

École thématique des JDN15

Études Structurales par Diffraction des Neutrons

Les cours présentés ici sont ceux de l'école thématique de la Société Française de la Neutronique (SFN) consacrée aux « Études structurales par diffraction des neutrons ». Cette école associée aux 15^e journées de la diffusion neutronique s'est tenue en mai 2007 à Maubuisson (Gironde).

La diffusion des neutrons offre des outils spécifiques et souvent uniques permettant d'étudier de nombreux matériaux cristallisés. Les dernières années ont vu de nombreux développements et avancées significatives dans les techniques de diffusion de neutrons en général et de diffraction de neutrons en particulier. Après mise au point par les spécialistes, ces développements sont maintenant mis à la disposition du plus grand nombre. Cette école a donc proposé à la communauté française une formation aux techniques de diffraction de neutrons, des bases aux avancées les plus récentes. Elle a réuni 65 participants de divers horizons thématiques, dans une ambiance sympathique et informelle, favorisant les échanges avec les enseignants et les approches interdisciplinaires. D'un côté les physiciens ont re-découvert la nécessité de bien connaître les propriétés structurales de la matière pour en comprendre des propriétés de plus en plus subtiles, de l'autre, les chimistes du solide ou les métallurgistes sont convaincus de l'apport d'études structurales pointues sur les nouveaux matériaux qu'ils synthétisent.

L'introduction générale à la neutronique (G. Heger, Aix la Chapelle) a été suivie d'un rappel des bases de cristallographie par P. Bordet (CNRS, Grenoble) puis d'une présentation des différents instruments utiles pour l'étude de poly et de mono-cristaux par J. Rodriguez-Carvajal (ILL). L'étude des structures et transitions de phases cristallines fut présentée par M.H. Lemée-Cailleau (ILL/Rennes), suivie par la détermination des structures magnétiques (F. Bourée, LLB) tandis que J. Schweizer (CEA, Grenoble) présenta l'utilisation des neutrons polarisés pour l'étude du magnétisme et la détermination des cartes de densités d'aimantation.

La complémentarité de la diffraction neutronique avec d'autres techniques fut abordée sous deux aspects particuliers traitant de la comparaison entre études par diffusion de neutrons et par rayons X classiques ou rayonnement synchrotron (G. Heger, Aix la Chapelle), et de l'approche complémentaire de l'étude du magnétisme par les techniques spectroscopiques : spectroscopie Mössbauer, résonance magnétique nucléaire et spectroscopie de muons (P. Bonville, Saclay). L'étude de l'ordre local dans les matériaux, via l'étude de la fonction de distribution de paires sont en plein essor aujourd'hui et ont fait l'objet du cours de P. Bordet (CNRS Grenoble). La description de l'ordre cristallin par une triple périodicité n'est pas toujours suffisante pour rendre compte de la notion d'ordre à grande distance : les notions d'ordres complexes et d'apériodicité furent introduites par D. Grébillé (Caen). Les nouveaux développements basés sur l'analyse de la diffraction en temps réel et/ou in situ pour l'étude des transitions de phases ou le suivi des réactions chimiques ont été l'objet d'un cours par O. Isnard (Univ. de Grenoble et CNRS). L'ordre local joue un rôle essentiel en physique de la matière condensée, et I. Mirebeau (LLB Saclay) a montré l'importance de l'analyse du fond diffus en termes soit d'ordre chimique local, soit d'ordre magnétique. Le pouvoir pénétrant des neutrons en fait un outil de choix pour les études en environnements complexes. Ce point fut présenté par J.M. Mignot (LLB) qui montra l'étendue des applications actuelles en conditions extrêmes de pression, de température et de champ magnétique. Enfin la caractérisation des textures par diffraction neutronique fut traitée par M.H. Mathon (LLB).

Les journées furent animées par des séances d'ateliers permettant de mettre en pratique les connaissances nouvellement acquises et de se familiariser avec l'usage des nouveaux programmes d'analyse. Ces ateliers furent animés par V. Favre-Nicollin (CEA Grenoble/Univ. de Grenoble) pour la partie détermination de structures et par J. Rodriguez-Carvajal pour les programmes d'affinement de structures cristallines et magnétiques. Au-delà de ces séances de travaux pratiques des séances

IV

de questions-réponses ont été aménagées quotidiennement. Chacun a gardé un excellent souvenir de l'ambiance et de la qualité des échanges entre les différents participants, formateurs et étudiants.

Cet ouvrage est destiné à présenter les bases nécessaires à l'utilisation des techniques de diffraction et de diffusion neutronique permettant d'obtenir des informations structurales précises : caractérisation de la structure proprement dite (ordre nucléaire ou magnétique, carte de densité de spin...), mais aussi des phénomènes pré-transitionnels associés (diffusion diffuse, réduction de symétrie...). Outre une présentation succincte des techniques mises en œuvre, cet ouvrage insiste sur les méthodes d'analyse et illustre l'utilisation de la sonde neutronique dans un vaste domaine d'applications de la cristallographie par de nombreux exemples relevant des sciences des matériaux et du magnétisme.

Je tiens à remercier ici tous les collègues qui ont accepté de rédiger de façon pédagogique les cours qu'ils avaient présentés à Maubuisson, ainsi que toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de celle-ci au premier rang desquelles F. Bourée et M.H. Lemée-Cailleau avec qui j'ai eu le plaisir de co-organiser cette école. Merci également aux organisateurs bordelais des JDN15, M. Josse, A. Desmedt et F. Guillaume, qui ont beaucoup participé au succès de cette formation dispensée dans le cadre des Écoles Thématiques de la SFN.

Olivier ISNARD