

# LES NANOTECHNOLOGIES POUR L'ENERGIE

Dans le domaine de l'électronique pour applications nomades, l'autonomie représente un enjeu crucial. Pour y répondre, des micro-dispositifs à basse consommation de plus en plus économiques sont développés, pouvant désormais fonctionner plusieurs années avec une même batterie. Les succès dans ce domaine sont tels que ce sont désormais les batteries elles-mêmes qui posent des limites aux systèmes nomades, tant en termes de longévité, d'encombrement que de températures d'exploitation.

Une démarche très actuelle pour dépasser ces limites consiste à supprimer les batteries conventionnelles en faisant appel aux énergies renouvelables. Le développement pionnier du photovoltaïque en est un exemple typique.

Toutefois, le solaire ne doit pas faire oublier que la ressource énergétique ambiante la plus universelle est **la chaleur**. Les pertes de chaleur dans notre environnement sont innombrables, et constituent en tout lieu une source d'énergie abondante et gratuite. Toute variation de température, même minime, peut générer suffisamment d'énergie pour alimenter un dispositif à basse consommation. On retiendra comme exemples la chaleur dégagée par un moteur de voiture, par une conduite d'usine chimique ou plus simplement par le corps humain. Les quelques degrés d'écart entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment sont également exploitables.

A l'échelle d'un micro-dispositif nomade, la chaleur récupérée ne peut guère être convertie en électricité que par **génération thermoélectrique**. Ce processus purement électronique ne fait intervenir aucune pièce mobile, ce qui présente d'immenses avantages en termes de longévité (pas d'usure), de coûts (pas de maintenance) et d'encombrement (dispositifs compacts).

Les modules thermoélectriques commerciaux actuels n'étant pas adaptés à des applications micro-systèmes, des solutions dédiées sont nécessaires.

C'est dans ce contexte que la Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale (HES-SO) soutient le programme de développement de micro-générateurs thermoélectriques ( $\mu$ GTE) initié à l'Institut de Micro et Nano Techniques (MNT) de la Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD) à Yverdon-les-bains. Ce programme s'appuie sur la fabrication de **composites nanostructurés**. Une forêt de nanofils conducteurs est intégrée dans l'épaisseur d'un film polymère. Le diamètre nanométrique des fils prévient les fuites de chaleur trop importantes, et confine les flux thermique et électrique

dans une direction unique, permettant un haut rendement de conversion de chaleur en électricité sur de très faibles épaisseurs. Des films thermoélectriques flexibles sont ainsi réalisés sur plusieurs  $\text{cm}^2$  par technique électrochimique, hors salle blanche, proposant ainsi une **nanotechnologie à bas coût**.

La capture, la gestion et le stockage des faibles puissances électriques générées sont des éléments cruciaux pour un micro-générateur fonctionnel. Ce programme s'appuie également sur le développement d'une **unité intelligente de gestion de puissance** (CPUM). L'intégration de l'unité et du composite nanostructuré compose le  $\mu$ GTE.

Le dispositif ainsi réalisé propose une micro-source d'énergie autonome ne nécessitant aucune maintenance. Les premières applications visées sont l'alimentation de détecteurs ou sondes intelligentes, et de systèmes communicants par wifi ou RFID. Une grande autonomie – pourvu qu'il y ait une source de chaleur proche – et un faible encombrement permet d'intégrer une sonde directement dans un matériau pour en tester la structure au cours du temps.

Dans le domaine du médical, le  $\mu$ GTE peut convertir la chaleur dégagée par le corps humain, et propose ainsi des applications comme le suivi de constantes médicales de patients à risques. Des composites thermo-électriques bio-compatibles sont en cours de développement.

A plus long terme, des applications dans les Cleantech sont également visées, comme la récupération à grande échelle de la chaleur perdue dans les centrales thermiques ou les complexes industriels. La principale limitation des dispositifs actuels est la nature du matériau thermoélectrique de référence, le tellure de bismuth, toxique et peu abondant. Notre objectif à terme est de proposer nos composites thermoélectriques nanostructurés comme technologie de substitution au tellure de bismuth.

**Laurent GRAVIER**

Institut MNT de la HEIG-VD  
Avenue des Sports 20  
CH-1400 Yverdon-les-Bains  
+41 24 557 61 84  
Laurent.gravier@heig-vd.ch

