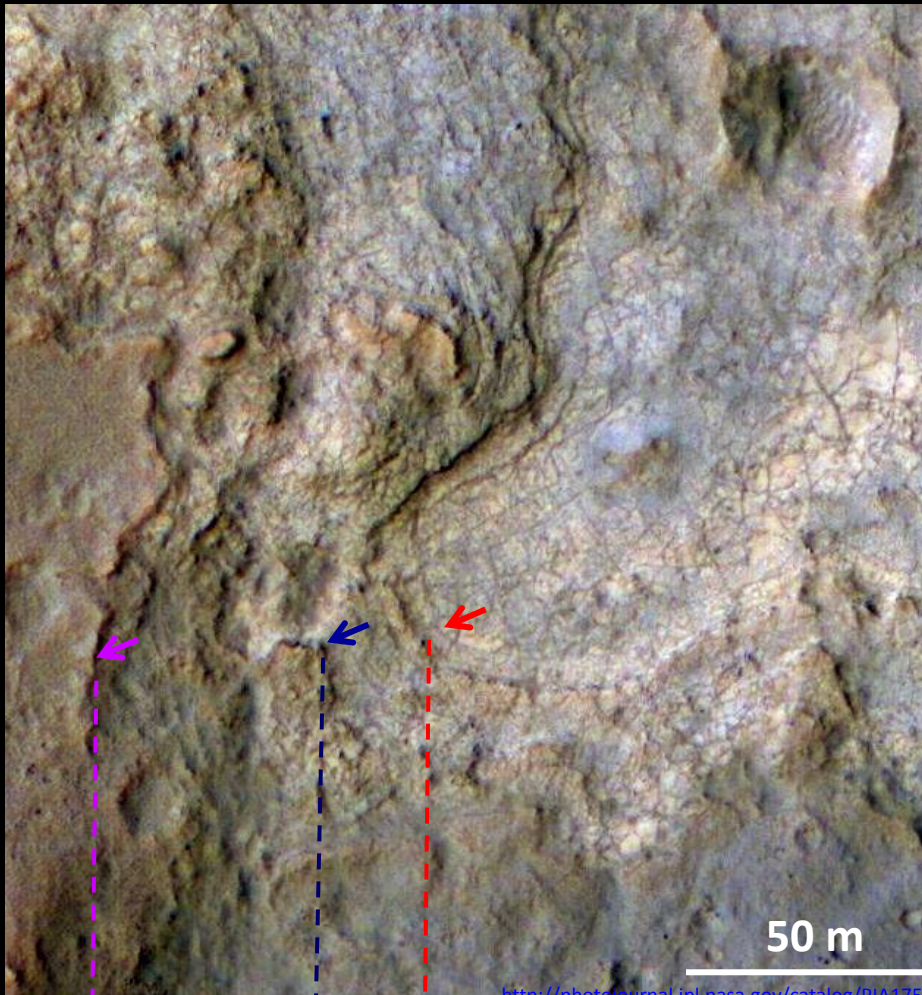
Une carte possible de cet ancien lac, qui remplit le cratère Gale et dont les vagues venaient déferler à la base du *Mont Sharp*, la cible de Curiosity (carte publié par la Nasa le 9 décembre 2013)

Scarp Retreat Model and Exposure History of Yellowknife Bay



Encore plus fort : en analysant la teneur en ^3He , ^{21}Ne et ^{36}Ar produits et implantés par le rayonnement cosmique, on trouve un âge d'exposition d'environ 80 Ma, ce qui permet d'estimer le recul des escarpement (par érosion éolienne) à environ 1m par million d'année.

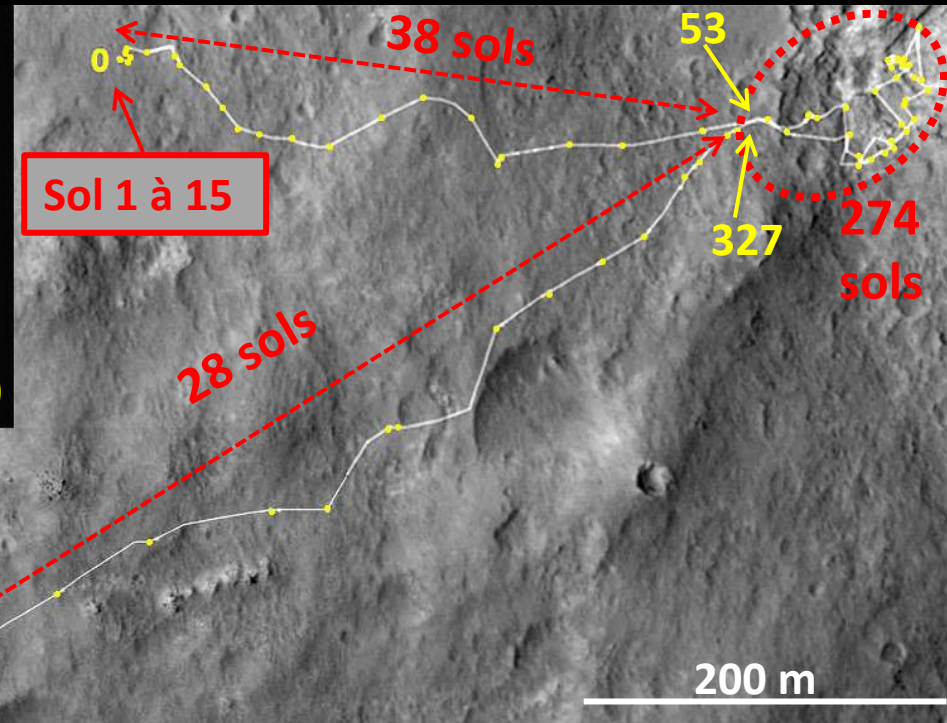
Une histoire possible des 100 derniers millions d'années de *Yellowknife Bay*, une histoire d'érosion éolienne



L'intérêt d'avoir compris ça : si il y a des molécules carbonées dans les roches, celles-ci risquent d'être détruites par les perchlorates, perchlorates synthétisés à la longue en surface par les UV et surtout par le vent solaire et les rayons cosmiques. Forer juste au pied d'un escarpement permettra d'échantillonner de la roche exposée depuis « peu de temps » à ces « agressions » externes. C'est là qu'on aura le plus de chance de trouver de grosses molécules carbonées « intactes ».



Et en juillet 2013, Curiosity quitte Yellowknife Bay et entame sa longue marche d'approche vers la base du Mont Sharp. Voilà son trajet jusqu'au 6 août 2013, son 1^{er} anniversaire (terrestre)



355
= 6 août 2013,
1^{er} anniversaire
(terrestre)

Vers la « cible »

Les trois « temps » de la 1^{ère} année (terrestre) de Curiosity. Il ne reste « que » 8 000 à 10 000 m à faire pour atteindre la « cible ».



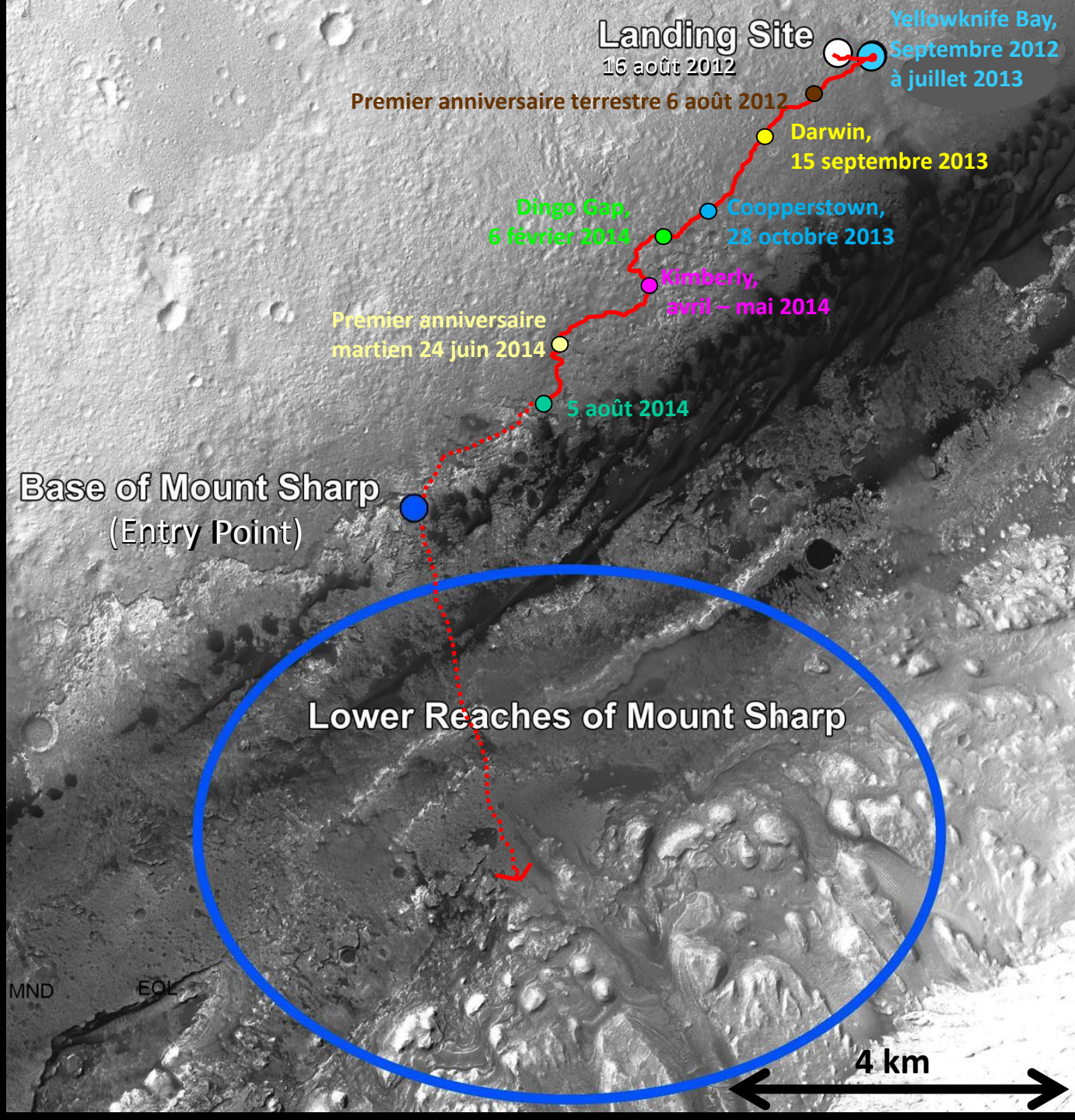
<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/sis-663&camera=MAST>

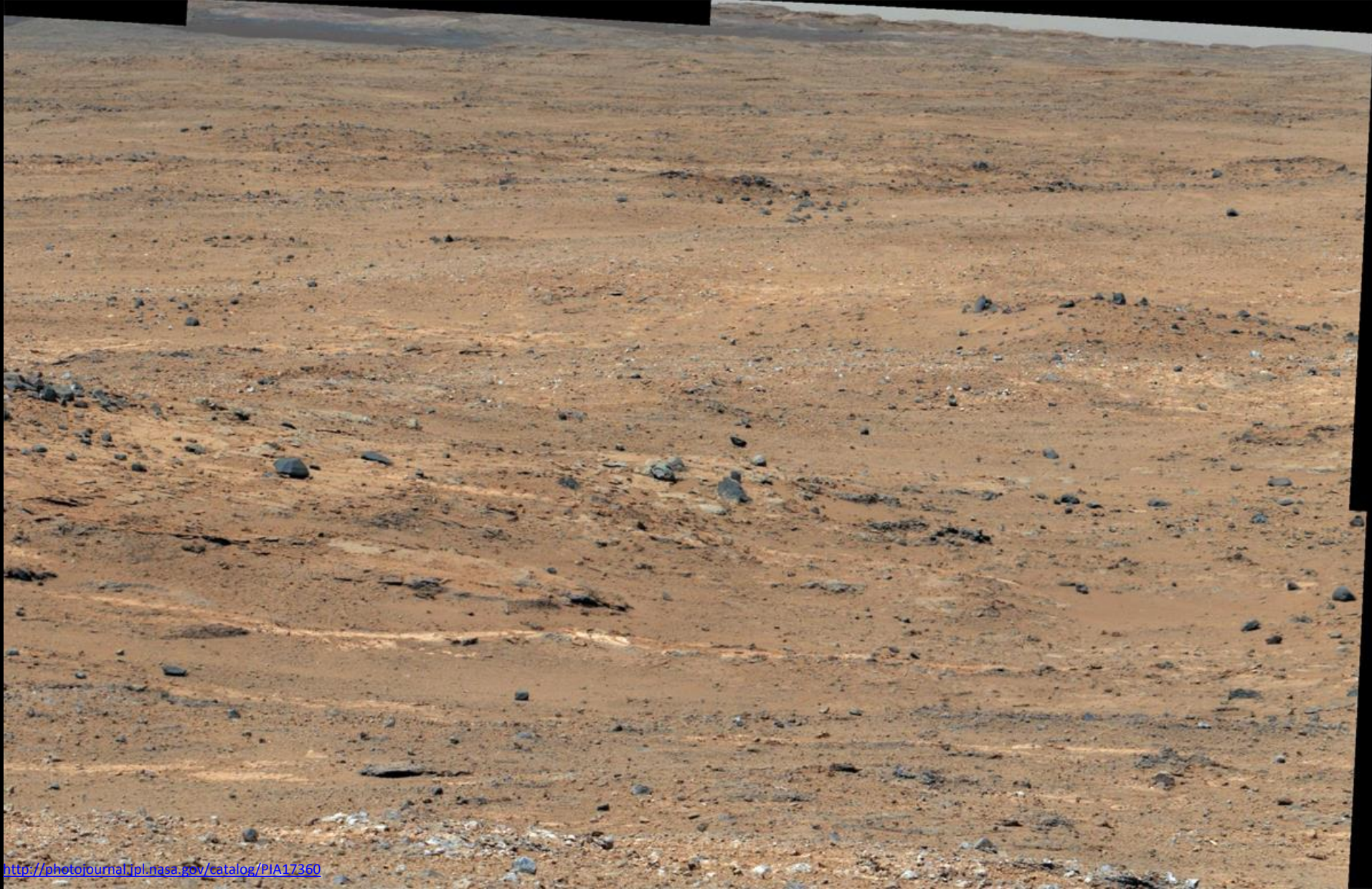
La « Terre Promise », au loin ...



La « Terre Promise », au loin ...

Le trajet de Curiosity depuis sa sortie de Yellowknife Bay. On va faire un certain nombre de « spots » sur ce trajet.



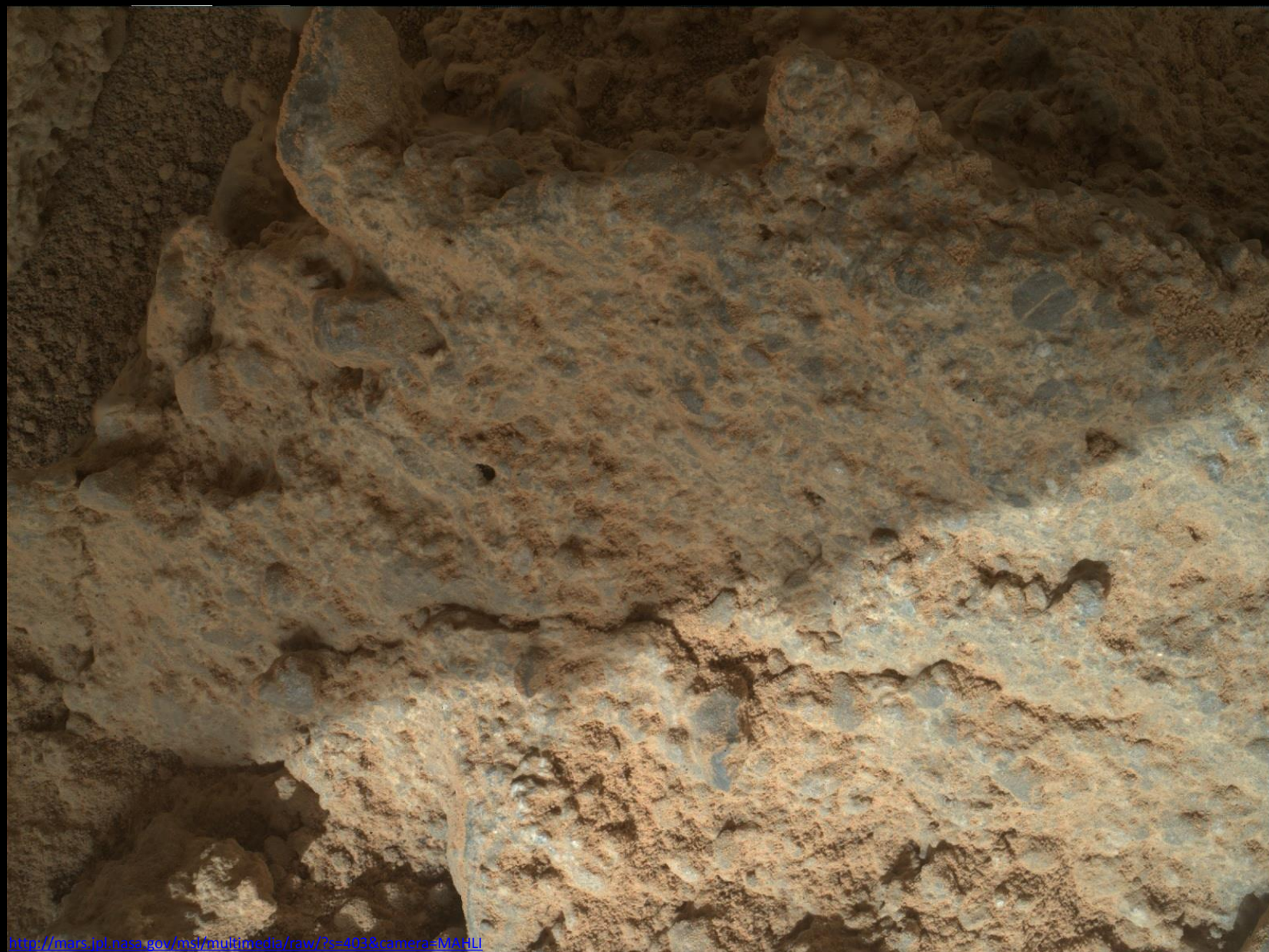


<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17360>

Le premier site d'arrêt géologique : *Darwin* (7 au 22 septembre 2012)



**Gros plan
sur le
rocher**
Darwin : Un
encaissant
parcouru de
« rides » en
saillie.

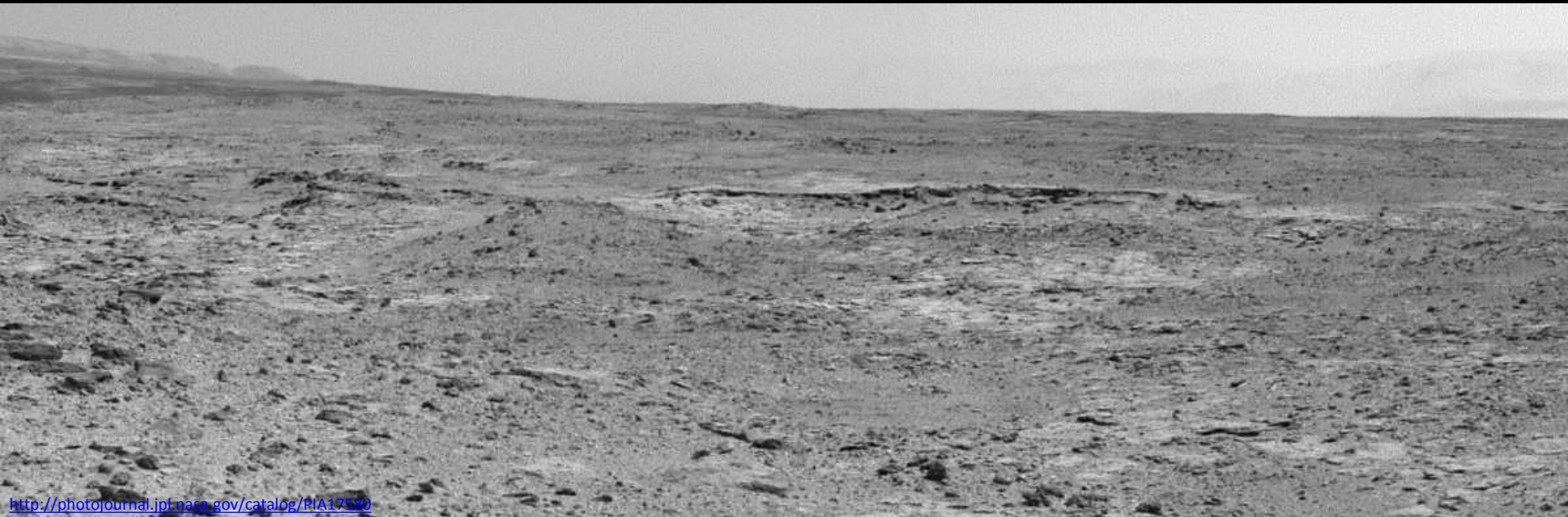


<http://mars.jpl.nasa.gov/mars/ Multimedia/raw/?s=403&camera=MAHLI>

Gros plan sur le rocher *Darwin*. Un conglomérat fait de graviers emballés dans du sable, le tout consolidé. Rien de bien neuf !

Gros plan sur une de ces « rides », très vraisemblablement une ancienne fracture dans le conglomérat localement durci par une circulation de fluide ayant induré la roche « hôte », maintenant résistante à l'érosion





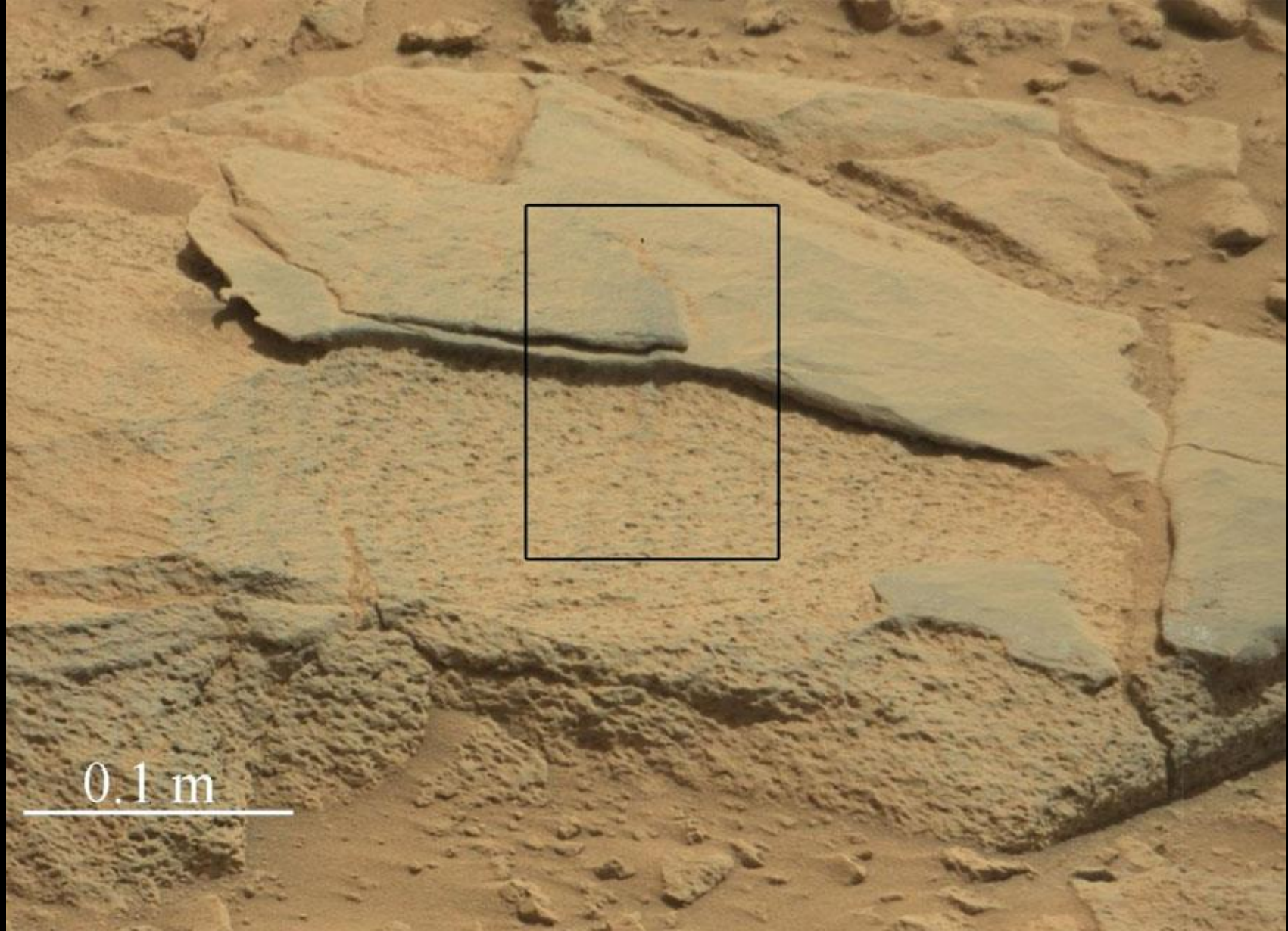
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA12580>

**Le secteur de Cooperstown, photographié le 28
octobre 2013 (sol 437)**

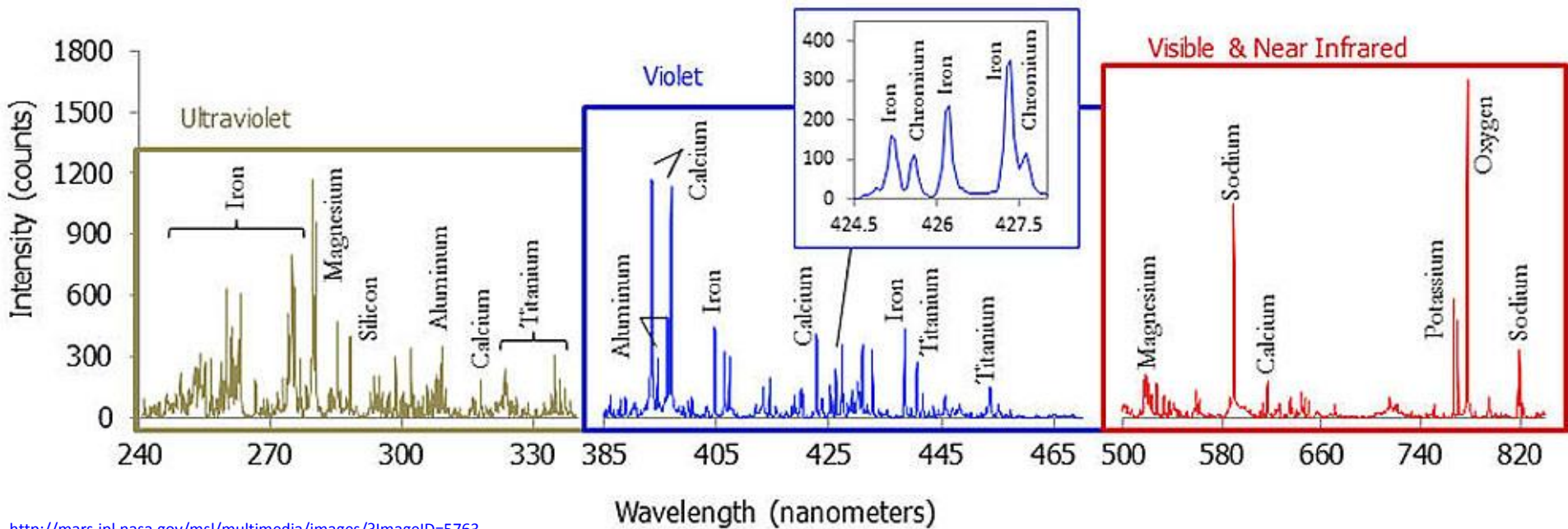


<http://www.db-prods.net/marsroversimages/curiosity-2013.html#106>

**Une vue du même secteur (Cooperstown),
photographié le 1^{er} novembre 2013 (sol 440)**



Gros plan sur une couche de Cooperstown (30 octobre 2013, sol 439). Dans le rectangle noir, analyse Chemcam



<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/images/?ImageID=5763>

Les proportions des divers éléments indiquent une chimie basaltique. Les bancs sont donc constitués de grès plus ou moins conglomératiques, eux-mêmes formés de micro-débris basaltiques (ou gabbroïques). On pourrait trouver de tels sédiments au fonds des lacs islandais. Rien de bien nouveau !



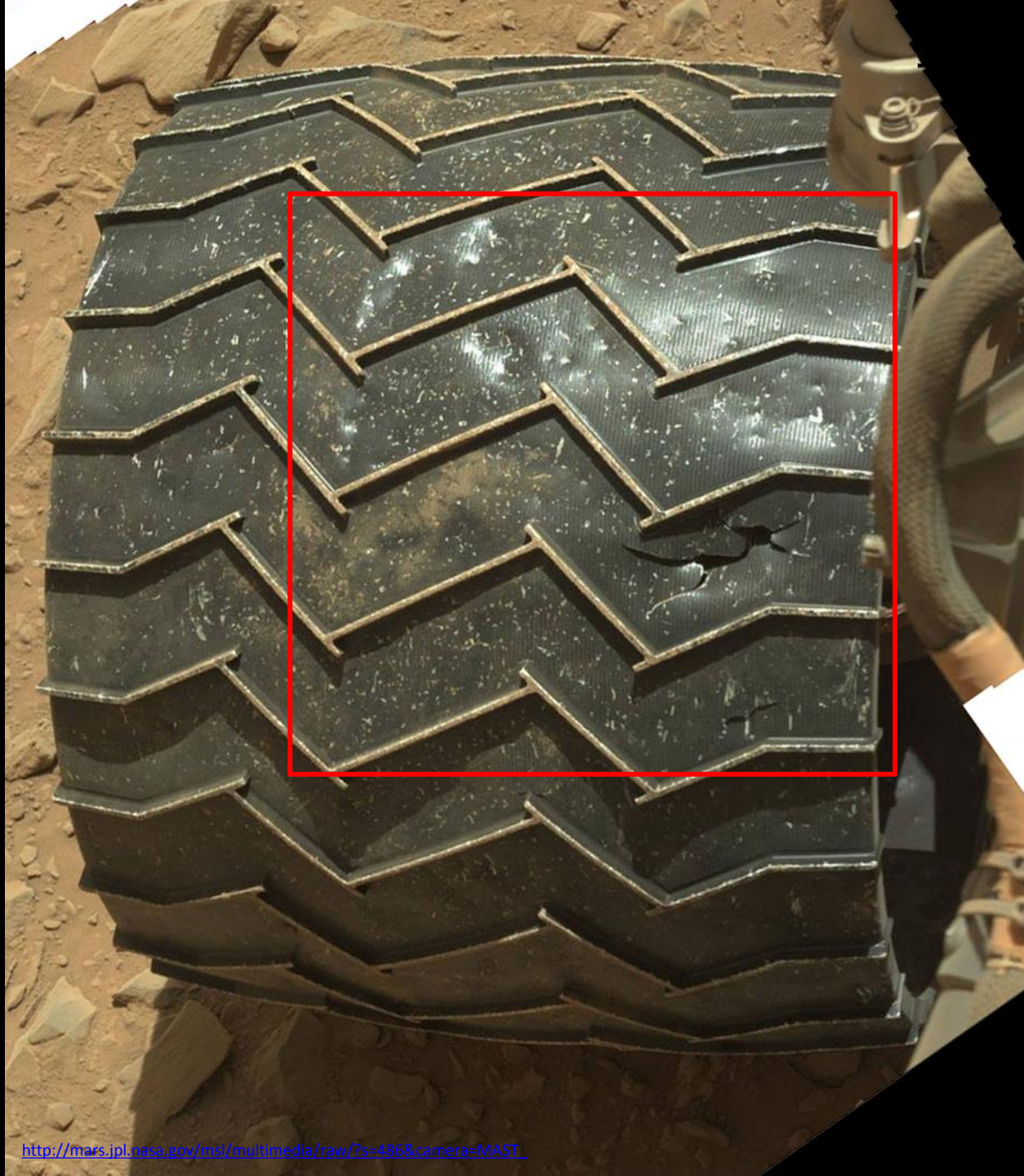
<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/images/?imageID=5867>

Le 3eme point d'intérêt, technologique. (10-20 décembre 2013, sol 477) : implantation de nouvelles mises à jour informatiques, et examen du matériel, dont les roues. Et là, gros problème !

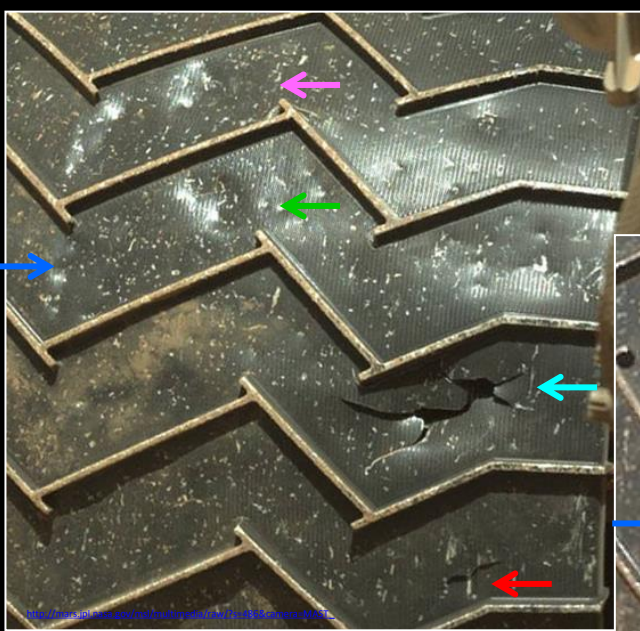


http://mars.jpl.nasa.gov/nsl/multimedia/raw/?rawid=0506MH0261000000E1_DXXX&s=526

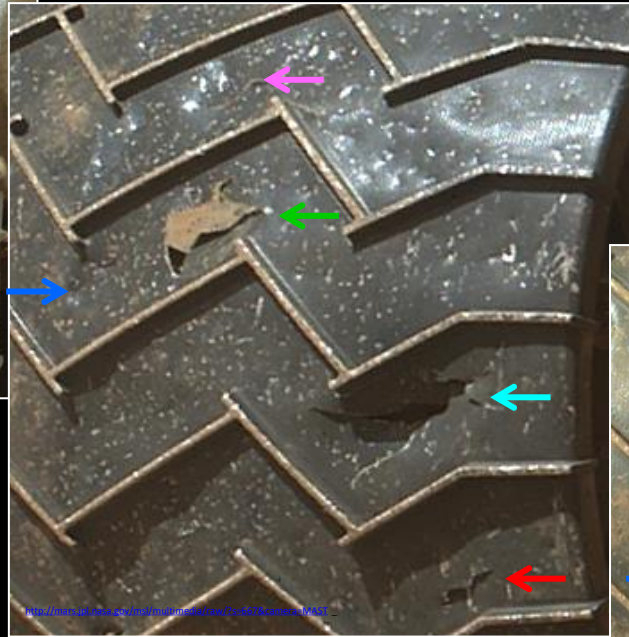
Les roues sont beaucoup plus abimées que prévu. Et malgré le fait qu'on choisit des terrains plus « lisses » depuis décembre 2013, ça ne s'arrange pas.



La roue centrale droite, le 18 décembre 2013. Regardons l'état du secteur entouré de rouge trois puis six mois plus tard.



**18 décembre 2013,
2 trous et fentes
(rouge et bleu clair)**



**8 mars 2014, 3 trous
et fentes (rouge, bleu
clair et vert)**



**22 Juin 2014, 5 trous et
fentes (rouge, bleu clair,
vert, bleu foncé et rose)**

**Evolution de
L'état d'une roue en 6 mois
(de décembre 2013 à juin 2014)**

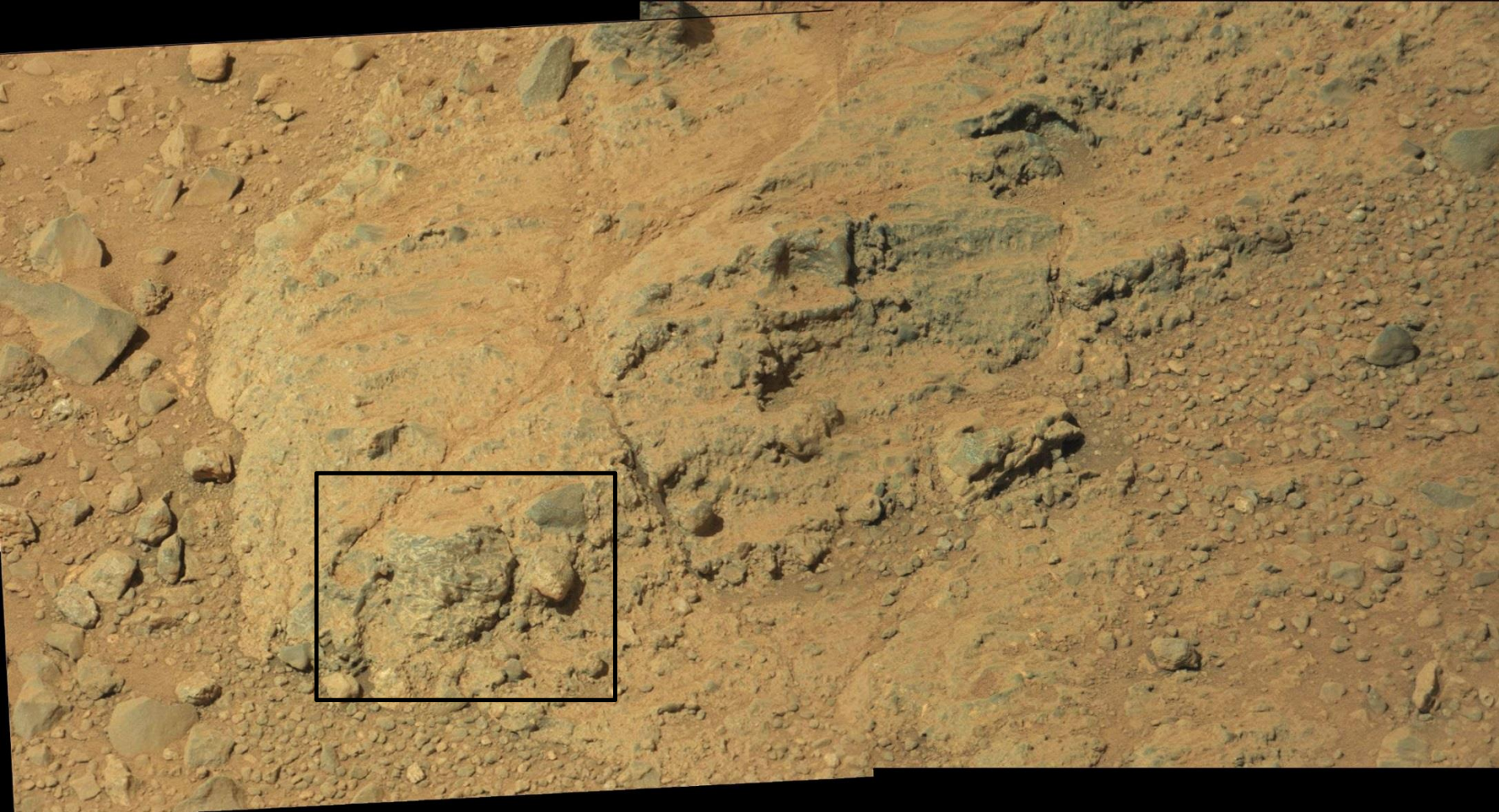
**C'est pas anormal que les
roues soient abimées.
Rouler sur des cailloux
en pointe !**





<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=511&camera=FHAZ>

Le 13 janvier 2014 (sol 511), quatrième arrêt, géologique, pour regarder de près un banc particulièrement grossier



<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=512&camera=MAST>

Le 14 janvier 2014 (sol 512), Curiosity regarde de très près cette couche de conglomérat. Banal ! Mais regardons dans le rectangle. Un galet arrondi, et ...



... et un bloc de gabbro, avec ce qu'on reconnaît à l'œil nu comme du plagioclase et du pyroxène. L'expression profonde des basaltes martiens. Verdict confirmé par Chemcam



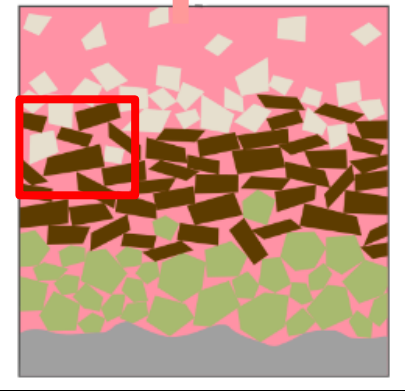
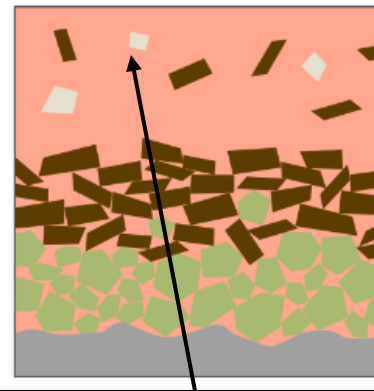
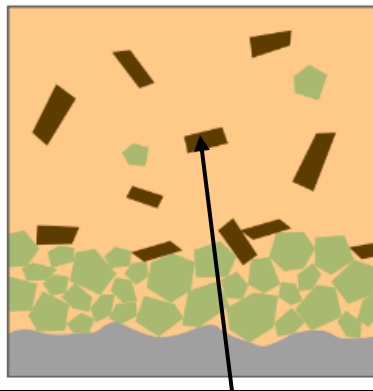
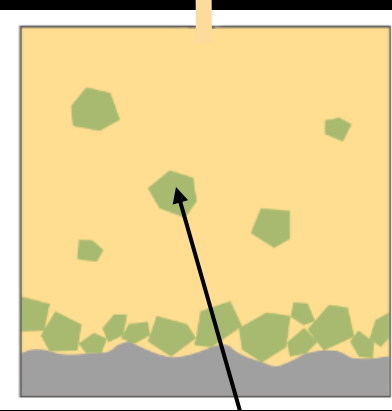
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17768>

Gabbro martien

(la meilleure image disponible après « traitement »). Il y a des gabbros dans le rempart du cratère Gale !



Gabbro terrestre



SiO₂ = 45%

SiO₂ = 55%

SiO₂ = 65%

SiO₂ = 70%

1200°C

950°C

700°C

Rappelez vous, on avait dit qu'il avait du se passer ça ! La preuve : on en retrouve un morceau !



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17763>

Vue vers l'arrière le 26 janvier 2014 (sol 524). Le trajet le plus lisse est choisi ! Mais ça fait baisser la moyenne !



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17763>

La piste la plus « soft » pour aller au pied du Mont Sharp passe par cette vallée, Dingo Gap. Mais ...



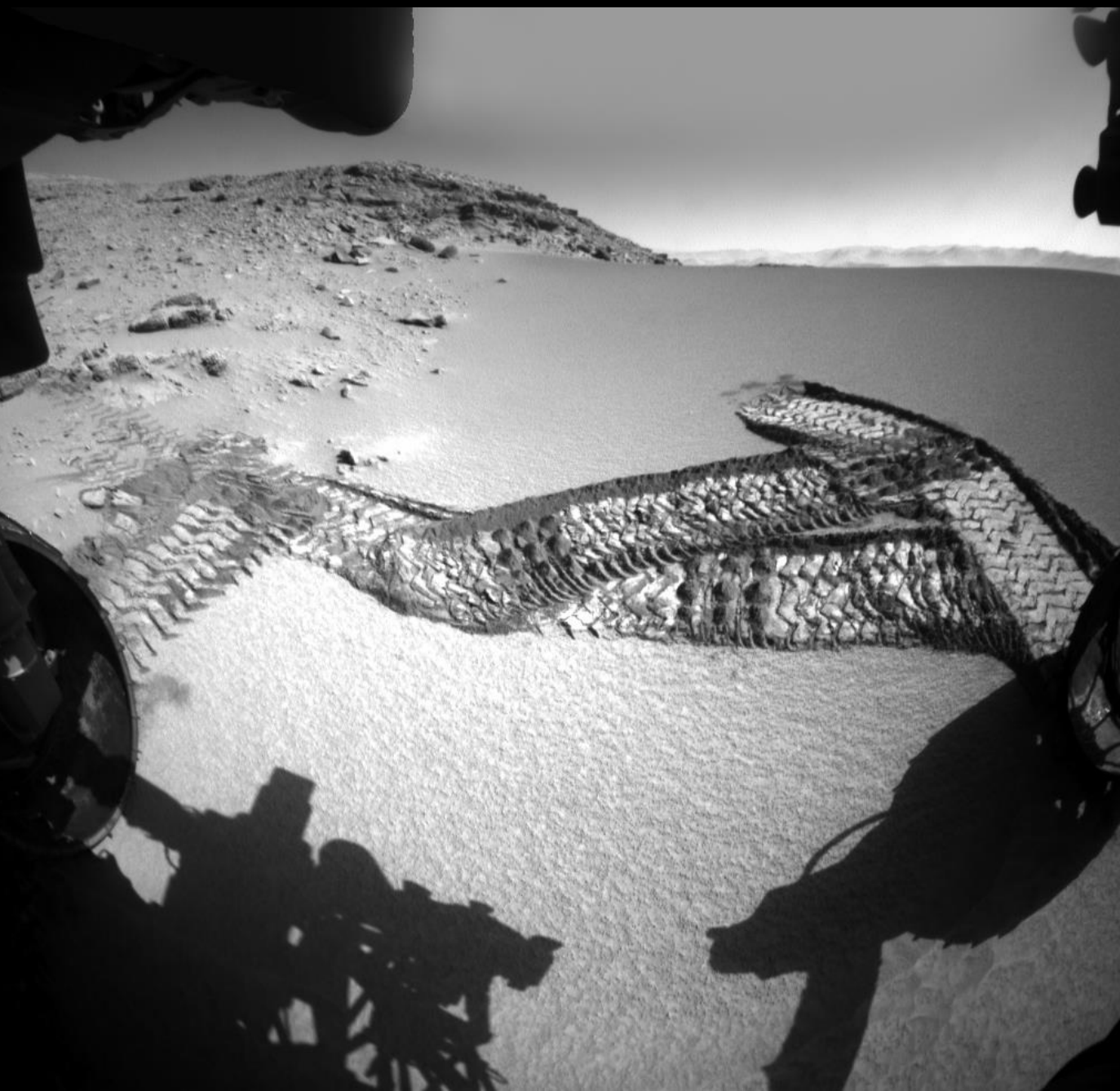
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17766>

Mais cette vallée est barrée par une dune d'1,5 à 2 m de haut pour 20 m de long, photographiée ici le 28 janvier 2014 (sol 528). La Nasa va prudemment essayer de la franchir. Ce sera notre cinquième « spot ».

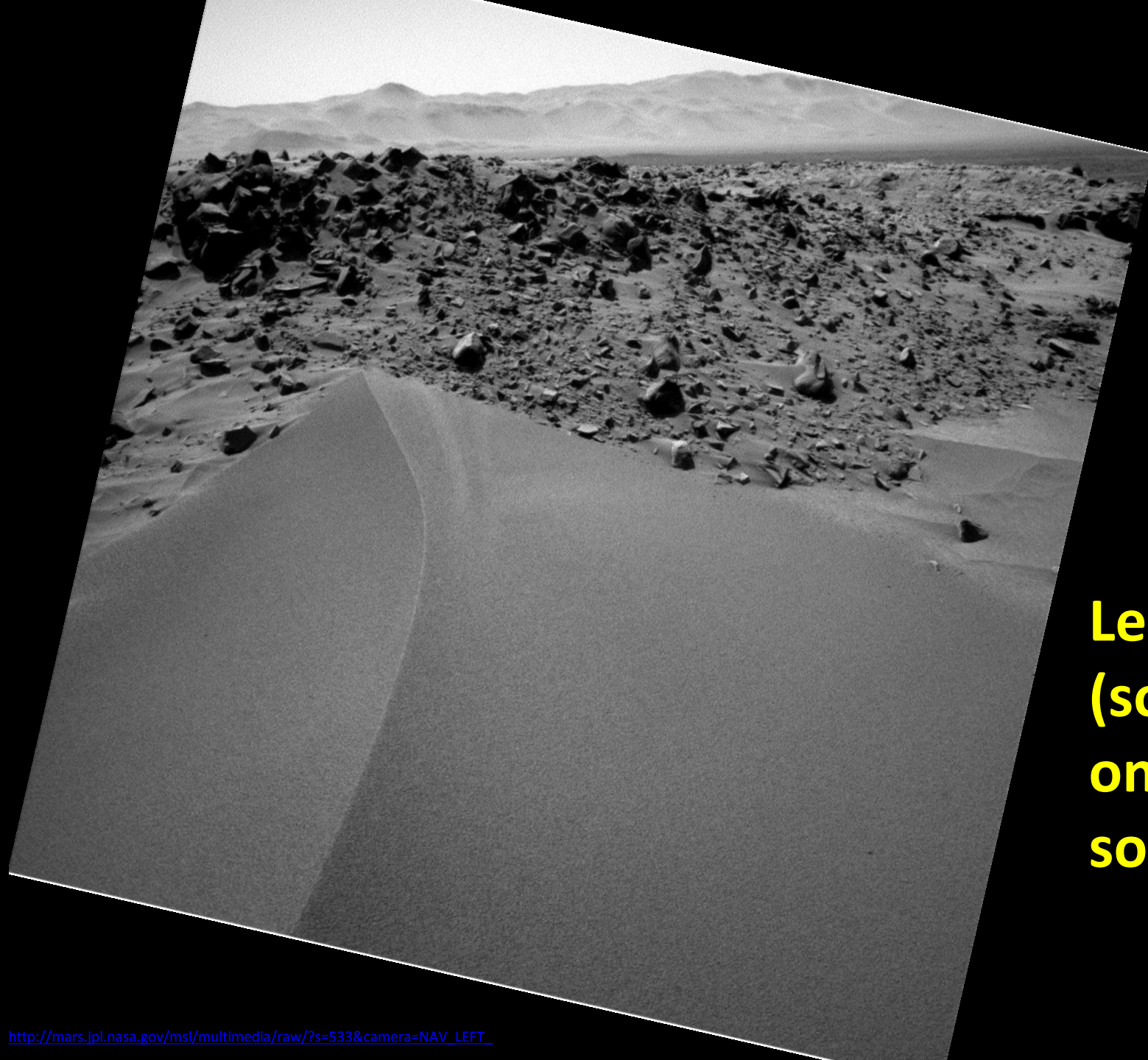


<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17930> , 30 janvier, sol 528

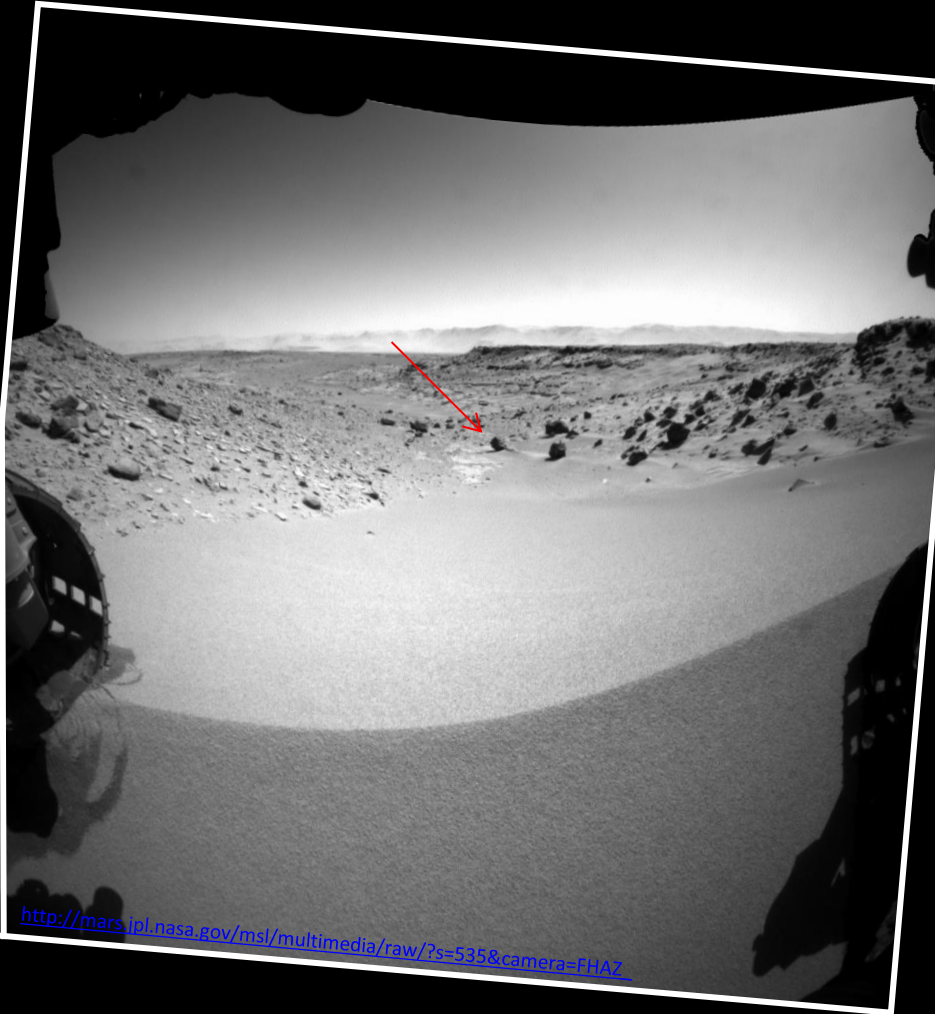
**Une bien belle dune, vue le 30 janvier 2014 !
Mais quel obstacle !**



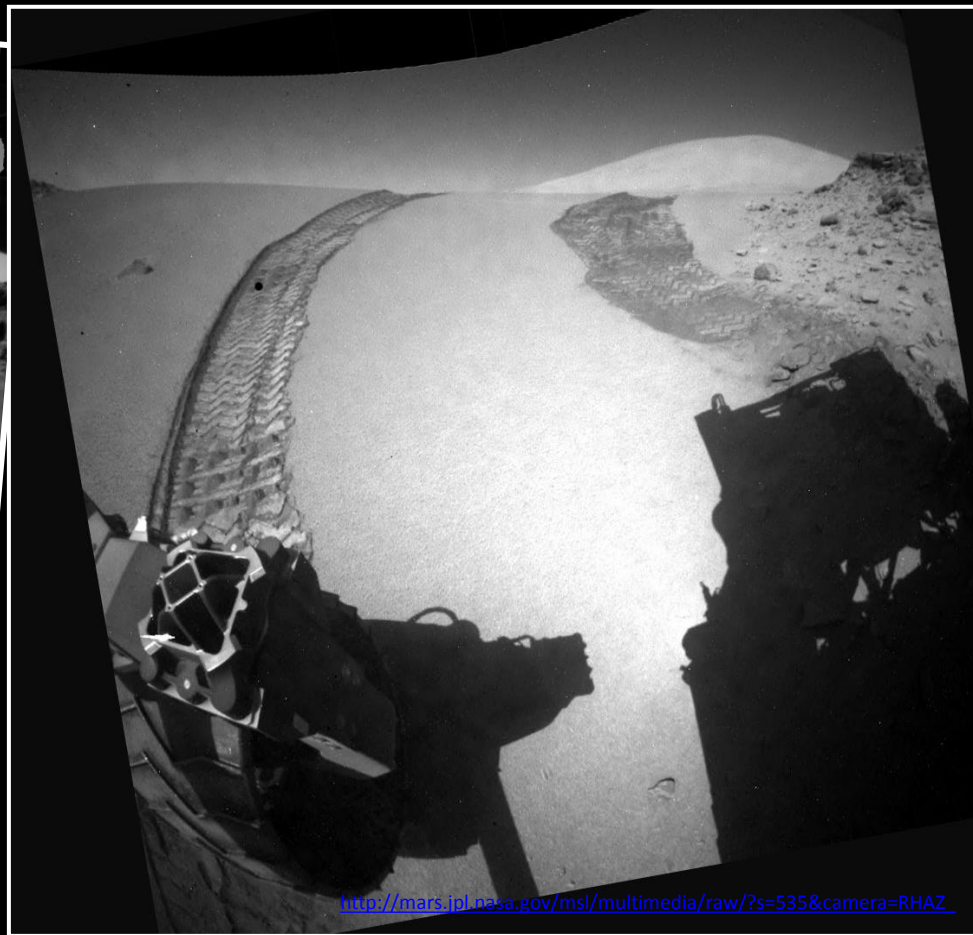
**Le 3 février
(sol 532), on
essaie de
monter, de
descendre, de
manœuvrer
sur cette
dune. Ca
roule sans
trop
s'enfoncer ou
patiner !**



**Le 4 février
(sol 533),
on est au
sommet !**



Caméra d'évitement avant , 20h 02 TU



Caméra d'évitement arrière, 20h 41 TU

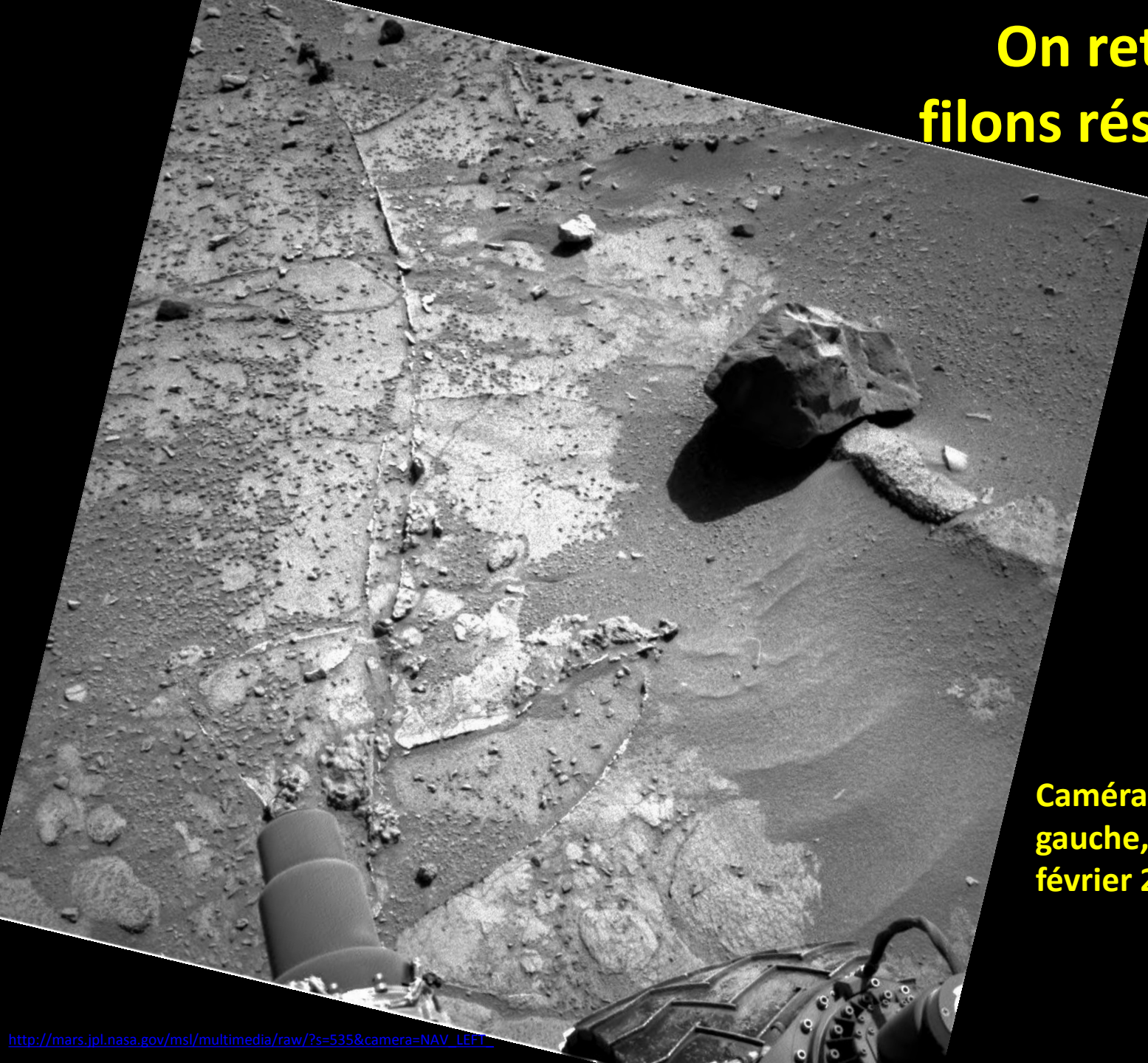
Le 6 février 2014 (sol 535), on franchit la dune, et on s'arrête près de la flèche rouge.

Et on recommence la géologie !



**Caméra d'évitement
avant, 20h 41 TU, le 6
février 2014 (sol 435)**

**On retrouve ces
filons résistant mis
en relief
par
l'érosion.**



**Caméra de navigation
gauche, 20h 45 TU, le 6
février 2014 (sol 435)**



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17944>

Et on repart (sol 538, 9 février 2014)



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17950>

On s'éloigne enfin de notre fameuse dune. Mais depuis quelques jours, le paysage change. On était sur un plateau « plat », dont la surface était formée de dalles de grès horizontales. Les reliefs et autres escarpements ne dépassaient pas 2 à 3 m. Le relief change, car l'érosion a entaillé cette surface, et on voit dessous.



<http://www.db-prods.net/marstoversimages/curiosity-2014.html#67>

L'érosion attaque et dissèque les couches de grès supérieurs



<http://www.db-prods.net/marsroversimages/cutiposity-2014.html#61>

L'érosion attaque et dissèque les couches horizontales de grès supérieurs. Et dessous, quand on les voit, les couches sont ...



L'érosion attaque et dissèque les couches horizontales de grès supérieurs. Et dessous, quand on les voit, les couches sont ... inclinées, vers la droite, c'est-à-dire vers le Sud-Sud-Est.



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA17947>

**Un autre affleurement du même secteur avec des couches inclinées vers le Sud-Sud-Est.
Ces terrains à couches inclinées forment des lignes parallèles vus depuis l'orbite. Pour cela, ils ont été appelés « unité striée ».
(19 février 2014, sol 548)**



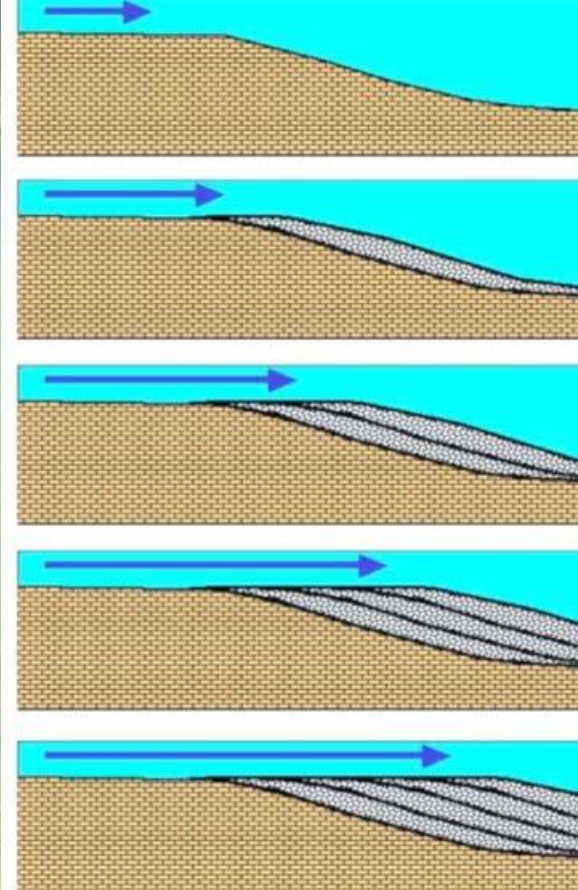
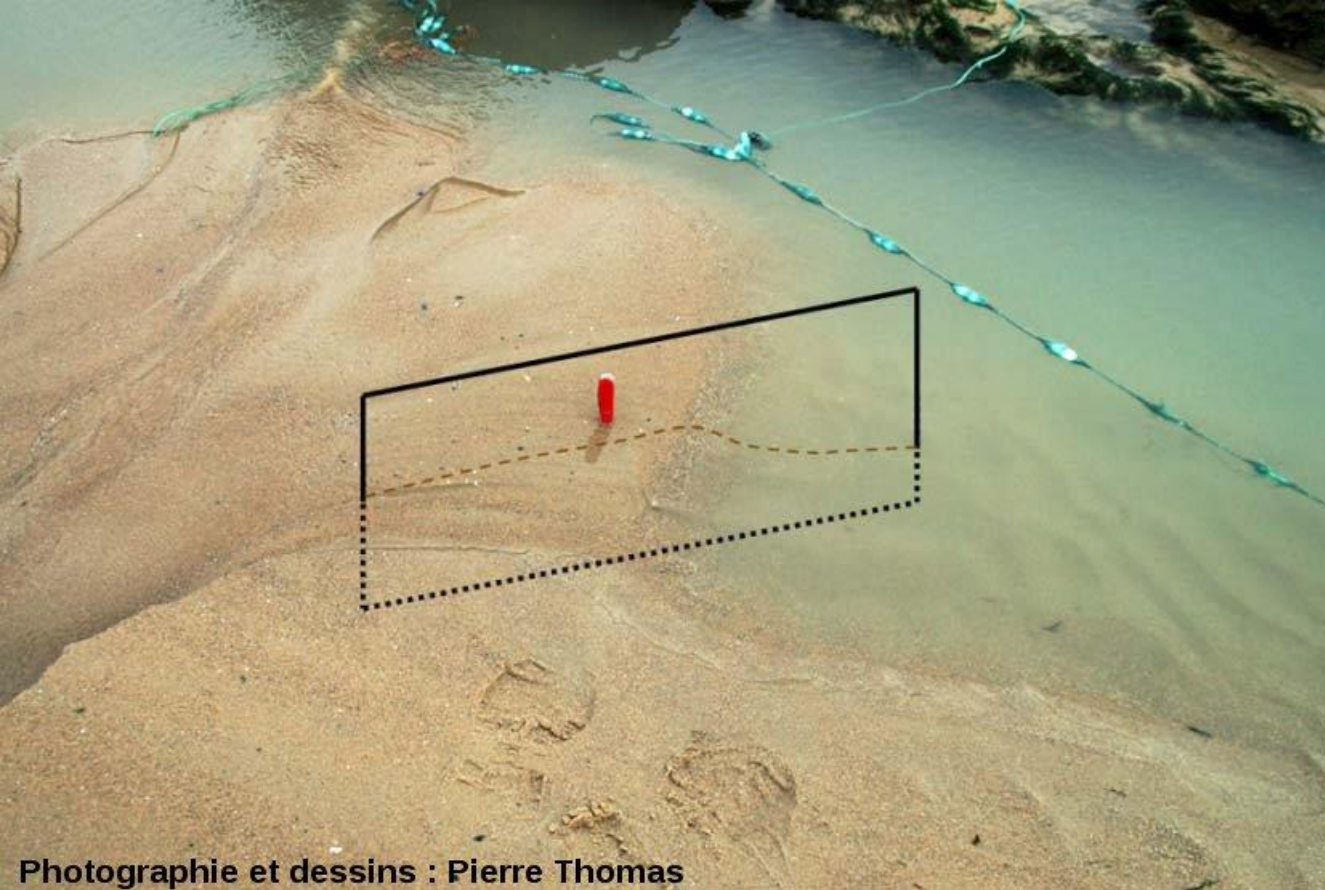
**Vraiment
inclinées
vers le Sud-
Sud-Est,
comme les
couches de
l'arrêt
précédent.**

**Mais
comment
dépose-t-on
des couches
inclinées ?**



Photographie : Pierre Thomas

Un mini delta / cône torrentiel, modèle réduit de dispositif déposant des couches inclinées



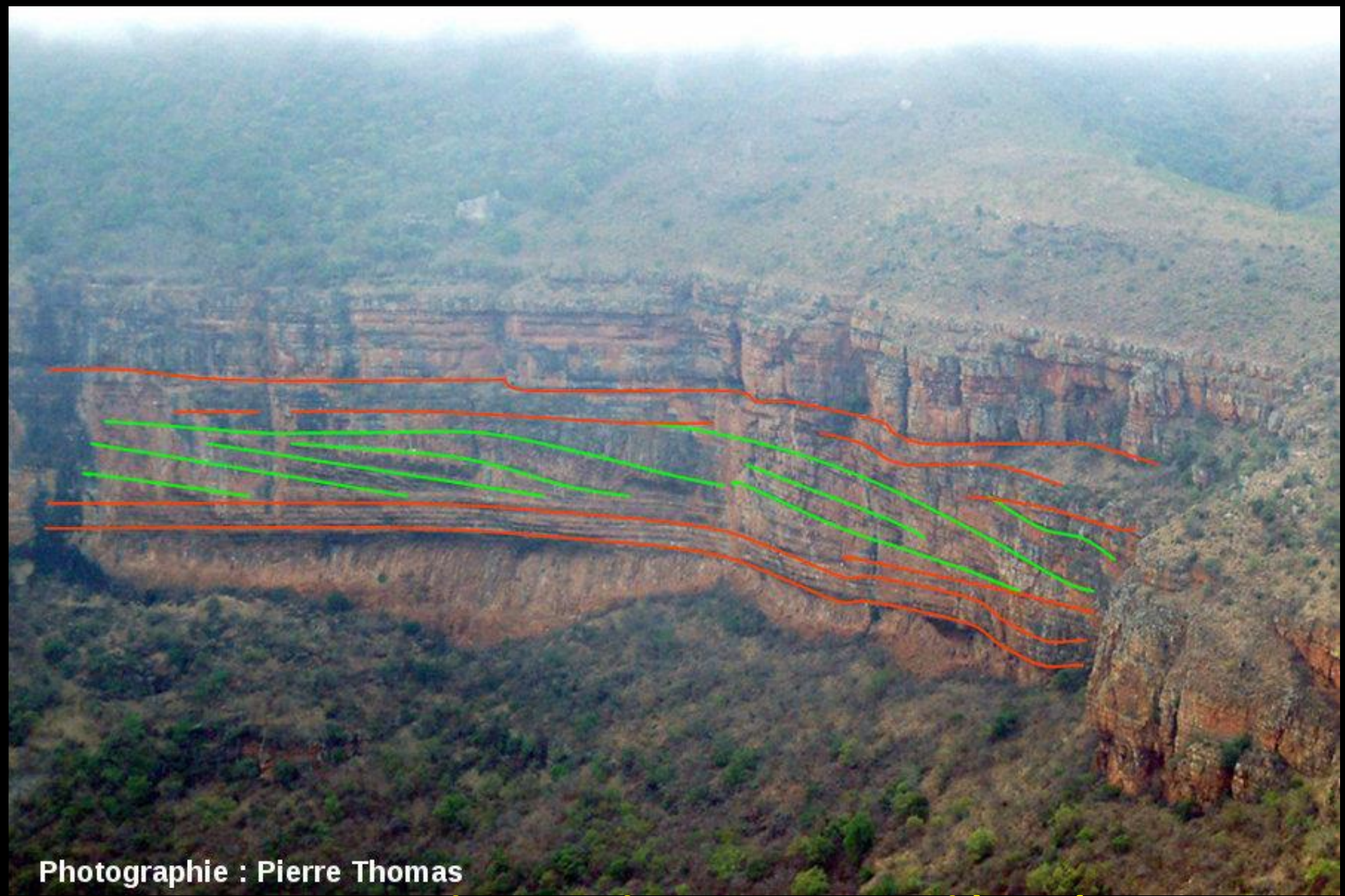
Photographie et dessins : Pierre Thomas

Quand de l'eau charriant du sable arrive sur une pente (avec augmentation de profondeur, donc diminution de la vitesse du courant), le sable se dépose sur la pente, fabrique des couches inclinées qui se posent les unes sur les autres en progressant vers le large.



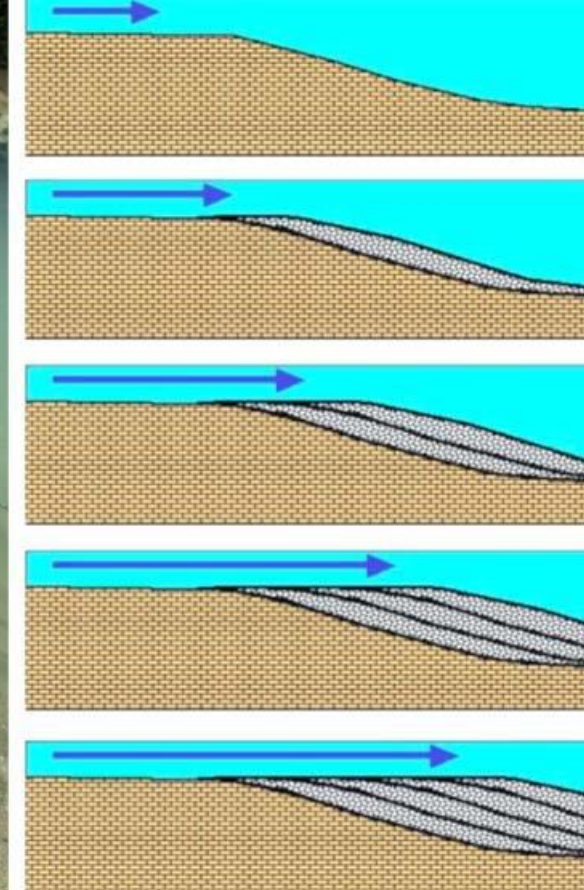
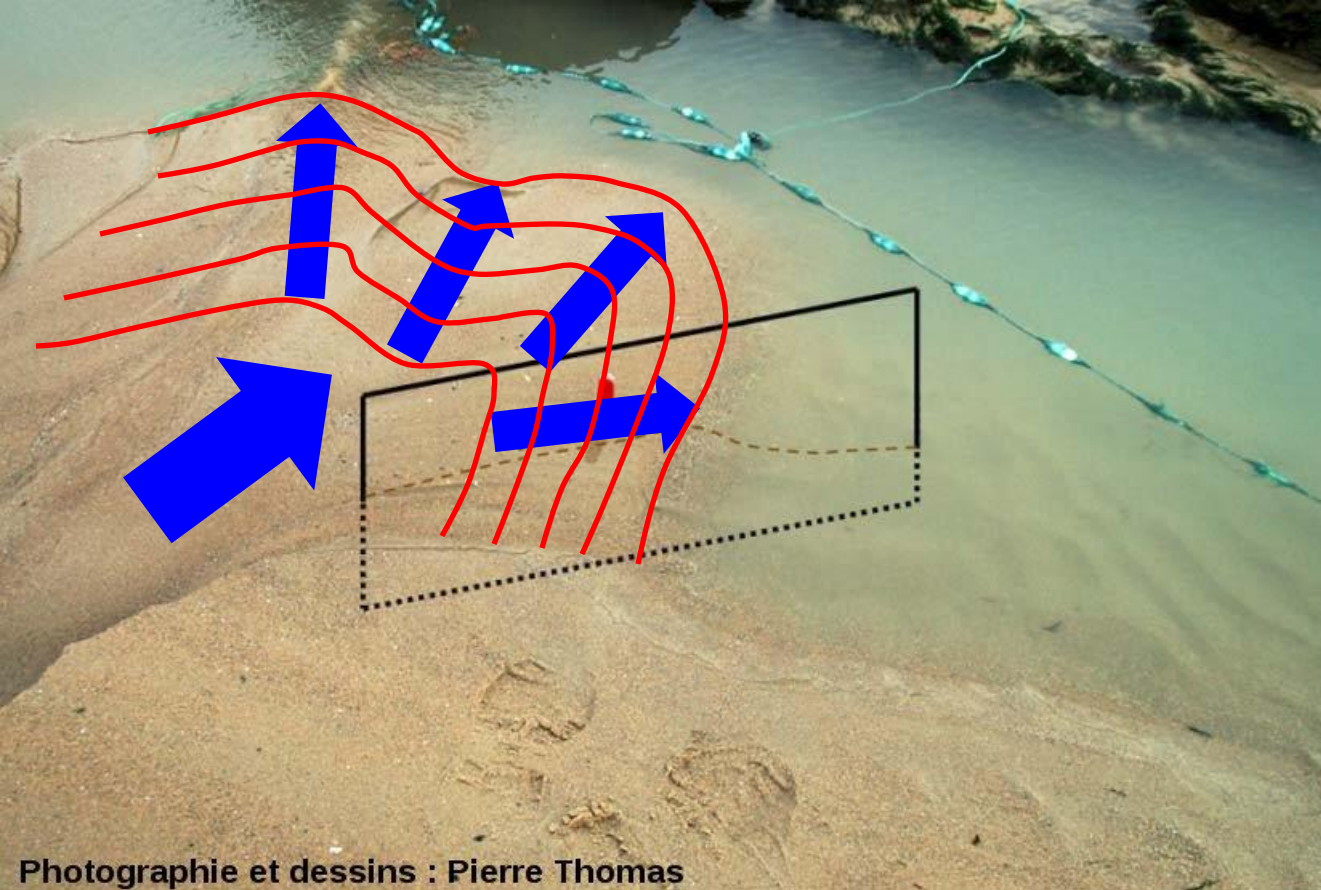
Photographie : Pierre Thomas

Pour vous montrer des couches terrestres déposées avec une inclinaison primordiale.



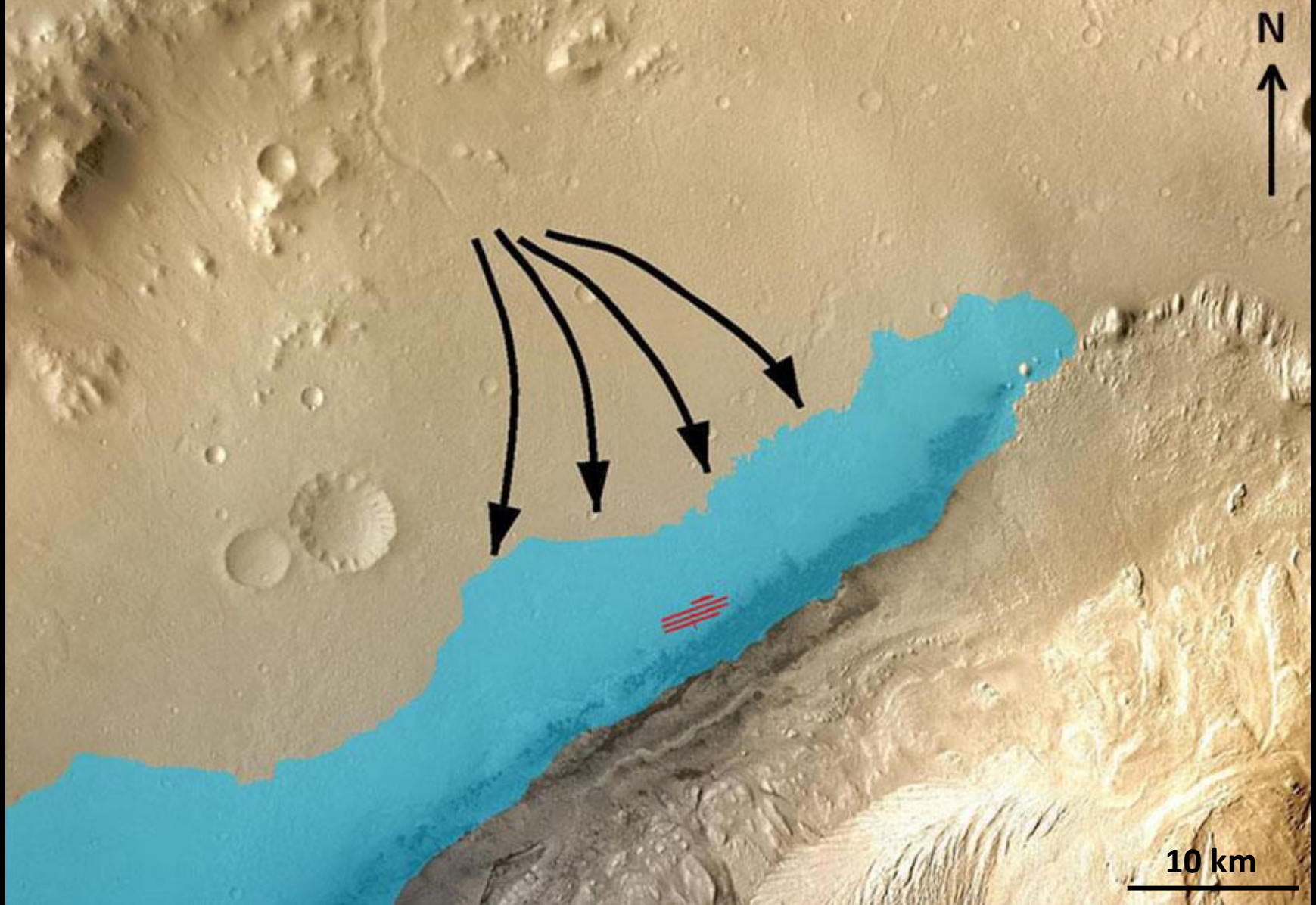
Photographie : Pierre Thomas

Pour vous montrer des couches terrestres déposées avec une inclinaison primordiale.



Photographie et dessins : Pierre Thomas

Les traces en plan de ces couches inclinées « épousent » (en l'agrandissant) le delta. La trace en plan de ces couches est évidemment (approximativement) perpendiculaire aux courants locaux.



Et si on reporte sur la carte de l'ancien lac la trace en plan de nos couches inclinées ... ça marche, elles sont perpendiculaires aux courants



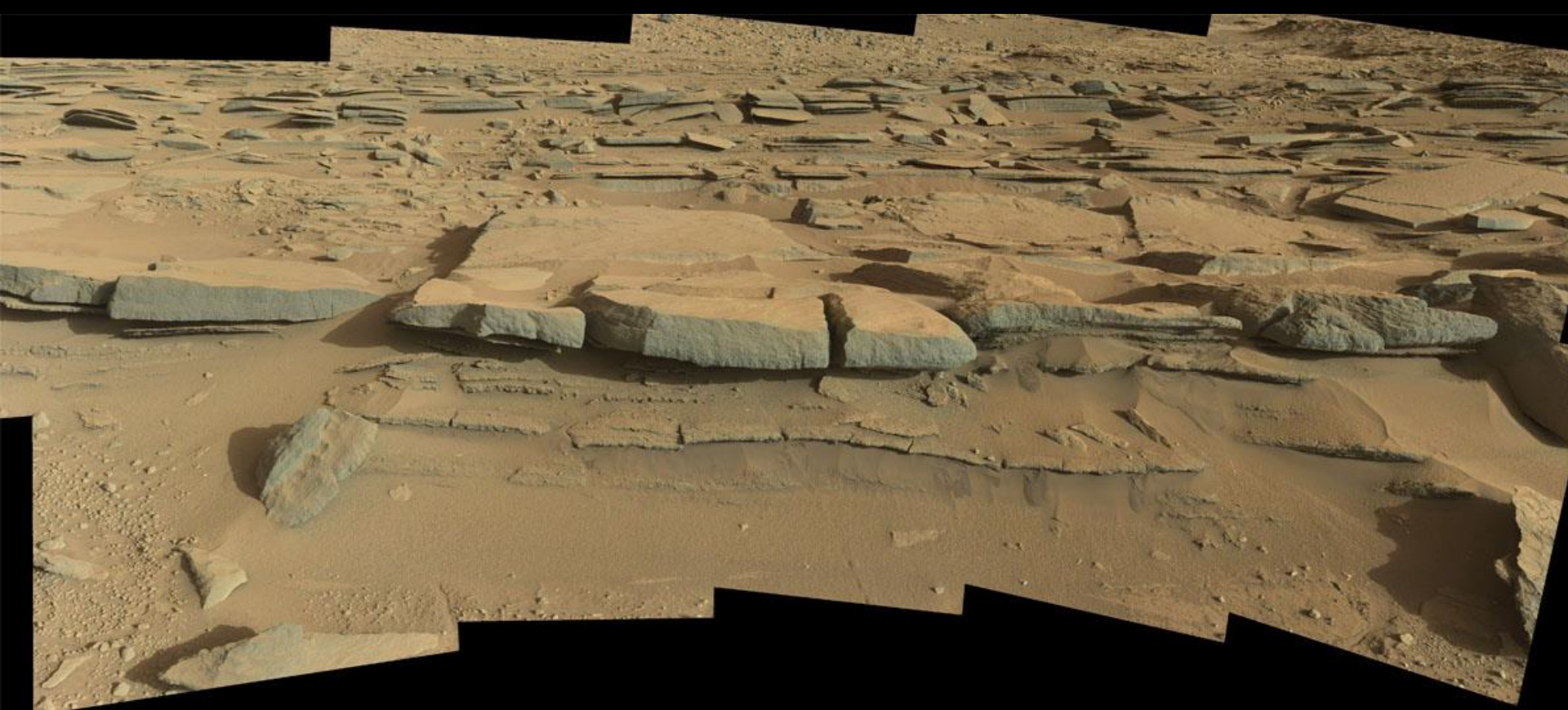
<http://www.db-prods.net/marsroversimages/curiosity-2014.html#63>

Et on approche de Kimberley, magnifique affleurement où il y a eu beaucoup d'érosion et où on voit bien les couches inclinées, recouvertes par des terrains horizontaux. On va y rester du 20 mars au 15 mai 2014



<http://www.db-prods.net/marsroversimages/curiosity-2014.html#63>

Détail de ces couches inclinées



<http://www.db-prods.net/marsroversimages/curiosity-2014.html#64>

Micro-détail de ces couches inclinées



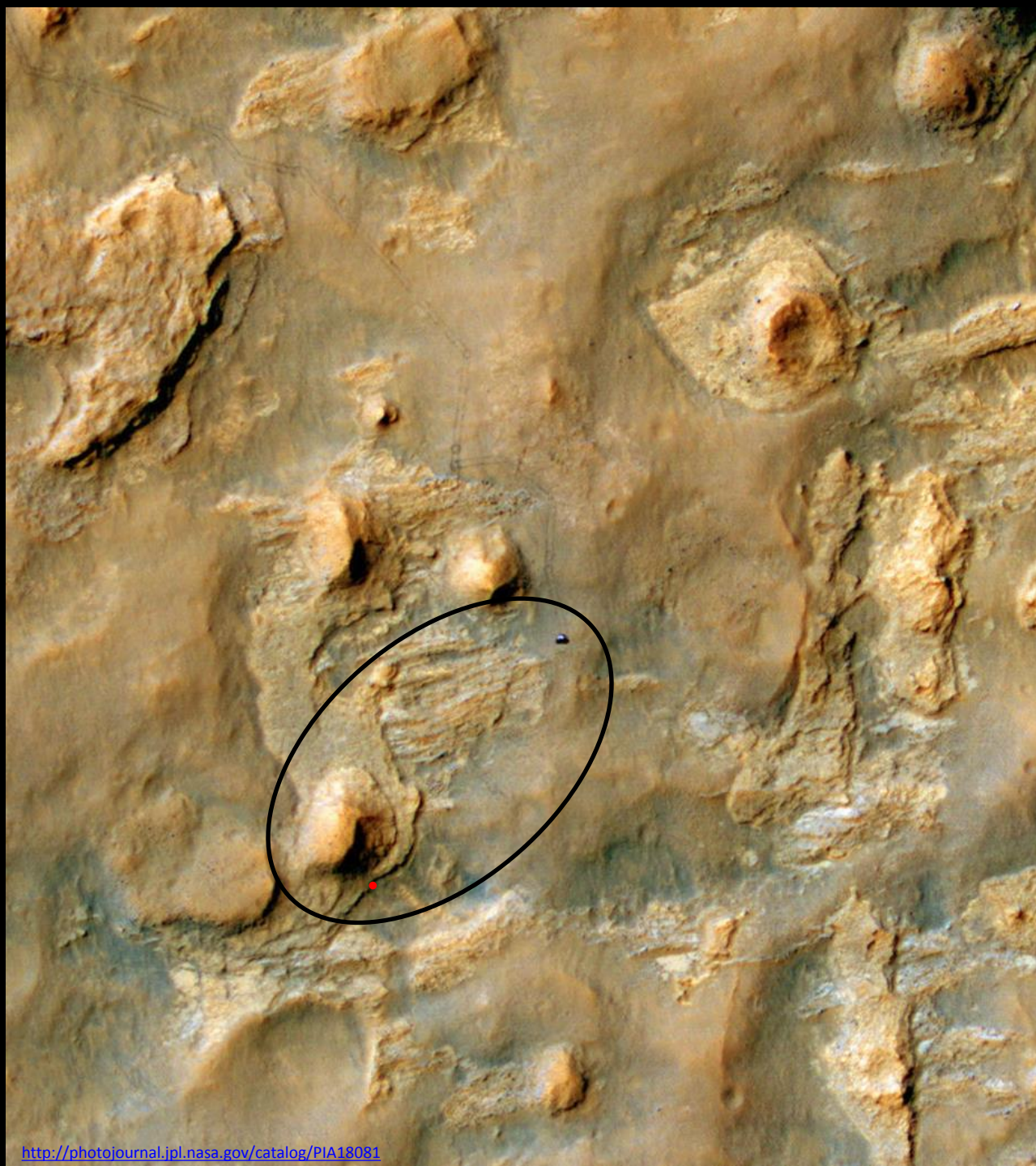
<http://www.db-prods.net/marsroversimages/curiosity-2014.html#71>

Couches inclinées au premier plan, couches horizontales déposées par-dessus, au deuxième plan



<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=592&camera=MAST>

Couches inclinées au premier plan, couches horizontales déposées par-dessus, au deuxième plan

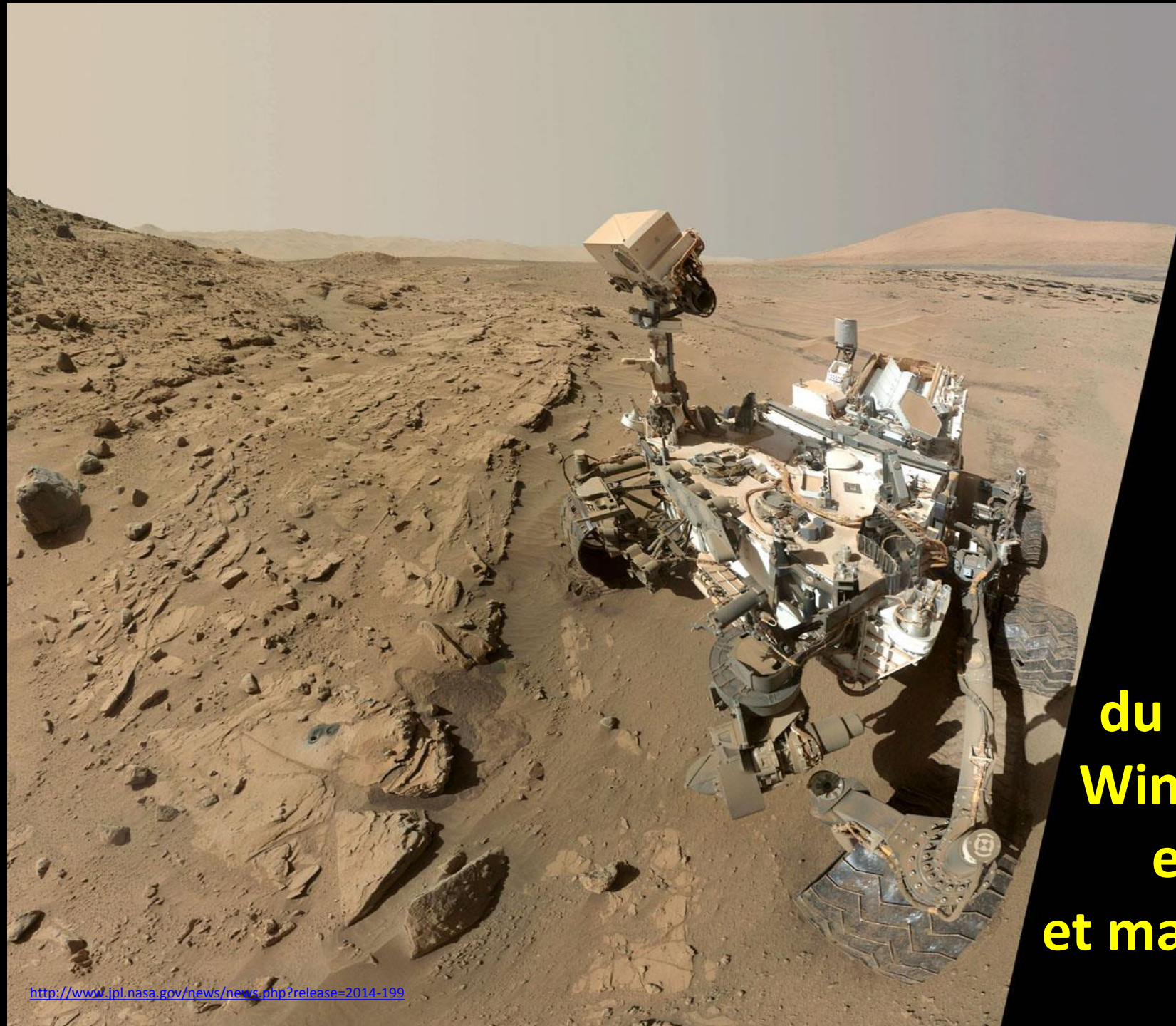


**Le même
secteur vue par
Mars
Reconnaissance
Orbiter. La
tache bleue :
Curiosity au
bout de ses
traces. Le point
rouge : le site
du futur forage
Windjana, au
pied d'un
escarpement.**



<http://www.db-prods.net/marsroversimages/curiosity-2014.html#83>

le site du forage Windjana, au pied d'un escarpement, site à priori le plus favorable pour trouver des molécules carbonées non (ou peu) dégradées .

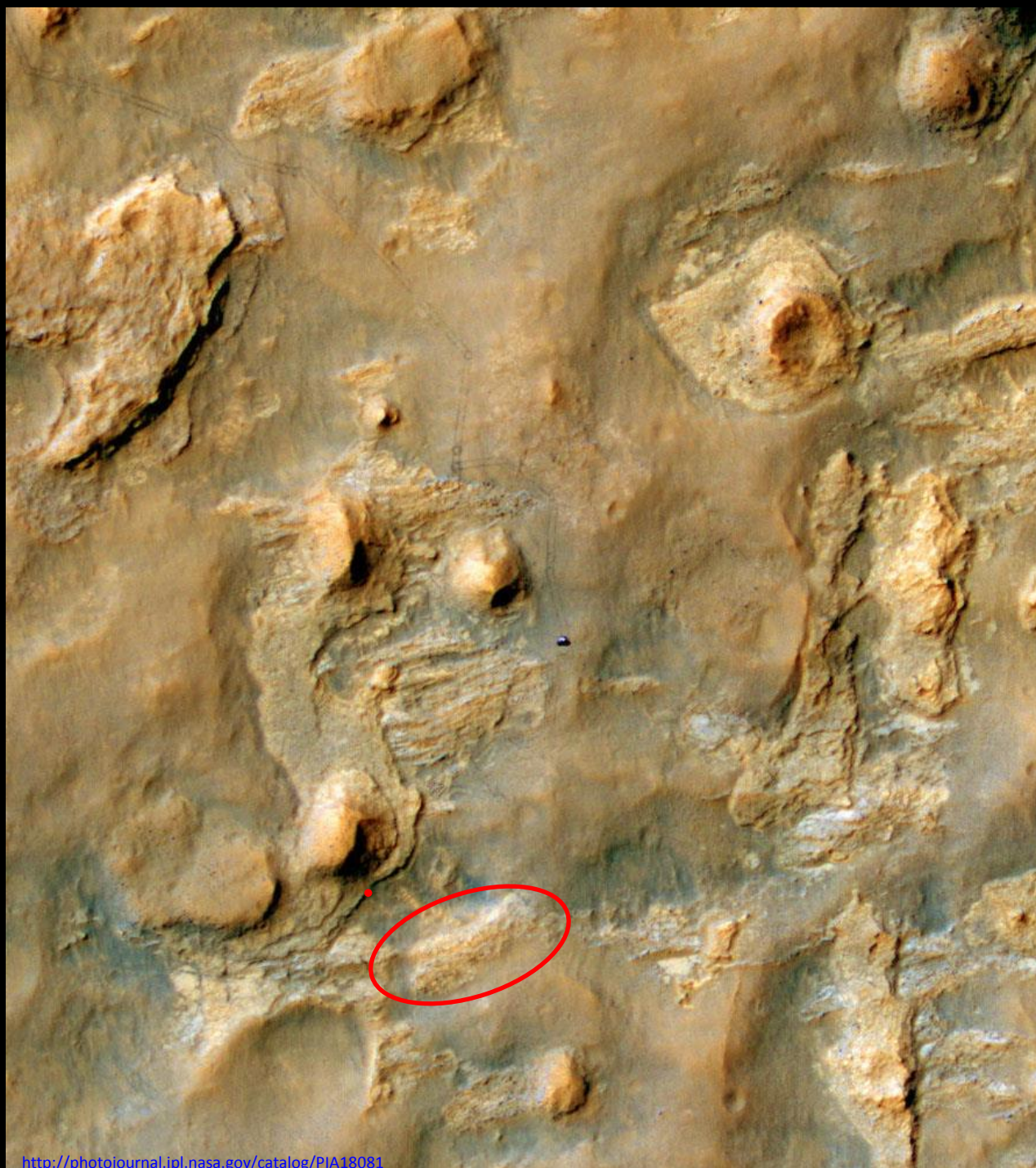


**Le site
du forage
Windjana,
en avril
et mai 2014**



**Gros plan sur
le forage
Windjana,
le 12 mai
2014
(sol 627)**

**Très gros plan sur
le forage
Windjana,
le 13 mai 2014
(sol 628).
Pas encore de
résultats publiés
le 29 juillet 2014 !**

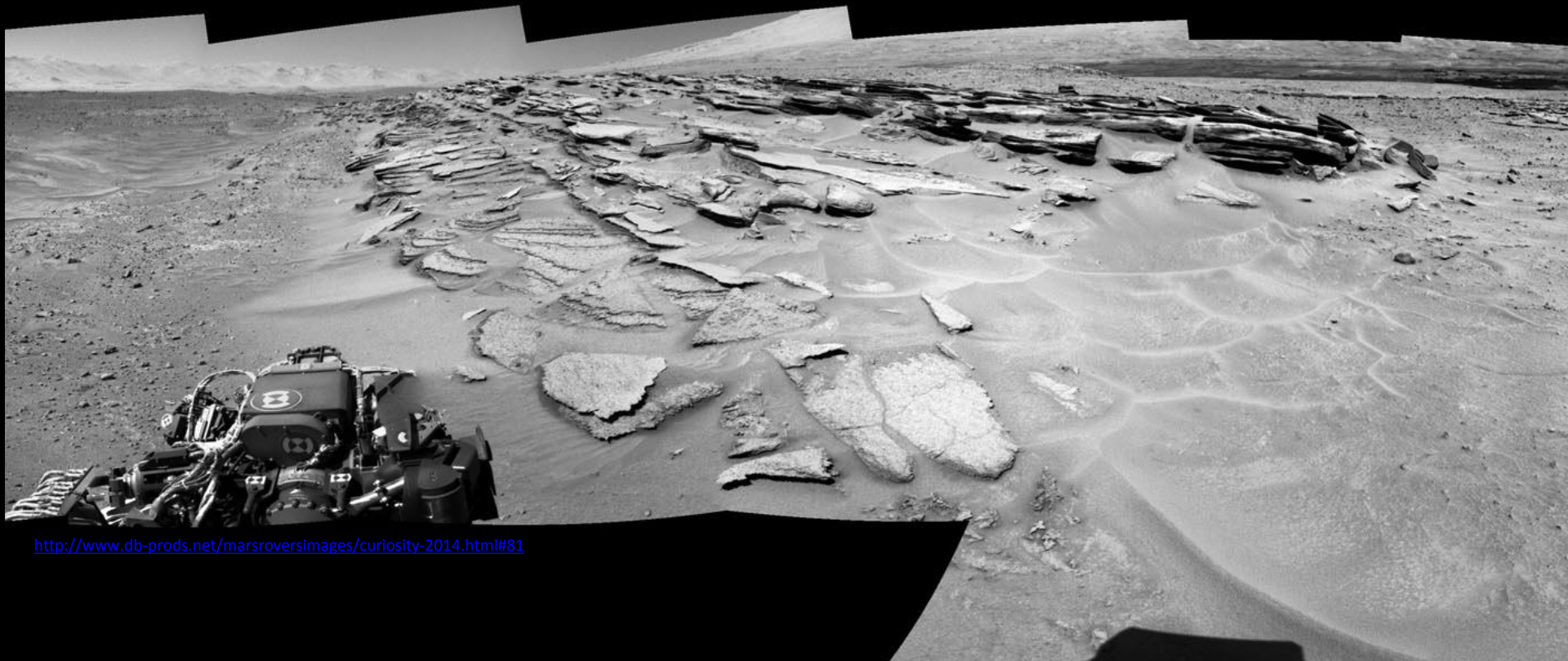


**On se tourne
vers le Sud-Est
pour regarder
un étudier un
petit
affleurement de
« couches
inclinées », ici
vu par MRO.**



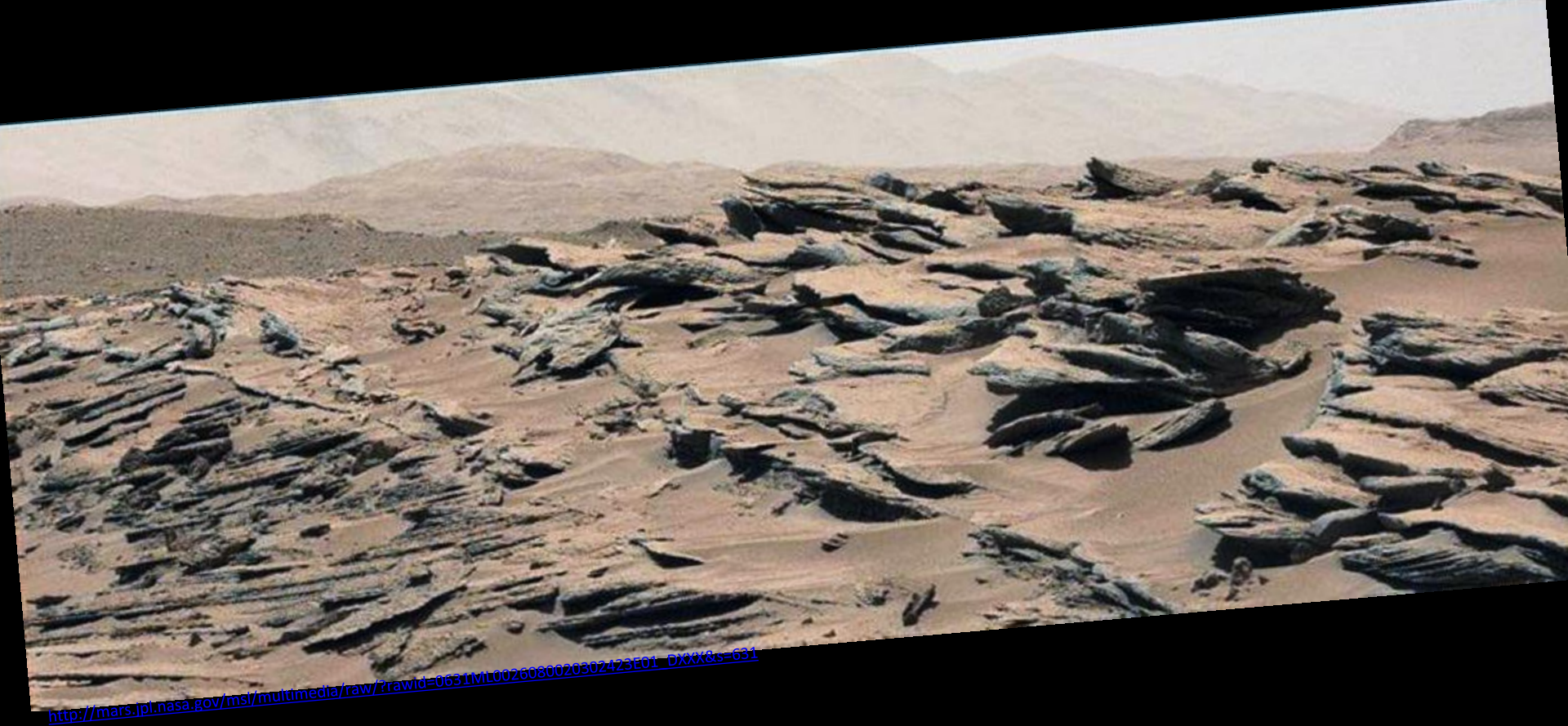
<http://www.db-prods.jp/marsroversimages/curiosity-2014.html#81>

On se tourne vers le Sud-Est pour regarder un étudier un petit affleurement de « couches inclinées », ici vu par Curiosity depuis Windjana.



<http://www.db-prods.net/marsroversimages/curiosity-2014.html#81>

Le même affleurement vu de plus près. Sous les couches supérieures inclinées vers la droite, des couches inclinées vers la gauche. La dynamique des courants au large du delta dans le lac semblent plus compliquée qu'il n'y paraît.



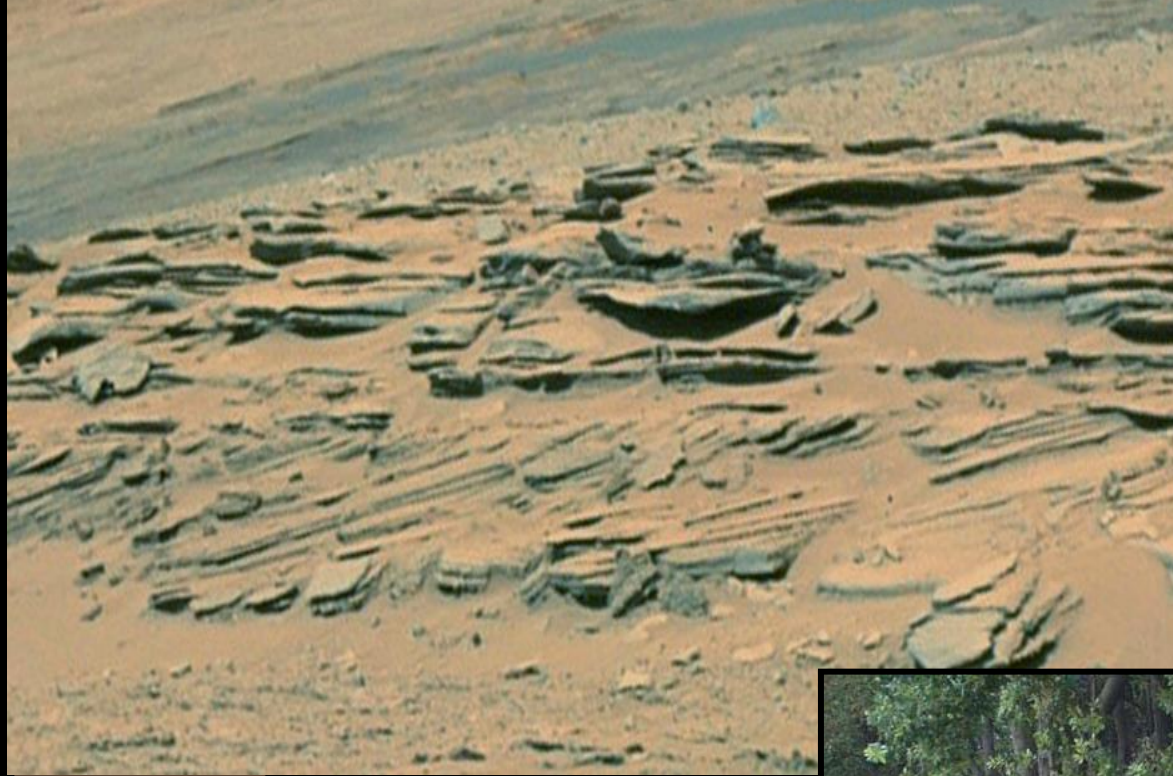
http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?rawid=0631ML0026080020302423E01_DXXX&s=631

Le même affleurement vu d'encore plus près. Sous les couches supérieures inclinées vers la droite, des couches inclinées vers la gauche. La dynamique des courants au large du delta dans le lac semblent plus compliquée qu'il n'y paraît.

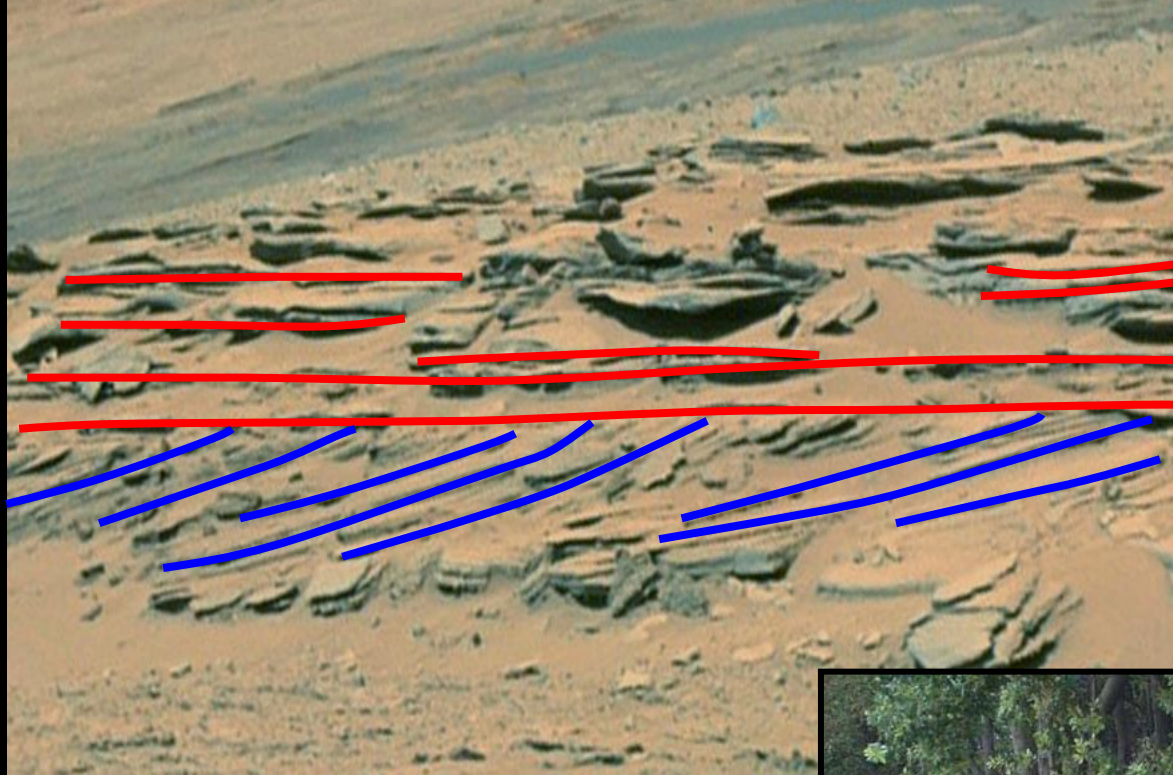
**Une comparaison
comme je les aime.**

La Terre

Mars

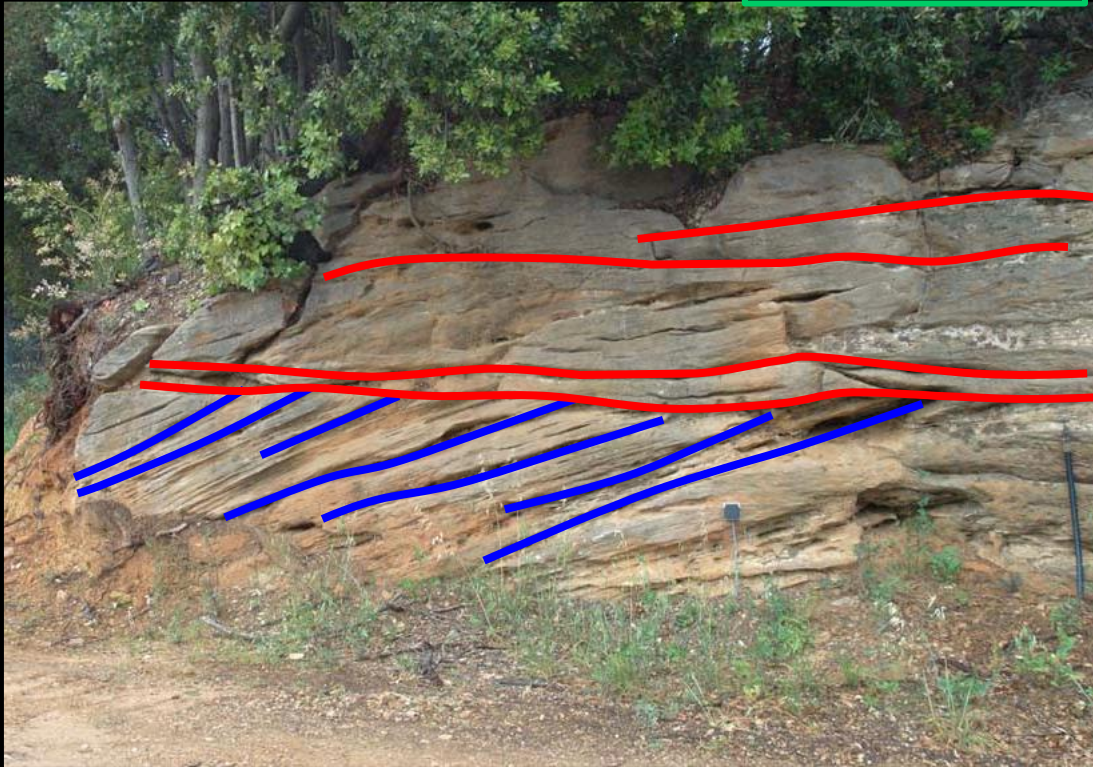


Une comparaison
comme je les aime.



La Terre

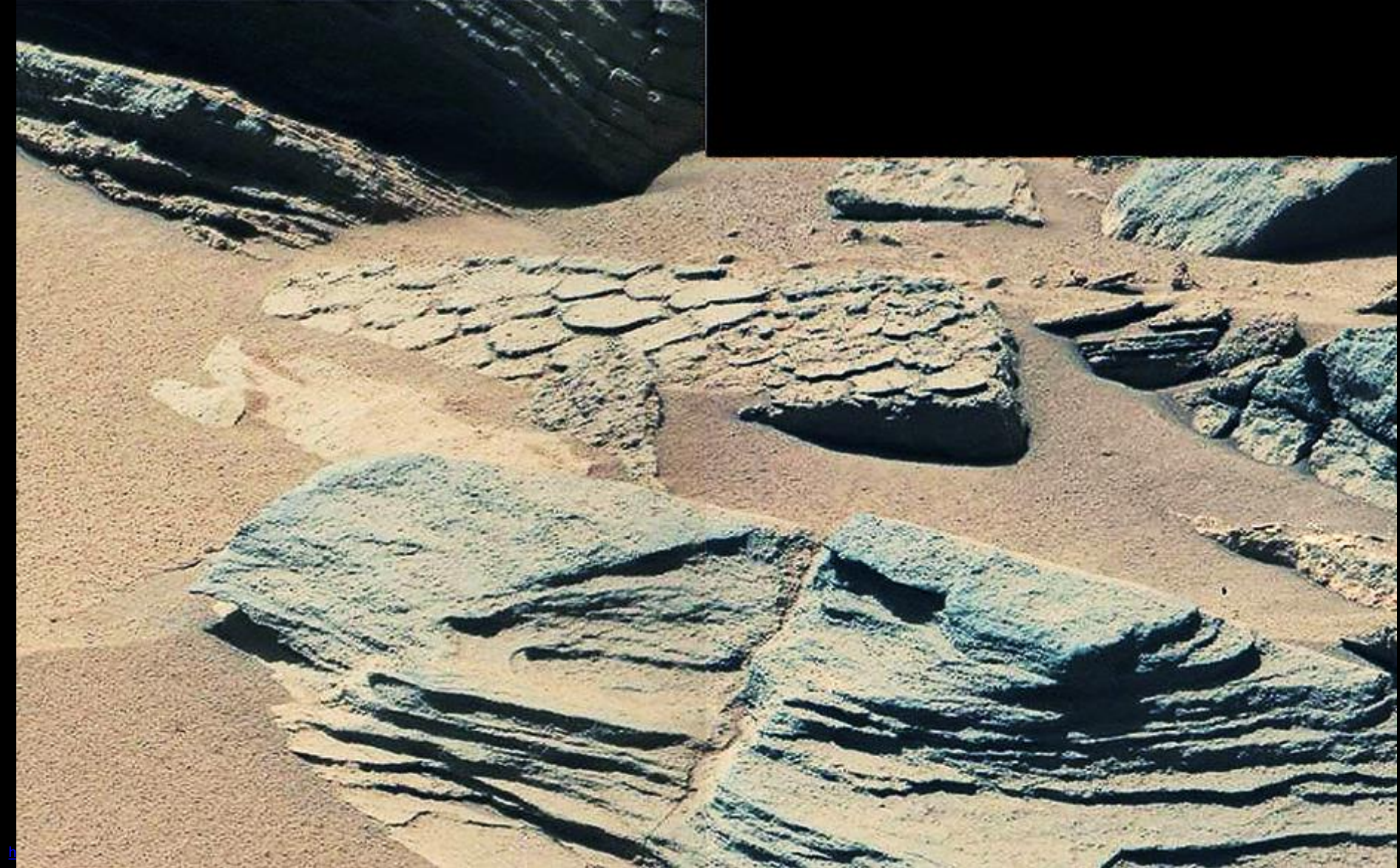
Mars





<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=631&camera=MAST>

Un détail de ces couches supérieures inclinées vers la droite. Détaillons le centre de l'image.



Détail du centre : des fentes bien régulières, différentes des fentes « habituelles ». Des fentes de dessiccation ? L'ancien lac se serait-il asséché périodiquement ?



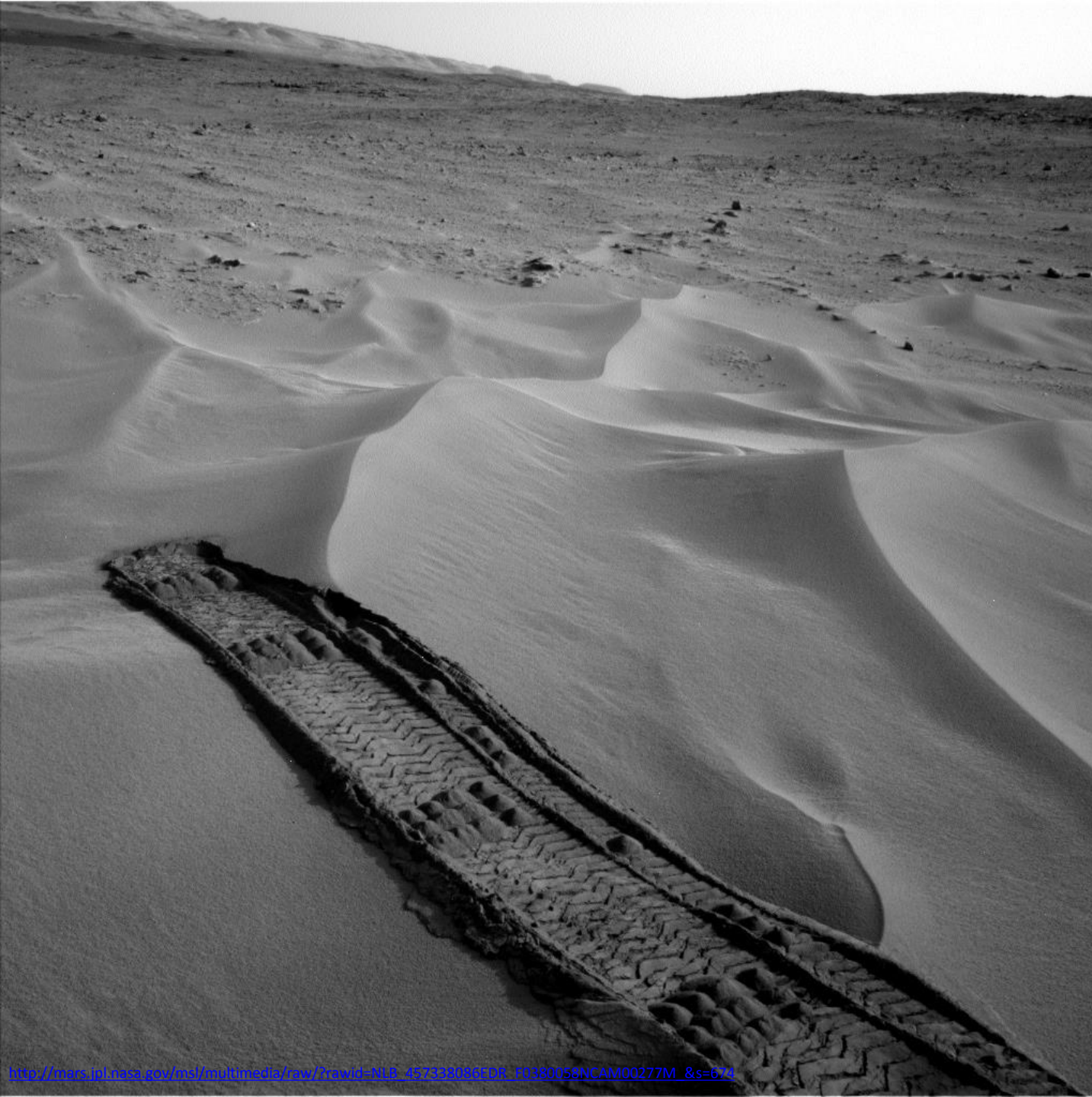
<http://www.db-prods.net/marsroversimages/curiosity-2014.html#85>

Après presque 2 mois de travail, on quitte le secteur de Kimberley (19 mai 2014, sol 634)

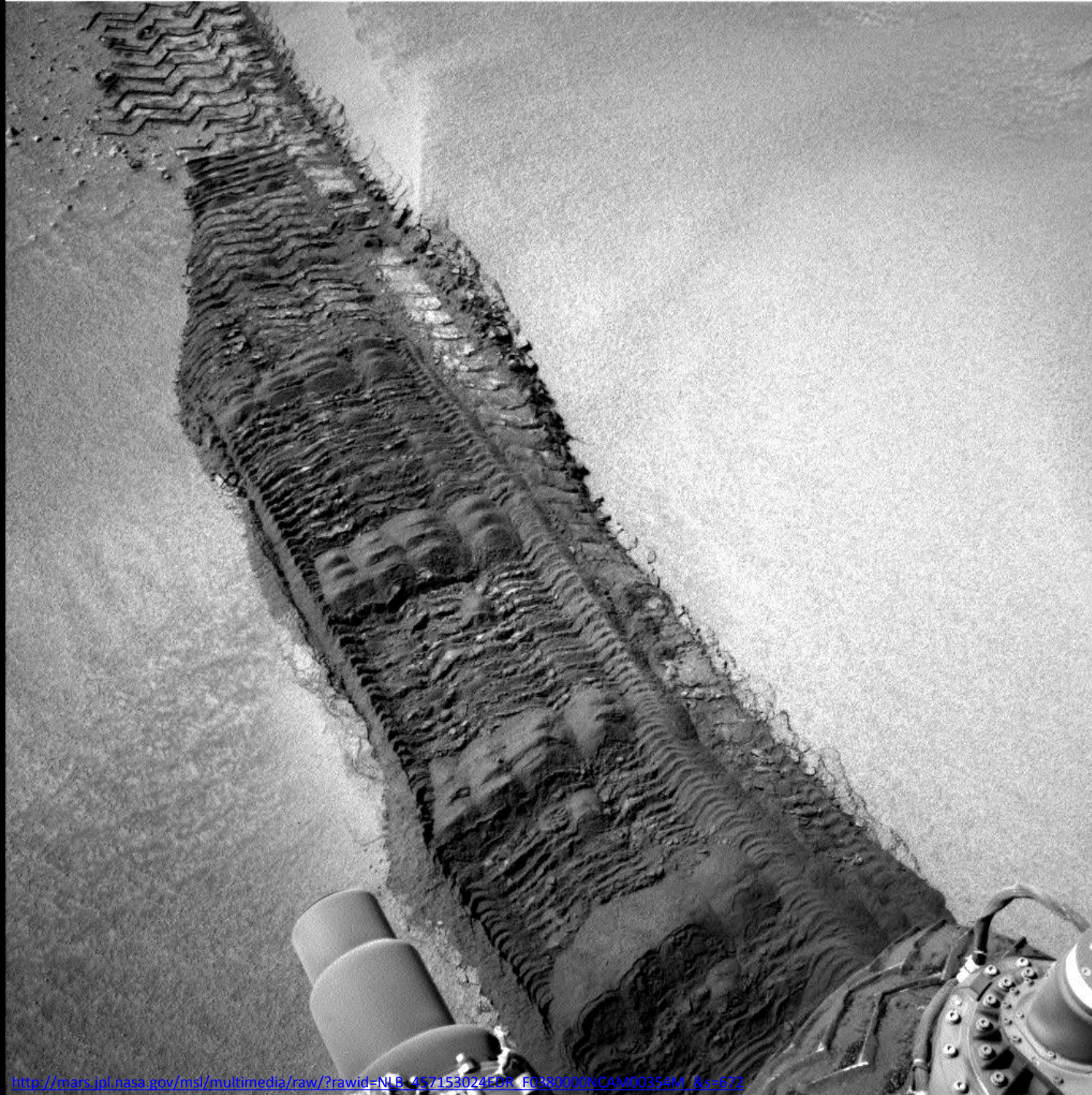


<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=673&camera=MAST>

**Petites dunes qu'on traverse sans problème
(sol 673, 28 juin 2014)**



Les conducteurs en profitent pour faire des essais de roulement. Ici, ça ne patine pas (sol 674, 29 juin).



Ici, ça patine
(Sol 672, 27
juin)



Puis ça redevient caillouteux, et mauvais pour les roues.

Trouver un sol plus lisse, même sableux, devient une option.

(sol 692, 18 juillet 2014)



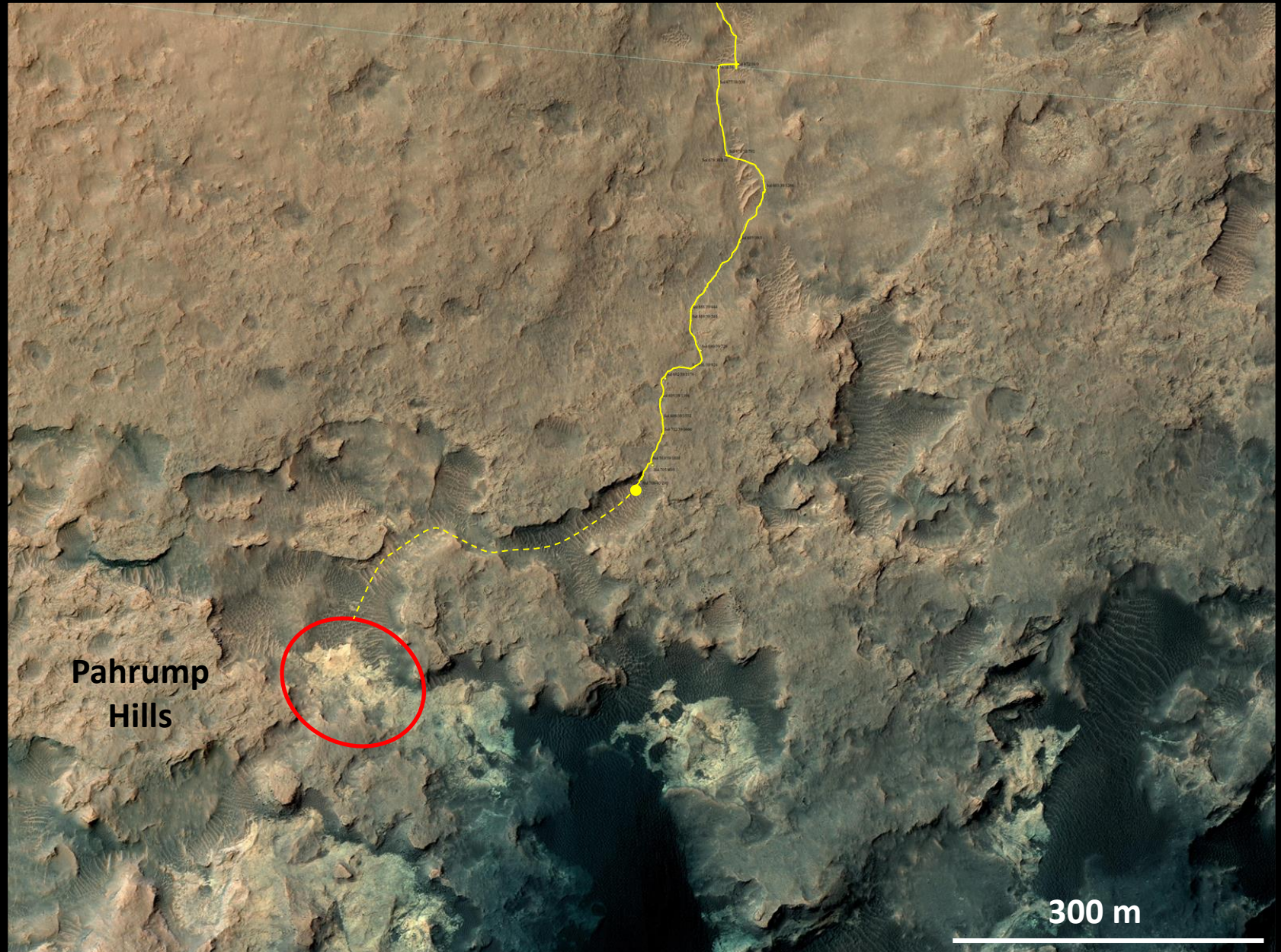
http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=705&camera=NAV_LEFT

Le sol 705 (31 juillet 2014), on voit apparaître les « patches » de dunes de sable noir, dunes qui entourent presque tout le Mont Sharp, avec en avant plan une « vallée » plein de de dunes de sable clair : Hidden Valley.



<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=696&camera=MAST>

Zoom sur ces dunes de sable noir photographié une semaine plus tôt d'un peu plus haut (sol 696, 22 juillet 2014). La « Terre Promise » approche.

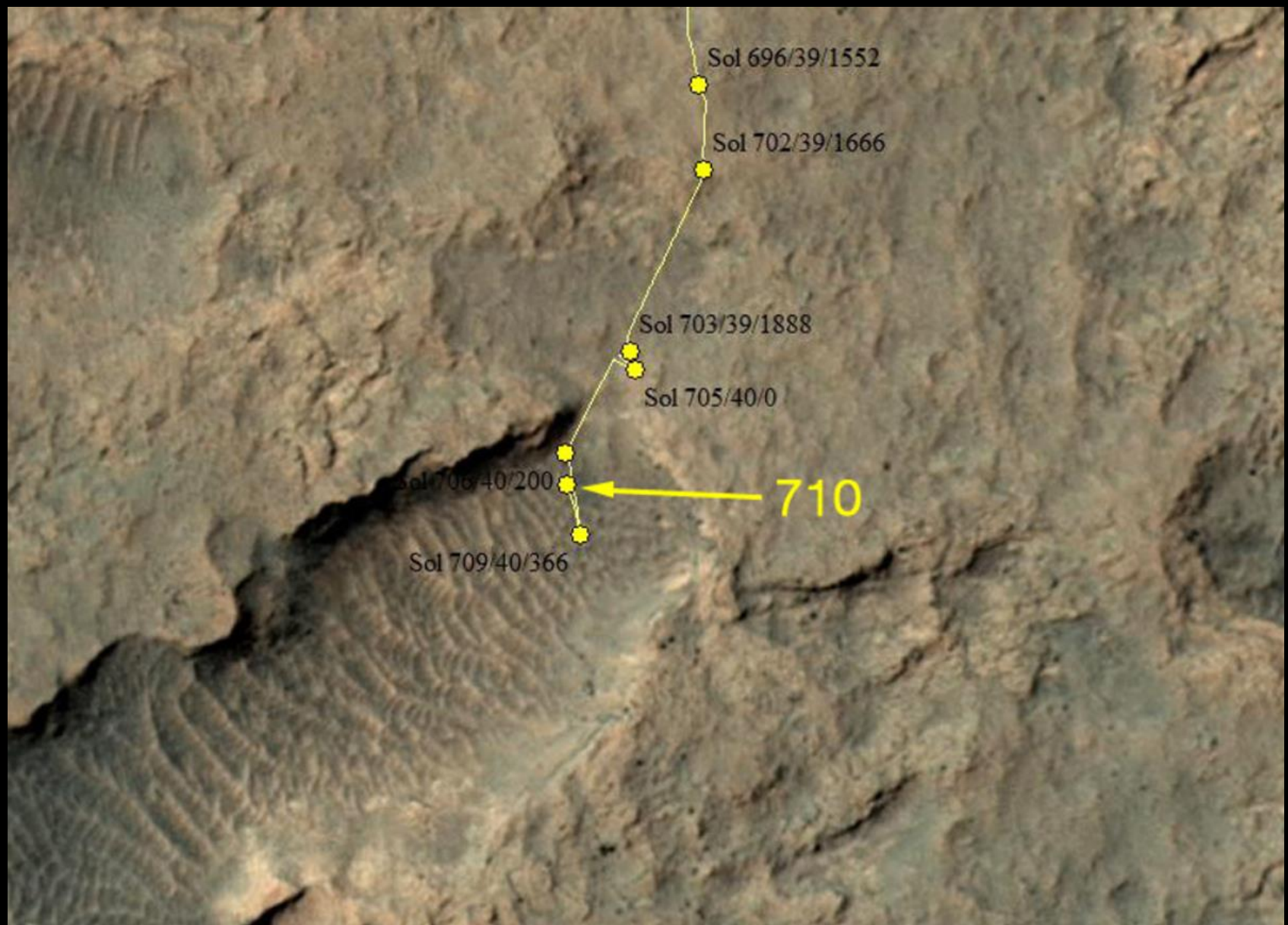


Une vue détaillée du secteur où va s'engager Curiosity à partir du 4 août 2014 (sol 706). Va-t-il passer par les dunes (?)



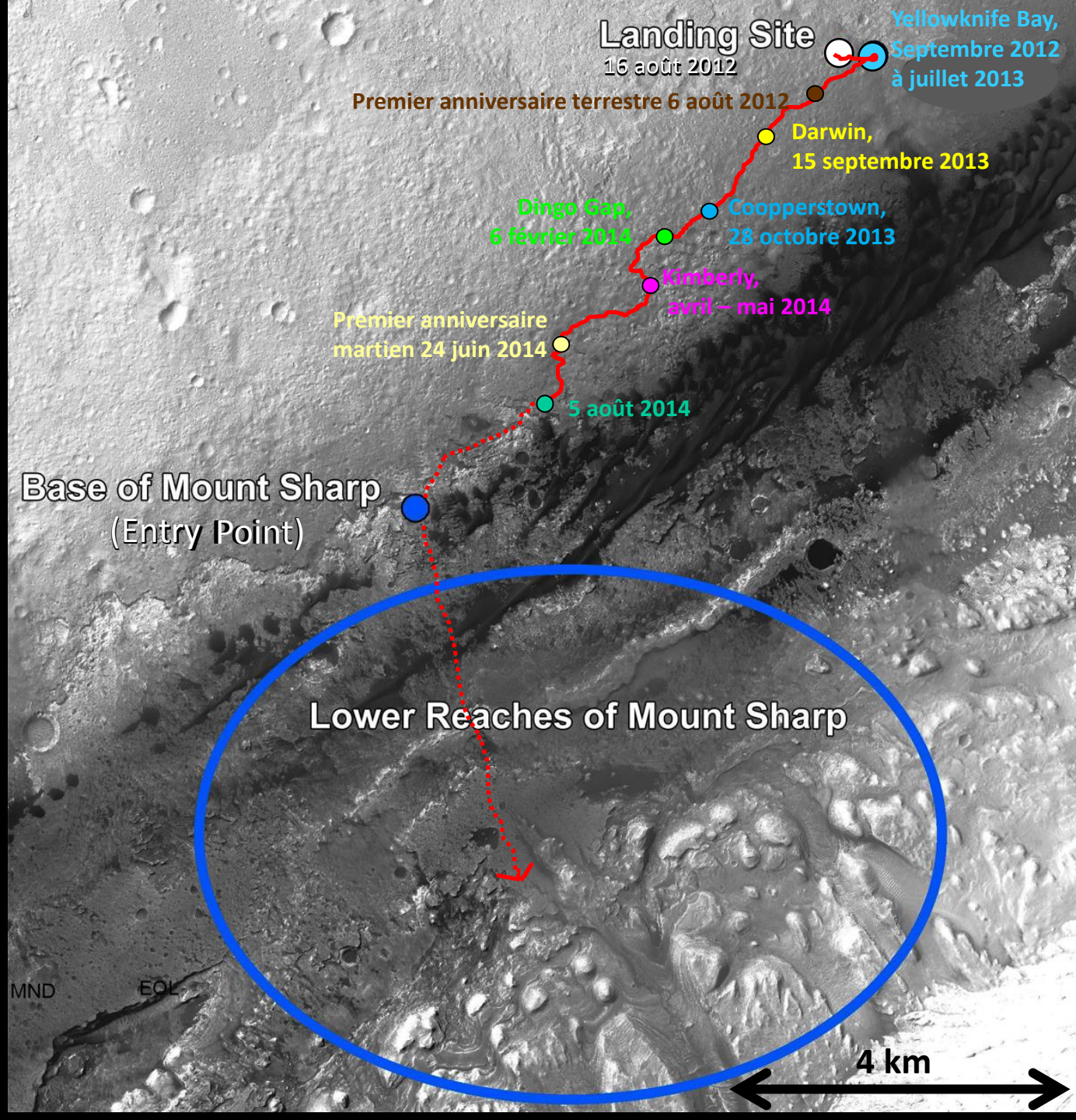
http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/?s=710&camera=NAV_LEFT

Une des dernières mosaïques comme peut faire tout un chacun en allant chaque jour (ici le 5 août, sol 709) sur <http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/raw/> et en faisant une mosaïque avec, par exemple, photoshop. On rentre dans Hidden Valley et ses dunes. Risques d'enlissement ou risque d'abimer les roues ? Quel choix « cornélien » !

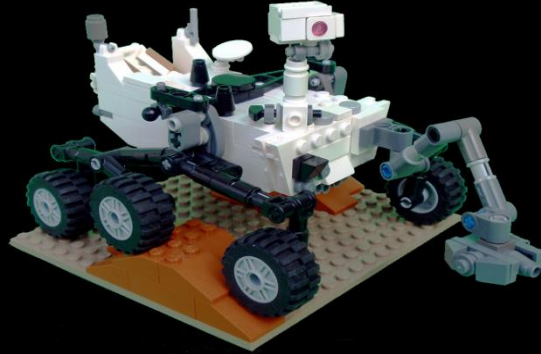


**Le mystère découvert ce matin (7 août 2014) :
pourquoi Curiosity a-t-il fait demi tour hier ?**

Voici donc la dernière position dont la Nasa a donné la carte, le 4 août 2014, il y a 3 jours. En route vers la Terre promise, en passant par Pahrump Hills



Je rappelle les 3 objectifs principaux de Curiosity :



1 – Analyses géologiques des couches et des roches, surtout pour déterminer si Mars a été habitable dans le passé.

Réponse acquise, positive, et avant d'atteindre la cible !

2 – Etude des couches superposées sur la plus grande épaisseur possible (1500 m !) pour étudier les variations chronologiques de ces conditions d'habitabilité.

On n'a pas encore commencé, mais on a appris à le faire ; attendons la base du Mont Sharp !

3 – Déterminer si certaines de ces couches contiennent des molécules carbonées (voire plus) et si oui, les analyser.

Ca, ça reste à faire !

Je rappelle les 3 objectifs principaux
de Curiosity :



Et j'ai fini !

**Mais n'oubliez pas de suivre les
aventures de Curiosity en allant sur**

<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/>

Merci de votre attention !

épaisseur
chronologiques de ces

**On n'a pas encore commencé, mais
faire ; attendons la base du Mont Sharp !**

**3 – Déterminer si certaines de ces couches contiennent des
molécules carbonées (voire plus) et si oui, les analyser.**

Ca, ça reste à faire !



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 ?

08:41:07



**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





**La séquence
des
évènements.
La séquence
complète dure
1 mn 20 s .
L'occultation
proprement
dite dure
moins de 15
secondes**



**Le point 7 :
Un autre
« spectacle »
astronomique
le 20 août
2013**



**Eclipse annulaire de soleil par
Phobos photographiée par
Curiosity le 20 août 2013 (sol
369) entre 07h 12mn 11s et
07h 12mn 43s (TU)**

