

## CHAPITRE 2 : COMMENT TRAITER L'OSMOSE

Le principe : enlever l'humidité du matériau, pour cela il faut décapier le gelcoat, puis appliquer un nouveau "bouclier" imperméable et inaltérable. Le traitement se fera toujours en trois phases :

- décapage du gelcoat,
- séchage du stratifié,
- application du nouveau "bouclier" étanche.

### 1°) DECAPAGE DU GELCOAT

Le décapage a pour but d'ouvrir toutes les cloques et d'évacuer le "jus", de faire disparaître le gelcoat pour que le stratifié nu apparaisse et qu'il puisse sécher.

Il peut se faire selon les méthodes suivantes :

#### 1-1°) SABLAGE

C'est la méthode la plus généralement employée car elle permet un décapage qui fait sauter en même temps le gelcoat de surface et les chancre plus profonds que le sablage fait sauter automatiquement en passant dessus. On ne risque pas de les oublier.

Voir PHOTOS 2-1 à 2-3.

Faut-il faire disparaître tout le gelcoat ou non ?

Dans les cas d'osmose très légère, superficielle, avec de petites bulles situées à l'interface gelcoat / premier mat de stratification il est possible de laisser du gelcoat et un sablage léger peut s'admettre : il ne fait qu'éclater les petites bulles et dépolir et amincir le gelcoat restant. Il peut rester jusqu'à 50 à 70% (en surface) de gelcoat. Cela n'empêchera pas le séchage bien que cela le ralentira. L'énorme avantage c'est que le ragréage (c'est l'étape N° 3 suivante) sera facilité car le ratissage de l'enduit se fera en s'appuyant sur les surfaces restées intactes qui serviront de guides et la quantité d'enduit sera minime.

Mais hormis ce cas très limité, dans la plupart des cas cela sera insuffisant car avec cette méthode on prend le risque suivant : à l'endroit où il reste du gelcoat, il y a peut-être et même certainement, une bulle en formation qui en est au stade de la figure N° 2 du chapitre 1 et que le sablage léger aura laissé. Le séchage ne va pas permettre au "jus" de s'évacuer.

Quand le traitement sera fait c'est-à-dire que le bouclier étanche époxy aura été appliqué, le moindre passage d'eau infinitésimal (car l'époxy n'est pas étanche parfaitement et indéfiniment), redonnera à cette bulle de quoi poursuivre sa formation.

Au lieu de revenir à l'état du neuf, d' "effacer" les années et de repartir à zéro, on continue au stade où on en était. C'est donc nettement moins bien.

Donc dans 99% des cas le gelcoat sera totalement sablé.

"Ne laissez pas de gelcoat car vous ne savez pas ce qui reste derrière".

Si l'osmose est profonde, c'est-à-dire dans le stratifié, il faut que le sablage soit approfondi localement ou partout selon les cas.

Il est à faire avec doigté c'est-à-dire suffisamment appuyé aux endroits qui en ont besoin, mais pas trop pour ne pas enlever trop de matière.

Il est cependant inévitable de faire sauter au moins le premier mat de verre en presque totalité et plus si l'osmose est profonde ou si le sableur insiste trop ou "s'endort". L'habileté du sableur a donc une importance certaine. De même la gravité de l'osmose (superficielle, dans le premier mat ou plus profond encore) va prendre, à ce stade, une importance évidente.

Si on enlève de la matière, il en découle donc que la résistance de la coque va forcément être diminuée. Heureusement, les coefficients de sécurité pris pour échantillonner une coque sont capables d'absorber cette diminution. C'est d'autant plus vrai pour les bateaux anciens où les règles de calculs d'échantillonnage étaient débutantes, hésitantes et où par conséquent les coefficients de sécurité étaient plus généreux.

Par contre pour un bateau de régate où la chasse au poids a amené à tirer au maximum sur la matière, le problème peut être à considérer.

De même pour les coques en sandwich où la peau extérieure est mince : le problème est réel et ne peut être occulté. Pour elles, le sablage est trop violent et doit être rejeté.

Il pourrait en être de même pour les bateaux futurs en monolithique pour lesquels les constructeurs cherchent à affiner les méthodes et hypothèses de calcul des bordés de coque dans le but bien sûr de diminuer les échantillonnages donc les épaisseurs de matière. Si la protection anti- osmose ne s'améliore pas en même temps, le problème deviendra plus délicat à traiter.

Sablage humide ou à sec ? Le sablage humide fait voler moins de poussière. On peut lui reprocher de nécessiter un matériel plus performant sinon on risque des bouchages fréquents.

Certains lui reprochent, du fait de la pression et du stratifié à nu, de faire pénétrer de l'humidité supplémentaire à l'intérieur de la matière. Je ne le crois pas car le balayage par le sable est très rapide et l'humidité n'a pas le temps de pénétrer, ou si peu, dans la matière. Par rapport aux années d'immersion, cela a une importance dérisoire.

On peut comparer cela aux étincelles : si l'on meule une pièce en acier on fait voler des étincelles. Ce sont des particules d'acier chauffées au rouge vif, elles sont donc à 800 °C environ. C'est très chaud, cependant si on les reçoit sur le bras, elles ne brûlent pas la peau parce que, même très chaudes, leur masse est infime donc incapable de communiquer à la peau un échauffement qui ressemblerait à une brûlure.

Le matériel de sablage est assez divers mais il doit correspondre au travail que l'on veut faire.

Le matériel meilleur marché se situe dans la gamme des nettoyeurs haute pression, genre "Karcher", qu'il est possible d'utiliser en sableur humide. Ce sera suffisant dans les cas de sablage léger pour une osmose très superficielle où on ne veut pas décapier la totalité du gelcoat. Mais nous avons vu que cela résout une infime partie des cas.

Par contre ce matériel est incapable de faire sauter un simple gelcoat là où il est intact.

Dès que l'on veut décapier tout le gelcoat et à fortiori le premier mat, il faut un décapage plus agressif et passer à la sableuse classique avec un compresseur de puissance suffisante. Un compresseur de 5 m3/mn permet de faire face à tous les cas classiques, il ne faut pas le considérer comme surabondant.

La nature du granulats a aussi de l'importance. Il faut une granulométrie suffisante :

- moyenne en sable de scories pour sablage à sec.
- B4 en sable blanc pour sablage humide.

Sauf dans le cas très particulier du sablage léger où on ne fait pas disparaître tout le gelcoat, après sablage la surface du stratifié est déchiquetée. La fibre est donc "ouverte" ce qui est favorable pour le séchage qui va suivre.

Par contre la surface obtenue est très imparfaite, très grossière, elle a un relief accidenté avec creux et bosses ce qui implique que pour la ragréer c'est-à-dire la re-profilier, il faudra faire un enduisage épais, donc coûteux en matière (le mastic époxy est cher) et en main d'oeuvre puisque le temps à passer est dépendant pour une bonne part de la quantité d'enduit à étaler.

On peut se poser la question : comment traiter une osmose interne des fonds du bateau ? Il faudrait décaper de la même façon tout le gelcoat intérieur. On se rend compte facilement que, compte tenu de "l'habillage" du bateau par les cloisons, meubles etc... cela est pratiquement impossible. Il faudra vivre avec....

\*\*\*\*\*

### 1-2°) RABOTAGE

On peut utiliser le rabotage en employant un rabot électrique portatif. C'est un travail physiquement difficile car on travaille "au plafond" c'est-à-dire que l'outil est à porter à bout de bras, au-dessus de soi. Ceci pour un voilier posé sur sa quille de 1 m de haut par exemple. Pour un petit bateau ou pour un bateau à moteur, sans quille, on va par contre travailler à bout de bras, bras vers le bas, ce qui n'est pas plus facile. La poussière générée rend aussi ce travail pénible.

Compte tenu du poids de l'outil ( 2,5 kg pour un 500W à 8 kg pour un 1200W) et de la durée de l'opération, il faut un opérateur robuste. En général on fera l'opération en plusieurs fois pour que ce soit moins pénible : une moitié au cours de la matinée et l'autre le lendemain. On choisira aussi le rabot le plus léger possible. On sera obligé de procéder par petites passes courtes car la vitesse de rotation chute très vite dès que l'on attaque la matière. Des couteaux en acier suffiront, il en faudra un jeu par bateau traité.

Il existe une machine spéciale appelée "gelcoat peeler" (voir photo 2-4), d'origine américaine, qui est en fait un rabot électrique porté au bout d'un bras équipé de vérins hydrauliques qui maintiennent l'outil appuyé contre la surface et qui se déplace automatiquement.

On a évidemment l'avantage d'un travail plus confortable, plus propre (aspiration de la matière décappée) mais l'investissement est conséquent (de l'ordre de 200 à 300.000 F).

Le principal intérêt du rabotage est d'obtenir une surface décappée propre, nette et lisse, donc un enduisage plus facile et moins gourmand en quantité d'enduit.

Voir PHOTO 2-5

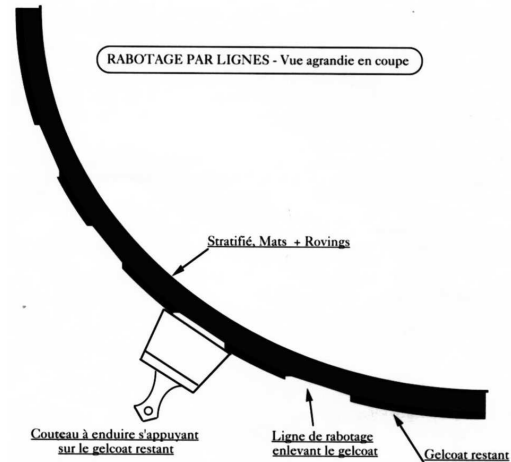
D'autre part, pour les bateaux indiqués plus haut, bateaux de course ou coques sandwich, et pour les raisons qui ont été indiquées, le rabotage est la solution qui s'impose.

Par contre, il a deux inconvénients :

- tous les "chancres" profonds ne disparaissent pas (puisqu'on les tranche en surface, sans aller les extraire en profondeur). Généralement avec cette méthode, il faut compléter le décappage par l'utilisation de la disqueuse ou d'une meuleuse conique pour s'attaquer aux chancres plus profonds, sous réserve de ne pas en oublier, ce qui n'est pas évident car il n'ont pas tous un aspect particulier qui les fait reconnaître.
- la fibre est tranchée nette et non "ouverte" comme avec le sablage : le séchage risque de se faire moins bien, il sera plus long.

On pourrait penser ne faire que du rabotage partiel c'est-à-dire faire des lignes de rabotage entre lesquelles on laisse des lignes de gelcoat, dans le but de rendre l'enduisage plus

facile, les lignes de gelcoat restantes servant de guide pour le ratissage. On risque, comme déjà expliqué pour le sablage léger, de laisser des bulles en formation qui sécheront peu et qui repartiront plus vite en formation d'osmose. Dans les cas les plus courants, ce n'est donc pas conseillé.



### 1-3°) RABOTAGE PUIS SABLAGE

Certains professionnels utilisent les deux méthodes conjuguées : rabotage d'abord pour décaper complètement le gelcoat puis sablage léger pour faire sauter tous les chancres profonds restants et pour "ouvrir" la fibre de verre, ce qui favorisera le séchage. Ils y voient aussi et en premier lieu, un intérêt économique car le sablage, opération coûteuse, se trouve réduit.

Comme on termine sur un sablage, la surface à enduire est encore imparfaite mais moins mauvaise tout de même qu'avec un sablage seul. Donc la quantité d'enduit époxy est un peu diminuée.

Du point de vue de la sûreté du traitement sur le plan technique, c'est tout à fait satisfaisant, donc pourquoi pas.

### 1-4°) DISQUAGE

C'est la technique qui vient le plus facilement à l'esprit : il suffit d'une ponceuse rotative.

Cependant ce n'est pas la meilleure méthode et de loin car c'est une méthode longue (6-7 jours pour un 40 pieds), qui produit une grande quantité de poussière fine désagréable et qui n'ouvre pas la fibre de verre (donc séchage plus difficile). Il faudra ensuite utiliser une meule conique pour faire sauter tous les chancres profonds alors qu'avec un sablage cette opération se fait en une seule fois et sans risque d'oubli.

Dans le cas de la méthode du disquage, il est donc conseillé de faire ensuite un sablage léger pour faire sauter tous les chancres profonds restants et pour "ouvrir" la fibre de verre, ce qui favorisera le séchage.

### 2°) SECHAGE

Une fois le décappage effectué il faut laver au détergent et à la brosse, à l'eau chaude si possible pour éliminer toutes traces de sels solubles puis rincer abondamment avant de laisser sécher la carène. Ce séchage se fera soit naturellement à l'extérieur, soit sous bâche avec l'appoint d'appareils activant le processus.

## 2-1°) SECHAGE NATUREL A L'EXTERIEUR

Il dépend bien sûr des conditions climatiques. C'est le cas général qui convient parfaitement dans le midi de la France.

Certaines précautions sont à prendre pour éviter la reprise d'humidité. Par exemple, et surtout pour les bateaux réalisés avec deux demi coques (donc avec un plan de joint), il faut mettre une bavette en film plastique pour éviter que l'eau de pluie ne roule le long de ce plan de joint où le stratifié est ouvert et où elle n'a aucun mal à pénétrer par la tranche du stratifié.

Cette bavette sera en fait une jupe constituée d'une bande de plastique de 30 à 40 cm collée au scotch tout du long de la ligne de flottaison et qui fera office de casse-goutte : l'eau qui ruisselle des francs-bords sera écartée de la coque.

De même on mettra des tubes en plastique emmanchés dans les évacuations de cockpit pour que l'eau de pluie ne ruisselle pas le long de la coque.

Voir PHOTOS 2-6 et 2-7

Périodiquement, on mesurera le taux d'humidité du stratifié pour en vérifier sa décroissance.

On s'apercevra de quelques paramètres intéressants : dans le midi de la France, sur la côte d'Azur en particulier, le mistral est un excellent agent de séchage. Parce qu'il crée un courant d'air autour de la coque favorable aux échanges physico-chimiques et surtout parce que c'est un vent sec puisqu'il vient du Nord, de la vallée du Rhône. Donc en période de mistral l'air est très sec (35 à 40%).

Quand on fait des mesures périodiques on voit que l'humidité baisse par à-coups après chaque période de mistral alors qu'avec d'autres conditions météorologiques on peut mesurer des reprises d'humidité.

A l'inverse, ce n'est pas parce qu'il fait chaud que le séchage est efficace. En plein été sur la côte d'Azur, très souvent le temps est bouché, la visibilité est réduite par une brume de chaleur continue, signe d'un fort taux d'humidité (80 à 90%) de l'atmosphère. Pendant ces périodes le séchage est nul, il y a même des reprises d'humidité.

Ceci souligne l'importance des mesures d'humidité périodiques que l'on doit faire si on veut travailler sûrement.

## 2-2°) VENTILATEUR CHAUFFANT

Il consiste à entourer la carène avec une bâche, à ventiler et à chauffer.

Cependant cet air va se charger progressivement d'humidité, celle qui est rejetée par le stratifié, et son efficacité va devenir nulle. Il faut donc renouveler l'air c'est-à-dire qu'il puisse s'échapper et être remplacé par de l'air neuf venant de l'extérieur, que le chauffage va rendre à son tour plus sec et donc apte à absorber l'humidité du stratifié. Il est donc impératif de pratiquer une ouverture (de 10 x10 cm de diamètre) dans la bâche.

A ne pas oublier non plus, bien que ce soit plus évident : le moyen de chauffage ne doit pas produire d'humidité du fait de la combustion par exemple. Les radiateurs à gaz - "paraboles" sur bouteille de gaz par exemple - sont donc à proscrire pour ce traitement, la combustion du gaz produisant une humidité importante : le gaz contient du carbone et de l'hydrogène et la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène de l'air lors de la combustion produit de l'eau. On s'en aperçoit l'hiver dans une pièce chauffée avec un tel appareil : il y a une condensation importante sur les vitres du fait de l'augmentation de l'humidité intérieure.

Pour les appareils brûlant du fuel, comme les "canons à air chaud", ils produisent eux aussi de l'humidité par la combustion. Mais c'est un peu différent car en fait il y a un mélange de deux airs :

- le premier qui est l'air nécessaire à la combustion : celui-ci va donc avoir une humidité accrue.

- le deuxième en quantité beaucoup plus importante qui est l'air pulsé par le ventilateur de l'appareil : celui-ci va diminuer d'hygrométrie compte tenu de son échauffement.

- finalement, le mélange des deux va donner un air beaucoup plus sec à la sortie qu'à l'entrée et donc intéressant pour sécher la coque.

Attention aussi que ces appareils sont généralement surpuissants par rapport au volume à traiter et qu'il ne faut pas atteindre une température trop élevée car le stratifié est constitué d'une résine qui ne supporte pas plus de 50 à 60 °C : au-delà elle commence à perdre ses caractéristiques mécaniques. C'est le HDT ("Heat Distorsion Temperature" - température de déformation ou Transition vitreuse, Tg).

Il ne faut donc pas que le canon soit placé trop près du stratifié.

Finalement les mieux adaptés sont les appareils de chauffage électriques tels que les radiateurs soufflants qui assurent en outre un brassage et une circulation de l'air propices au séchage.

On s'apercevra néanmoins, en faisant régulièrement les mesures d'humidité, que le séchage est inégal : les zones plus proches du ventilateur chauffant sèchent plus vite. Il faudra, périodiquement, changer la position du ventilateur pour mieux égaliser le séchage.

Il faut noter que l'efficacité dépend peu de la température extérieure. L'effet du chauffage est seulement de diminuer l'hygrométrie relative de l'air en augmentant sa température.

Rappelons les principes fondamentaux concernant l'hygrométrie de l'air. Prenons de l'air à une température donnée de 15°C par exemple. Cet air peut contenir, au maximum 15 grammes d'eau. Cette valeur ne peut être dépassée car au-delà il y a condensation et formation de gouttelettes (on dit que l'air est saturé d'humidité ou que l'on atteint le "point de rosée"). Si ce même air, à la même température, ne contient que 7,5 grammes d'eau, son humidité relative sera de 50%. L'humidité relative est donc le rapport de la quantité d'eau contenue dans l'air et de la quantité qu'il pourrait contenir au maximum. Et plus l'humidité relative est basse, plus cet air est capable d'absorber encore de l'humidité, jusqu'à atteindre 100%, c'est-à-dire la saturation.

Mais la quantité d'eau maximum que peut contenir l'air est variable selon sa température : plus l'air est chaud, plus il peut contenir d'humidité avant d'atteindre la saturation. Donc pour un air donné, si on élève sa température, son humidité relative diminue et il devient capable d'absorber plus d'humidité.

L'élévation de température (dépendant de la puissance en kilowatts de l'appareil de chauffage, du débit d'air ventilé et de l'isolation mais pas des conditions externes), produit à peu près le même effet sur l'humidité relative et donc sur l'efficacité du séchage. On peut s'en assurer en utilisant le diagramme appelé "diagramme de l'air humide".

Faisons le en prenant les valeurs suivantes :

- on prend de l'air à 10°C de température et 80% d'humidité relative. En le réchauffant à 30°C, son humidité relative va tomber à 20%.

- on prend de l'air à 20°C de température et 80% d'humidité relative. En le réchauffant de la même valeur soit + 20° on arrive à 40°C et son humidité relative va tomber à 25%, valeur très voisine de la précédente.

Donc l'efficacité de ce procédé, à humidité extérieure égale et à installation de chauffage identique, produira à peu près les mêmes effets, que ce soit en pays froid ou en pays chaud. Ce qui compte c'est l'élévation de température produite et non la

température finale. Ceci pour rassurer les personnes qui font de tels traitements en pays "froids".

En mettant une bâche ou un film plastique étalé sur le sol, on isole le volume à traiter de l'humidité du sol, humidité naturelle ou eau qui peut rouler et stagner sur ce sol. Cette amélioration est d'ailleurs applicable à tous les procédés.

Le chauffage fonctionnera jour et nuit. Il faut donc que le matériel soit prévu pour un fonctionnement permanent sinon on va en "griller" un ou deux par traitement. Il faut aussi qu'il puisse rester sans surveillance.

Certains réparateurs utilisent des radiateurs infrarouges posés sur le sol et dirigés vers la coque : avec une puissance totale d'une quinzaine de Kilowatts, deux bonnes semaines seraient suffisantes pour sécher une carène.

#### Quelques chiffres :

Pour un voilier de 10 m avec 1500 W de chauffage par un radiateur électrique soufflant et deux absorbeurs "RUBSON" (dont nous allons parler après) : avec 80 % d'humidité extérieure, le chauffage fait tomber à 45% sous la bâche. Dès qu'on ouvre la bâche, l'humidité remonte à 65% une demi-heure après.

Du point de vue des ouvertures à laisser dans la bâche, avec 2 trous de 40 x 40 cm c'était trop. L'humidité est descendue avec 2 trous de 10 x10 cm et encore descendue avec 1 seul trou de 10 x10 cm.

Il est intéressant pour optimiser le séchage de s'équiper d'une "mini station météo", vraiment réduite puisqu'il suffit d'un thermomètre et d'un hygromètre. Voir photo.

Pour le thermomètre, pas de problème, tout le monde en a un. Pour l'hygromètre, c'est un peu plus difficile car ce n'est pas un instrument de mesure aussi courant. Il faut le choisir en tenant compte de :

- sa précision : cette qualité n'est pas très importante puisqu'en fait il va être utilisé en relatif : on veut savoir seulement si l'hygrométrie augmente ou non et de combien pour ajuster le séchage au mieux.
- sa sensibilité et sa rapidité de réaction au changement de réglage du chauffage ou de la dimension des ouvertures.

En conclusion :

- Les hygromètres numériques, à capteur capacitif, sont sensibles et précis mais leur prix est prohibitif (de l'ordre de 4 000 F TTC) pour une utilisation aussi réduite.
- Les hygromètres à cheveu sont sensibles et précis mais leur prix est prohibitif (de l'ordre de 1 200 F TTC) et ils sont un peu trop fragiles pour cette utilisation.
- Finalement on se contentera d'un hygromètre style "publicité" qui fonctionnent sur le principe de la déformation d'une spirale plastique en fonction de l'humidité absorbée par ce plastique. Ce n'est pas très précis (mais cela n'a guère d'importance) et pas très sensible et rapide (tant pis). Par contre, c'est bon marché et robuste.

#### 2-3°) ABSORBEUR D'HUMIDITE

Ce sont les absorbeurs, genre "RUBSON" que l'on trouve couramment dans les magasins de bricolage.

Entourer la carène avec une bâche, disposer des absorbeurs d'humidité et ventiler pour brasser l'air. Dans ce cas la bâche doit être fermée hermétiquement pour que les absorbeurs ne servent pas à assécher de l'air extérieur mais uniquement l'air intérieur entourant la carène. De temps en temps il faudra rentrer sous la bâche pour retirer les absorbeurs qui se seront gorgés d'eau et les remplacer par des nouveaux, les anciens

pouvant être réutilisables après séchage au four par exemple. A titre indicatif on peut donner les ordres de grandeur suivants : pour un bateau de 10 m, il faut prévoir 4 absorbeurs de 2kg répartis autour de la coque.

Autre avantage de la méthode : installation simple ne nécessitant pas d'énergie et ne craignant pas de rester sans surveillance sur un chantier ouvert.

Nota : on peut combiner les deux méthodes précédentes bien que théoriquement il faut ouvrir la bâche pour l'une, et la fermer hermétiquement pour l'autre. Dans la pratique, ça marche.

#### 2-4°) DESHUMIDIFIEUR ELECTRIQUE

Entourer la carène avec une bâche et assécher l'air en utilisant un déshumidifieur (ou déshumidificateur) électrique.

Cet appareil se rapproche de ce que l'on appelle un "conditionneur d'air" ou "climatiser". Il fonctionne sur le principe suivant :

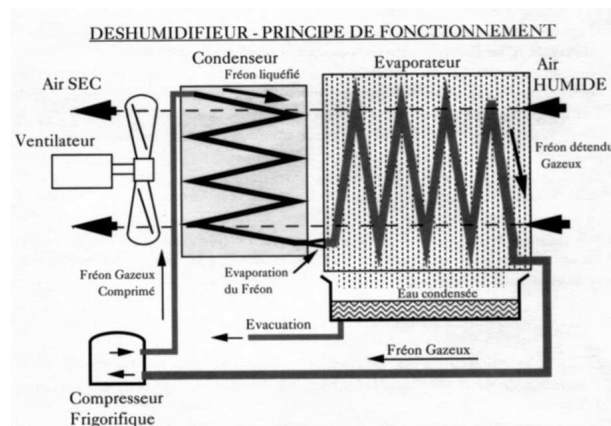
- première étape : on refroidit l'air. Pour cela l'appareil est pourvu d'un compresseur frigorifique, d'un condenseur et d'un évaporateur.

Le cycle est le suivant : à l'entrée de l'évaporateur, le fluide frigorigène liquide (Fréon R 12 ou R 22, en général) passe dans un détendeur où il se vaporise. Cette détente brusque produit du froid. Vous vous en êtes déjà aperçu : quand vous utilisez une bombe anti-moustique par exemple, votre doigt est glacé par le refroidissement provoqué par la détente du gaz.

L'air qui est pulsé autour de l'évaporateur va se refroidir à son contact.

- deuxième étape : le compresseur ré-aspire le fréon devenu gazeux et le comprime.

- troisième étape : dans le condenseur, ce fréon comprimé mais encore gazeux est refroidi et il repasse à l'état liquide, donc prêt de nouveau à se vaporiser dans l'évaporateur et le cycle recommence.



Dans un réfrigérateur ménager on retrouve les mêmes éléments :

- l'évaporateur c'est le compartiment "freezer", en forme de boîte constituée de deux tôles soudées à plat et ménageant un canal de circulation au fréon.

- le compresseur est en bas et derrière le réfrigérateur, il est du type "hermétique", c'est-à-dire que le compresseur et son moteur électrique d'entraînement sont enfermés dans une même boîte pour que le gaz frigorigène, encore froid, participe au refroidissement efficace du moteur.

- le condenseur se présente sous la forme d'un tube en serpentin avec des fils soudés dessus pour constituer des

"ailettes" de refroidissement. Cet ensemble est fixé sur la paroi arrière du réfrigérateur. C'est l'air ambiant qui est l'agent de refroidissement

Revenons à notre déshumidificateur : puisqu'on a refroidi l'air, on lui a fait atteindre sa température de rosée (température de condensation) et l'excès d'humidité s'est condensé comme l'air d'une pièce au contact de la vitre froide de la fenêtre en hiver. On a donc d'un côté de l'air froid mais à 100% d'humidité relative et de l'autre de l'eau condensée. Celle-ci est recueillie dans un bac à vider de temps en temps ou, mieux, qui se vide au fur et à mesure par un tuyau d'évacuation débouchant à l'extérieur de la bâche.

Notre air étant maintenant à 100% d'humidité, il est impropre à sécher notre stratifié. On le fait donc passer sur un réchauffeur qui est généralement le condenseur lui-même (vous vous êtes déjà aperçu que le condenseur de votre réfrigérateur - le serpentín qui est derrière - est chaud, alors profitons en pour réutiliser cette source de chaleur) et additionnellement sur un réchauffeur électrique.

En augmentant sa température on diminue son humidité relative et il redevient efficace pour sécher. On obtient de l'air à 20, 30% d'humidité soit l'équivalent d'un "mistral" permanent.

On peut résumer le principe de fonctionnement de ces appareils :

- refroidir fortement l'air pour qu'une partie de son humidité se condense.
- le réchauffer ensuite pour le ramener à une humidité relative convenable.

Il faut cependant se méfier des appareils baptisés "climatiseurs" mais qui en fait ne sont que des refroidisseurs d'air dépourvus de réchauffeur. Ils vont seulement refroidir l'air et donc augmenter son humidité relative ce qui ne nous intéresse pas. D'ailleurs, même pour un climatiseur d'appartement utilisé l'été, ce procédé est insuffisant car si l'abaissement de la température contribue au confort, l'élévation de l'humidité de la pièce est un élément d'inconfort.

Il faut donc un "vrai" déshumidificateur où le réchauffeur fonctionne en même temps que le refroidisseur. En outre une différence principale est que le déshumidificateur est pourvu d'un dégivrage automatique.

En effet si l'appareil fonctionne dans un air à température basse (18°C ou moins), le refroidissement qu'il va subir fait geler l'eau condensée. Les ailettes (comme un radiateur de voiture) vont donc s'obstruer et l'appareil n'aura plus aucune efficacité. Or comme vous allez faire votre séchage à une saison quelconque et en France, l'air ambiant sera certainement à une température plus basse que 18°, donc cette "prise en glace" se produira.

Le déshumidificateur, automatiquement, se mettra en position "dégivrage" pour éliminer cette glace avant de reprendre son cycle de refroidissement.

Sur un climatiseur, qui fonctionne en principe dans une pièce à 25/30°C, ce dégivrage automatique n'existe pas.

Le prix d'un déshumidificateur se situe aux alentours de 3.000 à 5.000 F TTC suivant la taille et la puissance.

La bâche doit être hermétiquement fermée, l'appareil ne traitant que l'air intérieur et l'humidité n'augmentant pas progressivement puisqu'elle s'évacue sous forme d'eau condensée.

L'hygrostat (équivalent du thermostat pour la température) mettra le compresseur de froid en marche de temps en temps pour maintenir l'humidité au niveau que vous avez choisi par la position de l'hygrostat, c'est-à-dire le plus bas possible.

Du point de vue de l'efficacité, c'est certainement le meilleur système. Il a l'inconvénient d'être plus cher et ce n'est pas à proprement parler un matériel de chantier, il faut le manipuler avec douceur. Il nécessite une surveillance assez réduite (pas de risque d'incident de fonctionnement, c'est comme votre frigo), seul reste le problème du vol si le chantier est ouvert.

## 2-5°) REMARQUES

NOTA 1 : le problème du bateau bâché à l'extérieur est que généralement, au premier coup de vent, la bâche se déchire et est détruite.

Pour améliorer les choses, il faut fabriquer la bâche avec un film plastique en évitant au maximum l'agrafage sur supports en bois. Les points d'agrafage sont les lieux de naissance des déchirures.

Il vaut mieux :

- coller le plastique tout du long de la coque, légèrement au-dessus de la flottaison.
- mettre éventuellement des supports en bois sur lesquels la bâche ne sera pas agrafée mais tenue par des morceaux d'autocollant, côté intérieur, longs et croisés pour bien répartir la traction.
- tenir le bas de la bâche en l'étalant sur le sol et en mettant dessus des sacs de sable, par exemple.

Si on a mis des tubes plastique sur les évacuations de cockpit, il faut qu'ils soient longs pour déboucher à l'extérieur de la bâche.

Une autre méthode consiste à équiper la bâche de "prise de ris". A chaque coup de vent on prend les ris c'est-à-dire qu'on remonte la bâche en la roulant et on redescend après. Il faut être sur place en permanence pendant 2 à 3 mois et à cette condition ça marche.

On peut aussi utiliser une bâche en plastique armé. Elle est collée à la flottaison et elle est passée à l'intérieur des patins de ber : il faut donc qu'elle soit disposée au moment où le bateau est déposé dans le ber. Il ne sera pas très commode de faire les mesures périodiques d'humidité du stratifié mais par contre, la bâche résistera aux tempêtes. Il faudra aussi resoulever le bateau pour enlever la bâche au moment du traitement.

Si le bateau est maintenu simplement par des étais, on peut alternativement dégager chaque étau, passer la bâche à l'intérieur et remettre l'étau en place.

Il est intéressant, si on utilise une bâche pour sécher la coque, de pouvoir la garder pour faire le traitement, soit pour se préserver du mauvais temps ou au contraire pour se préserver d'une trop forte chaleur ce qui amène aussi d'autres inconvénients comme on le verra plus loin.

Si le bâchage se fait sous un hangar il n'y a bien sûr aucun problème de tenue de la bâche. C'est par contre assez onéreux puisqu'il faut amortir le coût du hangar pour un bateau immobilisé longuement. D'autre part il faut démâter pour rentrer sous hangar, ce qui augmente la note. Par contre si on en profite pour faire d'autres travaux sous abri, cela vaut la peine d'y recourir.

Si on met sous hangar sans bâchage et sans séchage par radiateur (par exemple) on aura sans doute la mauvaise

surprise de constater que le séchage est long : un hangar abrité peut être humide de par sa toiture en tôles d'acier sur lesquelles l'air condense pendant la nuit.

NOTA 2 : dans tous les cas, une meilleure isolation thermique peut être recherchée. On peut utiliser par exemple du film plastique à bulles comme ceux utilisés par les déménageurs pour entourer les objets fragiles.

NOTA 3 : on aura compris après tout cela que dans la plupart des cas courants, le séchage naturel à l'extérieur, bien que plus long, est la solution la plus sûre, plutôt que de s'embarquer à établir une tente, investir dans un déshumidificateur par exemple (qui devra fonctionner 24 heures sur 24, peut-être sans surveillance) et devoir abandonner en cours de route. L'abandon étant dommage pour la peine déjà prise mais surtout on risque d'avoir misé sur un séchage court alors qu'il s'allongera et vous fera perdre patience. Vous risquez de dépasser la date que vous vous étiez fixée (qui conditionne vraisemblablement la période de vos prochaines vacances sur le bateau) et par dépit vous ferez tout de même le traitement bien que le séchage soit incomplet ce qui est la façon la plus sûre de le rater.

NOTA 4 : le chauffage par l'intérieur du bateau est-il intéressant ? Oui il peut l'être surtout si les fonds intérieurs ne sont pas peints ou gelcoatés (sinon l'humidité ne sortirait pas ou pas vite). D'autre part l'épaisseur du stratifié étant forte dans cette zone, ce sera long pour que le séchage intérieur "remonte" à la surface extérieure. Il ne peut donc être utilisé seul mais en complément du séchage extérieur.

#### 2-6°) CONTROLE DE L'HUMIDITE DU STRATIFIE

On ne peut engager des frais importants de traitement anti-osmose sans prendre toutes les précautions pour qu'il soit réussi. Un point important est donc de contrôler le séchage du stratifié par des mesures périodiques.

Le contrôle consistant à mettre un carré de film plastique polyane collé sur son pourtour sur la coque est insuffisant. En effet, même si votre stratifié est sec, vous enfermez de l'air qui est à 80% d'humidité par exemple. Si cet air se refroidit, il pourra contenir moins d'eau et il condensera : vous aurez des gouttelettes alors que votre stratifié est sec. Et inversement si cet air s'échauffe.

C'est un procédé ancien, cité souvent et qui a la vie dure bien que son efficacité soit plus que douteuse.

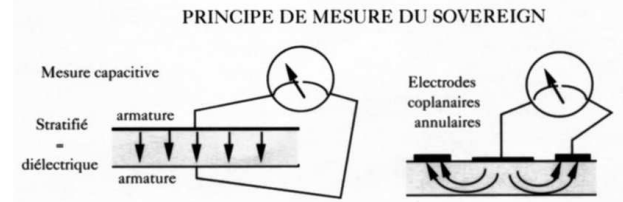
Les mesures d'humidité peuvent se faire avec différents appareils dont la plupart fonctionnent suivant deux principes :

- les uns comportent deux électrodes en forme de pointes. On appuie l'appareil sur la surface pour faire pénétrer les électrodes dans le stratifié. L'appareil mesure la résistance électrique entre les deux électrodes et cette résistance étant dépendante de l'eau contenue dans le matériau, la lecture indique l'humidité. L'appareil est donc gradué en % d'humidité.

Cet appareil n'est pas très approprié pour des mesures sur une carène intacte que l'on contrôle pour savoir si elle est osmosée ou non car elle a l'inconvénient de faire, à chaque point de mesure, deux petits trous dans le gelcoat, trous par lesquels l'eau pourra pénétrer facilement.

- les autres sont des appareils à ultra-sons qui mesurent la capacité du condensateur constitué par le stratifié (comme diélectrique) pris entre deux armatures (les électrodes annulaires de l'appareil qui ne sont pas face à face mais coplanaires), la valeur de cette capacité étant fonction de l'humidité contenue dans le stratifié. Ils sont eux aussi

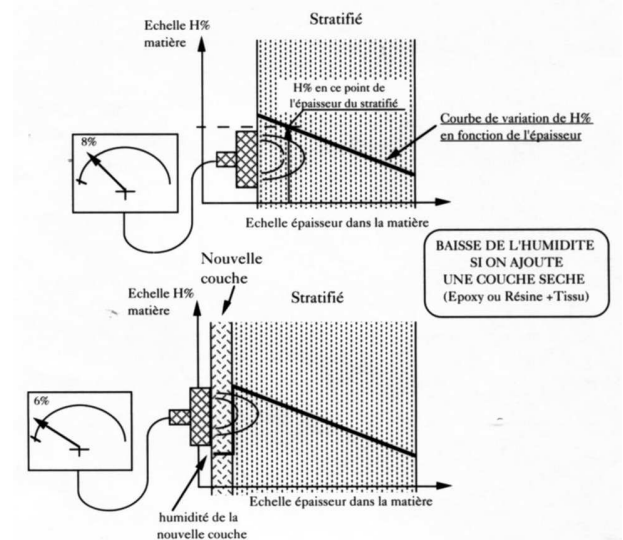
gradués en % d'humidité et peuvent comporter différentes échelles de lecture.



Ils ont l'avantage de ne pas faire de trous en surface et surtout les ultra-sons pénètrent à l'intérieur du stratifié. Ils donnent donc une valeur de l'humidité dans la matière et non simplement à sa surface immédiate comme c'est le cas avec l'appareil précédent.

Donnent-ils une valeur moyenne ou la valeur maxi rencontrée dans l'épaisseur ?

La valeur maxi d'après le fabricant, une valeur moyenne semble t-t-il en réalité, car si on ajoute une couche sèche (une couche d'époxy par exemple) sur un stratifié à 8%, la mesure va tout de suite baisser à 6% alors que l'humidité n'a pas varié en fait.



Il ne faut pas prendre la valeur lue comme une valeur absolue : si on lit 15% cela ne veut pas dire qu'il y a 15% d'eau dans la matière.

Il est donc totalement faux de prendre comme base cette valeur lue et d'en tirer par calcul, une estimation d'augmentation de poids de la coque.

Essayons tout de même de répondre à la question qui est souvent posée : "mon bateau de 10 mètres s'est-il alourdi de 500 kg par absorption d'eau, comme cela a déjà été écrit ?"

Différents tests en laboratoires ont déjà été faits, nous en reparlerons plus loin au chapitre 6 - Parag. 4-11.

On peut retenir la valeur typique suivante : 1 % en poids pour notre stratifié banal.

Soit pour un voilier de 10 m ayant une surface de carène de 20 m<sup>2</sup> environ et une épaisseur moyenne de coque de 10 mm, une augmentation de poids de 3 kg environ. C'est tout à fait négligeable et ce n'est donc pas pour cette raison que l'osmose est à traiter.

Il faut donc utiliser ces mesures pour leur valeur relative, c'est-à-dire savoir qu'avec tel appareil 2% correspond à un matériau sec, 15% à un matériau déjà humide susceptible de présenter des signes d'osmose, 25% un matériau pratiquement gorgé d'eau, il n'en prendra pas plus, il y a saturation. L'interprétation des résultats est donc le fruit d'un grand nombre de mesures, faites avec le même appareil et que l'on

sait "traduire". Cela demande donc une expérience en la matière.

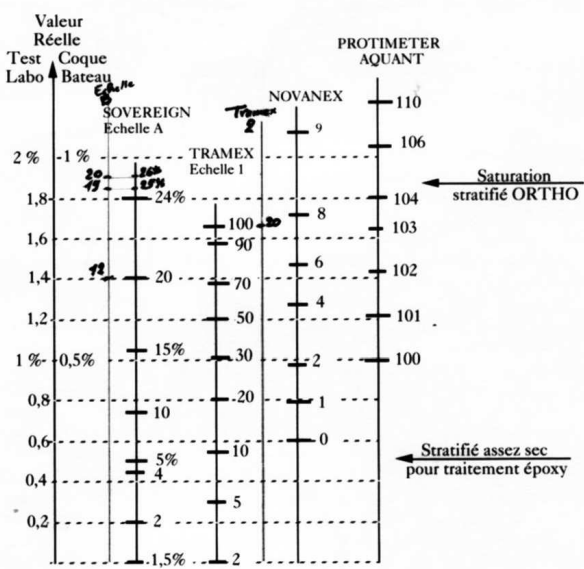
Echelle des valeurs sur un "SOVEREIGN - Moisture Master", appareil anglais utilisé couramment (voir photo 2-12) :

Sur échelle A

- stratifié neuf : 1 à 2%.
- stratifié ancien mais au-dessus de la flottaison : 2 à 3%.
- stratifié considéré comme redevenu sec pour permettre l'application d'époxy de traitement curatif : 5%.
- bateau ancien avec une osmose non vicieuse : 15 à 18%
- bateau ancien ou osmose profonde : 22 à 25 %
- maxi rencontré : 25% : il y a saturation et le stratifié n'absorbe pas plus. On expliquera ce phénomène au Chapitre 6 - Parag. 4-11.

Le dessin ci-après établit la comparaison des indications de différents appareils les uns par rapport aux autres et par rapport à l'humidité réelle.

Comparaison des indications de différents appareils de mesure du H% du stratifié



Etude du Southampton Institute of Higher Education

Valeur Réelle Test en labo : selon étude du Southampton Institute of Higher Education. Eau à 60°C, immersion totale (deux faces exposées à l'eau), plaques ép. 5,5 mm à prédominance de mats.

Valeur Réelle Coque Bateau : d'après essais IFREMER : résine ORTHO, eau à 20°C, immersion totale (deux faces exposées à l'eau), plaques ép. 3 mm, Tissage U.D. et transposition par l'auteur à eau 20°C environ, une seule face exposée à l'eau et prédominance de mats.

On voit que les deux appareils de droite sont peu adaptés, leur plage de mesure ne descendant pas assez bas, dans la zone des 5% SOVEREIGN, niveau qu'il faut approcher pour savoir si le séchage est suffisant ou non.

Dans le cas de mesures sur bateau non encore traité donc sur un bateau ayant encore gelcoat et anti-fouling, il faut les faire sur le gelcoat nu, débarrassé de la peinture antifouling qui est, elle, gorgée d'humidité. Or ce n'est pas elle qui nous intéresse.

Le nombre de points de mesure est variable. Sur une carène intacte que l'on contrôle pour savoir si elle est osmosée ou non, le nombre variera suivant le résultat des premières mesures : si celles-ci donnent des valeurs très variables (5% puis 18% puis 7% par exemple) il faudra étendre le nombre de points de contrôle.

Cependant, on sera généralement étonné de trouver des valeurs très voisines et dans ce cas trois mesures de chaque

côté pour une coque de 10 m donneront des résultats significatifs. Pourquoi des résultats très voisins? Parce que la pénétration de l'eau à travers le gelcoat est quasiment uniforme pour un bateau de quelques années, il n'y a pas d'osmose localisée ou tout au moins cela est très rare. Tout au plus peut-il y avoir des zones où l'humidité est légèrement plus forte mais sans que ce soit significatif. Ces zones peuvent être là où une entrée d'eau s'est produite comme près d'une prise d'eau qui a perdu son étanchéité ou près des vis de fixation d'une crépine ou dans une zone où il y a eu trop de solvant (acétone) dans le gelcoat, l'ayant rendu poreux localement par les "trous d'aiguilles" qui en résultent généralement.

Mais répétons le, l'osmose touche presque toujours tout ou rien.

Dans le cas de mesures d'une carène qui est en cours de séchage, on fera 5 à 7 points de chaque côté, selon la taille du bateau. Cela sera suffisant pour contrôler le séchage. Cependant quand celui-ci sera presque à terme, on étendra le nombre de points pour ne pas oublier de zone encore humide.

Car lors du séchage de la carène on pourra trouver des zones qui manifestement sèchent beaucoup moins vite et même pas du tout. Ce sont les zones où il y a de la mousse à l'intérieur comme par exemple l'isolation des glacières ou frigos intégrés à la coque c'est-à-dire où la mousse d'isolation a été injectée entre la coque et le bac constituant la glacière. Cette mousse est donc adhérente à la coque. Au fil des ans elle s'est gorgée d'eau et elle réalimente le stratifié en humidité au fur et à mesure du séchage. Le séchage en cette zone demanderait un temps infini.

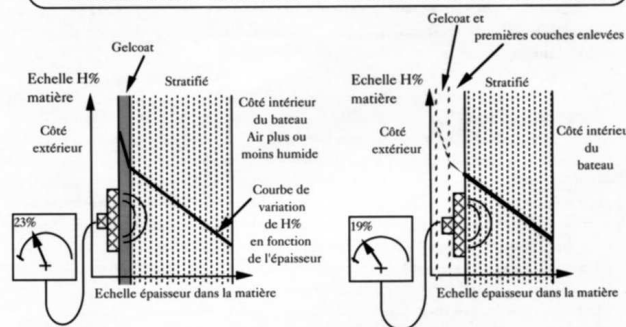
C'est le cas aussi des raidisseurs de coque constitués d'omégas en tissu stratifié sur de la mousse. C'est aussi le cas de certaines pièces qui sont remplies de mousse à la construction, par exemple les ailerons de safran rapportés ou les safrans eux-mêmes.

Alors tant pis pour ces zones, il faut tout de même faire le traitement si tout le reste est sec, en sachant et en admettant toutefois que l'osmose puisse réapparaître en ces endroits, heureusement réduits en surface.

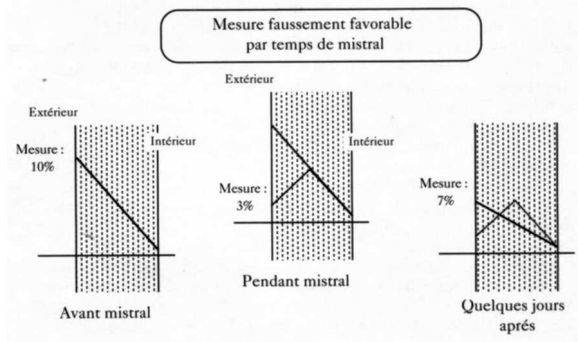
Pour décider si le séchage est suffisant il est nécessaire de trouver des valeurs correctes plusieurs fois de suite. En effet on s'apercevra que pour un même point le séchage subit des variations notoires.

Par exemple, juste après le sablage on constate une baisse significative du taux d'humidité. Parce que la couche extérieure plus humide a été décapée d'où baisse du taux :

VARIATION DE L'HUMIDITE EN FONCTION DE L'EPaisseur ET BAISSÉ DE L'HUMIDITE SI ON ENLEVE LES COUCHES EXTERIEURES PLUS HUMIDES



Ne pas non plus se laisser abuser par des mesures favorables en cas de mistral par exemple, la couche superficielle séchant alors puis remontant en humidité quelques jours plus tard :



NOTA : dans le cas d'expertise pour diagnostiquer s'il y a osmose ou non, il est indispensable de faire des mesures d'humidité dans les buts suivants :

- cela permet de détecter une osmose alors qu'il n'y a pas de bulles à l'extérieur : "osmose des vieux bateaux" en particulier.
- cela permet de voir si l'humidité est uniformément répartie sur toute la carène auquel cas toute la carène doit être traitée : c'est le cas général.
- ou si l'humidité est faible partout auquel cas les quelques bulles sont un défaut ponctuel qui peut, momentanément, se contenter d'un traitement ponctuel.
- en cas de bulles extérieures évidentes et dans le cas de bateaux anciens : cela permet de confirmer l'osmose et surtout d'apprécier si compte tenu du taux d'humidité on risque d'avoir un séchage long ou pas et si l'osmose est sérieuse ou bénigne.

### 2-7°) TEMPS DE SECHAGE

Le temps de séchage est fonction du mode utilisé, des conditions atmosphériques et aussi pour une part importante de l'humidité du stratifié, au départ. Seules des mesures régulières, avec un appareil approprié, permettent de déterminer si le séchage est suffisant ou non.

On admet qu'un taux d'humidité du stratifié autour de 5% (avec un mesureur "SOVEREIGN", échelle A) est une valeur satisfaisante pour décider que le séchage est suffisant.

On peut indiquer des temps de séchage moyens de :

- 6 à 12 mois à l'extérieur, en climat méditerranéen, avec peu de mistral.
- 3 à 6 mois avec beaucoup de mistral.
- 3 à 4 mois avec un ventilateur chauffant.
- 2 à 3 mois sous bâche, avec un déshumidificateur électrique.

### 3°) TRAITEMENT PROPREMENT DIT

Le traitement proprement dit ne se fera que sur un stratifié redevenu sec. Ceci est impératif.

Le traitement peut varier selon les produits utilisés. On peut citer un principe général suivant, valable pour le GELSHIELD ou produit du même type :

- les produits utilisés sont exclusivement à base de résine époxy.
- on commence par l'application, au pinceau, de la résine pour imprégner la fibre nue.
- puis on applique une ou plusieurs couches (suivant nécessité) de mastic époxy (proscrire absolument les mastics polyester) pour ragréer la carène. Généralement plusieurs enduisages sont nécessaires pour obtenir une carène lisse. La qualité du résultat obtenu dépend essentiellement du "coup de patte" de l'enduseur. On ne s'improvise pas enduseur comme cela. De même qu'un bon carrossier ou un bon plâtrier saura "tirer" des enduits parfaits, alors qu'un mauvais opérateur

obtiendra un résultat médiocre même en y revenant de nombreuses fois.

- application de plusieurs ( nombre : suivant le produit employé) couches de résine époxy.
- primaire éventuel et antifouling.

Il faut respecter les conditions de température et d'hygrométrie de l'air ambiant au moment de l'application et respecter les temps mini et maxi entre chaque opération pour un durcissement minimum de la couche précédente (pour un époxy sans solvant le durcissement total se fera par la suite même si la couche est recouverte) et un bon accrochage des couches entre elles, ce qui est vital.

Si les temps maxi sont dépassés il est nécessaire de faire un ponçage avant de passer la couche suivante mais cela a l'inconvénient de réduire l'épaisseur de la couche précédente donc de diminuer l'épaisseur du "bouclier".

\*\*\*\*\*

Le principe étant posé, détaillons maintenant quelques systèmes.

### 3-1°) "GELSHIELD" d'INTERNATIONAL.

Résine époxy : GELSHIELD, produit bi-composant avec base (c'est la résine proprement dite) et durcisseur (c'est le catalyseur).

Résine quasiment sans solvant (98% d'extrait sec), s'appliquant au pinceau ou au rouleau. Température mini d'application : 14 °C.

La résine est vert translucide dans les buts suivants:

- le vert translucide permet de détecter plus facilement les micro bulles qui apparaissent en blanc alors qu'avec une résine transparente on ne les voit pas bien.
- pour déterminer l'épaisseur passée on peut se "régler" à la couleur : des peignes crantés (jauges d'épaisseur du film humide) sont fournis avec le produit. Au début on contrôle l'épaisseur avec le peigne et on note la couleur correspondant à l'épaisseur correcte. Puis on abandonne le peigne et on continue en maintenant la même couleur. Si l'épaisseur est insuffisante, la couleur tourne au vert clair. Si l'épaisseur est trop forte la couleur tourne au vert foncé.

Enduit (mastic) époxy : INTERFILL 830 bi-composant (base et durcisseur). Produit sans solvant (extrait sec 100%), densité 0,74. S'applique au couteau à enduire ou spatule.

### Processus du traitement :

- une couche de GELSHIELD au pinceau pour bien imprégner la fibre. Si la surface est très dégradée, bien aller dans tous les recoins en particulier autour des chancres et bien chasser l'air des cavités pour éviter d'emprisonner des bulles d'air.

- une couche de mastic époxy INTERFILL pour ragréer la surface. Généralement un seul passage sera insuffisant pour obtenir un bon résultat du premier coup, il faut le faire en plusieurs passes en essayant de limiter à 2, sachant que l'on doit poncer entre les couches.

Il faut soigner les différentes couches d'enduit car les défauts de surface de chacune (couleurs, bavures, excès locaux) obligent à des ponçages difficiles du fait de la dureté de la matière une fois polymérisée.

Les mastics époxy sont en fait une résine époxy chargée avec des micro billes creuses de verre pour donner du volume sans augmenter la densité. Si la résine époxy est sans solvant, ce



sera en plus un mastic sans retrait à la polymérisation. Ne pas utiliser des charges incluant du talc qui est avide d'eau.

- Poncer puis appliquer 2 ou 3 couches de GELSHIELD : l'épaisseur requise est 100 microns (1/10ème de mm) par couche.

Bien lisser au pinceau plat, large mais peu épais ou au "pad" (mohair sur plaque arrondie) surtout en cas de température d'application élevée (au dessus de 20 °C) qui favorise le phénomène de bullage. Préférer le travail à deux pour cette opération : l'un passe le GELSHIELD et l'autre derrière lisse tout de suite. Si les temps de sur-couchage (en particulier la durée maxi qu'il ne faut pas dépasser pour passer la couche suivante) sont respectés, il n'y a pas de ponçage intermédiaire à faire.

- une couche de GELSHIELD 200 : joue le rôle de primaire pour l'antifouling.

- antifouling : 2 couches.

Respecter les recommandations d'application des fiches produits en particulier on peut rappeler :

- ne pas appliquer en dessous de 14°C sinon la polymérisation de la résine risque d'être bloquée.

- ne pas appliquer sur un support froid (c'est votre coque). Même si la température ambiante est à 16°C/60 % mais si votre coque est à 10°C, parce qu'elle s'est refroidie au cours de la nuit et n'est pas encore réchauffée, n'appliquez pas : l'air que vous allez enfermer sous le film de résine va à son tour descendre à 10°C au contact de la coque froide et il va condenser : vous enfermez de l'eau qui va tout de suite rediffuser dans le matériau. Ce n'est pas seulement à la première couche qu'il faut faire attention, c'est à chaque couche, le problème étant le même à chaque fois.

C'est un point capital et contraignant que l'on néglige souvent. Ceci est d'ailleurs valable pour une application de peinture ou vernis sauf que suivant le support cela peut être plus tolérant (bois par exemple : cette condensation va se diffuser dans le bois sans créer de problème) et suivant le type de peinture cela peut être plus tolérant aussi (peinture absorbant l'humidité pendant l'application et la rejetant ensuite dans l'atmosphère).

Pour notre traitement anti-osmose il ne faut surtout pas négliger cela.

Le tableau suivant donne la température du point de rosée c'est-à-dire la température de formation de la condensation ( votre coque ne doit pas être en dessous de cette température ), en fonction de l'air ambiant (sa température et son humidité relative).

AIR AMBIANT			COQUE			AIR AMBIANT			COQUE			AIR AMBIANT			COQUE								
T °C	H %	T° de contact doit être supérieure à	T °C	H %	T° de contact doit être supérieure à	T °C	H %	T° de contact doit être supérieure à	T °C	H %	T° de contact doit être supérieure à	T °C	H %	T° de contact doit être supérieure à	T °C	H %	T° de contact doit être supérieure à						
+8	40	0,0	+14	40	4,0	+20	40	8,6	+26	40	13,0	+32	40	17,6	+38	40	22,2	+44	40	26,8			
	50	2,0		50	6,0		50	11,2		50	16,0												
	60	3,4		60	8,0		60	13,3		60	18,7												
	70	4,7		70	10,0		70	15,5		70	20,7												
	80	5,7		80	11,5		80	17,0		80	22,6												
90	6,7	90	12,7	90	18,7	90	24,3																
+10	40	1,3	+16	40	5,5	+22	40	10,0	+28	40	14,8	+34	40	19,6	+40	40	24,4	+46	40	29,2	+52	40	34,0
	50	3,3		50	8,0		50	12,5		50	18,0												
	60	5,0		60	10,0		60	15,0		60	20,5												
	70	6,0		70	11,7		70	17,0		70	22,6												
	80	7,7		80	13,2		80	18,7		80	24,5												
90	9,0	90	14,8	90	20,5	90	26,3																
+12	40	2,5	+18	40	6,7	+24	40	11,6	+30	40	16,6	+36	40	21,6	+42	40	26,6	+48	40	31,6	+54	40	36,6
	50	4,7		50	9,4		50	14,3		50	20,0												
	60	6,0		60	11,5		60	16,6		60	22,6												
	70	8,0		70	13,3		70	18,7		70	24,8												
	80	9,4		80	15,0		80	20,7		80	27,0												
90	10,8	90	16,5	90	22,5	90	28,8																

D'après les chiffres donnés ci-dessus vous voyez tout de suite que c'est plus contraignant qu'il n'y paraît : 60%, ce n'est pas très humide, pourtant cela se traduit certainement par une impossibilité d'application avant 11H et à stopper à 15-16H en mi-saison.

En plein été ce problème existe toujours : prenez l'exemple de l'air ambiant à 30°C/80%, c'est courant, vous aurez de la condensation si votre coque n'est pas à 27°C. Vous voyez que ce n'est pas gagné d'avance, loin de là.

Mais si je respecte les conditions je vais tout de même enfermer de l'air qui va se refroidir et condenser la nuit suivante ? Non, si les conditions étaient bonnes, en fait vous n'enfermez pas d'air car il s'échappe, poussé et débullé par votre pinceau ou rouleau alors que les gouttelettes de rosée ne peuvent s'échapper, vous les enfermez. La différence est là.

Alors on retrouve le même problème : soit mettre une tente et chauffer légèrement mais constamment pour diminuer l'humidité de l'air et réchauffer la coque soit appliquer en prenant des précautions : pour cela il faudrait avoir un minimum d'équipements : un thermomètre et un hygromètre pour mesurer température et hygrométrie de l'air ambiant, un thermomètre à contact pour mesurer la température de la coque.

Vous avez déjà vu cela ? Non évidemment. Mais vous avez déjà vu des applications qui ratent alors que tout avait été bien fait et on ne comprend pas.....

- ne pas appliquer sur un support trop chaud et quand il fait trop chaud (en été, en milieu de journée, en plein soleil). T° maxi du produit et du support, c'est-à-dire la coque : 30°C. Température trop forte = bullage et micro porosités. Ne pas laisser les boîtes de produit au soleil. Mettre éventuellement une bâche pare-soleil si l'on veut travailler aux heures chaudes.

- le mélange base/durcisseur se fait à la main, un brassage mécanique (mélangeur à hélice sur perceuse) trop énergique, enfermerait trop d'air dans la matière.

Après mélange, verser dans un bac plat et large et attendre 5 à 10 mn pour que l'air inclus dans le produit puisse s'échapper.

- commencer l'application après 10-11H (suivant la saison) pour que l'humidité superficielle de la nuit ait pu disparaître.

- si la température ambiante est trop faible cela fait remonter les amines (composants du durcisseur) à la surface lors de la polymérisation, on a alors un voile gras en surface. Si c'est le

cas, rincer abondamment au jet d'eau douce avant d'appliquer la couche suivante.

- respecter les temps mini et ne pas dépasser les temps maxi entre couches sinon il faut un ponçage intermédiaire. Il faut donc organiser son planning de travail.

Par exemple, pour un bateau de 10m et compte tenu de la température ambiante, si le temps de sur-couchage est de 5 à 20 H, il faut prévoir, pour 4 couches :

- Jour 1 : vers 16 h : une couche de GELSHIELD. Ne pas commencer trop tôt sinon la durée sera trop longue entre cette couche et la suivante.

- Jour 2 : vers 10 h : enduit INTERFILL 830. Pas plus tôt sinon risque d'humidité résiduelle de la nuit et pas trop tard car c'est une opération longue.

- Jour 3 : vers 10 h : reprise d'enduit.

- Jour 4 : vers 16 h : ponçage et une couche de GELSHIELD.

- Jour 5 : une couche de GELSHIELD vers 10 h et une autre vers 17 h.

- prévoir les différents solvants de nettoyage, bien particuliers pour ces produits, pour ne pas rater le traitement par une attente intempestive qui pourrait en résulter.

Par contre ne pas diluer les produits. Si le produit est trop dur à étaler (pas assez fluide), il ne faut pas le diluer mais le réchauffer dans sa boîte au bain-marie. Les solvants ne servent que pour le nettoyage des outils.

- prévoir un séchage d'une semaine après la dernière couche pour un durcissement complet à cœur et éviter la destruction ou le "plissement" du revêtement époxy par la pression des sangles lors de la mise à l'eau.

### 3-2°) VC SYSTEME D'EXTENSOR

La résine époxy est différente et les produits sont passés dans un ordre chronologique différent par rapport au système GELSHIELD.

Résine époxy : VC TAR, appelée aussi "brai époxy", produit bi-composant avec base et durcisseur. Résine avec solvant (60 % d'extrait sec), s'appliquant au pinceau, au rouleau "patte de lapin" c'est-à-dire le petit rouleau ou au pistolet, en particulier les petits pistolets électriques (donc pas besoin d'air comprimé) genre "WAGNER" qui sont d'un prix modeste ou que l'on trouve aisément en location.

Température mini d'application : 5 °C.

Ici le principe est un peu différent car s'agissant d'un produit solvanté, il peut y avoir création de micro porosités lors de l'évaporation du solvant au cours du séchage. L'étanchéité va donc être obtenue par la superposition de nombreuses couches fines de telle façon que la probabilité d'avoir une porosité débouchant à la surface devienne nulle : une porosité dans une couche a peu de chance d'être recouverte par une nouvelle porosité de la couche suivante et ainsi de suite.

L'avantage du produit solvanté c'est que cela permet de le passer au pistolet et avec une température ambiante assez basse.

Nota : si on met en fin de traitement un antifouling de couleur claire, il y a lieu d'utiliser le VC LIGHT PRIMER et non le VC TAR car celui-ci peut amener une décoloration de l'antifouling par remontée bitumineuse. C'est aussi le cas si l'antifouling est du VC OFFSHORE, au téflon sans cuivre.

Enduit (mastic) époxy : VC WATERTITE bi-composant avec base et durcisseur. Produit sans solvant (extrait sec 100%), densité 1,67. S'applique au couteau à enduire ou spatule.

### Processus du traitement :

Au contraire du précédent, le processus de traitement commence d'abord par le mastic époxy :

Une couche de mastic époxy VC WATERTITE dont le but est double :

- d'abord de ragréer la surface. Comme déjà indiqué, un seul passage sera insuffisant pour obtenir un bon résultat du premier coup. Poncer entre les couches. On pourra finir par un mastic plus fin se travaillant mieux et donnant un meilleur aspect (INTERFILL 830 ou plus fin encore INTERFILL 400 d'INTERNATIONAL par exemple - il n'est pas obligatoire que les produits soient du même fournisseur).

- ensuite d'isoler la fibre de verre des couches de résine époxy. En effet celle-ci, le VC TAR, est solvantée. Si on l'applique sur le stratifié nu, le solvant va être pompé le long des fibres et pénétrer dans le stratifié. C'est pour cette raison capitale qu'il faut commencer par l'enduit.

Il est donc important que le mastic couvre bien et partout pour qu'il ne reste aucun endroit où la fibre soit à nu. Il faut aussi se méfier des fibres qui pointent perpendiculairement à la surface et qui forment des mèches qui peuvent servir de canaux de remontée du solvant.

Comme la surface est faite de creux et de bosses, il est probable que le premier ratissage d'enduit va remplir les creux mais laisser une épaisseur zéro sur les bosses. Seul un deuxième ratissage pourra déposer de la matière sur ces bosses. On pourra donc prévoir, compte tenu de ces deux aspects :

- époussetage avec une brosse pour éliminer la fibre qui est faiblement accrochée à la carène.

- premier ratissage d'enduit qu'on laisse durcir.

- ponçage pour couper toutes les fibres qui peuvent poindre à la surface.

- ratissages suivants.

- Poncer puis appliquer 7 couches de résine VC TAR : elles peuvent se passer au pistolet, ce qui est très rapide. Compte tenu du temps de sur-couchage assez court pour ce produit, on peut arriver à passer deux à trois couches par jour.

L'épaisseur requise est 50 microns (0,5/10ème de mm) par couche sèche soit, compte tenu du fait que c'est un produit solvanté, 85 microns (0,85/10ème de mm) par couche humide déposée. Si les temps de sur-couchage sont respectés il n'y a pas de ponçage intermédiaire à faire.

Certains chantiers commencent par les deux premières couches au pinceau de façon à bien imprégner le support et assurer une épaisseur plus importante. Bien lisser au pinceau plat, large mais peu épais ou au "pad".

Les précautions générales indiquées pour l'application du GELSHIELD sont aussi valables. Il faut se méfier particulièrement d'une température du produit ou du support trop forte qui donnerait une évaporation trop rapide du solvant avec risque de porosités importantes.

- antifouling : 2 couches. On peut bien sûr, bien que ce ne soit pas obligatoire, utiliser les antifouling au téflon de la gamme VC, le VC 17 m ou le VC OFFSHORE EXTRA. Si on les applique au pistolet, il faut proscrire le pistolet à air comprimé. Utiliser un petit pistolet électrique dont on prendra garde de maintenir la buse assez près de la coque (15 à 20 cm). Si la distance est trop grande, le solvant a le temps de s'évaporer avant d'arriver sur la surface, d'où un produit trop sec n'adhérant pas correctement sur le support : on aura des décollements en plaques.

### 3-3°) SYSTEME AQUASTOP DE VENEZIANI

Les produits ressemblent au GELSHIELD sauf qu'ils ne sont pas passés dans le même ordre chronologique.

Résine époxy : AQUASTOP, produit bi-composant avec base et durcisseur.

Résine sans solvant (100% d'extrait sec), s'appliquant au pinceau. Température mini d'application : 5 °C.

Enduit (mastic) époxy : EPOMAST BPS bi-composant avec base et durcisseur. Produit quasiment sans solvant (extrait sec 97%), s'appliquant au couteau à mastic ou spatule.

#### Processus du traitement :

- trois couches d' AQUASTOP au pinceau. Bien imprégner la fibre pour la première. L'épaisseur requise est de 200 microns (2/10ème de mm) par couche. Si le temps maxi de sur-couchage, dépendant de la température (24 H pour 25 °C/70 % d'hygrométrie), est dépassé, poncer avant la couche suivante.

- enduit mastic époxy EPOMAST BPS pour ragréer la surface. Un seul passage sera insuffisant pour obtenir un bon résultat du premier coup. On pourra donc commencer par un mastic épais EPOMAST BPS puis finir par un mastic plus fin l' EPOMAST donnant une bonne finition. Poncer entre les couches.

- Poncer, puis une couche d' ADHERGLASS qui joue le rôle de primaire pour bien accrocher l'antifouling sur le mastic époxy.

- antifouling : 2 couches.

#### 3-4°) SYSTEME BRIGNOLA

La présentation des produits est tout à fait différente puisqu'on a un seul produit réunissant à la fois les fonctions de résine et de mastic époxy.

- enduit à la résine époxy très chargée : OSMOSHELL, produit bi-composant avec base et durcisseur. C'est une résine très chargée, quasiment sans solvant (98% d'extrait sec) dont la consistance est plus fluide que les mastics précédents ce qui rend son application plus facile même en forte épaisseur. Son rôle est de ragréer la carène et en même temps de constituer la barrière étanche.

Le principe d'application est le suivant : pour constituer l'épaisseur requise qui est de 1 mm, l'application se fait en deux temps :

- une couche est passée avec une spatule crantée, la dimension des dents étant telle que l'on dépose des "sillons" contigus de 1 mm.

- après durcissement de la première couche on en passe une deuxième, croisée avec la première et au moyen d'une spatule droite cette fois. On comble ainsi les creux des sillons de la première pour obtenir un revêtement uni de 1 mm.

Si la surface à traiter n'est pas trop bosselée, on peut effectivement suivre cette méthode. C'est particulièrement le cas avec un décapage par rabotage, sans sablage.

Par contre, si la surface est trop bosselée comme c'est souvent le cas avec le sablage, cette application doit être précédée d'un ratissage classique à la spatule droite pour combler les creux et obtenir une surface plus régulière qui permettra de passer les deux couches suivant le principe de base exposé ci avant.

Température mini requise pour l'application du produit : 10°C.

#### Processus du traitement :

-1 couche d'enduit OSMOSHELL à la spatule droite pour imprégner la fibre et rattraper la surface. Dans le cas d'une surface déjà parfaite (cas du rabotage seul par exemple) cette opération n'est pas à faire.

-1 couche d'enduit OSMOSHELL à la spatule crantée.

- puis, après durcissement, une deuxième couche d'enduit OSMOSHELL à la spatule droite.

Il faut soigner les différentes couches d'enduit car les défauts de surface de chacune (coulores, bavures, excès locaux) obligent à des ponçages difficiles du fait de la dureté de la matière une fois polymérisée.

- si quelques défauts de surface subsistent encore : ponçage et ratissage fin à l'enduit NELSON LIGHTWEIGHT.

- ponçage et 1 couche de NELSON FONDO EPOSSIDICO LE (solvanté : extrait sec 40%), primaire époxy, pour accrochage de l'antifouling.

- antifouling : 2 couches de NELSON LONGLIFE TF, par exemple, si on choisit de rester dans la gamme BRIGNOLA.

#### REMARQUES :

On peut se demander pourquoi, pour des produits similaires (ne pas comparer des produits non solvantés et des produits solvantés), les conditions de température d'application sont si différentes : de 14°C à 5°C. Est-ce pour les uns, par excès de prudence, par meilleure expérience, par connaissance plus étendue de résultats pratiques plus nombreux ?

Pour les autres, par volonté commerciale ("si un produit est plus tolérant, il se vendra plus facilement"), par un jugement assis plus sur des essais en laboratoire plutôt que sur un retour d'information des résultats pratiques ?

Certains recherchent d'abord l'étanchéité et "constatent" les facilités d'application sans les rechercher en premier lieu, pourvu qu'elles soient acceptables.

D'autres visent d'abord des conditions d'application faciles, même par temps froid par exemple.

#### 3-5°) QUELQUES CAS PARTICULIERS

##### Bateaux sans gelcoat

C'est l'osmose type 2-27 précédemment décrite. Il n'y a pas besoin de sablage ni de rabotage. Il faut seulement décaper le film de peinture, constitué généralement de l'antifouling bien sûr mais aussi d'une ou deux couches de peinture, genre peinture polyuréthane, qui a été appliquée pour faire un écran d'étanchéité, inefficace, on l'a vu. Ce décapage peut se faire par ponçage ou mieux encore avec un ciseau à bois qui a l'avantage de ne pas faire de poussière. Dans les deux cas on obtient une surface lisse qu'il n'est pas nécessaire de ragréer par un mastic époxy. On fait donc dans ce cas une économie substantielle en matière et en temps.

On passe directement les couches de résine époxy dont on augmentera tout de même le nombre pour compenser l'absence de mastic qui apporte lui aussi sa contribution au bouclier étanche bien que ce ne soit pas son rôle premier. Par exemple on passera cinq couches de GELSHIELD au lieu des quatre traditionnelles.

Par contre, on a vu que dans le système EXTENSOR à base de mastic VC WATERTITE et de résine VC TAR, il était impératif de commencer par le mastic pour isoler la résine solvantée de la fibre de verre.

Cela veut dire que voulant éviter le mastic, ce serait une erreur d'employer ce système pour ce cas particulier. Il est même à rejeter car même si on le voulait, il est pratiquement impossible de laisser partout une épaisseur de mastic suffisante puisqu'on ratisse sur une surface lisse, sans relief qui accroche le mastic.

Un système avec résine solvantée, EXTENSOR ou équivalent, n'est donc pas adapté pour ce cas particulier, il faut un système sans solvant.

### Décapage du gelcoat par rabotage seul

Si le rabotage a été fait avec doigté on peut obtenir aussi une surface qui n'a pas besoin d'être ragréée avec du mastic époxy ou si peu, localement, et en épaisseur très faible donc ne constituant pas une isolation entre la fibre et une résine solvantée.

Dans ce cas encore et pour les mêmes raisons, le traitement avec le système EXTENSOR, ou tout autre utilisant une résine solvantée, est à rejeter.

### Cas de délamination

Si le délamination se situe à l'interface 1er mat/2ème mat : on le fait sauter au sablage et il y aura un mat de moins, c'est acceptable.

Si le délamination se situe à l'interface entre le 2ème mat et le reste : on le fait sauter au sablage et il y aura deux mats de moins, c'est acceptable ou non suivant la taille du bateau, la "générosité" de l'épaisseur d'origine.

Si on connaît la composition du stratifié on peut déjà faire un calcul, compte tenu du maillage des renforts c'est-à-dire des dimensions du panneau de bordé pris entre les renforts, pour évaluer la diminution de résistance et donc la diminution de la pression admissible sur ce bordé. Encore faut-il être capable d'évaluer si cette diminution est acceptable ou non car même importante, la résistance peut encore être suffisante si elle était pléthorique avant, alors qu'une faible réduction d'épaisseur peut être inacceptable dans le cas d'un sandwich ou d'un bateau de course dont la peau est déjà très mince. On entre là dans le domaine délicat des hypothèses de calcul, des modes de calcul et normes diverses (ABS, VERITAS, LLOYDS etc) qui dans la pratique de telles réparations sont ignorées. On marche "au pif" encore faut-il qu'il soit bon.

Dans les cas graves de délamination au milieu de l'épaisseur, il faut reconstituer le stratifié. On va meuler en biseau, aussi long que possible, et re-stratifier des tissus et mats. La difficulté c'est que l'on travaille alors "au plafond". Les tissus imprégnés de résine sont lourds et peuvent se décoller et tomber. D'une part ce n'est pas confortable pour travailler, ceux qui l'on déjà fait savent de quoi il s'agit. D'autre part une bonne qualité du stratifié est difficile à obtenir.

Il faut travailler plutôt avec beaucoup de couches légères que l'on pose l'une après polymérisation de la précédente, en avançant tout doucement par zones réduites.

Les renforts lourds ou avides de beaucoup de résine sont déconseillés, en particulier les rovimsats sauf s'ils sont légers comme du 300/300 (un seul tissu formé d'un mat 300g/m<sup>2</sup> et d'un roving 300 g/m<sup>2</sup> cousus ensemble).

Une résine spécialement formulée pour augmenter sa thixotropie, c'est-à-dire une résine qui "coule" moins, peut améliorer le travail et être indispensable dans certains cas.

Ces réparations délicates se font généralement sans aucun contrôle. Qu'en est-il de tels bateaux réparés? Il est probable qu'ils vont se retrouver sur le marché de l'occasion.

## **4°) LES TRAITEMENTS NOUVEAUX**

Les traitements classiques cités auparavant ont en commun un inconvénient assez lourd, c'est le temps de séchage assez long qui est requis, disons pour simplifier entre 4 à 12 mois selon les procédés.

De nouveaux procédés ou traitement ont vu le jour.

### 4-1°) EXTRACTION DE L'HUMIDITE PAR LE VIDE

La première idée est de penser qu'en faisant le vide on aspire l'eau contenue dans le stratifié.

La deuxième idée est que le principe d'action du procédé est plutôt de faire évaporer ou bouillir l'eau en diminuant la pression. Rappelez vous, à l'école on apprenait qu'en haut du Mont Blanc, où la pression atmosphérique est plus faible, l'eau bout à 80° environ et non pas 100 °C.

En faisant le vide, la pression de vapeur diminue et on baisse la température d'ébullition de 100° C à une température qui peut être la température ambiante de 5°, 10° ou 20°, cela dépend de la dépression que l'on fait. Pour faire bouillir l'eau à ces températures il faut un vide important.

Mais que ce soit de l'eau sous forme liquide ou vapeur, il faut que le stratifié soit poreux pour qu'elle soit aspirée. Rappelons qu'en fait il y a aspiration dans la mesure où il y a pression atmosphérique de l'autre côté, autrement dit si l'eau est aspirée ce n'est pas parce que la "nature a horreur du vide" mais parce que la pression atmosphérique est présente de l'autre côté. Dans notre cas il faudrait que la pression atmosphérique puisse "traverser" le stratifié par ses porosités pour chasser l'humidité par l'autre côté.

Pour faire le vide on utilisera les mêmes outillages que pour faire du moulage de stratifié sous vide :

- une bâche ou poche à vide : c'est un film de plastique polyane ou équivalent.

- pour fixer ce film plastique sur la coque et d'une façon étanche on utilise un ruban ou boudin de mastic autocollant sur ses deux faces.

- pour que, sous la pression atmosphérique, le film ne soit pas plaqué sur la paroi ce qui empêcherait la diffusion de l'aspiration sur toute la surface. Il faut disposer entre la poche à vide et la coque un tissu de pompage qui soit suffisamment poreux, comme une éponge, pour que l'air aspiré puisse le traverser et qui ait une tenue mécanique suffisante pour qu'il ne s'écrase pas complètement sous la pression.

En général on utilise le tissu fibreux de couleur verte type "Scotch-Brite", en rouleau de grande dimension bien sûr.

- l'aspiration se fait par un tuyau. Le bout est lui-même enveloppé de ce tissu de pompage pour créer une "crépine" d'aspiration sinon le film plastique se plaquerait sur son extrémité et empêcherait la diffusion de la dépression.

- la pompe à vide : elle va aspirer jusqu'à atteindre la valeur de la dépression réglée au pressostat (ou contact manométrique ou mano contact), équivalent au thermostat pour réguler une température, et là elle va s'arrêter. En moulage sous vide on travaille généralement à 0,7 bars, parce que ça suffit et que plus on veut descendre en vide plus la pompe va se remettre en route souvent pour compenser les fuites qui existent toujours bien qu'on essaye de les diminuer en écoutant : une fuite provoque un petit chuintement qui permet de la détecter.

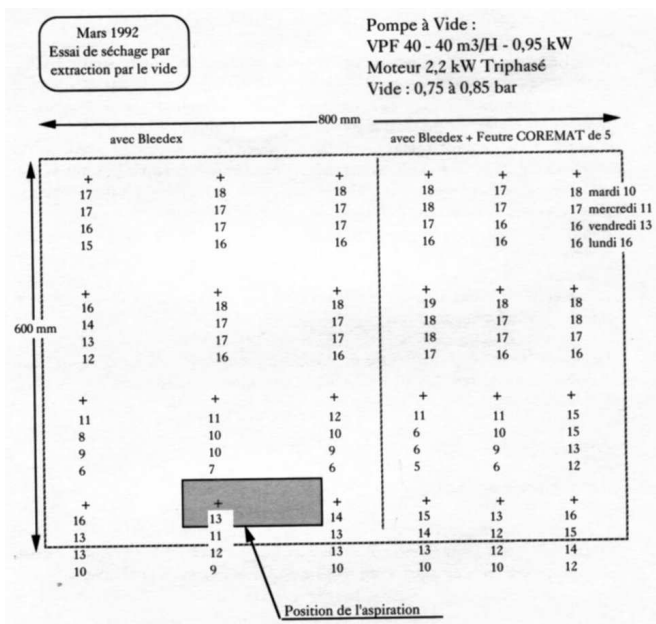
Ce procédé demande déjà un matériel conséquent et une habitude de mise en œuvre de la méthode du vide.

Le temps de séchage avec cette méthode est d'environ "une semaine ou plus" avec un vide de 0,5 Bar (0,5 Kg/cm<sup>2</sup>) selon Gougeon Brothers Inc (WEST SYSTEM).

Après ce séchage on applique le produit époxy de son choix.

Est-ce efficace ?

Un essai a été fait sur un bateau en cours de traitement, sur une surface de 80 x 60 cm. Le vide a été maintenu entre 0,75 et 0,85 Bar (Kg/cm<sup>2</sup>). Chaque point de mesure repéré par une croix a été mesuré à plusieurs jours d'intervalle.



On voit que très près de la crépine d'aspiration le séchage est effectif puisqu'on diminue de 4-6% en 6 jours mais dès que l'on s'éloigne de l'aspiration le séchage n'est pas significatif. Peut-être étions nous trop exigeants, fallait il insister, le séchage étant long à démarrer et s'accélérait ensuite ? Compte tenu du matériel à mettre en place, il ne nous a pas semblé que le jeu en vaille la chandelle.

\*\*\*\*\*

#### 4-2°) LE SECHAGE PAR CHALUMEAU A AIR COMPRIME - HYAB

Le principe est de passer un "coup de chalumeau" sur le stratifié sablé pour activer le séchage. C'est un chalumeau spécial, brûlant du gaz et alimenté en air comprimé. L'éjection de cet air comprimé en grande quantité et réchauffé crée des turbulences à la surface du stratifié, ce qui lui permet de sécher.

Il ne faut pas que le stratifié soit chauffé trop fort : rappelons qu'il ne faut pas atteindre une température trop élevée car le stratifié est fait avec une résine qui ne supporte pas plus de 55 °C.

Prenons l'exemple suivant :

NOM du bateau : "Q.....N" - Mesure de l'hygrométrie du stratifié pendant la période de séchage :

REPÈRE :	1Td	2	3	4	5	6	7Bd	8	9	10	11	12
DATES												
10/7/92 :	22	22	22	23	22	22	23	23	24	22	22	22
8/11/92 :	3	3	2	3	4	4	4	3	2	2	2	2
18/12/92 :	15	18	17	17	20	10	23	24	20	15	10	5
8/1/93 :	19	19	20	22	22	9	23	23	24	18	8	3

Pour mémoire, stratifié neuf : 1 à 2%, stratifié ancien au-dessus de la flottaison 2 à 3%.

On voit que le stratifié est sec au 8/11. Ensuite l'humidité de surface due à la saison vient tout gâcher sauf la zone AV (point 12), mieux exposée au soleil où cette humidité superficielle s'évacue dans la journée.

C'est rageant de savoir le stratifié sec en profondeur et d'être coincé par cette humidité superficielle qui n'arrive pas à se dégager en cette saison. Attendre la belle saison est évidemment une solution mais on prend le risque en cas de printemps pluvieux - c'est fréquent - de revoir le stratifié

reprendre de l'humidité ce qui obligerait à attendre encore plus. Quand un stratifié est sec, il ne faut pas rater l'occasion, il faut au moins faire la première couche d'époxy qui fera une protection étanche et empêchera l'humidité de rediffuser dans le stratifié.

Pour résoudre ce problème de traiter à l'époxy, le stratifié étant sec à cœur mais restant trop humide en surface en cette saison, un essai a été fait au moyen d'un HYAB (HYperABsorption) qui est en fait un pistolet (ou canon portable) à air chaud similaire à un chalumeau à gaz (impérativement du propane) équipé d'une sortie d'air comprimé : la flamme chauffe l'air et diminue donc son humidité relative.

Par sa pression cet air très sec est projeté sur le stratifié qu'il sèche, la vitesse de circulation de l'air accélérant énormément l'échange entre stratifié et air sec. Voir photo. Il n'y a aucun danger pour le stratifié qui ne s'échauffe pratiquement pas puisqu'on ne fait que balayer la surface, à 50 cm de distance environ, avec un air qui est très peu échauffé compte tenu de l'importance du débit d'air (de l'ordre de 400 à 600 litres/minute - Il faut un "vrai gros compresseur").

La seule crainte reste l'efficacité : est-ce que le séchage n'est pas uniquement superficiel ? Est-ce que l'humidité restée en profondeur ne remonte pas à la surface quelques heures, ou jours, après ? Quoique dans le cas cité nous n'avons pas cette crainte puisque l'on sait que le stratifié est sec à cœur.

Le lundi 11 janvier matin, une surface d'essai de 1 m<sup>2</sup> de la partie non exposée au soleil et encore pleine d'humidité superficielle a été traitée avec ce HYAB : l'humidité est tombée de 20/23% à 3% environ. Une couche d'époxy a été passée tout de suite.

Pour vérifier que l'humidité ne remonte pas à la surface quelques jours après, le Jeudi 21 janvier, soit 10 jours après, l'humidité a été mesurée de nouveau pour la surface d'essai de 1m<sup>2</sup> et pour vérifier que le séchage était toujours correct. Comme la surface est protégée par la couche d'époxy cela voudrait dire que si l'humidité revient, ce serait par l'intérieur. Les mesures ont donné :

le 11/1 :	2	2	2	4	3	3	3	2	2	4	4	3	2
le 21/1 :	2	2	2	4	2	3	4	2	2	2	3	2	2

Il n'y donc pas eu de reprise d'humidité, les points étant restés à la même valeur ou ayant diminué. Cette diminution s'explique par le fait que la couche de résine époxy est une couche sèche par nature (elle ne contient pas d'eau, c'est de la résine pure) et que l'appareil de mesure d'humidité prend en compte cette couche supplémentaire sèche, faisant diminuer la valeur moyenne lue par l'appareil.

Le traitement (application des couches d'époxy) s'est donc fait comme suit : passer le HYAB pour supprimer l'humidité superficielle. Ne faire que des surfaces réduites pour que, sans attendre, la couche de résine soit passée avant tout redépôt d'humidité superficielle. Procéder par bandes de 3 à 4 mètres environ.

Dans le cas précédent, le stratifié était sec à cœur, on le savait, et seule l'humidité superficielle en période hivernale surtout - mais elle existe aussi en été tôt le matin - empêchait le traitement époxy. Un seul coup de HYAB a suffi.

Si on veut utiliser le HYAB pour sécher à cœur le stratifié (et non plus superficiellement seulement), il faudra répéter cette opération plusieurs fois à quelques jours d'intervalle, en contrôlant, par des mesures, la décroissance sûre - et non momentanée seulement - de l'humidité du stratifié.

Car rappelons le, l'humidité n'est pas constante sur l'épaisseur du stratifié et le 1er coup de HYAB va faire tomber l'humidité de la couche près de la surface. L'égalisation de l'humidité en fonction de l'épaisseur va faire remonter l'humidité près de la surface dans les jours qui suivent.

Selon le Chantier H&A à ARZAL - Morbihan, distributeur pour la France du HYAB, il faut passer 3 coups de HYAB à un ou deux jours d'intervalle pour arriver à sécher à cœur, en partant de 20-22% et pour descendre à 5% ou moins, chaque coup faisant chuter l'humidité de 5% environ.

\*\*\*\*\*

#### 4-3°) LE TRAITEMENT IMMAC - BOAT CARE

Ce traitement apparaît comme miraculeux car il a tellement d'avantages que c'en est merveilleux. Quelles en sont les caractéristiques ?

##### Son mode de diffusion et son "secret"

Vous ne pourrez pas traiter vous-même votre bateau en achetant les produits à un revendeur. De même pour un professionnel.

IMMAC, dont le traitement est utilisé aux USA depuis plusieurs années (le produit y existerait depuis 16 ans) a choisi de diffuser son traitement et son produit par l'intermédiaire d'un réseau de franchisés c'est-à-dire que le professionnel intéressé doit d'abord payer une franchise pour devenir un "Centre de traitement" agréé IMMAC.

Ce droit d'entrée, il doit le payer alors qu'il ne sait pas quel est le produit utilisé, ses caractéristiques, son mode d'action.

On lui promet seulement que l'utilisation de ce produit étonnant permet de faire le traitement dès que la coque est sablée, sans attendre aucun séchage et que c'est efficace. On lui dit aussi :

- que le prix des produits est tout à fait classique, ce qui est vrai.

- que c'est utilisé avec succès depuis longtemps aux USA.

- qu'on lui enseignera le processus du traitement mais il n'en saura jamais plus sur la nature du produit qui sera toujours auréolé de son secret.

Il faut donc faire un acte de foi, payer et devenir "Centre Agréé IMMAC PROFESSIONAL BOAT CARE".

Pour l'instant le réseau de franchisés est assez réduit puisqu'il n'y avait qu'un seul Centre Master IMMAC en France (H&A à ARZAL - Morbihan) en fin 91, alors que la mise en place du réseau a démarré deux ans auparavant.

##### Le procédé et le produit "miracle \*" utilisé

(\* terme utilisé par IMMAC - International Miracle Method Aspect Centres)

Le principe de base n'est pas différent de ce que nous avons vu pour l'instant : sabler, assécher, appliquer un bouclier étanche.

Dans l'application, il en va tout autrement : les deux phases séchage + premier bouclier étanche sont traitées en une seule phase et surtout il n'y a pas de délai de séchage (de l'ordre de 6 mois).

##### Détaillons le traitement :

- le sablage : rien de spécial pour cette opération, c'est le sablage classique.

- séchage et revêtement époxy d'étanchéité : après le sablage on poursuit par l'application du "Clear Penetrating Epoxy Sealer", produit époxy solvanté qui a les deux fonctions :

- séchage du stratifié par pénétration du produit dans le stratifié d'où il "extirpe" l'humidité.

- cela étant fait, le produit polymérise (il reste très souple) et constitue la première couche de la barrière étanche.

La résine aurait une formulation spéciale, elle devrait être suffisamment "peu réactive" pour qu'elle ne polymérise pas trop vite sinon elle n'aurait pas le temps de faire son effet. Le temps de polymérisation serait de l'ordre de 30 à 40 heures. La pénétration du produit serait de 3 mm à l'intérieur du stratifié. Plusieurs couches (deux généralement) sont appliquées.

Ensuite on ragrée la surface avec un mastic époxy, on ré-applique de nouveau deux couches de Clear Penetrating Epoxy Sealer et on complète la barrière étanche par de la "High Build Epoxy Resin", résine époxy légèrement solvantée (75% d'extrait sec en poids) et qui contient une substance minérale (écailles de verre comme nous en parlerons au chapitre 6 Parag. 4-23) et des particules de céramique très fines qui allongent le circuit de pénétration de l'eau et diminuent la surface de passage : facteur multiplicateur de 190.

La durée d'un tel traitement est donc assez courte. Compte tenu des différentes opérations, reprises pour les zones des patins de ber, durcissement à cœur de l'époxy pour que les sangles ne le marquent pas, on peut faire cela en trois semaines / un mois environ.

##### Que peut-on en penser ?

Comment le système fonctionne-t-il, comment le Clear Penetrating Epoxy Sealer peut-il pénétrer dans le stratifié, comment peut-il "dissoudre" ou "extirper" l'eau et cela avant que le durcissement ne s'opère ?

Nous l'avons déjà dit, c'est un produit "top-secret", pas moyen de savoir quelle est la nature du produit, comment il produit ses effets etc....

Néanmoins IMMAC assure une garantie de 5 ans sur la réapparition de l'osmose, sous forme de cloques et non sous forme de seuil d'humidité.

Rappelons qu'on peut faire un traitement avec un produit qui serait une passoire donc d'efficacité nulle, et cependant, comme dans le cas de l'osmose de vieux bateaux, il n'y aura aucune cloque qui réapparaîtra.

Selon les dernières informations, il semble que le choix de diffusion par des Centres Agréés Franchisés soit maintenant abandonné et que les promoteurs de ce système aient l'intention de revenir à une diffusion plus classique par la distribution des produits aux professionnels, ceux-ci ayant d'ailleurs le libre choix de la revente aux particuliers. Ces professionnels munis de la formation ad hoc correspondante proposeraient une garantie pour les traitements faits par eux-mêmes.

D'autre part, il semble tout de même qu'il faille faire un séchage classique et que le stratifié descende à 5% ou moins.

En outre, le revêtement époxy d'étanchéité appliqué après le sablage, le "Clear Penetrating Epoxy Sealer", n'est plus solvanté par contre il reste très pénétrant et il sera fabriqué en Europe.

\*\*\*\*\*

#### REMARQUES FINALES :

Le traitement le plus simple et garanti sans retour des cloques : décaper le gelcoat et passer une simple peinture primaire + anti-fouling. Comme il n'y a plus de paroi semi-perméable il n'y aura plus de cloques !

Bien sûr c'est un très mauvais traitement et je le dis à dessein pour bien enfoncer le clou.

C'est un très mauvais traitement car :

- l'eau pénétrera encore plus le stratifié et l'hydrolyse sera facilitée et c'est bien elle qui nous intéresse, plus que les bulles.

- la superposition de plusieurs couches de stratifié arrive à jouer ce rôle de paroi semi-perméable et lorsque les cloques se reformeront et deviendront visibles beaucoup plus tard, elles seront profondes et avec une décohésion fibres/résine.

\*\*\*\*\*

On peut se demander s'il est vraiment nécessaire de faire sécher le stratifié avant de passer l'époxy. Car après tout si on applique un époxy étanche sur un stratifié à 18% par exemple, le séchage se fera par l'intérieur. Côté extérieur l'entrée d'eau est stoppée. Pourquoi pas ?

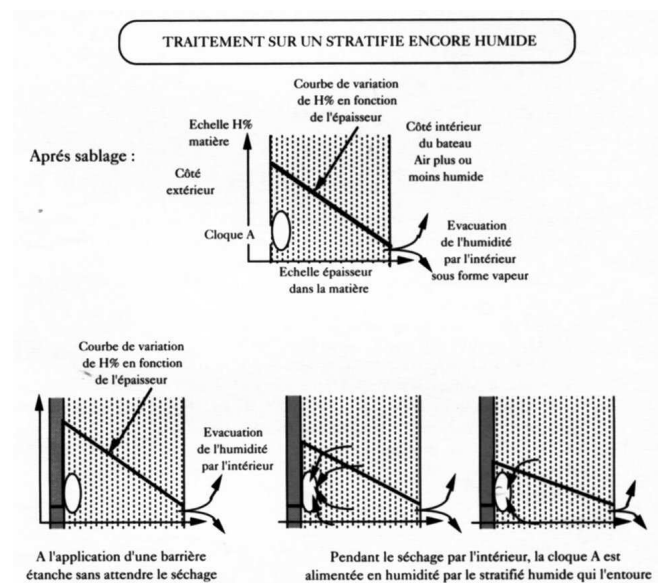
Pour deux raisons :

- la première c'est que l'on constate que ça ne marche pas, les cloques réapparaissent peu de temps après.

- la deuxième s'explique par les essais au labo dont nous reparlerons au chapitre 6. Ces essais montrent qu'il faut très peu d'eau pour créer les cloques : 0,3% (réel soit 3% au Sovereign).

L'eau qui reste dans le stratifié va bien s'éliminer progressivement par l'intérieur du bateau mais à un rythme très faible.

Pendant tout ce temps la cloque A va se trouver alimentée en eau par l'humidité qui est restée autour et l'osmose va continuer.



### Durée de vie d'un traitement :

Un traitement bien fait dure au moins 18 ans. C'est l'expérience que j'en ai pour un traitement que j'ai suivi et dont je suis sûr qu'il a été bien fait. Et 18 ans, ça veut dire qu'il n'y a pas encore de cloques réapparues. Et le jour où elles réapparaîtront, il n'y a pas encore le feu, on a le temps, les cloques ne veulent pas dire que le stratifié lui-même est atteint au point de diminuer la résistance de la coque de façon intolérable. On pourra attendre 5/7 ans encore avant de refaire un traitement. Cela veut donc dire qu'un traitement bien fait dure de l'ordre de 25 ans et sans doute plus.

### Mesure d'humidité quelques années après un traitement, si c'est humide est ce que cela veut dire que le traitement a été raté ? Non.

Explication :

Dès que l'eau traverse la première couche du multi-couches époxy, le Sovereign la mesure.

Ça ne veut pas dire que l'eau a traversé la 2<sup>e</sup> couche puis la 3<sup>e</sup> etc... et qu'elle soit arrivée au contact du stratifié polyester d'origine et depuis suffisamment longtemps pour de nouveau créer une dégradation osmotique, en se rappelant qu'à l'origine il a fallu, typiquement, une quinzaine d'années de contact eau/stratifié pour que l'osmose se révèle.

Donc ne pas s'affoler si on mesure beaucoup d'humidité dans les années suivant un traitement, cela ne veut pas dire que le traitement a été raté et qu'il y a récidive d'osmose puisqu'il faut beaucoup de temps de contact eau/stratifié pour avoir la dégradation osmotique. L'osmose se sera quand on verra de nouveau des cloques du stratifié d'origine (pas du multi-couches époxy).

### Comparaison entre des mesures faites avec le Sovereign ou avec le Tramex :

Certains experts utilisent le Tramex et ils me demandent d'interpréter ce qu'ils lisent sur leur appareil.

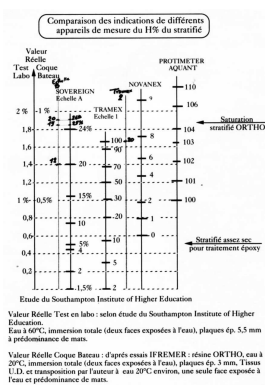
Le dessin page 7 fait la comparaison. Il donne l'indication qu'on lit sur différents testeurs placés au même endroit sur des échantillons plus ou moins humides.

Pour le Tramex échelle 1, c'est clair. En échelle 2, je ne sais pas puisque je n'ai qu'un point de comparaison.

Avec le Tramex il est fourni un petit document (abaque sur un papier) qui permet, selon le fabricant, d'interpréter la mesure pour connaître l'humidité réelle dans un stratifié.

Et cet expert me dit, avec cela je conclus que l'humidité (réelle donc, selon l'abaque papier) est de 4%, donc c'est en dessous de 5%, c'est bon on peut faire le traitement.

Non. Quand on dit, « il faut que le stratifié redescende à 5% » ou au dessous, c'est sous entendu, « 5% lu au Sovereign » puisque cela a été la référence unique à cette époque, avant les Tramex et autres marques. Et si je regarde le dessin de la page 7 où on lit ce qu'indique l'appareil placé sur un stratifié, 5% Sovereign c'est 8% sur le Tramex échelle 1, il n'y a pas à interpréter à l'aide d'une abaque sur le papier de Tramex.



### Traitement nouveau que je propose :

Les traitements classiques ont un inconvénient majeur : ça dure trop longtemps pour faire sécher et descendre en dessous de 5% au Sovereign, 6/8 mois mais parfois beaucoup plus.

Les propriétaires rechignent à se priver de leur bateau pendant de longs mois, une saison de navigation peut passer à la trappe.

Les chantiers rechignent aussi parce que ça leur bloque une partie importante de leur chantier pour de longs mois.

D'autre part pour les coques en sandwich mousse, ça ne sèche pas du tout. Il faut bien leur trouver une solution.

Point de départ de mon raisonnement, deux constats :

Premier constat : si on fait le multi-couches époxy sur un stratifié encore humide, on a des cloques peu de temps après.

Deuxième constat : si on a une coque à réparer parce qu'elle a caressé les rochers, que fait on ? On ponce, on restratifie. On restratifie donc sur le stratifié d'origine qui est humide. Et ça se passe bien, ça ne cloque pas malgré l'humidité enfermée derrière le nouveau stratifié.

Conclusion : l'humidité enfermée derrière une barrière d'étanchéité souple (le multi-couches époxy) pousse sur ce revêtement et le déforme, on a les cloques. Mais l'humidité enfermée derrière une barrière d'étanchéité rigide (le nouveau stratifié) n'arrive pas à le déformer, on n'a pas de cloque. Et que fera cette humidité enfermée me direz vous ? Elle se débrouillera, soit elle restera au point où elle en est sans que ça se voit et sans faire de dégât, soit plus vraisemblablement elle arrivera à s'évacuer par l'intérieur au fil du temps, et même si ce temps est long, aucune importance.

### Principe :

- on refait une couche barrière résistante à l'hydrolyse (par la nature de sa résine).
- mais cette barrière est armée de verre : même si l'humidité enfermée dans le stratifié voulait la faire recloquer elle ne le pourrait pas, c'est une barrière indéformable.
- Et pourquoi voudrait-elle recloquer ? Elle ne le fera que lorsque l'eau aura de nouveau percé cette barrière et depuis suffisamment longtemps pour ré-initier l'osmose du polyester d'origine. C'est pas demain la veille et d'ici là, l'humidité enfermée dans le stratifié migrera et s'évacuera lentement.

### Mode opératoire de principe :

- Le choix de la résine : on peut utiliser une résine polyester ou une Vinylester ou une époxy :
  - Une résine polyester mais une ISO (et non l'ORTHO habituelle), sa résistance à l'hydrolyse est suffisante pour faire ce stratifié qui ensuite va être recouvert du multicouches d'étanchéité.
  - Une résine Vinylester c'est encore mieux, par ses très bonnes qualités d'étanchéité et de résistance à l'hydrolyse. Mais c'est plus cher.
  - Une résine époxy c'est encore mieux. Mais c'est encore plus cher.

Avec une polyester ISO ou une Vinylester, la mise en œuvre est plus tolérante qu'avec une époxy avec laquelle il faut bien prendre garde au temps de surcouchage/ponçages entre couches, à la tombée d'humidité qui peut faire remonter les amines du durcisseur en surface (avec décolllements si on ne s'en aperçoit pas et si on ne rince pas).

D'autre part la polyester ou la Vinylester contenant du solvant (le styrène), elle a la faculté de bien accrocher, son styrène agressant la couche précédente.

Le choix est donc ouvert, du point de vue technique.



- Choix des renforts de verre :
  - Mat liant **poudre** (et non pas liant émulsion). Le mat absorbe beaucoup de résine et c'est bien ce qu'on veut puisque c'est la résine qui fait l'étanchéité.
  - Un Roving absorbe moins de résine, ce n'est pas un bon choix.
  - Toujours vérifier auprès du fournisseur la compatibilité du mat avec la résine, en particulier pour l'époxy si on la choisit. C'est l'agent de pontage (on dit aussi agent de couplage) qui permet l'adhérence de la résine polyester, Vinylester ou époxy sur la surface lisse et inerte chimiquement de la fibre.
- Ragréege de la surface : comme on est sur une surface brute de moulage il faut ragréer, re-surfacer, par un enduit. Là il n'y a que le choix enduit à base de Vinylester ou à base d'époxy. L'enduit à base de Vinylester n'existe pas sur étagère "prêt à l'emploi" il faut le faire (résine + charge) ou le faire faire par un formulateur comme FERRO. Il y a donc une contrainte. Par contre l'enduit époxy "prêt à l'emploi" existe chez tous les fournisseurs habituels.
- Ensuite il reste à faire le multicouches d'étanchéité. Là le choix époxy habituel est tout indiqué.

Compte tenu du prix puisque cela va occasionner un surcoût, il me semble que la meilleure solution "raisonnable" c'est un stratifié Polyester ou Vinylester suivi d'un ragréege époxy puis multicouches époxy.

#### On aura donc :

- 1) Décapage du gelcoat par rabotage pour avoir une belle surface. Puis ponçage pour faire un accrochage mécanique. Rinçages au jet d'eau pour faire tomber les poussières de ponçage et pour laver les acides éventuels. Comme on va rajouter un stratifié on peut enlever le gelcoat profondément c'est-à-dire raboter le premier mat d'origine. Profondeur de rabotage : 1,5mm (quelques dixièmes de mm pour l'antifouling puisqu'on va le raboter en même temps, 0,6mm pour le gelcoat et 0,6mm pour le premier mat). Ça on le fait sur toute la surface d'un seul coup.
- 2) Stratifié Vinylester : 2 x M150 liant poudre + résine Vinylester, exemple DERAKANE 411 45.  
Il vaut mieux deux couches de 150 qu'une seule couche de 300, on est plus sûr de mieux couvrir sans laisser de zone non couverte. Deux M150 c'est de l'ordre de 0,6mm d'épaisseur et 0,9kg/m<sup>2</sup>, la même chose que le seul M300 d'origine qu'on a raboté (0,6mm d'épaisseur et 0,9kg/m<sup>2</sup>), il n'y a pas d'ajout de poids ni d'épaisseur.

Nota 2 : Vinylester et styrène : rappel, la résine Vinylester est en solution dans du styrène qui est un solvant puissant.

- Un solvant habituel créera un cloquage s'il en reste piégé dans le matériau. On pourrait donc craindre que le styrène de cette résine soit un facteur de cloquage ultérieur.
- Mais le styrène a deux particularités :
  - c'est un solvant qui s'évapore pour une partie, comme tout solvant volatile, ça, ce n'est pas particulier.
  - Mais la partie qui reste se combine dans la réaction de polymérisation (alors qu'un solvant habituel resterait en l'état

puisque'il ne se transforme pas). Seule une petite fraction, de l'ordre de moins de 1%, reste libre (réaction incomplète).

- Mais comme d'autre part le styrène est insoluble dans l'eau, il ne participe pas à l'osmose. Seule son oxydation en acide benzoïque pourrait y participer, si oxydation il y avait.

Si on choisit de stratifier avec une résine polyester ISO (et non l'ORTHO habituelle), ce qui me semble suffisant, le principe est le même.

- 3) Là il faut arrêter le travail pour laisser « mûrir » le stratifié car la polymérisation d'une résine polyester s'accompagne d'un retrait (beaucoup moins pour une Vinylester). Il ne faut pas faire un enduit épais sur un stratifié qui n'a pas fini de relarguer son styrène, qui « bouge » encore, qui est encore « mouvant ». Temps d'arrêt conseillé : 3 semaines à 1 mois.
- 4) Ponçage avec du papier assez agressif (grain 100/120), et ragréege de la surface : c'est le ragréege classique à l'enduit époxy (Watertite ou Interfill 830 par exemple).

Nota : l'air est un inhibiteur de la polymérisation. Cela veut dire que le stratifié que vous avez fait va polymériser, il va durcir mais il va rester « pégué » (collant) en surface. Et quand vous allez poncer votre disque s'encrasse tout de suite. Le ponçage est pénible, voire impossible.

Il faut donc revenir en arrière, au 2) pour « faire quelque chose » :

Solution 1 : à la fin du stratifié, vous passez une couche d'alcool polyvinylique (on l'utilisait « autrefois » comme démoulant) qui en séchant va former une pellicule qui va isoler le stratifié de l'air, la surface du stratifié va durcir et ne sera plus collante. Il faudra l'éliminer ensuite, très soigneusement puisque c'est un agent de démoulage), par lavage-rinçage au jet d'eau.

Solution 2 : à la fin du stratifié, vous passez une couche de Gelsield 200, il va isoler le stratifié de l'air, la surface du stratifié va durcir et ne sera plus collante. Quand vous allez poncer, il y aura des surfaces de stratifié vinylester (les sommets abrasés) et des surfaces de Gelsield 200 (les petits creux restants, il n'en faut pratiquement plus).

Solution 3 : à la fin du stratifié, vous posez un tissu de délamination (appelé aussi « tissu d'arrachage » ou « peel-ply »). C'est un tissu de verre fin, qu'on roule sur la surface du stratifié frais et qu'on enlève plus tard. Il « égalise » les creux et les bosses ce qui rend la surface du stratifié bien plus belle. Donc on aura besoin de beaucoup moins d'enduit époxy ensuite, premier avantage. Il va aussi protéger le stratifié des salissures pendant les 3 semaines à 1 mois d'arrêt, deuxième avantage. Et puis, même si ce n'est qu'un tissu, son étanchéité est suffisante pour isoler de l'air. Le stratifié va durcir et ne sera plus collant.

Solution 4 : après la dernière couche du stratifié vous passez une couche de résine paraffinée (styrène paraffiné ajouté à la résine), la paraffine remonte en surface et isole de l'air. Le stratifié va durcir et ne sera plus collant.

Dans un coffre de cockpit, par exemple, on passe une couche de résine colorée et paraffinée pour que la surface soit propre et non collante. Mais dans le cas de notre traitement il faudra ensuite éliminer cette paraffine : lavages-rinçages très soigneux à l'eau chaude et ponçage. C'est un peu risqué comme méthode.

Avec l'une ou l'autre de ces solutions (ma préférence va pour la 3) le stratifié a bien durci, il n'était plus collant, votre ponçage c'est bien passé, vous avez passé votre enduit époxy de ragréage (c'était le 4), on peut continuer.

- 5) Ponçage et multicouches d'étanchéité époxy (3 à 4 couches de Gelshield par exemple). Là c'est encore ce qu'on fait habituellement dans un traitement osmose.
- 6) Gelshield 200 comme primaire pour les deux couches d'antifouling qui vont suivre.

Si on a choisi de faire le stratifié avec une résine époxy (et mat liant poudre compatible époxy), après avoir fait le stratifié (point 1 et 2), on n'est pas obligé d'attendre les 3 semaines à 1 mois de « mûrissement » du stratifié polyester ou vinylester (point 3). On embraye tout de suite à l'enduit époxy sur le stratifié époxy encore frais puis au ponçage et multicouches d'étanchéité époxy. C'est l'avantage du « tout époxy » au contraire du stratifié polyester ou vinylester, on gagne le mois d'attente.

Quand le traitement est terminé il faut encore attendre une semaine pour que l'époxy durcisse bien à cœur avant remise à l'eau sinon les sangles vont marquer la surface.

Ce nouveau traitement a déjà été fait avec succès sur plusieurs bateaux.

Mais les professionnels risquent de refuser de vous le faire car ils ont l'obligation de résultat (leur garantie) et ils vont rechigner à prendre le risque de faire un traitement qu'ils ne connaissent pas et contraire à la pratique habituelle (stratifié redescendu en dessous de 5% Sovereign).

Si vous faites ce traitement, en ma mémoire, baptisez le « traitement Boulant ». Merci.

