

Ce silence a eu des conséquences déplorables : l'apparente efficacité des armes chimiques, combinée à l'impunité dont a bénéficié l'Irak a encouragé d'autres pays à s'équiper d'armes chimiques et biologiques. Ironie du sort, plusieurs des pays qui s'étaient tus lorsque l'Irak avait utilisé des armes chimiques contre l'Iran ont été à leur tour menacés par les armes chimiques et biologiques irakiennes, pendant la guerre du Golfe, en 1991.

Depuis, la communauté internationale a fait pression sur l'Irak, et le Conseil de sécurité des Nations unies a pris des sanctions pour que le stock irakien d'armes biologiques et des autres armes de destruction de masse soit anéanti. L'Irak ne s'étant pas plié à ces exigences, les inspecteurs des Nations unies poursuivent leurs efforts pour obtenir des informations plus complètes sur les armements secrets irakiens.

Toutefois, les rapports des Nations unies sont factuels, sans expressions d'indignation. Or, tous les pays et tous les groupes qui mettent au point ce type d'armement méritent d'être condamnés. Nous devons sans cesse rappeler que les peuples civilisés ne doivent faire ni commerce ni usage de telles armes, et que les États-Unis et la Russie doivent détruire leurs stocks d'armes chimiques en une dizaine d'années, comme ils en sont convenus.

Comme l'indignation ne suffit pas, un contrôle strict des échanges nationaux et internationaux d'agents pathogènes, et une surveillance accrue des épidémies mondiales seront indispensables.

En attendant, on doit absolument commencer par faire respecter la Convention sur les armes chimiques, qui interdit la possession d'armes chimiques et qui dresse la liste des produits chimiques devant faire l'objet d'une déclaration par les nations signataires. Contrairement à la Convention sur les armes biologiques, de nombreuses procédures de vérification sont prévues par la Convention sur les armes chimiques, y compris des inspections impromptues quand on soupçonne qu'il y a violation des engagements. Des garanties commerciales sont accordées aux pays signataires, pour les inciter à adhérer à la convention.

La Convention sur les armes chimiques a été proposée en 1993 et, en octobre 1996, elle avait été signée par

157 pays et ratifiée par 66 : il manquait une signature pour qu'il puisse entrer en application. Le Sénat des États-Unis a bloqué la ratification, notamment parce qu'il n'acceptait pas les clauses de vérification.

Si l'on réussissait à faire appliquer le traité sur les armes chimiques, les négociations en cours sur le renforcement de la Convention sur les armes biologiques seraient probablement facilitées. Inversement, si la Convention sur les armes chimiques échoue, les perspectives d'un accord sur les protocoles de vérification de l'application du traité biologique s'amenuiseront : les arsenaux chimiques et biologiques continueront à proliférer. Or, plus ces armes persisteront, plus le sentiment de leur illégitimité s'érodera, et plus la probabilité de leur utilisation par les armées ou par les terroristes augmentera.

Comme l'ont remarqué certains experts, les terroristes utilisent généralement les armes présentes dans les arsenaux de leur pays ; notamment, les responsables de la secte Aum auraient découvert l'intérêt des armes chimiques pendant la guerre entre l'Irak et l'Iran. Si les armes biologiques et chimiques disparaissent des arsenaux, elles devraient cesser d'attirer les terroristes.

Les traités, la vérification de leur application, la surveillance du commerce des agents pathogènes doivent tous améliorer le contrôle de l'armement chimique et biologique. En insistant sur le sens moral qui rejetait jadis les armes biologiques, on augmentera les chances qu'elles soient éliminées à tout jamais.

Leonard COLE est professeur de sciences politiques à l'Université Rutgers de Newark.

Leonard A. COLE, *Clouds of Secrecy : The Army's Germ Warfare Tests over Populated Areas*, Rowman and Littlefield, 1990.

Biological Weapons : Weapons of the Future ?, sous la direction de Brad Roberts, Center for Strategic and International Studies, 1993.

Malcolm DANDO, *Biological Warfare in the 21st Century*, Macmillan, 1994.

Leonard A. COLE, *The Eleventh Plague : The Politics of Biological and Chemical Warfare*, W.H. Freeman and Company, 1996.

Les nanomatériaux

RICHARD SIEGEL

Des solides composés de grains très fins sont plus durs, plus malléables ou plus transparents que les matériaux habituels.

Un soir de septembre 1989, nous avons décidé de nommer «matériaux nanophases» la nouvelle catégorie de matériaux que nous fabriquons. Les métaux nanophases, les céramiques nanophases et autres solides nanophases, autrement nommés nanomatériaux, sont constitués des mêmes éléments chimiques que leurs homologues classiques, mais, tandis que ces derniers sont des assemblages de grains dont le diamètre varie du micromètre au millimètre, composés de plusieurs milliards d'atomes, les grains constitutifs des matériaux nanophases mesurent moins de 100 nanomètres et contiennent au plus quelques dizaines de milliers d'atomes. Un agrégat de trois nanomètres de diamètre, par exemple, contient 900 atomes et est un million de fois plus petit que le point final de cette phrase.

Les nanomatériaux ont des propriétés originales, parce que leurs petits grains réagissent très différemment des grains plus gros aux contraintes mécaniques ou aux champs électromagnétiques. Par exemple, le cuivre nanophase est cinq fois plus dur que le cuivre ordinaire, et les céramiques nanophases sont moins cassantes que leurs cousines à gros grains. Nous ajustons la dureté, la couleur ou la plasticité de ces matériaux, en choisissant la taille des grains qui les constituent.

On trouve aujourd'hui des nanomatériaux dans de nombreux produits de consommation courante, des cosmétiques à l'électronique, et la liste de leurs applications n'est pas close. La croissance de l'entreprise que nous avons fondée pour les commercialiser témoigne de ce développement : nous produisons aujourd'hui par tonnes des matériaux qui n'étaient fabriqués, il y a quelques années encore, que par milligrammes, seulement pour les laboratoires de recherche.

Les nanomatériaux sont présents depuis longtemps dans la nature, des roches des météorites aux valves des coquillages. Dès que les hommes firent du feu, ils fabriquèrent aussi des particules nanométriques de fumée. Toutefois, l'histoire scientifique des nanomatériaux n'a commencé qu'en 1959, lorsque Richard Feynman évoqua en public les potentialités des toutes petites particules de matière condensée : «Je suis certain que si nous maîtrisons la structure de la matière à petite échelle, nous accéderons à un beaucoup plus grand nombre de propriétés de la matière.»

Des confirmations théoriques de cette intuition apparurent bientôt : au début des années 1960, Ryogo Kubo, de l'Université de Tokyo, détermina le comportement quantique de petits agrégats d'atomes. Ce modèle ne décrivait pas les conséquences du confinement des atomes sur les propriétés des

matériaux, mais il les faisait pressentir : lorsque la taille des grains élémentaires d'un matériau devient inférieure à la longueur critique associée à une propriété donnée, cette propriété devient ajustable.

Des métaux à grains fins

La recherche sur les agrégats nanométriques s'est développée au cours des 20 années suivantes, surtout au Japon et en URSS. Toutefois ces recherches étaient confidentielles, et c'est seulement en 1981, lors d'un colloque au Danemark, que Herbert Gleiter, de l'Université de la Sarre, annonça que les matériaux fabriqués par compactage de particules ultrafines avaient des propriétés radicalement différentes de celles des matériaux ordinaires. Peu après, son équipe publia plusieurs articles novateurs sur les métaux nanocristallins.



1. DES SUSPENSIONS DE PARTICULES NANOMÉTRIQUES du même matériau ont des couleurs différentes selon la taille de ces particules. Chacun des flacons présentés sur les photographies contient du sélénure de cadmium : seule la taille des grains varie. Chacun a une couleur différente, en lumière blanche (à droite) et en lumière ultraviolette (ci-dessus).