

Nanocaractérisation de matériaux au CEA

« NI LabVIEW a été choisi pour sa capacité à piloter des systèmes de technologie et marques différentes. »

Luc DESRUELLE, [MESULOG](#)

décembre 2011

L'objectif :

Mettre à disposition des scientifiques du département de recherche sur les matériaux du CEA un système d'acquisition rapide et automatisé intégrant une représentation conviviale des données scientifiques ainsi qu'un outil d'analyse de ces mesures dans le domaine de l'infiniment petit.

La solution :

S'appuyer sur l'étendue des possibilités du logiciel NI LabVIEW pour piloter les équipements du laboratoire de recherche, pour réaliser des acquisitions précises dans un environnement perturbé par de la haute tension et pour proposer un outil d'analyse des mesures performant et à haute valeur ajoutée.

Sur les dernières décennies s'est fait sentir le besoin de développer des moyens d'investigation adaptés à la réduction constante des dimensions, vers l'infiniment petit. Dans cette logique, le CEA Grenoble MINATEC a fait l'acquisition d'un système de spectrométrie par diffusion d'ions de moyenne énergie (MEIS). C'est un moyen de nanocaractérisation qui permet l'analyse chimique et structurale d'objets de tailles nanométriques placés dans un environnement ultravide. Cette technique est appliquée principalement aux dispositifs destinés à l'enregistrement magnétique et à la microélectronique.

Le logiciel de supervision fourni avec cet équipement permettait uniquement d'assurer le pilotage manuel de l'installation, nécessitant donc une présence humaine constante. Or, les essais complets, tels qu'ils sont menés au CEA peuvent s'étaler sur plusieurs jours. De plus, les outils d'analyse associés étaient inexistant, ce qui rendait l'interprétation des résultats longue et fastidieuse. Il était indispensable de réaliser un système de pilotage et d'acquisition entièrement automatisé, accompagné d'un outil d'analyse des résultats performant.

En 2006, le CEA a consulté la société MESULOG, partenaire National Instruments, pour une pré-étude de validation de l'architecture matérielle et logicielle. Fort des résultats obtenus, le développement a été déclenché et la réalisation s'est effectuée en plusieurs phases, sur plusieurs années.



Figure 1. Système de spectrométrie par diffusion d'ions de moyenne énergie (MEIS) destiné à l'analyse chimique et structurale d'objets de tailles nanométriques

Automatiser un système d'acquisition dans un environnement scientifique complexe

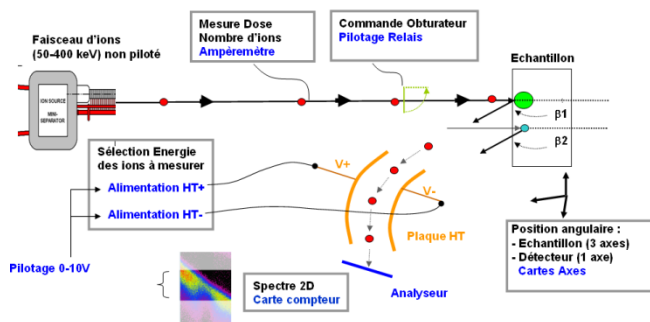


Figure 2. Principe de la nanocaractérisation

L'un des premiers défis dans la réalisation de ce logiciel a été la compréhension de l'environnement scientifique complexe du CEA. L'utilisateur règle la position de l'échantillon à travers les trois rotations d'un goniomètre, par l'intermédiaire de deux cartes de commande d'axes. Un accélérateur délivre un faisceau d'ions sur l'échantillon, au travers du pilotage d'un obturateur, via un relais. Un analyseur permet de contrôler l'énergie des particules diffusées, via deux alimentations haute tension. La nanocaractérisation est réalisée par la mesure d'un détecteur qui permet de comptabiliser le nombre d'apparitions des particules incidentes, et de fournir un spectre en deux dimensions (énergie, angle). Des séries de mesures successives sont réalisées à des tensions de faisceaux différentes, permettant ainsi de caractériser complètement l'échantillon.

Piloter des appareils de laboratoire imposés

Un autre défi a été de piloter les appareils imposés par l'équipement du laboratoire. Le driver, code permettant d'interagir avec l'appareil, est alors un élément déterminant.

Les cartes de commande d'axes ont la particularité d'être au format bus ISA et non Plug-and-Play, donc non reconnues par un PC sous Windows XP. Leur pilotage a nécessité le développement d'un driver spécifique sous LabVIEW, par encapsulation des fonctions d'une DLL.

L'arrêt de la mesure est conditionné par la « dose » correspondant à l'intégration de la mesure du courant d'ions reçu sur l'échantillon cible. Cette mesure est réalisée par un picoampèremètre Keithley 6485, appareil de grande précision en mesure de très faible courant, configuré en résolution 5 chiffres $\frac{1}{2}$ avec une résolution de 10 fA. L'utilisation du driver VISA a permis d'obtenir des cycles d'interrogations inférieurs à 100 ms.

Un matériel USB pour piloter les alimentations HT et les relais

Le pilotage des alimentations haute tension et des relais de commande des obturateurs a été ajouté en 2006 à l'équipement existant. Logiquement, MESULOG s'est orienté vers du matériel National Instruments DAQPad-6015 sur port USB, d'une résolution sur 16 bits, couplé à des modules de conditionnement du signal « SCC » pour assurer l'isolation. Le placement de la carte d'acquisition hors du PC, le plus près possible des signaux à acquérir et de l'alimentation haute tension à piloter, a permis de maximiser le rapport signal sur bruit. Ce nouveau matériel a été complètement intégré dans la baie 19" de l'équipement.

Le driver NI-DAQmx de pilotage des cartes d'acquisition National Instruments fournit un environnement rapide et puissant de programmation. De plus l'utilitaire Measurement & Automation Explorer (MAX) permet de définir une échelle de conversion « Signal électrique vers unité physique » modifiable par l'utilisateur, en dehors de l'exécutable.

Le logiciel de pilotage MEISVIEW ainsi réalisé assure le pilotage aussi bien manuel qu'automatique de l'équipement, les mesures sont affichées en temps réel et le scientifique peut ainsi suivre l'évolution des essais.



Figure 3. Le matériel NI de pilotage des alimentations HT et des relais de commande des obturateurs a été intégré dans la baie 19" de l'équipement.

Un logiciel d'analyse et de comparaison des essais pour faciliter la validation du produit

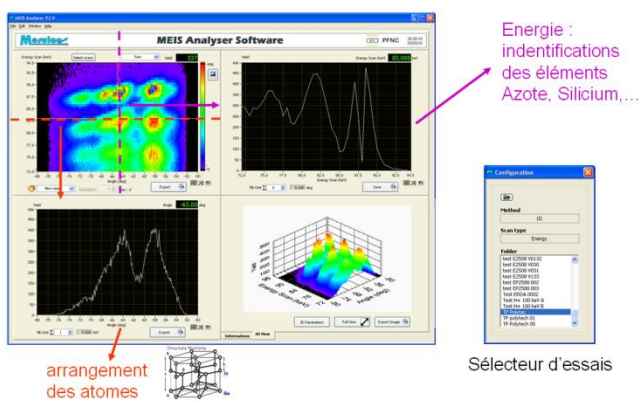


Figure 4. Le logiciel d'analyse

En 2010, MESULOG a développé un second logiciel d'aide à l'analyse post-acquisition, MEISAnalyser, donnant la possibilité aux scientifiques de visualiser les données générées par l'application sur plusieurs postes, de réaliser automatiquement des rapports et d'exporter les mesures dans des formats compatibles avec d'autres outils d'analyses (Matlab, Excel...).

De nombreuses fonctionnalités ont été mises à la disposition des chercheurs, leur permettant d'avoir des informations plus précises sur certaines zones de caractérisation, de parcourir la visualisation en 3D des mesures, ou de se positionner selon un angle. Le logiciel d'analyse permet également de faire dynamiquement des sections 2D, en angle ou en énergie. Ces fonctions apportent des informations très pertinentes aux chercheurs lors de leurs investigations.

La puissante bibliothèque mathématique de LabVIEW a été utilisée. Des algorithmes spécifiques de reconstruction d'images ont été réalisés pour prendre en compte la non-linéarité des mesures.

Le logiciel développé en concertation permanente avec le client est au final très intuitif et convivial. Aucune formation complémentaire n'a été nécessaire.

Un bilan plus que positif et un brevet déposé

L'automatisation de la plate-forme MEIS du CEA a permis d'accroître considérablement le nombre d'essais, et de mettre à disposition des scientifiques un outil convivial et performant d'aide à l'analyse. Cette solution, plébiscitée par les utilisateurs, est aujourd'hui largement utilisée. De nouvelles évolutions sont prévues pour l'année 2012.

La flexibilité de l'outil a permis au CEA de déposer un brevet sur une nouvelle méthode de caractérisation structurale trois dimensions à partir de balayages successifs en angle et de la reconstruction du spectre 2D.

Informations sur l'auteur :

Luc DESRUELLE

MESULOG

173, rue du rocher de Lorzier

38430 Moirans France

Tél : + 33 (0)4 76 35 20 17

Email : ld@mesulog.fr

Contacts :

Denis JALABERT – CEA

François PIERRE – LETI