

Matériaux nouveaux: les matériaux composites: définitions, utilisations, conséquences et perspectives

Autor(en): **Carrière, Jean-Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **114 (1988)**

Heft 18

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76831>

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.

Matériaux nouveaux : les matériaux composites



Définition, utilisations, conséquences et perspectives

1. Définition

Une des caractéristiques du XX^e siècle est l'apparition de matériaux nouveaux, constitués partiellement ou totalement de matières synthétiques. C'est le cas notamment des composites polymériques, dont les utilisations, après des développements dans des secteurs de pointe, pénètrent chaque

PAR JEAN-PAUL CARRIÈRE,
VULBENS-VALLEIRY

jour davantage les secteurs de grande diffusion, déplaçant chaque fois des matériaux traditionnels.

1.1 Qu'est-ce qu'un composite ?

On peut définir ainsi un matériau composite :

- au moins deux constituants dont l'interpénétration est totale : la matrice et le renforcement ;
- la matrice assure surtout la cohésion ;
- le renforcement assure surtout les propriétés physiques et mécaniques (propriétés de structures) ;
- propriétés de structures : la résistance (traction, flexion, compression), le module (rigidité), la durée de vie également sont les éléments essentiels ;
- généralement en rapport avec une économie de poids (propriétés dites « spécifiques », c'est-à-dire d'autant plus grandes que la densité est plus faible) ;
- dans beaucoup de cas, les composites permettent d'assurer également des propriétés supplémentaires très importantes, souvent impossibles à atteindre avec des matériaux traditionnels ; exemple : résistance à la corrosion.

On constate donc que, selon la définition élémentaire des composites (matrice + renforcement), ces matériaux sont utilisés par l'homme depuis des temps immémoriaux.

On en citera deux exemples :

- le bois, où le renforcement est constitué par des fibres cellulosiques et la matrice par la lignine ;
- le pisé, matériau de construction constitué par exemple d'argile renforcée par de la paille ou d'autres fibres végétales.

On distingue, selon le type de matrice, trois grandes catégories de composites :

- les composites à matrice polymérique
- les composites à matrice métallique
- les composites à matrice inorganique (céramiques).

La première catégorie représente, en volume et en nombre d'applications, la classe de composites la plus importante. C'est cette catégorie qui fait l'objet du présent article.

1.2 Les composites polymériques

Là encore, on classe les composites selon le type de matrices. Il faut savoir qu'il existe deux grandes classes de polymères, dont le comportement lors de la mise en œuvre est radicalement différent :

- les polymères thermodurcissables : on part d'un monomère ou d'un prépolymère et, en provoquant la réaction de polymérisation (par chauffage, notamment), on met le matériau dans sa forme définitive d'utilisation ; la référence à un matériau traditionnel serait par exemple la porcelaine : une fois le matériau formé, on ne peut plus rien modifier ;
- les polymères thermoplastiques : le matériau est déjà sous sa forme polymérique. On le forme par fusion. Ici au contraire, c'est le refroidissement qui fige le matériau : la référence à un matériau traditionnel serait par exemple l'acier. On peut le modifier après coup, voire le réutiliser.

Toutes sortes de fibres et de renforcements ont été, sont ou peuvent être utilisés pour renforcer une gamme tout aussi nombreuse de matrices. Les tableaux 1 et 2 donnent une idée de ces constituants, et cette liste n'est pas exhaustive, notamment en ce qui concerne les matrices thermoplastiques. Mais, à cette classification par types de matrice, on peut préférer une classification par types de fibres, ce qui a l'avantage de répartir les composites en deux classes selon leurs utilisations (marchés) :

- les composites de grande diffusion (le renforcement est généralement du verre E ou des fibres de cellulose, de coton ou d'amiante) ;
- les composites à hautes performances (le renforcement est généralement la fibre de carbone, le verre S (R), le bore, les aramides).

Résumé

Une des caractéristiques du XX^e siècle est l'apparition de matériaux nouveaux, constitués partiellement ou totalement de matières synthétiques. C'est le cas notamment des composites polymériques, dont les utilisations, après des développements dans des secteurs de pointe, pénètrent chaque jour davantage les secteurs de grande diffusion (biens d'équipement ou de consommation), déplaçant chaque fois des matériaux traditionnels.

L'objectif de cet exposé est :

- d'abord de définir brièvement ce que sont ces matériaux composites : leur constitution, les diverses catégories, la nature des fibres et des matrices, et leurs propriétés principales ;
- puis de faire le point sur les applications existantes de ces matériaux, en les comparant notamment aux matériaux dits « traditionnels » ;
- ensuite de donner une idée de l'importance de ces matériaux dans l'économie mondiale ;
- également d'essayer de définir quelles sont ou quelles seront les conséquences de la fabrication et de l'utilisation de ces matériaux sur les plans humain et socio-économique ;
- enfin d'évaluer dans la mesure du possible les perspectives d'avenir pour le futur à plus long terme.

1.3 Qu'est-ce que le renforcement apporte à la matrice ?

Essentiellement, on l'a vu, le renforcement apporte à la matrice des performances mécaniques.

Le tableau 3 et les figures 1, 2 et 3 illustrent ce fait, en montrant également l'influence de divers facteurs comme la quantité de fibres, la direction des fibres, la forme sous laquelle les fibres sont utilisées (tissées, non tissées, etc.).

1.4 La mise en œuvre : les procédés

Il sort du cadre de cet exposé de présenter en détail tous les procédés de mise en œuvre des composites.

La figure 4 donne un schéma simplifié des principaux procédés.

On retiendra que certains procédés s'appliquent soit aux thermodurcissables, soit aux thermoplastiques, soit aux deux avec des conditions évidemment différentes.

2. Applications

La liste des applications des matériaux composites peut être longue et fastidieuse, dans la mesure où ces matériaux sont utilisés (ou vont l'être à

TABLEAU 1. - Composites à matrice polymérique - Renforcements.

<i>Fibres :</i>	
- Inorganiques :	Verre (fibres continues, rovings, rubans, fibres discontinues, fibres courtes, mats, non-tissés, tissus, etc.) Bore Carbure de silicium Acier (fils, fibres) Fibres minérales (ex. : amiante), fibres céramiques, whiskers
- Carbone :	(fibres continues, discontinues, rubans, tissus, etc.)
- Organiques :	Polyaramides (ex. : Kevlar®), polyoléfines (polyéthylène, polypropylène) Viscose Chlorure de polyvinyle (PVC) Alcool polyvinylique (PVA) Acryliques
- Naturelles :	Coton, jute, lin, noix de coco, bagasse, bois, paille, celluloses, sisal, etc.
- Hybrides :	Verre/carbone Verre/aramides Carbone/aramides
<i>Paillettes (Flakes) :</i>	Verre Mica Aluminium
<i>Rubans :</i>	Acier

TABLEAU 2. - Composites à matrice polymérique - Matrices.

<i>Thermoplastiques :</i>	Polyéthylène	(PE)	
	Polypropylène	(PP)	
	Acrylonitrile-butadiène-styrène	(ABS)	
	Polyuréthane thermoplastique	(ThPU)	
	Polyéther-éther-cétone	(PEEK)	
	Polycarbonate	(PC)	
	Polyméthylméthacrylate	(PMMA)	
	Chlorure de polyvinyle	(PVC)	
	Polyacétal	(PAc)	
	Fluoropolymères		
	Polyamides	(PA)	
	Polyarylamides	(PAA)	
	Polyesters thermoplastiques		
	Sulfure de polyphénylène	(PPS)	
	Polyéthersulfone	(PES)	
	Styrène acrylonitrile	(SAN)	
	Polystyrène	(PS)	
	Oxyde de polyphénylène, etc.	(PPO), etc.	
	<i>Thermodurcissables :</i>	Polyesters insaturés	(UP)
		Epoxy	(E)
Phénoliques		(Ph)	
Silicones			
Mélanine-formaldéhyde		(MF)	
Polyurées			
Résines alkydes			
Polyuréthane		(PU)	
Polyimides, etc.			
<i>Elastomères :</i>		Caoutchouc polyuréthane	(PUR)
	Caoutchouc styrène butadiène	(SBR)	
	Elastomères oléfiniques		
	Elastomères polyesters, etc.		

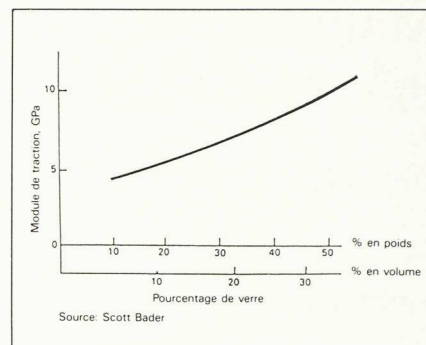


Fig. 1. - Composites à matrice polymérique - Influence de la quantité de verre (mat de fibres courtes) sur le module de traction d'un composite.

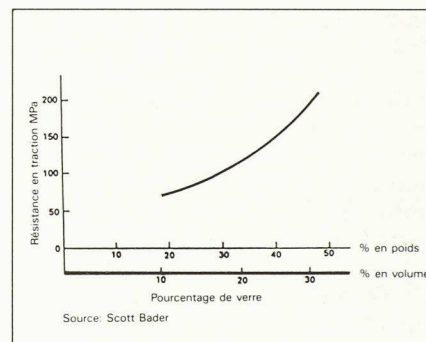


Fig. 2. - Composites à matrice polymérique - Influence de la quantité de verre (mat de fibres courtes) sur la résistance en traction d'un composite.

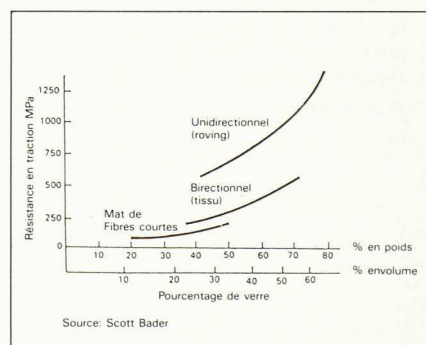


Fig. 3. - Composites à matrice polymérique - Influence de la quantité et de l'orientation des fibres de verre sur la résistance en traction d'un composite.

(Source : Scott Bader.)

court terme) dans la plupart des secteurs industriels.

Pour simplifier une telle énumération, on pourrait grouper les applications par secteurs, définis selon la classification de la SPI (Society of Plastic Industry).

1. Secteur anticorrosion (industries chimiques, pétrolières, off-shore, procédés, etc.)
2. Construction (bâtiment)
3. Industries électriques et électroniques
4. Electroménager, équipement de bureau
5. Sports/loisirs et produits de grande consommation
6. Marine

7. Transports terrestres : automobiles, bus, camions, trains
8. Construction aéronautique
9. Produits industriels et divers

Les tableaux 4 à 12 donnent une idée des applications présentes ou en développement.

3. Aperçu économique

Il nous paraît important d'évaluer le poids économique de ces matériaux dans l'économie mondiale.

Les trois grandes zones de production de ces matériaux sont essentiellement :

- l'Amérique du Nord
- l'Europe de l'Ouest
- le Japon.

La figure 5 donne une bonne idée de la consommation de ces matériaux aux Etats-Unis de 1971 à 1986.

Le total, tous secteurs confondus, dépasse 1 milliard de tonnes dès 1985. En Europe, la demande a été légèrement inférieure à celle des Etats-Unis (en 1985 : 823 millions de tonnes, comparés au milliard de tonnes aux Etats-Unis).

TABLEAU 3. - Composites à matrice polymérique - Propriétés physiques et mécaniques des composites selon la quantité et la forme du renforcement (fibres de verre).

Propriétés	Unités	Fibres courtes (mat)	Tissu roving	Tissu satin	Rovings (unidirectionnel)
Pourcentage de verre	% poids	30	45	55	70
	% volume	18	29	38	54
Poids spécifique	g/cm ³	1,4	1,6	1,7	1,9
Résistance en traction	MPa	100	250	300	800
Module de traction	GPa	8	15	15	40
Résistance en compression	MPa	150	150	250	350
Résistance en flexion	MPa	150	250	400	1000
Module de flexion	GPa	7	15	15	40
Résistance à l'impact (Izod, non entaillé)	kJ/m ²	75	125	150	250
Coefficient d'expansion thermique	× 10 ⁻⁶ /°C	30	15	12	10
Conductivité thermique	W/m°K	0,20	0,24	0,28	0,29

Source : Scott Bader.

Les prévisions font état d'une croissance annuelle moyenne de 7,5% (tous secteurs confondus), le taux de croissance le plus élevé revenant en Europe au secteur des transports terrestres, où les composites devraient atteindre 36% du marché (en tonnage) à l'horizon 1995.

Quant au Japon, bien qu'en tête pour

la production de certaines fibres à hautes performances, la consommation y reste très en deça de celle des deux autres zones (250 000 tonnes en 1983). Il est à noter que l'industrie japonaise de l'automobile utilise très peu de matériaux composites, par rapport à ses concurrents américains et européens.

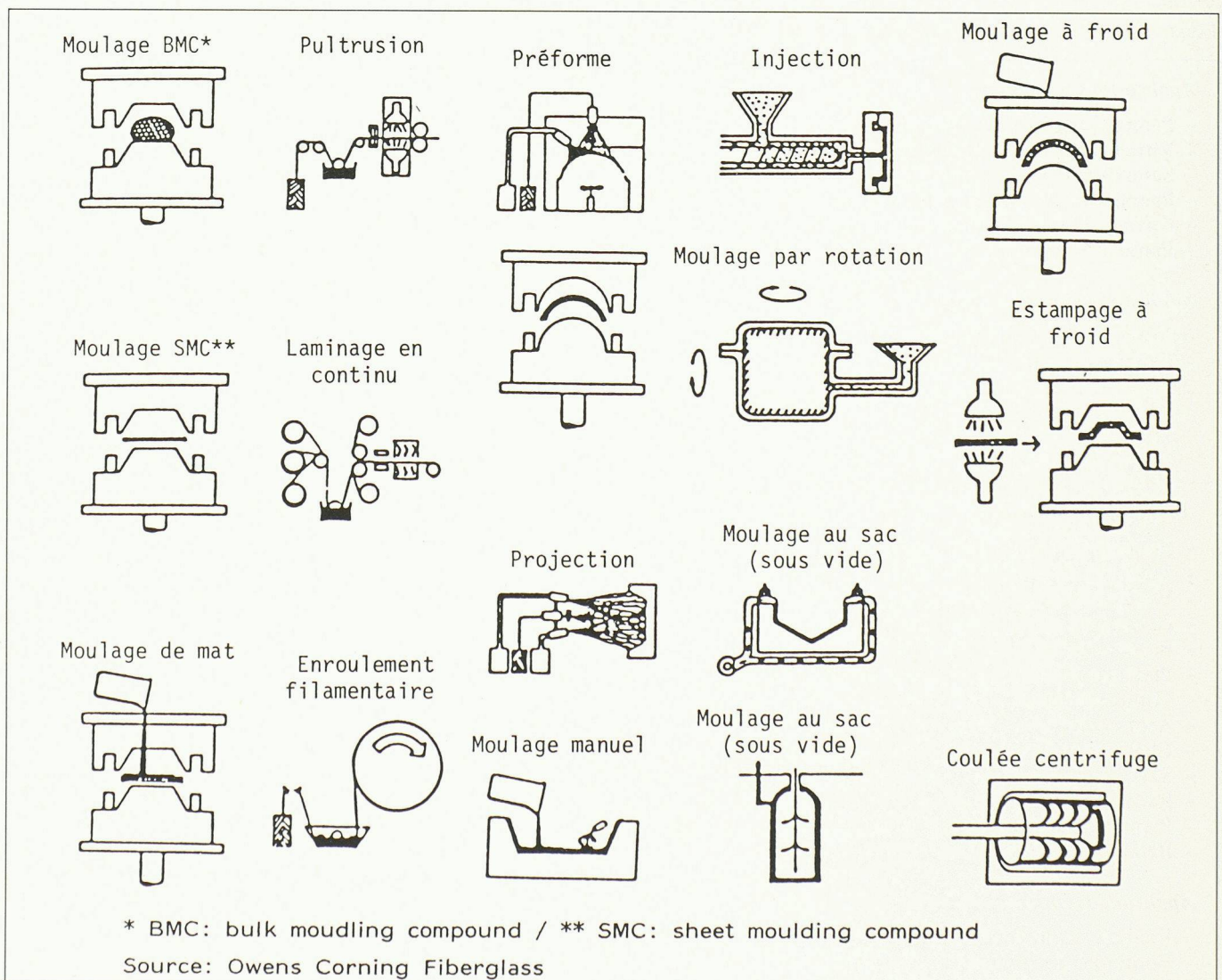


Fig. 4. - Composites à matrice polymérique - Principaux procédés de fabrication des composites.

TABLEAU 4. - Secteur anticorrosion.

Applications actuelles :

- Tubes suceurs pour l'exploitation des puits de pétrole
- Réservoirs de stockage de pétrole brut
- Tubes et tuyaux pour les lignes d'alimentation (brut)
- Tuyauteries diverses (industrie chimique)
- Tours de refroidissement
- Cheminées d'évacuation
- Soupapes et clapets de pompe
- Escaliers, rampes, grilles de plancher, etc., pour les installations de l'industrie chimique
- Supports de filtres
- Equipements d'aération
- Revêtements
- Equipements de station de pompage
- Séparateurs
- Panneaux
- Installations de chloration
- Silos, réservoirs, etc.

Applications en développement :

- Pompes pour l'exploitation des puits de pétrole
- Tuyauteries et accessoires pour plates-formes de forage
- Parties structurelles pour installations industrielles

TABLEAU 5. - Construction (bâtiment).

Applications actuelles :

- Panneaux (plafonds, cloisons, etc.)
- Vitrages (panneaux translucides)
- Sanitaires (salles de bain : baignoires, lavabos, etc.)
- Panneaux de coffrage pour béton
- Cuves, silos, réservoirs (installations agricoles)
- Panneaux solaires

Applications en développement :

- Portes et cadres de portes
- Fenêtres et cadres

TABLEAU 6. - Sports et loisirs - Produits de grande consommation.

Applications actuelles :

- Piscines (et équipements annexes)
- Toboggans
- Véhicules récréatifs et de service
- Carters de tondeuses à gazon
- Bassins de décoration
- Plateaux (restaurants)
- Cannes à pêche
- Arcs et flèches
- Clubs de golf
- Skis
- Raquettes de tennis et de squash
- Planches à voile
- Bateaux de compétition (voile, moteur)

Applications en développement :

- Vaisselle pour fours à micro-ondes
- Bouteilles de plongée
- Bicyclettes

TABLEAU 7. - Industries électriques et électroniques.

Applications actuelles :

- Pièces de générateurs et de transmission
- Isolants, tableaux
- Panneaux de circuits imprimés (PCB)
- Antennes
- Connecteurs
- Rupteurs
- Tubes pour fusibles
- Carénages d'outils électriques
- Equipements de maintenance (bras de nacelles, échelles, etc.)

Applications en développement :

- Armatures de moteurs
- Antennes paraboliques
- Batteries

TABLEAU 8. - Electroménager, équipement de bureau.

Applications actuelles :

- Bases
- Châssis
- Cadres
- Carters, carénages, coffrets

Applications en développement :

- Coffrets, carters ayant des propriétés de blindage EMI (ondes électromagnétiques)
- Panneaux de contrôle

TABLEAU 9. - Transports terrestres.

Applications actuelles et en développement :

- Pare-chocs
- Panneaux de carrosserie
- Capots
- Grilles de radiateurs
- Ailes
- Rétroviseurs extérieurs
- Conduites d'air
- Ventilation : conduites, volets
- Prises d'air, filtres, tuyaux
- Ventilateurs de radiateur, supports
- Radiateurs
- Accoudoirs
- Sièges (automobiles, trains, bus)
- Poignées
- Arbres de transmission
- Panneaux acoustique
- Ressorts de suspension
- Portes et cadres de portes
- Pompes à eau
- Tableaux de bord
- Réflecteurs de phares
- Coffres à bagages
- Tiges de piston, soupapes, etc.

TABLEAU 10. - Marine.

Applications actuelles :

- Coques de bateaux
- Pontons flottants, bouées
- Ponts, superstructures
- Carénages de moteurs
- Bateaux de sauvetage
- Dragueurs de mines

Applications en développement :

- Superstructures de navires à propriétés antibalistiques
- Hydrofoils
- Embarcations de débarquement

TABLEAU 11. - Produits industriels et divers.

Applications actuelles :

- Equipement médical (lits, chariots, tables pour rayon X et scanner)
- Châssis et carénages de machines-outils
- Pièces de machines textiles (navettes, lances)
- Containers
- Casques
- Plateaux, palettes, fûts
- Instruments de musique

Applications en développement :

- Pièces de robots industriels
- Pièces de pompes
- Eoliennes
- Volants d'inertie
- Blindages
- Prothèses

4. Conséquences

Sur les plans humain et technico-économique, on peut déjà tirer quelques conséquences de l'utilisation accrue des matériaux composites :

- par exemple, pour les matériaux traditionnels, l'implantation et le développement d'une entreprise sont de type déterministe (cas de l'industrie de l'aluminium, liée à la proximité de sources d'énergie); en revanche, pour les matériaux composites, le développement est d'ordre politique et stratégique;
- on assistera à un déclin relatif des matériaux traditionnels; cependant, les industries qui les produisent font un effort considérable pour les remettre à un niveau compétitif (cas des alliages métalliques, par exemple);
- on notera que, s'agissant des composites polymériques, la dépendance vis-à-vis d'une seule source de matières premières, le pétrole (toutes les matrices et certaines fibres en sont issues) va s'en trouver accrue. Cela peut avoir des conséquences en cas de crise. On se souvient des recherches élaborées, lors du premier choc pétrolier, pour définir une «cellulochimie» parallèle ou alternative de la «pétrochimie», qui permettrait de fabriquer bon nombre de monomères et de produits de synthèse, obtenus aujourd'hui exclusivement à partir des dérivés du pétrole. Cette façon d'utiliser la biomasse s'inscrit également dans une ligne de «ressources renouvelables» qui n'est pas sans intérêt.

5. Perspectives d'avenir

Pour l'avenir à court, à moyen ou à long terme, on a vu que les taux de croissance prévus pour les matériaux composites sont tels qu'ils prendront une part non négligeable du marché des matériaux, voire prépondérante dans certains secteurs. Cette croissance ne se fera pas d'une

TABLEAU 12. - Construction aéronautique.

Applications actuelles :

- Avions: Radômes, portes, planchers, carénages de moteurs et nacelles, cloisons, ailerons, volets, escaliers, réservoirs d'ailes, etc.
- Hélicoptères: Pièces de fuselage, pales du rotor, rotors de queues
- Missiles, aérospatial: Pièces de fuselage, portes, pièces de structure, carénages de moteurs, satellites (pièces de structure), panneaux solaires

Applications en développement :

- Avions: Nouvelles pièces de carénage (ailes, queue, etc.)
- Hélicoptères: Têtes de rotor, carrosserie complète
- Missiles: Parties statiques et dynamiques de moteurs

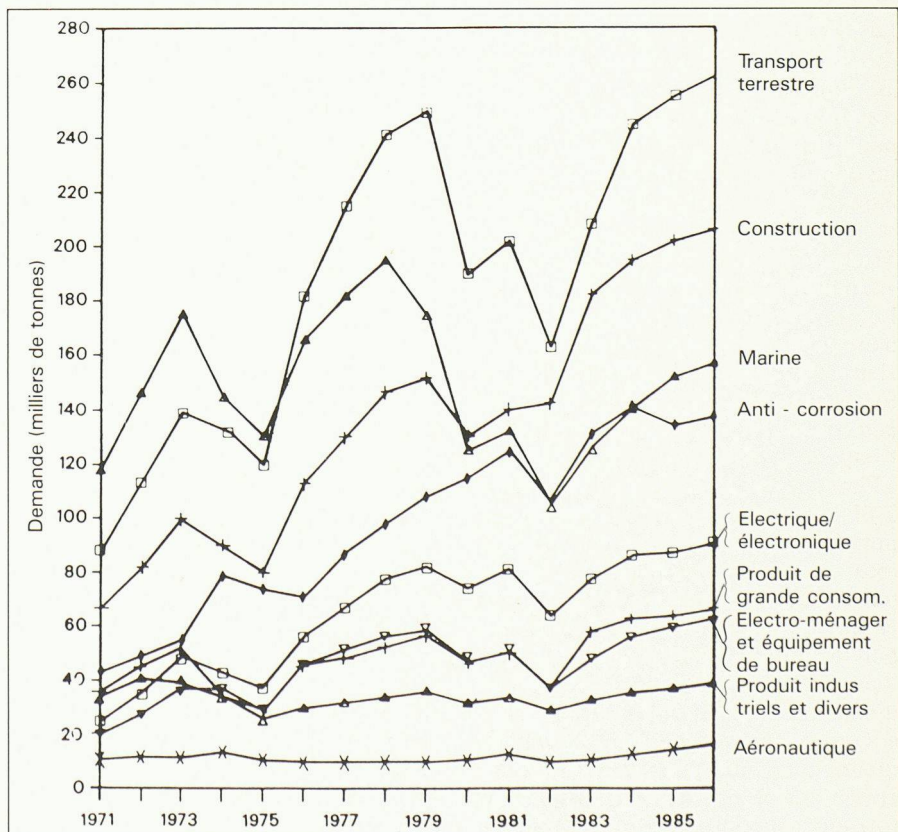


Fig. 5. - Evolution de la demande des composites à matrice polymérique (Etats-Unis: 1971-1986). (Source: SPI Reinforced Plastics/Composites Institute.)

façon continue, mais plutôt par paliers, en fonction de la levée de certaines barrières actuelles, qui ne sont pas forcément techniques. Il peut s'agir de la législation, de l'homologation, de la formation des ingénieurs dans la connaissance de ces matériaux, etc.

Cependant, parmi les facteurs techniques, on peut mentionner les procédés de mise en œuvre, qui sont d'une importance déterminante pour le choix d'un nouveau matériau.

Pour illustrer ce fait, on peut penser qu'un développement plus important se fera en faveur des composites à matrice thermoplastique plutôt que vers les composites à matrice thermodurcissable, et notamment pour les composites de grande diffusion. En effet, dès qu'il s'agit de grandes séries (exemple: industrie automobile), les cycles de fabrication (cadences) prennent une importance prépondérante. Or, les thermoplastiques se prêtent à des cycles comparables à ceux de la tôle d'acier. Les recherches dans ce domaine portent sur l'état de surface de ces matériaux, qui n'est pas encore satisfaisant pour des pièces dites «d'aspect».

En ce qui concerne les matières premières, les développements portent

sur de nouvelles matrices, généralement thermoplastiques, aux propriétés améliorées (par exemple la résistance à la température). De même, une nouvelle génération de fibres à hautes performances est en train de voir le jour: ce sont les fibres organiques à hautes performances, comme le polyéthylène HM (haut module) dont la densité n'est que de 0,96 (comparée aux 2,48 de la fibre de verre ou au 1,7 de la fibre de carbone).

Enfin, comme l'on sait que la propriété clé d'un composite est son interface (c'est-à-dire la cohésion fibre/matrice), on assiste actuellement au développement de polymères dits LCP (Liquid Crystal Polymers) où cet important problème est éliminé dans la mesure où la matrice est, si l'on peut dire, renforcée par elle-même, c'est-à-dire par des chaînes macromoléculaires cristallisées, de même nature que la matrice, et qui font office de fibres de renforcement. C'est le «composite idéal» du chimiste. On peut donc s'attendre à voir des matériaux dont les propriétés vont être obtenues «sur mesure» en fonction d'une application donnée, par exemple par une orientation préférentielle des macromolécules.

6. Conclusion

En matière de conclusion, on peut constater qu'une nouvelle génération de matériaux est en train de remplacer peu à peu les matériaux traditionnels dans bon nombre d'applications.

Comme les matériaux utilisés par l'homme ont souvent marqué une période de son histoire (l'âge de la pierre, l'âge du bronze, l'âge du fer), certains commencent à parler de l'«ère des composites». La question peut se poser en effet. Nous n'aurons pas la prétention d'y répondre. Ce qui est certain, cependant, c'est que la prochaine décennie et, surtout, le XXI^e siècle verront se confirmer un changement radical dans la nature des matériaux produits par l'homme, pour tous les secteurs d'utilisation.

Adresse de l'auteur :

Jean-Paul Carrière
Ing. EPFL
Responsable des Programmes
Polymères et Composites
de Batelle Europe
Le Moulin de la Fontaine
F-Vulbens 74520 Vallevir

Quelques instants avec le nouveau conseiller d'Etat vaudois Jacques Martin

Le 15 août dernier, c'est l'ingénieur forestier Jacques Martin qui a succédé au conseiller d'Etat démissionnaire Raymond Junod à la tête du Département de l'agriculture, de l'industrie et du commerce du canton de Vaud.

Nous sommes particulièrement heureux de féliciter notre collègue Jacques Martin, membre de la SVIA, section vaudoise de la SIA.

Le nouveau conseiller d'Etat, originaire de Neyruz-sur-Moudon, est né le 11 mai 1933 à Chapelle-sur-Moudon. Sa formation témoigne d'une assiduité peu commune: après l'école primaire à Chapelle et l'école primaire supérieure à Peney-le-Jorat, il obtient un certificat à l'Ecole de commerce de Lausanne, puis travaille comme employé PTT, tout en suivant des cours du soir. Il obtient une maturité fédérale en 1958, ce qui lui ouvre les portes de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, dont il sort en 1963 avec le diplôme d'ingénieur forestier. Il ouvre aussitôt à Gryon son propre bureau d'ingénieur, qu'il dirigera jusqu'en 1966, année où il est nommé inspecteur forestier; il conservera cette fonction jusqu'en 1979. De 1980 à son élection, il est directeur d'un bureau technique,



(Photo aimablement mise à disposition par la Nouvelle Revue de Lausanne.)

d'une entreprise paysagiste et d'une entreprise forestière à Gryon, commune dont il fut syndic de 1974 à 1988. Sa carrière politique, au sein du Parti radical, le voit député au Grand Conseil vaudois de 1974 à 1980 et conseiller national de 1979 à cette année. A l'ar-

mée, Jacques Martin est colonel dans les troupes de grenadiers d'infanterie. On le voit, la carrière du nouveau conseiller d'Etat est riche et variée; elle illustre une volonté de réussir et surtout d'entreprendre qu'il convient de saluer. Rares ont été avant lui les conseillers d'Etat de formation technique; citons cependant *Maurice Paschoud* (1882-1963), ingénieur civil diplômé de l'EPUL, de Berlin et de Paris, puis licencié et enfin docteur ès sciences mathématiques de l'Université de Lausanne (dont il fut recteur en 1928); il occupa la charge de conseiller d'Etat avant de devenir directeur général des CFF. Signalons également *Edmond Jaquet*, géomètre officiel, diplômé de l'EPUL, membre du Conseil d'Etat de 1945 à 1958, où il précéda *Pierre Oguey*, ingénieur civil SIA, diplômé de l'EPUL, dont il fut professeur avant de siéger au Conseil d'Etat de 1948 à 1966. A notre connaissance, seuls quatre diplômés d'une Ecole polytechnique ont accédé à cette charge jusqu'à ce jour.

Nous avons eu le privilège de rencontrer le nouveau conseiller d'Etat, qui nous a fait part au cours d'un long entretien de quelques réflexions qui lui tiennent à cœur. Bien sûr l'environnement – dont il précise qu'il ne faut pas le confondre avec l'aménagement du territoire – occupe une place privilégiée