

Zeitschrift: Revue Militaire Suisse
Herausgeber: Association de la Revue Militaire Suisse
Band: 149 (2004)
Heft: 3

Artikel: Nanotechnologie : l'armée du futur
Autor: Piquier
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-346364>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Nanotechnologie: l'armée du futur

Les nanomatériaux commencent à se développer, notamment dans le secteur civil, et devraient assez rapidement être utilisés par les militaires. Imaginez le choc psychique que pourrait ressentir un ennemi qui se retrouverait face à des commandos dotés de pouvoirs nouveaux leur permettant de résister aux balles grâce à une protection ultra-performante et particulièrement légère ou leur permettant de sauter à plusieurs mètres de hauteur grâce à des chaussures spéciales. Des sortes de « Superman » ! Tout ceci ne devrait pas rester imaginaire longtemps et pourrait être réalisable dans quelques décennies, grâce à la nanotechnologie et aux matériaux associés: les nanomatériaux¹.

■ Commandant (air) Piquier

La nanotechnologie

La nanotechnologie regroupe l'ensemble des théories, techniques, mécanismes ou réalisations qui ont pour but de produire et de manipuler des objets de tailles équivalentes à une molécule, voire un atome. Le préfixe « nano » vient du milliardième de mètre c'est-à-dire l'équivalent de la taille d'un cheveu que l'on aurait divisé par 100000.

Les matériaux utilisés sont dénommés nanomatériaux. Ils peuvent être de différentes sortes, composites, organiques ou métalliques et sont, en fait, totalement élaborés atome par atome afin d'aboutir à une structure très pure, infiniment petite, dans laquelle chaque élément est posé à une place bien précise de manière à obtenir les particularités physiques ou chimiques souhaitées. Les plus courants sont les nanotubes de car-

bone qui, en fonction de leur assemblage, peuvent être isolants ou, au contraire, conducteurs.

Les nanomatériaux peuvent contenir plusieurs millions d'atomes et, de par leur forme, avoir des propriétés physiques étonnantes. Le nanotube de carbone est, par exemple, composé uniquement de carbone et peut avoir des formes très variées, que ce soit un simple tube à une hélice en passant par des pentagones ou heptagones.

Le nombre de secteurs visés par la nanotechnologie est quasiment illimité et il est impossible d'établir une liste exhaustive des différentes applications possibles. Cette nouvelle technologie s'annonce cependant comme une révolution technologique.

Les premiers nanomatériaux sont apparus en 1921, lorsque le Japonais Sumio Iijima a obtenu un nanotube en créant un arc électrique de 20 volts et de 100 ampères entre deux électrodes de carbone qu'il avait

immergées dans un gaz inerte. Précurseur en matière de nanotechnologie, Richard Feynman déclarait en 1959: « Pourquoi ne pourrions-nous pas écrire l'intégralité des vingt-quatre volumes de l'encyclopédie *Britannica* sur la tête d'une épingle ? » et il précisait « les principes de la physique, pour autant que nous puissions en juger, ne s'opposent pas à la possibilité de manipuler des choses atome par atome. » Ses recherches lui valurent le prix Nobel de physique et sont à l'origine des technologies de l'infiniment petit.

La nanotechnologie commença cependant réellement son développement en 1992, lorsque Donald Bethune de la société IBM et Iijima sont parvenus à faire croître des nanotubes en pulvérisant dessus, au moyen d'un laser, une très faible quantité de métal tel que le cobalt, le fer ou le nickel. Depuis, d'autres nanomatériaux ont été inventés et la recherche ne cesse de progresser.

¹ Ce texte est repris des Cahiers de Mars (2^e trimestre 2003), revue trimestrielle des anciens et amis des Ecoles supérieures de guerre et du Collège interarmées de défense. Merci à son rédacteur en chef d'en avoir autorisé la publication dans la RMS.

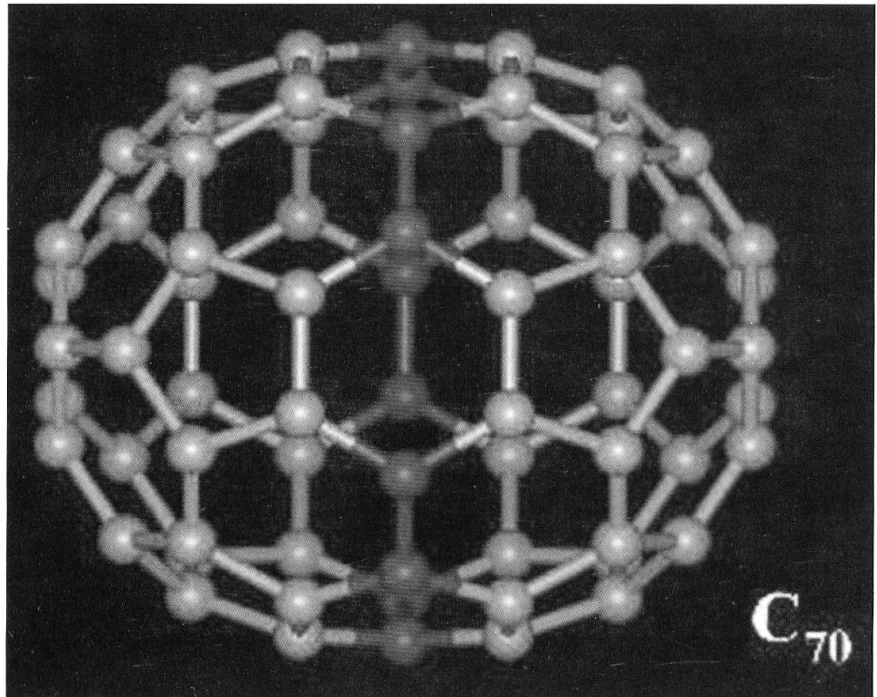
La recherche

Quelques pays seulement se sont lancés dans la recherche nanotechnologique et plus particulièrement dans la recherche sur les nanomatériaux. C'est le cas des États-Unis qui ont créé une filière nanotechnologique au *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*. L'armée américaine vient de débloquer environ 50 millions de dollars qu'elle a versés au MIT afin d'ouvrir un nouvel institut dédié aux applications militaires de la nanotechnologie: *The Institute for Soldier Nanotechnologies*. La mission de cet institut est de créer d'ici à cinq ans un équipement révolutionnaire complet pour le soldat.

Bien que n'ayant pas d'institut de recherche dédié, la France n'est cependant pas en reste, puisque différents instituts de technologie de très haut niveau s'intéressent à la nanotechnologie. Un laboratoire des nanostructures existe à Strasbourg.

Les Japonais s'intéressent évidemment, eux aussi, à la nanotechnologie, tant par le biais de l'Université Metropolitan de Tokyo que de façon plus singulière par le biais de sociétés telles que la *Nippon Telegraph and Telephone Corps* qui ont conçu une méthode de fabrication de nanostructures.

Nous ne possédons pas assez de moyens et surtout de recul pour tester expérimentalement les performances des nanomatériaux et les chercheurs ont recours à la simulation numérique. D'après ces simulations, le nanotube a par exemple une tension de rupture qui le rend



La nanotechnologie travaille avec les atomes et les molécules...

cent fois plus rigide que l'acier avec un poids six fois moindre. Les particularités physiques de ces nanomatériaux sont parfois découvertes involontairement. Un étudiant a eu la surprise en voulant prendre au flash une photo de ces molécules de carbone assemblées en nanotubes de déclencher un embrasement instantané.

Plusieurs équipes, dont celles du laboratoire de Strasbourg, ont confirmé cette étrange propriété. Elles ont aussi découvert qu'après l'embrasement, les nanotubes avaient disparu en laissant la place à une nouvelle structure inconnue. Un simple flash d'appareil photo a suffi à déclencher un processus de transformation. Ils se sont également aperçus que ce phénomène n'était réalisable qu'avec les nanotubes de carbone et que ceux en graphite, créés dernièrement, ne réagissaient pas à une lumière intense. Cette par-

ticularité pourrait être utilisée pour fabriquer des détonateurs minuscules.

L'Université de Bordeaux a trouvé un procédé unique pour obtenir des rubans de nanotube. Cette nanobande consiste en un film très fin de quelques atomes d'épaisseur et de plusieurs mètres de long. Elle possède les mêmes propriétés qu'un lubrifiant, c'est-à-dire qu'elle attire l'eau d'un côté et la repousse de l'autre mais, contrairement aux lubrifiants classiques, elle est quasiment indétectable. C'est de plus un adhésif très puissant et particulièrement difficile à enlever. Structurée différemment, on obtient une nanocolle, capable de bloquer les mécanismes de n'importe quel moteur. Cette nanobande pourrait être utilisée pour neutraliser des pistes d'atterrissage ou tout autre terrain, mais aussi l'ensemble des matériels ennemis.

Procédé de fabrication

L'élaboration des nanomatériaux est particulièrement difficile, car elle nécessite de maîtriser l'infiniment petit. S'il est vrai que les frontières de cet «univers», qui étaient encore inaccessibles il y a quelques années, semblent disparaître avec les nouveaux outils mis à la disposition des chercheurs, des progrès restent à faire et la maîtrise de l'infiniment petit est loin d'être évidente.

Une fois trouvée l'association atome par atome qui permettra d'obtenir le nanoélément voulu, il reste à mettre au point un système de conception afin d'arriver à une nanostructure renfermant ces nanoéléments et de pouvoir fabriquer en grande quantité cette nanostructure.

L'Université de Bordeaux a ainsi breveté un procédé unique pour obtenir des rubans et des films de nanotubes. Les nanotubes sont immergés dans de l'eau avec un tensioactif de type détergent puis mélangés à une solution visqueuse. Ils sont ensuite extrudés sous forme de minuscules rubans et enfin séchés à l'air où ils se contractent en fibres très denses.

Des chercheurs de l'Université Metropolitan de Tokyo et de la *Nippon Telegraph and Telephone Corps* ont, eux aussi, conçu une méthode de fabrication de nanostructures.

Il s'agit en l'occurrence de nanostructures en aluminium. Les atomes sont réorganisés en un réseau de triangles, de carrés ou d'hexagones. L'aluminium est, dans un premier temps,

«poinçonné», afin d'être marqué d'une empreinte répondant à la structure souhaitée, puis la pièce est trempée dans un bain très acide et soumise à un courant électrique précis. Une fine couche d'oxyde se forme alors et c'est après dissolution chimique de cette couche que les trous se forment. Selon le tracé d'origine, ils seront donc carrés, triangulaires ou de toutes formes possibles. Sans pré-traitement, ces trous adoptent seuls une structure en nid-d'abeilles formée par la juxtaposition des éléments et donnent le fameux réseau qui sert alors de moule pour la fabrication de nanoéléments, puisque chaque nanoélément de différentes natures se placera automatiquement dans l'alvéole dont la forme lui correspond.

Bien que peu répandue, la nanotechnologie est déjà utilisée actuellement et nous la côtoyons sans le savoir dans des domaines précis. Les nanotubes sont présents en électronique, en optique et intégrés dans d'autres matériaux. Ils possèdent par exemple les propriétés électriques nécessaires au fonctionnement de certains composants tels les transistors. Des vitrages contenant des nanoparticules d'oxyde de titane ont été mis au point. Ces vitres ont la particularité d'être auto-nettoyantes et commencent à être utilisées dans le bâtiment pour les endroits difficiles d'accès, donc peu favorables à un nettoyage classique des surfaces vitrées.

Certains nanomatériaux ont la particularité de résister aux rayures. On recouvre donc d'une pellicule de ces nanomatériaux les pare-brises d'avions,

mais aussi certaines visières pour les rendre inrayables, un principe qui devrait être assez rapidement appliqué aux lunettes de soleil ou de vue.

La société Du Pont a élaboré une nouvelle technologie d'écran plat conçu à partir d'un film de nanotube de carbone. Ces écrans plats, nouvelle génération, ont la particularité d'être encore plus fins que les écrans à plasma actuels. Ils devraient donc être utilisés de façon assez massive pour les ordinateurs portables, les instruments aéronautiques ou les téléphones portables.

La société Nano Tex, quant à elle, a élaboré des tissus comportant des nanofibres de protection pour les molécules de coton qui n'absorbent plus les liquides et sont donc anti-taches mais qui, plus est, résistent à la déformation et sont donc infroissables. Utilisés dans un premier temps en tant que tissus d'ameublement, ces tissus infroissables et intachables sont maintenant utilisés dans le monde de la mode et l'on commence à trouver sur le marché des vêtements conçus avec ces tissus.

Le milieu médical n'est pas oublié, puisque la société *Nucryst Pharmaceuticals* a mis au point des pansements recouverts d'une pellicule de nanocristaux d'argent. Ce pansement a la particularité de tuer les bactéries et de réduire les inflammations.

Applications possibles

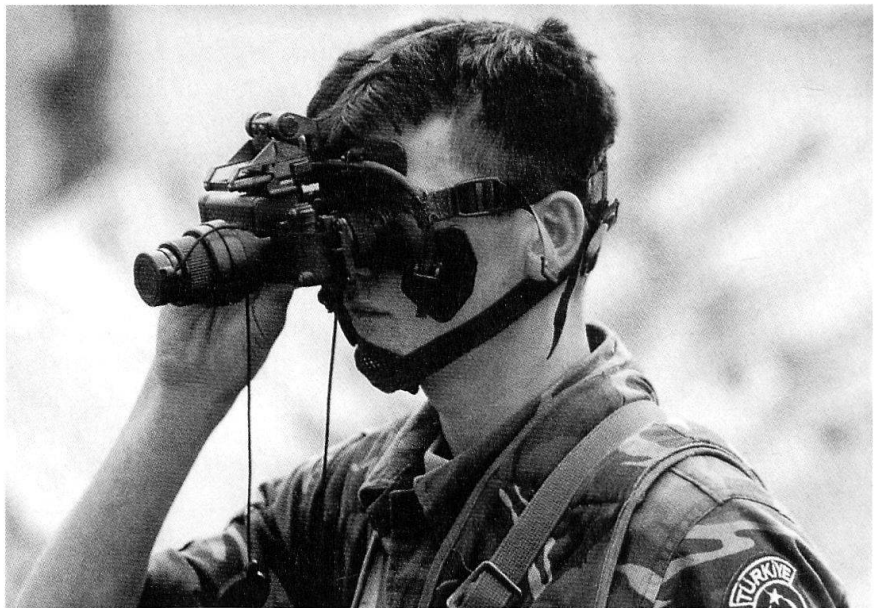
En dehors des applications que nous venons de voir et qui

sont déjà utilisées ou élaborées et sur le point de l'être, la nanotechnologie devrait être mise à contribution dans d'autres domaines avec une quasi-certitude. Plusieurs laboratoires travaillent sur des batteries à nanotubes qui seraient capables de stocker notamment de l'hydrogène afin d'alimenter des piles à combustible miniatures qui serviront au quotidien pour toute l'électronique grand public portable, de l'ordinateur au téléphone.

La résistance de certains nanoalliages est telle que les futures navettes spatiales seront très certainement recouvertes d'un revêtement thermique issu de la nanotechnologie, car ce revêtement autorisera une résistance accrue aux températures extrêmes atteintes lors du passage dans l'atmosphère.

L'élasticité ou les particularités de déformation de certains nanomatériaux devraient être utilisées dans l'industrie pour renforcer les matériaux de base actuels, principalement dans les travaux publics pour la réalisation de ponts ou d'ouvrages d'art soumis à de très fortes contraintes mais aussi certainement dans le bâtiment pour améliorer, par exemple, les résistances antisismiques.

Lorsque les problèmes de coût d'élaboration seront réduits, des objets dont on ne peut plus se passer utiliseront très certainement un mélange de tous ces nanomatériaux, il s'agit des véhicules qu'ils soient privés ou de transport en commun. Pile à combustible, matériaux légers et très résistants, capacité de déformation et d'absorp-



Les amplificateurs de lumière peuvent utiliser la nanotechnologie...

tion d'énergie, écrans hyper-plats et tissus *high-tech* sont en effet des caractéristiques dont rêve tout fabricant. Les caractéristiques exceptionnelles des nanomatériaux intéressent bien évidemment l'industrie de l'armement et la nanotechnologie laisse présager des applications plus inimaginables les unes que les autres, dont certaines sont déjà à l'étude.

Les applications militaires

Les militaires s'enflamment pour cette nouvelle technologie et pensent déjà l'utiliser à grande échelle. Les Américains cherchent actuellement à mettre au point un équipement complet de nouvelle génération dont le but est tout d'abord de pouvoir remplacer les 5 à 10 kg de matériels actuels du militaire au combat par un équipement d'environ 2 kg qui aura des capacités développées en matière de camouflage, de ré-

sistance aux balles ou aux éclats de toutes sortes, de détection et de protection NBC, voire de traitement médical intégré.

La DARPA (l'agence américaine de recherche militaire) est en train de réaliser une nouvelle classe de drones appelés MAV (*Micro Air Vehicule*). Ces drones inspirés de la morphologie des oiseaux n'auraient qu'une envergure d'environ 15 cm et un poids d'environ 50 g, c'est-à-dire pas plus gros qu'un oiseau. Reste cependant à développer les micro-équipements, notamment optiques, qui équiperont ces micro-drones.

Protection et dispositif d'alerte contre les attaques biologiques

Très diverses, les différentes idées d'application et orientations de recherche nous présentent les équipements militaires de demain. La nanotechnologie devrait permettre de protéger un militaire contre les attaques

biologiques, telles que la variole ou la maladie du charbon. L'idée développée par les chercheurs est de recouvrir la tenue de combat d'une pellicule semi-perméable de nanofibres. Cette pellicule est identique à une membrane percée de trous de taille moléculaire. Ce filtre laisse passer l'air et l'eau mais retient les toxiques chimiques ou biologiques dont la taille des molécules est supérieure à celle des pores de la membrane. Mieux encore, un dispositif d'alerte réagit à des seuils d'exposition particulièrement bas.

Le principe retenu est de relier entre elles des nanoparticules d'or dans une substance par des brins d'ADN spécifiquement codés pour être à même de reconnaître l'ADN d'une substance chimique ou d'un agent biologique donné. A partir du moment où il y a un contact, avec ne serait-ce qu'une infime quantité d'agents biologiques ou chimiques étrangers, l'ADN modifie sa structure et les propriétés optiques des nanoparticules d'or s'en trouvent modifiées, faisant alors varier la couleur de la substance. Cette substance peut être appliquée aussi bien sur des tissus que sur tout autre matériau. C'est finalement une évolution des papiers réactifs que nous connaissons déjà si ce n'est que ce réactif peut recouvrir de très larges surfaces.

Le camouflage

Le même principe est retenu pour le camouflage. Des nanoparticules sont incluses dans le tissu de la tenue de combat ou dans les textiles utilisés pour les matériels tels que housses d'armement, toile de tente, etc.

Ces nanoparticules réagissent aux photons de la lumière et en fonction du spectre reçu reproduisent les couleurs ambiantes permettant alors aux hommes ou aux matériels de se fondre dans le paysage environnant. L'équipement du militaire devient, de par sa capacité de changement et d'adaptation de couleur, un équipement caméléon qui ne nécessitera plus d'être repeint en fonction de son lieu d'exploitation.

La protection des yeux

Les systèmes de combat actuels, que ce soit les armes portées par les fantassins ou des systèmes évolués tels les avions de chasse ou les chars, utilisent des moyens optiques de plus en plus évolués. Les jumelles de vision nocturnes ou autres lunettes de ce type sont assez fréquemment utilisées. Les utilisateurs de ce type de matériel savent très bien qu'un éclairage intensif les rend plus ou moins inopérants et même qu'un rayon lumineux puissant, sans parler de laser, est dangereux pour les yeux. Tout éblouissement est de toute façon nuisible au combattant, puisqu'il lui fait perdre un sens essentiel au combat, la vue.

Les chercheurs ont trouvé un système nanotechnologique permettant de protéger le combattant contre l'éblouissement et par là même de préserver ses yeux. Des rotors de taille moléculaire pivotant dans les trois dimensions peuvent intercepter tout rayon lumineux supérieur à une certaine intensité définie au départ, y compris un faisceau laser. Montés sur des lunettes, visières, sur des hublots ou vitres, ces rotors empêchent

d'être aveuglé et protègent efficacement les yeux.

Le vêtement médical

Un vêtement médicalisé est à l'étude, afin d'éviter l'intervention rapide du personnel médical sur le lieu de combat et de permettre une évacuation dans les meilleures conditions de survie possibles vers un centre médical situé en dehors des zones à risque. Des microcapsules contenant des médicaments précis ou des produits spécifiques comme de la morphine sont disposées dans le tissu de l'uniforme et peuvent diffuser au besoin leur contenu.

Des microcapteurs chimiques sont également disposés dans le vêtement. Prévus pour réagir au contact du sang, ils induisent la modification de nanofibres capables de changer de forme et de taille et font réagir les microcapsules médicamenteuses. Cette modification de forme et de taille fait qu'elles vont de plus se rétracter et appliquer ainsi une pression sur la blessure.

Les chercheurs essaient aussi de mettre au point un revêtement léger et invisible qui serait installé par exemple dans la doublure du vêtement et qui pourrait se rigidifier sur commande pour former une coque à la manière d'un plâtre dans l'éventualité d'une fracture.

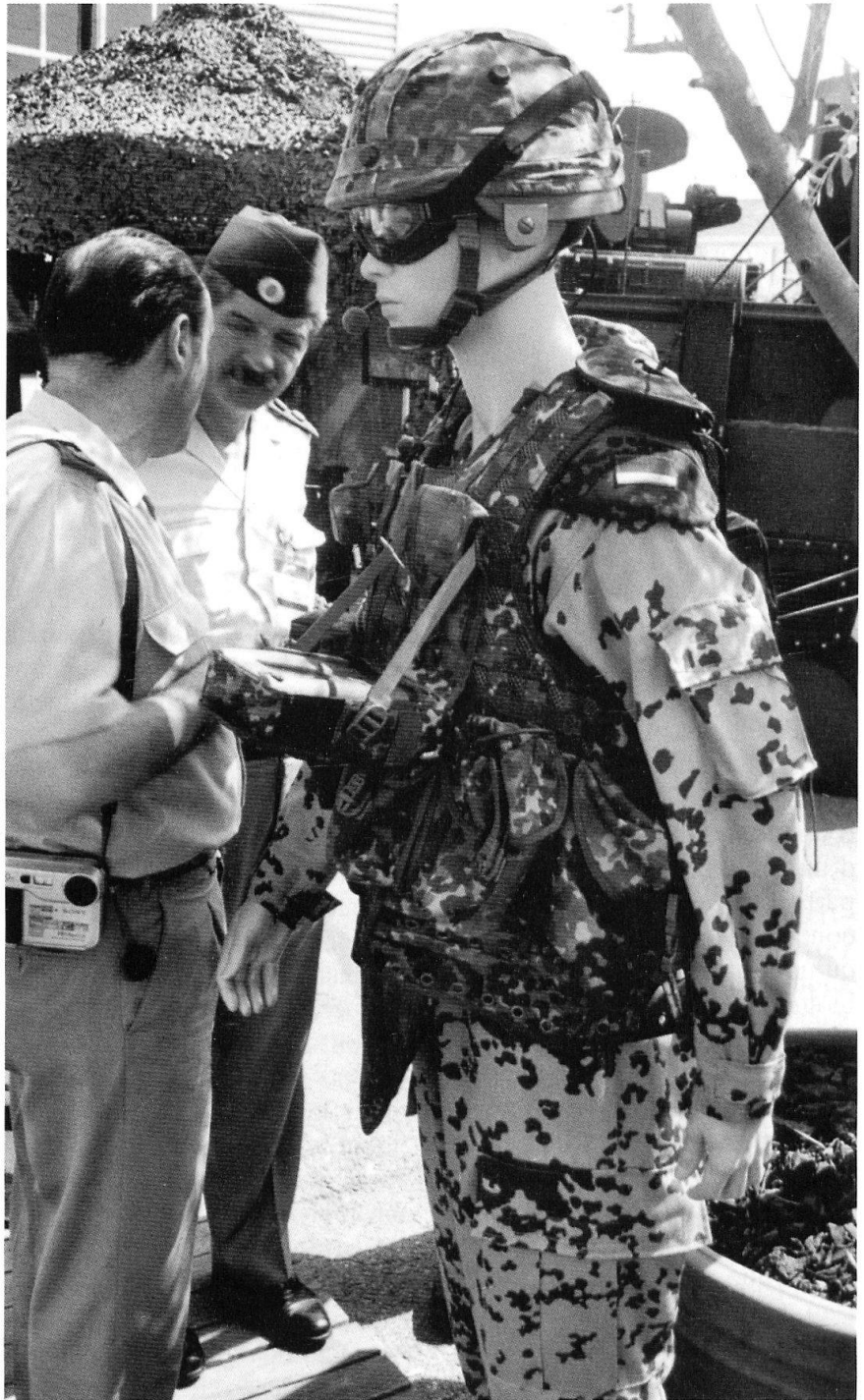
L'armée de demain

Les nanomatériaux, plus globalement la nanotechnologie, utilisés à des fins militaires pourraient donc décupler les facultés humaines tout en assu-

rant une protection quasi totale et donner aux militaires une certaine forme d'invulnérabilité. La révolution industrielle nanotechnologique en est à ses débuts et laisse présager une utilisation massive au service des armées. Comment seront réellement les matériels militaires de demain? Le «Superman» militaire verra-t-il, le jour? Rien n'est sûr car de nombreux problèmes persistent.

Le coût tout d'abord. En dehors de la recherche, qui est déjà très onéreuse, la réalisation de nouveaux matériaux et matériels issus de cette technologie dépasse largement les capacités budgétaires des pays intéressés à l'exception, peut-être, des Etats-Unis. De plus, rien ne dit qu'une fois les armées dotées d'équipements dérivés de la nanotechnologie, cette même technologie ne permettra pas de fabriquer de nouveaux armements à même de contrer leurs extraordinaires capacités. La nanotechnologie n'est pas maîtrisée de nos jours et seul un petit nombre de pays, dont la France, s'y intéresse.

L'armée de demain sera nanotechnologique, mais le sera très progressivement et très certainement pas avant quelques décennies. On pourra alors parler de l'ère des nanoguerres!



C.P.

Une tenue de combat de «caméléon ou médicalisée» grâce à la nanotechnologie...