

# Détecteurs d'Humidité pour Bateaux:

Les résultats obtenus sont-ils fiables?

By David Pascoe, Marine Surveyor

Traduit par Antoine Bélanger, Expert Maritime

**(NDLR : J'ai traduit cet article pour vous faciliter l'analyse du rapport d'inspection de votre bateau. J'ai lu et discuté de cet article lors de ma formation au Chapman School of Seamanship. Il est vieux de quelques années et les nouveaux composites ont grandement amélioré la construction des bateaux et le contrôle de l'humidité mais il demeure tout de même d'actualité. Je vous le présente également en raison de la controverse qui voudrait que le contenu d'humidité soit indiqué en pourcentages et que les relevés soient pris à des endroits précis du bateau. Bien que je reconnaisse qu'il serait plus simple un niveau de risque à l'achat ou pour fin d'assurance d'utiliser une valeur absolue (un pourcentage seuil), cet article a pour but de vous informer, vous nos clients, pourquoi les inspecteurs maritimes sérieux refusent de le faire. En court, plusieurs données numériques fixes prises à des endroits prédéterminés sur la coque ne seraient pas fiables et le pourquoi en est clairement exprimé dans ce texte.)**

**Cet article et les deux mois de recherches qui l'ont précédé a été écrit suite à de nombreux courriels et appels téléphoniques reçus d'acheteurs et de propriétaires de bateaux cherchant à ce sujet. Les experts qui ont fait l'inspection de leurs bateaux ont utilisé un tel appareil et leur ont communiqué les résultats mais n'étaient pas en mesure de les expliquer et les informations et recommandations qu'ils ont bien voulu partager étaient vagues et incomplètes. Ceci n'a fait qu'aggraver le questionnement des acheteurs et propriétaires.**

Au début de ma recherche, j'en connaissais à peine plus que ce que la majorité de mes confrères, c'est-à-dire que les résultats obtenus de tels appareils sont au mieux difficiles à interpréter, au pire totalement inutilisables. Ce n'est pas une question de la performance de l'appareil ou de celui-ci par rapport à un autre mais plutôt des facteurs externes qui l'influencent, incluant l'utilisation qu'en fait l'inspecteur. Ceci m'a conduit à faire de nombreux essais avec différents appareils et matériaux et ce dans des conditions diverses. Les questionnements importants étaient :

- Comment la densité du matériau influence-t-il la lecture? Il y a une grande variété de types et de qualité de matériaux utilisés dans la construction d'un bateau. De plus, il est reconnu que la densité, l'épaisseur et la qualité de laminage varie d'une coque à une autre et même pour une même coque. Bien des bateaux ont été et sont encore construits à la main (procédé non automatisé).
- Comment l'appareil sera influencé lorsqu' utilisé sur une coque qui vient juste d'être sortie de l'eau ou sur laquelle il vient de pleuvoir?

- Est-ce que le type de finition de la coque tel que le type de gelcoat, la peinture, la peinture antisalissure affecte les résultats?
- Le détecteur peut-il mesurer efficacement l'humidité au cœur (core) du laminé?
- Est-ce que la température et le taux d'humidité ambiante affecte le résultat?
- L'appareil mesurera-t-il à travers la coque l'humidité présente à l'intérieur du bateau, produisant ainsi de faux résultats?

Il s'agit ici de quelques-unes des questions qui peuvent être posées sur l'utilisation d'un tel appareil et des résultats obtenus et auxquelles j'ai tenté de répondre. Je dois d'abord souligner la difficulté d'obtenir les différents types de matériaux pour effectuer les essais. Je ne pouvais tout de même pas commencer à découper n'importe quel bateau! La disponibilité de ces différents échantillons a donc limité mes essais aux pièces obtenues dans les bennes à rebut de fabricants ou découpés de bateaux endommagés et à être détruits. Bien que d'autres essais aient été effectués directement sur des bateaux, la difficulté de déterminer avec certitude l'épaisseur et la qualité du laminé reste entière alors que les essais sur un échantillon permettent d'en mesurer l'épaisseur, la densité, la porosité et la qualité du laminage et ses manques.



Les laminés, qu'ils soient composites ou entièrement formés de fibre de verre, contiennent des milliers de vides causés en autre par l'emprisonnement d'air ou l'émission de gaz pendant la période de durcissement de la résine ou simplement par une piètre qualité du travail. De plus. Il est reconnu que la toile de fibre de verre (Chopped strand) ou le fusil d'application (chopper gun) est une grande cause de porosité qui pourrait absorber une importante quantité d'humidité. Ceci a été identifié comme la cause majeure de la formation de cloques et la principale cause d'absorption d'eau par le laminé. Les laminés structuraux qui sont formés au moyen de fibre de type différents absorbent beaucoup moins d'humidité.

Ceci apporte le questionnement de où se trouve l'humidité détecté par les appareils de mesure? Est-ce dans le gelcoat, la couche externe de fibre de verre, le noyau (core), la portion structurale ou dans l'ensemble de ceux-ci? Il est pratiquement impossible de le déterminer lorsque l'on travaille sur la coque d'un bateau. Avec l'usage de laminés avec un noyau dans la fabrication des carènes de bateaux, la question la plus importante pour l'expert est de déterminer si l'humidité s'est infiltrée au cœur du dit laminé puisque si c'est le cas, il pourrait en être fatal pour la coque.



**L'horreur ultime! Les portions externes de fibre de verre ont été enlevées pour montrer que le cœur en balsa de ce laminé est totalement saturé d'eau.**

**Cet endroit est situé là où les cadènes sont fixées. Le balsa et le renforcement en stratifié de bois (plywood) sont tous deux détériorés par la corrosion acide. Bien que les zones noires soient plus faciles à identifier, la portion supérieure gauche est également affectée.**

### **Tests d'humidité sur les bateaux qui viennent d'être sortis de l'eau**

J'ai reçu un appel d'une personne qui venait de faire inspecter son bateau et à qui l'on a remis un rapport indiquant : « L'ensemble de la carène comporte de hauts niveaux d'humidité ». Le bateau avait été sorti de l'eau seulement quelques heures avant l'inspection. Deux semaines plus tard, le propriétaire m'a demandé de valider cette observation et la carène ne présentait aucune trace d'humidité.

Un essai aléatoire effectué sur différents bateaux qui venaient d'être retirés de l'eau (et dont la surface de la carène apparaissait sèche) démontrent que l'humidité résiduelle contenue dans la peinture et dans les couches externes de fibre de verre, produiront des résultats erronés la majorité du temps. Un essai similaire a été effectué sur un groupe de bateaux qui étaient entreposés à l'extérieur de l'eau depuis un moment a démontré un niveau d'humidité inférieur à ceux qui venaient juste d'être sortis de l'eau. Plusieurs bateaux entreposés au sec indiquaient quand même de hauts niveaux d'humidité. Ce qui était remarquable dans leur cas est que l'humidité était plus localisée dans la quille alors que l'humidité dans les autres bateaux était répartie sur l'ensemble de la carène. Le résultat est clair, les lectures faites sur des bateaux qui viennent juste d'être sortis de l'eau s'avèrent douteuses et peu fiables.

### **Essais sur le gelcoat**

Le prochain questionnement est d'évaluer comment le gelcoat influence la lecture. Ceux-ci sont-ils tous également portés à absorber l'eau? Y a-t-il une différence entre le gelcoat de la carène et celui du franc bord? Des essais ont été faits dans différentes conditions climatiques. Une chose est certaine, les détecteurs ne détectent pas d'humidité dans la glace. Le taux d'humidité ambiant affecte la lecture d'humidité présente dans les coques en bois, peu celles en fibre de verre.

Les ponts de plusieurs bateaux ont été inspectés immédiatement après une averse. La surface de gelcoat a été essuyée au moyen d'une serviette et le taux d'humidité mesuré immédiatement après. Il a été déterminé que la pluie n'affecte pas les lectures. Il a donc été déterminé que seules les surfaces de la carène ou le gelcoat est soumise à de l'eau sous pression (poids du bateau sur l'eau) sont affectées par cet eau lors de la lecture d'humidité. Nous concluons donc que les détecteurs d'humidité utilisés pour déterminer le contenu d'humidité de composantes comme les longerons, ponts ou autres composantes excluant la carène seront efficaces dans la mesure où la surface est sèche.

Les résidus de sel affecteront-ils la lecture de ces appareils. La réponse est oui! Si un résidu de sel est présent sur le pont d'un bateau, il peut augmenter de près de 50% le taux d'humidité détecté. D'autre part, si l'on essuie simplement cette surface, la différence de lecture sera réduite à 10% »

### **Surfaces Inégales**

On pourrait croire que les détecteurs seraient négativement influencés par les surfaces rugueuses de l'antidérapant ou la surface non finie de la fibre de verre de l'intérieur des coques. En fait il n'en est rien. Les détecteurs demeurent efficaces même sur les surfaces modérément inégales. Il est par contre important de rechercher les surfaces les plus lisses pour faire les essais.

### **À quelle profondeur les détecteurs détectent-ils l'humidité?**

Cette question est critique pour les inspecteurs mais malheureusement il est difficile de le déterminer avec précision. Ceci au fait que l'épaisseur et la consistance du matériel est impossible à déterminer sur un bateau simplement à le regarder. Nous avons par contre déterminé que plus un matériau est dense, plus il est facile de lire à travers. Le détecteur pouvait facilement l'humidité présente de l'autre côté d'une coque de 1.25cm fabriquée sous vide, mais affichait une lecture de 25% inférieure dans le cas d'une coque fabriquée à la main. Un détecteur ne lira pas non plus à travers une coque à cœur sec. Le principe est que la portion sèche contient de l'air qui empêche le passage des ultrasons dont se sert l'appareil pour la détection d'humidité.

Ceci a pour résultat que la lecture de l'instrument peut être faussée par un vide, une délamination ou un manque de résine. La surface derrière ce vide peut être humide mais ne sera jamais détecté. Heureusement, l'utilisation de l'appareil en mode continu en glissant sur la surface entière corrigera ce problème. Donc, il ne faut pas se contenter de faire des essais sur des endroits précis (spots) mais sur l'ensemble de la surface et en continu. Ceci devrait éliminer les fausses lectures à moins que la coque soit dé-laminée sur une grande surface, ce qui est normalement inspecté au moyen d'un test de percussion.

Une autre difficulté à répondre à cette question est l'impossibilité de déterminer quelle portion du laminé est humide; le gelcoat, la couche externe de fibre de verre, le cœur (core) ou de l'humidité derrière. La profondeur d'eau dans laquelle se trouve le bateau

influence également la lecture lorsque prise de l'intérieur. Plus profond est la portion analysée, plus forte est la pression de l'eau. C'est probablement la raison pour laquelle les portions les plus basses indiquent souvent un plus haut taux d'humidité.



### **Au delà des limites**

Heureusement il existe des techniques qui permettent de rendre l'appareil utile au delà de ces limites. La première de ces techniques est d'utiliser l'appareil de l'intérieur de la coque plutôt que de l'extérieur. La surface n'est de toute évidence pas immergée et ne devrait donc pas présenter d'humidité. Donc, une lecture d'humidité obtenue de l'intérieur confirme, après s'être assuré que la surface est sèche et propre, indique la présence d'humidité au cœur du stratifié. Ceci est d'autant plus efficace que la surface intérieure de la fibre de verre est habituellement de 30% à 50% plus mince que la couche extérieure, donc moins sujette à influencer la lecture.

Une autre technique quoique moins efficace est de rechercher des endroits sur la carène où le détecteur d'humidité indique une coque sèche. La logique derrière ceci est que normalement le taux d'humidité devrait être constant dans l'ensemble de la coque. Si de nombreux endroits apparaissent comme sec, il devient probable que certains endroits du cœur sont humides. Il faudra donc faire quelques tests de l'intérieur.

### **Fausses lectures Positives**

Les fausses lectures peuvent être créées par différents facteurs dont des quantités excessives de fibre de verre sur la surface externe, l'utilisation de matériaux ou peintures conductrices dans la finition, la présence de métaux ou oxydes de métaux dans la peinture antisalissure, le cuivre étant en tête de liste. Il est nécessaire de porter une attention particulière aux endroits où un tel matériau a pu être utilisé, dont les quilles, safrans, supports d'hélices, etc.

L'eau contenue dans la cale ou retenue dans certaines portions de la coque peuvent également influencer la lecture. Lors de l'inspection, il faut s'assurer de bien connaître ce qui se trouve à l'intérieur ou de l'investiguer avant de tirer des conclusions. Il faut se souvenir que le détecteur lira la présence d'humidité à travers une coque solide et indiquera la présence d'humidité même si cette coque est sèche.

## **Fausses lectures Négatives**

Des lectures indiquent une coque sèche peuvent être obtenues lorsque le cœur est complètement pourri ou s'est désagrégé. À cette étape, il se peut qu'aucun matériau saturé d'eau ne soit présent et l'appareil lira une coque sèche. Ceci s'est avéré être un problème avec les plus vieilles coques ou les surfaces extérieures de fibre de verre sont très épaisses. J'ai eu de nombreuses telles situations où le détecteur ou même le test de percussion ne permet pas de déterminer qu'une coque est délaminée ou si son cœur est désagrégé. Les vieux Bertrams et Hatteras sont typiques de ce problème. Normalement cette situation est identifiable par les traces brunâtres laissées aux endroits où la quincaillerie ou les différentes pièces de machinerie sont fixées à la coque.

J'ai eu un cas récemment sur un Bertram 46 où le pont du poste de pilotage supérieur présentait une flexion anormale et la présence de taches brunes sur le pourtour indiquait clairement que le cœur était sérieusement affecté. L'étendue du problème était tellement importante que les endroits où le cœur s'était totalement désagrégé et présentait une surface sèche selon la lecture du détecteur. La majeure partie du pont présentait une surface sèche alors qu'il était presque rendu hors d'usage! Si je m'étais seulement fié aux lectures du détecteur, j'aurais été dans de mauvais draps et mon client aussi!

## **Cloques**

L'idée que la présence d'un haut taux d'humidité dans la coque est un précurseur certain à la formation de cloques est fautive. On devrait plutôt dire que la présence d'un haut taux d'humidité dans la coque **pourrait** résulter à la formation de cloques. Il est reconnu depuis plusieurs décennies que les bateaux fabriqués avec des matériaux de qualité sont peu sujets à la formation de cloques, la présence d'humidité n'implique pas automatiquement la formation de cloques.

## **La nature des structures en composite**

Comprendre la nature des structures composites est important pour comprendre comment ils peuvent devenir saturés d'eau et comment détecter ces conditions. D'abord il faut comprendre que toute forme courbée doit être fabriquée avec un matériau qui peut être découpé en portions assez petites pour être moulée dans la forme désirée. Les panneaux de composite solides ne sont généralement pas utilisés en raison de la difficulté d'assurer qu'ils épousent parfaitement la forme du matériau déjà mis en place dans le moule.

Comme on peut le deviner, la mise en place correcte et sans vides de ce matériau composite est difficile à vérifier sauf lors de la fabrication sous vide, un procédé qui assure une bonne adhésion sans espaces vides. Il devient donc évident que lors de l'assemblage à la main, il y a toujours présence de portions dites non collées là où la résine n'a pas pénétré et complètement saturé le composite et collé celui-ci à la couche déjà appliquée dans le moule. L'avantage du balsa est qu'il est très facile à mouler et absorbant et qu'il adhère facilement alors que la mousse ou autre composite similaire présente des cellules à forme arrondie qui retiennent moins bien la résine.

Le bois Balsa est très absorbant – comme le sont la majorité des bois – dans le sens du grain, alors que perpendiculairement au grain, ils le sont beaucoup moins. Dans le cas du bala de type grain ouvert (open grain balsa), la portion absorbante est orientée pour faire face à la résine et en favoriser l'absorption et minimiser les effets de l'eau s'il y avait infiltration. Les interstices dans le balsa ou autre matériau utilisé ne peuvent être complètement remplis même avec la fabrication sous vide. Ce sont ces interstices qui favorisent la migration de l'eau.

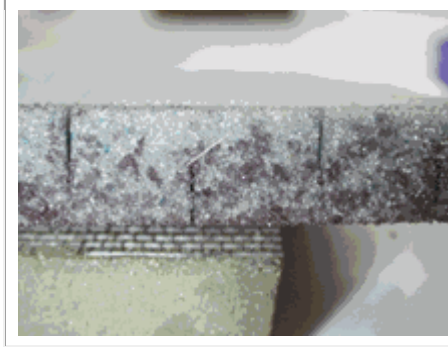
Par contre, quelques composites de type mousse, dont le Klegecell, est excellent pour acheminer l'eau le long de sa surface.



La migration de l'eau est facilitée, spécialement dans la carène, en raison des forces exercées par la pression. Ceci crée un effet de hydraulique de pompage qui facilite la distribution de l'eau dans le composite » si le composite devient totalement saturé, la force hydraulique de l'eau sera telle qu'elle réduira ce composite en bouillie. Ceci brisera les propriétés structurales du composite et permettra la formation de fissures dans les couches externes de la fibre de verre. Il en résultera une défaillance totale de la coque.

La fabrication sous vide réduit grandement le problème de migration de l'eau, même s'il y a infiltration. Ceci est dû au fait que la fabrication sous vide assure que tous les interstices sont remplis de résine, bloquant ainsi la route à la migration de l'eau. Il devient ainsi peu probable que l'eau qui se serait infiltrée migre ou s'étende. Il peut bien sûr y avoir détérioration du composite au point d'entrée mais la zone affectée devrait être limitée et ne devrait pas menacer l'intégrité de la coque en entier.

Le balsa se détériore de trois manières différentes : l'érosion hydraulique, la dégradation fongique ou pourriture et une forme moins connue de corrosion. De la même manière que l'absence d'oxygène cause la corrosion des métaux, elle peut également causer la corrosion du bois. La destruction du papier par les acides naturels est depuis longtemps un problème pour les historiens ou anthropologues. Nos recherches ont démontré que le balsa dans les coques est le plus souvent dégradé par l'absence d'oxygène qui rend l'eau acide et cause sa dégradation.



**Si vous pensiez que les composites synthétiques étaient imperméables, regardez comment cet échantillon placé dans un cabaret contenant de l'eau colorée est devenu saturé en seulement 5 minutes.**

La cause de dégradation du balsa est facilement identifiable. La détérioration fongique (pourriture) rend le balsa brun foncé ou noir, alors que la corrosion a peu d'effet sur la couleur sinon qu'il le rend plus foncé. L'érosion hydraulique transforme le balsa en bouillie.

Cette corrosion acide affecte-t-elle les autres types de composites synthétiques. Bien que quelques anecdotes pointent dans cette direction, aucune observation récente ne peut le confirmer. Plusieurs formules de résines polyester sont vulnérables à la corrosion, mais les composites qui sont principalement fabriqués de PVC ne le sont pas. Seul l'avenir nous le dira.

Les composites se sont grandement améliorés dans les dernières années et deviennent plus résistants et adhèrent plus facilement dont l'un d'eux, le ATC Corecell sur lequel nous avons fait des essais limités. L'une de ses excellentes caractéristiques, mis à part sa résistance structurelle, est sa tendance à réduire l'effet de transfert capillaire de l'eau. Les essais fait avec le Kledgecell et différents autres types de composites, ceux-ci ont démontré qu'ils permettaient la migration de l'eau le long de la surface sur des distance importantes. Cette habilité à permettre la migration de l'eau est inquiétante et apparaît être causé par la taille et forme des cellules qui favorisent l'effet capillaire un peu comme les bois le font. Le Corecell n'a démontré aucune migration de l'eau.

### **L'avenir du balsa**

Basée sur l'historique de ses performances, le balsa ne devrait pas être utilisé sauf pour la fabrication sous vide. Les coûts récents de main d'œuvre sont tellement élevés qu'il ne peut-être utilisé dans la fabrication à la main, spécialement en raison de la réduction importante de la main d'œuvre qualifiée. Un nombre assez importants de bateaux (principalement des bateaux fabriqués entièrement ou partiellement sur mesure) ont été fabriqués selon la méthode balsa/sous vide, pour affirmer que les problèmes rencontrés avec les plus vieux bateaux ont été éliminés. Toutefois, une nouvelle génération de composites a vu le jour et ceux-ci devraient rendre l'utilisation du balsa désuet.

### **Coremat**

Le Coremat est un produit breveté qui est fabriqué au moyen d'une mince couche de matériau fibreux qui s'apparente au matériau que l'on retrouve sous les viandes dans les



emballages à l'épicerie. Il absorbe très bien la résine et lorsque bien imbibé, il produit un laminé très résistant qui est utilisé depuis plus de vingt ans. L'épaisseur saturée n'est que de quelques millimètres. Nous ne connaissons aucun problème à ce matériau lorsqu'il est bien utilisé. Contrairement à nos préjugés, lors de nos essais, ce matériau a présenté peu de perméabilité à l'eau même lorsque totalement immergé.

Ce matériau est le plus souvent utilisé dans la fabrication de plus petits bateaux. Il n'est pas normalement utilisé avec d'autres types de composites. Nous ne connaissons aucun cas de dé-lamination dans l'utilisation de ce matériau. Ce matériau est suffisamment poreux pour empêcher la détection d'humidité à travers celui-ci, même lorsque placé directement dans un récipient contenant de l'eau. Le Coremat semble être un succès mal reconnu de l'industrie de la fabrication navale.

### **Mastic et composites pulvérisés.**

On en connaît peu sur ces matériaux. Lorsque nous interrogeons les inspecteurs à ce sujet, ils en connaissent peu à ce sujet. Les mastics sont normalement fabriqués de pâte à base de polyester qui est pulvérisée sur les couches externes. Cette méthode est généralement utilisée pour des bateaux de moins de dix mètres. L'épaisseur est généralement de 0.6cm ou moins et compose la plus grande portion de l'épaisseur de la coque là où elle est utilisée, soit dans la fabrication du franc bord. D'une demi douzaine d'échantillons recueillis, nous avons relevés deux problèmes : le matériau est structurellement faible et, (2) il a démontré des problèmes d'adhésion. Nous avons notés au moins cinq cas de dé-lamination et nous avons trouvés dans des bateaux ayant subi un ouragan, deux coques dont le composite s'est complètement séparé en son centre. Le matériau ne démontre par contre aucune perméabilité à l'eau.

### **En résumé**

Les détecteurs peuvent être utilisés pour déterminer le niveau d'humidité des coques, mais pas comme s'y attendent la majorité des inspecteurs, soit en mesurant celle-ci de l'extérieur de la coque seulement. La seule méthode sans faille est de faire la mesure de l'intérieur. L'inspecteur devra s'assurer que la coque est sèche et n'a pas été immergée récemment et qu'aucune humidité n'a été emprisonnée dans les endroits tels la cale, autour des longerons, même si ceux-ci apparaissent à première vue secs. La présence de taches d'humidité en dit normalement long sur l'état des composantes structurelles.

Les détecteurs d'humidité peuvent être utilisés sans restriction à partir de 30cm au dessus de la ligne de flottaison, incluant le pont, même après la pluie, du moment que la surface a été asséchée. Il faut également s'assurer que la surface est libre de résidus de sel. S'il y a des résidus, un chiffon humide suffit normalement à l'enlever.

Nos essais ont également démontré que les détecteurs peuvent être utilisés sur les surfaces antidérapantes, malgré que la validité des lectures soit légèrement réduite.

Le détecteur d'humidité est le plus fiable lorsqu'il est utilisé par une personne expérimentée sur son utilisation et qui connaît les facteurs externes qui peuvent influencer son utilisation. Le détecteur est peu fiable lorsqu'il est utilisé par une personne qui croit que son efficacité est toujours bonne et qu'il produit des résultats infaillibles. La raison pour laquelle ces résultats ne le sont pas est simplement à cause des conditions externes continuellement changeante avec chaque bateau et qui ne comporte pas de solution unique. En résumé, il faut une portion de connaissance et une toute aussi bonne portion d'expérience pour en maîtriser son utilisation.

Lorsque l'inspecteur fait rapport de ses observations, il devrait toujours spécifier quel marque et modèle de détecteur il a utilisé. Il devrait également éviter de rapporter les résultats en pourcentages puisque cette méthode est inexacte. Il est par contre correct de rapporter les lectures comme étant de 24 points sur l'échelle Tramex qui en comporte 100 mais ne doit jamais être exprimé en pourcentage.

Affiché le 13 Juin, 2004