

11

LES PREIMPREGNES DANS LE NAUTISME

P. BERNAY

Résumé - Les préimprégnés dans le nautisme sont un enjeu pour la construction navale et une autre méthode d'élaboration des structures composites.

Les préimprégnés comprennent les fibres, les résines, leurs durcisseurs et un certain nombre d'adjuvants. L'imprégnation est faite à plusieurs taux de résine. On parle de semi-produit composites. Leurs caractéristiques permettent d'accéder aux plus hauts niveaux de performance et de fiabilité.

mots clés : préimprégné, stratifié, haute performance, nautique, enjeu économique

LES PREIMPREGNES

ELABORATION D'UN STRATIFIE COMPOSITE

Les monoplis préimprégnés, livrés généralement sous forme de rouleaux sont découpés à l'aide de gabarit, empilés suivant la géométrie désirée. L'ensemble est ensuite polymérisé (cycle de température, pression) pour réalisation du stratifié puis parachevé (détourage, équipement...), voir figure 1

CARACTERISTIQUES D'UN PREIMPREGNE

- masse totale (renfort + résine)
 - type de résine
 - type de renfort
 - durée de vie à température ambiante
 - possibilité de stockage
 - propriétés mécaniques obtenues sur stratifiés
 - procédé de mise en oeuvre
- voir figure 2.

Brochier SA, Neuilly-sur-Seine, France.

ANALYSE DES BESOINS DES CHANTIERS ET DE LA CONSTRUCTION NAVALE

REALISATION DE PIECES DE GRANDES DIMENSIONS

Les chantiers doivent avoir la capacité de réaliser des pièces de grandes dimensions : coques, ponts, gréements, appendices...

RECHERCHE DE MATERIAUX HAUTES PERFORMANCES

- Fiabilité
- Sécurité
- Résistance :
 - . aux efforts en fatigue
 - . à l'atmosphère marine
 - . aux chocs
 - . à l'osmose.

. Allègement des structures à isopropriétés.
exemple : un allègement de 100 kg sur le mât permet une réduction de 500 kg sur le lest. Un gain de 600 kg exige moins de flotabilité.

PRODUCTIVITE, FACILITE DE MISE EN OEUVRE ET REPRODUCTIBILITE

AMELIORATION DES CONDITIONS D'HYGIENE ET DE SECURITE LORS DE LA MISE EN OEUVRE

MAINTIEN DE COUTS COMPETITIFS

Les équipements des chantiers doivent rester accessibles et répondre à des objectifs de rentabilité.

USAGE DES PREIMPREGNES DANS LA CONSTRUCTION NAVALE : LA REPOSE AUX EXIGENCES DES INDUSTRIES NAUTIQUES

Les préimprégnés ont fait leur apparition dans l'industrie nautique vers les années 1975. Depuis, nous avons observé une première vulgarisation du "prepreg" et des produits spécifiques ont été développés et mis au point pour ce secteur.

FABRICATION DE PIÈCES STRUCTURALES DE GRANDES DIMENSIONS

Les systèmes de résine epoxy ont fourni une première réponse à ce cahier des charges en y apportant des valeurs mécaniques supérieures. Le système de résine M10 développé par Brochier S.A./Ciba-Geigy Composites, est particulièrement adapté :

- au moulage basse pression sous bâche à vide de très grandes pièces (0.4 à 0.9 Bars)
- à la réalisation de pièces composites épaisses
- la mise en oeuvre - basse température (soit environ 80°C)

cf. courbe de viscosité (figure 3)

cf. schéma bâche à vide (figure 4)

AVANTAGES DES PREIMPREGNES

- L'utilisation des préimprégnés pour la réalisation de pièces composites hautes performances apporte :
 - . une plus grande qualité des stratifiés
 - . un matériau plus homogène.

Le contrôle qualité effectué par le préimprégnateur sur l'ensemble de la production autorise une grande fiabilité des matériaux et des valeurs mécaniques quasi constantes sur stratifiés.

- Le système de résine M10 se caractérise par :
 - . un flow élevé favorisant un taux volumique de fibres supérieur par élimination de l'excès de résine (cf courbe de viscosité).
 - . une bonne tenue en fatigue
 - . une bonne résistance à l'humidité. La reprise d'humidité devrait être limitée à 1 ou 2% avec les nouveaux systèmes de résine M10.
 - . une bonne résistance en température Tg neuf de 127°C.

- Choix du renfort

La flexibilité des procédés d'imprégnation utilisés par BROCHIER S.A. (transfert, "râcle", plein bain) autorise une gamme de préimprégnés sur divers renforts, (Tableau 1), et tissus de 50 g/m² à 2000 g/m². Les préimprégnés sont disponibles sur tissus (équilibrés, unidirectionnels), nappes, bandes, UD, mèches.

Exemples.

- Les préimprégnés sur fibre de carbone apportent dans la construction des mâts rigidité, gain de masse et peu de dispersion d'énergie.

- Les préimprégnés sur fibre d'aramide sont souvent utilisés pour les coques puisqu'ils permettent d'alléger les structures et offrent une meilleure résistance aux chocs et à la détérioration.

- Les préimprégnés sur fibre de verre sont utilisés pour des pièces épaisses résistantes aux chocs, à un coût modéré.

L'UTILISATION DES PREIMPREGNES FAVORISE UNE AMELIORATION DE LA PRODUCTIVITE ET UNE MISE EN OEUVRE FIABLE.

- Outillage

- . utilisation de moules négatifs ou positifs
- . tenue en température de l'outillage : environ 80°C.
- . évolution vers des outillages plus économiques (bois/mousses) avec l'abaissement des températures de cuisson vers 75°C.

- Mise en oeuvre

- . découpe facile manuelle ou automatique (présence de deux films protecteurs)
- . durée de vie à température ambiante exceptionnelle : 60 jours à 25°C.
- . facilité de drapage. Conservation de tack. Système de résine M10
- . évolution de la pégeosité suivant le type de pièce
- . pégeosité supérieure pour drapage à la verticale. Système de résine M9.

- Le procédé de drapage des préimprégnés, sans addition de résine se réduit aux opérations suivantes :

- . compactage : sous bâche à vide ou à la presse
- . utilisation d'une étuve de grande dimension (contrôle température)
- . cuisson/polymérisation : la flexibilité des systèmes de résine M10/M9 permet une polymérisation à 82°C pendant 12 à 15 heures, ou une polymérisation à 120°C pendant 30 minutes (voire à une température supérieure).

Remarque : Des essais sont aujourd'hui en phase de finalisation sur un système basse température 75°C. Ce système devrait conserver une durée de vie à température ambiante de 2 à 3 semaines.

LES PREIMPREGNES : UNE REPOSE AUX CONDITIONS D'HYGIENE ET DE SECURITE

Comparativement au procédé dit "par voie humide", les préimprégnés apportent les avantages d'une mise en oeuvre :

- . sans solvant
- . sans odeur,

limitant notamment l'installation coûteuse de systèmes de ventilation.

Par ailleurs, la société Brochier S.A./Ciba-Geigy Composites a récemment investi dans un nouveau système d'imprégnation par transfert sans solvant dans le cadre d'une politique de respect de l'environnement.

LE MAINTIEN DE COUTS COMPETITIFS

Les gains de productivité auxquels vient s'ajouter une tendance à l'abaissement des coûts matières sur les préimprégnés permettent une meilleure rentabilité des équipements, rendant cette technologie accessible à l'industrie nautique et aux chantiers navals.

Coût procédé classique :

- Coût Résine Polyester
- Coût du renfort verre
- Coût de transformation

Coût procédé préimprégné :

- Coût préimprégné
- Coût de transformation

L'approche économique révèle que les coûts du matériau transformé sont similaires dans les deux cas.

L'impact de l'utilisation des préimprégnés dans l'industrie nautique se traduit par :

- des produits plus performants
- le dégagement d'une forte valeur ajoutée sur le produit fini
- une image de "haute technologie"

LA CONTRIBUTION DU PREIMPREGNATEUR BROCHIER S.A. DANS L'INDUSTRIE NAUTIQUE

L'expertise de Brochier S.A./Ciba-Geigy Composites dans l'industrie nautique permet d'apporter le support technique et commercial nécessaire aux chantiers navals dans l'utilisation des produits préimprégnés.

- démonstration sur site
- essais croisés
- optimisation des produits par rapport au cahier des charges.

Brochier S.A. propose une gamme de préimprégnés VICOTEX[®] adaptés :

- aux structures monolithiques
- aux structures sandwich NOMEX[®] , nids d'abeille AEROWEB[®] , mousse PVC, mousse PU (cette dernière technique a fait l'objet de nombreux essais croisés avec les chantiers navals).

Références

- VILLE DE PARIS
- MERIT
- DCN (Sous-Marins)
- CMN (Vedettes rapides)
- JPM/ACX (Mâts).

Type	Filament diamètre	Densité	E (GPa)	Rupture (MPa)	ϵ %
Carbone HR	7 μm	1,75	230	3500/4500	1,5 à 1,8
Carbone IM	5 à 6 μm	1,8	295	5500	2
Carbone HM	6 à 7 μm	1,8	350 à 590	2700/5000	0,6 à 1,6
Verre E	10 μm	2,55	75	2500	3,5
Verre R	10 μm	2,55	85	3500	4
Aramide	10 μm	1,45	125	3500	2,5

Tableau 1. Caractéristiques des renforts.
Table 1. Fibre properties

ELABORATION D'UN STRATIFIÉ COMPOSITE

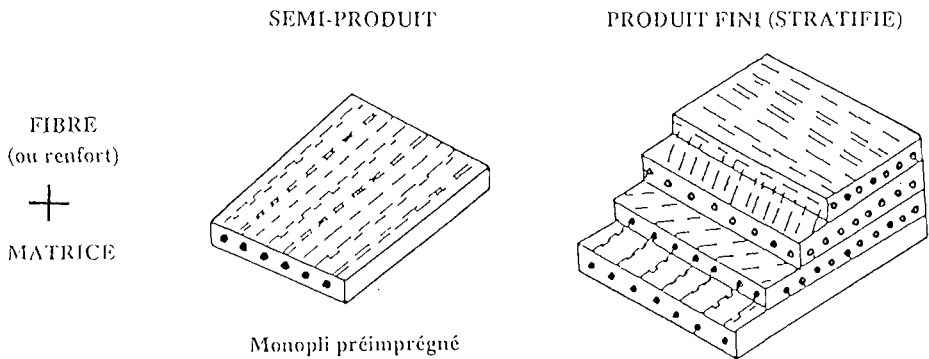
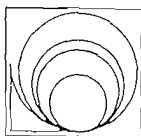


Figure 1. Fabrication d'un composite à partir de préimprégnés.
Fabrication of laminates from prepreg.



BROCHIER SA
CIBA-GEIGY
COMPOSITES

VICOTEX® M10

SYSTEME EPOXY 120° - MOULAGE BASSE PRESSION
POUR APPLICATIONS STRUCTURALES

FICHE PRODUIT

Fiche préliminaire n°52313L/Février 1992 - Edition 1

DESIGNATION PREIMPREGNE

EPOXY / TISSU CARBONE 193 g/m²
Vicotex® M10/42%/G1051 - 100 cm

(Matrice / Taux massique de résine / Référence renfort - Largeur)

Préimprégné :

Masse totale : 330 g/m²
Possibilité de séjour
à 23°C ± 2°C : 60 jours

Renfort :

Masse : 193 g/m²
Structure : Taffetas
Fibre : Carbone haute résistance
3000 filaments

MISE EN OEUVRE

Le système M10 présente une grande souplesse de mise en oeuvre (de 15 h/85°C à 10 min/150°C ; 0,3 à 3 bars).

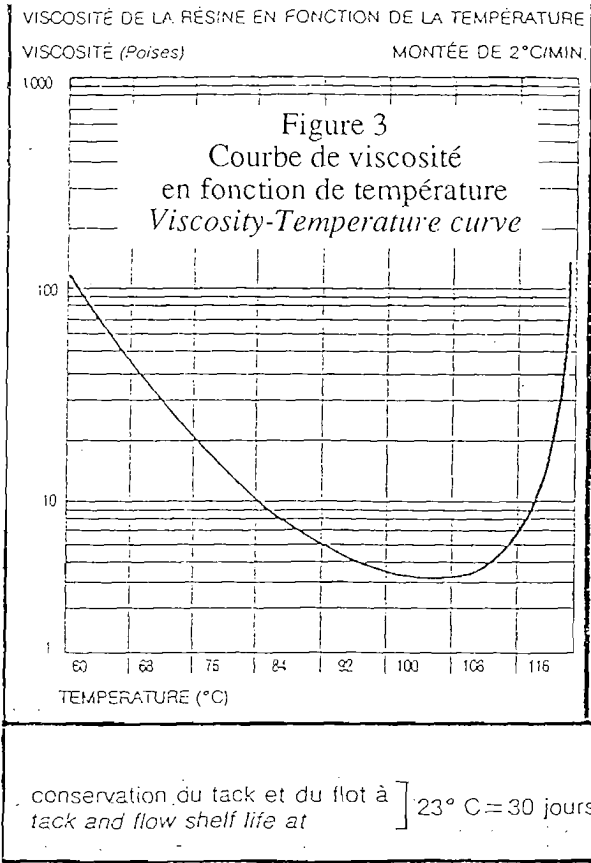
Divers cycles de cuisson sont décrits dans la notice technique résine M10 ; pour des applications plus spécifiques, nous contacter.

STOCKAGE

. Limite de garantie : 18 mois à - 15°C / 6 mois à + 5°C

. Conserver les produits dans leur emballage d'origine et ne pas dérouler avant retour à température ambiante, du fait des risques de condensation d'eau. Pour toute information complémentaire, se reporter à la notice technique résine M10 sur les précautions relatives au stockage des préimprégnés.

Figure 2. Exemple de fiche technique.
Technical data sheet.



MOULAGE SOUS VIDE

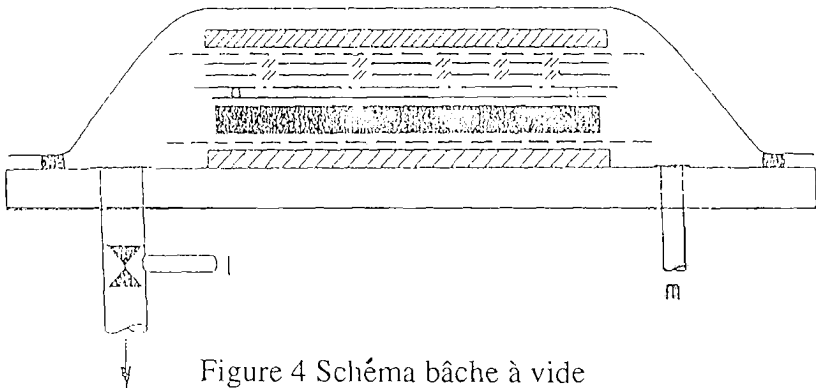


Figure 4 Schéma bache à vide
Vacuum bag forming