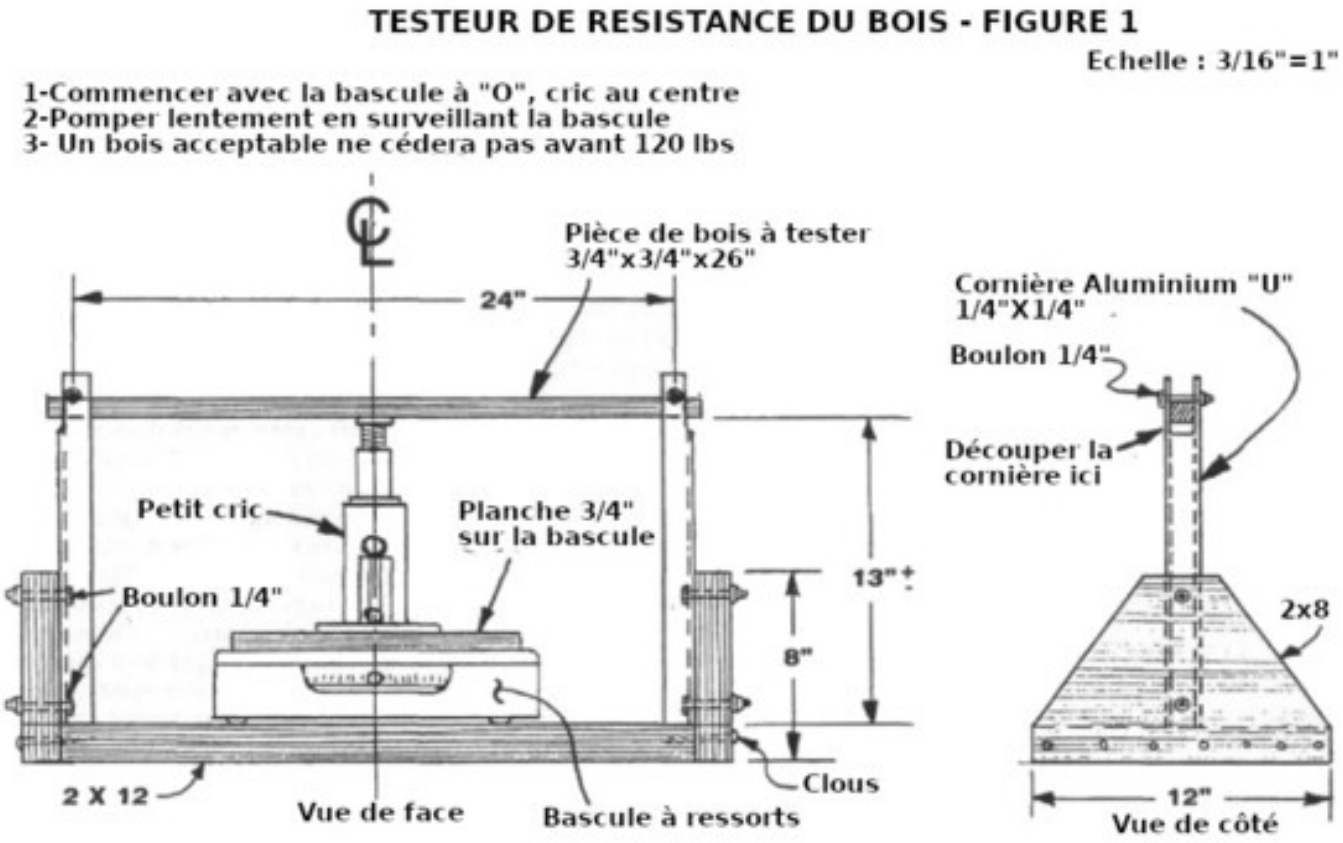
CONSTRUIRE EN BOIS -4/5- TESTER LE BOIS

Dans le numéro de février de Sport Aviation, une étude détaillée a été présentée concernant les défauts souvent rencontrés dans le bois destiné à l'aviation, en particulier le bois de longeron, et comment détecter les problèmes potentiels. Les défauts dans le bois peuvent contribuer à réduire la résistance du bois. Avec cela en tête, le constructeur ou le restaurateur d'avion doit prendre soin de s'assurer que le bois utilisé dans la construction de son avion est exempt de défauts majeurs. Encore une fois, il est impératif que vous, en tant que constructeur, soyez familier avec l'inspection du bois que vous allez utiliser dans votre avion. Les fournisseurs de matériel aéronautique inspectent chaque pièce de bois avant de vous l'expédier. Les scieries locales ne le font pas. Même si vous n'êtes pas obligé d'utiliser du bois conforme à la norme militaire dans un avion de construction amateur, je le recommanderais vivement. Vous voulez construire un avion sûr aussi économiquement que possible, mais il y a des domaines dans lesquels on peut économiser et d'autres dans lesquels on ne devrait pas. Le bois utilisé dans la structure primaire de votre avion fait partie de la catégorie «où l'on ne doit pas économiser» . Bien sûr, la disponibilité du bois est un problème majeur, ou devrais-je dire le manque de disponibilité. Cela a été discuté dans des numéros précédents, avec des alternatives appropriées à l'épicéa de Sitka.

En résumé, les principaux défauts dont vous devez être conscient sont les suivants :

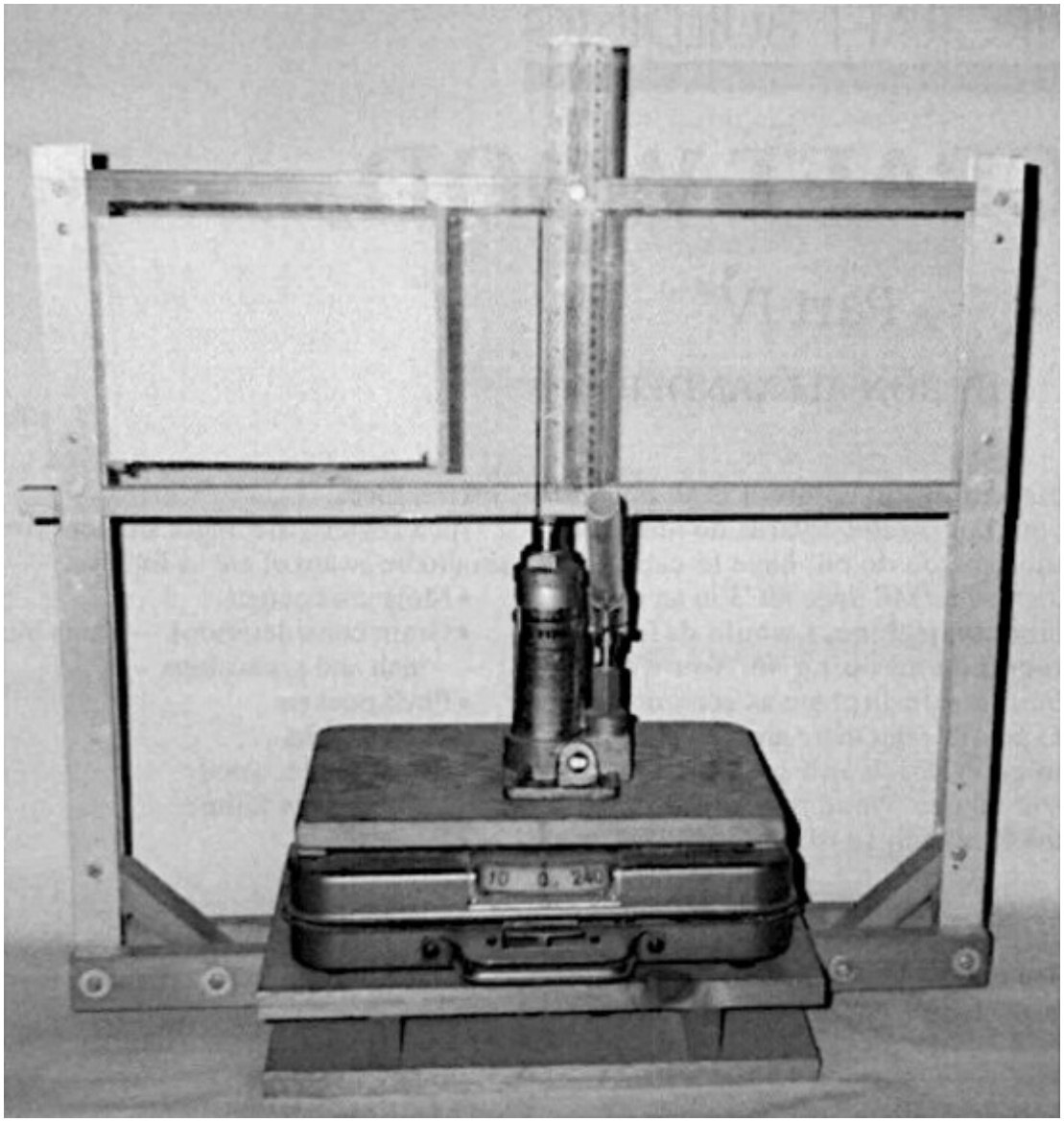
- Teneur en humidité
- Considérations liées au fil du bois : cernes par pouce et pente du fil
- Poches de résine
- Veines de résine
- Bois de compression
- Rupture par compression
- Manque de bois (ou présence d'aubier ou d'écorce)
- Nœuds
- Fragilisation
- Veines noires (ou rouge)
- Cernes écrasés
- Gerces, fentes et fissures

Tous ces éléments ont été définis et étudiés dans les deux numéros précédents de Sport Aviation. Je vous recommande de les revoir avant d'inspecter le bois que vous allez utiliser à des fins structurelles. De plus, familiarisez-vous avec la norme Mil Spec 6073 et procurez-vous une copie du document ANC-19 si vous êtes un constructeur sérieux travaillant le bois. Il est de la plus haute importance que vous vous familiarisiez avec les techniques d'inspection ou que vous trouviez un autre constructeur ou restaurateur ayant déjà travaillé le bois et pouvant vous aider dans le processus d'inspection. Si, après une inspection approfondie, vous doutez encore de la qualité du bois que vous utilisez, un simple test peut être réalisé sur un échantillon de bois. Ce test est décrit ci-dessous.



TEST DU BOIS

Wayne Ison, de Tennessee Engineering and Manufacturing, Inc. (TEAM), a eu la gentillesse de partager la méthode de test du bois utilisée par son entreprise avant de fabriquer leurs kits d'avion. Wayne découpe un échantillon de bois exactement de trois-quarts de pouce carré et de 26 pouces de long. L'échantillon est ensuite pesé. Le poids est un indicateur de la résistance même s'il ne doit pas être utilisé seul. L'échantillon découpé en épicéa de Sitka (Spruce) doit peser entre 2,8 onces et 3,5 onces. En règle générale, les échantillons d'épicéa de moins de 2,5 onces peuvent être douteux. Un échantillon similaire en sapin de Douglas doit peser entre 4,5 onces et 5,5 onces. Le poids est mesuré au dixième d'once près à l'aide d'une balance postale. Le poids des pièces de bois d'une même essence peut varier. Le poids dépend en grande partie de l'endroit où l'arbre a poussé, de la taille de la bille dont il provient, de la teneur en humidité, etc. Wayne indique que même si le poids est une bonne indication de la résistance d'une pièce de bois, il a constaté que cela ne doit pas être le seul critère de confiance.


FIGURE 2

Pour aller plus loin dans le test, la procédure suivante est recommandée. Procurez-vous un petit cric hydraulique ou un cric mécanique. N'importe lequel peut être utilisé car la charge maximale n'excédera pas 250 livres. Placez le cric exactement entre deux montants verticaux (voir Figure 1). Avant d'insérer l'échantillon de test, ajustez la balance, avec le cric en place, de façon à lire zéro. Marquez la ligne de centre sur la pièce de bois à tester. L'échantillon doit mesurer trois-quarts de pouce carré et 26 pouces de long. Après avoir marqué le centre de la pièce de bois, placez l'échantillon avec le fil du bois à l'horizontale.

À ce stade, Wayne recommande de mettre une paire de lunettes de sécurité, car certains échantillons de bois peuvent littéralement exploser lorsqu'ils se brisent, projetant de petites échardes dans la zone environnante.

Ensuite, appliquez lentement la pression sur l'échantillon. Notez que, dans le cas d'un cric hydraulique, l'action de pompage ajoutera quelques livres à la lecture. Après environ 100 livres, vérifiez la lecture à chaque coup de pompe. Si la lecture se maintient et ne redescend pas, continuez jusqu'à ce que le bois casse. Si, à un moment donné, la lecture chute et ne se maintient pas, cela signifie que le bois est en train de céder en compression. Un examen attentif de l'échantillon au point de contact du cric montre souvent une marque, ou une ligne verticale, sur les côtés de l'échantillon. Cela indique que le bois a cédé en compression et non en traction sur la face supérieure.

Wayne Ison n'utilise pas de bois pour les longerons qui ne supporte pas un minimum de 125-130 livres sans signe de fracture ou de perte de charge. Les échantillons d'épicéa de Sitka atteignent généralement 130-135 livres. Le sapin de Douglas ne devrait pas échouer à ce test avant d'atteindre environ 160-175 livres.

L'échec d'un échantillon de bois à ce test ne signifie pas que le bois ne peut pas être utilisé pour un autre usage que celui de longeron. De nombreux composants en bois d'avion n'ont pas à supporter les charges imposées aux longerons d'aile.

Un grand merci à Wayne pour avoir fourni ces informations. Une photo du banc d’essai est également présentée à la Figure 2.

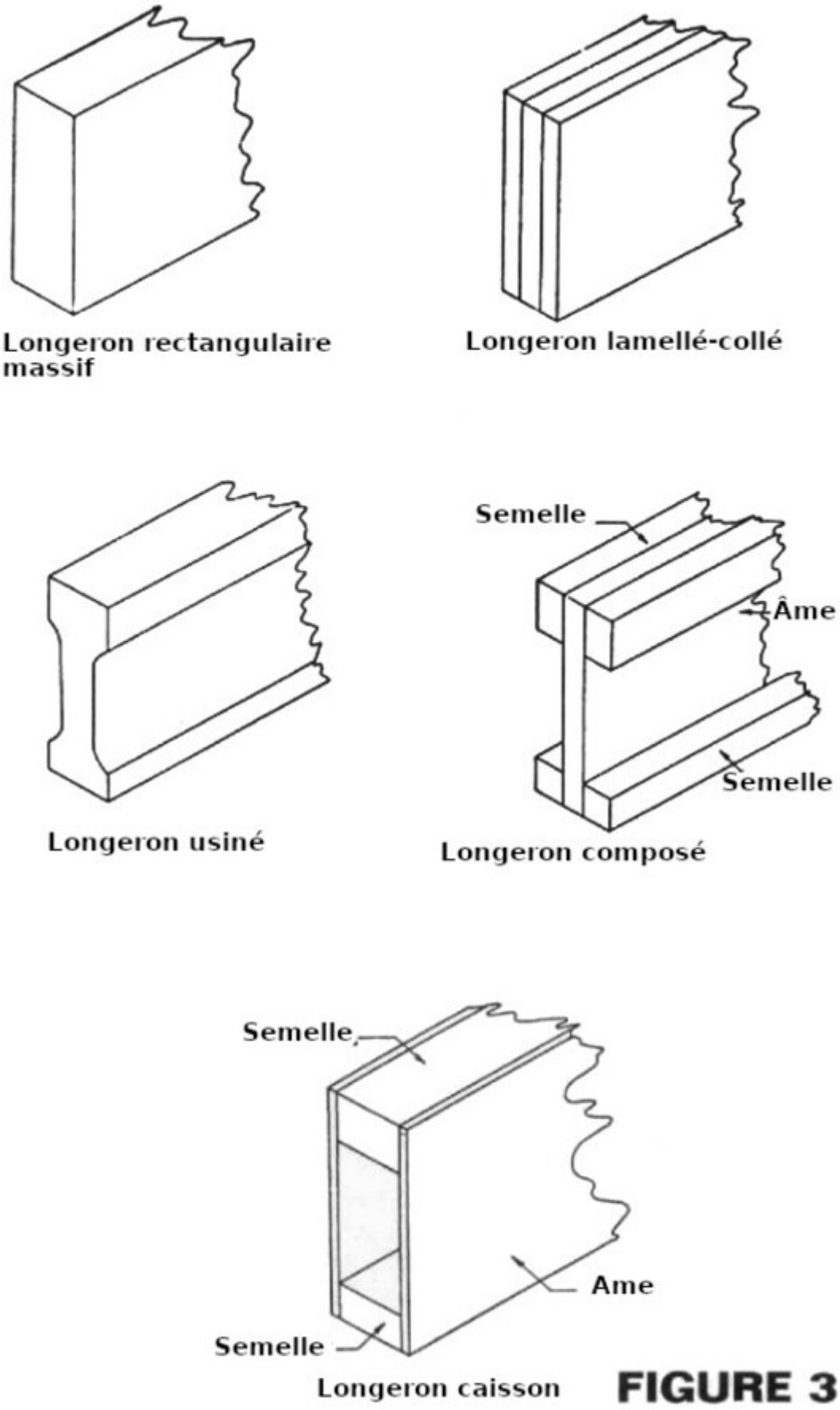


FIGURE 3

Il est important de comprendre qu’il existe des alternatives aux longerons d’aile autres qu’une pièce pleine d’épicéa ou de sapin. La Figure 3 illustre des méthodes appropriées de construction d’un longeron d’aile. Les ferrures de fuselage, nervures et entretoises de compression sont toutes fixées au longeron. C’est un composant extrêmement important de l’avion. Comme vous pouvez le voir, des longerons pleins laminés sont souvent utilisés.

Les longerons pleins rectangulaires et les longerons lamellés-collés ont souvent des blocs de renfort collés aux points d'attache des ferrures et des éléments. Les longerons en I usinés, les longerons en I construits et les longerons caisson sont conçus pour économiser du poids. Les longerons usinés se trouvent dans de nombreux avions anciens où le sapin de Douglas était le bois de prédilection. L'usinage avait pour but de réaliser un gain de poids. Le longeron caisson est constitué d'une semelle supérieure et d'une semelle inférieure reliées par des âmes en contreplaqué. Des cloisons sont utilisées pour contreventer les âmes en contreplaqué contre le flambage. Ces cloisons peuvent également servir de blocs de renfort aux points où les ferrures et éléments sont fixés. Les boulons d'attache des ferrures sont insérés dans des bagues en alliage d'aluminium. Ces bagues offrent une plus grande surface d'appui sur le bois et réduisent la possibilité d'un écrasement local du longeron. Les bagues sont généralement montées en force dans le longeron.

INSPECTION ET RÉPARATION DU BOIS ANCIEN

Nous avons passé beaucoup de temps à parler de l'inspection et du test du bois neuf. Mais qu'en est-il du bois déjà présent sur un avion terminé et déjà en vol ? Si je restaure un avion ancien ou classique et que je dois savoir si je dois remplacer un longeron ou effectuer une réparation, les procédures d'inspection sont-elles les mêmes ?

En principe, vous inspecterez le bois d'un avion terminé de la même façon que vous le faites avec du bois neuf. Il existe bien sûr certaines différences. Le bois ancien dissimule souvent des défauts qui sont facilement visibles dans du bois neuf. Cela est dû à la décoloration du vernis avec le temps ainsi qu'à d'autres usures. Les fissures et les ruptures par compression sont parfois difficiles à détecter et le bois doit être inspecté avec beaucoup de soin. Recherchez les signes de détérioration aux points les plus bas de l'avion. Si l'avion est équipé d'une roulette de queue, examinez la partie arrière des ailes et du fuselage. La saleté peut s'accumuler dans ces zones et, si elle est mouillée, retenir l'humidité contre la structure. Cela peut entraîner la pénétration du vernis protecteur et permettre à l'humidité d'atteindre les fibres du bois. Utilisez la circulaire de conseil Advisory Circular 43-13 comme guide.

Les éléments suivants doivent être inspectés concernant le bois structurel :

- Inspecter pour trouver des traces de moisissure. La moisissure peut résulter d'une humidité et d'une chaleur excessives. Si elle est importante, elle peut entraîner l'apparition de pourriture sèche.
- Inspecter les joints de colle : tous les joints doivent être examinés attentivement pour détecter tout signe de fissure ou d'ouverture. Cela peut indiquer une perte d'adhérence. De plus, si un joint est décoloré, cela peut être le signe d'une réaction chimique défavorable pouvant causer une perte d'adhérence. (Note : si une colle à base de résorcinol a été utilisée, elle sera de couleur sombre). Si vous trouvez des signes de défaillance des joints de colle, grattez tout le vernis autour de la zone. Cela vous permettra de mieux examiner le bois et, plus précisément, les joints. Vous pouvez également utiliser un petit couteau pour voir si vous pouvez pénétrer dans la fissure en poussant doucement la lame. Utilisez une loupe pour faciliter l'inspection des joints.
- Relâchement des clous : les clous dans les structures en bois sont placés là pour maintenir les pièces en position jusqu'au séchage de la colle. En pratique, ils peuvent être retirés une fois la colle sèche. Cependant, si vous voyez des clous se desserrer, cela peut indiquer un mouvement indésirable du longeron qui doit être investigué. Si vous constatez des signes de corrosion ou des taches d'eau autour de la zone clouée, une inspection plus poussée est nécessaire. Ces mêmes critères s'appliquent aux vis à bois.
- Retrait du bois : en particulier autour des ferrures. Si le bois se rétracte, les boulons ou vis retenant les ferrures peuvent se desserrer.
- Humidité excessive ou bois mouillé : assurez-vous que l'humidité n'est pas piégée dans la structure en bois.
- Rechercher les fissures : c'est un point très important. Vous devez inspecter le longeron pour détecter toute fissure en développement. Utilisez une petite loupe dans les zones suspectes. Les fissures sont souvent difficiles à voir à l'œil nu. Elles peuvent apparaître n'importe où sur le longeron mais elles se développent plus souvent autour des ferrures. Les ferrures d'attache d'aile, qui fixent les ailes au fuselage, doivent être soigneusement inspectées. De même que les ferrures d'attache de haubans. Un excès de contraintes sur l'ensemble de la structure de l'aile peut provoquer des fissures. Les impacts qui se sont produits ou des boulons trop serrés dans le bois peuvent causer des problèmes. Assurez-vous d'examiner l'ensemble du longeron (spar) pour y déceler des fissures.
- Jeu des ferrures : vous devez secouer les ailes rapidement à partir des extrémités pour voir si vous détectez des ferrures desserrées. Cela se retrouve généralement là où les haubans d'aile sont fixés au longeron. Si vous détectez des boulons desserrés, vous devez enquêter davantage pour déterminer s'il y a une usure du boulon ou une détérioration du bois.

- Inspection des plaques de renfort : la plupart des longerons en bois ont des plaques de renfort en contreplaqué collées sur leurs faces aux endroits où les ferrures d'ailes et de haubans sont fixées. Ces plaques peuvent aussi se trouver sous une jonction de longeron. Assurez-vous que ces plaques ne se détachent pas du longeron lui-même. Si la colle faiblit ou si d'autres problèmes apparaissent, la plaque elle-même peut devoir être retirée et remplacée.
- Dégradation de la finition : si le vernis est altéré par des produits chimiques ou se détériore simplement, de la moisissure ou un champignon peuvent se développer dans les fibres du bois.
- Taches : soyez très attentif à toute tache que vous observez. Les taches sont souvent accompagnées de pourriture.
- Champignon : vous devez rechercher la présence de champignons. Ils se développent généralement dans des conditions chaudes et humides lorsqu'ils sont exposés à des spores libérées dans les zones de stockage.
- Pourriture sèche : elle peut être causée par la détérioration de la finition, la moisissure, les champignons, un retrait excessif ou des fissures. Le bois atteint de pourriture sèche peut être considérablement affaibli.
- Rupture par compression : ce défaut du bois a été discuté en détail le mois dernier. Vous devez être conscient de ce problème dans les avions terminés et ayant volé. Si l'avion a été soumis à des charges ou des contraintes inhabituelles, une rupture par compression peut apparaître. Elle se manifeste généralement sous la forme d'une petite ligne fine traversant le fil du bois. C'est une indication que les fibres du bois ont été sollicitées et effectivement rompues. Chaque fois que vous détectez un bois présentant des signes de rupture par compression, il doit être remplacé.

Si vous soupçonnez qu'une zone du bois est pourrie ou en décomposition, vous pouvez utiliser un petit couteau pour gratter et sonder le bois. Si le bois éclate en éclats, il est probablement sain ; mais s'il est mou et peut être facilement découpé en petits morceaux, il est probablement pourri et doit être remplacé. Toute zone en décomposition doit être remplacée par du bois sain.

Lorsque vous inspectez du bois ancien, vous supposez que la plupart des défauts majeurs présentés plus tôt dans notre étude ne seront pas présents. C'est une hypothèse assez sûre mais vous devez néanmoins rester attentif à ces problèmes. Vous espérez que la personne qui a installé le bois et appliqué la finition l'a aussi inspecté pour détecter les défauts majeurs. C'est généralement le cas mais vous devez tout de même effectuer une inspection complète.

Si vous restaurez un avion, vous n'aurez pas l'occasion d'inspecter ces zones pendant une très longue période. L'avion sera ré-entoilé et ne sera pas ouvert à nouveau avant plusieurs années. Le moment où l'avion est découvert est donc celui où il faut détecter les problèmes.


Longeron composé

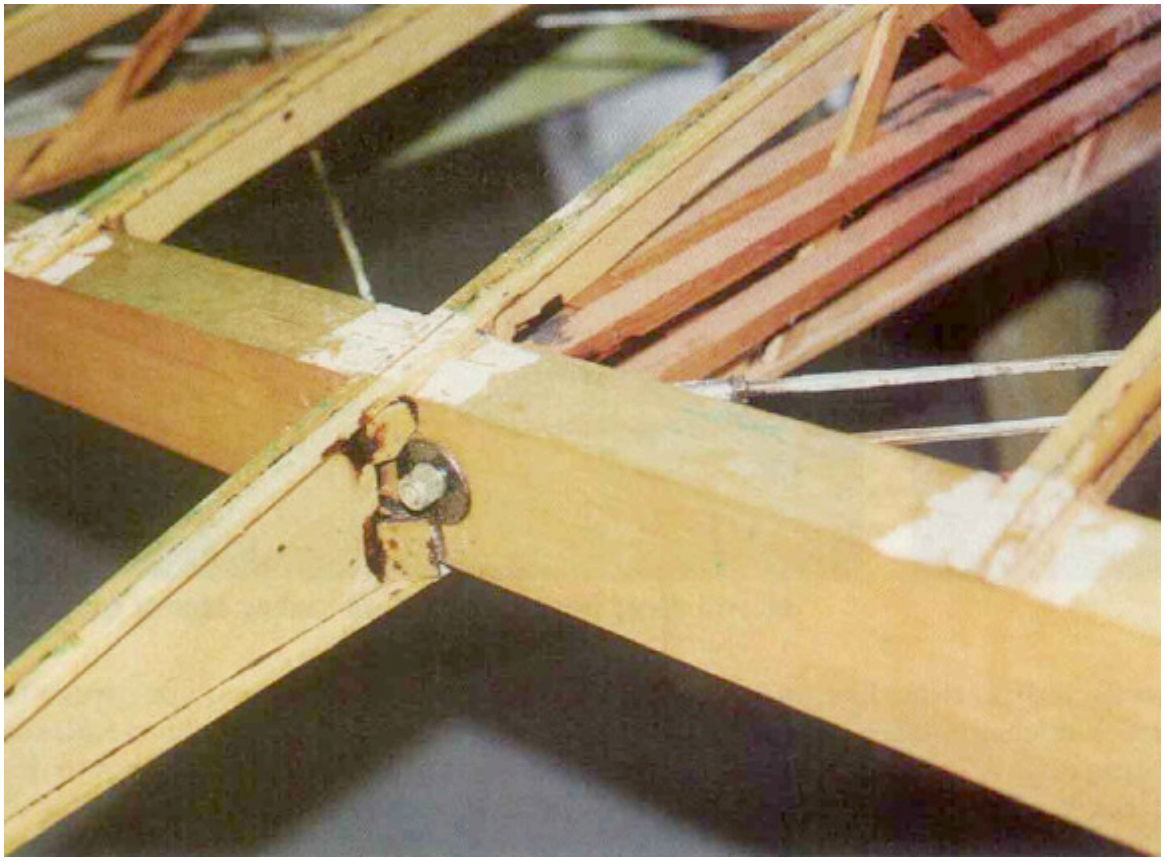
Un défi plus important se présente lors d'une inspection annuelle de routine ou d'une inspection d'état. Le retrait des plaques d'inspection pour rechercher des défauts sur les longerons doit être effectué lors de cet examen annuel. Tenter de voir un longeron à travers une petite ouverture donnant sur une zone sombre est une tâche difficile. Des lampes et des miroirs d'inspection sont nécessaires pour faciliter cette inspection. Il est évident qu'il est beaucoup plus facile de détecter des problèmes de bois sur votre avion lorsque vous le reconstruisez ou le restaurez que lors de l'inspection annuelle. Il faut faire preuve d'un soin extrême pour s'assurer que l'inspection annuelle des problèmes du bois puisse être effectuée de manière adéquate.


Enduit Superfil utilisé sur le bord d’attaque d’une

Que faire si vous trouvez une fissure dans un longeron ou un autre signe d’un problème majeur ? Pouvez-vous réparer le longeron ou un autre élément de structure ? La réponse est oui, dans la plupart des cas, vous pouvez effectuer une réparation appropriée. Les réparations sur le bois ne sont souvent pas simples et je vous suggère d’étudier la circulaire AC 43-13 ainsi que d’autres publications avant d’entreprendre une réparation importante sur du bois. Bien sûr, si vous restaurez un avion de série, vous devez faire exécuter la réparation par un mécanicien cellule ou la réaliser sous sa supervision (à moins que vous ne soyez vous-même mécanicien certifié).

Les longerons en bois peuvent être entaillés et réparés par greffe selon les procédures décrites dans AC 43-13. En principe, un longeron peut être entaillé à n’importe quel endroit sauf sous les ferrures d’attache d’aile, de haubans, etc. Les ferrures elles-mêmes ne doivent pas chevaucher une jonction de longeron.

Une fissure de longeron apparaît souvent à proximité des plaques de renfort en contreplaqué. Ces fissures surviennent fréquemment à la suite du retrait du longeron dû à un séchage excessif. Elles commencent souvent sous les plaques elles-mêmes, au niveau du trou de boulon, et s’étendent dans les deux directions. La présence d’une fissure ne signifie pas nécessairement que le longeron doit être remplacé. L’AC 43-13 stipule : «Si la fissure n’est pas trop longue ou trop proche d’un bord et peut être correctement renforcée, il sera probablement plus économique et satisfaisant d’effectuer une réparation plutôt que d’installer un nouveau longeron ou une nouvelle section.»


Noter la couleur noir de la colle Résorcine aux collages.

Ce type de réparation consiste à renforcer la zone fissurée en collant des plaques de contreplaqué ou d'épicéa (spruce) de part et d'autre du longeron. Ces plaques doivent avoir une épaisseur suffisante pour assurer la résistance au cisaillement sur les deux côtés du longeron. Elles doivent également s'étendre au-delà des fissures, comme recommandé dans l'AC 43-13. La circulaire de conseil décrit en détail la manière d'effectuer cette réparation. Encore une fois, aucune ferrure n'est autorisée dans la zone fissurée.

Le bon sens dicte que la réparation d'un longeron d'aile est une réparation critique et ne doit être entreprise que par des constructeurs expérimentés. Un mécanicien certifié doit effectuer ces réparations sur un avion de série. (La réparation peut également être effectuée sous sa supervision.)

Sur un avion de construction amateur, n'importe qui peut légalement effectuer la réparation mais il est fortement recommandé que ce soit une personne expérimentée dans la construction en bois qui s'en charge.

L'article de conclusion sur la construction en bois paraîtra dans le prochain numéro de Sport Aviation. Je terminerai cette série par une étude sur le contreplaqué aéronautique, les colles disponibles et la finition appropriée du bois dans les structures d'avions.