

LP339

**Mécanique Quantique 3 -
Cohésion de la Matière
L3-FP/PM/PC 2013/14**

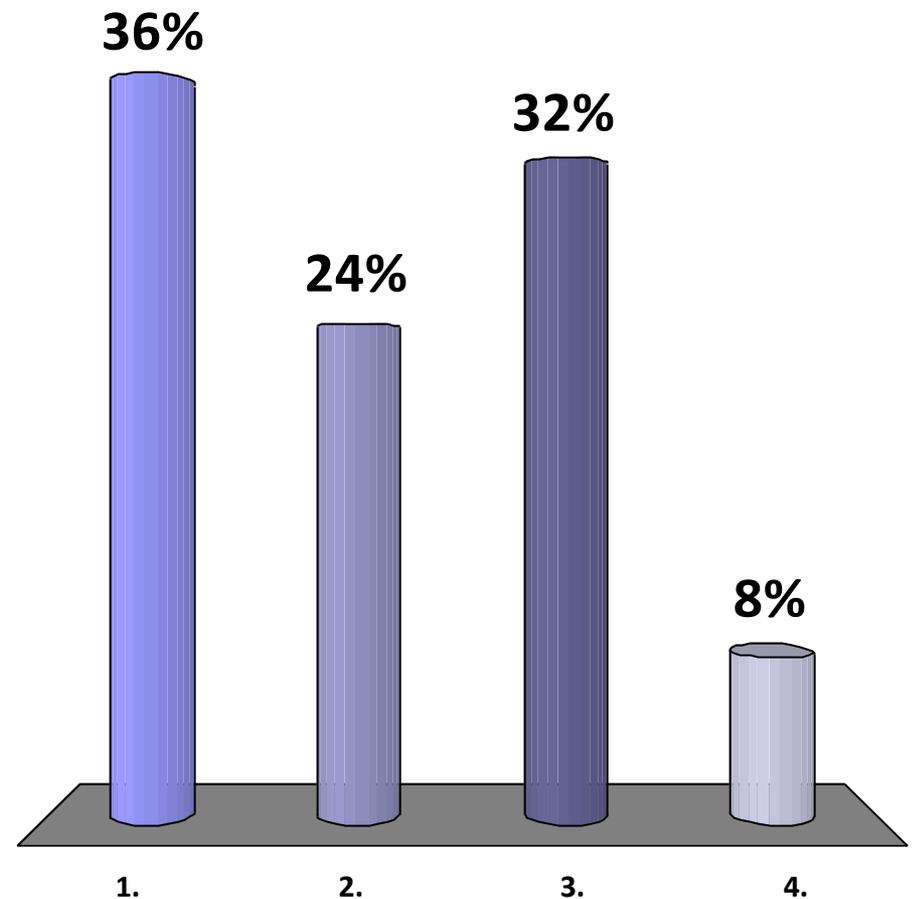
A. Marco Saitta

IMPMC-Université Pierre et Marie Curie

<https://www.facebook.com/facultedephysiqueupmc>

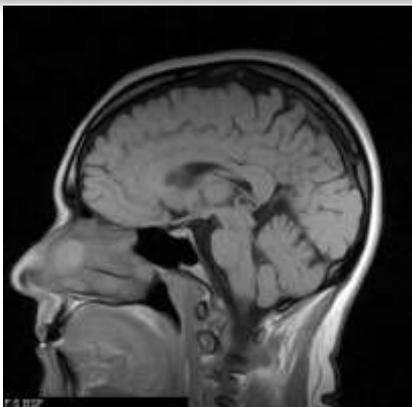
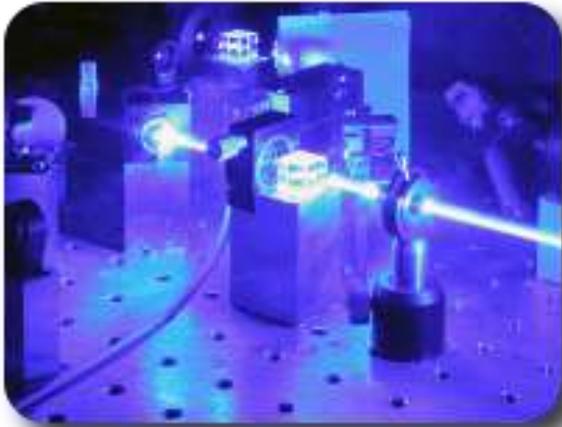
Option Cohésion de la matière (2013-14) ?

1. Oui, sans doute
2. Peut-être, pourquoi pas
3. Je ne pense pas
4. Jamais



La matière condensée et les matériaux

- "La physique quantique a changé notre vie au quotidien"
Jean-Michel Raimond, septembre 2011



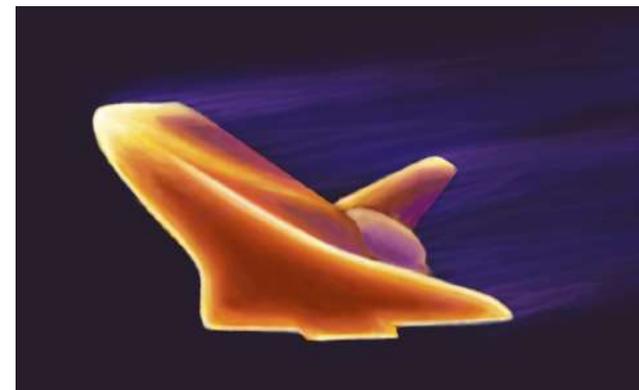
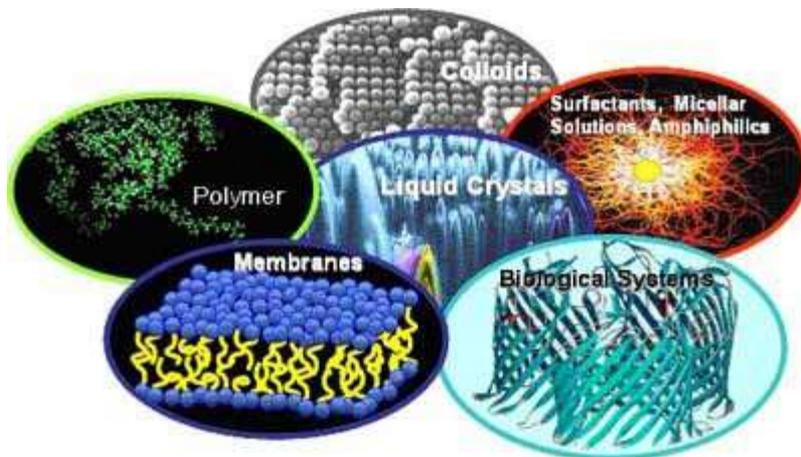
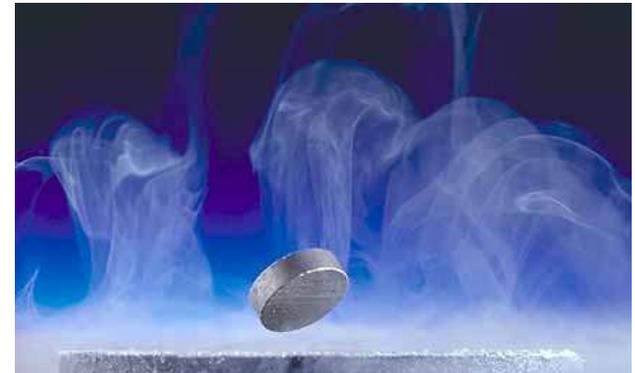
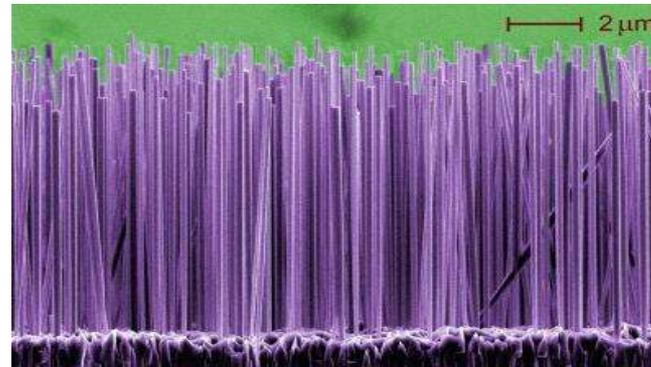
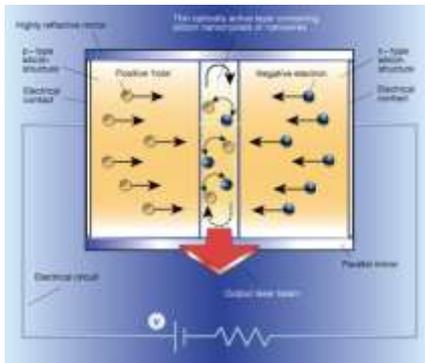
La matière condensée et les matériaux

- C'est quoi la matière condensée ?



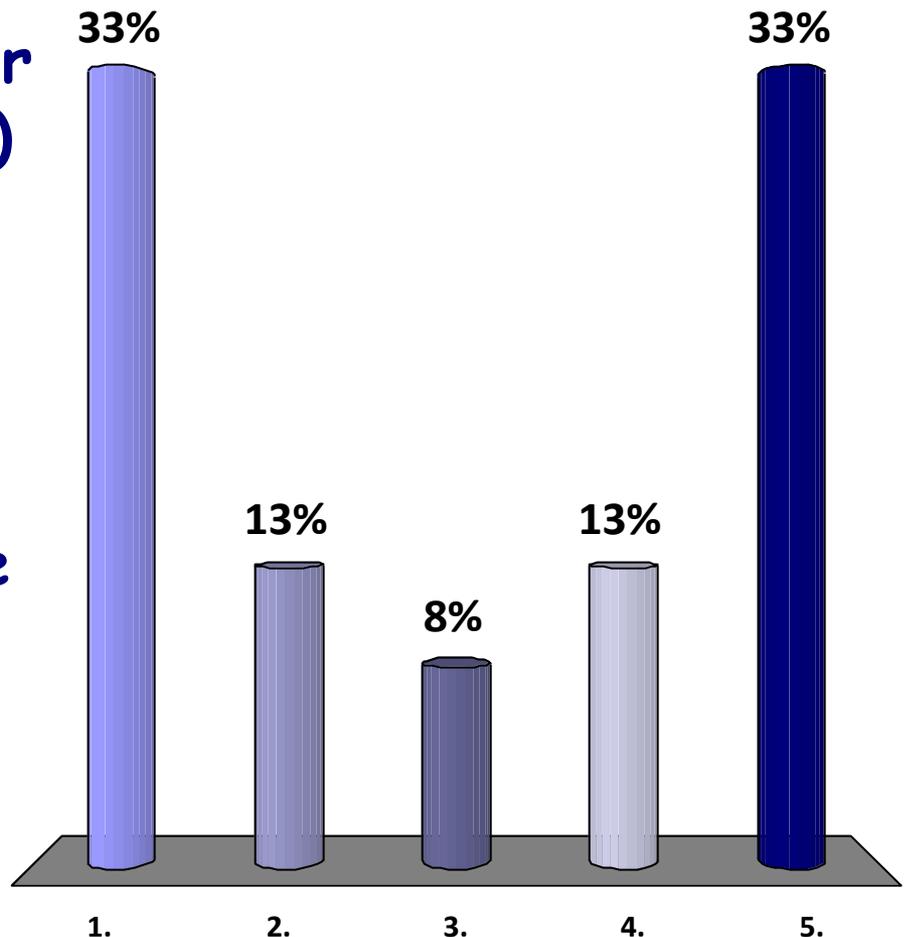
La matière condensée et les matériaux

- C'est quoi la matière condensée ?



Pourquoi vous faites des études de physique ?

1. Pour faire de la recherche dans le secteur public (Univ, CNRS, CEA)
2. Pour intégrer une école d'ingénieurs
3. Pour devenir enseignant
4. Pour travailler dans le secteur privé en tant que physicien
5. Pour ses interfaces avec les autres disciplines



La matière condensée et la recherche

■ General Physics	12 %
■ Gravitation and Astrophysics	5 %
■ Elementary Particles and Fields	5 %
■ Nuclear Physics	2 %
■ Atomic, Molecular, and Optical Physics	6 %
■ Nonlinear/Fluid Dynamics	10 %
■ Plasma and Beam Physics	4 %
■ Condensed Matter: Structure, etc.	14 %
■ Condensed Matter: Electronic Properties, etc.	31 %
■ Soft Matter, Biological, Interdisciplinary Physics	11 %

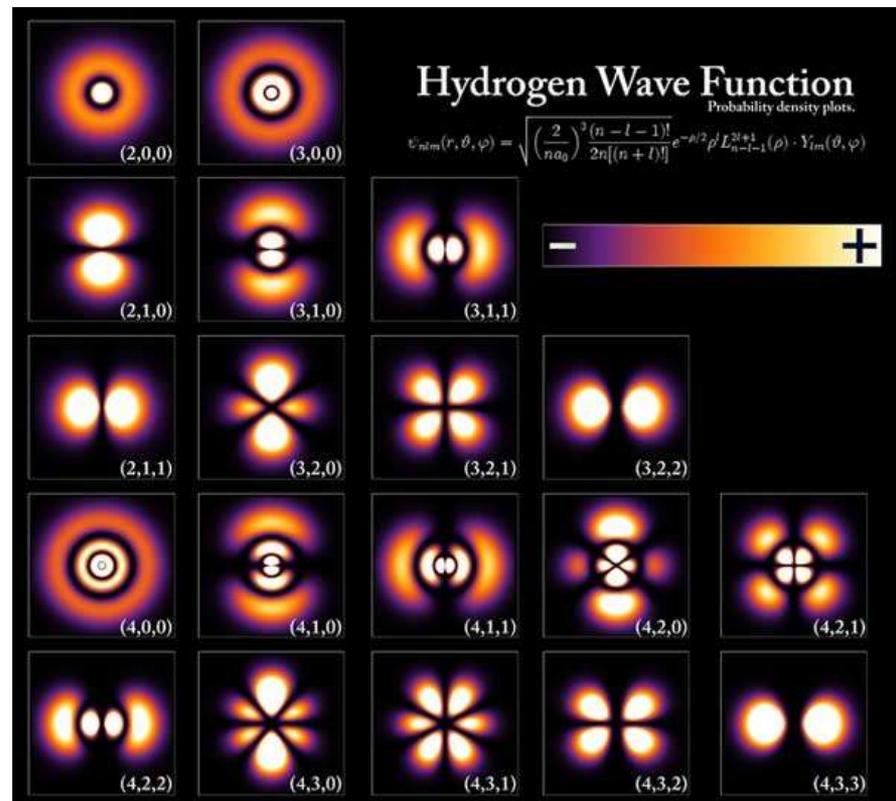
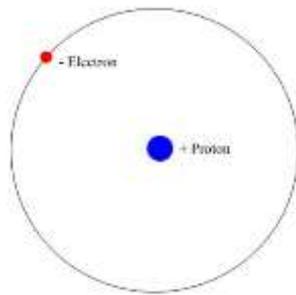


La matière condensée et les matériaux

- Nouvelle option en S6 : LP339
- Mécanique quantique 3 - Cohésion de la Matière
- Tronc commun (FP) dans les nouvelles maquettes
- Contenu : liaison chimique, de la molécule au solide, structure et organisation de la matière condensée, propriétés électroniques et magnétiques.
- Nouveaux matériaux (graphène, nanosystèmes, membranes, supraconducteurs, etc...)

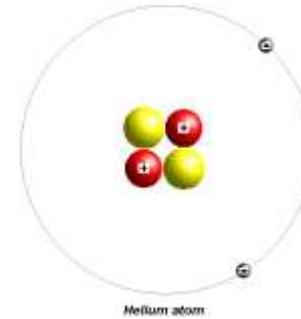
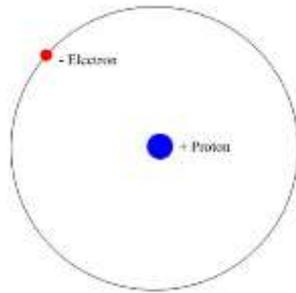
Mécanique Quantique 3

■ De l'atome d'hydrogène...

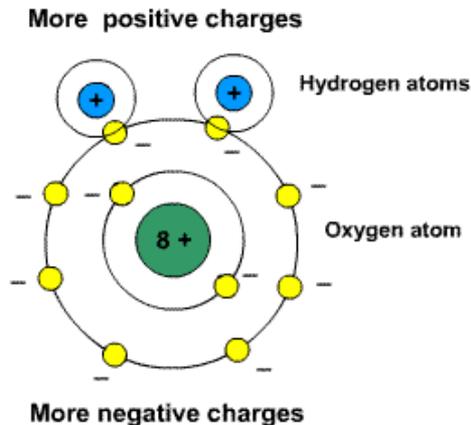


Mécanique Quantique 3

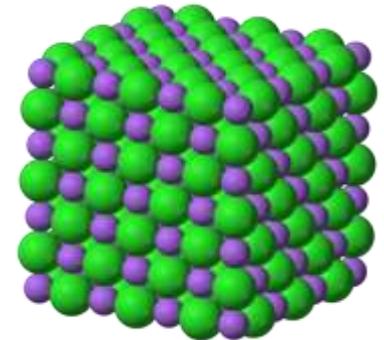
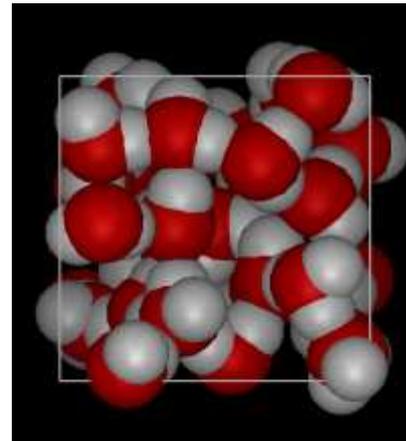
- De l'atome d'hydrogène... aux atomes plus complexes...



aux molécules...

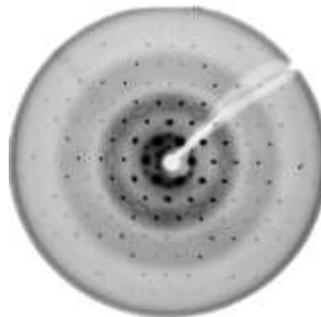
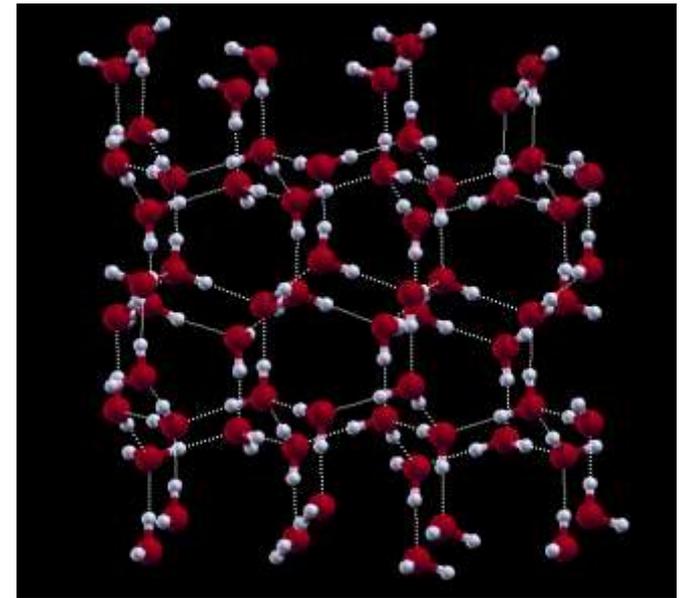
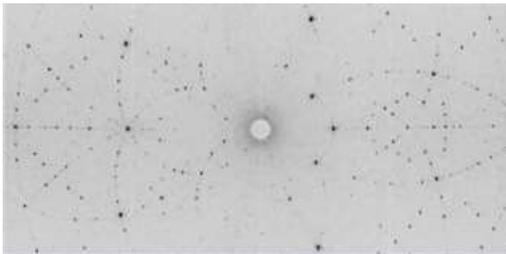


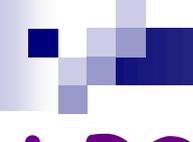
...aux phases condensées



La matière condensée au niveau microscopique : expériences et théorie/simulations

- Étude au niveau microscopique/atomique/moléculaire : rayons-X, neutrons, spectroscopie vibrationnelle, etc... calcul des propriétés thermodynamiques, structurales, électroniques, magnétiques...





LP339

MQ3 - Cohésion de la Matière

L3-FP/PM/PI 2013/14

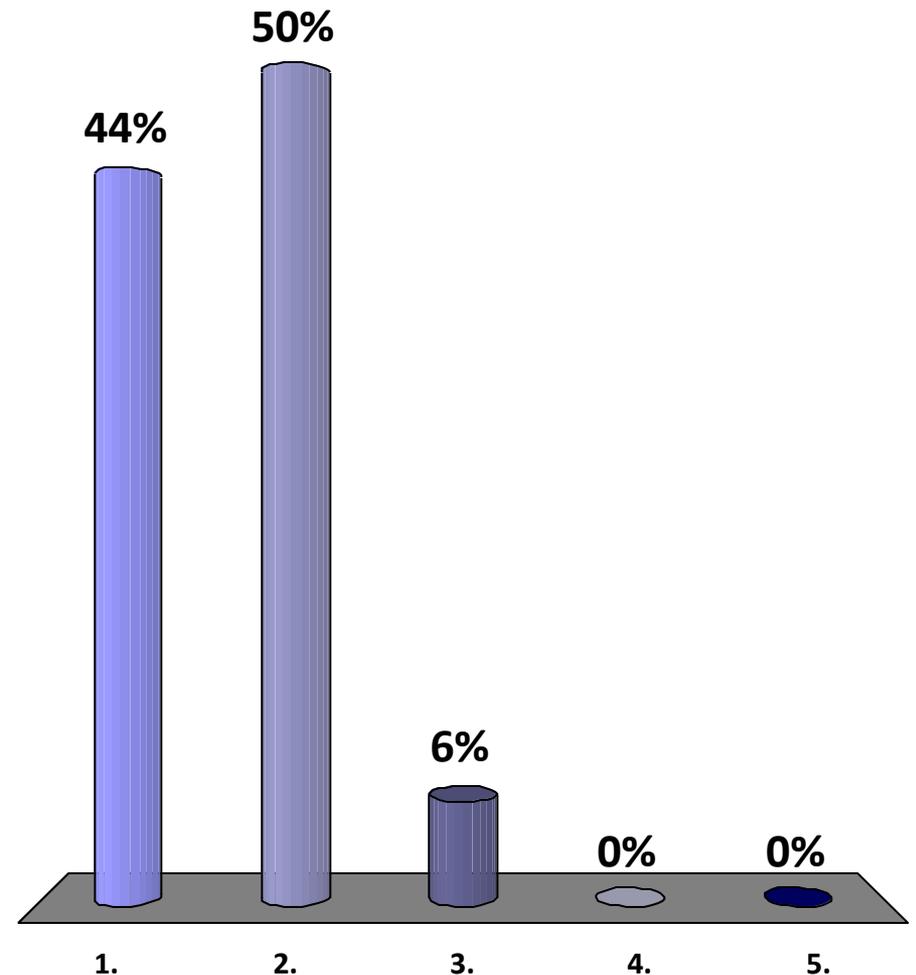
1. Examen écrit (MQ) : 40 points
2. TP structure : 20 points
3. Projet bibliographique : 40 points

Projets bibliographiques 2012-13

1. Eau sous conditions extrêmes de pression et température (th+exp)
2. Dissociation de l'eau sous champ électrique (théorie)
3. Glace salée (théorie et expériences)
4. Nanotubes de carbone dopés (théorie et expériences)
5. Nanorubans de graphène (théorie)
6. Glace d'ammoniac superionique (théorie et expériences)
7. Nouvelle phase spectaculaire du cérium (expériences)
8. Nanocolonnes semiconductrices
9. Nanocristaux de semiconducteurs
10. Boîtes quantiques : émission spontanée du solide
11. Boîtes quantiques : photons indiscernables
12. Les quasicristaux
13. Verres métalliques
14. Transition de Verwey dans la magnétite

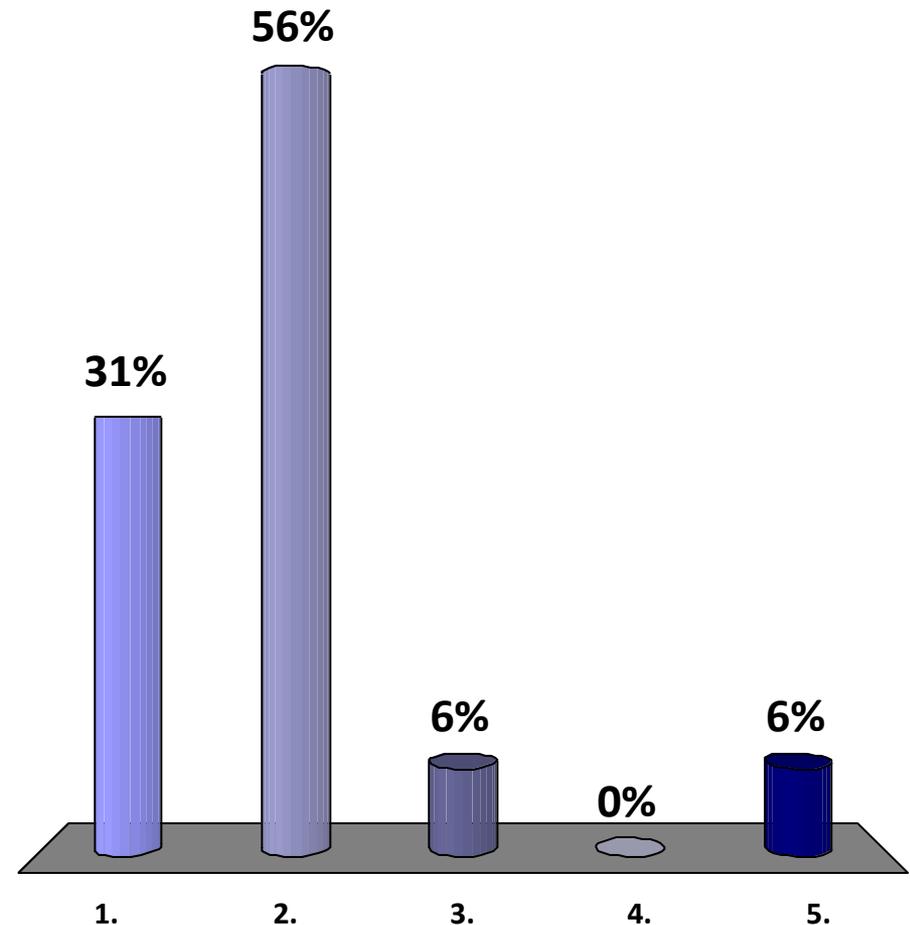
LP339 : Pédagogie par projet (sondage 2012-13)

1. Très bien
2. Assez bien
3. Pas très bien
4. Pas bien du tout
5. Sans opinion



LP339 : Projets bibliographiques proposés (sondage 2012-13)

1. Très intéressants
2. Assez intéressants
3. Pas très intéressants
4. Pas du tout intéressants
5. Sans opinion



Si tout cela vous intéresse
ET
vous êtes brillant(e)s & motivé(e)s :

L3-S6 : MQ3 - Cohésion de la Matière
M1 : Majeure Physique du Solide
M2 : SMNO/Nanomat/ICFP/OM/SC

marco.saitta@upmc.fr

1. Water under extreme conditions

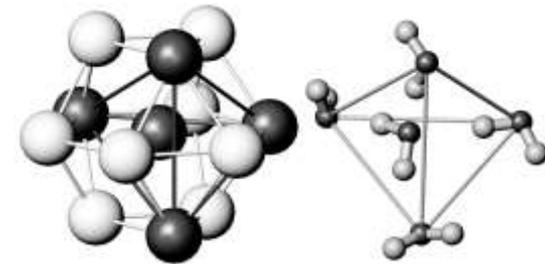
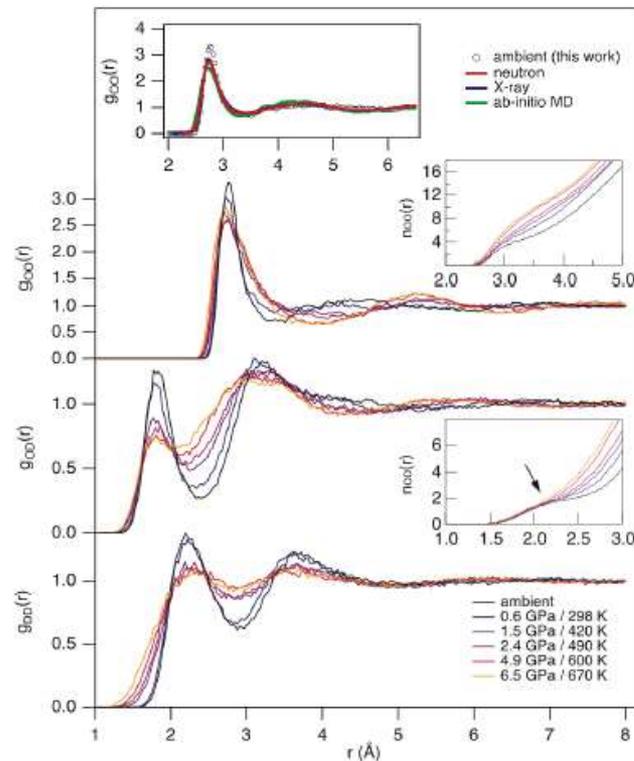
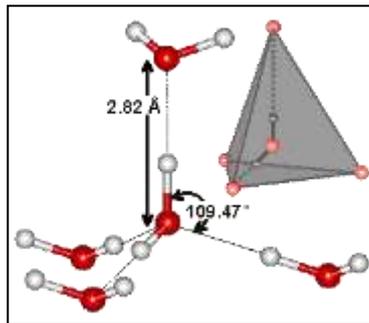
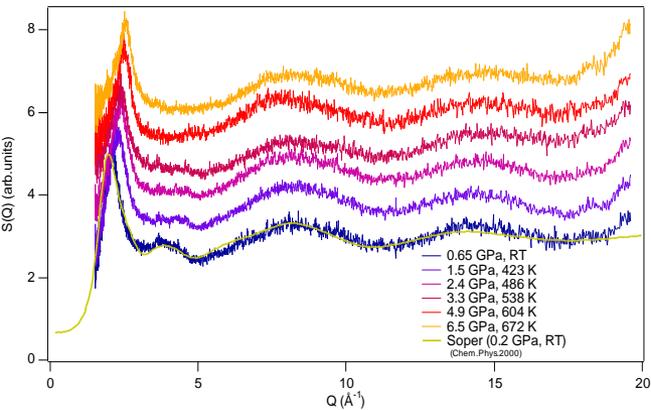
PRL 96, 067801 (2006)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
17 FEBRUARY 2006

Structure of Dense Liquid Water by Neutron Scattering to 6.5 GPa and 670 K

Th. Strässle,^{1,*} A. M. Saitta,¹ Y. Le Godec,¹ G. Hamel,¹ S. Klotz,¹ J. S. Loveday,² and R. J. Nelmes²



2. Dissociation of water under electric field

PRL 108, 207801 (2012)

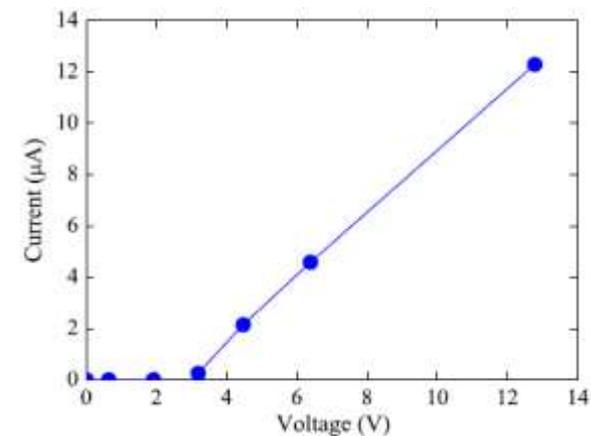
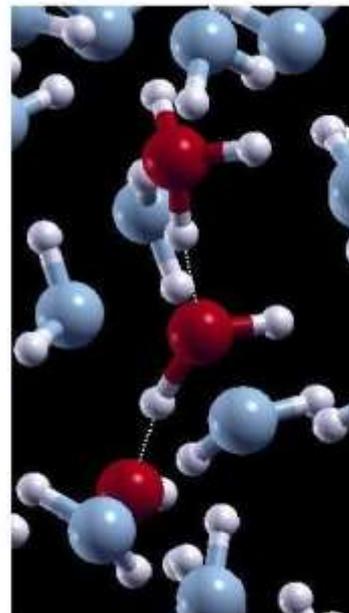
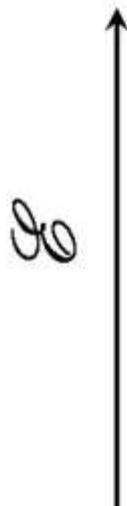
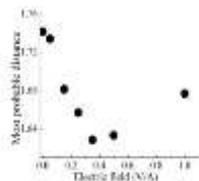
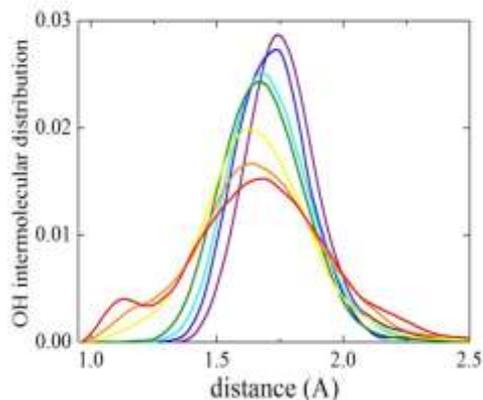
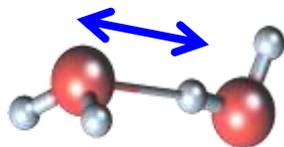
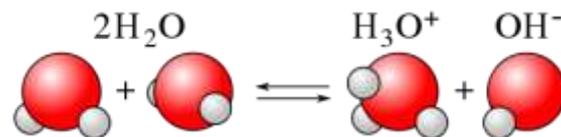
PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
18 MAY 2012

Ab Initio Molecular Dynamics Study of Dissociation of Water under an Electric Field

A. Marco Saitta,^{1,*} Franz Saija,^{2,†} and Paolo V. Giaquinta^{3,‡}

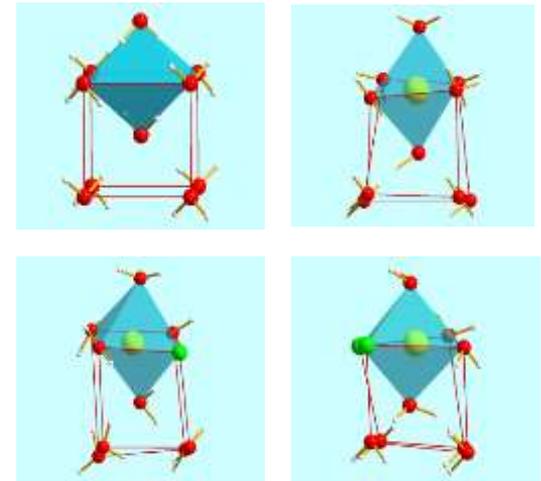
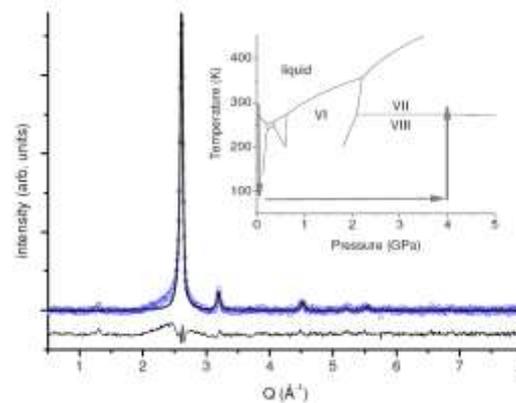
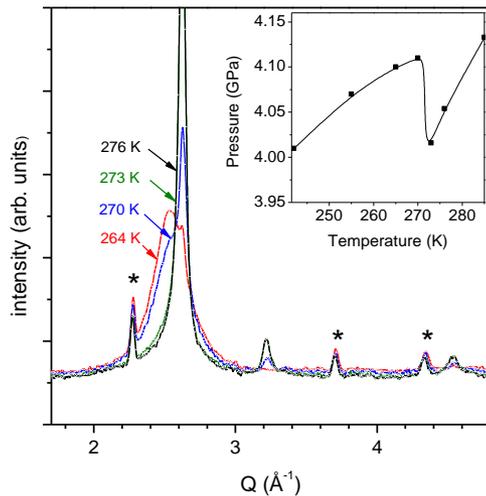
¹IMPMC, CNRS-UMR 7590, Université P & M Curie, 75252 Paris, France



3. Salty ice

The preparation and structure of salty ice VII under pressure

Stefan Klotz^{1*}, Livia E. Bove¹, Thierry Strässle², Thomas C. Hansen³ and Antonino M. Saitta¹



CNRS > Presse > Journal du CNRS > Qui sont vraiment les jeunes ? / N°236 Septembre 2009 > VIE DES LABOS

Physique

De la glace salée pour pimenter l'Univers

4. Graphene nanoribbons

PRL 101, 096402 (2008)

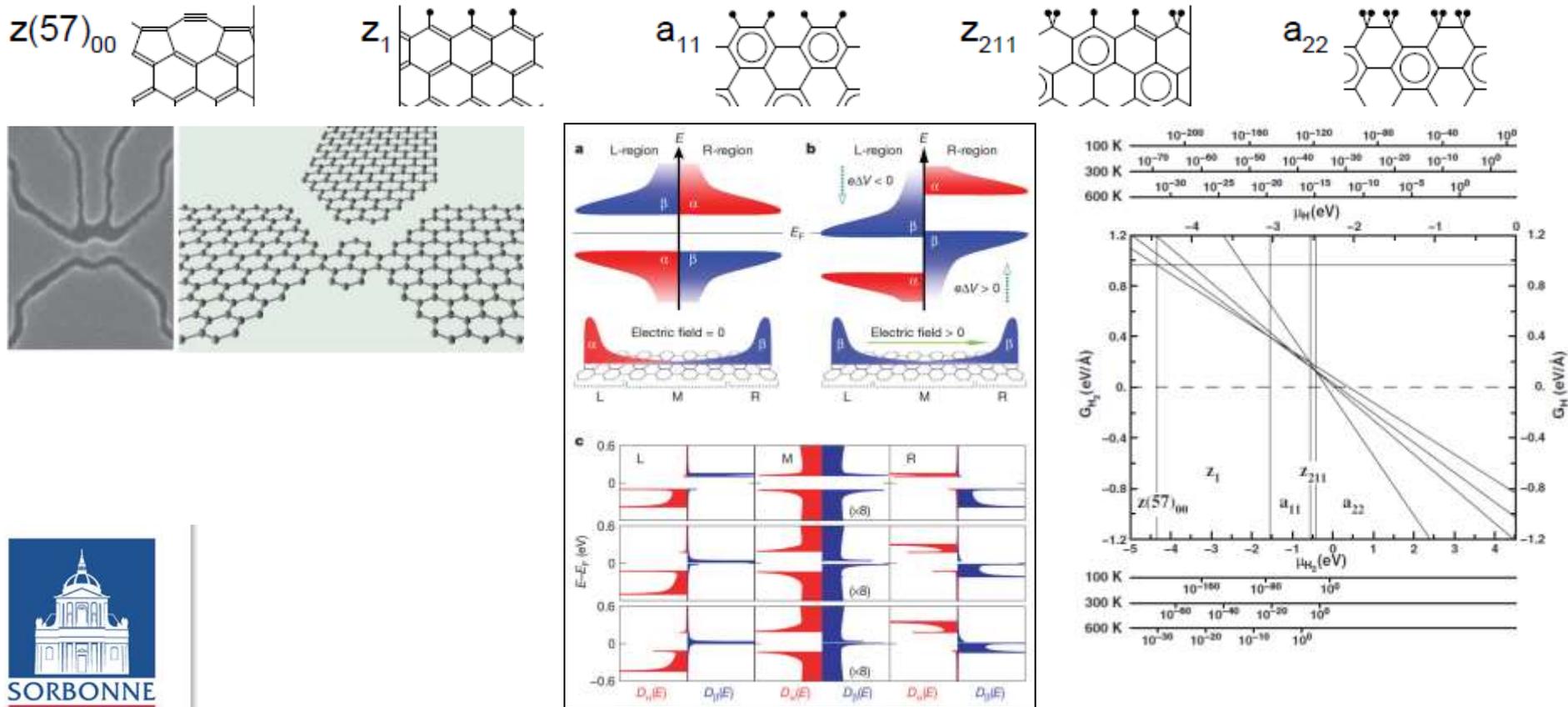
PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
29 AUGUST 2008

Structure, Stability, Edge States, and Aromaticity of Graphene Ribbons

Tobias Wassmann, Ari P. Seitsonen, A. Marco Saitta, Michele Lazzeri, and Francesco Mauri

IMPMC, Université Paris 6 et 7, CNRS, IPGP, 140 rue de Lourmel, 75015 Paris, France



5. Doped carbon nanotubes

PHYSICAL REVIEW B 78, 104108 (2008)

Rubidium localization in single-walled carbon nanotube bundles: Structural study

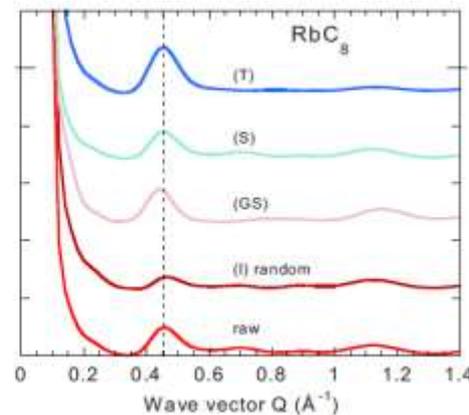
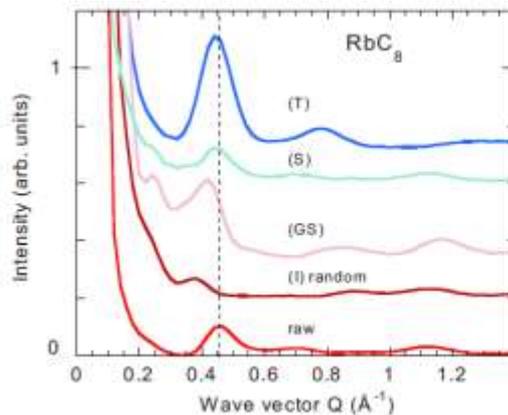
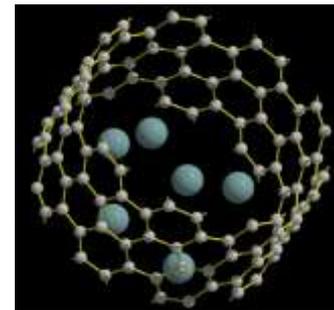
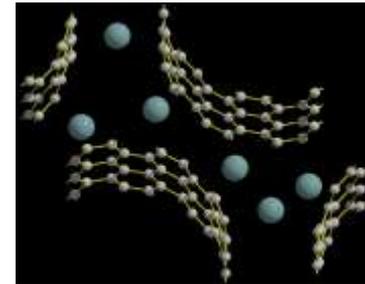
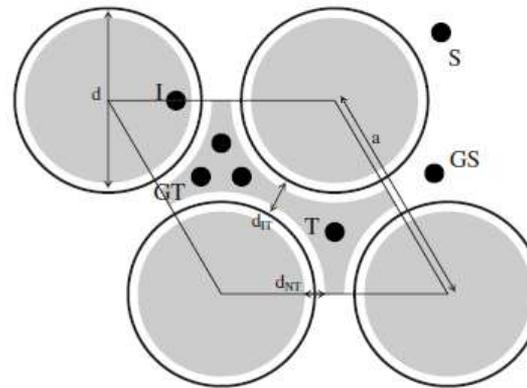
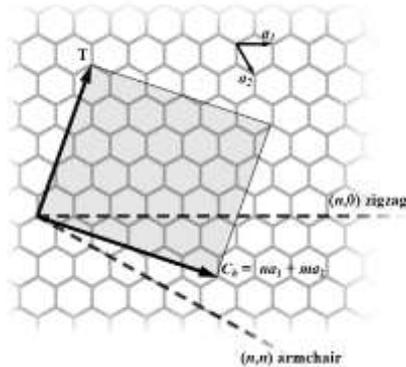
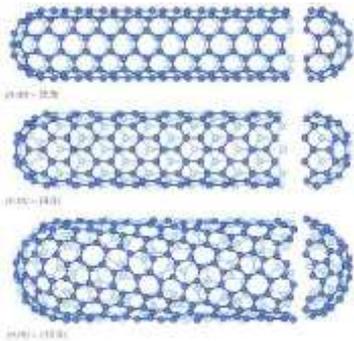
N. Bendiab*

Institut Néel, Université Joseph Fourier et CNRS, 34020 Grenoble, France

A. M. Saitta

Institut de Minéralogie et de Physique des Milieux Condensés, CNRS-UMR 7590, Université Pierre et Marie Curie-Paris 6,

Université Denis Diderot-Paris 7, IPGP, F-75252 Paris, France



Observation of an O_8 molecular lattice in the ϵ phase of solid oxygen

Lars F. Lundegaard¹, Gunnar Weck², Malcolm I. McMahon¹, Serge Desgreniers³ & Paul Loubeyre²

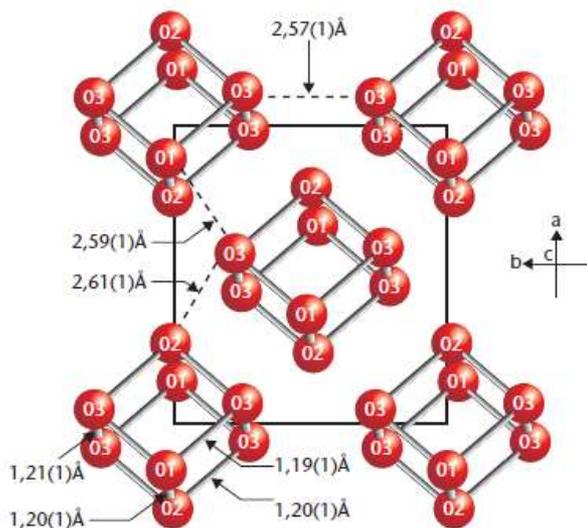


Figure 3
Géométrie et arrangement des molécules O_8 dans la phase ϵ à 17,6 GPa. Un seul plan moléculaire est représenté.

L'OXYGÈNE SOUS PRESSION FAIT LE GRAND 8

G. WECK, P. LOUBEYRE
CEA - DAM - Île-de-France

Parmi les molécules simples, la molécule de di-oxygène O_2 est la seule qui possède un moment magnétique. L'oxygène solide présente une grande diversité de structures dont la stabilité est gouvernée par l'interaction magnétique.

À très haute pression, l'oxygène solide devient un métal aux températures ambiantes, et un supraconducteur à basse température. Dans un grand domaine de pression entre le domaine magnétique et le régime métallique, l'oxygène solide possède des propriétés surprenantes : il a une couleur rouge et une forte absorption dans l'infrarouge. La structure de cette phase intermédiaire était inconnue malgré de nombreuses études expérimentales et théoriques. En faisant croître un monocristal d'oxygène dans cette phase, sous pression et dans l'hélium, nous avons obtenu de très bonnes données de diffraction X. Nous avons pu voir la structure de cette molécule : cette phase est due à une association moléculaire de quatre molécules O_2 en unité rhomboédrique. Il s'agit de la première formation d'une nouvelle molécule par la seule compression.

Single-bonded cubic form of nitrogen

MIKHAIL I. EREMETS^{1*}, ALEXANDER G. GAVRILIU^{1,2,3}, IVAN A. TROJAN^{1,3}, DYMITRO A. DZIVENKO¹
AND REINHARD BOEHLER¹

¹Max Planck Institute für Chemie, Postfach 3060, 55020 Mainz, Germany

²A.V.Shubnikov Institute of Crystallography, Russian Academy of Sciences, 117333, Leninskii pr. 59, Moscow, Russia

³High Pressure Institute of Russian Academy of Sciences, 142092, Troitsk, Russia

*e-mail: eremets@mpch-mainz.mpg.de

Published online: 4 July 2004; doi:10.1038/nmat1146

PHYS.ORG

Home Nanotechnology Physics Space & Earth Electronics Technology Chemistry
General Physics Condensed Matter Optics & Photonics Superconductivity

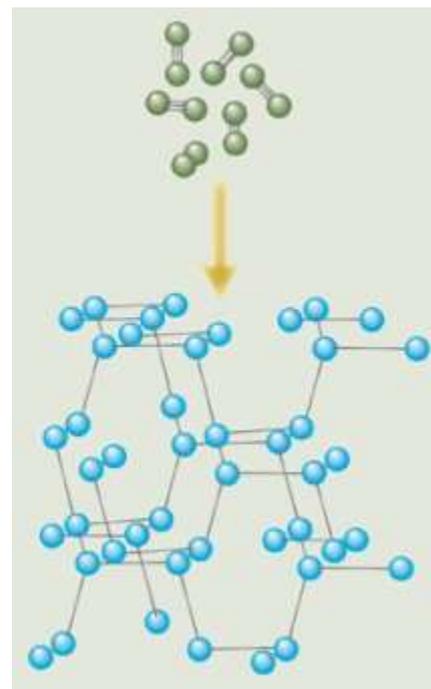
Polymeric nitrogen synthesised

August 5, 2004



The new single-bonded nitrogen phase could serve as a high-energy storage material, report Max Planck researchers in Mainz, Germany

Nitrogen, the major constituent of air, usually consists of inert molecules where two atoms are strongly triple-bonded. Now, researchers of the Max Planck Institute for Chemistry have synthesised a polymeric cubic form of nitrogen where all atoms are connected with single covalent bonds, similar to carbon atoms in diamond. This cubic phase has not been observed previously in any element. It possesses unique properties such as energy capacity: more than five times that of the most powerful explosives (Nature Materials, August 2004, published online 4 July 2004).



Structure of Carbon Dioxide Phase IV: Breakdown of the Intermediate Bonding State Scenario

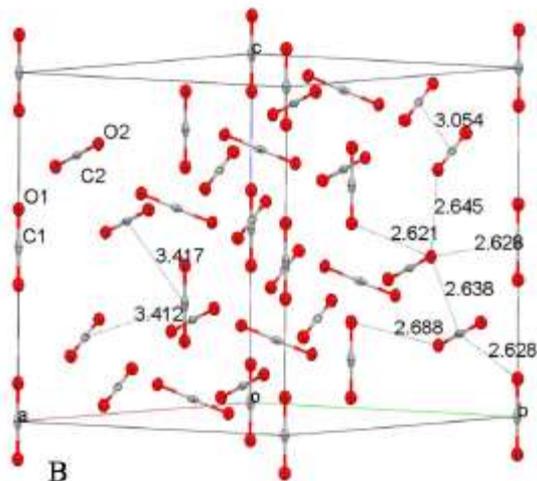
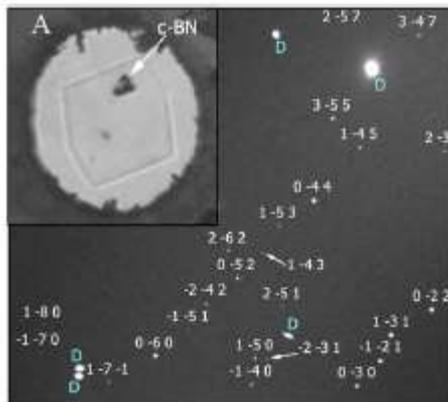
Frédéric Datchi,^{1,2} Valentina M. Giordano,³ Pascal Munsch,^{1,2} and A. Marco Saitta^{1,2}

¹UPMC University of Paris 06, UMR 7590, IMPMC, F-75015 Paris, France

²CNRS, UMR 7590, IMPMC, F-75015 Paris, France

³European Radiation Synchrotron Facility, F-38043 Grenoble CEDEX, France

(Received 9 July 2009; revised manuscript received 13 October 2009; published 29 October 2009)



A Light for Science

Home	About Us	News	Events	Users & Science	Industry Solutions	Operation	Technologies
------	----------	------	--------	-----------------	--------------------	-----------	--------------

navigation

Spotlight on Science

View more spotlight on science articles

View more news items

Bonding in high-pressure solid CO₂ revealed by single-crystal diffraction

you are here: [home](#) → [news](#) → [spotlight on science](#) → [bonding in high-pressure solid CO₂ revealed by single-crystal diffraction](#)

Bonding in high-pressure solid CO₂ revealed by single-crystal diffraction

last modified 22-02-2010 11:00

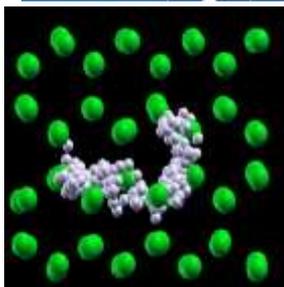
Solid carbon dioxide undergoes a radical change from a molecular solid to a non-molecular "polymeric" state at elevated pressures and temperatures [1]. The polymeric state is characterised by the disappearance of the double bonds between the carbon and oxygen atoms and the formation of new single bonds. Whether this transformation occurs as a result of solid-state chemical reactions between molecules reaching a critical separation, or via intermediate states where molecules gradually distort as pressure increases, remains unknown. To solve this mystery, researchers from Université Pierre et Marie Curie have determined the structure of CO₂ in the high-pressure phase IV, the ultimate molecular phase before its polymerisation into phase V.

Proton Disorder and Superionicity in Hot Dense Ammonia Ice

S. Ninet, F. Datchi, and A. M. Saitta

*Institut de Minéralogie et de Physique des Milieux Condensés, Université Pierre et Marie Curie - Paris 6,
CNRS UMR 7590, Paris, France*

(Received 16 January 2012; published 19 April 2012)



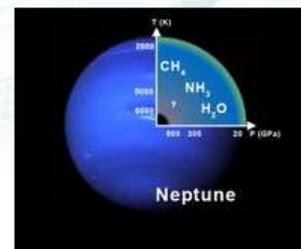
you are here: [home](#) → [news](#) → [spotlight on science](#) → an exotic form of ice: superionic ammonia

An exotic form of ice: superionic ammonia

last modified 06-08-2012 11:23

The ices of water, ammonia and methane, present inside Neptune and Uranus, have very different properties to ice existing on Earth: they are hot and have a higher density than their melt.

Ice within the giant planets is submitted to extreme pressures and temperatures, up to 300 GPa, i.e. 3 million atmospheres, and 5000 K. To better understand the properties of these dense "hot" ices, scientists aim to reproduce similar conditions in the laboratory. This is how a new state of ammonia ice, called superionic ammonia, was discovered at high pressure and temperature. Superionicity is an exotic state of matter where the standard concepts of solid and liquid are challenged as the system behaves simultaneously as a crystal (the fixed ion lattice) and as a liquid (the diffusive ions). Superionic solids have intrigued scientists for many years and offer promising applications as components of solid-state batteries, which are currently under investigation. If superionic ice exists inside the giant icy planets Neptune and Uranus, it could be at the origin of the planets magnetic field, which remains unexplained.



Neptune's main constituents are water, ammonia and methane ices. The core may be composed of rocks and ice and the outer layer is mainly helium, hydrogen and methane (inspired by Hubbard et al., Triton and Neptune, Univ. Arizona Press, 1995).

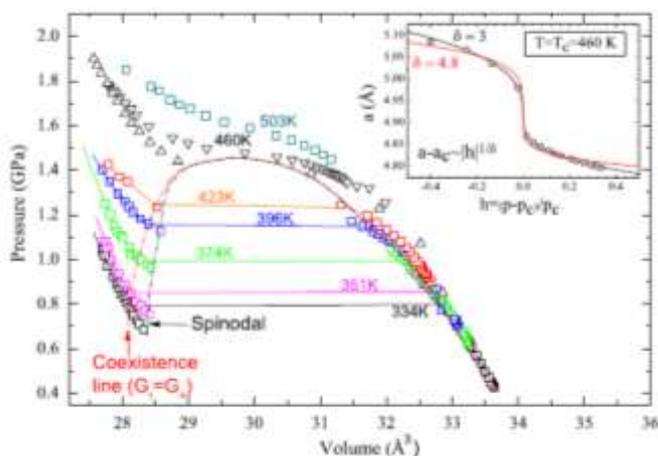
Diffusionless $\gamma \rightleftharpoons \alpha$ Phase Transition in Polycrystalline and Single-Crystal Cerium

F. Decremps,¹ L. Belhadi,¹ D. L. Farber,² K. T. Moore,² F. Occelli,³ M. Gauthier,¹ A. Polian,¹ D. Antonangeli,¹
C. M. Aracne-Ruddle,² and B. Amadon³

¹IMPMC, Université Pierre et Marie Curie, 75252 Paris, France

²LLNL, Livermore, California 94550, USA

³CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon, France



Cerium enters a rare and spectacular phase

As a solid is subjected to higher pressures, its atomic arrangement changes. For most elements the transition is accompanied by a decrease in volume, which means that a single crystal crushes into a poly-crystal or a powder. But cerium, the most abundant rare-earth element with applications ranging from catalysts to fluorescent lamps, does not conform to this picture. At a temperature of 300 K and pressure of 0.75 GPa, the volume of cerium decreases without any accompanying change in its structure.

ESRF users have now shed light on the mechanism behind this counter-intuitive transition. Frédéric Decremps of the Université Pierre et Marie Curie (IMPMC) and co-workers from the IMPMC, Lawrence Livermore National Laboratory and the CEA



Rare-earth element: cerium.

took the world's only existing single crystal of cerium to the ESRF's ID09 beamline, where X-ray diffraction experiments revealed its non-equilibrium phase diagram.

When the sample was subjected to high pressures in a diamond anvil cell, it underwent a transition that has strong analogies with the liquid-gas transition of classical systems – a phenomenon that has never been

observed in any solid. The initial phase of cerium transforms to a new phase with about 15% less volume. Yet the team observed that the single-crystal quality remains and, more surprisingly, two single crystals with different volumes coexist. The researchers also determined the high-pressure variation of volume in a single crystal of cerium along different isotherms. "This a major first in crystallography," Decremps told *ESRFnews*.

In 2009, Decremps and co-workers showed that the variation of volume during the phase transition is provoked by a mechanical anomaly: the more solid cerium is compressed, the more it becomes compressible – behaviour that had never been observed in a pure element. The new work sheds light on transformations generated by

the delocalisation of f-electrons, which could be the cause of the exceptional mechanical properties of cerium-based metallic glasses. These have promising technological applications because they deform plastically at almost ambient temperatures.

"A bright and small X-ray beam was vital to obtain high-quality data on cerium's equation of state at high pressure and high temperature," says Decremps. "This experiment is feasible only at the ESRF on beamline ID09, which is partly devoted to high-pressure high-temperature experiments and has enough flux to collect excellent data on a small area of the sample."

Reference

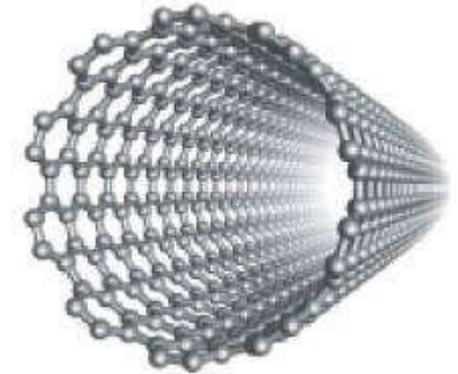
F. Decremps et al. 2011 *Phys. Rev. Lett.* 106 65701.

Nanotubes de carbone

Nanoobjets sous contrôle

Du fil de nanotubes de carbone

Les nanotubes de carbone, des cylindres graphitiques de un nanomètre de diamètre, ont été découverts il y a une dizaine d'années. Cette nouvelle forme du carbone pourrait avoir de nombreuses applications dans l'électronique, la robotique, les capteurs chimiques, l'émission d'électrons et le renfort de composites. Un objectif important à l'heure actuelle consiste à assembler les nanotubes sous des formes d'usage pratique, sans faire appel à des hautes températures pouvant les dégrader. La possibilité de disperser ou d'agréger des nanotubes dans des solutions de tensioactifs et de polymères a récemment permis de fabriquer du fil de nanotubes.



Une nouvelle photonique à base de nanotubes de carbone

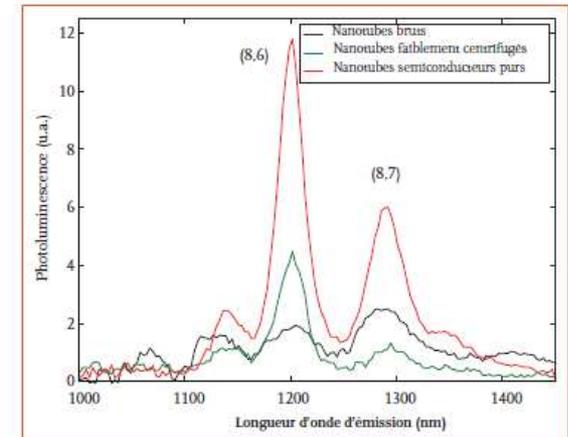


Figure 4 - Intensités de photoluminescence des trois échantillons de nanotubes en fonction de leur degré de purification.

Nanocolonnes semi-conductrices

Nous décrivons la croissance spontanée de nanocolonnes de composés semi-conducteurs – objets à une dimension – en présence de nanoparticules d'un catalyseur métallique. L'analyse structurale de ces objets révèle l'apparition surprenante d'une phase cristalline qui diffère de la phase stable du matériau massif. Des hétérostructures originales, ouvrant des perspectives pour manipuler des électrons ou des photons uniques, peuvent être réalisées.

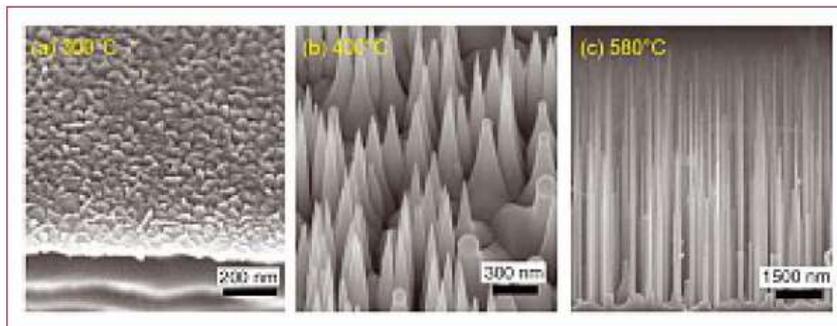


Figure 3 – Morphologie des nanocolonnes observée en microscopie électronique à balayage. On note l'effet important de la température de croissance : a) à 300 °C le catalyseur est solide ; après croissance, il est enseveli sous une couche rugueuse de GaAs ; b) à 400 °C, le catalyseur est liquide, les nanocolonnes poussent avec une forme conique ; c) à 580 °C, les nanocolonnes deviennent cylindriques.

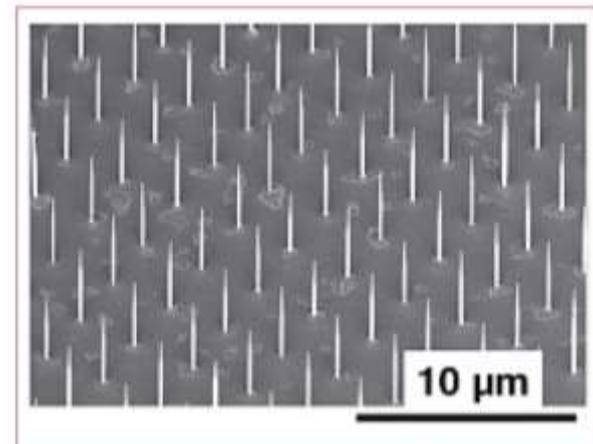


Figure 4 – Image en microscopie électronique à balayage d'un réseau de nanocolonnes de GaAs réalisé après structuration du catalyseur par lithographie électronique.

Nanocristaux de semiconducteurs

Des nanosources de lumière pour l'optique et la biologie

Les nanocristaux semi-conducteurs illustrent les progrès spectaculaires réalisés dans la synthèse des nanomatériaux. Leurs propriétés physiques, intermédiaires entre celles des mondes atomique et macroscopique, sont dominées par des effets de confinement quantique et dépendent cruciallement de leur taille qui peut être ajustée entre 2 et 10 nm. D'un point de vue optique, les nanocristaux sont des sources de lumière de longueur d'onde accordable, à la fois brillantes et photostables, ayant des applications variées allant de dispositifs optoélectroniques à l'imagerie biologique. Utilisés au niveau d'une nanoparticule individuelle, ils permettent de réaliser des sources de photons uniques ou d'observer le mouvement de protéines dans les cellules vivantes.

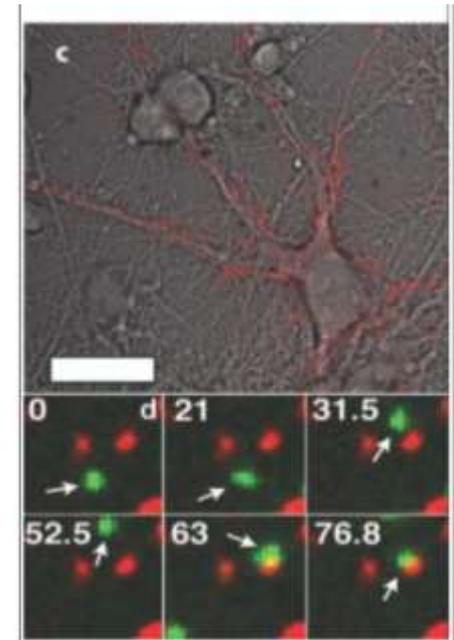
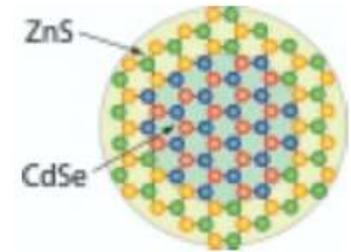
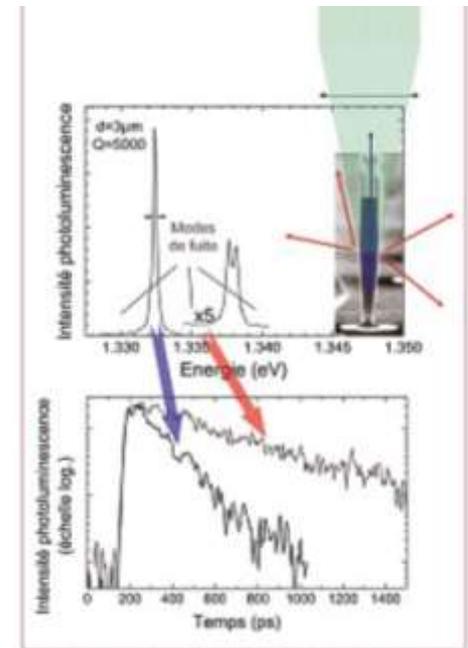
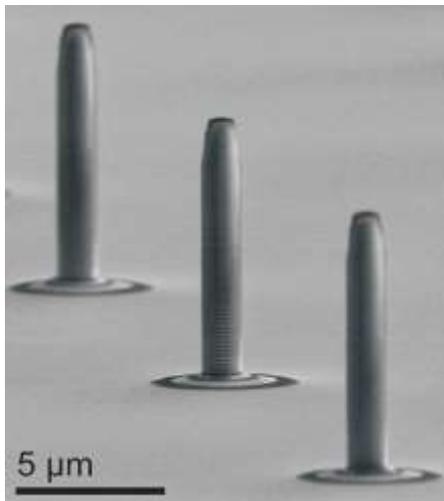
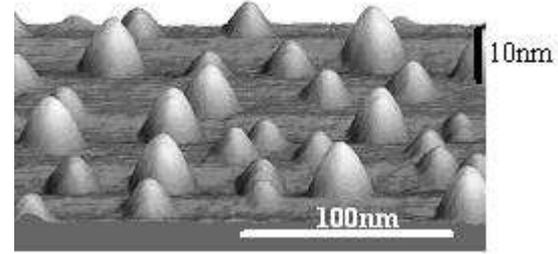


Figure 3 - Dynamique des récepteurs dans la membrane neuronale. (a) les

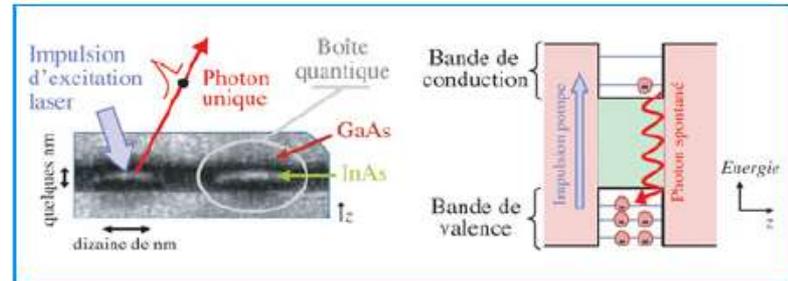
Boîtes Quantiques

Contrôle de l'émission spontanée d'un émetteur à l'état solide

L'émission spontanée n'est pas une propriété intrinsèque d'un émetteur : en plaçant l'émetteur dans une cavité optique on peut accélérer son émission spontanée, voire la rendre réversible. Cet effet, démontré dans un système semi-conducteur à l'aide de boîtes quantiques semi-conductrices, ouvre des perspectives intéressantes pour le traitement quantique de l'information à l'état solide.

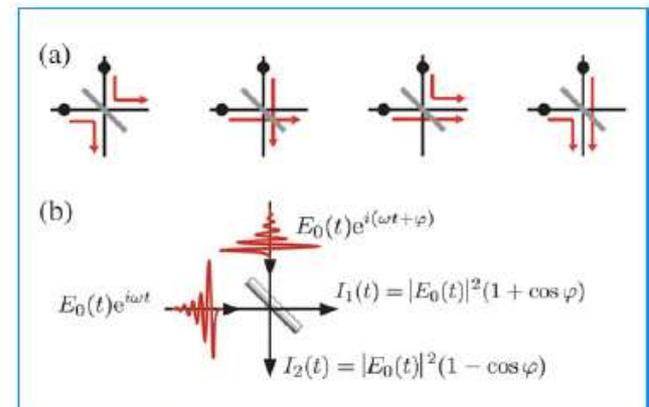
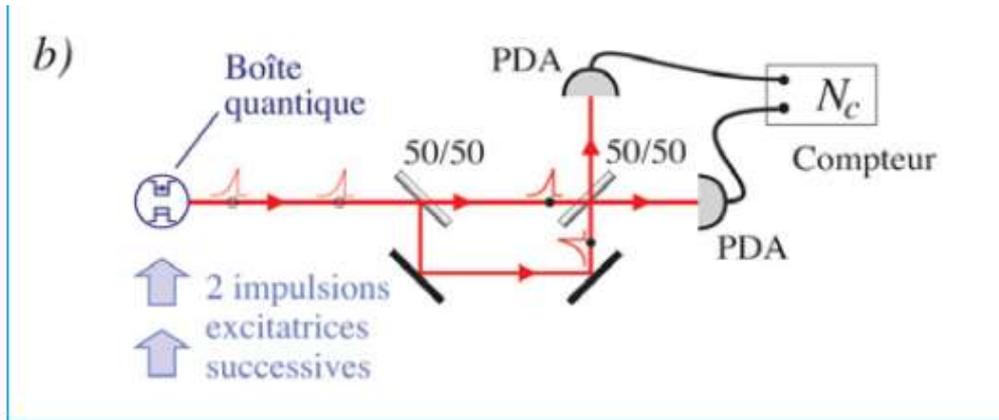


Boîtes Quantiques



Photons indiscernables : qui se ressemble s'assemble

Lorsque deux photons identiques arrivent simultanément sur les deux faces d'une lame semi-réfléchissante, ils la quittent toujours ensemble. Il s'agit là de l'une des plus spectaculaires manifestations de la nature quantique de la lumière. En effet, ni une approche purement corpusculaire ni une approche purement ondulatoire ne peuvent rendre compte de ce phénomène d'interférence quantique à deux photons identiques, appelé coalescence.



Les quasicristaux :

une recherche pluridisciplinaire exemplaire

Denis Gratias (denis.gratias@onera.fr)

Laboratoire d'étude des microstructures (LEM, CNRS-ONERA), BP 72, 29 avenue de la Division Lederc, 92322 Chatillon Cedex

