

L'instrument ChemCam du rover MSL

Chemcam est un instrument d'analyse élémentaire des roches et des sols autour du rover Curiosity jusqu'à environ 9 mètres. Il utilise la technique d'analyse spectroscopique induite par ablation laser (Laser Induced Breakdown Spectroscopy, LIBS). Un laser de puissance tire sur une cible, ce qui provoque la fusion du matériau et l'apparition d'un plasma que l'on détecte à distance en spectroscopie UV-visible. Cette nouvelle technique jamais embarquée permettra de faire une première analyse sélective des roches environnantes de Mars sans avoir besoin de déplacer le rover. A partir des informations issues de ChemCam, le rover pourra alors se positionner près d'une roche afin de faire des analyses plus approfondies. L'expérience est aussi dotée d'une caméra (RMI : Remote Micro-Imager) qui fournit une image à haute résolution de l'échantillon pour décrire le contexte de la mesure LIBS.

Le principe de fonctionnement de l'instrument est donc :

- viser un échantillon (distance entre 2-9 m) sur une surface circulaire de 0,5 m de diamètre à 9 m;
- former une image de l'échantillon ;
- envoyer un faisceau laser pulsé vers cet échantillon (1 GW/cm^2) ;
- collecter la lumière émise par l'échantillon pour une analyse spectrale (entre 250-800 nm).

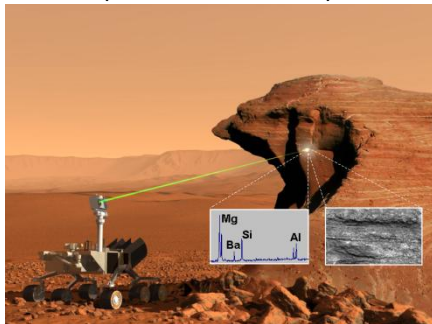


Figure 1 - Fonctionnement de ChemCam - Crédits CEA

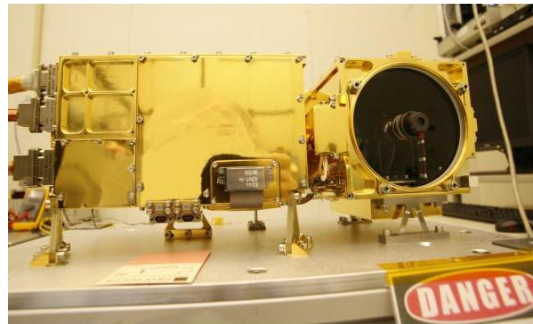


Figure 2 - ChemCam Mass Unit

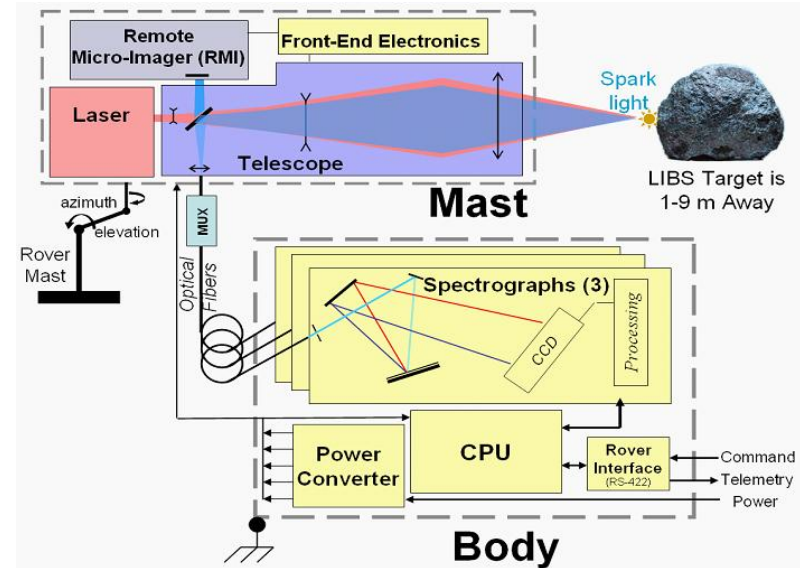


Figure 3 - Principe de fonctionnement de ChemCam

Source : http://smc.cnes.fr/MSL/Fr/GP_chemcam.htm

How Does ChemCam Work?

Laser The LIBS technique requires a pulsed laser delivering at least 10 megawatts per square millimeter to the target. Implementation of this is a trade-off between telescope and laser capabilities, as described below. The requirement is met with a low-frequency (1-10 Hertz) laser of moderate beam quality and pulse duration less than 5 nanoseconds using greater than 10 millijoules of energy per pulse. Any wavelength in the visible or near-IR suffices, but lasers with wavelengths approximately 1 micron are simplest and most common for the above capabilities. The ChemCam laser uses a Nd:KGW crystal to produce light at 1,067 microns.

Source : <http://www.msl-chemcam.com>

Target : cible ; **trade off** : association ; **beam** : faisceau ; **wavelengths** : longueurs d'onde

Exploiter un document, réaliser un calcul et commenter un résultat.

1) Analyser des documents.

- a) Quelles sont les deux caractéristiques mises à profit du faisceau de lumière émis par le laser embarqué sur le rover Curiosity ?

Les deux caractéristiques du faisceau lumineux émis par le laser sont sa grande directivité (surface de 0,5 mm à 9 m de distance) et sa grande puissance (1 GW/cm²).

- b) Pour une surface circulaire de 0,5 mm de diamètre, quelle est la puissance totale mise en jeu ?

$S = 0,00785 \text{ cm}^2$, $P = 7,85 \text{ MW} = 8 \text{ MW}$.

Pour la suite de l'activité, on admettra que la puissance mise en jeu est de 8 MW.

- c) D'après le document, qu'est-ce qu'un laser pulsé ?

Un laser pulsé est un laser qui n'émet pas en continu. Il émet des impulsions très courtes à intervalles de temps réguliers.

- d) Préciser l'ordre de grandeur de l'intervalle en temps entre 2 pulsations.

Entre 0,1 et 1 s.

- e) Comparer la puissance surfacique du rayonnement frappant la roche martienne à celle de la Terre soumise au rayonnement solaire à midi en été, $P_e = 1,0 \text{ kW.m}^{-2}$.

Justifier le fait que la roche puisse être vaporisée.

$1 \text{ GW/cm}^2 = 10\,000 \text{ GW/m}^2$.

C'est 100 milliards de fois plus grand que la puissance surfacique du rayonnement solaire à midi en été. On comprend pourquoi la roche est pulvérisée.

- f) Calculer en joule l'énergie nécessaire, dans le meilleur des cas, à la réalisation d'une analyse spectrale sachant qu'il faut 1 impulsions au minimum pour vaporiser la roche.

Avec une durée de 5 ns et une puissance de 8 MW, l'énergie nécessaire est égale à $5 \times 10^{-9} \times 8 \times 10^6 = 0,04 \text{ J}$ (formule $E = P.t$)

- g) Quel est l'intérêt d'utiliser un laser pulsé pour vaporiser des roches plutôt qu'un laser continu ?

Le laser pulsé permet d'avoir des impulsions de très grande puissance. Apporter la même énergie pendant un temps plus long avec un laser à émission continue ne produit pas le même effet sur la roche car l'énergie thermique va se propager par conduction sur un volume beaucoup plus grand, produisant une élévation de température plus faible.

2) Faire une recherche.

- a) Quelle est la durée des impulsions lasers les plus courtes que l'homme sait actuellement produire ? A faible puissance, rechercher l'intérêt d'impulsions si courtes.

Actuellement, on sait réaliser des lasers pulsés dont les impulsions ne durent que quelques centaines attosecondes (atto = 10^{-18}). Ces lasers ont de nombreuses applications. Ils peuvent servir de flash pour photographier des phénomènes extrêmement rapides, tels que des réactions chimiques par exemple, et mieux comprendre le mécanisme de ces réactions.

- b) Indiquer d'autres applications des lasers pulsés.

On trouve également des lasers pulsés dans l'industrie. Ils sont utilisés pour percer ou découper du métal avec une très grande précision. La très faible durée des impulsions permet de vaporiser le métal, sans perte d'énergie par conduction et donc sans abimer les bords de la découpe.

Ces lasers à impulsions sont également utilisés en chirurgie et en particulier en chirurgie des yeux (découpe de la cornée).