Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 125 (1999)
Heft: 10

Sonstiges

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

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

Les matériaux à mémoire de forme se plient aux contraintes industrielles

A mesure qu'ils approfondissent leur maîtrise des structures internes des matériaux, les chercheurs peuvent développer de nouveaux alliages – en nickel-titane notamment – auxquels ils confèrent des propriétés très particulières de forme, d'amortissement et d'élasticité, qui varient avec la température. Aux industriels d'en tirer des applications novatrices. Or, si leur apparition remonte à bientôt trente ans, les alliages à mémoire de forme commencent seulement à s'infiltrer dans le monde industriel, où ils sont utilisés comme préhenseurs, actuateurs, instruments spéciaux. L'EPFL s'intéresse tant à la compréhension des mécanismes qui gouvernent leur comportement qu'à la réalisation de systèmes microtechniques.

Qu'entend-on par « mémoire de forme » ?

Un fil qui brusquement raccourcit au-delà d'une température critique, une cloche qui ne tinte qu'en dessus de 40°C : les alliages dits « à mémoire de forme » possèdent de bien étranges propriétés. Aujourd'hui, ces matériaux n'intriguent plus seulement des étudiants dans leur laboratoire : l'industrie commence à leur découvrir des champs d'applications considérables dans les domaines médical, aéronautique ou microtechnique, de même qu'ils ont déjà titillé l'imagination de certains créateurs et trouvé une place dans le monde artistique[1].

Lors d'une rencontre qui s'est tenue en début d'année, le Centre d'appui scientifique et technologique de l'EPFL s'est penché sur l'état actuel des connaissances : les travaux menés à l'Ecole et les activités de plusieurs entreprises utilisatrices de ces matériaux y ont été présentés. Au niveau de la recherche, Rolf Gotthardt, collaborateur à l'Institut de génie atomique de l'EPFL, travaille ainsi depuis des années - dans le cadre de projets soutenus par le Fonds national - à la compréhension des changements de phase qui gouvernent le comportement de ces matériaux, ainsi qu'à la promotion industrielle des alliages mis au point.

Les alliages à mémoire de forme, ou AMF, se caractérisent par trois propriétés essentielles :

- l'effet « mémoire de forme », c'est à dire la capacité du matériau de « mémoriser » deux formes, qui correspondent chacune à une plage de température, puis de passer d'une phase à l'autre en fonction des changements de température ou d'exercer une force si la déformation est prohibée ;
- une malléabilité dix fois supérieure à celle mesurée dans d'autres alliages métalliques, lorsque le matériau est à certaines températures et soumis à une contrainte, d'où le qualificatif de « superélastique » ;
- enfin, les importantes frictions internes qui se développent dans le matériau lors de la transformation de phase, et qui lui confèrent encore des propriétés d'amortissement extraordinaires sur une large plage de températures.

Ces phénomènes sont liés à des réagencements atomiques (changements de phase), dans la matière solide, qui impliquent une déformation homogène de réseau cristallin et produisent un changement de forme au niveau macroscopique (fig. 1). A la phase basse température on a donné le nom de martensite, à la phase haute température, celui d'austénite. Comme le passage d'un état à l'autre a lieu sans diffusion d'atomes, il est réversible et peut-être reproduit de nombreuses fois.

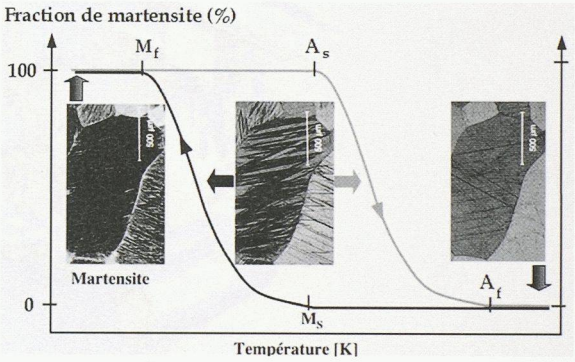


Fig. 1 – Changement de phases dans les alliages à mémoire de forme. En fonction de la température, l'alliage passe de la phase martensite à la phase austénite (photo EPFL)

Champs d'application

L'effet « mémoire de forme » est exploité dans la fabrication de préhenseurs, d'interrupteurs ou de systèmes de fixation qui, après installation, adoptent une forme prédéfinie, soit qu'ils se resserrent pour fixer avec force deux éléments, soit qu'ils assurent le déplacement de pièces (fig. 2).

Le domaine médical présente aujourd'hui le plus fort potentiel de développements, avec les prothèses (stents) qui ouvrent et maintiennent ouverts des éléments creux du corps humain tels que les veines ou l'œsophage. Malgré la présence de nickel, ces alliages sont biocompatibles, le nickel étant incorporé de façon très stable dans le cristal.

Du fait de leur fort pouvoir amortissant, ces matériaux trouvent également des applications dans la construction, où ils sont intégrés à des éléments destinés à résister à des chocs sismiques, ainsi que dans l'aérospatiale et l'industrie des machines, là où il s'agit de réduire des vibrations.

Quant à la superélasticité, elle est surtout mise à profit dans la fabrication d'appareils ou d'instruments soumis de manière répétitive à de fortes flexions : instruments dentaires, montures de lunettes, etc.

Quel intérêt ces alliages présentent-ils pour l'industrie ?

Pour l'industriel, un des facteurs déterminants réside dans la facilité d'utilisation de l'alliage à mémoire de

[1] Voir Barbara Fournier : « L'art et la science pour la forme et pour mémoire », *FLASH EPFL* N° 6 du 20 Avril 1999, p. 32

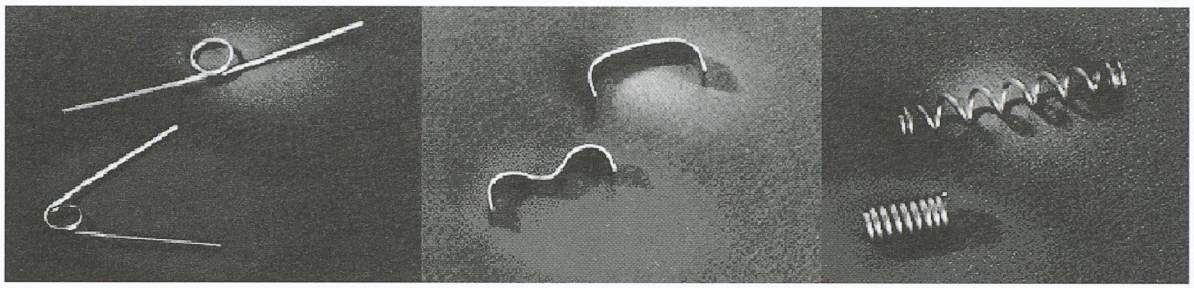


Fig. 2 – Une caractéristique des alliages à mémoire de forme: leur capacité à changer de forme avec la température. En dessous, la forme basse température; en dessus, la forme haute température. Le passage d'une forme à l'autre est réversible. (photo Memry)

forme. En choisissant bien ses composants, il peut moduler les plages de températures auxquelles les changements de phase interviennent. Relevons que les panneaux solaires du télescope *Hubble*, mis en orbite en 1990, ont été déployés grâce à des éléments en AMF qui, réchauffés après la mise sur orbite, se sont redressés. De l'avis de *MEMRY*, une des principales sociétés productrices d'AMF, le marché est prometteur, avec une croissance annuelle de 30 %. Cette entreprise propose différents types d'alliages en nickel-titane ou avec une composante cuivre, sous forme de fils, ruban, tubes. Dans la famille des produits superélastiques on trouve notamment des antennes pour téléphone cellulaire et des instruments médicaux conçus pour réagir à la température du corps humain (fig. 3).

Les actionneurs ou systèmes développés à partir d'AMF présentent quelques avantages déterminants. Tout d'abord, leur excellent rapport puissance/volume ou puissance/poids facilite une miniaturisation poussée; ensuite, les mouvements obtenus sont d'une grande amplitude et dépourvus d'à-coups; enfin, l'absence d'émissions sonores ou d'autres formes de pollution constitue un autre atout appréciable. Les alliages sont composés en fonction de l'application choisie et ils peuvent combiner des fonctions d'actionneur et d'amortisseur. Cela étant, la lenteur du refroidissement d'un tel système le restreint à des fréquences d'utilisation faibles – beaucoup plus faibles que les systèmes piezo-électriques par exemple – et son rendement énergétique, avec moins de un pour cent, est bas. En revanche, les AMF atteignent une amplitude de mouvement beaucoup plus importante que les piezos.

En renforçant des composites avec des fils d'alliages à mémoire de forme, on peut envisager la création d'une nouvelle classe de matériaux dont il est possible de modifier les propriétés mécaniques, la forme ou l'état des contraintes internes de façon parfaitement contrôlée. Ces développements sont menés à l'EPFL dans le cadre de projets internationaux (BriteEuram) et nationaux (Programme de recherche prioritaire en matériaux). Ainsi, Jacques-Eric Bidaux, ancien collaborateur de l'EPFL et maintenant professeur à l'Ecole d'ingénieurs du Valais, a développé en collaboration avec le fabricant de skis *Stöckli*, des skis adaptatifs, soit un équipement dont l'amortissement et les modes de vibration varient en fonction de la température de la neige sans affecter les autres propriétés mécaniques du ski. Des plaques minces d'alliages CuZnAl ont donc été incorporées à des skis de compétition standard du fabricant. Lors des tests, la capacité d'amortissement de ces alliages augmente avec la baisse de la température, atteignant des valeurs cinq à dix fois supérieures aux autres matériaux utilisés. Ces matériaux sont produits à un coût acceptable et entrent dans des processus de production existants. Et si leur application dans la compétition sportive reste marginale, elle intéresse fortement l'industrie aérospatiale et des transports.

Chez *Maillefer Instruments SA* à Ballaigues, l'arrivée des alliages nickel-titane pour l'instrumentation dentaire a permis une réduction du nombre d'instruments et un gain de temps important sur les étapes de nettoyage et de mise en forme du système canalaire lors de traitements de racines. Grâce à une flexibilité quatre à six fois supérieure à celle des instruments en acier, les outils peuvent être déformés, de façon à respecter le trajet canalaire. Ils offrent en outre une grande résistance à la fatigue en flexion et de ce fait, se prêtent à une utilisation en rotation continue mécanisée, sur des fraises.

Il y a plus de douze ans que *Microfil Industries SA*, travaille avec des AMF. Des développements ont été entrepris pour adapter l'outil de production à ce maté-

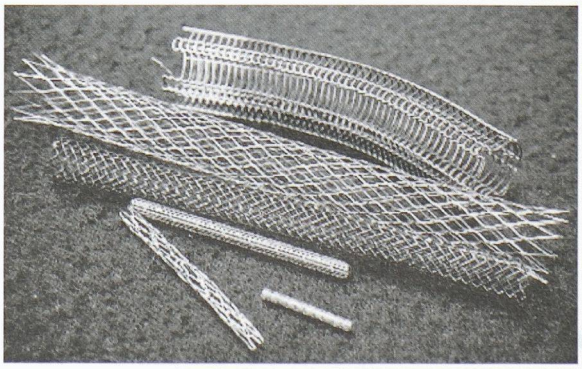


Fig. 3 – Des prothèses (stents) produites par Memry Europe (photo Memry)

riau plus mou et élastique que les alliages traditionnels. Il a surtout fallu mettre au point la gamme des traitements thermiques et de surface qui confèrent à l'alliage sa spécificité. Pour des clients actifs dans la mécanique, l'instrumentation médicale et la micromécanique, *Microfil* produit toutes sortes de fils, tubes, sondes, et même des instruments complets en alliage NiTi, à mémoire de forme.

Potentiel d'applications en microtechnique

Au département de microtechnique, Yves Bellouard travaille à des applications de petites dimensions auxquelles les alliages à mémoire de forme se prêtent aisément. Etant lié à un transfert d'énergie thermique, le fonctionnement de l'actionneur se caractérise certes par un temps de réponse limité, mais cet inconvénient s'estompe avec la miniaturisation. Utilisé comme élément de fixation ou de serrage, le procédé se fait sans force, l'encombrement est réduit et le préassemblage ou le dés-assemblage est possible sans endommager l'objet serré.

Dans le cadre d'un projet CTI avec comme partenaire la société *Andromis SA*, une micro-pince est développée pour la manipulation de lentilles optiques de 250 microns de diamètre (fig. 4). Par application d'un traitement thermomécanique, le matériau mémorise une forme préférentielle. A basse température, la pince est ouverte, à haute température, elle se ferme; la force de serrage est de 16 mN et le temps de réponse de 0,5 à 1,5 secondes, en fonction du moyen de chauffage utilisé. Par rapport à d'autres systèmes, les avantages de ce préhenseur sont la simplicité du dispositif et son très faible encombrement.

Enfin, une nouvelle technique permettant d'obtenir différents comportements mécaniques sur un même matériau, grâce à des traitements locaux, vient d'être mise au point dans le cadre d'une collaboration interne à l'EPFL entre l'Institut de systèmes robotiques, l'Institut d'optique appliquée et l'Institut de génie atomique. Basée sur la cristallisation locale par laser, cette technique permet de cibler des parties auxquelles on veut conférer des propriétés de mémoire de forme ou de superélasticité selon le cas, tandis que les parties non traitées continueront à se comporter comme un matériau ordinaire. Ce nouveau procédé fait l'objet d'une demande de brevet et il est entre autre appliqué au développement d'un micro-commutateur optique à partir de couches très minces en AMF. Ces couches en nickel-titane, dont l'épaisseur ne dépasse pas un centième de millimètre, sont fabriquées à l'EPFL dans le cadre d'une collaboration entre l'Institut de génie atomique et l'Institut de physique appliquée.

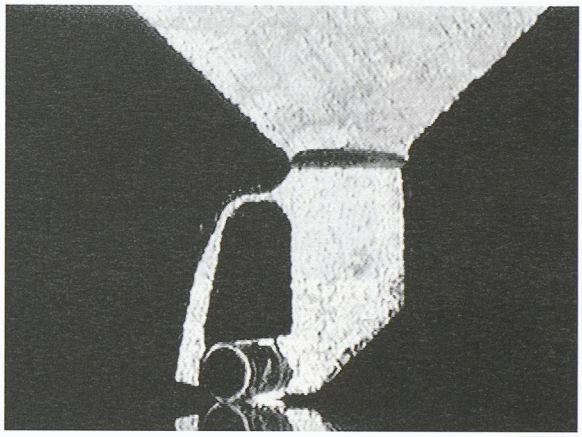


Fig. 4 – Micro-préhenseur développé par l'Institut de systèmes robotiques de l'EPFL. Cette pince, de 1 mm sur 1 mm, saisit une lentille de 250 microns. Le mouvement de préhension est assuré par l'effet mémoire de forme (photo EPFL)

Françoise Kaestli

Energie éolienne dans le vent

L'énergie éolienne progresse en Suisse. En 1998, on comptait quatorze éoliennes, réparties sur onze sites, pour une puissance cumulée de 2805 kW. La production totale d'électricité se montait à 2 733 046 kWh, soit 37 % de plus que l'année précédente.

Les perspectives de développement de l'énergie éolienne sont très bonnes: les projets actuellement à l'étude en Suisse représentent une puissance de 20 MW. Il serait possible, par exemple, d'installer sept turbines avec une puissance de 11,55 MW sur le parc éolien de Sainte-Croix.

Suisse Eole, l'association pour la promotion de l'énergie éolienne vient de rééditer le guide « Planification des centrales éoliennes », excellent outil facilitant la réalisation de telles installations du point de vue technique, de la protection du paysage et des procédures d'autorisation de construire. Signalons la parution régulière du bulletin d'information « Eole info », dont le numéro actuel développe le thème « Energie éolienne et protection du paysage », disponible auprès des centres d'information de Suisse Eole, Centre info, Crêt 108A, 2314 La Sagne, tél. 032/932 40 23, fax 032/931 18 68, internet www.suisse-eole.ch

Relève à la tête de l'Académie suisse des sciences techniques

Assemblée générale, 25 mars 1999

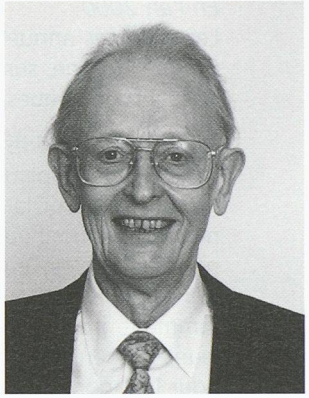
Traditionnellement, l'assemblée générale de l'Académie suisse des sciences techniques (SATW/ASST) est l'occasion de rendre hommage aux personnalités qui quittent leurs fonctions dans cette institution. Le changement le plus important est, bien sûr, celui concernant la présidence.

Après six ans de présidence de l'Académie, le professeur Jean-Claude Badoux, président de l'EPFL, a remis son mandat dans les mains de son successeur désigné il y a déjà un an, M. Willi Roos, ing. électricien dipl. EPFZ.

C'est en 1982 que Jean-Claude Badoux débute dans la toute jeune SATW comme membre de son Conseil scientifique (WBR). En 1990 il devient membre du Comité et vice-président. Elu président en 1993, il entreprend immédiatement la promotion du rayonnement de l'Académie. Grâce à sa personnalité, à ses contacts professionnels et à un engagement inlassable, il arrive à faire connaître la SATW dans les milieux politiques - parlementaires, responsables des offices fédéraux, jusqu'aux conseillers fédéraux - et à leur faire comprendre et accepter l'importance de la mission de la SATW pour notre pays.
Comme membre de la Commission des relations internationales et du CAETS, il contribue au renom international de la Suisse. Comme membre de la Commission des bourses, il ouvre aux jeunes chercheurs suisses l'accès aux congrès internationaux et leur permet au moyen de stages d'élargir leur horizon professionnel, étant convaincu que l'avenir de notre pays dépend de l'engagement des jeunes dans les domaines techniques. C'est avec ce credo que Jean-Claude Badoux a dirigé et façonné la SATW durant les six années de sa présidence.

Willi Roos, le nouveau président

Ingénieur électricien diplômé de l'EPFZ en 1956, spécialisé en technique de la télévision, Willi Roos est entré chez BBC comme ingénieur de développement l'année suivante. En 1961, il prend la tête du groupe



voué à la technique de l'émission de télévision, puis devient en 1969 chef du département « Technique des émetteurs ». En 1973, il est nommé à la tête de l'état-major « Planification et administration » dans le domaine de l'électronique, secteur qu'il dirige dès 1978. Il entre en 1981 à la direction de BBC Suisse, où il est responsable des domaines haute tension, industrie, électronique et chemin de fer. Il devient en 1986 chef de la région BBC Suisse et en 1988 membre de la direction ABB Suisse, responsable du secteur régional surveillance du courant, ainsi que pour le groupe systèmes d'information et de communication.
Enfin, dès 1993, il occupe le poste de vice-président de la direction d'ABB Suisse.
Il a été désigné comme président de l'Académie lors de l'assemblée générale de 1998, avec entrée en fonction cette année.

L'avenir de l'Académie vu par le président sortant

Mettant un point final à son activité à la tête de la SATW, le professeur Badoux a prononcé un discours fort remarqué, dans lequel il esquisse une prospective des tâches et de la destinée de la plus jeune des Académies suisses[1].
Evoquant ensuite les activités de l'année écoulée, il relève l'importance attachée par l'Académie à la promotion des sciences techniques auprès de la jeunesse. Le jour de son assemblée générale, elle met en service son site Internet www.let-me-be-ing.
Les comptes et le budget sont l'occasion de relever que la situation financière de l'Académie exige une attention soutenue pour que les comptes soient équilibrés, sans préjudice pour ses activités.

Les matériaux de l'avenir

Ce sera le thème des journées annuelles, qui se dérouleront à l'EPFZ les 23 et 24 septembre 1999.
En outre, une journée sera consacrée à la communication en tant que valeur ajoutée, organisée le 12 novembre 1999 au Tessin en collaboration avec l'Universita della Svizzera italiana et la Scuola Universitaria professionale della Svizzera italiana.

---

[1] Voir « L'Académie suisse des sciences techniques au-delà de 2010 », *IAS* N° 8 du 21 avril 1999, pp. 144-145

En l'an 2000
Les journées annuelles auront lieu les 28 et 29 septembre à Berne, sur le thème « La formation dans les sciences techniques, défi pour le millénaire à venir ».

Nouveaux membres d'honneur
Par de vifs applaudissements, les propositions de nommer Jean-Claude Badoux et Branco Weiss membres d'honneur de l'Académie sont acceptées par l'assemblée, en reconnaissance des services insignes qu'ils ont rendus aux sciences techniques, notamment par l'encouragement à la formation des jeunes ingénieurs, par le biais de bourses d'études pour le Japon, pour la CEI et la Chine, financées par Branco Weiss.

Elections
MM. Peter Schütz, Riehen, et Hans-Rudolf Zeller ont été élus au Comité de l'Académie et le mandat de MM. Christian Kunze, Hans Leuenberger, Hans-Peter Schreiber et Hansruedi Striebel renouvelé.
MM. Martial Geiser, Sion, Dieter Imboden, Dübendorf, Arthur Ruf et Wolfgang Schwitz ont été élus pour six ans au conseil scientifique de l'Académie, le soussigné y étant réélu pour deux ans.
MM. Jean-Claude Badoux et Branco Weiss ont été élus à la commission de nomination, à laquelle appartient *ex officio* le président Willi Roos, et où sont réélus MM. Ralf Hütter et François l'Eplattenier.
Sont élus réviseurs des comptes MM. Fritz Widmer et Philippe Thalmann.

Deux importants rapports du conseil scientifique
En mai paraîtra l'étude de la commission de l'énergie, qui s'est penchée sur la question de savoir comment la Suisse pourrait vivre avec 50 % de la consommation actuelle d'énergies fossiles. Elle conclut que des mesures d'économie et de substitution permettraient de réduire cet apport de 40 %, voire de 50 % dans le deuxième quart du siècle prochain, à condition de recourir aux technologies les plus avancées et au renchérissement de l'énergie. De belles discussions en vue !
La même commission publiera en juin une étude sur les conséquences secondaires sur le marché de techniques énergétiques plus efficaces.

Le discours inaugural du nouveau président sera prochainement publié dans le bulletin de l'Académie. Cette dernière a exprimé sa reconnaissance aux membres quittant leur fonction (ils nous pardonneront de ne pas en mentionner le détail), soit MM. Kurt Bauknecht, Alain Colomb, Roland Walthert, Hans-Dieter Seghezzi, Walter Berger, Renée Jeanneret, Kurt Voegtli, Andreas Zuberbühler, Léopold Pflug et Ambros. P. Speiser.

Les Pays-Bas, modèle pour l'innovation
Au terme d'un voyage d'étude destiné à analyser l'approche de l'innovation technique et scientifique par les Néerlandais, les participants ont élaboré une étude « Innovationssysteme : Erfolgsmodelle Niederlande, Lehren für die Schweiz », disponible au secrétariat de l'Académie, case postale, 8023 Zurich, tél. 01/226 50 11, au prix de Fr. 20.–. Signalons qu'elle est accompagnée d'un résumé en français.

Jean-Pierre Weibel

Insigne d'honneur de l'UIA pour Catherine Trautmann

Sara Topelson de Grinberg, présidente de l'Union internationale des architectes (UIA), a remis l'insigne d'honneur de l'UIA à Catherine Trautmann, ministre français de la Culture et de la Communication, le 28 avril dernier. Cette manifestation a eu lieu à l'occasion de la première réunion du comité de pilotage sur L'architecture du XXe siècle, qui concrétise le travail de collaboration mis en place par la convention de coopération pour la création du système d'indexation en ligne sur le patrimoine architectural du XXe siècle, signée le 19 mars dernier.
Par cette distinction, l'UIA manifeste à Catherine Trautmann sa reconnaissance pour son action en faveur de l'architecture et pour son soutien à la profession d'architecte[1].
La Direction de l'architecture et du patrimoine du Ministère de la Culture et de la Communication soutient activement l'UIA et participera à son 20e congrès qui aura lieu à Beijing (République Populaire de Chine) du 23 au 26 juin 1999 sur le thème de l'architecture du XXIe siècle.
Organisés tous les trois ans, ces congrès favorisent les échanges professionnels et culturels entre les architectes des cinq continents. Plus de 6000 participants sont attendus à ce congrès de Beijing, premier congrès de l'UIA à se dérouler en Asie.
Le thème principal se déclinera selon six sous-thèmes.
- Architecture et professionnalisme,
- Architecture et environnement,
- Architecture et culture,
- Architecture et technologie,
- Architecture et aménagement urbain,
- Enseignement de l'architecture et jeunes architectes.

Tadao Ando (Japon), Charles Correa (Inde), Philip Cox (Australie), Kenneth Frampton (Etats-Unis), Jean Nouvel (France), Ruy Othake (Brésil), Moshe Safdie (Etats-Unis), Alvaro Siza (Portugal) et Ken Yeang (Malaisie) font d'ores et déjà partie des principaux orateurs.
Le 21e Congrès aura lieu à Berlin (Allemagne) en 2002 et traitera des nouveaux processus de développement urbain économiquement et écologiquement viables.

[1]Voir CATHERINE TRAUTMANN: « 50e anniversaire de l'Union internationale des architectes, *IAS* N° 23 du 4 novembre 1998, p. 256