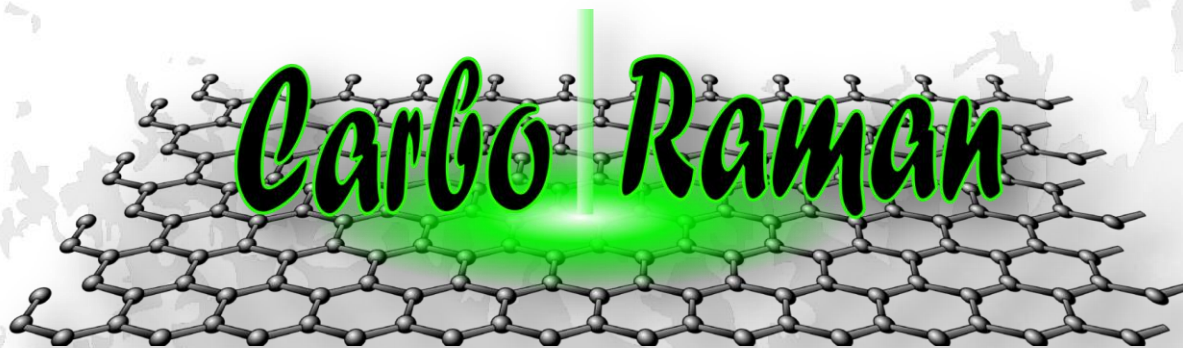




## Ecole thématique du CNRS



Domaine de Chalès, Nouan le Fuzelier  
12-17 Octobre 2014

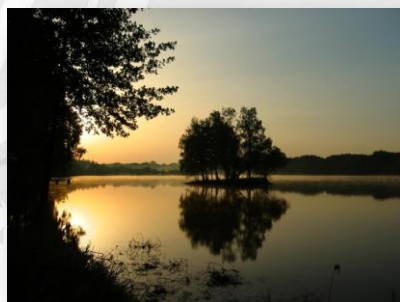
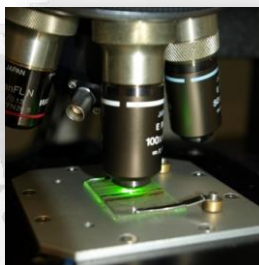
Région



Centre



GFSV



# Programme

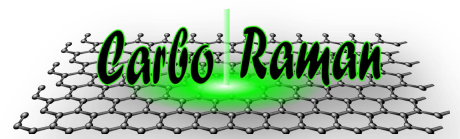
[www.carboraman.cnrs-orleans.fr](http://www.carboraman.cnrs-orleans.fr)

*Contacts:*

*Frédéric Foucher,  
CBM, UPR CNRS 4301,  
rue Charles Sadron,  
45071 Orléans cedex 2.  
Tel.: 02 38 25 76 41 / 06 62 89 11 19*

*Patrick Simon,  
CEMHTI, UPR CNRS 3079,  
1D avenue de la Recherche Scientifique,  
45071 Orléans cedex 2.  
Tel.: 02 38 25 55 21 / 06 14 56 78 34*

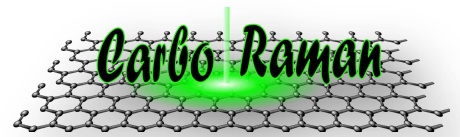
*Hôtel Domaine de Chalès  
Route de Saint-Viatre  
41600 Nouan le Fuzelier  
Tel.: 02 54 95 68 68*



# Sommaire

Programme	3
Emploi du temps	5
Programme détaillé	7
<i>Lundi</i>	8
<i>Mardi</i>	10
<i>Mercredi</i>	12
<i>Jeudi</i>	14
<i>Vendredi</i>	16
TP et TD	17
Posters	21
<i>Listes</i>	23
<i>Résumés</i>	25
Infos pratiques	37
<i>Plan du Domaine</i>	38
<i>Liste des participants</i>	39
<i>Sponsors</i>	40





# Programme

Accueil des participants dimanche 12 octobre dès 15h30 . Buffet à partir de 19h00. Rapide tour de table des participants après le dîner.

## Lundi 13 octobre

**8h30-9h00** Discours d'introduction. – *Frédéric Foucher et Patrick Simon*

**9h00-10h30** Physique de l'effet Raman 1/2. – *Patrick Simon*

**10h30-11h00** *Pause café*

**11h00-12h30** Théorie des groupes et cristallographie. – *Alain Bulou*

**12h30-14h00** *Déjeuner*

**14h00-15h30** Physique de l'effet Raman 2/2. – *Patrick Simon*

**15h30-16h00** *Pause café*

**16h00-17h30** Zoologie et diversité du carbone . – *Encarnacion Raymundo*

**17h30-18h30** Discussions.

**18h30-19h00** *Pause*

**A partir de 19h00** *Séance posters avec apéritif et buffet.*

## Mardi 14 octobre

**8h30-10h00** Spectroscopie Raman des carbones 1/2. – *Marcos A. Pimenta*

**10h00-10h30** *Pause café*

**10h30-11h30** Spectroscopie Raman des carbones 2/2. – *Marcos A. Pimenta*

**11h30-12h30** Présentations des constructeurs. – *Bruker, Horiba, Renishaw, ThermoFisher, WITec.*

**12h30-14h00** *Déjeuner*

**14h00-15h30** Travaux pratiques et dirigés au château.

**15h30-16h00** *Pause café*

**16h00-17h30** La matière carbonée en géologie et son étude par spectroscopie Raman. – *Mark Van Zuilen*

**17h30-18h30** Discussions.

**18h30-19h30** *Pause avec accès posters.*

**19h30-21h00** *Dîner.*

**21h00-22h00** La spectroscopie Raman appliquée aux matériaux du patrimoine culturel. - *Ludovic Bellot-Gurlet*

### **Mercredi 15 octobre**

**8h30-9h30** Instrumentation. – *Jean Dubessy*

**9h30-10h30** Matériaux composites, fibres et couches minces. Synthèse et propriétés- *Georges Chollon*

**10h00-10h30** *Pause café*

**11h00-12h30** Nanocarbones, graphènes, nanotubes et nanocomposites: effet de l'environnement et des paramètres d'observation. - *Pascal Puech*

**12h30-14h00** *Buffet*

**14h00-18h30** *Center Parcs (départ 13h30), visite du radiotélescope de Nançay ou après-midi libre.*

**18h30-19h30** *Pause avec accès posters.*

**19h30-21h00** *Dîner.*

**21h00-22h00** *La spectroscopie Raman à la conquête de Mars. - Fernando Rull Pérez*

### **Judi 16 octobre**

**8h30-9h30** *Imagerie, couplage et traitement des données. - Bernard Humbert*

**9h30-10h00** *Conditions extrêmes 1/2 : haute température et haute pression. – Vittoria Pischedda*

**10h00-10h30** *Conditions extrêmes 2/2 : carbone sous irradiation. - Mohamed Ramzi Ammar*

**10h30-11h00** *Pause café*

**11h00-12h30** *Suivis des processus de carbonisation et application: de la caractérisation des gaz des schistes à l'archéométrie des grottes préhistoriques. - Jean-Noël Rouzaud*

**12h30-14h00** *Déjeuner*

**14h00-15h30** *Travaux pratiques et dirigés au château.*

**15h30-16h00** *Pause café*

**16h00-17h30** *Chondrites carbonées - Eric Quirico*

**17h30-18h30** *Discussions.*

**18h30-19h00** *Pause avec accès posters.*

**A partir de 19h00** *Dîner de gala et soirée .*

### **Vendredi 17 octobre**

**8h30-9h30** *Modélisation numérique. - Razvan Caracas*

**9h30-10h30** *Spectroscopie Raman de la matière carbonée pour l'exobiologie. – Frédéric Foucher*

**10h30-11h00** *Pause café*

**11h00-12h30** *Conclusion et table ronde.*

**12h30-14h00** *Buffet*

**13h30** *Départ navette vers gare d'Orléans.*

Dimanche 12/10		Lundi 13/10		Mardi 14/10		Mercredi 15/10		Jeudi 16/10		Vendredi 17/10	
8h30-9h00	Discours d'introduction Physique de l'effet Raman 1/2 (Patrick Simon)	Spectroscopie Raman des carbonés 1/2 (Marcos Pimenta)		Instrumentation (Jean Dubessy)		Imagerie, couplage et traitement des données. (Bernard Humbert)		Modélisation numérique (Razvan Caracas)		Spectroscopie Raman de la matière carbonée pour l'exobiologie (Frédéric Foucher)	
9h00-9h30		Pause café		Synthèse et propriétés. (Georges Chellon)		Conditions extrêmes (T, haute température et haute pression) (Victoria Roca) et conditions extrêmes (pression, irradiation) (Mabrouk Ramli-Lamine)		Pause café		Pause café	
9h30-10h00	Théorie des groupes et cristallographie (Alain Bulou)	Spectroscopie Raman des carbonés 1/2 (Marcos Pimenta)		Nanocarbones, graphènes, nanotubes et nanocomposites: effet de l'environnement et des paramètres d'observation. (Pascal Pusch)		Suivi des processus de carbonisation et application: de la caractérisation des gaz des solides à l'archéométrie des grottes préhistoriques. (Jean-Noël Rouzaud)		Chondrites carbonées (Eric Quirico)		Conclusion et table ronde	
10h00-10h30		Présentations constructeurs		Déjeuner		Buffet		TD et TP en parallèles		Buffet	
10h30-11h00	Déjeuner	TD et TP en parallèles		Déjeuner		Buffet		Pause café		Buffet	
11h00-11h30		Physique de l'effet Raman 2/2 (Patrick Simon)		TD et TP en parallèles		Buffet		Pause café		Buffet	
11h30-12h00	Déjeuner	La matière carbonée en géologie et son étude par spectroscopie Raman (Mark van Zullen)		Déjeuner		Buffet		Chondrites carbonées (Eric Quirico)		Buffet	
12h00-12h30		Discussions		TD et TP en parallèles		Buffet		Discussions		Buffet	
12h30-13h00	Zoologie et diversité du carbone (Encarnacion Raymundo)	Discussions		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
13h00-13h30		Pause café		TD et TP en parallèles		Buffet		Discussions		Buffet	
13h30-14h00	Accueil des participants	Pause café		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
14h00-14h30		Pause café		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
14h30-15h00	Buffet pendant séance posters	La matière carbonée en géologie et son étude par spectroscopie Raman (Mark van Zullen)		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
15h00-15h30		Discussions		TD et TP en parallèles		Buffet		Discussions		Buffet	
15h30-16h00	Buffet	Pause café		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
16h00-16h30		Pause café		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
16h30-17h00	Table ronde	La spectroscopie Raman appliquée aux matériaux du patrimoine (Ludovic Baillet-Gurliet)		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
17h00-17h30		Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
17h30-18h00	Table ronde	Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
18h00-18h30		Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
18h30-19h00	Table ronde	Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
19h00-19h30		Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
19h30-20h00	Table ronde	Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
20h00-20h30		Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
20h30-21h00	Table ronde	Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
21h00-21h30		Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
21h30-22h00	Table ronde	Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
22h00-22h30		Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
22h30-23h00	Table ronde	Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	
		Dîner		Déjeuner		Buffet		Discussions		Buffet	





# Programme détaillé

# Lundi 13 octobre

## **8h30-9h00 Discours d'introduction. – Frédéric Foucher<sup>1</sup> et Patrick Simon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>CBM, CNRS, Orléans. <sup>2</sup>CEMHTI, CNRS, Orléans.

Rapide historique de l'école, remerciements, discours des sponsors publiques présents et présentation du programme.

## **9h00-10h30 Physique du l'effet Raman 1/2. – Patrick Simon**

CEMHTI, CNRS, Orléans.

Ce cours en deux parties aura pour objectif de décrire les processus physiques à l'origine de l'effet Raman. Dans cette première partie, seront abordées les différentes interactions photons/matière, élastique et inélastique dont la fluorescence, la diffusion Rayleigh et la diffusion Stokes et anti Stokes. L'effet Raman sera ensuite détaillé avec explication des différents ordres et du Raman de résonance. Enfin, le principe de la spectroscopie Raman sera abordé.

## **10h30-11h00 Pause café aux Sapins**

## **11h00-12h30 Théorie des groupes et cristallographie. – Alain Bulou**

IMMM, CNRS/Université du Maine, Le Mans.

La spectroscopie Raman renseigne sur l'arrangement moléculaire et cristallographique des atomes. Ce cours abordera donc les notions de symétrie et de groupes d'espace permettant de décrire les structures cristallines à cette échelle.

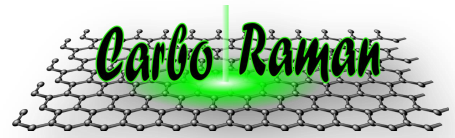
## **12h30-14h00 Déjeuner aux Tilleuls**

## **14h00-15h30 Physique du l'effet Raman 2/2. – Patrick Simon**

CEMHTI, CNRS, Orléans.

A la lumière du cours précédent, les modes de vibrations à l'origine de la position des pics d'un spectre Raman pourront être expliqués. Les notions de polarisabilité et de polarisation, respectivement associées à la spectroscopie Raman et à la spectroscopie infrarouge, permettront également de décrire les règles de sélection.

## **15h30-16h00 Pause café aux Sapins**



**16h00-17h30 Zoologie et diversité du carbone. – Encarnacion Raymundo**

*CEMHTI, CNRS, Orléans.*

Ce cours traitera du carbone dans l'univers, du vivant à la géologie et aux matériaux. Le carbone est le quatrième élément le plus abondant dans l'univers (après H, He et O). Ses propriétés physicochimiques, telles que sa tétravalence, font du carbone l'élément dont la chimie est la plus riche (chimie organique et inorganique). Ce sont notamment ces propriétés particulières qui le rendent indispensable à la vie. Le carbone et les composés qu'il forme, se retrouvent naturellement dans les roches : kérogènes, graphite, diamant... Enfin, il est utilisé sous différentes formes dans l'industrie et en science de matériaux : nanotubes, graphène, composites,...

**17h30-18h30 Discussions**

**18h30-19h00 Pause**

**A partir de 19h00 Séance posters avec apéritif et buffet dînatoire aux Sapins .**

# Mardi 14 octobre

## **8h30-10h00 Spectroscopie Raman des carbones 1/2. – Marcos A. Pimenta**

*Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brésil.*

En se basant sur les cours de la veille, le spectre type des différentes sortes de matière carbonée sera décrit. Les notions d'hybridation  $sp^2$  et  $sp^3$  seront abordées. L'origine des bandes G et D aux premier et deuxième ordres sera explicitée en relation avec la taille des cristallites, l'ordre d'empilement et le nombre de plans. Enfin, les effets de surface et de polissage notamment seront décrits.

## **10h00-10h30 Pause café aux Sapins**

## **10h30-11h30 Spectroscopie Raman des carbones 2/2. – Marcos A. Pimenta**

*Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brésil.*

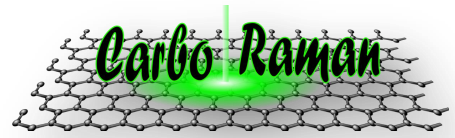
Dans la seconde partie du cours, la discussion se concentrera sur les graphènes et les nanotubes avec: la structure électronique du graphène et le confinement quantique dans les nanotubes, la caractéristique du premier ordre (G et RBM), la dispersion des phonons, les double et triple résonances (2D band), l'analyse de « graphene edges » par Raman, la Résonance Raman Spectroscopy (RRS) et l'assignement des index (n,m) dans les nanotubes, la structure électronique et la dispersion à proximité de point de Dirac par RRS, la mesure de l'anomalie de Kohn et la caractérisation de « twisted graphene layers » par RRS.

## **11h30-12h30 Présentations des constructeurs. – Bruker, Horiba, Renishaw, ThermoFisher, WITec.**

## **12h30-14h00 Déjeuner aux Tilleuls**

## **14h00-15h30 Travaux pratiques et dirigés au château.**

## **15h30-16h00 Pause café au château**



**16h00-17h30 La matière carbonée en géologie et son étude par spectroscopie Raman. – Mark Van Zuilen**

*IPGP, CNRS/PRES Sorbonne Paris Cité.*

Ce cours sera dédié à l'étude du matériel biologique dans les roches à travers le temps: l'effet de la diagénèse et du métamorphisme. Seront abordés : les processus abiotiques dans la nature (réaction de Fischer Tropsch, siderite-decomposition, fluid-deposited graphite), l'analyse Raman de kérogène dans les roches du Précambrien (sédiments vs dépôts hydrothermaux), et les artefacts et les importantes controverses. Deux cas particuliers seront décrits : les fluid-deposited graphites et les shungites. Enfin, la cartographie Raman hyperspectrale de microfossiles organiques sera présentée.

**17h30-18h30 Discussions**

**18h30-19h30 Pause avec accès posters aux Sapins**

**19h30-21h00 Dîner aux Tilleuls**

**21h00-22h00 Conférence invitée: La spectroscopie Raman appliquée aux matériaux du patrimoine. - Ludovic Bellot-Gurlet**

*MONARIS, CNRS/Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.*

Cette présentation sera dédiée à l'utilisation de la spectroscopie Raman pour différentes problématiques touchant les matériaux du patrimoine : connaissance des matériaux et techniques anciennes, conservation et restauration. Des exemples d'études exploitant les performances analytiques actuelles (fortes sensibilités, appareillages portables, imagerie, SERS,...) seront présentées. Les questionnements touchent l'archéologie (matières premières et leurs transformations), la protection des bois (verniss, laques), le diagnostic de la corrosion des objets ferreux, ....

# Mercredi 14 octobre

## **8h30-9h30 Instrumentation. – Jean Dubessy**

*GéoRessources, CNRS/Université de Lorraine, Nancy.*

Cours sur l'instrumentation: spectromètre, camera CCD, choix de la longueur d'onde du laser, objectif et résolution, effets de polarisation, aberration chromatique, Raman dans l'UV et FT Raman.

## **9h30-10h30 Matériaux composites, fibres et couches minces. Synthèse et propriétés. - Georges Chollon**

*LCTS, CNRS/Université de Bordeaux 1/Snecma Propulsion Solide/CEA, Bordeaux.*

Ce cours s'intéressera aux matériaux composites, aux fibres de carbone et aux carbones en couches minces, de type DLC notamment. La synthèse de ces matériaux sera décrite et la mesure de leurs propriétés physico-chimiques et mécaniques par spectroscopie Raman sera présentée.

## **10h30-11h00 Pause café au château**

## **11h00-12h30 Nanocarbones, graphènes, nanotubes et nanocomposites: effet de l'environnement et des paramètres d'observation. - Pascal Puech**

*CEMES, CNRS, Toulouse.*

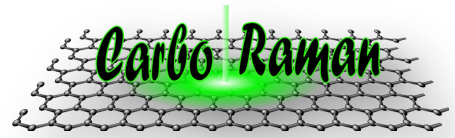
Dans cet exposé, nous analyserons les effets de physisorption, de chimisorption, les transferts de charge et aussi de manière très générale l'interaction des liquides/matrices avec les surfaces carbonées. En partant des observations expérimentales et de calculs ab-initio, il est possible de remonter à la charge transférée par atome de carbone de surface.

Les paramètres d'observation sont très variés : en modifiant la polarisation, on accède à l'orientation des nanotubes; en localisant en champ proche par une pointe, on descend à des résolutions de 10nm ; en suivant les résonances par multi-longueur d'onde, on trouve les positions des niveaux de Fermi dans les graphites intercalés ou on sélectionne des familles de nanotubes ; en suivant les décalages en nombre d'onde et les élargissements des modes ou le rapport Stokes/Anti-Stokes relatif, on détermine la température ; en observant les phonons chauds c'est-à-dire hors équilibre sur des dispositifs en fonctionnement, on confirme la limitation du transport balistique électronique; en appliquant des déformations, on détermine le comportement mécanique des nanoobjets, etc.

Ces travaux assez fondamentaux permettent d'aborder sereinement des applications beaucoup moins fondamentales comme les nano-composites ou les roches à gaz de schiste par exemple.

L'amélioration des composites par incorporation d'une charge de nanoobjets est directement liée à leur dispersion. La spectrométrie Raman est un moyen nouveau d'analyse dans ce domaine qui apporte des informations sur l'état d'agglomération et les groupements en interaction avec les nanocarbones. Nous présenterons une revue des travaux dans le domaine. Pour les roches, ou les carbones en général, l'approche multi-longueur d'onde permet d'observer du signal Raman dans tous les cas et l'UV, seul élément que nous présenterons, est particulièrement utile pour éliminer le fond diffus Raman.

## **12h30-14h00 Déjeuner aux Tilleuls**



**12h30-13h30 Déjeuner aux Tilleuls**

**13h30-18h30 Après-midi Center Parcs.**

**13h30-18h30 Visite Pôle des étoiles et radiotélescope de Nancy.**

**18h30-19h30 Pause avec accès posters**

**19h30-21h00 Dîner aux Tilleuls**

**21h00-22h00 La spectroscopie Raman à la conquête de Mars. - *Fernando Rull Pérez***

*Unidad Asociada UVA-CSIC a través del Centro de Astrobiología (CAB), Valladolid, Espagne.*

La future mission ExoMars 2018 de l'agence spatiale européenne ESA et russe Roscosmos, aura pour objectif la recherche de traces de vie actuelle ou fossile à la surface et dans le sous-sol de Mars. Pour mener à bien ces investigations, le rover de la mission sera équipé d'un spectromètre Raman RLS capable notamment de détecter du carbone potentiellement d'origine biologique. Cette présentation s'intéressera à l'apport du Raman pour l'exploration spatiale en général avant d'aborder l'historique du développement de l'instrument de la mission ExoMars.

# Jeudi 16 octobre

## **8h30-9h30 Imagerie, couplage et traitement des données. - Bernard Humbert**

*IMN, CNRS/Université de Nantes.*

Cours sur les modes d'acquisition (ponctuel, différents types d'imagerie) et sur les couplages avec d'autres techniques, e.g. MEB, AFM, cathodoluminescence...

## **9h30-10h00 Conditions extrêmes 1/2 : haute température et haute pression. – Vittoria Pischedda**

*ILM, CNRS/Université Claude Bernard, Lyon 1.*

Cette première partie du cours sur l'analyse Raman de matériaux carbonés en conditions extrêmes s'intéressera aux hautes températures et hautes pressions.

## **10h00-10h30 Conditions extrêmes 2/2 : carbone sous irradiation. - Mohamed Ramzi Ammar**

*CEMTI, CNRS, Orléans.*

Cette seconde partie du cours sur l'analyse Raman de matériaux carbonés en conditions extrêmes s'intéressera aux carbones sous irradiation.

## **10h30-11h00 Pause café au château**

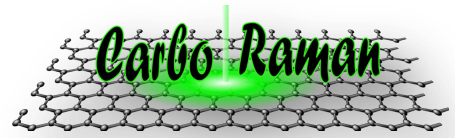
## **11h00-12h30 Suivi des processus de carbonisation et application: de la caractérisation des gaz des schistes à l'archéométrie des grottes préhistoriques. - Jean-Noël Rouzaud**

*Laboratoire de Géologie de l'Ecole Normale Supérieure, CNRS/ENS, Paris.*

Ce cours s'intéressera à l'utilisation du Raman pour suivre des phénomènes de base en sciences des carbones : graphitisations, amorphisations, et surtout carbonisations. Les applications de l'étude des carbonisations seront appliqués au domaine pétrolier, pour la caractérisation des huiles/gaz de roches-mère (gaz de schistes), et à l'archéométrie, avec l'analyse des charbons et suies de grottes préhistoriques. Le principe de la géothermométrie Raman et les limites de cette méthode seront décrites.

## **12h30-14h00 Déjeuner aux Tilleuls**





**14h00-15h30 Travaux pratiques et dirigés au château.**

**15h30-16h00 Pause café au château**

**16h00-17h30 Chondrites carbonées. - Eric Quirico**

*IPAG, CNRS/Université Joseph Fourier, Grenoble 1.*

Ce cours sera dédié à l'étude des carbones extraterrestres et plus particulièrement des chondrites carbonées. Le lien sera fait avec les cours précédents, notamment sur le carbone sous irradiation, pour ce qui concerne la formation et l'évolution de phases dans les disques protoplanétaires, et sous haute température et haute pression, pour le traitement des effets d'ondes de chocs dans les astéroïdes..

**17h30-18h30 Discussions**

**18h30-19h00 Pause avec accès posters aux Sapins**

**A partir de 19h00 Dîner de gala à la salle Bowling**

# Vendredi 16 octobre

## **8h30-9h30 Modélisation numérique. - Razvan Caracas**

*LGLTPE, UMR CNRS 5276, ENS Lyon, Université Claude Bernard - Lyon 1.*

Ce cours s'intéressera à la modélisation numérique *ab initio* de l'effet Raman et à son application pour l'étude des carbonés.

## **9h30-10h30 Spectroscopie Raman de la matière carbonée pour l'exobiologie. – Frédéric Foucher**

*CBM, UPR CNRS 4301, Orléans.*

L'exobiologie s'intéresse à l'origine de la vie sur Terre et à la recherche de vie extraterrestre. Dans ce cours, l'importance de la matière carbonée et l'utilité de la spectroscopie Raman pour son étude seront abordées, depuis l'analyse des météorites jusqu'à la recherche de vie extraterrestres en passant par l'analyse des plus anciennes traces de vie.

## **10h30-11h00 Pause café aux Sapins**

## **11h00-12h30 Table ronde et conclusion**

Bilan de la semaine, suite à donner.

## **12h30-14h00 Buffet**

## **13h15 Départ navette vers gare d'Orléans.**

TP et TD

# TP et TD

Deux sessions de travaux pratiques et de travaux dirigés sont prévues les mardi 14 et jeudi 16 de 14h00 à 15h30. Ils dureront 40 min ce qui permettra à chaque participant de choisir 4 TP/TD parmi les 8 TP et les 2 TD proposés.

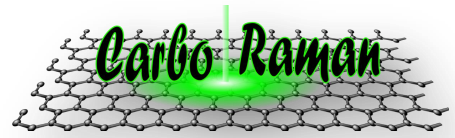
## Travaux pratiques

Les travaux pratiques se feront sur le matériel mis à disposition par les constructeurs.

	Mardi	Jeudi
<b>Constructeur</b>	<b>TP1</b>	<b>TP2</b>
<b>Thermo Fisher</b>	4 - Les différents types de carbone	3- Nanotubes
<b>WITec</b>	5- Carbones naturels	1 - Cartographie de microfossiles
<b>Horiba</b>	3- Nanotubes	2 - La découverte du graphène
<b>Renishaw</b>	1 - Cartographie de microfossiles	7- Instrumentation
<b>Bruker</b>	4 - Les différents types de carbone	6- Evolution avec le métamorphisme
<b>Opton Laser</b>		4 - Les différents types de carbone
	8- Raman portable	8- Raman portable

## Travaux dirigés

Mardi de 14h00 à 14h40	Mardi de 14h50 à 15h30
1 - Calculs de changement d'unités (Patrick Simon)	2 – Déconvolution, fit et interprétation des spectres (Thierry Michel)



## Travaux pratiques

### 1 - Cartographie de microfossiles – *Frédéric Foucher*

*Renishaw (mardi) et WITec (jeudi).*

Lors de ce TP, des microorganismes fossilisés seront observés par microscopie optique en lumière transmise avant d'être caractérisés par spectroscopie Raman. L'objectif sera notamment la réalisation de cartographies compositionnelles en 2 et 3 dimensions.

### 2 - La découverte du graphène – *Thierry Michel*

*Horiba (jeudi).*

Le but de ce TP sera d'illustrer la procédure d'imagerie Raman d'un échantillon de graphène et le traitement de la cartographie obtenue. Quelques analyses simples sur les cartographies seront réalisées afin d'en déduire quelques caractéristiques morphologiques et structurales de l'échantillon étudié. Les effets d'échauffement d'un échantillon et/ou de changement de longueur d'onde seront également illustrés.

### 3 - Nanotubes – *Thierry Michel*

*Horiba (mardi) et Thermo Fisher (jeudi).*

Le but de ce TP sera d'illustrer sur trois exemples d'échantillons commerciaux le caractère résonnant de la spectroscopie Raman des nanotubes de carbone (NTCs) mono feuillets, d'interpréter la réponse photo-sélectionnée des NTCs semiconducteurs et des NTCs métalliques à l'aide du diagramme de Kataura et de mettre en évidence les différentes caractéristiques des échantillons étudiés. La dispersion des modes D et 2D (G') et les effets d'échauffement d'un échantillon seront également illustrés.

### 4 - Les différents types de carbone – *Jean-Noël Rouzaud*

*Bruker et ThermoFisher (mardi) et Opton Laser (jeudi).*

Lors de ce TP, différents types de carbone seront analysés: graphite, carbone vitreux, nanodiamants...

### 5 – Carbones naturels – *Mark van Zuilen*

*WITec (mardi).*

Lors de ce TP, divers échantillons contenant de la matière carbonée naturelle seront analysés : des lames minces de roches métamorphiques, des échantillons de shungites, des films de graphite associés avec les cristaux de quartz ainsi que des lames minces de l'Archéen.

### 6 – Evolution avec le métamorphisme – *Eric Quirico*

*Bruker (jeudi).*

Lors de ce TP des charbons couvrant une large gamme de maturité, issus de la banque de données de la Penn State University, seront analysés afin d'étudier l'évolution du spectre Raman de la matière carbonée avec le métamorphisme.

## **7 - Instrumentation – Jean Dubessy**

*Renishaw (jeudi).*

Lors de ce TP, les différents organes d'un spectromètre Raman seront décortiqués et les différents réglages instrumentaux abordés.

## **8 – Raman portable – Fernando Rull-Pérez**

*Prototype (mardi et jeudi).*

Lors de ce TP divers échantillons naturels et artificiels seront analysés à l'aide d'un prototype de Raman portable développé à l'université de Valladolid et au Centre d'Astrobiologie, en Espagne.

### **Travaux dirigés**

#### **1 – Calculs de changement d'unités – Patrick Simon**

*Amphi mardi de 14h00 à 14h40.*

TD sur les calculs de changement d'unités, des longueurs d'onde aux nombres d'ondes, absolus et relatifs (pour les débutants en Raman).

#### **2 – Déconvolution, fit et interprétation des spectres – Thierry Michel**

*Amphi mardi de 14h45 à 15h30.*

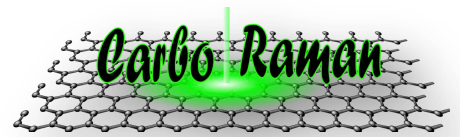
TD sur l'analyse des spectres Raman à l'aide du logiciel Fityk. Il est recommandé de venir avec son ordinateur et de prévoir quelques minutes pour installer le logiciel en début de séance (à 14h45).

# Posters





# Liste



	Poster	Résumé page
<b><i>Propriétés mécaniques et structurales de polymères encapsulants utilisés en microélectronique</i></b> Kenza Ayache et al.	P01	24
<b><i>Etude de l'applicabilité du géothermomètre RSCM dans le massif hercynien des Jebilet à histoire thermique complexe.</i></b> Sylvain Delchini et al.	P02	25
<b><i>Detection of biosignatures in silicified rocks using Raman spectroscopy</i></b> Frédéric Foucher et al.	P03	26
<b><i>Dynamique des transitions de phase dans le carbone sondées par spectroscopie Raman</i></b> Jérôme Gaudin et al.	P04	27
<b><i>Caractérisation des poussières carbonées d'intérêt astrophysique par spectroscopie VUV</i></b> Lisseth Gavilan et al.	P05	28
<b><i>Nano-sized Graphene Platelets Derived From Graphite Nanofibers</i></b> Kai Huang et al.	P06	29
<b><i>Characterization of DLC coatings thermal stability by Raman spectroscopy</i></b> Laureline Kilman et al.	P07	30
<b><i>Etude des diagrammes de phase des systèmes <math>H_2O-CO_2</math>, <math>H_2O-CH_4</math> appliquée aux lunes glacées du système solaire.</i></b> Erwan Le Menn et al.	P08	31
<b><i>Comment déterminer par spectroscopie Raman la taille des cristallites dans les nanocarbones polis ?</i></b> Olga A. Maslova et al.	P09	32
<b><i>Coupled vibrations in index-identified carbon nanotubes</i></b> Thierry Michel et al.	P10	33
<b><i>Spectroscopie Raman de clathrates <math>CH_4-N_2</math> en application à Titan</i></b> Delphine Nna-Mvondo et al.	P11	34
<b><i>Etude des propriétés structurales et vibrationnelles à hautes températures d'un verre de silicate de sodium par spectroscopie Raman</i></b> Hayat Sediki et al.	P12	35
<b><i>Imagerie Confocale Raman : Principe, instrumentation et applications</i></b> Maxime Tchaya et al.	P13	36

# Propriétés mécaniques et structurales de polymères encapsulants utilisés en microélectronique

*Kenza AYPHE, Nicolas DELORME, Jean François BARDEAU, Pascal RUELLO,  
Jean François PILARD*

*IMMM, Université du Maine, Le Mans*

*Email : kenza.ayche@live.fr*

L'engouement mondial pour les appareils nomades et la course à la sobriété énergétique font de la diminution de la taille des systèmes microélectroniques (MEMS) un enjeu majeur pour les prochaines années. Les micro-batteries au lithium sont aujourd'hui le moyen le plus efficace pour stocker et alimenter des dispositifs avec une très forte densité énergétique. Les incorporer dans des cartes de crédit comportant un écran et des touches intégrés est l'un des défis que relèvent les multinationales comme ST Micro Electronics.

Ces micro-batteries contiennent cependant du lithium métallique qui peut s'avérer très dangereux quand il est en contact avec de l'eau ou de l'air humide. Ainsi, afin de protéger les composants à une exposition à l'humidité, à la chaleur ou à une contrainte mécanique, une encapsulation de l'ensemble de la batterie est nécessaire. L'encapsulation polymère a l'avantage, comparativement à d'autres matériaux (céramique, métal), de présenter un faible coût de mise en forme et un faible poids.

L'objectif de nos travaux est de réaliser et d'étudier le comportement mécanique et structural d'assemblage de couches minces de polymères et de métaux en température et en humidité.

Deux types de polymères ont été choisis pour ce projet :

1. Le chlorure de polyvinylidène (PVDC), un polymère commercial très utilisé pour ses bonnes propriétés barrières à l'eau. Nous l'avons utilisé comme matériau de référence.

2. Un oligomère acrylate synthétisé au sein de l'IMMM à partir du recyclage du caoutchouc qui présente de bonnes propriétés barrières mais qui possède également des propriétés mécaniques intéressantes. En effet, lors de l'insertion et la désinsertion des ions lithium dans la micro batterie, les électrodes subissent une expansion volumique importante. Le polymère choisi doit donc être assez élastique pour absorber ce mouvement.

L'intérêt technologique de cet oligomère c'est qu'il peut se réticuler thermiquement ou sous l'effet d'une irradiation photonique.

La spectroscopie Raman est donc utilisée pour étudier et comprendre la cinétique de réticulation de l'oligomère en fonction des conditions expérimentales. Les mesures ont été effectuées sur des échantillons présentant différents temps d'irradiation (de 0 à 45 min) et différents paliers de température (de l'ambiante à 120°C).

Les spectres vibrationnels obtenus permettent de détecter la diminution des intensités intégrées des pics caractérisant les doubles liaisons C=C, ce qui traduit le début de la réaction de réticulation. Différentes conditions de dépôts sont aujourd'hui testées.

La compréhension de la cinétique de réticulation va donc nous permettre de prédire le comportement de l'oligomère dans le temps dans les différentes conditions de température et d'humidité de la micro-batterie.

# Etude de l'applicabilité du géothermomètre RSCM dans le massif hercynien des Jebilet à histoire thermique complexe.

*Sylvain Delchini (1), Abdeltif Lahfid (1), Alexis Plünder (2)*

*(1) BRGM, 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans-La Source, France*

*(2) UPMC Univ. Paris 06, ISTEP F-75005, Paris, France*

*Email : S.Delchini@brgm.fr ; a.lahfid@brgm.fr*

## Introduction

L'estimation des pics thermiques (paléo-températures) des roches apporte des informations indispensables à la compréhension des processus géologiques. La méthode RSCM (Raman Spectroscopy of Carbonaceous Material) est un moyen couramment utilisé pour déterminer ces paléo-températures. Jusqu'à présent, cette méthode n'a été calibrée que sur des zones ayant subi un seul événement métamorphique que ce soit régional ou de contact. Ce travail a donc pour objectif de tester l'applicabilité de la méthode RSCM dans une zone à histoire thermique ancienne et complexe (polymétamorphisme régional et de contact) : le massif hercynien des Jebilet (Maroc). Pour atteindre cet objectif, l'approche choisie consiste à réaliser une étude thermométrique basée sur l'analyse pétrographique et de la comparer à la méthode RSCM.

## Matériels et méthodes

Le degré d'organisation de la matière carbonée dans les métasédiments peut être suivi par microspectroscopie Raman. Des travaux de calibrations ont permis de mettre en évidence des corrélations linéaires (e.g. Beysac et al., 2002a ; Lahfid et al., 2010) et quadratiques (Aoya et al., 2010) entre les degrés d'organisation de la matière carbonée et les pics de température du métamorphisme, et ainsi de définir le géothermomètre RSCM valable pour la gamme 200 à 640°C avec une précision de 30°C.

## Discussion

Les températures Raman estimées dans les roches pélitiques des Jebilet montrent des variations allant de 350°C jusqu'à 640°C. Les roches dont les températures Raman dépassent 550°C possèdent un assemblage minéralogique dans le faciès des amphibolites (And – Grt – Bt ± St ± Crd) et sont fort probablement liées au métamorphisme de contact, engendré par les intrusions plutoniques. Tandis que les températures Raman de l'ordre de 370°C possèdent une paragenèse caractéristique du faciès des schistes verts (Chl – Phg ± Ab) et représenteraient le pic thermique du métamorphisme régional.

## Conclusion

La comparaison des données Raman avec les données de pétrologie montrent que le géothermomètre RSCM est applicable avec fiabilité, afin d'estimer les pics thermiques des roches pélitiques ayant subi plusieurs événements thermiques.

## Perspectives

Afin de mieux contraindre l'histoire thermique des roches pélitiques du massif des Jebilet, des calculs thermobarométriques sont en cours. D'autre part, il serait intéressant d'analyser l'effet de certains paramètres, tels que la circulation des fluides, la lithologie, sur l'évolution physico-chimique de la matière carbonée.

P03

# Detection of biosignatures in silicified rocks using Raman spectroscopy

F. Foucher<sup>1</sup>, M.R. Ammar<sup>2</sup>, and F. Westall<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CBM, CNRS, Orléans

<sup>2</sup>CEMHTI, CNRS-Université d'Orléans

Email: frederic.foucher@cnsr-orleans.fr

## Introduction

The payload of the ExoMars mission (ESA/Roscosmos) will comprise a Raman spectrometer as part of its instrument suite to help detection of possible traces of life. Potential microfossils dating back to the Noachian on Mars (-4.5 to -3.5 Ga) may have been silicified by hydrothermal fluids and could thus be very similar to the oldest traces of life found on Earth in cherts from Australia and South Africa (3.5 Ga old). However, due to the subtlety of these traces, their detection *in situ* on Mars will be relatively difficult and probably based on indirect evidence such as biominerals. Here, we show biosignatures potentially detectable on Mars using Raman spectroscopy.

## Materials and methods

The Raman spectrometer used (WITec Alpha500 RA) allows compositional 2D mapping from the micrometric to centimetric scale, with up to 160 000 spectra/ image. The confocality of the system permits micrometric spot size and 3D mapping using stacking process. It is equipped with two laser wavelengths, green Nd:YAD frequency doubled laser at 532 nm and near IR laser diode at 785 nm. All the analyses were made on 30  $\mu\text{m}$  thick polished thin sections.

## Materials and methods

The analysed areas were chosen in order to observe the carbonaceous matter and the associated minerals as seen in Fig. 1. These minerals include opaline silica, titanium dioxide (anatase), pyrite or hydroxyapatite. Opaline silica is metastable and normally converts to quartz but, in poorly metamorphosed rocks, such as cherts from the Draken formation, Svalbard, -800 Ma, conversion has been inhibited by the kerogen matrix within which the opal precipitated (Fig. 1b). Both anatase and pyrite may be formed abiogenically but their intimate association with the remains of microorganisms suggests a link between the diagenesis of the dead organisms and the precipitation of these minerals. Interestingly, the Raman maps also document very fine variations in the spectrum of the carbonaceous matter in relation to the biological remains. In particular, the ratio D/G of the two main peaks of the spectrum (disordered or graphite peaks, respectively) is directly associated with the microbial remains as seen in Fig. 1d.

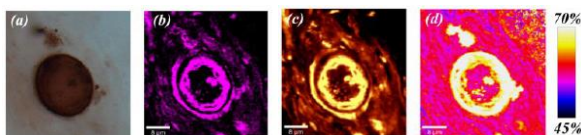


Fig.1 : Microfossil from the Draken formation, Svalbard, 800 Ma. (a) Microscopic optical view and Raman map of (b) opaline silica, (c) carbonaceous matter and (d) ratio of the two main peak intensities of the carbonaceous matter spectrum D/G.

## Conclusion

Raman mapping permits identification of certain characteristics of the organic and mineral signature directly as a function of the microfossils studied. Moreover, trace phases, such as opal, or rare, sparsely disseminated mineral phases are more likely to be identified in mapping mode compared to spot analysis mode.

# Dynamique des transitions de phase dans le carbone sondées par spectroscopie Raman

*J. Gaudin, G. Amiard-Hudebine, D. Descamps, S. Petit, C. Fourment*

*CELIA (Centre Lasers Intenses et Applications), Univ. Bordeaux, CEA, CNRS, UMR5107, F-33400 Talence, France*

*Email : [gaudin@celia.u-bordeaux1.fr](mailto:gaudin@celia.u-bordeaux1.fr)*

## Introduction

L'interaction d'impulsion laser femtoseconde avec un solide, et plus spécifiquement les solides covalents, permet de déclencher des transitions de phase dites « non-thermiques » modifiant les matériaux sur des échelles de temps sub-picoseconde (10-12 s.). La spectroscopie Raman est un puissant outil d'analyse statique permettant de différencier les structures des allotropes du carbone (diamant, graphite, carbone amorphe...). Le projet (1) actuellement en développement au CELIA a pour but d'utiliser la spectroscopie Raman résolue en temps pour comprendre la dynamique structurelles des transitions de phase non-thermiques dans les matériaux carbonés.

## Matériels et méthodes

L'idée du projet est d'utiliser un schéma expérimental dit « pompe –sonde ». Une première impulsion laser pompe est utilisée pour déclencher la transition de phase, une seconde impulsion laser décalée temporellement et spectralement venant sonder l'évolution du système.

Le laser AURORE (25 fs / 10 mJ / 1 kHz / 800 nm) utilisé pour ces expériences est focalisé sur une cible tournante qui permet de rafraichir le matériau à chaque impulsion.. Le signal Raman issu de l'interaction du système avec l'impulsion sonde est ensuite collecté et dispersé par un double monochromateur et finalement mesuré par une caméra CCD. La résolution temporelle étant sub-100 fs.

## Discussion

Nous présenterons les développements expérimentaux en cours. L'optimisation du système optique de collection et les différents problèmes liés à l'utilisation d'impulsion fs à large bande spectrale. Les premiers résultats de spectroscopie statique sur le diamant, le graphite et le carbone amorphe seront présentés.

## Conclusion

Le programme en cours a pour but de disposer d'un diagnostic permettant l'étude résolue en temps de la dynamique structurelle dans des transitions de phase de type graphitisation du diamant ou cristallisation du carbone amorphe. Les résultats devraient permettre une meilleure compréhension de l'interaction laser fs/matière conduisant à un régime de forte excitation électronique du solide et hors-équilibre thermodynamique.

## Références

(1) Page du projet CASTORS: <http://www.celia.u-bordeaux1.fr/spip.php?article471>

# Caractérisation des poussières carbonées d'intérêt astrophysique par spectroscopie VUV

*Liseth Gavilan (1), Ivan Alata (1), Thomas Pino (2), Emmanuel Dartois (1)*

*(1) Institut d'astrophysique Spatiale - IAS, Orsay, France*

*(2) Institut des Sciences Moléculaires - ISMO, Orsay, France*

*Email : liseth.gavilan@ias.u-psud.fr*

## Introduction

A l'IAS et au travers de collaborations avec l'ISMO, on a fabriqué d'analogues des poussières interstellaires dans la phase carbonée. Ces matériaux sont des carbones amorphes (a-C:H) et des suies. Ils ont été quantifiés dans l'ultraviolet lointain (190 - 250 nm) et l'ultraviolet du vide (100 -190 nm). Ces mesures permettent la détermination de la section efficace des photons conduisant à la photochimie de ces matériaux. Les mesures dans le VUV-UV se font au synchrotron SOLEIL et nous permettent de compléter les mesures spectrales nécessaires pour des modèles astrophysiques.

## Matériels et méthodes

Deux types d'analogues ont été étudiés: carbones amorphes et de suies. Les suies ont été produites dans une flamme d'éthylène et ont fourni des échantillons dominés par un squelette charbon polyaromatique. Les a-C:Hs ont été produit en utilisant un réacteur RF à plasma à basse pression dont la structure est dominée une squelette aliphatique. Pour chaque échantillon, deux préparations ont été réalisées: l'une sur un substrat de MgF2 pour assurer la mesure jusqu'à 110 nm et l'autre sur un nanofilm de métal (Au ou Pt, ~ 2 nm) soutenue par une grille de TEM pour permettre des mesures jusqu'à 50 nm.



Fig.1 : Membrane de grilles TEM avant et après un dépôt (a-C: H fabriqué avec un précurseur de gaz CH4) sur la membrane. Le porte-échantillon avant l'insertion dans la chambre DISCO / APEX .

## Discussion

Bien que certaines des membranes de grilles TEM ont été percées, pendant le processus de dépôt et / ou la manipulation, nous avons réussi à mesurer avec succès quelques-uns des analogues jusqu'à 50 nm. Cela montre que les mesures de VUV de nos analogues sont possibles avec nos méthodes actuelles. Les mesures pour les analogues déposées sur les fenêtres MgF2 montrent une bonne correspondance avec les mesures faites avec un Specord jusqu'à 115 nm. La correspondance est plus faible pour le même dépôt sur les grilles TEM, et une correction doit être appliquée.

## Conclusion

La mesure dans les domaines VUV-UV permet, pour ces matériaux carbonés analogues aux poussières interstellaires, d'estimer les rapports d'hybridation sp<sup>2</sup> et sp<sup>3</sup> du réseau carboné, ainsi que l'évolution de la longueur du au UV bump (la bande d'absorption centrée à ~218 nm) qui peut changer un fonction de la nature de la poussière.

# Nano-sized Graphene Platelets Derived From Graphite Nanofibers

*Kai HUANG, Carlos DRUMMOND, Alain PENICAUD*

*Université de Bordeaux, Centre de Recherche Paul Pascal (CRPP)-CNRS, UPR 8641, 33600 Pessac*

*Email : huang@crpp-bordeaux.cnrs.fr*

## Introduction

The development of various methods for producing graphene received dramatic attentions since the first graphene samples were reported in 2004.<sup>1</sup> Graphene has been made by chemical vapour deposition (CVD), micromechanical exfoliation of graphite, and thermal deposition of SiC.<sup>2</sup> However, very low yields are the main problem in these methods. To overcome this limitation, in the past years, many works have been done using liquid phase route. Our group has shown a sonication-free, mild dissolution of graphite in organic solvents, by using graphite intercalation compounds (GICs), providing single layer graphene on surfaces.<sup>3,4</sup>

## Discussion

We now report the use of graphite nanofibers (GNFs) as starting materials, to prepare potassium GICs (KC8), dissolve KC8 in organic solvents, and deposit the KC8 solutions on surfaces. Due to its regular size and form, we foresee that the deposited mono- or multi- layer graphene on surface could have homogeneous electronic properties. The possibility of exfoliation of nano-sized graphene platelets from graphite nanofibers was demonstrated by studying UV-Vis spectroscopy of KC8 solutions. Homogenous nanographene islands can be deposited on surfaces as shown by AFM microscopy. SERS Raman mapping study shows that the graphene deposits are not damaged by the exfoliation process.

## References

1. K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, A. A. Firsov, *Science* 306, 666-669 (2004).
2. C. Soldano, A. Mahmood, E. Dujardin, *Carbon* 48, 2127-2150 (2010).
3. C. Valles, C. Drummond, H. Saadaoui, C. A. Furtado, M. He, O. Roubeau, L. Ortolani, M. Monthieux, A. Penicaud, *J. Am. Chem. Soc.* 130, 15802-15804 (2008).
4. A. Penicaud, C. Drummond, *Acc. Chem. Res.* 46, 129-137 (2013).

# P07 Characterization of DLC coatings thermal stability by Raman spectroscopy

L.Kilman<sup>1,2</sup>, M.Colas<sup>1</sup>, C.Jaoul<sup>1</sup>, O.Jarry<sup>3</sup>, P.Trissant<sup>1</sup>, C.Dublanche-Tixier<sup>1</sup>, F.Meunier<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sciences des Procédés Céramiques et Traitements de Surfaces, UMR 7315, CEC, 12 rue Atlantis, 87068 Limoges, France

<sup>2</sup> Sulzer Sorevi, 5 Allée Skylab, BP6810, 87068 Limoges, France

<sup>3</sup> Sulzer Metaplas GmbH, Am Böttcherberg 30-38, 51427 Bergisch Gladbach, Germany

Hydrogenated amorphous carbon (a-C:H) films show some excellent mechanical and tribological properties due to their high hardness and very low friction coefficient. These properties mostly depend on the ratio of sp<sup>2</sup> to sp<sup>3</sup> hybridized carbon bonds and the hydrogen content of the coating, which can be affected by temperature. When optimized for DLC, Raman spectroscopy is a non-destructive method which allows to obtain details about both sp<sup>2</sup>/sp<sup>3</sup> ratio and hydrogen content. The aim of this work was to study the thermal stability of commercial a-C:H films using maximized acquisition parameters.

In this study, in situ heating during Raman analyses were compared with the results obtained for similar samples thermally heated in a vacuum furnace. Raman spectra were performed using a 514.5nm Ar/Kr laser on a Jobin Yvon spectrometer. The choice of parameters such as laser power and acquisition time had to be adapted to the particular temperature conditions of this study, especially for the in situ analyses. Indeed, damaging the samples is more likely due to the combination of laser thermal effect and thermal treatment.

The second part of the work was to analyze spectra acquired in the optimal conditions and to link data to sp<sup>2</sup>/sp<sup>3</sup> ratio and hydrogen content. Figure 1 shows spectra obtained for several temperatures during the in situ study. All the spectra were fitted using two Gaussian peaks corresponding to the features G and D. The G peak (Graphite peak) is associated with all the sp<sup>2</sup> carbon in chains or rings whereas D peak (Disorder peak) is only due to sp<sup>2</sup> carbon in rings. The ratio between the slope of the linear background and the intensity of the G peak is related to the photoluminescence which can be used as a measure of H content. ID/IG ratio, G peak position and full width at half maximum of G peak FWHM(G) have been used to compare the sp<sup>2</sup>/sp<sup>3</sup> ratio of our different coatings.

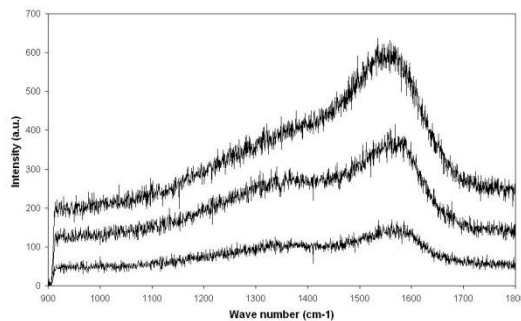


Figure 1. Raman raw spectra of samples treated at different temperatures

Over a third phase, nanoindentation measurements have been performed before and after heating on each sample in order to compare the influence of the in situ and vacuum furnace heating on the mechanical properties of different coatings.

Finally, a scale up of this method on large real engine parts related to valve train components is presented to illustrate the interest of Raman spectroscopy for wear mechanisms investigation.



# Etude des diagrammes de phase des systèmes H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O-CH<sub>4</sub> appliquée aux lunes glacées du système solaire.

*Erwan Le Menn (1), Lucile Bezacier (1), Olivier Bollengier (2), Delphine Nna-Mvondo (1), Olivier Grasset (1), Gabriel Tobie (1)*

*(1) Laboratoire de Planétologie et Géodynamique, UMR-CNRS 6112, Université de Nantes, France*

*(2) University of Washington Seattle Campus, Seattle, WA, Unites States*

*Email: erwan.lemenn@univ-nantes.fr*

## Introduction

Les hydrates de gaz jouent probablement un rôle important dans le stockage et le transport des composés volatils dans les environnements riches en eau tels que les satellites de glace de Saturne et de Jupiter [1]. Afin d'éclaircir le rôle des clathrates de CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> - deux gaz d'intérêt planétologique - dans ces processus d'échange, nous avons étudiés les systèmes H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O-CH<sub>4</sub> au cours d'une série d'expériences à haute pression (0 - 5 GPa) suivies par spectroscopie Raman.

## Matériels et méthodes

Déterminer la stabilité des hydrates de gaz sur une large gamme de pressions est primordial pour comprendre les processus d'échange chimiques des intérieurs planétaires riches en eau. Les échantillons de clathrate sont synthétisés en autoclave selon la méthode décrite par Nna Mvondo [2] puis chargés en cellule à enclumes (diamant ou saphir). Le suivi des échantillons sous pression se fait au moyen d'un spectromètre Raman (LabRam 300, Groupe Horiba) associé à un laser Ar<sup>+</sup> 514 nm. La pression est mesurée *in situ* à l'aide de la fluorescence du rubis [3] ou du pic Raman du diamant respectivement dans le cas d'enclumes de diamant ou de saphir. La température est mesurée *ex situ* à l'aide des sondes Pt 100 à +/- 0.5°C.

## Discussion et conclusion

De nouvelles données de stabilité ont été obtenues sur les systèmes H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> [4] et H<sub>2</sub>O-CH<sub>4</sub> [5] apportant respectivement de nouvelles contraintes sur les environnements riches en eau tels que Ganymède et Titan.

## Remerciements

*The research leading to these results has received funding from the European Research Council under the European Community's Seventh Framework Program (FP7/2007-2013 Grant Agreement no. 259285).*

## Références

- [1] Choukroun, M. et al., 2013 The Science of Solar System Ices, 3rd edn. Springer.
- [2] Nna Mvondo D. et al., poster présent à cette conférence.
- [3] Grasset O., High Pressure Research, Vol 21, pp.139-157, 2001.
- [4] Bollengier, O. et al., Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 119, pp. 322-339, 2013.
- [5] Bezacier et al., Physics of the Earth and Planetary Interiors, Vol. 229, April 2014, pp. 144-152

# Comment déterminer par spectroscopie Raman la taille des cristallites dans les nanocarbones polis ?

O. A. Maslova,<sup>1</sup> M. R. Ammar,<sup>1</sup> G. Guimbretière,<sup>1</sup> J.-N. Rouzaud,<sup>2</sup> et P. Simon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CNRS/ UPR3079 CEMHTI, 45071 Orléans Cedex 2 et Université d'Orléans, 45067 Orléans Cedex 2

<sup>2</sup> Laboratoire de Géologie de l'École Normale Supérieure, CNRS-ENS UMR 8538, 75231 Paris Cedex 5, France

\*Email : [mammar@cnrs-orleans.fr](mailto:mammar@cnrs-orleans.fr)

Une série de nanocarbones sp<sup>2</sup> polis et non polis obtenus par la pyrolyse de plusieurs précurseurs a été systématiquement étudiée par spectroscopie Raman et diffraction des rayons X. Nous avons observé que le rapport entre l'intensité de la bande D (induite par les défauts) et de la bande G (graphitique) ID/IG fréquemment utilisé pour estimer le diamètre de "cristallite" (La) présente une hétérogénéité spatiale dans le cas de carbones polis et peut contribuer à une surestimation du désordre structural. En revanche, la largeur à mi-hauteur de la bande G (FWHM) ne montre aucune sensibilité au processus de polissage et présente même une dépendance linéaire à la valeur La moyenne :

$$\text{FWHM(G)} = 14 + 430/\text{La}$$

En conclusion, dans le cas de graphites polis, il est dangereux d'utiliser ID/IG comme estimateur de la taille des cristallites, alors que FWHM(G) semble être un paramètre fiable..

## References

1. O.A. Maslova, M.R. Ammar, G. Guimbretière, J.-N. Rouzaud, P. Simon. Determination of crystallite size in polished graphitized carbon by Raman spectroscopy // Physical Review B, 86, p. 134205 (2012).
2. M.R. Ammar, O. Maslova, J.-N. Rouzaud, G. Guimbretière, A. Canizares, P. Simon. Structural Characterization of Graphitized Carbon Matter by Raman Spectroscopy: Effect of Polishing // Carbon 2012, Krakow, Poland, June 17-22, 2012.

# Coupled vibrations in index-identified carbon nanotubes

*Thierry Michel<sup>1</sup>, Dmitry Levshov<sup>1,2</sup>, Raul Arenal<sup>3</sup>, Matthieu Paillet<sup>1</sup>, Xuan Tinh Than<sup>1</sup>,  
Ahmed-Azmi Zahab<sup>1</sup>, Yuri Yuzyuk<sup>2</sup>, Jean-Louis Sauvajol<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Laboratoire Charles Coulomb, University of Montpellier-CNRS, Montpellier, France.*

<sup>2</sup> *Faculty of Physics, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

<sup>3</sup> *Laboratorio de Microscopias Avanzadas (LMA), Instituto de Nanociencia de Aragon (INA),  
Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain.*

*Email : Thierry.Michel@um2.fr*

A carbon nanotube is entirely composed of  $sp^2$  carbon atoms with fascinating physical properties closely related to the atomic structure of the nano-object. Combined resonant Raman spectroscopy, high resolution transmission electron spectroscopy and electron diffraction experiments on the same suspended (free-standing) individual carbon nanotubes is an efficient method to determine unambiguously the intrinsic features of Raman active phonons in these nano systems.

This poster is dedicated to multi-walled carbon nanotubes, mainly double-walled carbon nanotubes because they provide a unique model system for studying the role of the coupling between the layers on the phonons. We will illustrate how this coupling affects the low frequency radial breathing-like modes but also the high frequency in-plane C=C vibration, namely G modes.

# Spectroscopie Raman de clathrates CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub> en application à Titan

*Delphine Nna-Mvondo, Erwan Le Menn, Gabriel Tobie, Olivier Grasset*

*Laboratoire de Planétologie et Géodynamique, UMR-CNRS 6112, Université de Nantes, France*

*Email : delphine.nnamvondo@univ-nantes.fr*

## Introduction

Plusieurs modèles thermodynamiques prédisent la formation de clathrates purs de méthane, d'éthane et d'azote mais aussi de clathrates de multiples composants (binaires et tertiaires) à la surface de Titan [1, 2]. La présence de clathrates sur Titan pourrait favoriser les échanges chimiques entre l'atmosphère, la couche de glace poreuse et les lacs d'hydrocarbures, agissant comme des agents de transport de molécules, mais aussi comme des réservoirs de composés atmosphériques [3, 4]. En dépit de ces prédictions, on observe une carence dans les données expérimentales des hydrates de mélange de gaz, tels que CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>-C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CH<sub>4</sub>-C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>-N<sub>2</sub> en application à Titan (et à d'autres satellites de glace). Ici, nous présentons l'étude qualitative et quantitative des signatures Raman de clathrates CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub> à basse pression et basse température.

## Matériels et méthodes

Les hydrates binaires CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub> sont synthétisés dans un autoclave de 100 ml combiné à un système de refroidissement, un mélangeur à gaz et un compresseur de gaz. Ils sont ensuite chargés dans un cryostat refroidi à l'azote liquide, monté avec une fenêtre optique en saphir, pour procéder à l'analyse Raman, sous vide ( $2 \cdot 10^{-5}$  bar) et à froid (94 K). Les mesures Raman sont effectuées en utilisant un laser Ar (514.53 nm, 50 mW) couplé à un microscope confocal Raman (Horiba Jobin-Yvon LabRAM 300) et un détecteur CCD, avec une résolution spectrale de 1 cm<sup>-1</sup>, entre 50 à 4000 cm<sup>-1</sup>.

## Discussion et conclusion

Les signatures Raman des clathrates CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub> ont été obtenues pour différentes fractions molaires de CH<sub>4</sub>. Les spectres Raman présentent un double pic, à 2901 cm<sup>-1</sup> (grande intensité) et 2913 cm<sup>-1</sup> (plus faible intensité). Cette signature est caractéristique des cages de petite taille (2913 cm<sup>-1</sup>) et des cages de grande taille (2901 cm<sup>-1</sup>) de la structure SI des clathrates. On observe également une bande de vibration de N<sub>2</sub> à 2322 cm<sup>-1</sup> et celles de H<sub>2</sub>O (221 et 3096 cm<sup>-1</sup>) de la structure SI de l'hydrate. Nous avons étudié la variation des rapports des hauteurs des bandes CH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O et  $\frac{CH_4(\text{grandes cages})}{CH_4(\text{petites cages})}$  en fonction de la composition molaire des clathrates. On observe que celle-ci est proportionnelle à la composition molaire des clathrates seulement pour les rapports de bandes CH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O. Ce résultat quantitatif est très prometteur quant à l'usage de la spectroscopie Raman pour la détection in-situ de clathrates sur les surfaces des satellites de glace et la détermination de la composition de la phase hydrate.

## Références

- [1] Choukroun M., et al. (2010). *Icarus* 205, 581-593.
- [2] Osegovic J.P., Max M.D. (2005). *J. Geophys. Res.: Planets* 110 (E8), E08004.
- [3] Tobie G., et al. (2006). *Nature* 440 (7080), 61-64.
- [4] Mousis O., et al. (2014). *Icarus* 239, 39-45.

# Etude des propriétés structurales et vibrationnelles à hautes températures d'un verre de silicate de sodium par spectroscopie Raman

Hayat Sediki (1), Patrick Simon (2), Abdelghani Krallafa (1)

(1)Laboratoire de Chimie Physique Macromoléculaire, université d'Oran

(2)Laboratoire CEMHTI, CNRS, Orléans

Email : sedikih@yahoo.fr

## Introduction

La connaissance de l'histoire, du comportement et de l'évolution d'un verre amorphe ou cristallin soumis à des conditions extrêmes et/ou un environnement spécifique ne peut être expliquée que par l'étude de différentes propriétés obtenues et observées à l'échelle macroscopique ou microscopique expérimentalement ou par simulation numérique.

Une série de spectres mesurés a été réalisée à différents taux de  $\text{Na}_2\text{O}$  et à hautes températures, afin d'expliquer les propriétés structurales et vibrationnelles des verres de silicates sodium (effet de l'ion  $\text{Na}^+$ ). En effet, cette étude porte sur le renseignement et la compréhension du changement structurale pour le cas d'un verre binaire de silicate de sodium à courte distance à une concentration de 32.2% de  $\text{NaO}_2$  réalisée par spectroscopie Raman in situ à hautes températures.

## Matériels et méthodes

L'analyse spectroscopique Raman a été réalisée au niveau du laboratoire de recherche CEMHTI, Orléans. L'échantillon de composition  $(\text{Na}_2\text{O})_{0.32}(\text{SiO}_2)_{0.68}$  préalablement poli a subi dans une étude antérieure une relaxation structurale par la diffusion Brillouin. Le spectromètre utilisé est le Renishaw Invia Reflex muni d'un four en platine de type LINKAM TS 600 pour assurer le chauffage du verre avec une source de laser d'une longueur égale à 514 nm. L'intervalle de température est entre [21 - 700] °C avec un pas de 50°C et une vitesse de montée égale à 15°C/min en balayant la gamme spectrale [100 - 2000]  $\text{cm}^{-1}$ .

## Discussion

Tous les spectres enregistrés ont subi une correction du facteur thermique par la relation de Bose-Einstein et la soustraction de la ligne de base. L'allure des courbes (fig 1) montre la présence de 4 régions dont deux massifs centrés vers 1091  $\text{cm}^{-1}$  et 570  $\text{cm}^{-1}$  respectivement et deux moins massifs mais plus large entre [730 - 800] $\text{cm}^{-1}$  et [890 - 970] $\text{cm}^{-1}$ .

Les résultats présentés concerne l'intervalle de fréquence de haute fréquence [950- 1200] $\text{cm}^{-1}$  et qui ont fait l'objet de traitement quantitative et qualitative en se basant sur les modèles des entités  $Q_n$  correspondant aux modes de vibrations internes d'élongation des tétraèdres du réseau permettant la caractérisation du réseau formateur du verre. Deux phénomènes de l'arrangement structural ont été notés aux températures 200°C et 400°C ( $T_g$ ) suite au tracé des positions ( $Q_2$ ,  $Q_3$ ,  $Q_3'$  et  $Q_4$ ), largeur, aire, FWHM ainsi que l'intensité. Une bande large entre [1250 -1400] $\text{cm}^{-1}$  a également été remarquée surtout à 400°C et 600°C.

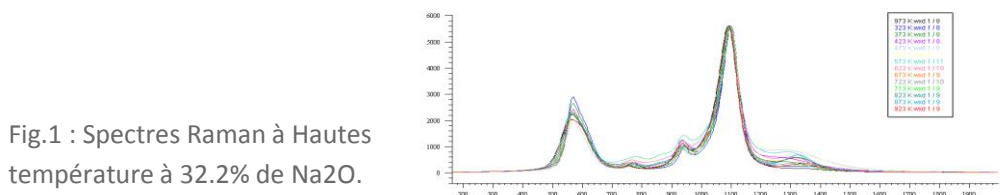


Fig.1 : Spectres Raman à Hautes température à 32.2% de  $\text{Na}_2\text{O}$ .

## Conclusion

La déconvolution des spectres obtenue est en bon accord avec les travaux antérieurs []. Cependant, l'apparition de nouveaux phénomènes à 200°C, 400°C et 600°C, suscite l'intérêt d'omettre rigoureusement les facteurs tels que la fluorescence, artefacts et ligne de base et d'établir une méthodologie de dépouillement des spectres à hautes températures et à différentes concentrations

# Imagerie Confocale Raman : Principe, instrumentation et applications

*M. Tchaya, U. Schmidt and T. Dieing*

*Witec GmbH, Lise-Meitner Str. 6, 89081 Ulm, Germany (www.witec.de)*

## Introduction

Le développement le siècle dernier de la microscopie confocale a rendu possible l'analyse tridimensionnelle de micro- et nano-objets. Appliquée à l'imagerie Raman, cette technique permet l'obtention d'information chimique tridimensionnelle à la limite de diffraction. L'introduction d'une ouverture devant le détecteur empêche à tout signal ne provenant pas du point focal d'excitation d'être détecté [1-3]. Ceci permet l'obtention d'images avec une résolution spatiale d'environ 230nm et un rapport signal/bruit minimal.

## Matériels et méthodes

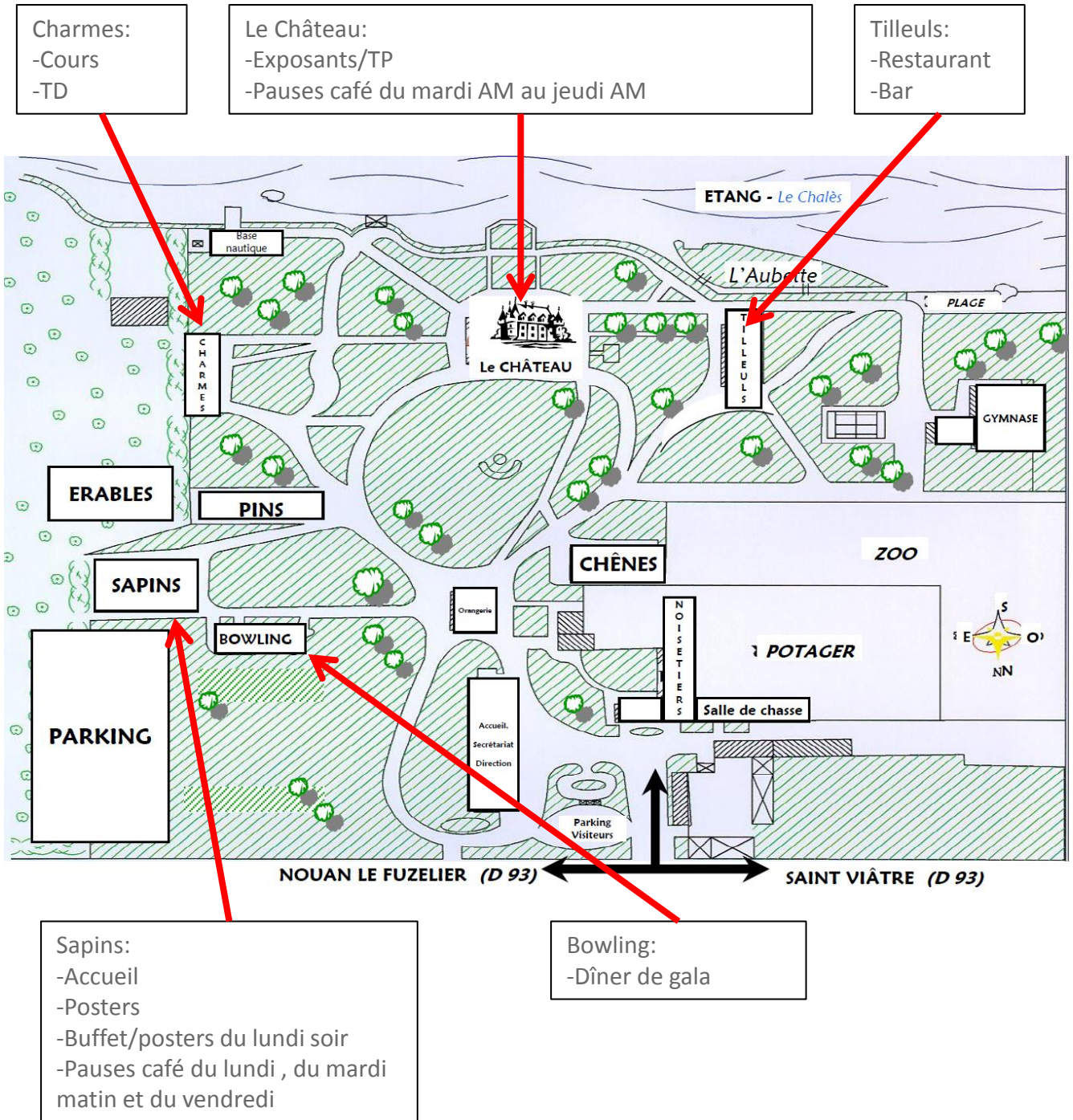
La présente contribution décrira le principe de l'imagerie confocale Raman, les contraintes et les spécifications instrumentales particulières au microscope Raman, des exemples d'applications et le couplage du microscope Raman à d'autres techniques d'analyse telles l'AFM (Atomic Force Microscopy), la profilométrie optique et la microscopie à champ proche (SNOM).

## References

- [1] P. Lasch, A. Hermelink, and D. Naumann, *The Analyst*, (2009).
- [2] A. Jungen, V. N. Popov, C. Stampfer, C. Durrer, S. Stoll, and C. Hierold, *Physical Review* 75, (2007).
- [3] T. Dieing and O. Hollricher, *Vibrational Spectroscopy* 48, (2008).

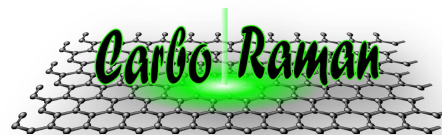
# Infos pratiques

# Plan du Domaine





# Participants



Mohamed Ramzi	Ammar	CEMHTI, CNRS, Orléans	<a href="mailto:mammar@cnrs-orleans.fr">mammar@cnrs-orleans.fr</a>
Kenza	Ayche	IMMM, Université du Maine	<a href="mailto:kenza.ayche@live.fr">kenza.ayche@live.fr</a>
Jean-François	Bardeau	IMMM, Université du Maine	<a href="mailto:jean-francois.bardeau@univ-lemans.fr">jean-francois.bardeau@univ-lemans.fr</a>
Michel	Belleil	Renishaw	<a href="mailto:michel.belleil@renishaw.com">michel.belleil@renishaw.com</a>
Ludovic	Bellot-Gurlet	MONARIS, CNRS - Université Pierre et Marie Curie	<a href="mailto:ludovic.bellot-gurlet@upmc.fr">ludovic.bellot-gurlet@upmc.fr</a>
Sylvie	Bonnamy	CRMD, CNRS - Université d'Orléans	<a href="mailto:sylvie.bonnamy@cnrs-orleans.fr">sylvie.bonnamy@cnrs-orleans.fr</a>
Nicolas	Bost	CEMHTI, CNRS, Orléans	<a href="mailto:nicolas.bost@cnrs-orleans.fr">nicolas.bost@cnrs-orleans.fr</a>
Didier	Bourgeois	Thermo Fisher	<a href="mailto:didier.bourgeois@thermofisher.com">didier.bourgeois@thermofisher.com</a>
Alain	Bulou	IMMM, Université du Maine	<a href="mailto:alain.bulou@univ-lemans.fr">alain.bulou@univ-lemans.fr</a>
Aurélien	Canizarès	CEMHTI, CNRS, Orléans	<a href="mailto:canizares@cnrs-orleans.fr">canizares@cnrs-orleans.fr</a>
Razvan	Caracas	Laboratoire de Géologie de Lyon, CNRS - Université de Lyon	<a href="mailto:razvan.caracas@ens-lyon.fr">razvan.caracas@ens-lyon.fr</a>
Marie-Camille	Caumon	GéoRessources, CNRS - Université de Lorraine, Vandoeuvre-lès-Nancy	<a href="mailto:marie-camille.caumon@univ-lorraine.fr">marie-camille.caumon@univ-lorraine.fr</a>
Georges	Chollon	LCT, CNRS-Herakles-CEA-Université de Bordeaux	<a href="mailto:chollon@lcts.u-bordeaux1.fr">chollon@lcts.u-bordeaux1.fr</a>
Maggy	Colas	Université de Limoges	<a href="mailto:maggy.colas@unilim.fr">maggy.colas@unilim.fr</a>
Catalina	David	Horiba	<a href="mailto:catalina.david@horiba.com">catalina.david@horiba.com</a>
Sylvain	Delchini	BRGM, Orléans	<a href="mailto:delchini.sylvain@gmail.com">delchini.sylvain@gmail.com</a>
Angéline	D'Orlando	IMN Jean Rouxel, CNRS - Université de Nantes	<a href="mailto:angelina.dorlando@cnrs-imn.fr">angelina.dorlando@cnrs-imn.fr</a>
François	Drochon	Renishaw	
Jean	Dubessy	GéoRessources, CNRS - Université de Lorraine, Vandoeuvre-lès-Nancy	<a href="mailto:jean.dubessy@univ-lorraine.fr">jean.dubessy@univ-lorraine.fr</a>
Marie-Pierre	Faugère	CRMD, CNRS - Université d'Orléans	<a href="mailto:amp@cnrs-orleans.fr">amp@cnrs-orleans.fr</a>
Mathilde	Faure	Observatoire de Grenoble	<a href="mailto:mathilde.faure@obs.ujf-grenoble.fr">mathilde.faure@obs.ujf-grenoble.fr</a>
Eric Stéphane	Fotso Gueutue	CEMHTI, CNRS, Orléans	<a href="mailto:esfotos@yahoo.fr">esfotos@yahoo.fr</a>
Frédéric	Foucher	CBM, CNRS, Orléans	<a href="mailto:frederic.foucher@cnrs-orleans.fr">frederic.foucher@cnrs-orleans.fr</a>
Nicolas	Galy	IPNL, IN2P3, CNRS - Université de Lyon 1	<a href="mailto:n.galy@ipnl.in2p3.fr">n.galy@ipnl.in2p3.fr</a>
Jérôme	Gaudin	CELIA, CNRS, Talence	<a href="mailto:gaudin@celia.u-bordeaux1.fr">gaudin@celia.u-bordeaux1.fr</a>
Liseth	Gavilan	IAS, CNRS - Université Paris sud	<a href="mailto:lissethgavilan@gmail.com">lissethgavilan@gmail.com</a>
Nadia	Guignard	IC2MP, CNRS - Université de Poitiers	<a href="mailto:nadia.guignard@univ-poitiers.fr">nadia.guignard@univ-poitiers.fr</a>
Guillaume	Guimbretière	CEMHTI, CNRS, Orléans	<a href="mailto:guillaume.guimbretiere@cnrs-orleans.fr">guillaume.guimbretiere@cnrs-orleans.fr</a>
Lucile	Henry	ICMCB, CNRS, Bordeaux	<a href="mailto:henry@icmcb-bordeaux.cnrs.fr">henry@icmcb-bordeaux.cnrs.fr</a>
Djamila	Hourlier	IEMN, CNRS - Université de Lille	<a href="mailto:djamila.hourlier@iemn.univ-lille1.fr">djamila.hourlier@iemn.univ-lille1.fr</a>
Kai	Huang	CRPP, CNRS, Bordeaux	<a href="mailto:huang@crpp-bordeaux.cnrs.fr">huang@crpp-bordeaux.cnrs.fr</a>
Claudie	Hulin	ISTO, CNRS - Université d'Orléans	<a href="mailto:claudie.hulin@cnrs-orleans.fr">claudie.hulin@cnrs-orleans.fr</a>
Bernard	Humbert	IMN Jean Rouxel, CNRS - Université de Nantes	<a href="mailto:bernard.humbert@cnrs-imn.fr">bernard.humbert@cnrs-imn.fr</a>
Aikaterini	Kampioti	CRPP, CNRS, Bordeaux	<a href="mailto:kampioti@crpp-bordeaux.cnrs.fr">kampioti@crpp-bordeaux.cnrs.fr</a>
Eva	Kovacevic	GREMI, CNRS - Université d'Orléans	<a href="mailto:eva.kovacevic@univ-orleans.fr">eva.kovacevic@univ-orleans.fr</a>
Thibault	Labbaye	GREMI, CNRS - Université d'Orléans	<a href="mailto:thibault.labbaye@uni-orleans.fr">thibault.labbaye@uni-orleans.fr</a>
Abdeltif	Lahfid	BRGM, Orléans	<a href="mailto:a.lahfid@brgm.fr">a.lahfid@brgm.fr</a>
Erwan	Le Menn	LPGNantes, CNRS - Université de Nantes	<a href="mailto:erwan.lemenn@univ-nantes.fr">erwan.lemenn@univ-nantes.fr</a>
Ludovic	Lemée	BRGM, Orléans	<a href="mailto:ludovic.lemee@brukeroptics.fr">ludovic.lemee@brukeroptics.fr</a>
Olga	Maslova	CEMHTI, CNRS, Orléans	<a href="mailto:olga.maslova@cnrs-orleans.fr">olga.maslova@cnrs-orleans.fr</a>
Nicolas	Maubec	BRGM, Orléans	<a href="mailto:n.maubec@brgm.fr">n.maubec@brgm.fr</a>
Thierry	Michel	L2C, CNRS-Université Montpellier 2	<a href="mailto:thierry.michel@univ-montp2.fr">thierry.michel@univ-montp2.fr</a>
Alain	Moreac	IPR, CNRS - Université Rennes 1	<a href="mailto:alain.moreac@univ-rennes1.fr">alain.moreac@univ-rennes1.fr</a>
Cristiane	Nascimento Santos	Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique	<a href="mailto:cristiane.nascimento@uclouvain.be">cristiane.nascimento@uclouvain.be</a>
Wilfrid	Neri	CRPP, CNRS, Bordeaux	<a href="mailto:neri@crpp-bordeaux.cnrs.fr">neri@crpp-bordeaux.cnrs.fr</a>
Delphine	Nna Mvondo	LPGNantes, CNRS - Université de Nantes	<a href="mailto:delphine.nnamvondo@univ-nantes.fr">delphine.nnamvondo@univ-nantes.fr</a>
David	Pai	Institut PPRIME, CNRS - Université de Poitiers - ENSMA	<a href="mailto:david.pai@univ-poitiers.fr">david.pai@univ-poitiers.fr</a>
Alain	Penicaud	CRPP, CNRS, Bordeaux	<a href="mailto:penicaud@crpp-bordeaux.cnrs.fr">penicaud@crpp-bordeaux.cnrs.fr</a>
Marcos A.	Pimenta	Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brésil	<a href="mailto:mpimenta@fisica.ufmg.br">mpimenta@fisica.ufmg.br</a>
Vittoria	Pischedda	ILM, CNRS - Université Lyon 1	<a href="mailto:vittoria.pischedda@univ-lyon1.fr">vittoria.pischedda@univ-lyon1.fr</a>
Elise	Prost	Génie Enzymatique et Cellulaire, CNRS - Université de Technologie de Compiègne	<a href="mailto:elise.prost@utc.fr">elise.prost@utc.fr</a>
Pascal	Puech	CEMES, Toulouse	<a href="mailto:pascal.puech@cemes.fr">pascal.puech@cemes.fr</a>
Eric	Quirico	IPAG/PLANETO, CNRS - Université Joseph Fourier Grenoble 1	<a href="mailto:eric.quirico@ujf-grenoble.fr">eric.quirico@ujf-grenoble.fr</a>
Nicole	Raimboux	CEMHTI, CNRS, Orléans	<a href="mailto:raimboux@cnrs-orleans.fr">raimboux@cnrs-orleans.fr</a>
Isabelle	Rannou	CRMD, CNRS - Université d'Orléans	<a href="mailto:isabelle.rannou@univ-orleans.fr">isabelle.rannou@univ-orleans.fr</a>
Encarnacion	Raymundo-Piñero	CEMHTI, CNRS, Orléans	<a href="mailto:raymundo@cnrs-orleans.fr">raymundo@cnrs-orleans.fr</a>
Jean-Noël	Rouzaud	Laboratoire de Géologie de l'ENS, Paris	<a href="mailto:rouzaud@geologie.ens.fr">rouzaud@geologie.ens.fr</a>
Fernando	Rull-Pérez	Unidad Asociada UVA-CSIC, Centro de Astrobiología, Boecillo (Valladolid), Espagne	<a href="mailto:rull@fmc.uva.es">rull@fmc.uva.es</a>
Grégoire	Saget	Opton Laser	<a href="mailto:gregoire.saget@optonlaser.com">gregoire.saget@optonlaser.com</a>
Hayat	Sediki	Laboratoire de Chimie Physique Macromoléculaire, Université d'Oran, Algérie	<a href="mailto:sedikih@yahoo.fr">sedikih@yahoo.fr</a>
Patrick	Simon	CEMHTI, CNRS, Orléans	<a href="mailto:patrick.simon@cnrs-orleans.fr">patrick.simon@cnrs-orleans.fr</a>
Aude	Stolz	Université Lyon 1	<a href="mailto:aude.stolz@univ-lyon1.fr">aude.stolz@univ-lyon1.fr</a>
David	Stuart	ARTEHIS, CNRS - Université de Bourgogne, Dijon	<a href="mailto:david.stuart@u-bourgogne.fr">david.stuart@u-bourgogne.fr</a>
Maxime	Tchaya	WITec	<a href="mailto:maxime.tchaya@witec.de">maxime.tchaya@witec.de</a>
Nicolas	Tcherbak	LOT-WITec	<a href="mailto:tcherbak@lot-qd.fr">tcherbak@lot-qd.fr</a>
Mark	van Zuilen	IPGP, CNRS - PRES Sorbonne Paris cité	<a href="mailto:vanzuilen@ipgp.fr">vanzuilen@ipgp.fr</a>
Srisaran	Venkatachalam	IEMN, CNRS - Université de Lille	<a href="mailto:s.venkatachalam@ed.univ-lille1.fr">s.venkatachalam@ed.univ-lille1.fr</a>
Guillaume	Victor	IPNL, IN2P3, CNRS - Université de Lyon 1	<a href="mailto:guillaume.victor@ipnl.in2p3.fr">guillaume.victor@ipnl.in2p3.fr</a>
Martin	Weissmann	CEMHTI, CNRS, Orléans	<a href="mailto:martin.weissmann@cnrs-orleans.fr">martin.weissmann@cnrs-orleans.fr</a>
Mustapha	Zaghrioui	GREMAN, CNRS - Université de Tours, Blois	<a href="mailto:zaghrioui@univ-tours.fr">zaghrioui@univ-tours.fr</a>

# Sponsors



## Conseil régional du Centre

9 rue Saint-Pierre Lentin  
CS 94117

45041 ORLÉANS Cedex 1

Tél. : 02 38 70 30 30

Email : [info@regioncentre.fr](mailto:info@regioncentre.fr)

[www.regioncentre.fr](http://www.regioncentre.fr)



## Université d'Orléans

Château de la Source

Avenue du Parc Floral

BP 6749

45067 Orléans Cédex 2

Tél.: 02 38 41 71 71

Email : [contact@univ-orleans.fr](mailto:contact@univ-orleans.fr)

[www.univ-orleans.fr](http://www.univ-orleans.fr)



## Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre

Campus Géosciences

1A rue de la Férollerie

45071 Orléans cedex 2

Tél. : 02 38 41 71 71

Email : [contact@univ-orleans.fr](mailto:contact@univ-orleans.fr)

<http://www.univ-orleans.fr/osuc>



## Groupe Français d'Etude des Carbones

Société Française de Chimie (SFC)

250, rue St Jacques

75005 Paris

<http://www.gfec.net/>



## Groupe Français de Spectroscopies Vibratoires

Jean GUILMENT

Laboratoire d'Etude des Matériaux (LEM)

27470 Serquigny

Tél. : 02 32 46 64 83

Email : [jean.guilment@arkema.com](mailto:jean.guilment@arkema.com)

<http://www.gfec.net/>



**LOT-QuantumDesign S.A.R.L. France**

ZAC de la Bonde, 15 Rue du Buisson aux Fraises - Bâtiment C  
91300 Massy

Tél. : 01 69 19 49 49

Email : [contact@lot-qd.fr](mailto:contact@lot-qd.fr)

[www.lot-oriel.com](http://www.lot-oriel.com)



**WITec Wissenschaftliche Instrumente und Technologie GmbH**

Lise-Meitner-Str. 6

D- 89081 Ulm,

Germany

Tél. : +49 (0) 731 140 700

Email: [info@WITec.de](mailto:info@WITec.de)

[www.WITec.de](http://www.WITec.de)



**Bruker Optics**

4 Allée Hendrik Lorentz , Parc de la Haute Maison - Bât. A5  
Champs sur Marne

77447 Marne la Vallée Cedex 2

Tél. : 01 6461-8110

Email: [bruker@brukeroptics.fr](mailto:bruker@brukeroptics.fr)

[www.bruker.com](http://www.bruker.com)



**HORIBA Jobin Yvon SAS**

231 rue de Lille

59650 Villeneuve d'Ascq

Tél. : 01 69 74 72 00

Email : [info-sci.fr@horiba.com](mailto:info-sci.fr@horiba.com)

[www.horiba.com](http://www.horiba.com)



**Renishaw S.A.S.**

15 rue Albert Einstein,

Champs sur Marne

77447 Marne la Vallée Cedex 2

Tél. : 01 64 61 84 84

Email : [france@renishaw.com](mailto:france@renishaw.com)

[www.renishaw.fr](http://www.renishaw.fr)



**Thermo Fisher Scientific**

16 Avenue du Québec, SILIC 765

91963 Courtaboeuf Cedex

Tél. : 04 75 61 35 27

Email : [patrick.bernard-moulin@thermofisher.com](mailto:patrick.bernard-moulin@thermofisher.com)

[www.thermoscientific.fr](http://www.thermoscientific.fr)



**Opton Laser International**

Parc Club Orsay Université

29 rue Jean Rostand

91893 ORSAY Cedex

Tél. : 01 69 41 04 05

Email : [ventes@optonlaser.com](mailto:ventes@optonlaser.com)

[www.optonlaser.com](http://www.optonlaser.com)

# Orateurs



Mohamed-Ramzi Ammar  
Maître de Conférences  
CEMHTI, UPR CNRS 3079, Orléans.  
[mammar@cnrs-orleans.fr](mailto:mammar@cnrs-orleans.fr)

Alain Bulou  
Professeur  
IMMM, UMR CNRS 6283, Université du Maine, Le Mans.  
[Alain.Bulou@univ-lemans.fr](mailto:Alain.Bulou@univ-lemans.fr)

Georges Chollon  
Chargé de recherche  
LCTS, UMR CNRS 5801, Université de Bordeaux 1 (UB1), Snecma Propulsion Solide (SPS) du groupe SAFRAN, CEA.  
[chollon@lcts.u-bordeaux1.fr](mailto:chollon@lcts.u-bordeaux1.fr)

Frédéric Foucher  
Ingénieur de recherche  
CBM, UPR CNRS 4301, Orléans.  
[Frederic.foucher@cnrs-orleans.fr](mailto:Frederic.foucher@cnrs-orleans.fr)

Vittoria Pischedda  
Maitre de conférences  
ILM, UMR 5306, Université Claude Bernard, Lyon 1.  
[vittoria.pischedda@univ-lyon1.fr](mailto:vittoria.pischedda@univ-lyon1.fr)

Pascal Puech  
Maitre de conférences  
CEMES, UPR CNRS 8011, Toulouse.  
[pascal.puech@cemes.fr](mailto:pascal.puech@cemes.fr)

Encarnacion Raymundo  
Chargée de recherche  
CEMHTI, UPR CNRS 3079, Orléans.  
[encarnacion.raymundo@cnrs-orleans.fr](mailto:encarnacion.raymundo@cnrs-orleans.fr)

Fernando Rull Pérez  
Directeur de la Unidad Asociada UVA-CSIC a traves del Centro de Astrobiología (CAB), Valladolid, Espagne.  
PI de l'instrument Raman de la mission ExoMars.  
[rull@fmc.uva.es](mailto:rull@fmc.uva.es)

Mark A. van Zuilen  
Chargé de recherche  
IPGP, UMR CNRS 7154, PRES Sorbonne Paris Cité.  
[vanzuilen@ipgp.fr](mailto:vanzuilen@ipgp.fr)

Ludovic Bellot-Gurlet  
Professeur  
MONARIS, UMR CNRS 7075, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.  
[ludovic.bellot-gurlet@upmc.fr](mailto:ludovic.bellot-gurlet@upmc.fr)

Razvan Caracas  
Directeur de recherche  
LGLTPE, UMR CNRS 5276, ENS Lyon, Université Claude Bernard - Lyon 1.  
[razvan.caracas@ens-lyon.fr](mailto:razvan.caracas@ens-lyon.fr)

Jean Dubessy  
Directeur de recherche  
GéoRessources, UMR CNRS 7359, Université de Lorraine, Nancy.  
[jean.dubessy@univ-lorraine.fr](mailto:jean.dubessy@univ-lorraine.fr)

Bernard Humbert  
Professeur  
IMN, UMR CNRS 6502, Université de Nantes.  
[bernard.humbert@cnrs-imn.fr](mailto:bernard.humbert@cnrs-imn.fr)

Marcos A. Pimenta  
Professeur  
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brésil.  
[mpimenta@fisica.ufmg.br](mailto:mpimenta@fisica.ufmg.br)

Eric Quirico  
Professeur  
IPAG, UMR CNRS 5274, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.  
[eric.quirico@ujf-grenoble.fr](mailto:eric.quirico@ujf-grenoble.fr)

Jean-Noël Rouzaud  
Directeur de recherche  
Laboratoire de Géologie de l'ENS, UMR CNRS 8538, ENS, Paris.  
[rouzaud@mailhost.geologie.ens.fr](mailto:rouzaud@mailhost.geologie.ens.fr)

Patrick Simon  
Directeur de recherche  
CEMHTI, UPR CNRS 3079, Orléans.  
[patrick.simon@cnrs-orleans.fr](mailto:patrick.simon@cnrs-orleans.fr)