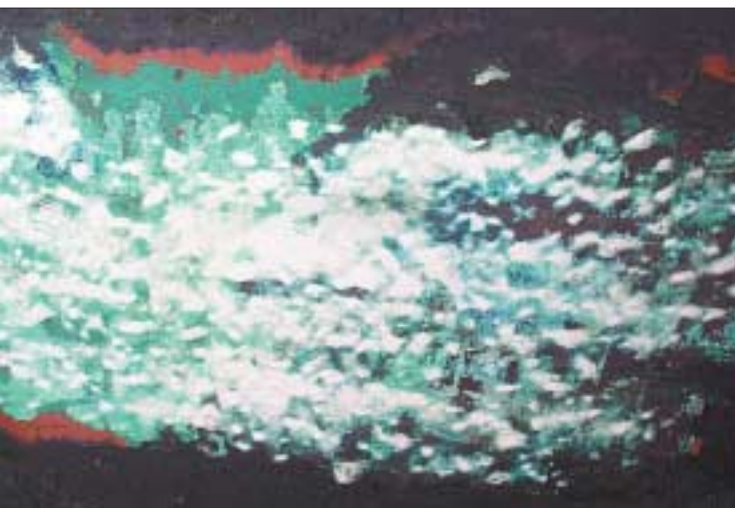




L'OSMOSE

Lors de l'apparition, dans les années soixante, des premières coques de série en "plastique" ou plus exactement en polyester renforcé de fibres de verre (PFRV), les constructeurs de l'époque ont annoncé à grands renforts de publicité que ce matériau était totalement étanche et surtout inaltérable. Tous étaient convaincus de disposer enfin du matériau miracle. Le bois pourrissait, l'acier rouillait et les alliages d'aluminium étaient attaqués par la corrosion. Hélas, au tout début des années soixante-dix le rêve devait tourner au cauchemar avec l'apparition de mystérieuses cloques sur le gelcoat des œuvres vives de nombreuses coques tant en Europe qu'aux États-Unis. Ce phénomène fut alors dénommé "osmose". Il allait devenir l'objet d'inquiétudes pour de nombreux propriétaires, le sujet de nombreuses études et articles et surtout une manne inespérée pour de nombreux professionnels mal informés et/ou parfois peu scrupuleux. Devant l'ampleur du phénomène, des pseudo spécialistes ont en effet proposé des méthodes de diagnostic et de traitements préventifs ou curatifs aux résultats souvent douteux mais toujours coûteux.

par Eric Ogden



► QU'EST QUE L'OSMOSE?

D'une façon générale, l'osmose se définit comme "l'égalisation de la concentration d'une solution par le passage d'un solvant au travers d'une membrane perméable ou semi-perméable". A priori cette définition ne semble pas applicable à un bordé en PRFV, matériau qui est généralement considéré comme chimiquement inerte. Cependant, contrairement aux idées reçues et aux argumentaires de certains fabricants, il est aujourd'hui reconnu que les gelcoats sont plus ou moins perméables suivant notamment le type de résine utilisé pour leur formulation. Ils permettent une lente absorption d'eau par le stratifié qu'il protège. En fait toutes les peintures laissent passer de faibles quantités d'eau. Même si les peintures à base d'époxyde et polyuréthanes à deux composants ont le taux de reprise le plus faible à cause d'une structure moléculaire plus dense. De plus les pigments utilisés pour la coloration des gelcoats et peintures favorisent encore plus cette reprise d'humidité. Quant aux peintures anti-salissures, elles sont très perméables et ne protègent en rien contre l'absorption d'eau. En conclusion, les gelcoats et peintures laissent passer relativement facilement les molécules d'eau vers des solutions plus complexes avec une densité plus élevée.

► COMMENT LES CLOQUES APPARAISSENT ELLES?

Le phénomène qui conduit à terme à l'apparition de cloques peut être décomposé en trois phases principales. La première commence dès la mise à l'eau d'une coque en PRFV dont le stratifié va lentement absorber d'infimes quantités d'eau. Ce phénomène restera sans conséquence pendant au moins les premières années, car cette humidité pourra migrer vers

Ce type de cloquage n'est visible qu'après grattage de la peinture anti-salissure.

l'extérieur du stratifié pour s'évaporer facilement. Les mesures d'humidité, faites à ce stade, sont généralement considérées comme "acceptables" quelques jours seulement après la mise à terre. Le stratifié peut être toujours considéré comme chimiquement inerte ou passif. Sous réserves que les mesures d'humidité soient satisfaisantes, il est alors opportun d'envisager l'application d'un traitement préventif à base de résine époxy. Ces traitements réduisent substantiellement la reprise d'eau et limitent donc quasiment tous risques d'apparition du phénomène d'osmose. Ces revêtements ont une durée de vie de quinze à vingt ans et ne nécessitent donc pas, sauf en cas de dommages, d'être régulièrement refaits. A ce stade, le processus osmotique n'est pas déclenché et le phénomène n'est donc pas encore irréversible. Dans le cas de mesures relativement élevées, il suffira généralement de laisser le bateau à terre pendant quelques semaines pour obtenir des valeurs acceptables avant l'application du système de protection.

Sans cette protection, environ six à huit ans après la mise à l'eau de la coque, le processus entrera dans sa deuxième phase. En effet, bien que la coque soit dans un bon état apparent, d'infimes quantités d'eau vont avoir progressivement rempli les bulles et vides microscopiques du stratifié. Cette eau provoque une lente décomposition chimique, dénommée hydrolyse, des divers composants du stratifié (la résine polyester, l'ensimage du verre ou encore le système catalytique). Cette réaction produira alors une solution, dont l'odeur caractéristique rappelle celle du vinaigre et qui contient non seulement des acides (acétique, hydrochlorique, etc) mais également des substances



Des cloques apparaissent souvent au niveau des virures dans lesquelles les vides et microbulles peuvent être nombreux.



Cette cloque est le résultat d'une activité osmotique ancienne et à un stade avancé.

dités hygroscopiques qui favorisent et accélèrent l'absorption d'eau. Parmi celles-ci, le glycol qui est utilisé pour ajuster la viscosité des résines polyester. Il présente la particularité d'avoir un point d'ébullition très élevé (198°C) ce qui le rend impossible à éliminer par les méthodes traditionnelles de séchage. Cependant le glycol est soluble dans l'eau et a une bonne conductivité. Ce qui permettra de déceler facilement sa présence avec un bon hygromètre électronique et de l'éliminer par un abondant rinçage à l'eau douce. Les longues et coûteuses périodes de séchage entreprises par certains spécialistes s'avèrent inutiles si le glycol n'a pas été éliminé du stratifié. Il faut voir là l'origine de nombreux échecs de traitements curatifs comprenant plusieurs mois de séchage suivis de l'application de plusieurs couches de résine époxyde. Certains traitements, appliqués parfois sur des coques en bon état apparent, favorisent ou accélèrent l'apparition de cloques en "emprisonnant" sous les couches de résine époxy des sous-produits de l'hydrolyse du stratifié qui n'avaient pas été totalement éliminés. Il

est important de garder à l'esprit qu'à partir de cette phase, le processus osmotique est irréversible et qu'il ne suffit plus de laisser sécher une coque pour résoudre le problème. Le phénomène est alors de nature chimique mais sans aucun symptôme physique ou conséquence sérieuse sur l'intégrité structurelle de la coque. De nombreux yachts naviguent dans cet état depuis des années sans que leurs propriétaires n'aient remarqué le moindre problème. Certains ne verront jamais apparaître la moindre cloque et ce, mal-



Cloquage osmotique le plus souvent rencontré sur les coques anciennes.

gré des mesures d'humidité parfois très élevées. En effet, contrairement à une idée très répandue, il n'existe pas de corrélation directe entre les mesures d'humidité d'un stratifié et l'apparition de cloquage osmotique.

Au terme de la troisième phase, l'absorption d'eau et le phénomène d'hydrolyse vont s'accélérer. La masse moléculaire de la solution osmotique va augmenter pour devenir largement supérieure à celle de l'eau dans laquelle flotte le bateau. La pression osmotique ainsi générée provoquera à terme le cloquage du gelcoat et/ou du stratifié suivant les cas. Des pressions de l'ordre de 5 à 6 bars ont été mesurées au niveau des cloques. La salinité et la température de l'eau peuvent contribuer à accélérer le processus. On a ainsi observé que le cloquage osmotique apparaissait environ 7 fois plus rapidement pour une élévation de 10°C température moyenne de l'eau. Les cas de cloquages osmotiques sont largement plus nombreux aux Antilles qu'en Scandinavie. Dans 95 % des cas, les cloques apparaissent et se limitent au niveau du

Cette cloque isolée a été ouverte pour examen et contrôle du liquide contenu.



gelcoat et du premier pli du stratifié, généralement un mat de verre de 225 ou 300 gr/m². Une fois encore il s'agit d'un défaut plus de nature esthétique que structurelle et c'est à ce titre qu'il a une incidence sur la valeur vénale.

EXAMEN ET DIAGNOSTIC

L'examen et le diagnostic doivent être confiés à un professionnel indépendant et qualifié. Certains fournisseurs ou chantiers de réparation manquent singulièrement d'objectivité en la matière. Ils ont



Il est impératif de faire des mesures sur les œuvres mortes afin d'établir une base de référence.

tendance à conclure rapidement à l'obligation d'appliquer sans tarder un traitement curatif complet dont le coût moyen est de l'ordre de 1200 à 1500 F/m² sans compter les manutentions. Le total atteindra facilement plusieurs dizaines de milliers de francs pour un bateau de taille moyenne. Lors de la sortie de l'eau, la coque devra être carénée et le gelcoat mis à nu dans plu-

sieurs zones-tests afin de déterminer s'il y a présence de cloques. Ce premier examen est important car certaines cloques disparaissent quelques heures après la mise à sec. Si des cloques sont visibles, certaines devront être ouvertes pour inspection et le liquide qu'elles peuvent contenir doit être prélevé pour tester son pH dont la valeur aide à confirmer ou non l'état osmotique du stratifié. Si les cloques sont nombreuses et d'un diamètre supérieur à 10/12 mm, il faut procéder à un sondage méthodique du stratifié de coque pour rechercher d'éventuels délaminages. Par contre, si aucune cloque n'est visible, mais que les mesures d'humidité sont élevées, le bateau devra être gardé à terre pendant quelques semaines afin de pouvoir contrôler l'évolution par des mesures régulières. Un stratifié au premier stade du processus donnera, après 2 ou 3 semaines de séchage à terre, des valeurs de plus en plus faibles. La coque pourra alors recevoir un traitement préventif avant d'être remise à l'eau. Sur un bordé dont l'activité osmotique est déclarée, les mesures restent élevées, malgré quelques baisses passagères, et confirment donc la présence d'un liquide osmotique qui ne peut sécher par simple évaporation. Cependant rien n'impose à ce stade un traitement immédiat, mais l'évolution devra être surveillée lors des carénages.

LES HYGROMETRES

Ces appareils (voir photo), souvent dénommés à tort "testeurs d'osmose", sont tout simplement des hygromètres électroniques destinés à l'origine à mesurer le taux d'humidité de matériaux de construction divers (bois, plâtre, ciment, etc). Ils fonctionnent sur le prin-

cipe de la mesure de la capacitance d'un matériau en créant un champ radioélectrique entre deux électrodes appliquées sur la surface. La capacitance diminue avec l'augmentation de la teneur en eau. L'écartement des électrodes a une influence très importante sur la sensibilité et la précision de ces appareils. Certains sont particulièrement sensibles à l'humidité en surface et peuvent mener à des conclusions erronées. D'autres modèles permettent de mesurer jusqu'à une profondeur d'environ 6 mm sous la surface. Avant toute mesure, il est impératif que le gelcoat soit mis à nu et sa surface séchée afin de ne pas fausser les mesures. Il est indispensable de mesurer l'humidité des œuvres mortes afin d'établir une base de comparaison. Les chiffres obtenus qui peuvent atteindre 25 et plus sur certains appareils ne sont pas des taux d'humidité relative du matériau. Un bordé en PRFV ne peut en aucun cas absorber 25 % de son poids en eau, le maximum pouvant être atteint est d'environ 2 à 3 %. En conclusion, ces appareils sont des outils très utiles comme aide au diagnostic ou pour contrôler le séchage d'une coque, mais ils ne doivent en aucun cas être utilisés comme seul moyen de détection et/ou de prédiction du phénomène d'osmose.

LES TRAITEMENTS

Comme indiqué précédemment, un traitement préventif peut être appliqué sur une coque neuve ou sans activité osmotique et dont les mesures avec un hygromètre sont satisfaisantes. Ce type de traitement comprend généralement quatre couches de résine époxyde sans solvant. Les traitements curatifs sont plus longs et donc plus coûteux. Ils commencent impérativement par une mise à nu du stratifié, par pelage et/ou sablage du gelcoat, suivis par le rinçage à l'eau douce tiède tous les jours pendant une semaine au moins, pour terminer par le séchage à l'air libre. Son évolution doit être soigneusement et réguliè-



Hygromètres électroniques les plus couramment utilisés.



Cloquage superficiel sans conséquence à ce stade, sur l'intégrité structurelle du bordé.

ment contrôlée à l'aide d'un hygromètre électronique. Dès l'obtention de mesures satisfaisantes, au moins cinq couches de résine époxyde sans solvant sont successivement appliquées et dont l'épaisseur totale ne doit pas être inférieure à 0.50 à 0.60 mm. Les éventuels défauts de surface peuvent être alors corrigés avec un enduit à base de résine époxyde sans solvant. Deux couches d'antifouling sont recommandées après l'application et le séchage d'un primaire époxy d'accrochage. Tous ces produits doivent être mis en œuvre dans le strict respect des recommandations du fabricant notamment en matière de préparation des surfaces, de température, d'hygrométrie, d'épaisseur des films et des temps de surcouchage.

CONCLUSION

L'osmose des coques en PRFV est un phénomène chimique dont les mécanismes et les symptômes sont désormais connus. Depuis une dizaine d'années, de nombreux constructeurs ont adopté des matériaux et



Le pelage de la coque permet d'obtenir une coupe uniforme du gelcoat et du stratifié.

des méthodes de mise en œuvre qui réduisent la perméabilité des gelcoats et augmentent la résistance des stratifiés à l'hydrolyse. Ainsi, les gelcoats sont souvent plus épais (0.5 à 0.6 mm) et du type isophtalique ainsi que les résines d'imprégnation des premiers plis du stratifié. Ces renforts sont des mats de verre à ensilage silane et à liant poudre plutôt que ceux qui sont à ensilage chrome et à émulsion qui sont totalement déconseillés pour cette application. De plus, de nombreuses coques reçoivent désormais un traitement préventif avant leur mise à l'eau. En conséquence, les cas d'apparition de ces fameuses cloques devraient diminuer, et ce, même s'il subsistera toujours un doute sur les risques associés à certains additifs et solvants employés pour la formulation des résines. Mais, une fois encore, les conséquences de ce phénomène sont très largement de nature esthétique. Les cas de dommages structurels graves liées à l'osmose sont très rares et, à notre connaissance, aucun bateau n'a été perdu pour cette raison.

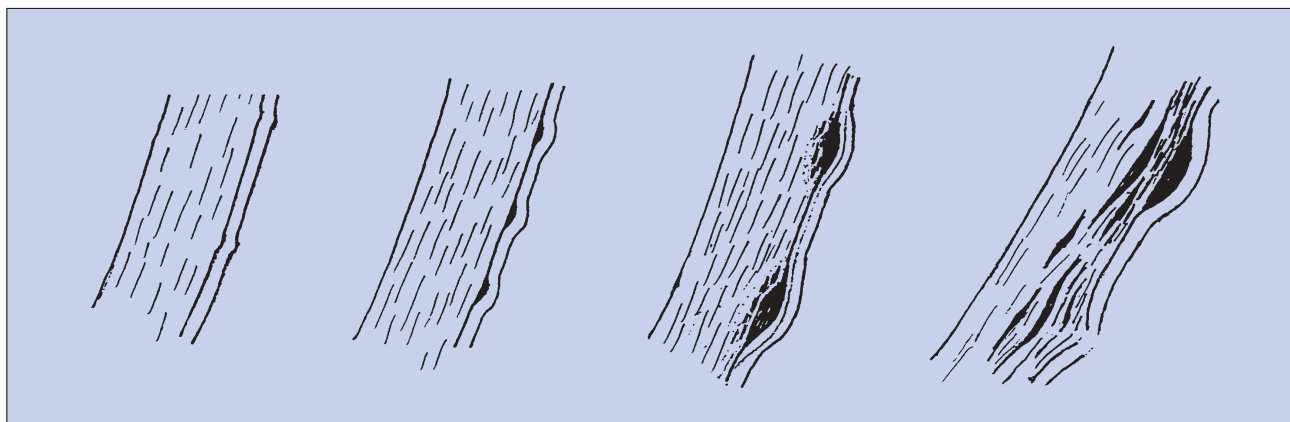


Illustration de l'évolution possible du phénomène de cloquage osmotique. Le dernier stade avec délamination en profondeur est très rarement constaté.