



## Le laboratoire Capteurs Diamant du CEA LIST se dote du système Quantos QB5-L METTLER TOLEDO, pour la préparation de ses solutions et suspensions de nanoparticules.

**Le laboratoire qui nous accueille aujourd'hui est l'un des tous premiers acquéreurs du système de dosage de poudres Quantos, équipé du module de distribution des liquides. Nous découvrons une équipe très sympathique, travaillant sur l'un des matériaux les plus prisés au monde : le diamant !**

Le LCD, Laboratoire Capteurs Diamant, est une entité du CEA implantée sur le plateau de Saclay (91). Les diamants sont des diamants de synthèse d'une grande pureté, que l'équipe produit elle-même, et dont les propriétés hors-normes sont exploitées dans des projets scientifiques aussi fascinants que prometteurs. M. Jacques de SANOIT et M. Bertrand BAZIN, ingénieurs au sein du Laboratoire Capteurs Diamant, nous le présentent...

**Un des laboratoires de recherche sur le diamant couvrant le plus de thématiques en Europe !**

Le Laboratoire Capteurs Diamant appartient à la Direction de la Recherche Technologique au sein du CEA - LIST (Laboratoire d'Intégration des Systèmes et des Technologies). Historiquement spécialisée en physico-chimie, l'unité s'intéresse au diamant depuis 1994. Deux personnes s'y sont consacrées jusqu'en 1997, puis cinq jusqu'en 2000, et beaucoup plus à partir de 2004 quand la thématique « diamant » est devenue le LCD, un laboratoire à part entière.

Les effectifs du laboratoire ont plus que triplé depuis dix ans, pour atteindre aujourd'hui une trentaine de personnes dont les 2/3 sont docteurs, ingénieurs, doctorants et post-doctorants. Leurs cursus et profils sont très variés. Bertrand BAZIN, par exemple, a rejoint le LCD en 2000 dans le cadre d'une formation en alternance. Recruté en 2004, en charge de la maintenance et du développement des équipements utilisés pour la synthèse du diamant, il est aujourd'hui ingénieur développement et responsable des installations du laboratoire. Jacques de SANOIT, quant à lui, est ingénieur spécialisé en radiochimie et en métrologie. Il a intégré le laboratoire en 2004 et a amené avec lui une thématique nouvelle : l'électrochimie.

Les axes de recherche du LCD ont sensiblement évolué depuis la création de l'unité, qui travaillait au départ sur des détecteurs de rayonnements ionisants (en silicium, en diamants naturels, etc.). Aujourd'hui, dans le monde, sur un millier de personnes concentrant leurs recherches sur le diamant, une trentaine de laboratoires européens - dont une dizaine en France - étudient ce matériau et parfois optimisent le processus de production. Le Laboratoire Capteurs Diamant met en œuvre la technique CVD (en français « Dépôt Chimique à partir d'une phase Vapeur ») et utilise ses propres équipements, conçus et assemblés en interne : au total neuf appareils de 7 générations successives. La méthode



**Le module QB5-L est un élément clé du tryptique pour travailler sur les nanomatériaux**

consiste à placer une couche de silicium ou de diamant dans une chambre placée sous vide ; un mélange de méthane et d'hydrogène est alors injecté et interagit avec un champ micro-ondes, générant la formation d'un plasma (milieu gazeux extrêmement réactif). Les espèces carbonées présentes dans le plasma réagissent avec la surface du silicium pour former un film de diamant. Le film de diamant croît d'environ 0,5 mm par jour (voire davantage si la réaction est réalisée à plus forte puissance).

Bien différent de la pierre aux multiples facettes, le diamant se présente donc ici sous une forme plane : une plaque de diamant aux propriétés hors du commun...

**Des applications aussi fascinantes que ses propriétés...**

« *Le diamant - structure cristalline instable du carbone à surface du globe terrestre ; la forme stable étant le graphite - se forme naturellement dans le manteau terrestre, à plus de 150 km de profondeur, dans des conditions de température et de pression très élevées : plus de 1000°C et plus de 50000 bars* », explique Bertrand BAZIN. « *Il faut ensuite une éruption volcanique particulièrement puissante et rapide pour qu'il soit expulsé sans avoir le temps de se transformer en graphite !* »

Pour 100 tonnes de roches sorties des gisements, seuls 200 mg (0,2 carat) sont extraits ! Souvent petits, rares et chers, les diamants naturels intègrent pour la plupart des impuretés chimiques, à l'origine d'ailleurs de leur couleur : jaune pour l'azote, bleu pour le bore - mais aussi vert quand un diamant jaune a été exposé à une source radioactive, et noir quand il s'agit d'un mélange de diamant et de graphite - ou encore les très recherchés et très onéreux diamants roses...

Brillance et transparence sont les propriétés les plus connues des diamants, celles qui leur valent leur place très recherchée en joaillerie, mais seulement 1 à 2 % des diamants sont ainsi valorisés. Les autres, la majorité, sont aujourd'hui utilisés pour leur dureté en tant qu'abrasifs. Mis à part quelques rares projets - notamment dans le domaine des loisirs pour nettoyer les eaux de piscines par voie électrochimique ou encore dans le domaine médical pour recouvrir les instruments chirurgicaux... - le diamant reste encore très peu exploité sur le plan industriel. Pourtant son potentiel d'application est aussi vaste et prometteur que ses qualités !

« *Le diamant est notamment le seul matériau à se présenter à la fois comme un isolant électrique et un excellent conducteur thermique, cinq fois plus conducteur que le cuivre* », poursuit Jacques DE SANOIT. « *Il offre également une forte résistance aux rayonnements, une remarquable capacité à propager les vibrations acoustiques (1100 km/h dans l'air... contre 72 000 km/h dans le diamant !), des propriétés électroniques supérieures à celles du silicium, une inertie chimique (en particulier une exceptionnelle résistance aux acides) et une bio inertie qui minimise les réactions de rejets par les organismes vivants....* »

**De l'électronique à la détection chimique, la radiothérapie, l'ophtalmologie**

Le LCD a tout d'abord beaucoup travaillé pour l'industrie nucléaire, avec la mise

au point de détecteurs de rayonnements intégrant un diamant monocristallin pour mesurer l'activité des effluents radioactifs. A la fin des années 90, s'ouvrent de nouveaux axes de recherche : l'électronique en premier lieu avec la conception de diodes composées de diamants monocristallins, puis l'électrochimie à partir de 2004 avec une expertise toute particulière dans le domaine des capteurs (fabrication de transducteurs) pour la détection chimique.

Aujourd'hui, c'est dans le domaine médical que nous découvrons les applications les plus étonnantes, notamment en radiothérapie, où les chercheurs du CEA ont développé un nouveau dosimètre à base de diamant. Capable d'étalonner les équipements utilisés lors des traitements, l'appareil mesure en temps réel les doses de radiations reçues par un patient.

Dans le domaine de l'ophtalmologie, le diamant pourrait également permettre des prouesses. Ce sont les propriétés conductrices du diamant dopé au bore et sa bio-inertie exceptionnelle, que les chercheurs du LCD ont exploitées dans ce cas, pour mettre au point une rétine artificielle. Le projet est mené en partenariat avec l'Institut de la Vision à Paris. L'implant, d'une surface de 3 x 3 mm<sup>2</sup>, se composera de quelques centaines d'électrodes recouvertes de diamant nanocristallin. Sur cette petite plaque, placée sous la rétine, seront envoyés les signaux issus d'une caméra pour stimuler les cellules nerveuses rétiniennes qui transmettent l'information au cerveau. L'idée est de pallier aux cellules pigmentaires chargées de transformer la lumière en signal nerveux à destination du nerf optique, et dégénérées chez les personnes atteintes de dégénérescence maculaire liée à l'âge [la DMLA touche plus de 1,5 millions de personnes dans le monde].

**Tout l'intérêt du Quantos, de la préparation des poudres à la mise en solution...**

Les nanomatériaux tels que les nanopoudres de diamant par exemple, de TiO<sub>2</sub> ou encore de SiO<sub>2</sub>, sont omniprésents dans les thématiques nouvelles du Laboratoire. « *La production même de nos diamants nécessite des suspensions de nanopoudres de diamant parfaitement dispersées pour pouvoir obtenir, grâce à un appareil de dépôt à la tournette (spin-coating), une surface d'ensemencement de pré-croissance sans agrégat et de concentration connue* », commente M. Bertrand BAZIN. « *Nous étudions ces problématiques depuis cinq ou six ans déjà, mais le manque de précision de nos instruments pour la préparation de nos poudres et solutions en suspension ne nous permettait pas d'en maîtriser parfaitement la qualité à l'échelle nanométrique...* » ▶▶▶



**La production de diamant par Dépôt Chimique à partir d'une phase Vapeur**

## La maîtrise de la température



Les cryothermostats & les thermostats

- De -95 °C à +400 °C
- Extrêmement précis et rapide
- Sûr et efficace
- Pour le laboratoire et l'industrie

Vous trouverez de plus amples informations sur internet ou dans le catalogue général actuel.



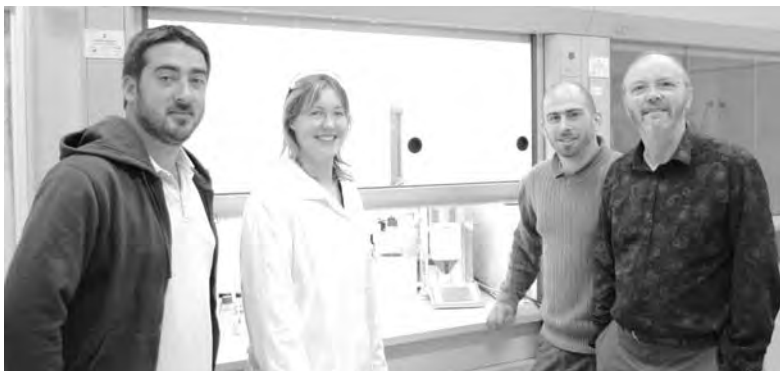
Les refroidisseurs à circulation



Les systèmes à haute dynamique

JULABO France  
68025 Colmar Cedex  
Didier Simler  
Téléphone +33 6 7120 9497  
[www.julabo.fr](http://www.julabo.fr)

**Julabo**  
THE TEMPERATURE CONTROL COMPANY



**Une partie des utilisateurs du Quantos QB5-L au sein du LCD (de g à dr) : Hugues Girard, Céline Gesset, Bertrand Bazin et Jacques de Sanoit.**

ajoute Jacques DE SANOIT. « Nous utilisons cet équipement tant pour nos recherches internes qu'en prestation de service... »

encore dans le cadre de nos recherches sur la fonctionnalisation de nanopoudres, parfois très toxiques... »

Le Quantos occupe donc une place de choix au sein du LCD, tout dépôt de diamant impliquant la réalisation d'une solution à concentration maîtrisée, connue et tracée. « Une trentaine de solutions est ainsi préparée chaque jour par notre équipe à l'aide du Quantos », précise M. BAZIN. « Et la maîtrise de la concentration des suspensions de nanopoudres de diamant est loin d'être la seule application du système au sein de notre laboratoire. Presque tous nos projets sont concernés : titrages électrochimiques des polyphénols, protéines, oligonucléotides, où il est essentiel de réaliser des solutions d'étalonnage précises et fiables, détection de traces de polluants atmosphériques, toxiques ou explosifs, qui nécessite des solutions de concentrations très faibles et connues dans de bonnes conditions de sécurité, dans le cadre d'études sur la nanotoxicologie... ou

Dans moins d'un an maintenant, le Laboratoire Capteurs Diamant du CEA-LIST déménagera sur le plateau de Saclay dans le cadre du projet Nanolnnov. Un programme de grande envergure que nous ne manquerons pas de suivre bien évidemment...

S. DENIS

**Pour en savoir plus :**

[http://www.cea.fr/videos/dossiers/les\\_diamants\\_de\\_synthese](http://www.cea.fr/videos/dossiers/les_diamants_de_synthese)  
<http://www-centre-saclay.cea.fr/fr/DES-CHERCHEURS-CULTIVENT-LE-DIAMANT-Conference-Cyclope-par-Bertrand-Bazin-et-Samuel-Saada-chercheurs-au-centre-CEA-de-Saclay>

Mettler-Toledo SAS :

Joël Gourso

01-30-97-17-17

<http://www.mt.com/quantos>

Le LCD a ainsi considérablement complété et modernisé son parc instrumentel ces dernières années, notamment en matière de pesée, où il dispose désormais de tous les équipements pour couvrir ses besoins dans les meilleures conditions : microbalance, balances d'analyse (dont les XP 205 et XP 504 METTLER TOLEDO)... et toute dernière acquisition : le Quantos, système révolutionnaire développé et commercialisé par Mettler Toledo pour le dosage automatique des poudres et leur mise en solution !

Rappelons que le Quantos QB5-L permet de supprimer l'utilisation souvent délicate de la spatule, au profit d'une tête de dosage associée à un récipient de stockage d'échantillon. Pour une traçabilité parfaite, toutes les informations (ID substance, quantité, date...) sont mémorisées dans une puce RFID (Radio Frequency IDentification) et interrogeables via un écran tactile. Une seule pression sur l'écran et Quantos dose directement et avec exactitude vers le poids cible, sans dépassement des tolérances légales. Les atouts sont concrets : une reproductibilité parfaite et une justesse de pesée remarquable, pour un pourcentage d'erreur inférieur à 1 %, mais aussi un confort de travail nettement amélioré, une sécurité optimale dans la manipulation des produits et un gain de temps incontestable...

Initialement dédié à la distribution de poudres, le système Quantos a été complété d'un module de distribution de liquides. Le QB5-L offre ainsi la possibilité de doser avec précision les solvants et d'assurer une mise en solution optimale. La concentration correcte est atteinte par la distribution gravimétrique des poudres, puis des liquides (gravimétrie/gravimétrie) ; la fiabilité des résultats est garantie. Grâce au QB5-L, l'utilisation des solvants est également rationalisée, les déchets sont limités et l'utilisation des fioles est désormais inutile.

### « Le Quantos... un élément clé du tryptique pour travailler sur les nanomatériaux »

Le Laboratoire Capteurs Diamant du CEA-LIST compte parmi les premiers en France à être doté du Quantos, couplé au module de distribution des liquides. « Le Quantos constitue pour nous un des éléments clés du tryptique qui nous permet aujourd'hui de travailler sur les nanomatériaux de façon optimale », déclare Bertrand BAZIN.

1/ Grâce au Quantos, nous réalisons très précisément la mise en solution de nos nanomatériaux à concentrations connues, de façon parfaitement reproductible et dans des conditions de sécurité optimales, sans dissémination de produits...

2/ Une sonde à ultrasons nous permet ensuite de « sonifier » la solution, afin d'éclater les agrégats qui se forment naturellement (de 100 à 200 nm de diamètre) et d'obtenir une suspension de nanoparticules dont le diamètre des grains avoisinent 5 nm.

3/ Les mesures de diffraction dynamique de la lumière (DDL) et du potentiel zêta nous renseignent ensuite sur la qualité de dispersion et certaines propriétés chimiques des nanomatériaux ».

« Un quatrième instrument vient enfin compléter ce triptyque : un microscope électronique à balayage à très haute

résolution, dont nous avons fait l'acquisition en 2010, pour contrôler la répartition des grains après le dépôt de solution à la tournette »,



**NOUVELLE TECHNOLOGIE**  
Distribution de solvant



## Vous préparez des échantillons ?

### Quantos Liquide est la solution

- **Rentabilité** : économisez jusqu'à 90% des substances utilisées
- **Sécurité** : l'utilisateur n'est plus en contact avec les poudres et liquides
- **Précision** : atteignez la concentration exacte.

Mettler-Toledo SAS

**N° Indigo 0 820 22 90 92**

0201 © TTC 1/04

[www.mt.com/quantos](http://www.mt.com/quantos)

**METTLER TOLEDO**