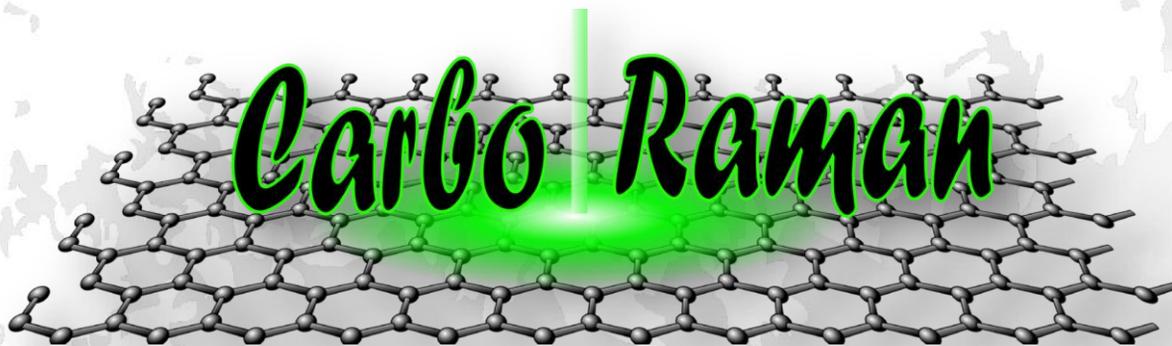




Ecole thématique du CNRS



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

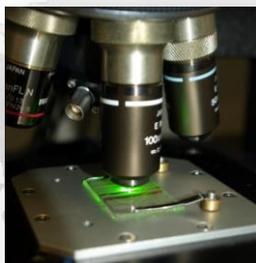
Région



Centre



GFSV



Programme

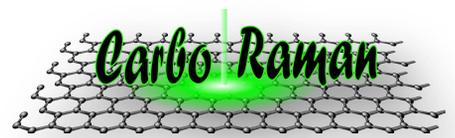
www.carboraman.cnrs-orleans.fr

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*

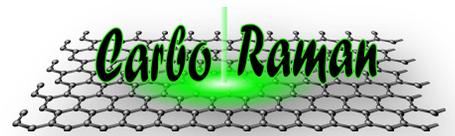
*Patrick Simon,
CEMHTI, UPR CNRS 3079,
1D avenue de la Recherche Scientifique,
45071 Orléans cedex 2.
Tel.: 02 38 25 55 21 / 06 14 56 78 34*

*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		Matières composites, fibres et couches minces. Synthèse et propriétés. (Georges Chellon)		Conditions extrêmes (T, haute température et haute pression) (Victoria Roca-Badell) Conditions extrêmes (pression, irradiation) (Mohamed Elamri, Amine)		Pause café		Pause café	
9h30-10h00	Pause café	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		Théorie des groupes et cristallographie (Alain Bulou)		Présentations constructeurs		Centre Parcs, visite du radiotélescope de Nançay ou après-midi fibre		Discussions		Buffet	
10h30-11h00	Déjeuner	Déjeuner		Déjeuner		Dîner		TD et TP en parallèles		Dîner de gala et soirée	
11h00-11h30		Physique de l'effet Raman 2/2 (Patrick Simon)		TD et TP en parallèles		La spectroscopie Raman à la conquête de Mars (Fernando Rull Pérez)		Pause café			
11h30-12h00	Pause café	Zoologie et diversité du carbone (Encarnacion Raymundo)		La matière carbonée en géologie et son étude par spectroscopie Raman (Mark van Zullen)		Dîner		Chondrites carbonées (Eric Quirico)			
12h00-12h30		Discussions		Discussions		Dîner		Discussions			
12h30-13h00	Pause café	Pause		Pause avec accès posters		Dîner		Pause avec accès posters			
13h00-13h30		Buffet pendant séance posters		Dîner		La spectroscopie Raman appliquée aux matériaux du patrimoine (Ludovic Baillet-Gurliet)		Dîner de gala et soirée			
13h30-14h00	Accueil des participants	Buffet		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
14h00-14h30		Table ronde		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
14h30-15h00	Pause café	Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
15h00-15h30		Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
15h30-16h00	Pause café	Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
16h00-16h30		Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
16h30-17h00	Pause café	Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
17h00-17h30		Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
17h30-18h00	Pause café	Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
18h00-18h30		Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
18h30-19h00	Pause	Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
19h00-19h30		Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
19h30-20h00	Pause	Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
20h00-20h30		Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
20h30-21h00	Pause	Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
21h00-21h30		Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
21h30-22h00	Pause	Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
22h00-22h30		Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
22h30-23h00	Pause	Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			
		Dîner		Dîner		Dîner		Dîner de gala et soirée			

Programme détaillé

Lundi 13 octobre

8h30-9h00 Discours d'introduction. – Frédéric Foucher¹ et Patrick Simon²

¹CBM, CNRS, Orléans. ²CEMHTI, 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.

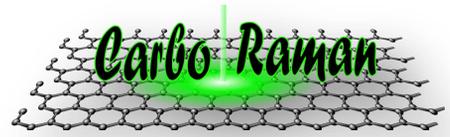
12h30-14h00 Déjeuner aux Tilleuls

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.

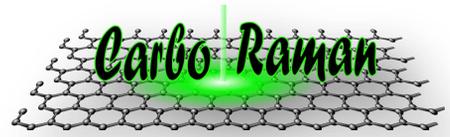
Dans la seconde partie du cours, la discussion se concentrera sur les graphènes et les nanotubes avec: la structure électronique du graphène et le confinement quantique dans les nanotubes, la caractéristique du premier ordre (G et RBM), la dispersion des phonons, les double et triple résonances (2D band), 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.

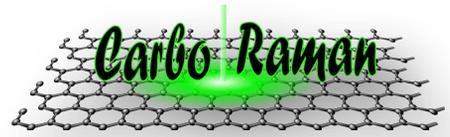
Dans cet exposé, nous analyserons les effets de physisorption, de chimisorption, les transferts de charge et aussi de manière très générale l'interaction des liquides/matrices avec les surfaces carbonées. En partant des observations expérimentales et de calculs ab-initio, il est possible de remonter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

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.

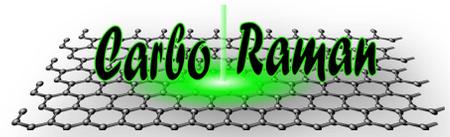
10h30-11h00 Pause café au château

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.

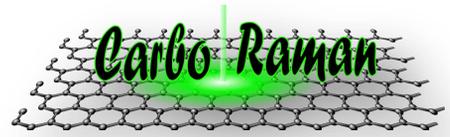
Travaux pratiques

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

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

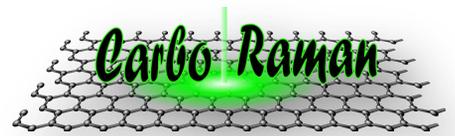
2 – Déconvolution, fit et interprétation des spectres – Thierry Michel

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

Propriétés mécaniques et structurales de polymères encapsulants utilisés en microélectronique

*Kenza AYCHE, 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. Foucher¹, M.R. Ammar², and F. Westall¹

¹CBM, CNRS, Orléans

²CEMHTI, CNRS-Université d'Orléans

Email: frederic.foucher@cnrs-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 μm 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.

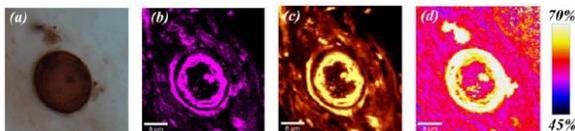


Fig.1 : Microfossil from the Draken formation, Svalbard, 800 Ma. (a) Microscopic optical view and Raman map of (b) opaline silica, (c) carbonaceous matter and (d) ratio of the two main peak intensities of the carbonaceous matter spectrum D/G.

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

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 sp² et sp³ 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 2004.¹ Graphene has been made by chemical vapour deposition (CVD), micromechanical exfoliation of graphite, and thermal deposition of SiC.² 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.^{3,4}

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^{1,2}, M.Colas¹, C.Jaoul¹, O.Jarry³, P.Tristant¹, C.Dublanche-Tixier¹, F.Meunier²

¹ *Sciences des Procédés Céramiques et Traitements de Surfaces, UMR 7315, CEC, 12 rue Atlantis, 87068 Limoges, France*

² *Sulzer Sorevi, 5 Allée Skylab, BP6810, 87068 Limoges, France*

³ *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 sp² to sp³ 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 sp²/sp³ 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 sp²/sp³ 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 sp² carbon in chains or rings whereas D peak (Disorder peak) is only due to sp² 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 sp²/sp³ ratio of our different coatings.

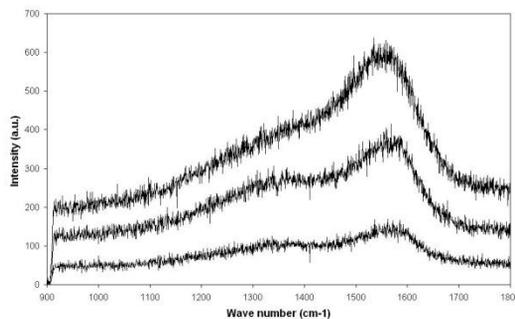


Figure 1. Raman raw spectra of samples treated at different temperatures

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 H₂O-CO₂, H₂O-CH₄ 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 CO₂ et CH₄ - deux gaz d'intérêt planétologique - dans ces processus d'échange, nous avons étudiés les systèmes H₂O-CO₂ et H₂O-CH₄ 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⁺ 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 H₂O-CO₂ [4] et H₂O-CH₄ [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,¹ M. R. Ammar,¹ G. Guimbretière,¹ J.-N. Rouzaud,² et P. Simon¹

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

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

*Email : mammar@cnrs-orleans.fr

Une série de nanocarbones sp² 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'intensités 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 Michel¹, Dmitry Levshov^{1,2}, Raul Arenal³, Matthieu Paillet¹, Xuan Tinh Than¹,
Ahmed-Azmi Zahab¹, Yuri Yuzyuk², Jean-Louis Sauvajol¹*

¹ *Laboratoire Charles Coulomb, University of Montpellier-CNRS, Montpellier, France.*

² *Faculty of Physics, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

³ *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 CH₄-N₂ 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 CH₄-N₂, CH₄-C₂H₆, CH₄-C₂H₆-N₂ en application à Titan (et à d'autres satellites de glace). Ici, nous présentons l'étude qualitative et quantitative des signatures Raman de clathrates CH₄-N₂ à basse pression et basse température.

Matériels et méthodes

Les hydrates binaires CH₄-N₂ 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⁻¹, entre 50 à 4000 cm⁻¹.

Discussion et conclusion

Les signatures Raman des clathrates CH₄-N₂ ont été obtenues pour différentes fractions molaires de CH₄. Les spectres Raman présentent un double pic, à 2901 cm⁻¹ (grande intensité) et 2913 cm⁻¹ (plus faible intensité). Cette signature est caractéristique des cages de petite taille (2913 cm⁻¹) et des cages de grande taille (2901 cm⁻¹) de la structure SI des clathrates. On observe également une bande de vibration de N₂ à 2322 cm⁻¹ et celles de H₂O (221 et 3096 cm⁻¹) de la structure SI de l'hydrate. Nous avons étudié la variation des rapports des hauteurs des bandes CH₄/N₂, CH₄/H₂O, N₂/H₂O 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 CH₄/N₂ et CH₄/H₂O. 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 Na_2O et à hautes températures, afin d'expliquer les propriétés structurales et vibrationnelles des verres de silicates sodium (effet de l'ion 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 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] 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 cm^{-1} et 570 cm^{-1} respectivement et deux moins massifs mais plus large entre [730 - 800] cm^{-1} et [890 - 970] cm^{-1} .

Les résultats présentés concerne l'intervalle de fréquence de haute fréquence [950- 1200] 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] cm^{-1} a également été remarquée surtout à 400°C et 600°C.

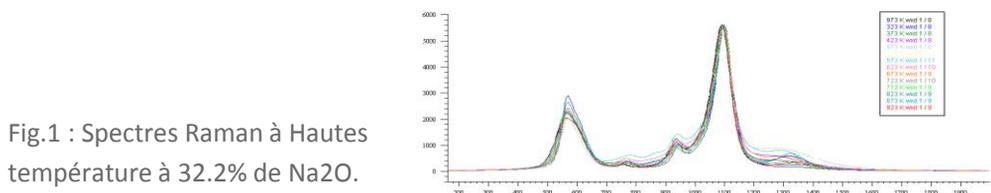


Fig.1 : Spectres Raman à Hautes température à 32.2% de Na_2O .

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

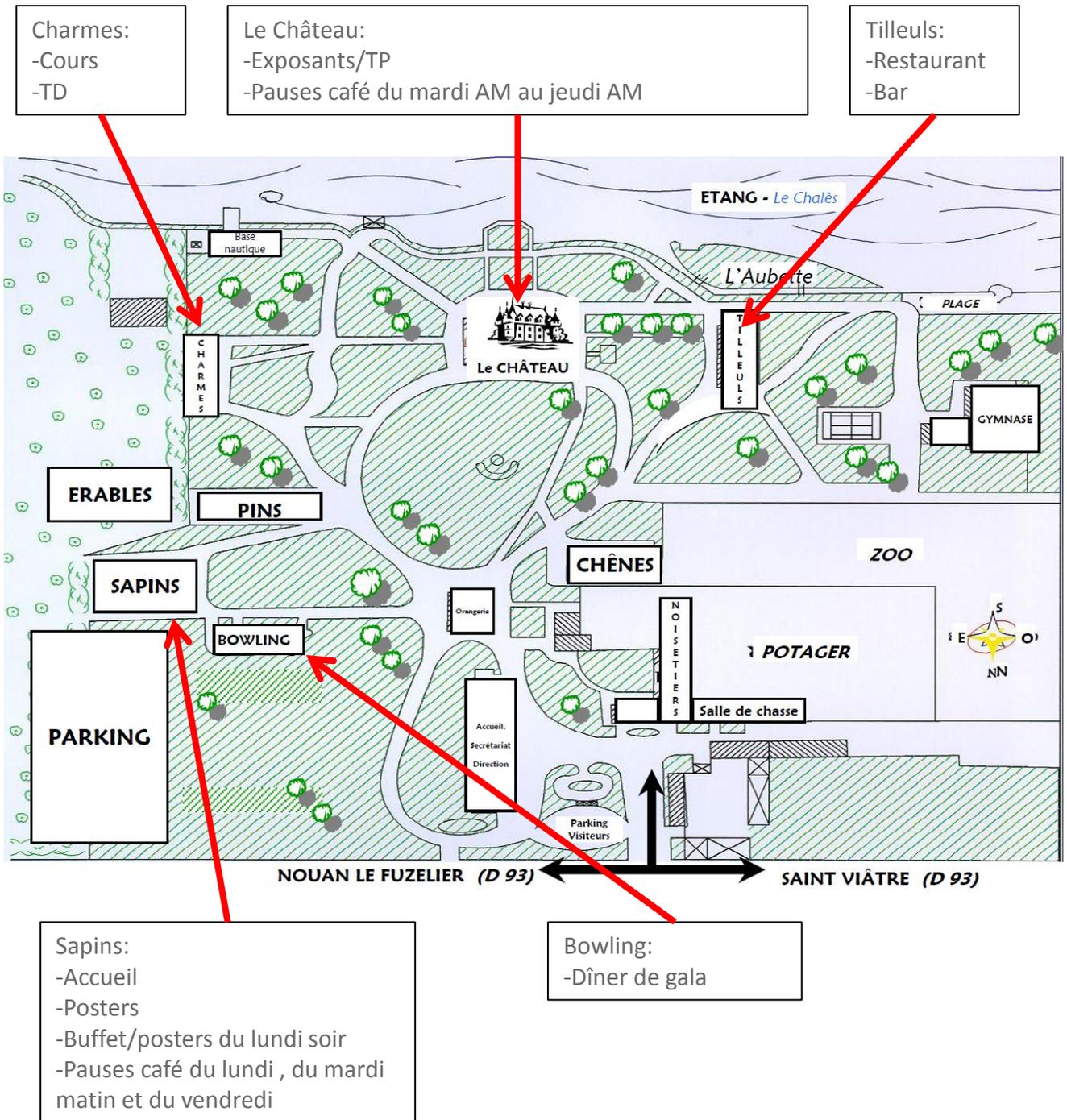
La présente contribution décrira le principe de l'imagerie confocale Raman, les contraintes et les spécifications instrumentales particulières au microscope Raman, des exemples d'applications et le couplage du microscope Raman à d'autres techniques d'analyse telles l'AFM (Atomic Force Microscopy), la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

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

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

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

<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

<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

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

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

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

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

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

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

www.optonlaser.com

Orateurs



Mohamed-Ramzi Ammar
Maître de Conférences
CEMHTI, UPR CNRS 3079, Orléans.
mammar@cnrs-orleans.fr

Alain Bulou
Professeur
IMMM, UMR CNRS 6283, Université du Maine, Le Mans.
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

Frédéric Foucher
Ingénieur de recherche
CBM, UPR CNRS 4301, Orléans.
Frederic.foucher@cnrs-orleans.fr

Vittoria Pischedda
Maitre de conférences
ILM, UMR 5306, Université Claude Bernard, Lyon 1.
vittoria.pischedda@univ-lyon1.fr

Pascal Puech
Maitre de conférences
CEMES, UPR CNRS 8011, Toulouse.
pascal.puech@cemes.fr

Encarnacion Raymundo
Chargée de recherche
CEMHTI, UPR CNRS 3079, Orléans.
encarnacion.raymundo@cnrs-orleans.fr

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

Mark A. van Zuilen
Chargé de recherche
IPGP, UMR CNRS 7154, PRES Sorbonne Paris Cité.
vanzuilen@ipgp.fr

Ludovic Bellot-Gurlet
Professeur
MONARIS, UMR CNRS 7075, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
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

Jean Dubessy
Directeur de recherche
GéoRessources, UMR CNRS 7359, Université de Lorraine, Nancy.
jean.dubessy@univ-lorraine.fr

Bernard Humbert
Professeur
IMN, UMR CNRS 6502, Université de Nantes.
bernard.humbert@cnrs-imn.fr

Marcos A. Pimenta
Professeur
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brésil.
mpimenta@fisica.ufmg.br

Eric Quirico
Professeur
IPAG, UMR CNRS 5274, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.
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

Patrick Simon
Directeur de recherche
CEMHTI, UPR CNRS 3079, Orléans.
patrick.simon@cnrs-orleans.fr