

VOYAGES AU CŒUR DU VIDE

Technologies nouvelles : fabrication de bateaux, planches à voile sous vide

I. Les matériaux mis en œuvre

1. Les mousses (le corps)

Permettent la flottaison.

a. Les mousses étanches

Les mousses étanches sont des mousses de polyuréthane extrudées.

Leur masse volumique est comprise entre 40 et 50 kg/m³.

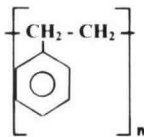
On trouve également les mousses de polystyrène extrudées.

Leur masse volumique est comprise entre 28 et 32 kg/m³.

b. Les mousses perméables

Les mousses perméables sont les plus utilisées pour leur masse volumique de 15 à 30 kg/m³ et pour la facilité de leur mise en œuvre.

La plus connue est le polystyrène expansé ou encore frigolite ou isomo.



2. Les fibres (la coque)

Ce sont d'elles que dépendent la solidité et la rigidité de l'assemblage final.

a. Le verre E

Le verre E est la moins chère des fibres utilisées en construction nautique. C'est également la plus lourde et la moins adhérente à cause de son diamètre important (6 à 15 microns).

b. Le verre R et S

Le verre R et S provient de l'industrie spatiale et possède une résistance mécanique supérieure de 20 à 40% au verre E. Il possède également une meilleure surface d'adhésion entre la fibre et la résine due à la diminution de plus ou moins 50% de la section de la fibre.

c. La fibre de carbone

La fibre de carbone a une densité qui se situe entre le verre R et S et le kevlar. Cette fibre possède une très grande résistance à la traction et, une fois stratifiée, d'excellentes performances en compression. Néanmoins, il s'agit d'une fibre plus cassante, d'où la nécessité de combiner le carbone avec d'autres fibres si on veut une construction capable de résister un minimum aux chocs.

C'est la fibre la plus adaptée pour la construction des prototypes ultra légers.

d. Le Kevlar

Le kevlar est une fibre aramide. Il est utilisé pour les câbles ainsi que pour des usages militaires (gilets pare-balles, casques,...) et dans l'industrie composite.

Cette fibre possède la résistance spécifique la plus élevée disponible sur le marché.

Son autre point fort est sa grande résistance au poinçonnement et à la propagation de criques survenues lors de son impact (comme sur un pare-brise par exemple).

Son principal inconvénient est sa faible résistance à la compression.

3. Les résines (la colle)

Ce sont, dans la majorité des cas, des époxydes et des polyesters.

a. Les polyesters

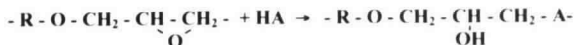
Les polyesters sont les plus faciles à mettre en œuvre et les moins chères. Néanmoins, elles ne sont pas étanches, sont fragiles et dissolvent les mousses de polystyrène.



b. Les époxydes

Les époxydes sont les résines les plus adaptées car elles adhèrent parfaitement sur une large gamme de matériaux, sont étanches, ont une bonne résistance à la corrosion chimique et possèdent d'excellentes propriétés mécaniques.

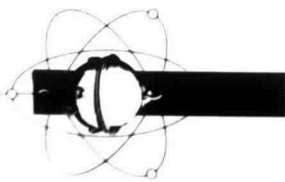
Un large éventail de durcisseurs (catalyseurs) permettent de formuler un produit différent en fonction de la construction.



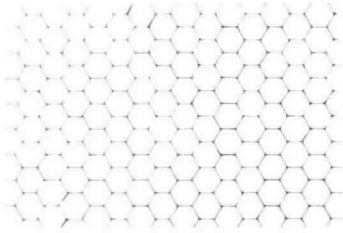
La plupart du temps, ces produits se présentent en deux composants.

4. Les âmes sandwich (les renforts de coque)

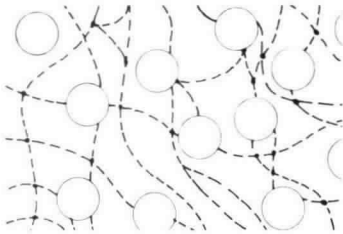
Ce sont, pour la plupart, des mousses de haute densité (80 à 120 kg/m³) de PVC ou de PU mais il en existe en d'autres matières, notamment, le nid d'abeille ou encore la nappe de charge nontissée.



VOYAGES AU CŒUR DU VIDE

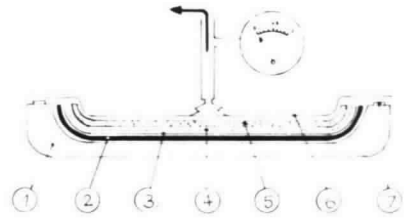


La base de la nappe COREMEAT est un réseau de fibres polyester synthétiques maintenu par un liant styrène soluble. Cette surface nontissée est imprégnée de microsphères de verre ou de plastique, qui occupent environ 50% du volume de la nappe. La combinaison de la technologie des nontissés et des microsphères a permis la réalisation d'une charge de qualité remarquable, pour les besoins de l'industrie des plastiques renforcés.



2° Le collage de matériaux d'âme sur des surfaces et des formes aussi variés que des bateaux et des planches à voile (mais aussi des navettes spatiales, satellites, avions, voitures, wagons,...) ne peut se faire qu'avec l'aide du « vide » sous bâche plastique.

La technologie sandwich consiste en fait à enfermer une couche de matériaux légers et résistants (âme) entre deux couches de fibres très fines.



II. Méthodes de construction

1. Le stratifié classique

C'est la méthode de construction la plus simple, la plus utilisée. Il suffit de plaquer un nombre plus ou moins important de fibres et de les imprégner de résine.

2. Pourquoi utiliser le vide ?

La demande de plus en plus forte en terme de performance (poids, solidité, rigidité) a amené les constructeurs à utiliser le vide (relatif) dans la construction nautique.

Cela pour deux raisons principales :

1° Sachant que la résine n'intervient que dans une moindre mesure dans la solidité de l'ensemble, la technique sous vide permet un compactage optimal des différentes couches de fibres ainsi que le retrait de l'excédent de résine.

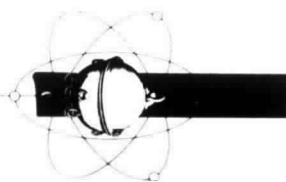
- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1. Moule | 5. Feutre synthétique absorbant |
| 2. Stratifié | 6. Bâche à vide |
| 3. Tissu de délamination | 7. Joint d'étanchéité |
| 4. Film perforé | |

Pour une stratification en voie humide, la dépression conseillée est de 0,5 bar.

Pour une stratification à partir de tissus préimprégnés, la dépression doit être maximum.

Comparaison des âmes SPHERETEX et AIREX dans les panneaux sandwichs

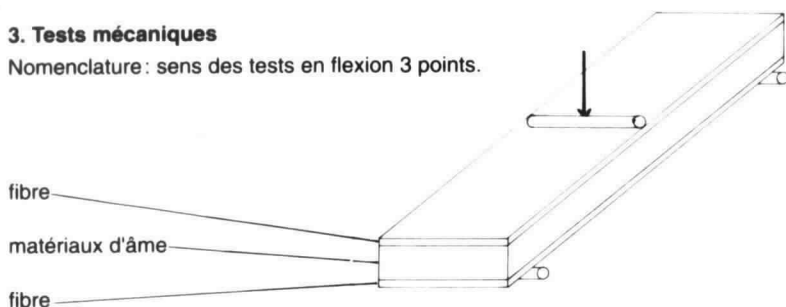
Echantillonnage	Application	Poids renforts Kg	Poids stratifié Kg/m ²	Poids résine en %	Epaisseur stratifié mm	Rigidité Flexion N.mm ² /mm	Choc Kj/m ² /m
1	Verre UD 300 Spheretex Verre UD 300	770	1430	46,1	1,88	8717	89
		↑				↑	↑
2	Verre UD 300 Spheretex Verre UD 300	940	2042	54,0	2,93	22326	261
		↑				↑	↑
1	Verre UD 300 Airex 3 mm Verre UD 300	930	1636	43,2	3,62	16850	194
		↑				↑	↑
2	Verre UD 300 Airex 5 mm Verre UD 300	1000	1750	42,9	5,99	64900	386
		↑				↑	↑



VOYAGES AU CŒUR DU VIDE

3. Tests mécaniques

Nomenclature : sens des tests en flexion 3 points.



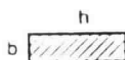
Signification des valeurs mécaniques

1. Rigidité de flexion

La rigidité de flexion (EI) caractérise la raideur de la poutre en flexion. Elle est donnée par la relation (1) pour des sections rectangulaires :

$$(EI) = E \frac{bh^3}{12}$$

- Avec :
- E: Module de Young
 - b: Largeur de l'éprouvette
 - h: Hauteur ou épaisseur de l'éprouvette



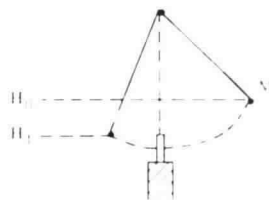
La relation (1) montre que pour rigidifier un stratifié deux solutions sont possibles :

- Augmenter E par l'emploi de composites hautes performances (Carbone, Kevlar,...)
- Soit augmenter l'épaisseur h, qui est au cube dans la relation (1). Les impératifs de poids impliquent l'utilisation de matériaux d'âmes de faibles densités : **Diolen, Spheretex, Airex...**

2. Résistance aux chocs

Le choc Charpy donne une énergie absorbée par mètre carré et par largeur d'éprouvette.

L'énergie W consommée pour la rupture de l'éprouvette correspond à la différence d'énergie potentielle entre les deux niveaux :



$$W = MgH_0 - MgH_1$$

	STRUCTURE MONOLITHIQUE	STRUCTURE SANDWICH	
Rigidité de flexion EI	1	7	37

Dans l'étude d'échantillonnage, nous donnons la rigidité de flexion (EI) pour une éprouvette d'un mm de large afin de pouvoir comparer directement l'influence : de l'empilage, de la nature des matériaux, de l'épaisseur, de la densité, des conditions de mise en œuvre.

D'autre part, dans les structures sandwich, les contraintes normales dues à la flexion se concentrent dans les peaux.

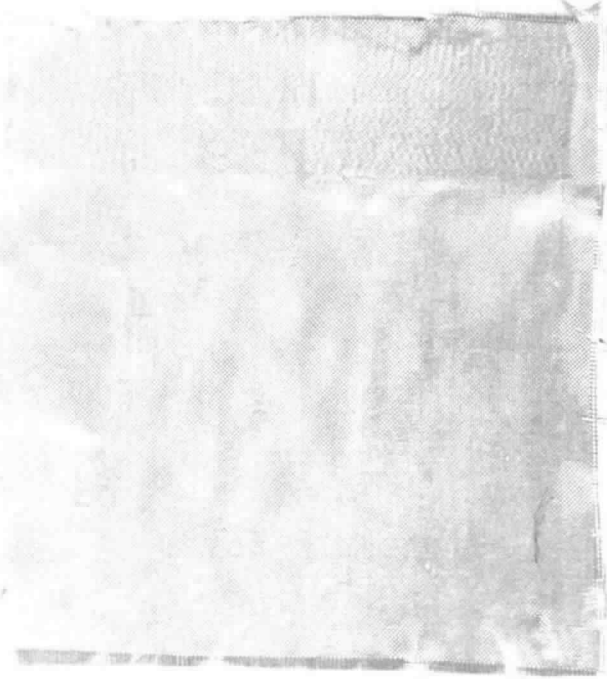
Le rôle du « cœur » d'une structure sandwich est donc de résister aux contraintes importantes d'arrachement, de compression et de cisaillement.

$$(EI) = (EI) / b$$



VOYAGES AU CŒUR DU VIDE

échantillons



Fibre de verre



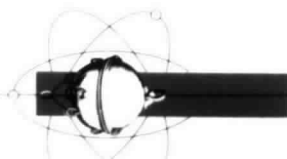
Spheretex



Kevlar



Carbone



VOYAGES AU CŒUR DU VIDE



Les élèves de sport nautiques de Don Bosco Tournai ont collaboré à la réalisation des différentes phases de l'exposition, ils ont également participé à la stratification « sous vide » d'une planche à voile tandem utilisée au centre nautique ADEPS de Peronnes-Lez-Antoing.

