

# Matériaux pour les besoins de demain

Autor(en): **Gonseth, Denis**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Revue économique et sociale : bulletin de la Société d'Etudes Economiques et Sociales**

Band (Jahr): **45 (1987)**

Heft 1

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-139549>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*  
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, [www.library.ethz.ch](http://www.library.ethz.ch)

<http://www.e-periodica.ch>

# Matériaux pour les besoins de demain

Denis Gonseth,  
*ingénieur-physicien EPFL,*  
*administrateur-délégué de STELLRAM S. A., Nyon*

Si l'homme est le seul être vivant qui a pu donner une dimension spirituelle à son existence, est-il exagéré de dire que ce fait découle directement de son aptitude à utiliser, puis à fabriquer des matériaux, le libérant ainsi petit à petit des contraintes imposées par sa physiologie et son environnement ?

Age de la pierre taillée  
Age de la pierre polie  
Age du fer  
Age du bronze

sont autant d'étapes de l'histoire de l'humanité, nommées ainsi en référence aux témoignages qui nous sont parvenus au travers du filtre du temps. Objets façonnés à partir d'os, de bois, de cuir, de pierre, pour l'ornement, la chasse et le travail...

L'homme a d'abord mis en forme les matériaux élaborés par la nature (Fig. 1), puis, certainement par le hasard de feux de camp, a découvert les céramiques, le verre et les métaux. Ainsi sont nés les arts du feu, dont les détenteurs de la connaissance occupaient des places importantes dans la structure sociale.

Durant des siècles, le développement des matériaux a été conduit par la culture de l'empirisme, la curiosité et le goût du perfectionnisme; le hasard a joué pour une part non négligeable, par exemple dans la composition des aciers, et par là dans leurs caractéristiques, fortement influencées par la teneur en impuretés des minerais. Ainsi se sont développés des sites privilégiés où la proximité et la qualité des matières premières ont joué un rôle prépondérant.

Au siècle dernier, les matériaux avaient une morphologie et des destinations bien définies; ils se répartissaient de façon harmonieuse les différents domaines de la technologie et de l'habitat, le bois conservant une place prépondérante, de par son abondance, son aptitude à la mise en forme et ses caractéristiques mécaniques et chimiques.

Avec ce siècle sont apparus nombre de nouveaux matériaux, souvent issus de conjonctions de technologies et de l'arrivée triomphante de la chimie organique; ainsi les polymères, les alliages légers, les céramiques techniques; ils ont fortement entamé la part de marché du bois et relégué au rang d'objets de luxe ou de collection ceux réalisés en cuivre, laiton, etc.

Définir les matériaux pour les besoins de demain est certainement une tâche périlleuse qui ressort du domaine de la prospective, cette science, ou plutôt cet art, qui peut mettre à son acquis autant de succès que d'échecs; permettez-moi de penser qu'il en est du processus

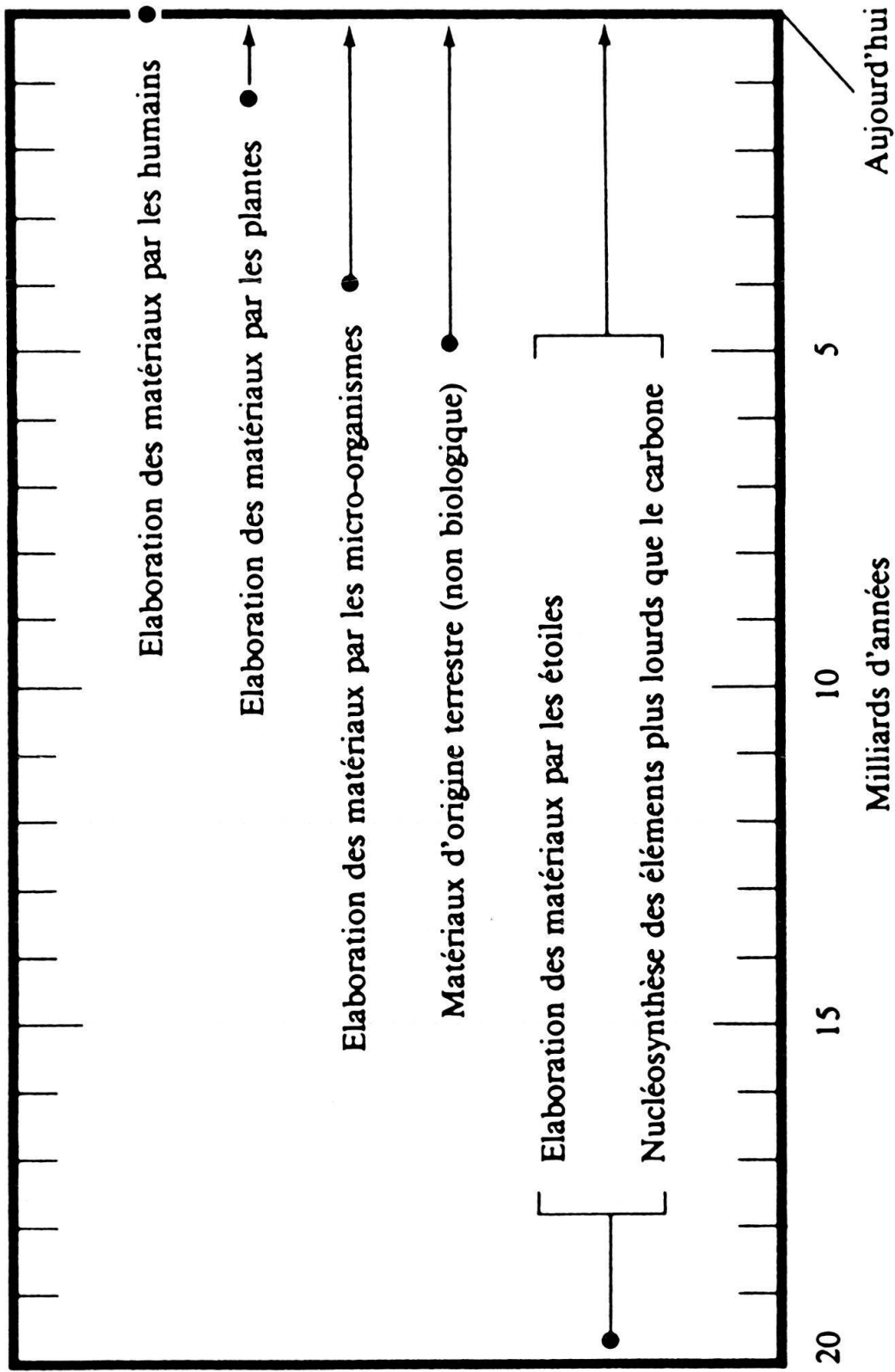


Fig. 1. L'histoire de l'élaboration des matériaux

prospectif comme du processus budgétaire; le plus important n'est pas le résultat, mais la démarche, c'est-à-dire la réflexion sur les tenants et aboutissants d'un système, qu'il soit social, technologique, financier ou industriel.

Il existe cependant une différence fondamentale entre la prospective et un budget, la prévision scientifique et technologique pouvant être interactive dans son application, alors que la prévision budgétaire débouche en général sur l'action; nous en verrons plus loin une illustration.

Dans toute tentative de prévision, une mise en perspective est indispensable et, dans le cas qui nous préoccupe, le problème n'est pas tellement de décrire de nouveaux matériaux, les possibilités de la science en cette fin du XX<sup>e</sup> siècle offrant tout le potentiel onirique souhaité, mais bel et bien de définir les besoins.

Pour ce faire, il faut considérer l'environnement au sens large, dans lequel agissent le chercheur et l'industriel. Il peut être caractérisé par:

- le champ des contraintes socio-économiques,
- le champ des possibilités et des besoins de la technologie.

### **Les contraintes socio-économiques**

Ce sont principalement:

- la protection de l'environnement,
- le progrès social,
- la compétitivité économique.

La *protection de l'environnement* est un facteur de plus en plus important dans notre monde; l'écologie aujourd'hui s'exprime par nombre de lois, récentes ou en préparation, visant à protéger notre milieu vital, quelquefois avec un certain manque de recul et une précipitation à la limite de l'opportunisme; néanmoins, le problème est réel, nul ne le niera, et si les sciences exactes ont pour but, au sens de la très belle définition d'Heisenberg, «l'étude des relations entre l'homme et la nature», elles ne peuvent pas ignorer les conséquences des progrès de la connaissance et doivent agir en «responsables». Dans ce contexte, les matériaux jouent un rôle non négligeable, que cela soit comme éléments polluants, principalement au cours de leur élaboration ou de leur destruction, ou comme éléments de solution, de par leurs propriétés physico-chimiques (catalyseur, membrane) ou mécaniques à basse comme à haute température (ténacité, dureté, résistance à l'oxydation) (Fig. 2).

On peut être étonné de voir apparaître le *progrès social* comme élément influençant le développement des matériaux; pourtant, de nos jours, l'homme recherche une civilisation où les contraintes du travail vont en diminuant, que cela soit en durée, en intensité, ou de par ses conditions. Ainsi, dans nos sociétés industrialisées, il est de plus en plus difficile et de moins en moins justifiable de faire travailler les gens à des tâches répétitives et dans des environnements pénibles. En de nombreux pays, les lois sur le travail et la pression syndicale génèrent une charge économique et imposent une rigidité structurelle aux entreprises, mettant ainsi leur compétitivité gravement en danger. La réponse à ces contraintes est un recours accru à

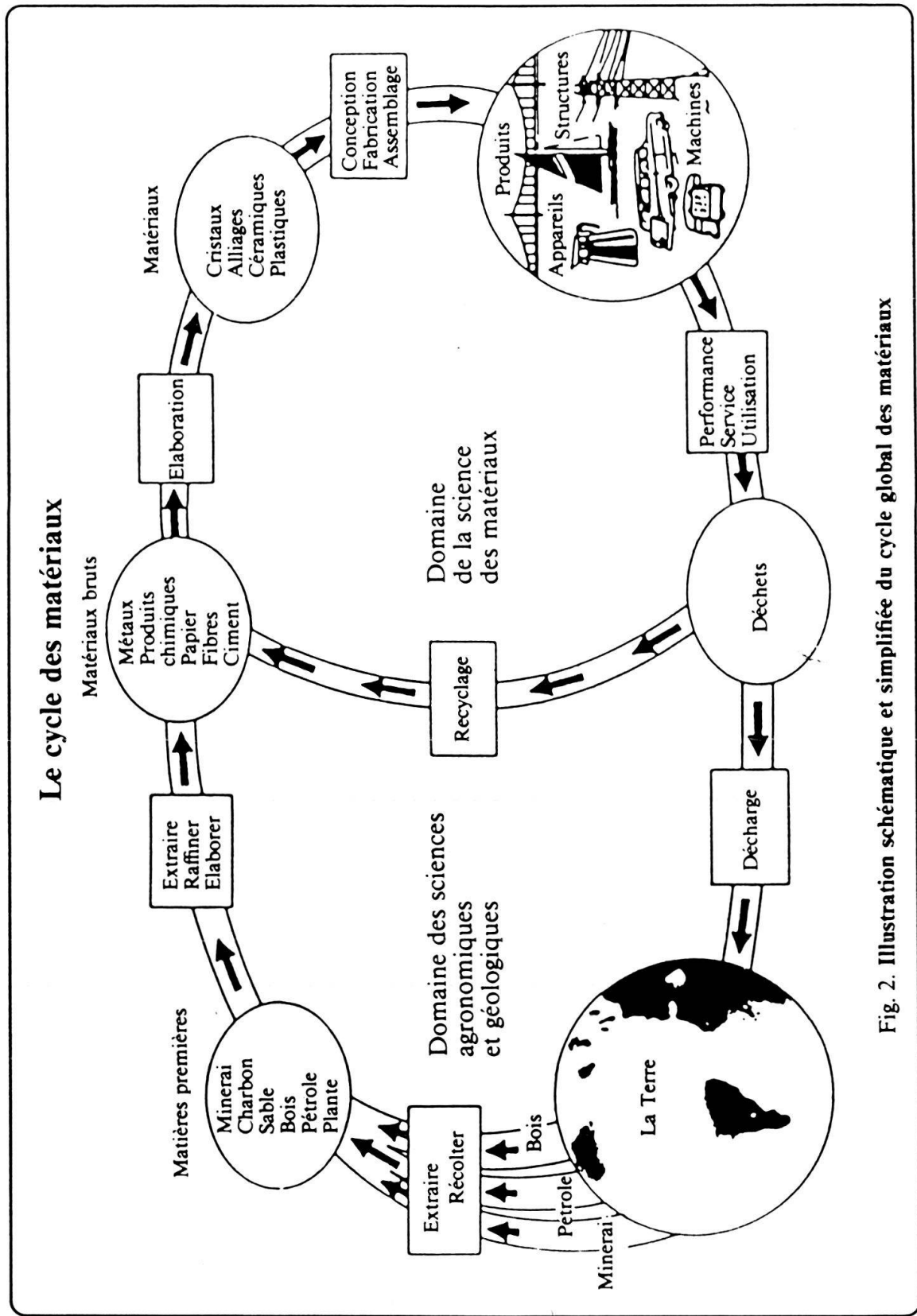


Fig. 2. Illustration schématique et simplifiée du cycle global des matériaux

l'automatisation, avec son but ultime: l'usine robotisée, sans travailleurs. Il s'agit donc de remplacer l'homme, dans ses activités musculaires, par des robots; et dans ses activités cérébrales et sensorielles, par des capteurs reliés à des microprocesseurs.

Pour atteindre ces objectifs, des matériaux possédant une haute fiabilité, avec une excellente résistance à l'usure, seront nécessaires, tant il est évident que dans un tel type d'atelier, les temps morts dûs à l'entretien ou à la réparation prennent des allures de catastrophes. Le système nerveux sera, quant à lui, constitué d'une multitude de capteurs de déplacement, de pression, d'accélération, de vibration, de température, de débit, de composition d'atmosphère, etc. Ces capteurs sont l'objet d'un effort considérable de recherche (les matériaux céramiques étant principalement impliqués) et au bénéfice d'un marché potentiel à fort taux de croissance, du fait de leur capacité d'application dans tous les systèmes techniques évolués.

Les contraintes évoquées plus haut induisent une réponse technologique qui aura (et a déjà) des conséquences sociales importantes: dans la société de demain, les personnes sans formation ou à faibles capacités intellectuelles seront confrontées à de durs problèmes d'emploi; un chômage accru, ou en tout cas stable par rapport à son niveau actuel qui est déjà élevé, en découlera pour une à deux générations.

La *compétitivité économique* force au développement technologique; en cette fin de XX<sup>e</sup> siècle, l'économie est mondiale et les fabrications dépendant de techniques anciennes et éprouvées sont transférées vers les pays en voie d'industrialisation où la main-d'œuvre est abondante et bon marché. Il est ainsi nécessaire pour nos sociétés industrielles d'innover, afin d'apporter sur le marché des matériaux aux performances améliorées.

«Créer pour survivre» doit être le mot d'ordre de tout entrepreneur. Si le facteur économique de la «fuite en avant» est évident et finalement concourt au bien-être général, il en est un autre, du même ordre, qui agit aussi profondément sur le développement des matériaux; je veux parler de la disponibilité et du prix de certaines matières premières.

En 1972 est sorti un opuscule qui a fait grand bruit, «Limits to growth», ou en français «Les limites de la croissance», synthèse des réflexions du Club de Rome, présentant un scénario-catastrophe pour l'avenir de notre société industrialisée, prédisant l'épuisement de la plupart des ressources naturelles à plus ou moins brève échéance. Certainement, la teneur des thèses avancées a secoué plus d'un scientifique et d'un économiste; ajoutées aux crises pétrolières survenues peu après, la prise de conscience du problème a été profonde et a débouché sur un accroissement de la mise en valeur des ressources naturelles, sur une politique d'économie d'énergie, sur la recherche de substitution des éléments critiques, tant par leur rareté que leur aspect stratégique, et sur le développement des techniques de recyclage; les résultats ne se sont pas trop fait attendre, puisque aujourd'hui les cours de la plupart des matières premières se sont effondrés, forçant de très nombreuses mines à cesser leur exploitation.

Il s'agit très certainement ici d'un exemple de prospective interactive, la prévision générant une réaction qui tend à l'infirmier; néanmoins, l'on doit, sans excès de pessimisme, considérer la situation actuelle comme un répit, les données de base qui ont servi à la réflexion du Club de Rome ayant finalement peu évolué. Il s'ensuit que les efforts entrepris dans le domaine des matériaux doivent être poursuivis, tant pour l'utilisation accrue des éléments

dont l'abondance est prouvée, que pour le recours accentué aux techniques de recyclage et la recherche d'alliages permettant l'obtention d'un rendement énergétique plus élevé (par le biais de l'augmentation de la température de fonctionnement, améliorant le rendement thermodynamique, ou de l'augmentation de la ténacité, permettant de diminuer le poids du système).

**Tableau I Matériaux, besoins pour demain**

Réduction de la charge polluante
Réduction de la consommation d'énergie
Préservation des ressources
Recyclage
Amélioration de la durée de vie
Propriétés fonctionnelles
Adaptation à des conditions extrêmes d'utilisation

### **Le champ des possibilités et des besoins de la technologie**

Lors de la mise en œuvre ou de la conception d'un matériau, l'ingénieur doit prendre en considération trois familles de paramètres liés au domaine d'application, aux propriétés de volume et de surface.

Le domaine d'application est aujourd'hui à prendre en considération comme un ensemble de fonctions (solllicitations) auxquelles le matériau sera appelé à répondre; elles peuvent être:

- thermiques
- mécaniques
- électriques / magnétiques
- optiques
- biologiques
- chimiques

**Tableau II Fonctions des nouveaux matériaux**

Matériaux existants	Nouveaux matériaux	Fonctions
<p><i>Matériaux organiques</i> Du type plastique, utilisés principalement pour leur légèreté, leur usinage facile</p>	<p><i>Polymères fonctionnels</i> Possibilité de séparation des divers éléments d'un mélange, résistance mécanique, et conduction électrique semblables aux métaux</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mécanique</li> <li>— Thermique</li> <li>— Electrique</li> <li>— Optique</li> <li>— Biologique</li> <li>— Séparation chimique</li> </ul>
<p><i>Matériaux inorganiques non métalliques</i> Utilisés pour leur dureté, la résistance à la chaleur, leur résistance à la corrosion</p>	<p><i>Céramiques fonctionnelles</i> Matériaux faits à partir de poudres ultra pures permettant une haute précision de fabrication</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mécanique</li> <li>— Thermique</li> <li>— Electrique</li> <li>— Magnétique</li> <li>— Optique</li> <li>— Biologique</li> <li>— Chimique</li> </ul>
<p><i>Métaux</i> Utilisés pour leur résistance mécanique, leurs propriétés électriques</p>	<p><i>Nouveaux métaux</i> Possibilité d'élasticité comme le caoutchouc, et possibilité de reprendre la forme primitive par chauffage après déformation</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mécanique</li> <li>— Thermique</li> <li>— Electrique</li> <li>— Magnétique</li> </ul>
	<p><i>Matériaux composites</i> Matériaux obtenus par combinaison de plusieurs matériaux (fibres de carbone renforcées plastique, fibres d'alumine renforcées métal)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mécanique</li> <li>— Thermique</li> </ul>

L'étendue des processus englobés et des propriétés physiques, physico-chimiques et chimiques des matériaux impliqués est considérable; grand est le risque de tomber dans le piège d'une énumération fastidieuse et qui, de plus, a de fortes chances d'être incomplète; pour l'éviter, il est bon de séparer les propriétés de surface des propriétés de volume et de regarder comment elles peuvent ou doivent évoluer, en fonction des critères de besoins discutés précédemment.



Les propriétés de volume sont en général de type mécanique, électrique, magnétique ou optique, les propriétés mécaniques représentant une majeure partie des applications (en poids tout au moins); la ténacité et la résistance (à froid et à chaud) en sont les principaux paramètres.

Les propriétés de surface recouvrent tous les domaines fonctionnels cités ci-dessus et peuvent être séparées en deux catégories, soit:

- les propriétés passives
- les propriétés actives

Dureté, coefficient de frottement, stabilité chimique sont à considérer comme propriétés passives, alors que les effets catalytiques, d'absorption, d'émission seront catalogués comme propriétés actives.

La réponse globale aux besoins de demain sera donc fournie par la sélection, pour une application donnée, des fonctions-clés et l'optimisation de la performance du matériau (existant ou à créer) dans ce ou ces domaines et ceci en visant, à volume donné, de réduire le poids ou, à fonction donnée, de réduire poids et volume. Ainsi les critères de minimisation de la charge pour l'environnement et d'économie d'énergie seront satisfaits.

Les voies pour atteindre ces objectifs sont multiples, mais il s'en dégage certainement la nécessité de recourir d'une part aux structures composites et d'autre part aux matériaux céramiques.

## **Les structures composites**

L'époque que nous vivons a déjà reçu un certain nombre d'appellations: âge de l'information, ère atomique ou spatiale; nous n'hésiterons pas à l'appeler également l'âge des composites.

Au cours des 40 dernières années, des progrès continus ont été effectués dans le domaine des fibres, du nylon aux fibres aramides, de carbone, de SiC et d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; leurs caractéristiques mécaniques, ténacité et résistance, ont été améliorées par des facteurs importants.

Jusqu'à ce jour, nous avons été habitués à une évolution lente et continue des performances des matériaux, liée à une amélioration de leurs propriétés, des méthodes de fabrication et des techniques de mise en œuvre. Les structures composites avancées offrent par contre la possibilité de gains majeurs, que cela soit dans la conception, la fabrication, la conservation de l'énergie, etc.

Beaucoup doit encore être appris pour pouvoir optimiser les propriétés de fibres imprégnées par une matrice, qu'elle soit organique, céramique, métallique ou en carbone.

Mais d'ores et déjà des exemples spectaculaires d'application des composites se trouvent dans l'industrie aérospatiale où la combinaison de leur ténacité élevée avec leur faible poids permet de nouvelles solutions. Les ingénieurs peuvent ainsi concevoir des formes complexes, minimisant le besoin de rivets et de systèmes de fixation. Le gain de poids réalisé avoisine 50%.

Si les opportunités immédiates d'utilisation dans les techniques aérospatiales se limitent principalement, aujourd'hui, aux applications militaires ainsi que dans l'exploration et la mise en valeur de l'espace, on estime que, d'ici l'an 2000, 50 à 60% (en poids) des avions commerciaux (moteurs exclus) seront fabriqués avec des matériaux composites.

Un autre grand marché potentiel pour ces matériaux est l'automobile où les éléments de structure, tels que châssis, colonne de direction, suspension, pièces de moteurs et de transmission, système de freinage, pourraient être avantageusement remplacés. De même, la reconsidération de la conception de certains composants, en combinant des fonctions, peut apporter des améliorations substantielles. Dans une automobile ordinaire, on compte quelque 15 000 pièces; l'utilisation optimale des composites pourrait réduire ce nombre à quelques centaines; une voiture conçue et construite avec de tels matériaux verrait son prix de revient unitaire baisser de 2000 à 3000 CHF, offrirait une meilleure habitabilité et serait plus efficiente énergétiquement.

Pour optimistes qu'elles soient, ces prévisions ne sont pas dénuées de fondement, puisqu'un hélicoptère réalisé avec ces technologies a vu le nombre de pièces nécessaires à sa construction passer de 11 000 à 1500!

L'avènement de la révolution des composites avancés prendra cependant encore du temps, malgré les potentialités incontestables de ce type de matériaux. Tout d'abord, il faudra réapprendre à penser en termes de matériaux anisotropes, comme on le faisait lorsque l'on utilisait du bois. Ensuite, il faut compter, dans l'automobile en particulier, avec les investissements considérables existant en équipements de fabrication basés sur les technologies actuelles; ici le changement n'interviendra que progressivement et au gré des opportunités.

Finalement, les matériaux composites fibreux connaissent dans leur développement une limitation certaine due à leur coût élevé, provenant du prix des fibres, des processus de tissage et des techniques d'imprégnation; néanmoins, l'évolution de la technologie, liée au développement des méthodes et des équipements de fabrication des composites qui feront appel de façon intensive au contrôle numérique et à la robotisation, combinée à l'accroissement du volume produit, résultera en une diminution constante de leur prix de revient, augmentant ainsi leur compétitivité et par conséquent leur marché potentiel.

L'âge des composites sera certainement un catalyseur de restructuration pour l'industrie des matériaux: alors qu'au cours des 20 dernières années la consommation d'acier et d'aluminium est restée stable, celle des composites a augmenté de 30% annuellement au cours de la dernière décennie; avec ce taux de croissance, le marché mondial pour ce type de matériaux en 1990 est évalué à 23 milliards de \$, se décomposant en 3 milliards pour fibres et matériel d'imprégnation et 20 milliards pour les produits finis, ce qui constitue quelque 5 à 10% du marché des applications des métaux à des éléments de structure.

De par leur aspect «sur mesure», la mise en œuvre et la fabrication des composites favoriseront l'essor de petites et moyennes entreprises, basées sur le «know how», véritables tailleurs de la haute technologie des structures.

Tous les matériaux que nous venons de décrire font partie de la classe des composites fibreux où la phase renforçante est répartie de façon isotrope ou anisotrope en volume; on pourrait ainsi les nommer composites de volume. Il existe d'autres types de composites, tels

les céramo-métalliques ou cermets et les matériaux où les propriétés de surface diffèrent notablement de celles de volume; c'est cette dernière catégorie, que nous appellerons composites de surface, qui va nous retenir quelques instants.

Les traitements de surface existent depuis fort longtemps: chromage, zingage, anodisation, écrouissage, cémentation, nitruration; ils ont toujours eu pour but de conférer à la surface des propriétés améliorées relativement à l'usure mécanique ou à la corrosion. Ils agissent soit en modifiant la composition chimique, la concentration de défauts ou la structure de la surface, soit en déposant une couche mince d'un autre matériel. Les procédés classiques cités ci-dessus souffrent néanmoins de sévères limitations, notamment quant à l'étendue des possibilités de modification de structure cristalline ou de la gamme des matériaux qu'il est possible de déposer.

Ces quinze dernières années, nombre de nouveaux processus ont été développés, faisant souvent appel aux techniques du vide. Les caractéristiques de ces diverses méthodes sont données sur le Tableau III (v. p. 55).

Si, malgré ces récents développements, le rêve des ingénieurs des matériaux, soit la combinaison parfaite d'un substrat léger, tenace et économique, avec une surface propre à supporter les environnements les plus sévères (mécanique, thermique ou chimique), n'est pas encore réalisé, il est néanmoins possible de s'approcher d'un concept de surface sur mesure, propre à offrir des performances optimales pour des conditions d'application déterminées; ici aussi intervient la notion de système, car, quelles que soient les propriétés de la surface, elle n'a pas d'existence sans le volume qui la supporte.

### **Les céramiques fines**

Depuis quelques années, les matériaux céramiques sont l'objet d'une attention toute particulière dans nombre de pays, le Japon ayant incontestablement pris une position de leader, que cela soit dans la recherche ou dans la réalisation industrielle.

De par l'étendue de leurs domaines d'application, leur faible densité et, en général, la disponibilité des matériaux utilisés pour leur élaboration, ils présentent un potentiel de développement considérable leur conférant une attractivité technologique très élevée.

Cependant, les problèmes à résoudre restent nombreux, que cela soit dû à l'extrême complexité des diagrammes de phase impliqués, à leur réactivité ou stabilité, à leur faible ténacité ou à leur méthode d'élaboration. La résolution de ces difficultés passe certainement par une amélioration des techniques de préparation des produits de base (poudres) et par le contrôle précis et exhaustif des paramètres intervenant dans les processus de fabrication.

### **Le programme national de recherche n° 19**

Les programmes nationaux de recherche ont été créés en 1975. Selon le vœu du Conseil fédéral, 12% du budget du Fonds national doivent être consacrés au soutien de la recherche scientifique, dans le cadre de programmes présentant un intérêt national. Ainsi, le premier

**Tableau III Comparaison des traitements de surface**

Type	Surface (épaisseur)	Propriétés de surface	Modifications	Paramètres d'application	Adhésion
Plasma	Couche continue (100 microns)	Celle du dépôt	Var. dimensionnelle Rugosité	Température basse à moyenne	Quelquefois un problème
CVD	Couche continue (10 microns)	Celle du dépôt	Var. dimensionnelle Réaction d'interface	Température moyenne à haute	Quelquefois un problème
PVD	Couche continue (5 microns)	Celle du dépôt	Var. dimensionnelle	Température basse à moyenne	Quelquefois un problème
Implantation ionique	Combinaison atomes d'origine et atomes implantés (- 0,2 micron)	Modif. des liaisons atomiques et de la structure cristalline	Néant	Basse temp.	—
Implantation mixte	Couche continue (+ 0,1 micron)	Celle du dépôt modifiée par ions	Néant	Basse temp.	Très bonne
Laser	Couche mince rapidement solidifiée (300 microns à 2 mm)	Micro-cristalline	Augmentation de la rugosité	Basse temp.	—

programme, intitulé «Prophylaxie des maladies cardio-vasculaires», s'est déroulé de 1977 à 1982. A ce jour, 203,5 millions de francs ont été mis à disposition, sur lesquels 33,4 millions restent encore à attribuer à des projets de recherche.

Le premier programme consacré aux matériaux (PNR 7), s'intitulait en toute simplicité «Matières premières et Matériaux»; il était doté initialement de 10 millions de francs,

auxquels sont venus s'ajouter 4,5 millions d'augmentation du crédit-cadre. Le sujet de recherche, d'une ampleur exceptionnelle, concernait les matériaux pour des applications industrielles, le recyclage des déchets biogènes et les ressources minérales naturelles. Le sous-programme «Recherche sur les Matériaux» était doté d'un budget de 7,4 millions de francs; le rapport final a fait l'objet d'une publication dans la revue «Material & Technik» n° 1/1985.

Le programme 19 actuellement en cours, intitulé «Matériaux pour les besoins de demain», s'étale sur une période de sept ans, avec des finances disponibles de 12 millions de francs. Comme déjà mentionné, un programme national doit revêtir un intérêt direct pour la Suisse et doit donc promouvoir la collaboration entre industries et institutions de recherche. Dans le cadre du PNR 19, un objectif supplémentaire a été pris en considération, soit la possibilité de déboucher sur un produit ou procédé commercialisable dans les cinq ans suivant la fin de la phase de recherche proprement dite.

Trois problèmes se font jour à l'énoncé de tels objectifs:

- l'étendue du domaine,
- la sveltesse des moyens financiers disponibles,
- la relative faiblesse de l'industrie suisse dans le domaine de l'élaboration des matériaux.

### **L'étendue du domaine**

La variété des matériaux concernés est considérable puisqu'elle va des polymères aux alliages spéciaux en passant par les céramiques, les métaux amorphes et les métaux frittés, et englobe une grande diversité d'applications (capteurs, membranes, semi-conducteurs, implants médicaux, composites, éléments thermomécaniques, outils de coupe, catalyseurs, tôle magnétique, contacts électriques, etc.).

Ces applications se trouvent au centre du développement technico-scientifique, tels l'énergie, les transports et l'aéronautique, la communication, l'informatique, la micro-électronique, la biotechnologie et la santé. Dans ces domaines apparaissent de nouvelles technologies clés et la Suisse se doit de développer, de fabriquer et d'utiliser les produits et les matériaux qui leur sont liés.

### **Les moyens financiers**

Dans le cadre du PNR 19, ce sont quelque 10 millions qui vont être investis dans les cinq prochaines années; cela représente, en francs constants, moins de 2 millions par an; ce chiffre doit être mis en relation avec les efforts effectués dans les autres pays industrialisés où des programmes identiques bénéficient de financement avoisinant le milliard de \$ (USA, Japon, CEE), soit un rapport de 1 à 200; alors que le rapport de population, pour ne citer que celui-là, est de 1 à 20 pour le Japon et de 1 à 40 pour les Etats-Unis.

Il est notoire que dans de nombreux pays les efforts de recherche sont largement financés par les budgets militaires et l'on peut ici regretter une fois de plus la politique de prudence, frisant l'absentéisme, de nos deux grandes régions fédérales et du département militaire vis-à-vis de la recherche et du développement.

## **L'industrie suisse**

La Suisse est un pays pauvre en matières premières et de ce fait n'a pas connu un fort développement d'industries primaires pour la production de matériaux; néanmoins, l'industrie en est forte consommatrice; du choix et de la qualité de ceux-ci dépendront les performances des produits finis qu'elle manufacture. Les besoins de l'économie sont donc avant tout le développement et la commercialisation de produits à haute valeur ajoutée; il faut donc promouvoir la recherche dans le domaine des matériaux à fort degré d'affinage (Fig. 3) – (v. p. 58).

L'élaboration de nouveaux matériaux nécessite de nouveaux processus de fabrication et il peut ici s'agir d'une chance à saisir pour l'industrie suisse des machines qui doit impérativement se redéployer et rechercher de nouveaux créneaux où son savoir mécanique et la qualité de sa production pourront s'exprimer.

## **Buts et priorités**

Fort de ces réflexions préliminaires, le PNR 19 s'est assigné comme objectif d'encourager la transposition de nouvelles découvertes scientifiques en innovations et d'assurer les bases scientifiques d'activités industrielles.

Le cadre financier restreint et la durée limitée de ce programme ne permettent pas d'encourager la recherche sur les matériaux sur une large base. Ils ne permettent pas non plus le développement de l'infrastructure d'institutions suisses de recherche dans les nombreux domaines de la science des matériaux. De plus, le PNR 19 ne doit pas avoir pour but de corriger les faiblesses ou de combler les lacunes technologiques, sauf s'il est considéré que ces lacunes peuvent avoir un effet néfaste à moyen terme sur le potentiel de l'économie suisse, auquel cas des risques pourront être pris.

Ainsi, les buts fixés peuvent être résumés comme suit:

Soutien aux équipes de recherche existantes.

Promotion de la collaboration entre institutions de recherche et industrie.

Effet de catalyse au développement de la recherche dans les technologies clés.

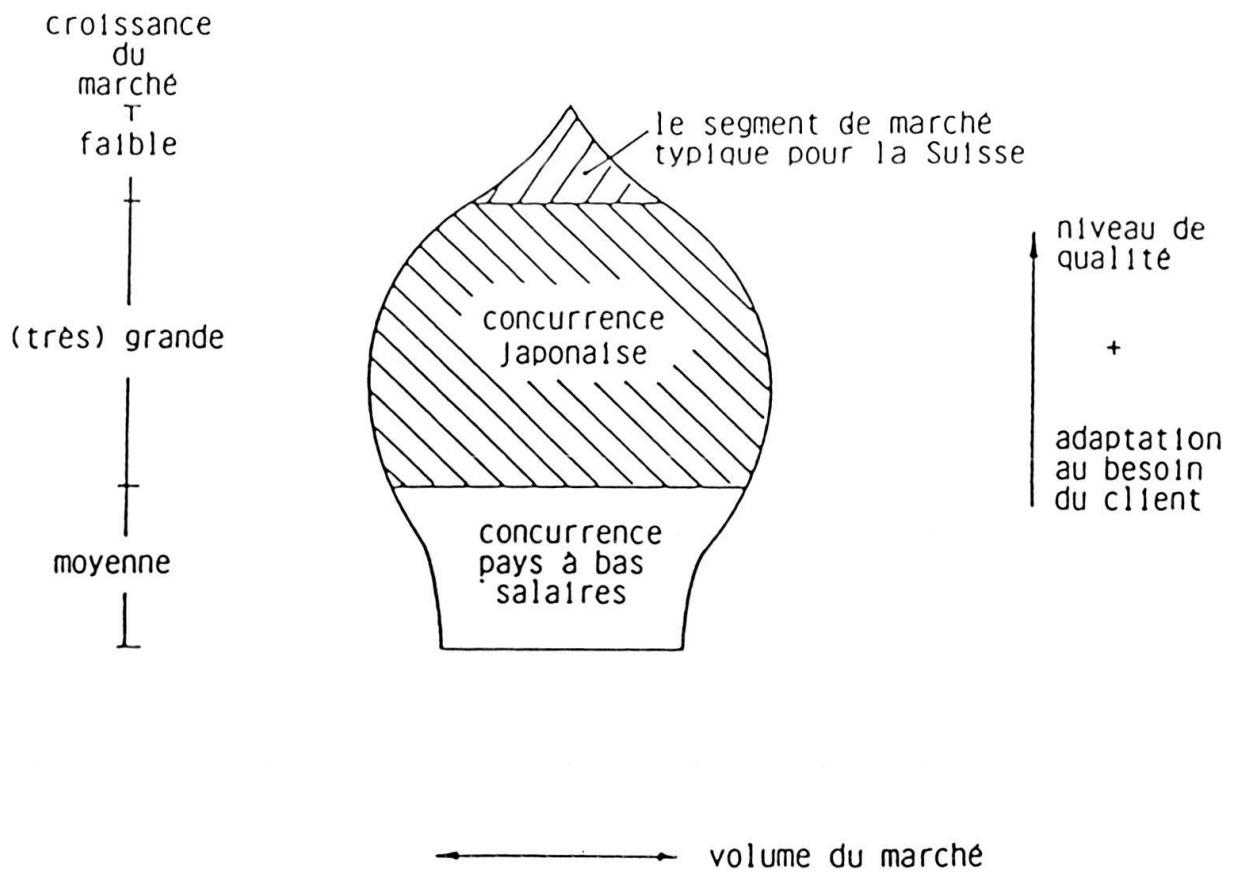
Transposition de la recherche universitaire en innovation industrielle.

# ELEMENTS DE STRATEGIES

---

## La segmentation typique du marché

---



Source: ICME Conseils d'entreprises

Fig. 3

## Choix des domaines principaux

Le plan d'exécution du PNR 19 a été approuvé par le Conseil fédéral le 24 octobre 1984. A fin janvier 1985, 112 projets de recherche avaient été reçus, représentant une demande de financement de l'ordre de 110 millions de francs. 34% des esquisses provenaient de hautes écoles, 28% de hautes écoles avec accompagnement industriel, et 38% de l'industrie. De plus, la contribution de l'industrie à l'effort de recherche représentait quelque 8 millions.

Ces esquisses avaient en général un niveau qualitatif élevé et un nombre considérable d'entre elles provenaient de PME; cependant, la plupart concernaient des améliorations de matériaux existants, dénotant ainsi un certain manque de prise de risque et d'esprit innovateur.

Les classes de matériaux représentées avaient la répartition suivante:

Matériaux organiques	30,6%
Matériaux métalliques	43,1%
Matériaux céramiques	26,3%

Les domaines suivants ont été considérés comme revêtant une importance primordiale pour l'industrie suisse:

Matériaux pour l'électronique et les capteurs

Métaux amorphes (solidification rapide)

Polymères spéciaux

Matériaux composites

Alliages spéciaux

Céramiques fines

Dans le cadre des buts fixés, la répartition des moyens financiers entre les domaines principaux a été établie en se basant sur la méthode du portefeuille technologique (Fig. 4), méthode qui consiste à évaluer d'une part les ressources et d'autre part l'attractivité. Par ressources, on comprend la qualité et le niveau des équipes de recherche (sur les plans national et international), ainsi que la position technologique et commerciale des entreprises helvétiques concernées directement ou indirectement. Pour l'attractivité, on prend en compte l'intérêt scientifique et technique, c'est-à-dire l'espérance d'innovations, ainsi que le marché potentiel des produits associés.

La concentration thématique ainsi formulée, liée à la connaissance des moyens financiers mis à disposition, a permis de promouvoir dans la plupart des cas une collaboration interdisciplinaire, regroupant scientifiques et ingénieurs, créant ainsi des groupes de recherche de taille satisfaisante.



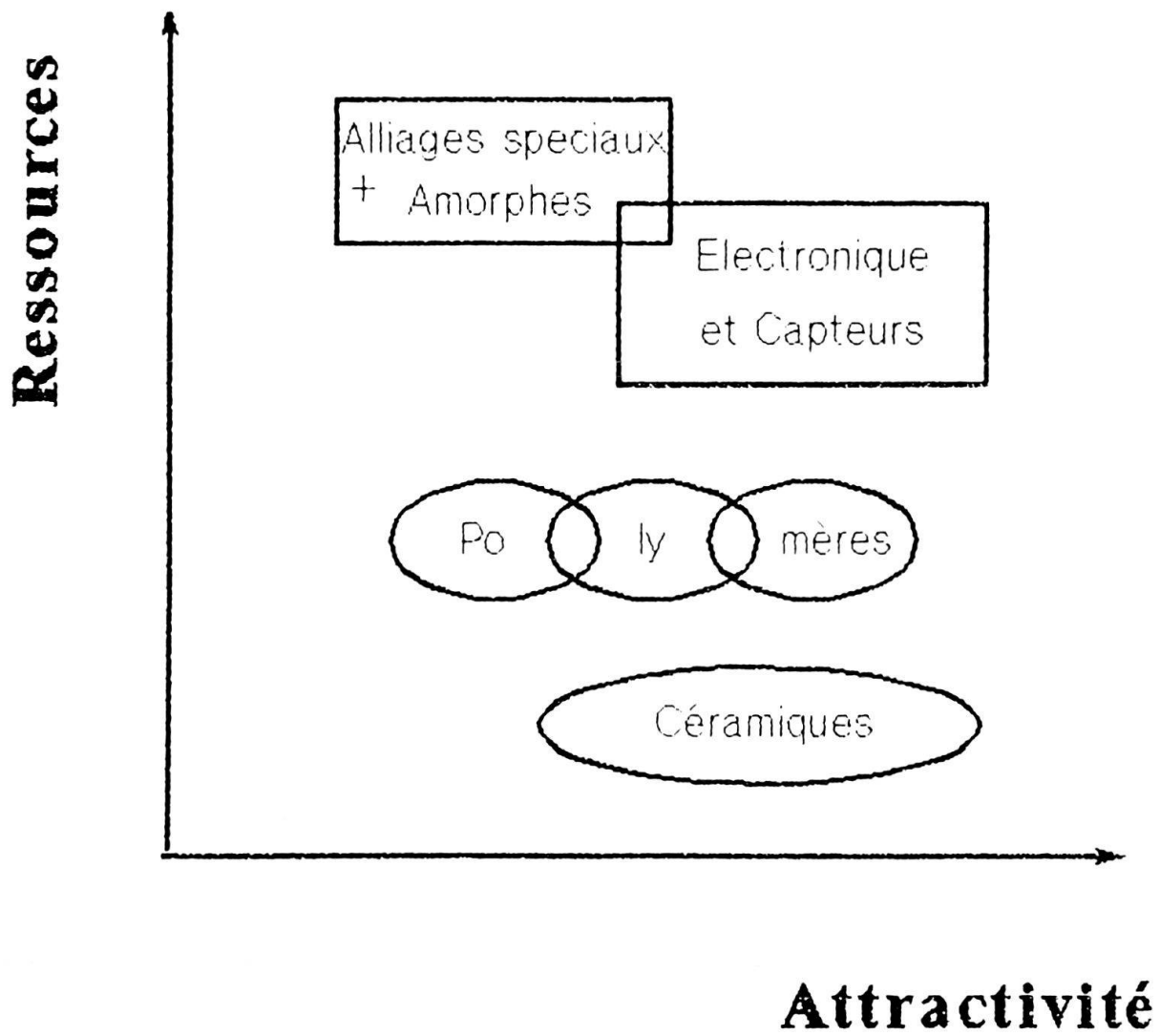


Fig. 4

## CONCLUSION

A part quelques exceptions marquantes, l'industrie suisse restera plus consommatrice de matériaux que productrice; et ce ne sont pas les 10 millions du PNR 19 qui y changeront quelque chose. Cet effort de recherche doit néanmoins, en se combinant avec l'investissement réalisé au moyen d'autres sources de financement, privées ou d'Etat, permettre à notre pays de développer ou de maintenir certaines positions acquises et d'établir les bases de connaissances minimales sur les nouveaux matériaux. Dans ce contexte, une coordination et une collaboration intense entre université et industrie revêt une importance fondamentale. Le département des matériaux de l'EPFL est une référence exemplaire; il a apporté la preuve, avec la création du centre de traitement des matériaux par laser, que dynamisme et esprit d'entreprise peuvent, en se combinant, arriver à créer à bref délai des centres de haute qualité pour la recherche scientifique et l'application, où hautes écoles et industries collaborent harmonieusement.

L'industrie suisse, basée sur la transformation et la construction, se doit de mettre en œuvre les nouveaux matériaux pour la fabrication de ses produits et de participer par son savoir-faire aux futurs débouchés qu'ils vont créer.

Dans ce contexte, l'ingénieur doit jouer un rôle considérable, pour autant qu'il soit à même de considérer un problème dans son ensemble et non de façon discrète, qu'il puisse concevoir et gérer des systèmes et diriger des projets.

Devant le foisonnement attendu des nouveaux matériaux, l'optimisation sera un des facteurs clés et le savoir-faire ne sera plus suffisant; il devra impérativement être complété par le savoir-utiliser.

Il faudra également, pour la Suisse, se souvenir de la formule qui a été une composante importante de son succès, savoir importer, quand cela est nécessaire, les compétences et les technologies, et saisir rapidement les opportunités qui se présentent.

Finalement, l'émerveillement que procure la technologie ne doit-il pas être quelque peu modéré? La pierre n'est-elle pas un matériau céramique, le bois un composite fibreux, et le cuir un polymère?