

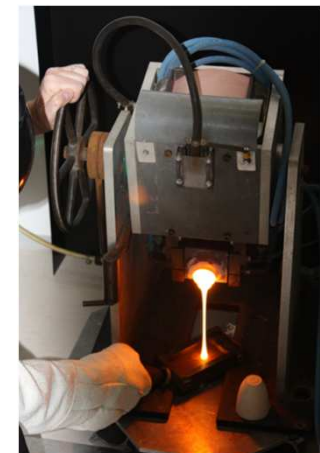
DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



www.cea.fr



TECHNOLOGIES LASER POUR LA PRÉVENTION DES RISQUES INDUSTRIELS ET DES POLLUTIONS



GILLES MOUTIERS,
CHEF DU SERVICE D'ETUDES ANALYTIQUES ET DE RÉACTIVITÉ DES SURFACES

19 JUIN 2014

Intérêt des applications des lasers pour l'analyse

+ prélever un échantillon est difficile, compliqué et coûteux



(haute température, éloignement de l'échantillon, radioactivité, ...)



Exigence d'instrumentation:
robustes, adaptables, (trans) portables et fiables
qui permet :

+ la réponse
(contrôle en temps réel)

- ☐ Analyse à distance/sur site
- ☐ Temps réel
- ☐ Sans préparation d'échantillon

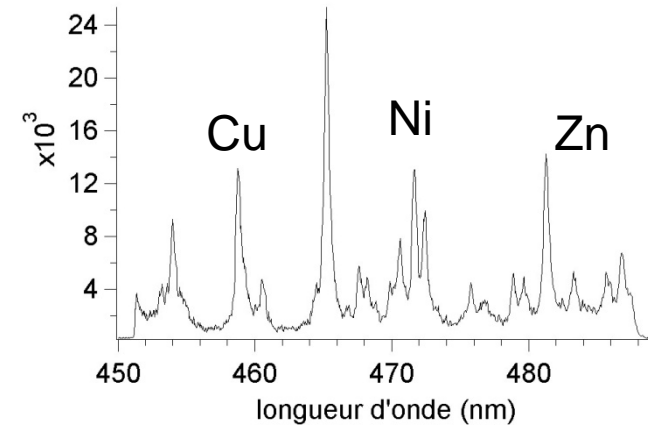
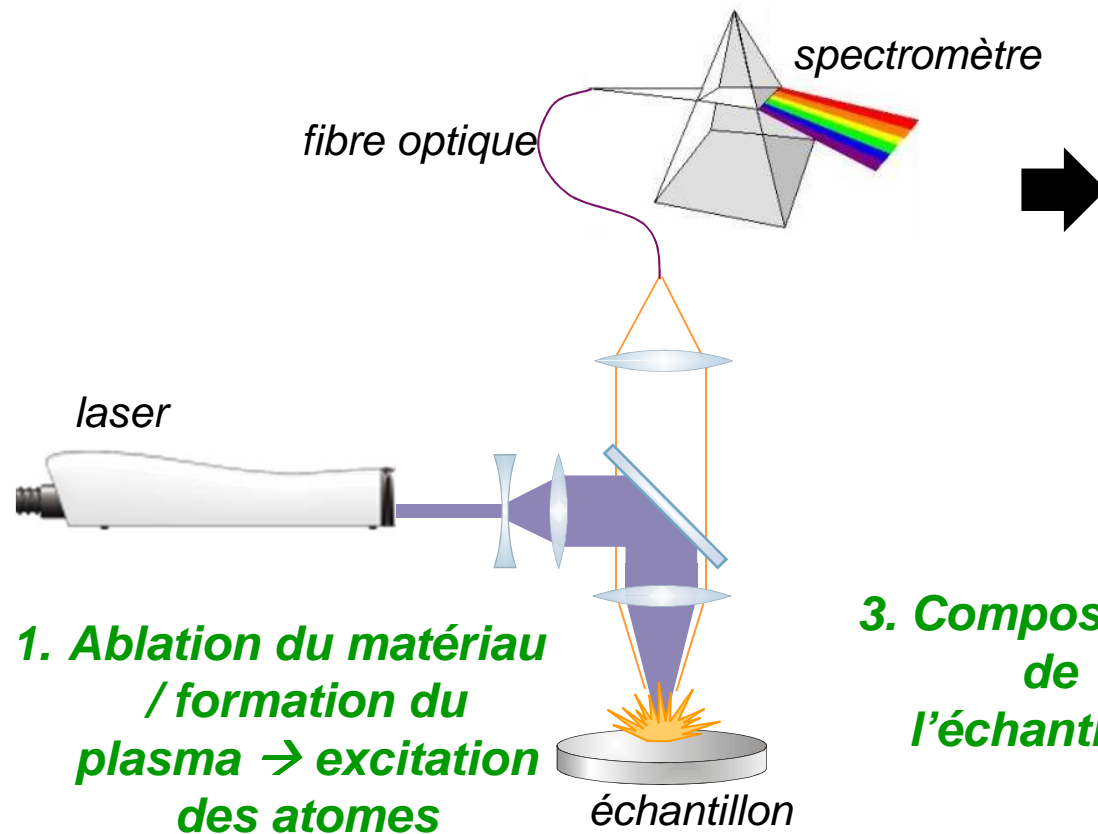


+ rapporter un échantillon au laboratoire d'analyse n'est pas possible ou n'est pas souhaitable

Principes de la libs : technique générique

Laser-Induced Breakdown Spectroscopy ou **spectroscopie sur plasma produit par laser.**

2. Spectre



3. Composition de l'échantillon

1	H																	2	He																
3	Li	4	Be																	10	Ne														
11	Na	12	Mg																	18	Ar														
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
55	Cs	56	Ba	57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu		
87	Fr	88	Ra	89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr		

• LANTHANIDES

58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

• ACTINIDES

90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr
----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	----	-----	----	-----	----	-----	----

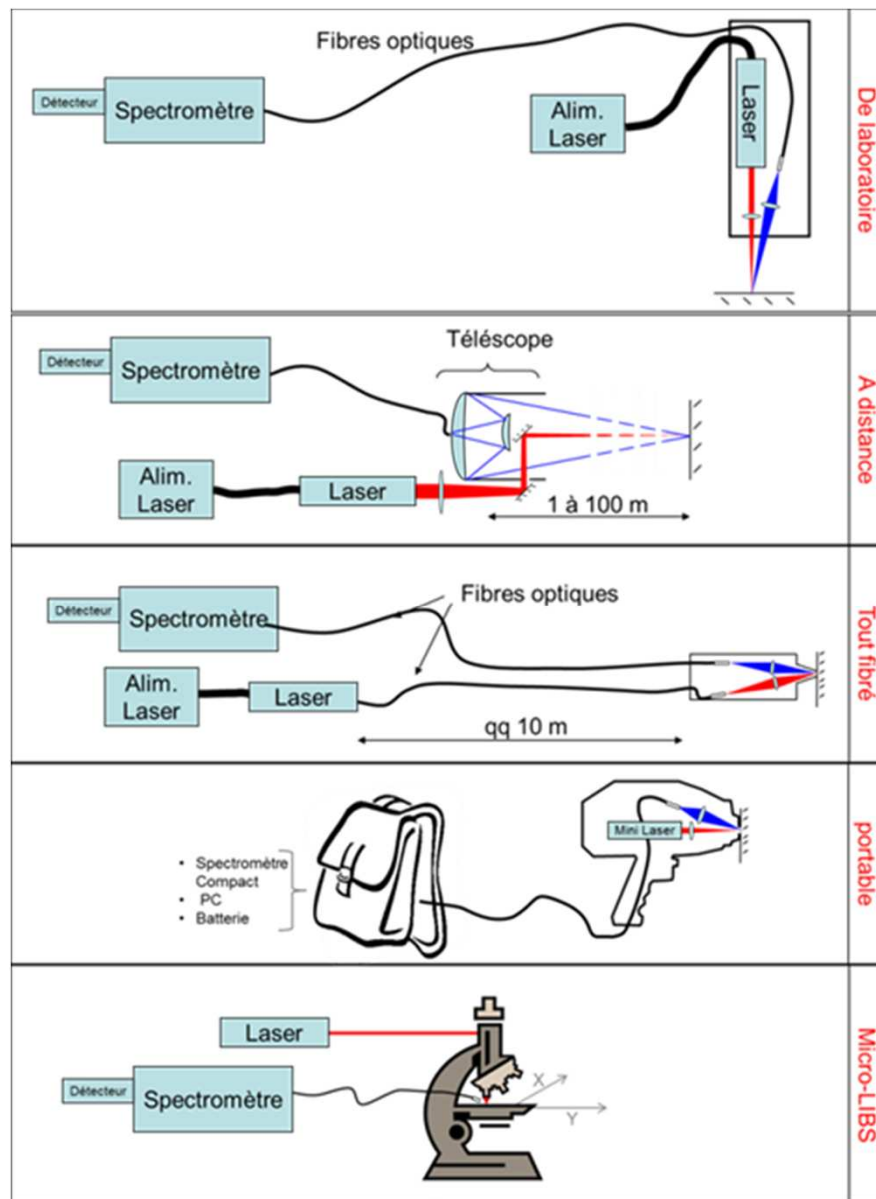
Principales caractéristiques

- ☐ Analyse multi-élémentaire
- ☐ Fonctionne sur solide, liquide et gaz
- ☐ Grande dynamique de mesure 0.1ppm à 100%
- ☐ Tout optique → - analyse à distance
- environnement hostile
- ☐ Analyse en temps réel rapide : qq secondes à qq minutes
- ☐ Possibilité d'analyse in-situ, sans prélèvement, sans préparation

The periodic table shows elements color-coded as follows:

- Red squares:** Most elements, including all metals and non-metals.
- Yellow squares:** Hydrogen (H), Helium (He), Lithium (Li), Beryllium (Be), Boron (B), Carbon (C), Nitrogen (N), Oxygen (O), Fluorine (F), Neon (Ne), Sodium (Na), Magnesium (Mg), Aluminum (Al), Silicon (Si), Phosphorus (P), Sulfur (S), Chlorine (Cl), Argon (Ar), Potassium (K), Calcium (Ca), Scandium (Sc), Titanium (Ti), Vanadium (V), Chromium (Cr), Manganese (Mn), Iron (Fe), Cobalt (Co), Nickel (Ni), Copper (Cu), Zinc (Zn), Gallium (Ga), Germanium (Ge), Arsenic (As), Selenium (Se), Bromine (Br), Krypton (Kr), Rubidium (Rb), Strontium (Sr), Yttrium (Y), Zirconium (Zr), Niobium (Nb), Molybdenum (Mo), Technetium (Tc), Ruthenium (Ru), Rhodium (Rh), Palladium (Pd), Silver (Ag), Cadmium (Cd), Indium (In), Tin (Sn), Antimony (Sb), Tellurium (Te), Iodine (I), Xenon (Xe), Cesium (Cs), Barium (Ba), Lanthanum (La), Cerium (Ce), Praseodymium (Pr), Neodymium (Nd), Promethium (Pm), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Thulium (Tm), Ytterbium (Yb), Lutetium (Lu), Francium (Fr), Radium (Ra), Actinium (Ac), Thorium (Th), Protactinium (Pa), Uranium (U), Neptunium (Np), Plutonium (Pu), Americium (Am), Curium (Cm), Berkelium (Bk), Californium (Cf), Einsteinium (Es), Fermium (Fm), Mendelevium (Md), Nobelium (No), and Lawrencium (Lr).
- White squares:** None.

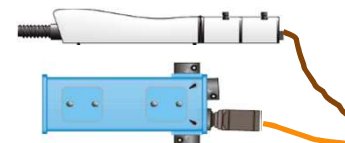
Différentes configurations existent déjà *sans présager des besoins futur*



De laboratoire



Tout fibré, tête jetable



Portable



Micro-cartographie



Analyses sur le terrain : différents concepts d'emplois



- ✓ Détection de contamination
- ✓ Reconnaissance de contaminants
- ✓ Contrôles douaniers/NRBC/contrefaçon



- ✓ Reconnaissance de nuances d'aciers



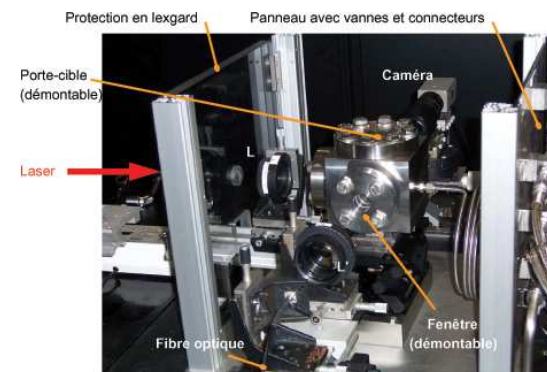
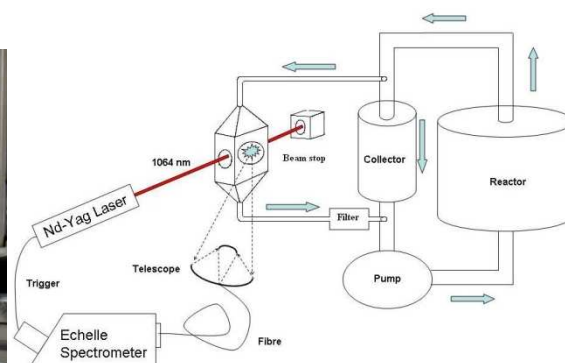
- ✓ Tris de matériaux/déchets



- ✓ Analyse de roches
- ✓ Analyse de polluants

Analyse en ligne pour le contrôle de procédé, la sécurité des salariés, l'émission de pollution

Contrôle en ligne (*in situ* et *temps réel*) sur l'unité fabrication nanopoudre SiC du CEA/DMN



Mesure *in situ* et *temps réel* d'aérosols dans les gaz



Mesure *in situ* et *temps réel* d'aérosols dans les atmosphères de travail

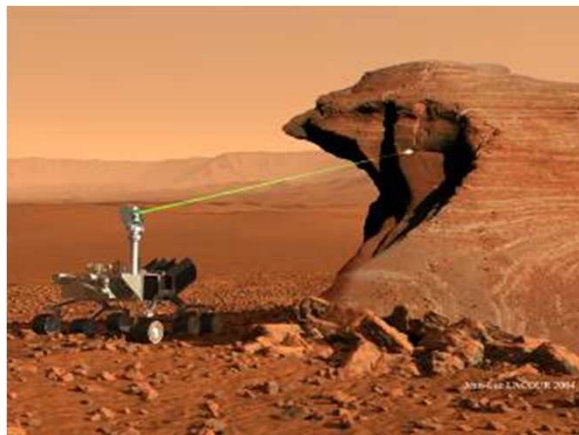


Mesure (*in situ* et *temps réel*) des particules métalliques dans les rejets gazeux (cheminées)

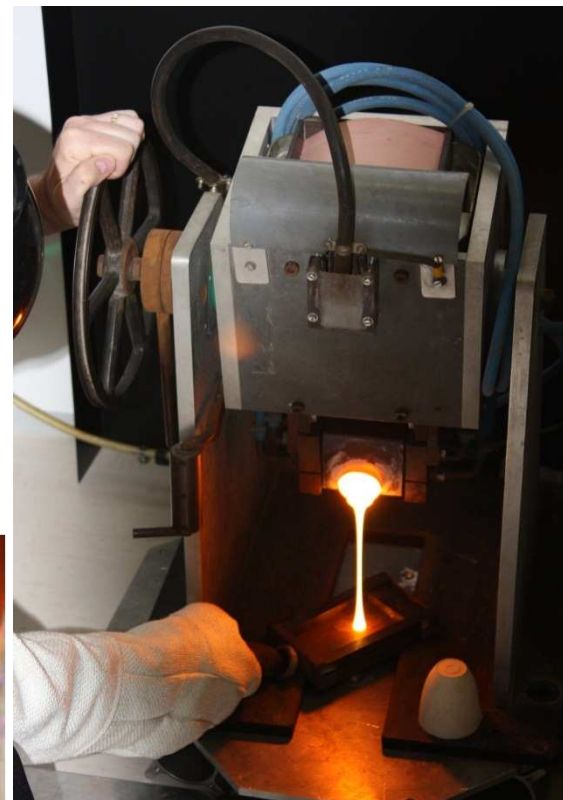
Analyse à distance : analyse avec accès difficile à l'échantillon



✓ Analyse de roches à distance



✓ Exploration spatial (Curiosity explore Mars avec une LIBS CEA)



✓ Analyse in situ dans le verre en fusion

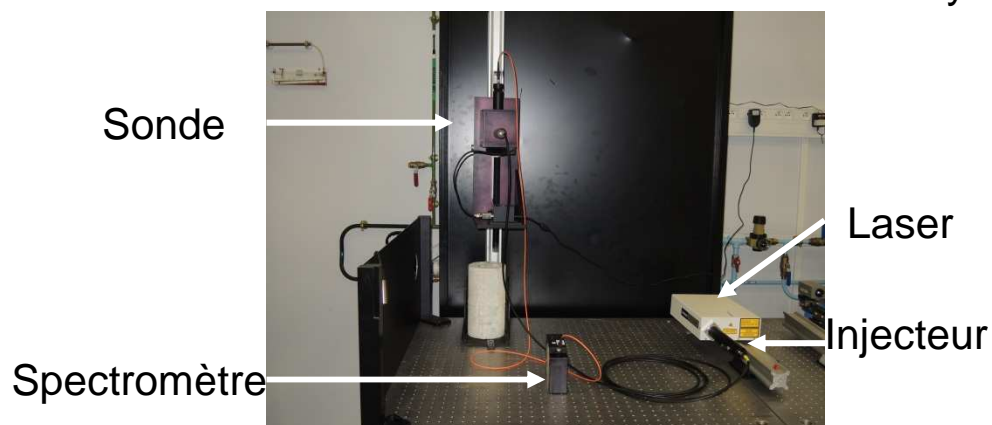
✓ Analyse in situ dans le métal en fusion (hydrometallurgie)

Analyse *in situ* dans des « trous de carottes »

- mesure en profondeur de la contamination dans des dalles béton, des murs, des sols
- Mesure en profondeur de la pollution dans des surfaces agricoles (*boues d'épandage, programme européen Horizon 2020*)

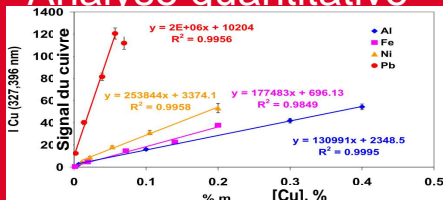


2014 : En cours de tests en laboratoire à Saclay



libs = technologie *générique* mais *nécessite une spécification / application visée*

Analyse quantitative



Micro-analyse, cartographie

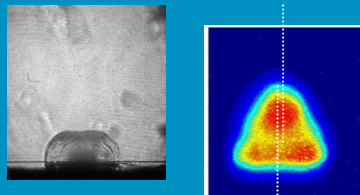


Reconnaissance de matériaux



La LIBS au CEA (~ 10 personnes)

Recherche fondamentale



Instrumentation



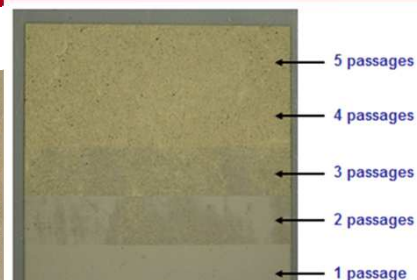
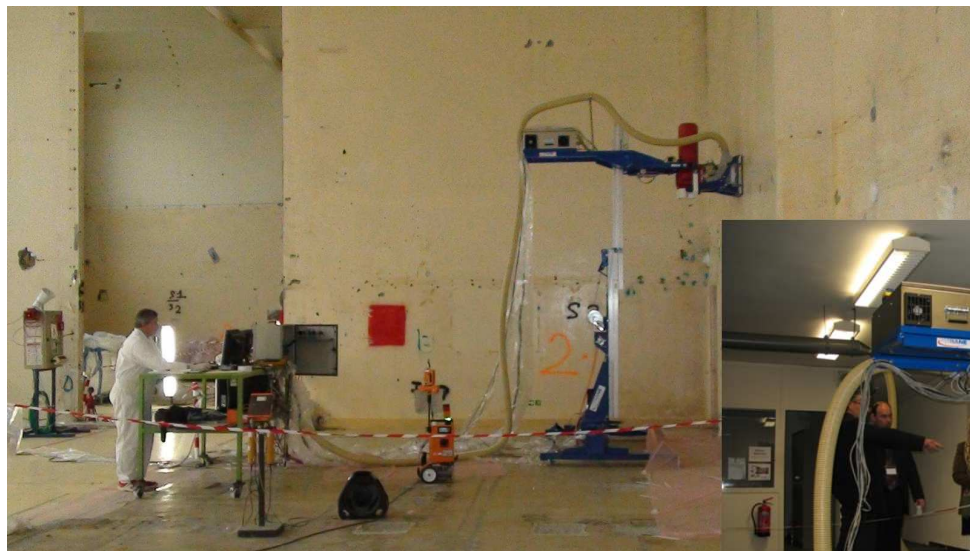
- ✓ **Expertise forte** et reconnue en LIBS (nat. et internat.) : publications, participations et invitations à congrès
- ✓ Des projets liés à différents aspects (**cycle du combustible nucléaire; applications « défense », technologie pour la santé, ou industrielles,**

- ✓ **7 thèses soutenues ou en cours**
- ✓ **12 publications sur 2008-2013**
- ✓ **9 brevets (dont 3 en 2008-2013)**
- ✓ **Contrats ASTRE, All, OSEO, ADEME**
- ✓ **Des démonstrations sur site**

✓ **capacité au transfert (licences) et à l'accompagnement industriel**

Nouveau concept décontamination par ablation laser - aspilaser

Démonstration aux ATUE – Cadarache



Domaines d'application

Nucléaire & Hors nucléaire

- dépeinturage,
- décapage
- décontamination chimique

Intérêt

- ➔ Facteur de décontamination important, pas de redépôt, pas de ressuage
- ➔ Déchets réduits car limités à l'épaisseur contaminée (gestion et coût)
- ➔ Récupération complète des substances ablatée (gaz et aérosols)
- ➔ Entièrement automatisé, autonome, compact et sécurisé
- ➔ Possibilité de co-activité
- ➔ Réduction de la dose reçue par les opérateurs (ALARA)
- ➔ Technologie brevetée, dépôt du nom Aspilaser
- ➔ Industrialisation du procédé en 2010

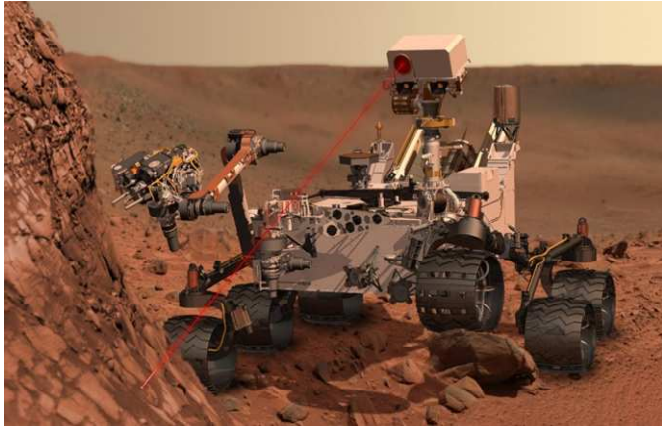
Mesure libs à distance... sur Mars (Curiosity)

Un développement du CEA/SEARS

20 juin au CEA Saclay : anniversaire de la
1ère année d'exploration Martienne de
Curiosity, 100 000 tirs lasers; 10 000
spectres LIBS acquis



✓ capacité au transfert (licences), aux démonstrations et à l'accompagnement industriel



Contact :

Gilles.moutiers@cea.fr

TEL : 01 69 08 23 19
Centre de Saclay



Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Saclay | Bat 467. 91191 Gif sur yvette
T. +33 (0)1 69 08 23 19

Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019

Direction de l'Energie Nucléaire
Département de Physico Chimie
Service d'Etude Analytiques