

Balzan Distinguished Lectures



Ho-kwang (David) MAO
&
Russell J. HEMLEY

Lauréats du prix Balzan 2005
pour la physique des minéraux

Paris, Mercredi 16 mai 2007



Balzan Distinguished Lectures

Mercredi 16 mai 2007 à partir de 14h
IPGP – Salle Bleue, Tour 24, 2^{ème} étage
4, Place Jussieu – 75005 Paris

La Fondation Internationale Balzan a récompensé, parmi ses lauréats 2005, deux chercheurs de la Carnegie Institution de Washington, USA, qui ont considérablement contribué à une meilleure compréhension de la matière condensée dans des conditions de pression et de températures élevées, avec des applications importantes pour notre connaissance de la structure, de la composition et de l'histoire des intérieurs terrestres et planétaires profonds. Les lauréats, Ho-kwang Mao et Russell J. Hemley, ont choisi de présenter en Europe leurs recherches le 16 mai 2007 à l'Institut de Physique du Globe de Paris, accompagnés de scientifiques de cette institution et experts du domaine.

Conférences (à partir de 14h):

- Introduction :
Vincent COURTILLOT (Directeur de l'IPGP)
& Jean-Paul POIRIER (Académie des Sciences)
- Citation :
Guillaume FIQUET (IPGP)
"At the frontiers of (geo)sciences"
- Balzan Distinguished Lectures
Ho-kwang (David) MAO & Russell J. Hemley
"Diamond Windows on Planetary Interiors"

Contacts :

- Fondation Balzan : balzan@balzan.it
Bureau de Presse Communication Consulting
 - Cédric Chamoulaud
Tel +33 (0)6 63 42 25 19
E-mail : cedric.chamoulaud@communicationconsulting.eu
- Maurizia Garzia
Tel +39 349 6434 229
E-mail: maurizia.garzia@communicationconsulting.eu
- Institut de Physique du Globe à Paris :
www.ipgp.jussieu.fr/pages/040916.php
laude@ipgp.jussieu.fr - +33 (0)1 44 27 36 12



Russell J. Hemley (États-Unis) et Ho-kwang Mao (États-Unis/Chine) Prix Balzan 2005 pour la physique des minéraux

Pour le remarquable impact de leurs travaux qui ont conduit à des progrès fondamentaux, tant sur le plan théorique qu'expérimental, dans le domaine des minéraux soumis à des conditions physiques extrêmes. Formant un groupe de travail extrêmement efficace, Russell Hemley et Ho-kwang Mao ont contribué pendant vingt ans à la recherche au plus haut niveau. Ils ont mis au point des techniques permettant d'étudier le comportement d'une vaste gamme de matériaux, parmi lesquels l'hydrogène, le "minéral" le plus abondant dans l'univers. Les résultats de leurs recherches ont apporté une contribution fondamentale à notre compréhension de la nature.

Russell J. Hemley et Ho-kwang (Dave) Mao ont abordé, en vingt ans de recherches conjointes, quelques-uns des problèmes fondamentaux de la physique des minéraux. L'un de ces problèmes est de comprendre le comportement des matériaux sous haute pression. Ils ont mis au point de nombreuses techniques, parmi lesquelles l'invention et le perfectionnement de méthodes basées sur la radiation synchrotron, ainsi qu'une vaste gamme de techniques spectroscopiques, qui sont devenues des standards dans ce domaine depuis les années 90.

Ils ont étendu certaines de leurs techniques à l'étude d'un des "minéraux" les plus abondants dans l'univers, l'hydrogène, dans des conditions de pression extrême, ce qui les a amenés à découvrir de nouveaux états de l'hydrogène qui ont profondément modifié notre connaissance de ce matériau fondamental.

Les calculs et les expériences effectués sur les phases du manteau terrestre profond, qui comprennent les premières mesures spectroscopiques, ont abouti à de nouveaux modèles de l'intérieur de la terre. Ces recherches ont conduit à des résultats qui ont modifié notre point de vue sur le manteau terrestre profond et notamment sur la région frontière manteau-noyau.

Leurs travaux ont eu également un impact important sur la compréhension de l'anisotropie élastique et de la superrotation du noyau de la terre, de l'emprisonnement énigmatique d'éléments volatiles dans la terre et de l'existence de minéraux extraterrestres jusque-là inconnus. Leurs recherches ont donc contribué à mieux faire connaître la physique et la chimie du manteau et du noyau terrestres.

Les résultats auxquels ont abouti Russell Hemley et Ho-kwang Mao ont constitué une base fondamentale pour comprendre la partie interne des grandes planètes, y compris celles qui ont été découvertes en dehors du système solaire. En outre, grâce à leurs travaux, il a été possible de faire des découvertes qui vont au-delà de la physique des minéraux et qui intéressent la physique des matières condensées, la chimie et la science des matériaux. Parmi ces découvertes, citons l'existence de nouveaux supraconducteurs à haute pression, de matériaux extrêmement résistants, de nouvelles classes de composants moléculaires et de matériaux amorphes à haute densité.

L'impact vaste et profond de leurs travaux, le rôle de guide qu'ils ont eu dans leur domaine et leurs recherches hautement novatrices font de Russell Hemley et de Ho-kwang Mao les dignes lauréats du Prix Balzan 2005 pour la physique des minéraux.

Textes officiels du Comité Général des Prix, Fondation Internationale Balzan – "Prix"



Notes biographiques de Russell J. Hemley et Ho-kwang (David) Mao, lauréats du Prix Balzan de Physique des minéraux en 2005.

Russell J. Hemley, né le 26 octobre 1954 à Berkeley, Californie, est citoyen des États-Unis. Chef d'équipe scientifique au Laboratoire de Géophysique de l'Institution Carnegie de Washington dont il prendra sa fonction de Directeur le 1^{er} juillet 2007. Directeur depuis 2003 du Carnegie/DOE Alliance Center (CDAC) et Directeur adjoint de l'Instrument de hautes pressions (SNAP) à la Source de spallation neutronique des Laboratoires nationaux de Oak Ridge. Il a obtenu son BA (1977) à l'Université Wesleyan, son MA (1980) et son doctorat (1983) à l'Université de Harvard. Après une bourse postdoctorale en chimie théorique à Harvard (1983 et 1984), il est entré au Laboratoire de Géophysique comme boursier Carnegie (1984 à 1986) avant de devenir Maître de recherche (1986 et 1987). Il est devenu membre du personnel scientifique du Laboratoire de Géophysique, Institution Carnegie de Washington, en 1987. Il a été professeur associé à l'Université Johns Hopkins (1991 et 1992) et à l'École Normale Supérieure de Lyon (1996 et 1999). Parmi les distinctions reçues et les associations professionnelles dont il est membre, nous mentionnerons la Médaille Hillebrand de la Société américaine de chimie (2003) et le Prix de la Société américaine de minéralogie (1990). Il a été élu membre de l'Académie américaine des arts et des sciences en 1997 et membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis en 2001. Il est membre de la Société Phi Beta Kappa (depuis 1977), de la Société américaine de minéralogie (1990), de la Société américaine de physique (1996) et de l'Union américaine de géophysique (1997). Il a enseigné dans de prestigieuses universités d'Amérique du Nord, d'Europe et du Japon, organisé avec succès des séminaires et symposia internationaux, et il a collaboré avec des laboratoires et instituts du monde entier, y compris le premier Centre européen pour la recherche sur les conditions extrêmes à Édimbourg. Russell J. Hemley a publié plus de 480 articles, dont environ 100 dans des périodiques ayant un grand impact tels que *Science*, *Nature*, et *Physical Review Letters*. Il a publié cinq livres, parmi lesquels *Ultrahigh-Pressure Mineralogy, Reviews in Mineralogy, Vol. 37*, Washington, D.C., Société américaine de minéralogie, 1998, est l'ouvrage standard de référence en physique minérale des hautes pressions. Il a aussi ouvert la voie vers de nouvelles méthodes de synthèse du diamant et détient sept brevets (alloués et en attente) relatifs au diamant et aux matériaux superdurs.

Ho-kwang (David) Mao, né à Shanghai, Chine, en 1941, est citoyen des États-Unis. Chef d'équipe scientifique au Laboratoire de Géophysique de l'Institution Carnegie de Washington, depuis 2005 Professeur Einstein à l'Académie chinoise des sciences et Professeur à l'Université de Zhejiang. Il a obtenu son BA (1963) à l'Université nationale de Taïwan, son MS (1966) et son doctorat (1968) à l'Université de Rochester. Il est devenu boursier postdoctoral (en 1968) puis membre du personnel (depuis 1972) du Laboratoire de Géophysique, Institution Carnegie de Washington. Aujourd'hui, il est aussi Professeur associé au Département des sciences géophysiques et Institut James Franck, Université de Chicago, Professeur Einstein à l'Académie chinoise des sciences, Directeur de l'Équipe d'accès à la collaboration sur les hautes pressions (HPCAT) à la Source de photon avancée de l'Université Jilin (Chine), Directeur adjoint du Carnegie/DOE Alliance Center (CDAC), et Directeur adjoint de l'Instrument de hautes pressions (SNAP) à la Source de spallation neutronique des Laboratoires nationaux de Oak Ridge. Il a reçu le prix Gregori Aminoff de cristallographie

(2005) décerné par l'Académie royale suédoise des sciences, la médaille Roebling (2005) de la Société américaine de minéralogie, le Prix Arthur L. Day et le titre de maître de conférence de l'Académie nationale des sciences des États-Unis (1990), la médaille d'or P. W. Bridgman (1989) de l'Association internationale pour l'avancement de la science et de la technologie des hautes pressions (AIRAPT), ainsi que le prix de la Société américaine de minéralogie (1979). Il a été élu membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis en 1993, membre de l'Academia Sinica (République de Chine) en 1994, et membre étranger de l'Académie chinoise des sciences (République Populaire de Chine) en 1996. Il a été élu membre de l'Union américaine de géophysique, de la Société américaine de physique, de la Société américaine de géochimie, de l'Association européenne de géochimie et de la Société américaine de minéralogie. Ho-kwang Mao a publié environ 660 articles scientifiques qui mettent en lumière les propriétés de la terre ainsi que des matériaux planétaires et technologiques à hautes pressions.

Ci-dessous, certains des articles publiés conjointement par Russel J. Hemley et Ho-kwang Mao :

- Mao, W. L., H. K. Mao, Y. Meng, P. J. Eng, M. Y. Hu, P. Chow, Y. Q. Cai, J. Shu, and R. J. Hemley, X-ray induced dissociation of H₂O and formation of an O₂-H₂ alloy at high pressure, *Science*, 314, 636-638 (2006).
- Mao, W. L., H. K. Mao, W. Sturhahn, J. Zhao, V. B. Prakapenka, Y. Meng, J. Shu, Y. Fei, and R. J. Hemley, Iron-rich post-perovskite and the origin of ultralow-velocity zones, *Science*, 312, 564-565 (2006).
- Young, A. F., C. Sanloup, E. Gregoryanz, S. Scandolo, R. J. Hemley, and H. K. Mao, Synthesis of novel transition metal nitrides IrN₂ and OsN₂, *Phys. Rev. Lett.*, 96, 155501 (2006).
- Struzhkin, V.V., H. K. Mao, J. F. Lin, R. J. Hemley, J. S. Tse, Y. Ma, M. Hu, and C. C. Kao, Valence band x-ray emission spectra of compressed germanium, *Phys. Rev. Lett.*, 96, 137402 (2006).
- Lin, J. F., E. Gregoryanz, V. V. Struzhkin, M. Somayaulu, H. K. Mao and R. J. Hemley, Melting behavior of H₂O at high pressures and temperatures, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L11306 (2005).
- Lin, J. F., V. Struzhkin, S. D. Jacobsen, M. Y. Hu, P. Chow, J. Kung, H. Liu, H. K. Mao and R. J. Hemley, Spin transition of iron in magnesiowustite in the Earth's lower mantle, *Nature*, 436, 377-380 (2005).
- Lin, J. F., W. Sturhahn, J. Zhao, G. Shen, H. K. Mao and R. J. Hemley, Sound velocities of hot dense iron: Birch's law revisited, *Science*, 308, 1892-1894 (2005).
- Hemley, R. J., H. K. Mao, and V. V. Struzhkin, Synchrotron radiation and high pressure: new light on materials under extreme conditions, *J. Synch. Radiation*, 12, 135-154 (2005).
- Li, J., V. V. Struzhkin, H. K. Mao, J. Shu, R. J. Hemley, Y. Fei, B. Mysen, P. Dera, V. Prakapenka, and G. Shen, Electronic spin state of iron in lower mantle perovskite, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 101, 14027-14030 (2004).
- Santoro, M., E. Gregoryanz, H. K. Mao, and R. J. Hemley, New phase diagram of oxygen at high pressure and temperature, *Phys. Rev. Lett.*, 93, 265701 (2004).



Résumé du projet de recherche Balzan de Russell J. Hemley et Ho-kwang Mao

Nouvelles orientations en Physique des minéraux : recherches multidisciplinaires sur les hautes pressions

Des avancées récentes en Physique des minéraux libèrent les capacités de la recherche sur les hautes pressions pour lui permettre de relever un large éventail de défis majeurs qui embrassent de nombreuses disciplines scientifiques. Des percées sont attendues dans des applications de la recherche sur les hautes pressions en minéralogie, géophysique, géochimie et dans les biosciences, ainsi que dans des domaines plus circonscrits comme le stockage de l'hydrogène, les matériaux superdurs et la superconductivité.

Nous approchons ainsi de la solution de mystères tels que le noyau interne de la Terre et les racines des plaques tectoniques. Avec la seconde moitié de leur Prix Balzan, Russell Hemley et Ho-kwang Mao mettent en oeuvre un projet dont l'objectif central est d'attirer vers le champ multidisciplinaire de la recherche sur les hautes pressions des jeunes gens talentueux issus de domaines divers.

Ce projet de quatre années est centré sur la formation, et son objectif est d'explorer la nouvelle dimension des hautes pressions en sciences physiques multidisciplinaires. Les bourses encourageront le développement, la conception et la fabrication de nouveaux instruments qui s'appuieront sur la technologie du diamant CVD développée par Hemley et Mao. La publication et une plus large diffusion des résultats sont également financées.

La première année, les crédits seront utilisés pour soutenir de jeunes individus talentueux de différentes parties du monde, du niveau du secondaire au postdoctoral, en leur offrant la possibilité de travailler avec Hemley et Mao sur des projets qui enfoncent de nouvelles portes pour la recherche sur les hautes pressions.

M. **Pierre Beck** est maître de conférences postdoctoral, bénéficiant du soutien d'une bourse Balzan, qui a acquis à l'École Normale Supérieure de Lyon, France, une expertise en matière de phénomènes d'impacts de météorites à hautes pressions. Avant de travailler avec Hemley et Mao, il a publié une série d'articles en études de météorites, y compris un article important dans Nature en 2005. Dans le cadre de son projet soutenu par Balzan, il étudie des phénomènes de hautes pressions et températures résolus dans le temps (c.-à-d. dynamiques) avec des cellules à enclume de diamant. Ses travaux ont conduit à ce jour à la première étude de l'effet Raman à hautes pressions et températures de l'olivine et à une nouvelle méthode de mesure de la conductivité thermique de matériaux à hautes pressions et températures, avec deux articles et une série de résumés dans la presse. Tout ceci fait partie du projet de Hemley et Mao soutenu par Balzan visant à développer les recherches sur la compression combinant des états statiques et dynamiques (c.-à-d., des ondes de choc).

M. **Lin Wang** est maître de conférences postdoctoral, bénéficiant du soutien d'une bourse Balzan, qui vient de recevoir son diplôme de docteur de l'Université Jilin, Chine. Il a développé une nouvelle méthode pour la synthèse d'une forme contrôlée de nanotubes de fullerène C60. Des traitements poussés sous hautes pressions et températures conduisent à une polymérisation et à des évolutions vers des phases tétraogonales, orthorhombiques ou rhomboédriques. Ces nanotubes

réagissent avec des effets nanos très riches dans leurs propriétés optiques, structurales, d'évolution de phases et après compression mais on manque d'un capteur en place permettant de qualifier directement la structure. M. Wang développe une nouvelle technique pour intégrer la cellule à enclume de diamant à haute pression avec un rayon X à haute brillance centré à 50-200 nm au niveau de la Source de photon avancée. On créera ainsi un nouveau domaine de nanocristallographie à cristal unique par rayon X qui étudiera la corrélation entre la structure du cristal, la dimension et la taille des nanomatériaux soumis à de hautes pressions.

M. **Andrew Kung** est un lycéen qui a obtenu une bourse Balzan pour approfondir un projet sur les hautes pressions et étudier les effets de la pression, de la température et du temps sur un nouvel alliage O₂-H₂ récemment découvert. Cet alliage a été synthétisé en comprimant de l'eau pour la porter à une phase glaciaire VII de haute pression puis irradié aux rayons X, afin de fractionner les molécules de H₂O en O₂ et H₂. À des pressions normales, l'O₂ a une réaction explosive avec le H₂ pour constituer le H₂O, mais ils coexistent de façon stable à hautes pressions. M. Kung a utilisé la spectroscopie Raman comme capteur diagnostique en place pour déterminer les quantités de O₂ et H₂ dans l'alliage et leurs changements sous l'effet des pressions, des températures et du temps. Cette étude fournit des informations importantes sur ce nouveau matériau et ses applications éventuelles pour l'énergie et l'environnement.

M. **Daniel Cohen** est un lycéen qui a obtenu une bourse Balzan pour l'étude de nouveaux phénomènes électroniques dans le diamant. Hemley et Mao ont étendu le champ de leurs méthodes antérieures en y intégrant de très hautes concentrations de dopant à l'azote afin de créer un gros diamant à cristal unique par sédimentation de vapeur chimique (CVD). L'objectif du projet de M. Cohen est de produire un nouveau matériau à conductivité métallique électrique, et peut-être superconductivité. Le projet comporte la mesure précise de la résistivité électrique en fonction d'une température de 4 à 500 K d'un diamant CVD bien qualifié dopé à l'azote que Hemley et Mao produisent dans leur laboratoire.

M. **Alexander Levedahl** est un lycéen qui a obtenu une bourse Balzan pour l'étude du comportement sous hautes pressions et températures de matériaux de glace contenant de l'hydrogène, connus sous le nom de clathrates d'hydrogène. Ces matériaux récemment découverts sont importants pour un large éventail de problèmes, notamment pour la compréhension de l'évolution de la planète et du changement climatique, ainsi que pour le développement de nouveaux matériaux de stockage de l'hydrogène. Les expériences utilisent des techniques de spectroscopie au laser pour déterminer la courbe de fusion et de nouvelles phases solides éventuelles à hautes pressions et températures contenant du H₂ et du H₂O.

Dans sa seconde année, le projet de recherche financé par les bourses Balzan s'étendra à la biologie sous hautes pressions, et Hemley et Mao ont déjà identifié plusieurs étudiants prometteurs qui travailleront avec eux sur cet aspect du projet.

Les articles et résumés ci-dessous ont été publiés et/ou sont en voie de finalisation.

Beck, P., A. F. Goncharov, V. V. Struzhkin, B. Militzer et R. J. Hemley, Mesures de la diffusibilité thermique dans les conditions de P-T de l'intérieur planétaire, 37e Conférence annuelle de recherche lunaire planétaire (League City, TX, 12-16 mars 2007, 2007).

Beck, P., A. F. Goncharov, V. V. Struzhkin, B. Militzer et R. J. Hemley, Mesures de la diffusibilité thermique dans les conditions de pression et de température de l'intérieur planétaire, Programme

2007 du Symposium de la Stewardship Science Academic Alliances (Washington, DC, 5-7 février 2007).

Beck, P., A. F. Goncharov et R. J. Hemley, Spectroscopie de Raman à hautes pressions et hautes températures de l'olivine de San Carlos, réunion d'automne de AGU Eos Trans., Suppl., 87 (2006). Banighan, E. J., R. Caracas, P. Beck, et R. J. Hemley, Étude théorique et expérimentale de Raman du spinelle, Réunion d'automne de AGU Eos Trans., Suppl., 87 (2006).

Beck, P., A. F. Goncharov, V. V. Struzhkin, B. Militzer R. J. Hemley et H. K. Mao, Mesures de la diffusibilité thermique sous pression dans la cellule à enclume de diamant, Appl. Phys. Lett., à soumettre.

Beck, P., A. F. Goncharov, H. K. Mao et R. J. Hemley, Spectroscopie de Raman à hautes pressions et hautes températures de l'olivine, Geophys. Res. Lett., en préparation.

Somayazulu, M., A. Levedahl, A. Goncharov, H. K. Mao et R. J. Hemley, Spectroscopie de Raman à hautes pressions et hautes températures du clathrate de H₂-H₂O, Bull. Am. Phys. Soc. (Rencontre APS de mars) (Denver, Colorado, 5-9 mars 2007).

Somayazulu, M., A. Levedahl, S. Gramsch, H. K. Mao et R. J. Hemley, Spectroscopie de Raman à hautes pressions et hautes températures du clathrate C₂ de H₂-H₂O : Études de la fusion à 40 GPa et 1 000 K, J. Phys. Chem., en préparation.

Mars 2007



Fondation Internationale Balzan

La Fondation Internationale Balzan a été créée à Lugano en 1956 grâce à la générosité d'Angela Lina Balzan qui, à la mort de son père Eugenio, destina l'importante fortune qu'il lui avait laissée en héritage à une œuvre portant son nom.

Né le 20 avril 1874 à Badia Polesine, près de Rovigo, dans le nord de l'Italie, Eugenio Francesco Balzan, fils de propriétaires terriens ruinés, consacra la plus grande partie de sa vie professionnelle au quotidien milanais *Corriere della Sera*. Entré à ce journal en 1897, il y fut tour à tour rédacteur, chef de service et envoyé spécial. En 1903, le directeur Luigi Albertini lui confia la direction administrative de la société d'édition du *Corriere* dont il devint par la suite un actionnaire. Administrateur habile et avisé en même temps que personnage de premier plan du monde milanais de son époque, il quitta l'Italie en 1933 à cause de l'opposition des milieux fascistes à l'indépendance du *Corriere*. Il s'installa alors en Suisse, entre Zurich et Lugano, où il avait depuis longtemps investi avec succès son patrimoine, et poursuivit son intense activité de bienfaisance envers les institutions et les particuliers. Rentré officiellement en Italie en 1950, Eugenio Balzan mourut à Lugano, en Suisse italienne, le 15 juillet 1953.*

La Fondation Balzan, dont la vocation est internationale, exerce son action par l'intermédiaire de deux Fondations, l'une dans la juridiction italienne, l'autre régie par les lois suisses.

La *Fondation Internationale Prix E. Balzan - "Prix"*, dont le siège est à Milan, a pour objectif d'encourager partout dans le monde, sans distinction de nationalité, de race ou de religion, la culture, les sciences et les initiatives humanitaires les plus méritoires en faveur de la paix et de la fraternité entre les peuples. Dans ce but elle décerne chaque année quatre prix dans les catégories "lettres, sciences morales et arts" et "sciences physiques, mathématiques, naturelles et médicales".

Les candidatures pour ces prix sont présentées par des institutions culturelles du monde entier, et sont ensuite sélectionnées par le *Comité Général des Prix*, organe de la Fondation dont les membres représentent différents pays européens. Depuis 2001 chaque prix est doté d'un million de francs suisses, dont le candidat doit consacrer la moitié à des projets de recherche et de promotion des sciences prévoyant, de préférence, la participation de jeunes chercheurs.

Tous les trois ans – délai minimum – la Fondation Balzan décerne également un "Prix pour l'humanité, la paix et la fraternité entre les peuples", dont le montant est variable.

La *Fondation Internationale Prix E. Balzan - "Fonds"*, dont le siège est à Zurich, partage ces objectifs et administre le patrimoine légué par Eugenio Balzan.

* Renata Brogginì, *Eugenio Balzan 1874-1953. Una vita per il "Corriere", un progetto per l'umanità*, Milano, 2001.