

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 113 (1987)
Heft: 8

Artikel: Les céramiques avancées: la Suisse doit faire un effort
Autor: Juillard, Jacqueline
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76373>

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: 19.11.2024

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

Les céramiques avancées

La Suisse doit faire un effort

par Jacqueline Juillard, Colovrex-Genève

Tout en continuant à servir l'art de la table ainsi que des applications techniques et industrielles, les céramiques empruntent aujourd'hui une troisième voie en haute technologie. De nouveaux types de ce matériau séculaire et leur utilisation en sont aujourd'hui au même point que l'émergence des superalliages du début des années cinquante. Que fait donc la Suisse en ce domaine qui conditionnera, en partie du moins, notre avenir industriel ? Il est grand temps que nos entreprises y pensent, à moyen terme, même si des spécialistes de chez nous vont jusqu'à dire que nous avons de nouveau raté le tournant dans ce domaine. Par ce bref survol des possibilités futures qu'offrent les nouvelles céramiques, émaillé de quelques faits et idées de développement, nous souhaitons simplement susciter et stimuler la volonté d'un nombre plus grand d'entrepreneurs suisses pour qu'ils s'engagent dans cette voie. Tel est le sens de ce rapport, destiné à faire partie des recommandations de la SIA dans le cadre de son programme « Innovation ».

La céramique est un matériau utilisé depuis la nuit des temps. Même aux âges du fer et du bronze, l'homme façonne des pots et autres ustensiles à partir d'argile qu'il durcit par la cuisson. D'ailleurs, l'art du potier, «keramos» en grec, semble être à l'origine du nom de ce matériau, ni métal ni organique. Il est formé de matières premières minérales, de silicates notamment comme le quartz, l'argile, le kaolin, le feldspath. Les céramiques avancées du XX^e siècle sont aussi formées par «calcination». Il s'agit en fait de frittage, en partant de poudres d'oxydes, de carbures ou de nitrures produites par synthèse. Bien que plus sophistiquées, ces matières premières ne sont pas considérées comme étant d'une importance stratégique et elles sont donc facilement accessibles.

Matériau de haute technologie

Le développement de l'électronique et de l'aérospatial n'a été possible que par celui des céramiques avancées, appelées parfois céramiques fines, techniques, spéciales ou encore d'ingénierie. Ordinateur, capteur solaire, réacteur nucléaire et chimique, véhicule de l'espace et même moteur terrestre sont des exemples d'équipements ou engins ayant bénéficié de l'expansion des céramiques nouvelles depuis quelque vingt ans. Il en ira de même pour les hautes technologies du XXI^e siècle. Ce type de matériau de l'avenir se répartit pour le moment en deux groupes principaux : les céramiques structurales et les céramiques électroniques et électrotechniques, dites fonctionnelles. Les tableaux 1 et 2 donnent une idée de l'utilisation de certaines d'entre elles en fonction de leurs propriétés et compositions.

Comme le silicium des semi-conducteurs, un grand nombre de céramiques fonctionnelles ont des microstructures qui, si elles sont excitées, permettent le

passage des électrons. Sans excitation, les grains de ces structures dites polycristallines ne sont pas orientés et leurs charges s'annulent, empêchant le passage d'électrons. C'est le cas des oxydes de cobalt et de zirconium, et ce phénomène est utilisé dans une foule de fonctions - d'où leur nom - notamment au moyen de capteurs divers, varistors, etc.

Avec les céramiques piézoélectriques, autre exemple, cette «excitation» est une déformation mécanique qui provoque une transition de phase à l'intérieur des cristaux en engendrant une polarisation et vice versa. C'est le cas de la famille des pérovskites, soit le CaTiO_3 et des composés semblables d'autres métalloïdes et métaux, ou de celle des $\text{Pb}_2\text{Fe}_3\text{NbO}_6$. L'application pratique, parmi bien d'autres, est l'impression de haute précision à jet d'encre, où de minuscules encriers en céramique piézoélectrique «lâchent» l'encre en se contractant sous l'effet d'un courant électrique. D'autres types de

céramiques ferroélectriques réagissent sous l'effet d'une excitation par photons et sont utilisés en opto-électronique, comme le titanate de plomb, de lanthane et de zirconium, couramment appelé PLZT selon son sigle anglais.

Quant aux céramiques structurales ou thermomécaniques comme les nitrures, les carbures et les oxydes d'aluminium et de zirconium, ou alumine et zircone, elles ont des qualités exceptionnelles - meilleures que les superalliages - de résistance aux hautes températures, quelques-unes bien au-delà de 1000°C. Elles résistent aussi à l'usure et à la corrosion en atmosphère sévère et ont une très bonne conductibilité thermique, en évacuant rapidement la chaleur. Cela permettrait l'élimination du circuit de refroidissement dans un moteur d'automobile tout céramique, et cette caractéristique est déjà utilisée pour évacuer la chaleur dégagée par des circuits électroniques microminiaturisés, sous la forme d'enveloppes, en oxyde ou nitrure d'aluminium.

La plupart de ces céramiques avancées ont une densité remarquablement faible et un module d'élasticité élevé, ce qui donne des pièces et des composants à la fois plus légers et plus rigides. Elles ont également un faible coefficient de dilatation, mais elles souffrent cependant d'une limitation essentielle : la fragilité.

TABLEAU 1. - Céramiques structurales.

Caractéristiques	Matériaux	Utilisations
<i>Propriétés mécaniques</i> Résistance aux hautes températures Résistance aux frottements Résistance au cisaillement Lubrifiants Blindages	Nitrures Alumine, carbure de bore *TiC, TiN, CW, bore carboné *Nitrure de bore *Alumine, carbures	Turbines à gaz Moteurs diesel Outils de coupe, pièces d'usure Lubrifiants solides, pièces de friction, paliers Applications militaires et autres
<i>Propriétés thermiques</i> Résistance thermique Isolants thermiques Conducteurs thermiques	Carbures, nitrures, MgO Oxyde de potassium, oxyde de titane, alumine, zircone *Oxydes de bore, carbures, nitrure d'aluminium, alumine	MHD Fours industriels, écrans thermiques de centrales nucléaires Eléments de matériels électroniques, radiateurs

* Exemples de matériaux et d'utilisations déjà développés en Suisse, ou susceptibles de l'être par l'intérêt de leurs applications.



TABLEAU 2. - Céramiques fonctionnelles.

Caractéristiques	Matériaux	Utilisations
<i>Propriétés électriques</i>		
Résistance électrique	Alumine, carbures, oxyde de beryllium	Supports de semi-conducteurs
Piézoélectricité	* Zirconates et titanates de plomb, PLTZ, perovskites, niobates de lithium, quartz, chromates de lanthane	Oscillateurs électriques, imprimantes, dispositifs allumeurs
Conducteurs électriques	Zircone, carbures	Résistances exothermiques, condensateurs miniatures
Diélectriques	Titanate de beryllium, titanate de strontium	Condensateurs haute tension
Conducteurs ioniques	Zircone, alumine	Détecteurs d'oxygène, électrolytes solides
Semi-conducteurs	Zircone, titanate de beryllium	Détecteurs de gaz, piles solaires, varistors
Emetteurs d'électrons	* Borure de lanthane	Cathodes de canons à électrons, écrans plats
<i>Propriétés magnétiques</i>		
Qualité magnétique	Fe ₂ O ₃ , MnO, BaO	Ferrites, enregistrement magnétique, mémoires
<i>Propriétés optiques</i>		
Transparence	* Alumine, oxyde d'yttrium, MgO	Lentilles optiques haute température, lampes à sodium
Transmission optique	SiO ₂	Fibres optiques, caméras d'observation de l'estomac, détecteurs optiques
Polariseurs	Oxydes de zirconium, de titane, de plomb, de lanthane	Mémoires optiques (réversibles)
Fluorescence	Céramiques de terres rares et d'arseniure de potassium, verres de Nd, YAG	Lasers semi-conducteurs, diodes luminescentes
Photosensibilité	Verres d'argent halogénés	Verres pare-soleil, mémoires d'images
Optique infrarouge	* Verres fluorures, chalcogénures	Applications militaires et autres
<i>Propriétés biologiques</i>	* Alumines, apatites	Dents, prothèses, os artificiels
<i>Propriétés chimiques</i>		
Absorption	Silice multiporeuse, alumine verres multiporeux	Absorbants, catalyseurs, bioréacteurs
Catalyseurs	Zéolites	Catalyseurs pour la protection de l'environnement
Anticorrosion	* Zircone, alumine	Réacteurs haute température

* Exemples de matériaux et d'utilisations déjà développés en Suisse ou susceptibles de l'être.

Leur ténacité est plus faible que celle de bien des métaux, avec une résistance à la rupture aléatoire, surtout dans le cas d'une pièce de forme complexe en céramique structurale, qui peut se casser sans prévenir et, comme une simple assiette, ne résiste pas aux chocs thermique et mécanique.

Pour améliorer la ténacité, véritable talon d'Achille de ce matériau, les spécialistes se sont lancés dans la mise en forme de compositions plus complexes donnant lieu à des changements de phases, comme le système Al₂O₃ - ZrO₂. Ce manque de résistance aux chocs est aussi à l'origine du développement des composites formés d'une matrice avec l'inclusion de fibres, ou encore de whiskers, ces fibres de dimensions réduites monocristallines. Les outils de coupe en alumine renforcée par des fibres de zircone en sont un exemple, ou encore le composite C/SiC pour des applications thermomécaniques.

Production délicate et encore coûteuse

Les méthodes traditionnelles d'usinage n'ont pas cours dans la production de ces céramiques de haute technologie. La mise en forme se fait par frittage ou compression de poudres, dont le degré de pureté requis est souvent difficile à obtenir. Des procédés par moulage ou par injection sont utilisés pour des pièces de formes complexes. D'une manière générale, cette coalescence des grains du recuit à haute température n'est pas une méthode bon marché. Si des tolérances dimensionnelles serrées sont exigées, la finition des pièces se fait par un usinage au diamant, également onéreux, mais pour lequel l'industrie suisse est bien placée.

Trois types de frittage sont pratiqués actuellement : les Si₃N₄ et SiC pressés à chaud ou HPSN et HPSC (Hot Pressed), les Si₃N₄ obtenus par frittage réactif ou

RBSN (Reaction Bonded) et les SIALON ou alliages à base d'alumine et de nitrure de silicium. Mais nombreux sont encore les problèmes à résoudre. Les diagrammes de phase de ces céramiques avancées que l'on cherche à développer sont très complexes.

Tant les électrolytes solides des piles, supports des catalyseurs organiques et condensateurs que les composants électriques piézoélectriques ou magnétiques, ou encore les pièces structurales avec leurs propriétés thermomécaniques avantageuses, bien d'autres produits de la vie courante aussi sont déjà en différentes céramiques techniques. Mais elles posent toutes des problèmes analogues de production. Leurs propriétés sont, en effet, liées au fait qu'il s'agit de structures hétérogènes dont les phases peuvent être hors d'équilibre.

Elles allient souvent des propriétés contradictoires et, pour prévoir et contrôler leurs caractéristiques, il faut une grande maîtrise de la chaîne d'élaboration, où interviennent également des techniques de lyophilisation ou encore de sol-gel, à partir de composés organométalliques par exemple. L'analyse des microstructures et des défauts possibles doit être considérée, ainsi que les effets de ceux-ci sur la rupture, la ténacité, le fluage, le comportement en fatigue et au choc. Il faudrait arriver à mieux détecter les phases secondaires qui se forment au sein de ces matériaux. Elles sont d'un faible volume comparé à celui de la pièce, mais elles constituent un chemin privilégié des fissures et favorisent leur progression, ce qui conduit à des ruptures de fatigue inattendues.

Pour résoudre ces difficultés, il faut améliorer les techniques de préparation des poudres de départ et contrôler de manière précise et exhaustive les paramètres intervenant dans le processus de fabrication. Mais cette mise au point, qui concerne d'autres facteurs aussi, n'est pas facile à faire, d'autant moins que ces paramètres et facteurs varient pour chaque type de céramiques. Dans ces recherches plutôt fondamentales, la collaboration à l'échelle européenne peut être précieuse. Notre pays va sans doute, par exemple, prendre part aux projets Euram I et II dans ce domaine, au sein de la Communauté économique européenne.

Développements à l'étranger

Le grand public lui-même a entendu parler des moteurs diesel ou à turbine tout céramique, dont les premiers prototypes ont fonctionné depuis quelque cinq ans. Nissan, le constructeur automobile japonais, vient notamment de commercialiser un nouveau moteur muni d'un rotor de turbocompresseur entièrement en nitrure de silicium soumis aux effluves de gaz d'essence à 900°C. Il compte en produire plus de 500 par mois et en a équipé la Fairlady, un tout nouveau

coupé de 2 litres, en obtenant une économie d'énergie voisine de 30%. D'autres entreprises japonaises développent des moteurs non refroidis, de même que les Américains qui, eux, travaillent également sur les diesels dits «adiabatiques». Tant en République fédérale d'Allemagne qu'en France, en Grande-Bretagne et dans quelques autres pays d'Europe, la turbine à gaz et le moteur, pour automobile, diesel, ainsi que pour d'autres usages, partiellement ou tout céramisés, font l'objet de recherches et développements. Si des industries connues ou récemment créées dans ce but de même que des groupes industriels y travaillent, une collaboration européenne se met actuellement en place dans le cadre des programmes Euram, Brite et Eurêka.

La Société européenne de propulsion SEP se propose de développer avec MAN un moteur diesel céramisé dans le cadre de Eurêka par exemple. Un autre projet Eurêka concerne l'utilisation des fibres de carbure de silicium dans des matrices de céramiques pour des turbines à gaz radiales de petites puissances. SEP, Kongsberg en Norvège et Volvo collaborent ou s'intéressent à ce projet. Un autre exemple de collaboration européenne est celui de SEP, Hispano-Suiza du groupe SNECMA, Turboméca, Volvo et Alfa Romeo, pour développer un programme commun des petits moteurs aéronautiques de puissances moyennes utilisant les céramiques, tandis que les parties les plus chaudes de la future navette spatiale européenne, Hermès, seront réalisées avec un composite C/SiC: deux exemples d'applications en aérospatial.

Quant aux céramiques fonctionnelles, elles ont pris un grand essor depuis 1980. Un grand nombre d'industries européennes ont enfin emboîté le pas aux industries du Japon et des Etats-Unis dans ce domaine. Le marché futur est de surcroît très prometteur, selon les prévisions faites dans ces deux derniers pays.

Marché actuel et futur

Alors que les céramiques structurales ne couvrent que 20% du marché actuel, les céramiques fonctionnelles en constituent l'essentiel. Leurs contraintes d'utilisation sont en effet bien moins sévères que celles des céramiques structurales, et des possibilités nouvelles d'applications s'ouvrent davantage chaque jour dans une foule de domaines. L'effort américain, financé principalement par l'Administration fédérale, a lieu dans les PME comme dans les grandes entreprises. A elle seule, la société IBM emploie plus de 400 céramistes et elle en embauche chaque année davantage. Les applications diélectriques avec l'alumine, le pentoxyde de tantale et le titanate de barium pour les condensateurs constituent une

part importante du marché américain et même japonais.

Les applications dans le packaging électronique - études des matériaux nécessaires à la connexion des puces - sont japonaises; et d'une manière générale, elles ont une croissance annuelle supérieure à 15%. Il en va de même des capteurs et des senseurs, ces éléments qui transforment une grandeur physique en signal électrique, ou vice versa. Une croissance identique est mesurée dans les applications optiques telles que tubes d'éclairage, lasers, mémoires, écrans vidéo, sans oublier les prothèses dentaires et de la hanche. Depuis 1980 aux Etats-Unis, par exemple, le marché de l'ensemble des céramiques connaît une augmentation de 17,5% par an.

Pour l'avenir, les industriels et financiers japonais estiment que les céramiques avancées sont parmi les innovations les plus importantes de ces dix dernières années. Ils les classent au même niveau que les technologies telles que la robotique ou les fibres optiques. La croissance attendue sur ce marché pour cette décennie est considérable: elle serait supérieure à 500%, comme on peut le constater dans le diagramme ci-dessous, récemment publié au Japon.

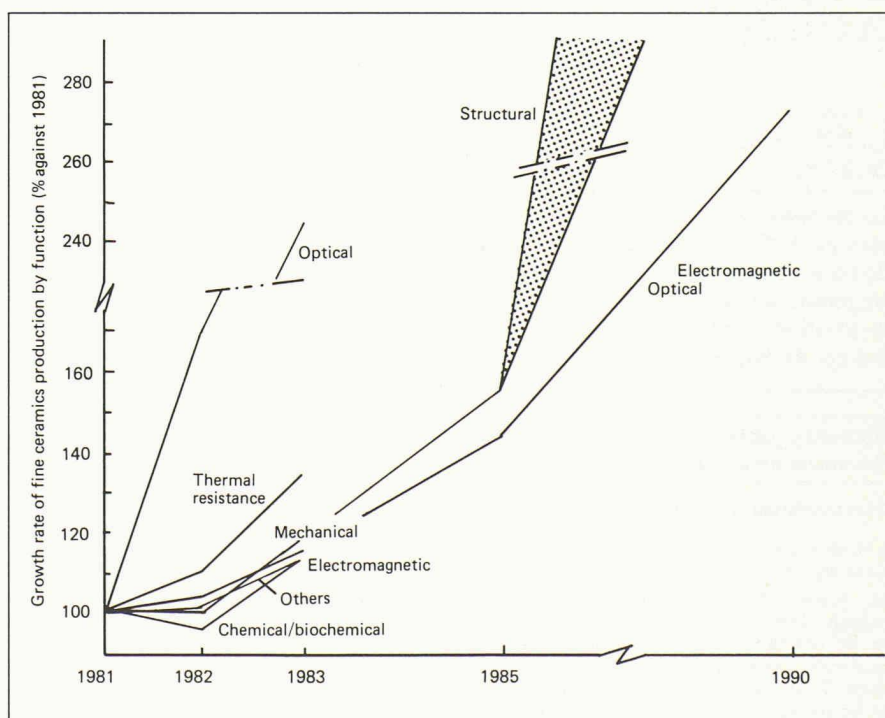
Au Japon, un millier d'ingénieurs se consacrent actuellement au développement des céramiques structurales, et plus de deux mille scientifiques travaillent sur les céramiques en général. Les volumes fabriqués actuellement dans ce pays sont en valeur absolue supérieurs à ceux produits aux Etats-Unis et devraient continuer à l'être au cours des dix prochaines années. C'est ainsi, par exemple, que le marché des piézoélectriques est contrôlé à plus de 50% par les industriels japonais.

Et en Suisse ?

On sait que la gamme des machines et équipements, de la microminiaturisation jusqu'à l'industrie lourde, dont les fabrications sont réputées dans notre pays, dépend dans une large mesure des matériaux qui la composent. Parmi les matériaux de l'an 2000, les céramiques seront aux premiers rangs, et la Suisse est d'ores et déjà bien placée pour les développer. Les matières premières nécessaires à la fabrication des céramiques est à portée de main et bon marché, et il y faut un savoir-faire que notre pays saurait déployer dans ce domaine si ses industriels, ses ingénieurs et ses chercheurs en ont la volonté.

Des efforts se font toutefois déjà, qui impliquent d'ailleurs aussi un effort financier. Mais ce n'est pas suffisant si notre pays veut rester dans la course à long terme et même à moyen terme. Certains travaux sont bien connus, mais il est difficile d'avoir une vue d'ensemble et de savoir exactement qui fait quoi dans le monde industriel suisse. Lors de la rencontre organisée par le Groupe suisse pour l'étude des matières premières minérales, le SASTE, le 14 novembre 1986 à Berne, les représentants de plusieurs organismes et entreprises suisses se sont exprimés, parmi lesquels il faut citer Comadur SA, Saphirwerke, Metoxid, le Centre suisse d'électronique et de microtechnique SA, Brown Boveri, sans oublier les organismes universitaires; mais il existe certainement d'autres entreprises actives dans ce domaine, à commencer par Sulzer et Lonza.

Nous sommes en effet forts dans le dépôt et le traitement de surface antiusure et



Répartition et croissance des céramiques avancées au Japon. Applications.

anticorrosion au moyen de couches céramiques. L'alumine est utilisée pour fabriquer chez nous des prothèses de la hanche par exemple, mais cette céramique est achetée en Allemagne. Dans le domaine des céramiques structurales, il semble que l'on ait raté le tournant de leurs applications pour les aubes de turbines tout céramique, nous qui fabriquons des turbines à gaz hautes températures notamment. Mais est-ce vraiment vrai? Quant aux travaux universitaires, plusieurs d'entre eux sont intéressants en Suisse. Pour ne citer que la Suisse romande, le professeur Schmid, à l'Université de Genève, développe des perovskites, ces céramiques fonctionnelles piézoélectriques, dont une des nombreuses applications, l'impression, a été citée plus haut. A l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, le professeur Mocellini a formé une équipe œuvrant dans le laboratoire de céramique créé il y a neuf ans. Depuis le début de 1987, ce laboratoire est considéré comme centre suisse d'excellence en ce domaine et le personnel de 15 personnes y sera porté à près de 20 collaborateurs. L'enseignement de même que le service aux industriels pour certains essais et analyses sont deux pôles d'activité, sans compter le développement de petits projets exotiques de passage à chaud.

Dans le domaine des études de microstructure, ce centre a reçu 390 500 francs pour développer des composites céramiques dans le système Al - Ti (Zr) O - N

obtenus à partir de poudres classifiées dans le cadre du programme national PN 19, «Matériaux pour les besoins de demain», du Fonds national suisse de la recherche scientifique. Ce dernier dispose de 12 millions pour cinq années à partir de 1986, mais la part du lion est celle des métaux et superalliages avec quelques projets sur les polymères. Il nous semble, toutefois, qu'un effort plus grand devrait être entrepris sur le plan national dans les céramiques avancées. On envisage d'ailleurs de créer une chaire à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, mais ce projet est contesté par le récent rapport Hayek sur l'optimalisation des Ecoles polytechniques fédérales. Il sied ici de citer en outre le récent rapport du Conseil suisse de la science sur le résumé des expertises pour la détection avancée en politique de la recherche. Ni dans l'un ni dans l'autre des deux volumes les céramiques ne sont traitées.

Pour l'avenir, l'une des applications prometteuses pour la Suisse est le développement de son savoir-faire déjà bien acquis dans le domaine des pièces d'usure et de corrosion. Mentionnons pour exemple la mise au point et la production de paliers secs sans lubrifiants ni retraits, même à des températures de 150 à 200°C, qui équipent toute machine tournante. Un autre créneau serait simplement la mise au point et la fabrication de poudres homogènes si difficiles à obtenir et qui constituent le point de départ indispensable à la production de

toute céramique. Ces poudres trouveraient certainement un marché énorme, comparable à celui des différentes «poudres» pour la polymérisation et la mise en forme d'objets en matière plastique. Par l'étendue de leurs domaines d'application et la disponibilité des matières premières servant à leur élaboration, les céramiques avancées présentent un potentiel et une gamme de développements et d'utilisations considérables. Mais il reste encore bien à faire en recherche et développement à l'aube des applications du XXI^e siècle.

Ainsi donc, fondée sur la transformation et la construction, l'industrie suisse doit opérer une prise de conscience et se rendre encore mieux compte qu'il faut que soient entreprises les recherches visant à mettre en œuvre ses nouveaux matériaux pour la fabrication de nos produits. Par leur volonté, le scientifique, l'ingénieur et leurs équipes techniques doivent aussi y jouer un rôle considérable. Notre pays se doit de participer aux futurs débouchés que les céramiques avancées vont créer. Il doit rester dans cette course, c'est là l'une des recommandations de la SIA.

Adresse de l'auteur:
Jacqueline Juillard
Vice-présidente du Groupement
des ingénieurs de l'industrie
Colovrex-Genève
Case postale 80
1292 Chambésy

Vie de la SIA



La SVIA et le 150^e anniversaire de la SIA

La première des manifestations annoncées par la SVIA pour marquer le jubilé de notre société¹ appartient déjà au passé, puisqu'il s'agissait de la présentation du pavillon d'architecture de la SIA (réalisé par Rodolphe Luscher à l'issue d'un

concours) lors de l'exposition *Habitat et Jardin*, du 28 février au 8 mars dernier. Chacun aura eu à cœur de se convaincre de visu du succès de ce pavillon.

Le programme SVIA du jubilé s'est étoffé, de nouvelles manifestations étant venues s'ajouter à celles déjà annoncées:

- séminaire sur le coût de la construction, à l'EPFL (fin septembre ou début octobre, au lieu de juin, comme annoncé);
- cycle de conférences sur l'utilisation des espaces souterrains (30 octobre);
- participation au premier Festival international du film d'urbanisme et d'architecture, à Lausanne (nouveau, 21-24 octobre);
- journées d'étude sur le thème controversé des câbles souterrains à très

haute tension (nouveau, 3-4 novembre);

- organisation d'une exposition sur Le Corbusier - «Espaces intérieurs» - avec mise en valeur de ses productions d'architecte et d'artiste (nouveau, 18-23 novembre).

La SVIA souhaite de plus marquer ce jubilé par un souvenir tangible et rendre un témoignage aux ingénieurs et aux architectes du passé, sous forme d'une plaquette évoquant les œuvres d'une cinquantaine d'entre eux. Ce sera l'occasion de souligner la participation apportée par nos professions au développement du canton de Vaud de 1837 à nos jours.

¹Voir *Ingénieurs et architectes suisses* N°26 du 18 décembre 1986, p. 413.

Nouvelles publications Documentation SIA

Documentation SIA D 006

Grands chantiers de la région genevoise

Le réseau des voies et des moyens de circulation est en passe de connaître des mutations profondes dans la région genevoise. Cette perspective concerne les transports tant publics que privés, le rail aussi bien que la route, de même que les structu-

res d'accueil de l'aéroport et la régulation des voies navigables. Il en résulte présentement un cumul tout à fait exceptionnel de projets et de réalisations d'une ampleur inusitée, y compris sur le proche territoire français. En conséquence, il a paru opportun d'organiser les Journées d'études du Groupe spécialisé SIA des ponts et charpentes (GPC) à Genève. Le présent volume contient toutes les conférences de cette intéressante manifestation.

F. Perret: *Avant-propos* / R. Liechi: *Bahnhof SBB Genève-*

Aéroport / E. Lygdopoulos: *Structure halle fret Cointrin/Genève* / J. Wahl: *Nouvel ouvrage de régularisation à l'émissaire du lac Léman à Genève* / M. Buffo: *Nouveau dépôt, ateliers centraux et bâtiment administratif des Transports publics genevois* / A. Harman: *Contournement autoroutier de Genève* / R.-A. Barthassat: *Pont d'Aigues-Vertes* / P. Milner: *Tranchée couverte de Chèvres* / J. Georges: *Autoroute A40: Mâcon - Pont-d'Ain - Tunnel du Mont-Blanc - Conception d'ouvrages d'art en site montagneux et en*

zone instable / M. Virlogeux: *Evolution de la construction des grands ouvrages en France* / R. Suter: *Französische Neuentwicklungen im Brückenbau - Versuche an der ETH Lausanne* / M.-A. Barblan: *Ouvrages d'art et maquettes, ou l'industrie mise à nu - «New deal» et nouveaux agents de communication pour le patrimoine industriel.*

Format A4, 140 pages, broché.
Prix: Fr. 50.- (membres SIA: Fr. 30.-).