

## CHIMIE

# Thermomètres nanométriques

Plus il fait chaud, plus elles sont colorées : des nanoparticules composites permettent de relever des cartes de température avec une précision spatiale inégalée.

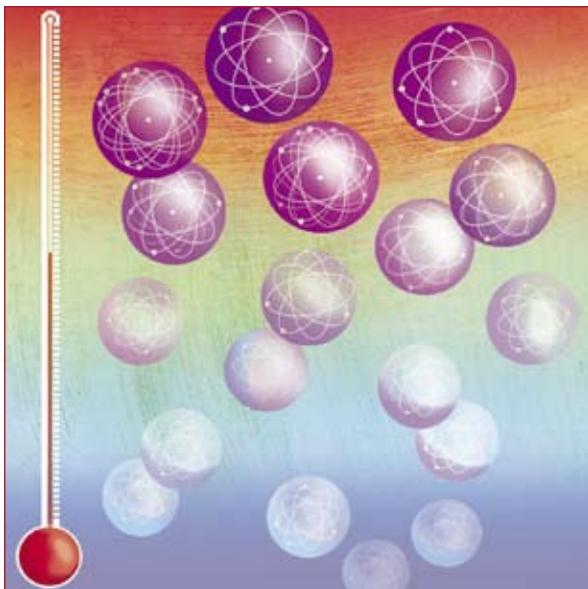
Elles émettent de la lumière, avec plus ou moins d'intensité selon la température. Injectées dans un tissu biologique ou déposées en couche mince sur un circuit électronique miniature, les nanoparticules mises au point par l'équipe d'Azzedine Bousseksou, du laboratoire de chimie de coordination du CNRS à Toulouse dressent, au nanomètre près, des cartes lumineuses de la température. Au cœur du dispositif : des molécules « à transition de spin », qui basculent d'un état magnétique à un autre sous l'effet d'un changement de température, de pression ou de lumière. Un basculement qui s'accompagne parfois d'un changement de couleur.

Persuadé que ces molécules ont de l'avenir dans des domaines aussi divers que l'électronique, la photonique ou la médecine, Azzedine Bousseksou les étudie depuis vingt-cinq ans. Son credo : « aller de la molécule vers le dispositif. » Son équipe, pluridisciplinaire, planche sur des complexes à transition de spin triazole-fer (des molécules à base d'azote associées à un atome de fer). Violettes ou rouges à  $-20^{\circ}\text{C}$ , elles deviennent transparentes ou jaunes en chauffant ! Les chimistes parviennent à fabriquer des nanoparticules qui associent chacune une centaine de ces molécules. Plus la température monte, plus la proportion de molécules excitées dans chaque nanoparticule augmente, et plus son changement de couleur est prononcé.

Pour les chercheurs, il est devenu évident que ces nanomatériaux peuvent être intégrés dans des dispositifs. Déposées sur un support, ces nanoparticules peuvent par exemple mesurer sa température au nanomètre près...

Mais pour ce genre d'applications, le changement de couleur est peu visible, et difficile à analyser avec précision. Pour l'exacerber, les chimistes associent à chaque nanoparticule une rhodamine. Cette molécule d'origine naturelle possède la caractéristique d'émettre une lumière fluorescente quand elle absorbe un rayonnement visible qui correspond à la couleur violette des nanoparticules. Plus elle est chauffée, plus la nanoparticule vire au transparent, et plus la rhodamine émet de la lumière fluorescente.

Le dispositif rejoint ainsi toute une recherche existante sur la mesure de chaleur. Celle-ci passe en général par l'analyse de la chaleur émise par tous les corps au-dessus du zéro absolu, mais avec une résolution spatiale supérieure au micromètre (jusqu'à quelques nanomètres). D'autres systèmes comparables sont également à l'étude. Mais en découplant la zone sensible à la température (la nanoparticule) et le « mouchar » (la rhodamine), l'équipe a mis au point un système très flexible : les molécules qui composent la



nanoparticule sont en effet facilement modifiables pour réagir à des températures de transition différentes.

Le dispositif, breveté, intéresse les spécialistes de nanoélectronique ou de la nanothermométrie qui ont besoin de mesurer l'échauffement local de leurs circuits. Il pourrait aussi être injecté dans des tissus biologiques, sous forme d'une suspension colloïdale de nanoparticules pour contrôler l'échauffement d'une tumeur que l'on traite par la chaleur. ■ Anne Debroise

L. SALMON ET AL., *J. MATER. CHEM.*, 20, 5499, 2010.