



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

MANUEL DE REPARATION GENERIQUE POUR LA REPRARATION DES PLANEURS EN MATERIAUX COMPOSITES

Résumé

Le but de ce manuel est de fournir des instructions et techniques génériques pour la réparation de dommages structuraux sur un planeur en matériaux composites (fibre de verre/résine époxy).

Les informations et techniques données dans ce manuel s'appliquent à toutes les réparations et peuvent être considérées comme des données approuvées au sens du chapitre MA 304 de la Part M du règlement CE 2042/2003.

Ce document est la propriété de la FFVV et ne peut être reproduit, communiqué ou utilisé sans son accord expresse.

Les informations sont réservées aux destinataires nommément désignés



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

SOMMAIRE

1. OBJET

2. CLASSIFICATION DES REPARATIONS ET ASPECTS REGLEMENTAIRES

3. GENERALITES ET DOMAINE D'APPLICATION

4. OUTILLAGES NECESSAIRES A LA REPARATION

5. MATERIAUX

5.1. Tissus de verre

5.2. Résine et durcisseur

5.3. Charge

5.4. Gelcoat

5.5. Mousses sandwich

6 REPARATION DES STRUCTURES

6.1. Généralités

6.2. Techniques de base applicables à la réparation des peaux en composite

6.3. Structure stratifiée simple de type coque

6.3.1 *Coque simple endommagée sans perforation complète de la coque*

6.3.2 *Coque simple endommagée avec perforation complète de la coque*

6.4. Structure sandwich

6.4.1 *Coque sandwich endommagée sans perforation de la peau interne.*

6.4.2 *Coque sandwich endommagée avec perforation de la peau interne (cas d'un trou de petite taille : environ 50 mm)*

6.4.3 *Coque sandwich endommagée avec perforation de la peau interne (cas d'un trou de grande taille)*

7. FINITION DES SURFACE REPAREES

8. REPARATION D'UNE CRIQUE SUR UN PLEXIGLAS DE VERRIERE

9. REPARATION DES STRUCTURES EN BOIS

10. REPARATION DES STRUCTURES METALLIQUES

10. REPARATION DES LONGERONS

Annexe 1 : Technique du « taping »



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

1. OBJET

Le but de ce manuel est de fournir des instructions et techniques génériques pour la réparation de dommages structuraux sur un planeur en matériaux composites (fibre de verre/résine époxy).

2. CLASSIFICATION DES REPARATIONS ET ASPECTS REGLEMENTAIRES

Le présent manuel et son contenu technique, de par son approbation par l'EASA en tant que MRS (Manuel de Réparation Structural) générique pour les planeurs en matériaux composites (fibre de verre / résine époxy), peut être considéré comme un recueil de « Donnée Approuvée » au sens du règlement CE 2042 2003 Part M MA 304 pour la réalisation des réparations mineures et majeures au sens de Sous-Part M article 21 A 435 complété de l'article 21 A 91 du règlement 1702/2003.

Pour ces réparations, il ne sera donc pas nécessaire de procéder à une approbation du dossier de réparation par l'EASA en préalable à la réalisation de la réparation dans la mesure où ce dossier de réparation s'appuie sur les techniques du présent manuel (voir AMC&GM 21A 431 a).

3. GENERALITES ET DOMAINE D'APPLICATION

Lors d'un atterrissage dur, d'un cheval de bois, d'un choc ou autres circonstances, des dommages peuvent être générés sur les structures du planeur. Ces dommages peuvent être difficilement visibles, mais affaiblir la structure du planeur.

Dans ce cas, le planeur doit être soigneusement examiné afin d'identifier toutes les structures endommagées : délaminage des structures composites, décollage de cadre ou de ferrure, criques de gelcoat, ...etc. Le but de cette inspection approfondie est de dresser une liste exhaustive de l'ensemble des dommages qui affectent le planeur.

Dans le cas de délaminage, le stratifié devient partiellement ou complètement blanc et opaque suivant l'importance des dommages.

Différentes techniques permettant d'identifier les zones délaminées. Ces techniques sont :

- L'inspection visuelle en lumière rasante,
- Le « taping »

La technique du « taping » est donnée en annexe 1 du présent document.

Les structures endommagées doivent être réparées car elles ne peuvent plus assurer ses fonctions. La réparation peut se faire, soit en stratifiant la même quantité de tissu sur la surface endommagée (réparation par recouvrement) soit en enlevant la zone endommagée et en reconstituant la totalité de la structure stratifiée (réparation par enture).

Dans les deux cas, afin d'éviter les concentrations locales de contraintes qui normalement sont réparties de façon homogène, il est souhaitable de ne pas provoquer de changement brutal d'épaisseur.

Avant de commencer la réparation, il est nécessaire de connaître la qualité, le type et la disposition des matériaux constituant les structures. Ceci est particulièrement important pour les couches de fibres de verre constituant les structures composites.



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

Pour déterminer ces informations, plusieurs méthodes sont applicables :

1. Disposer des plans des structures considérées,
2. Poncer la structure stratifiée avec du papier abrasif et regarder à contre jour le nombre, le type et la disposition des tissus de verre,
3. Découper et brûler un petit morceau de stratifié prélevé dans la zone endommagée et regarder le nombre, le type et la disposition des tissus de verre (attention à bien conserver l'orientation du morceau prélevé par rapport à la structure initiale du planeur),

Pour les réparations, la méthode 1 doit être privilégiée.

Les méthodes 2 et 3 peuvent éventuellement être utilisées :

- en cas d'impossibilité de disposer des plans des structures (méthode1)
- en vérification des informations des plans des structures (méthode1),

Après toute réparation importante, il est nécessaire de faire une pesée du planeur et/ou des éléments réparés afin de s'assurer qu'ils respectent bien les exigences de masse, d'équilibrage et de centrage spécifiées dans le manuel de maintenance du planeur.

Domaine d'application du présent manuel : Toutes les structures sauf les semelles de longeron.

- Structures stratifiées simples présentes dans : coque, cadre, nervure, renfort, longeronnet,....,
- Structures sandwich présentes dans : caissons d'aile, fuselage en sandwich, âme de longeron, gouvernes,

4. OUTILLAGES NECESSAIRES A LA REPARATION

Les principaux outils nécessaires à une réparation de structure en composite sont :

- Une balance ou pipette doseuse appropriée pour doser exactement les quantités de résine et durcisseur (en masse ou en volume),
- Récipients et bâtonnets pour les mélanges
- Pinceaux ou rouleau pour étaler la résine
- Ciseaux pour couper les tissus
- Bande adhésive
- Film plastique
- Gants, masques pour la poussière, combinaisons papier,
- cutter, spatule
- Papier abrasif à sec et à l'eau (grains en fonction du besoin)
- Un aspirateur,
- Une source d'air comprimé,
- Un disqueuse et une perceuse,
- Un thermomètre,
- Un sèche-cheveux,
- Etc...



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

Cette liste, non exhaustive, est donnée à titre indicatif et ne constitue pas un préalable ni une obligation de moyen pour débiter une réparation.

5. MATERIAUX

Les réparations doivent être faites en utilisant seulement les matériaux prévus à cet effet. Ces matériaux doivent être conformes aux spécifications établies par le constructeur et spécifications du présent manuel. Ils doivent être stockés dans des conditions permettant leur bonne conservation et doivent être utilisés dans leurs domaines de validité. Il est en particulier nécessaire de conserver ces matériaux à l'abri de l'humidité et de la lumière (il peut être nécessaire d'étuver les tissus de verre avant utilisation afin d'éliminer toute trace d'humidité).

5.1. Tissus de verre

Les principales caractéristiques des tissus utilisés (de marque INTERGLASS) sont données dans le tableau ci-dessous (liste non exhaustive) :

Références commerciales (inter glass)	Type	Type de tissage	Masse du tissu (g/m ²)	Epaisseur du tissu (mm)	Recouvrement mini (mm)
90070	Verre E	Bi directionnel (sergé)	80	0,1	10
92110	Verre E	Bi directionnel (sergé)	163	0,16	17
92125	Verre E	Bi directionnel (sergé)	280	0,35	28
92140	Verre E	Bi directionnel (sergé)	390	0,45	39
92145	Verre E	Uni directionnel	220	0,25	44 ou bord à bord
EC 756 K43	ROWING	Uni directionnel			Pente 1/100
2406	Tissu de Flanelle	Bi directionnel			Bord à bord



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

5.2. Résine et durcisseur

Les résines époxy utilisées pour les collages et les stratifications des réparations doivent être conformes aux spécifications établies par le constructeur dans le manuel d'entretien du planeur. Elles doivent être stockées dans des conditions permettant leur bonne conservation et doivent être utilisées dans leurs domaines de validité.

5.3. Charges

Les charges sont utilisées en les mélangeant avec de la résine époxy (voir § 5.2) pour les collages (liste non exhaustive).

Type de charge	Utilisation
Poudre de silice	Collage d'élément
Microballon phénolique	Collage d'élément et re-profilage des réparations
Fibre de coton	Collage d'élément

5.4. Gelcoat et peinture

Les gelcoats et peintures utilisés pour la réfection des surfaces extérieures du planeur doivent être conformes aux spécifications établies par le constructeur dans le manuel d'entretien du planeur. Ils doivent être stockés dans des conditions permettant leur bonne conservation et doivent être utilisés dans leurs domaines de validité.

5.5. Mousses sandwich et nid d'abeille

Les mousses sandwich et "nid d'abeille" utilisées pour la réparation des structures sandwich des planeurs doivent être conformes aux spécifications établies par le constructeur dans le manuel d'entretien du planeur. Elles doivent être stockées dans des conditions permettant leur bonne conservation et doivent être utilisées dans leurs domaines de validité.



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

6 REPARATION DES STRUCTURES

6.1. Généralités

Bien que la structure composite d'un planeur soit généralement complexe, si on la décompose en structures primaires élémentaires, on retrouve généralement l'un des deux types de structures suivants :

1. Structures stratifiées simples présentes dans : coque, cadre, nervure, renfort, longeronnet,....,
2. Structures sandwich présentes dans : caissons d'aile, de gouverne,

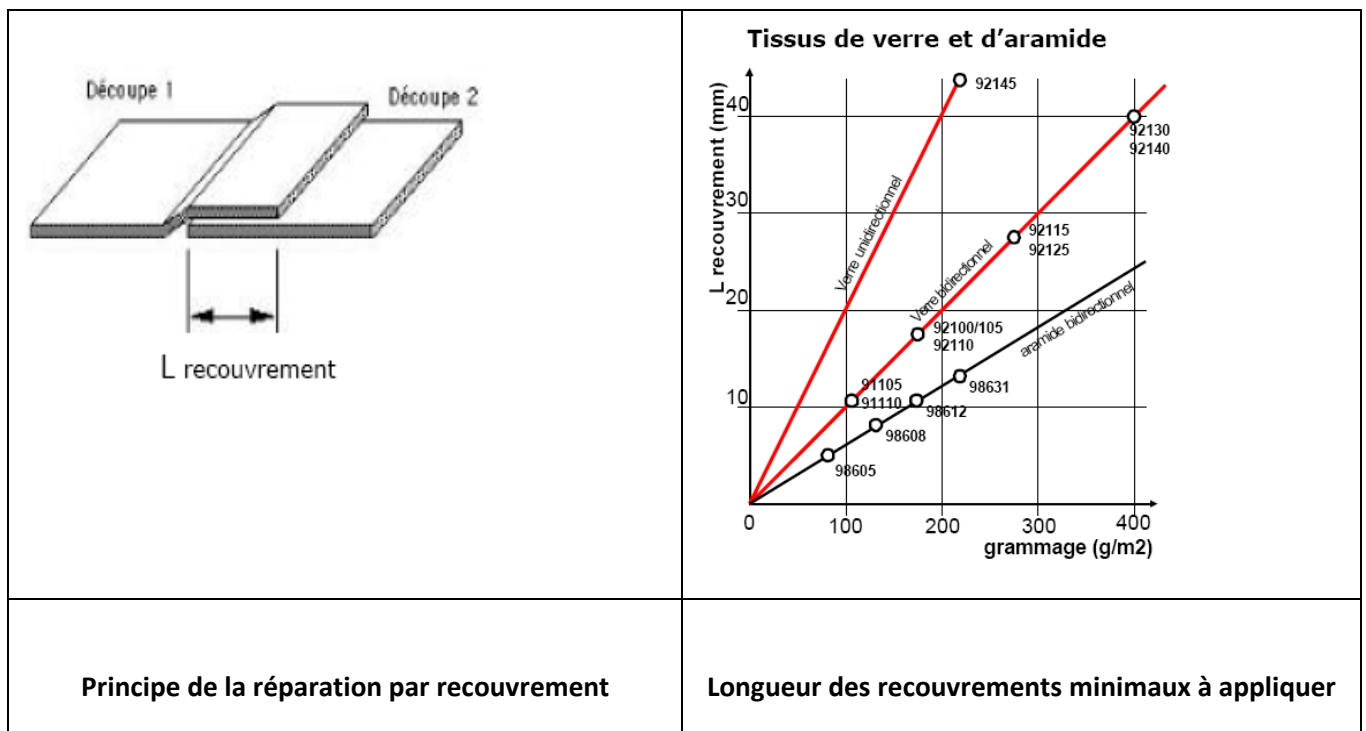
La structure générale du planeur est obtenue par collage de ces différents éléments structuraux.

Le présent manuel, propose donc des techniques et méthodes de base permettant de réparer ces deux types de structures élémentaires que l'on retrouve dans les structures des planeurs. Il propose également des techniques pour assurer la finition des zones réparées ainsi que la réparation des petits dommages sur les plexiglas de verrière et les structures en bois et en métal.

6.2. Techniques de base applicables à la réparation des peaux en composite

1. Réparation par recouvrement (structure très mince ne pouvant être enturée) :

Il est possible d'assembler (ou coller) deux morceaux de stratifiés par « recouvrement ». Pour être efficace, ce collage doit respecter une longueur de recouvrement minimum.



Remarques : Les réparations par collage (cas des collages de pièces) sont des cas particuliers de la réparation par recouvrement, les surfaces de collage seront déterminées de la même manière que pour les recouvrements en prenant en compte l'épaisseur de la pièce à coller.



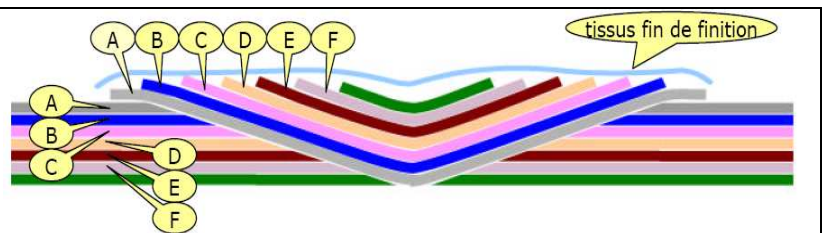
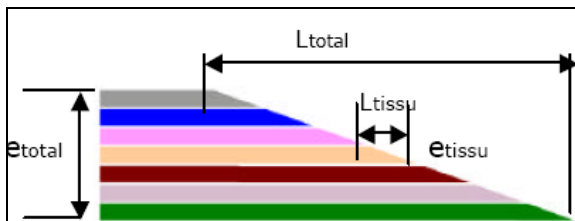
MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

2. Réparation par enture



Le terme « d'enture » désigne un ponçage en biseau de la structure composite. Il s'agit d'un biseau régulier donnant un « étagement » identique à chaque pli.

Pour les structures en fibres de verre on retiendra une pente de 1/50 pour l'enture ($L=50 \times e$)

La stratification de la réparation se fait dans le sens inverse par rapport à la construction initiale de la structure.

6.3. Structure stratifiée simple de type coque

6.3.1 Coque simple endommagée sans perforation complète de la coque

Exemple d'une réparation de coque simple composée de 3 tissus:

- 1 tissu 92110 (a) - externe
- 1 tissu 92125 (b)
- 1 tissu 92140 (c) –interne

Les deux tissus (a) et (b) sont endommagés et le tissu (c) est intact.

Les principales phases de la réparation seront les suivantes :

1. Il faut commencer par déterminer l'étendue de la zone endommagée en ponçant soigneusement le gelcoat ou la peinture sur toute la surface stratifiée qui semble endommagée. Poncer toute la partie de la structure délaminée (aucune zone blanche ne doit subsister). Toutes les couches de stratifiés endommagées doivent être éliminées. Le ponçage doit se faire de manière à constituer une enture sur le pourtour de la zone endommagée (pente de l'ordre de 1/50). Lors de la réalisation de l'enture, il est bon de dépolir aussi sur environ 20 mm au-delà de l'enture de façon à ce que les tissus qui seront rapportés collent en dehors de la zone réparée,
2. A l'issue de la réalisation de l'enture, nettoyer la zone afin d'éliminer toutes les poussières,



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

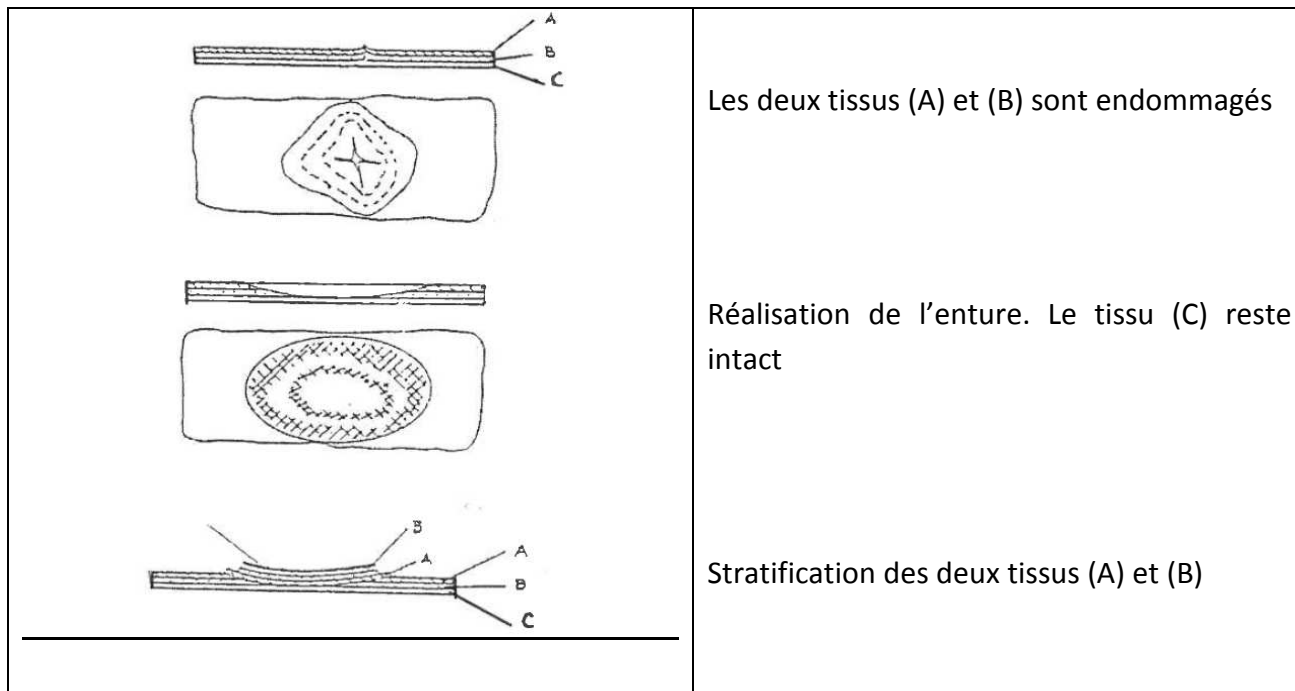
Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

3. A partir des plans de la structure et/ou de l'examen de l'enture, déterminer le type de tissu, le nombre de couches et l'orientation de la trame du tissu,
4. Stratification de la zone à réparer par mise en place des différentes couches de tissus de verre imprégnés de résine. L'ordre de stratification est l'inverse de la structure d'origine, par contre la direction des tissus doit toujours être la même que celle de la structure d'origine. Pour les petites réparations, les tissus peuvent être disposés et imprégnés de résine les uns après les autres. Pour les grosses réparations, il est mieux de privilégier un mode de stratification par transfert qui permet de mieux optimiser le rapport de résine/fibre de verre lors de l'imprégnation des différentes couches de fibres de verre et d'assurer un meilleur positionnement des tissus sur la zone réparée,
5. Lors de la mise en place des différentes couches de tissus, utiliser un rouleau ou un pinceau pour éliminer les bulles d'air et imprégner convenablement toutes les couches de tissus. Disposer sur l'ensemble des tissus une bande d'arrache qui protégera la zone réparée durant le séchage et qui permettra d'éliminer les excès de résine,
6. Laisser sécher, l'ensemble pendant 24H à une température minimale de 20°C,
7. Après séchage procéder à la cuisson de la zone réparée (maintien durant 12 H à 55°C),
8. Poncer les bords de l'enture afin de reconstituer le profil de la structure. Lors de cette opération il faut absolument éviter de poncer le tissu externe hors de la zone de l'enture.
9. Finition de la zone réparée (voir chapitre 7- Finition des surfaces réparées)

Illustration schématique de la méthode



6.3.2 Coque simple endommagée avec perforation complète de la coque

Exemple d'une réparation de coque simple composée de 4 tissus:

- 1 tissu 92110 (a) - externe
- 1 tissu 92125 (b)
- 1 tissu 92140 (c)
- 1 tissu 92125 (d) –interne

Les 4 tissus sont endommagés (dommage traversant).

Les principales phases de la réparation seront les suivantes :

1. Il faut commencer par déterminer l'étendue de la zone endommagée en ponçant soigneusement le gelcoat ou la peinture sur toute la surface stratifiée qui semble endommagée. Poncer toute la partie de la structure délaminiée (aucune zone blanche ne doit subsister). Toutes les couches de stratifiés endommagées doivent être éliminées. Le ponçage doit se faire de manière à constituer une enture sur le pourtour de la zone endommagée (pente de l'ordre de 1/50). Lors de la réalisation de l'enture, il est bon de dépolir aussi sur environ 20 mm au-delà de l'enture de façon à ce que les tissus qui seront rapportés collent en dehors de la zone réparée,



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

2. La zone endommagée sur la coque étant traversant (fissure débouchant), il est nécessaire de l'étayer d'une quelconque façon de manière à ce que les tissus qui seront remis lors de la stratification soient bien dans l'alignement de la coque (pas de plis ou d'enfoncement au travers de la fissure). Plusieurs solutions sont possibles :
 - Disposition d'une fine couche de contreplaqué sur la face envers de l'enture à enlever à l'issue de la réparation (cela nécessite que la zone envers de l'enture soit accessible),
 - Disposition d'une fine « tôle » en fibre de verre sur la face envers de l'enture qui pourra rester à l'issue de la réparation (il est indispensable que ce support soit relativement mince afin de ne pas créer de renfort local ou de concentration de contrainte et qu'il soit bien collé à la structure interne de la coque),
3. A l'issue de la réalisation de l'enture, nettoyer la zone poncée afin d'éliminer toutes les poussières,
4. A partir des plans de la structure et/ou de l'examen de l'enture, déterminer le type de tissu, le nombre de couches et l'orientation de la trame du tissu,
5. Stratification de la zone à réparer par mise en place des différentes couches de tissus de verre imprégnés de résine. L'ordre de stratification est l'inverse de la structure d'origine, par contre la direction des tissus doit toujours être la même que celle de la structure d'origine. Pour les petites réparations, les tissus peuvent être disposés et imprégnés de résine les uns après les autres. Pour les grosses réparations, il est mieux de privilégier un mode de stratification par transfert qui permet de mieux optimiser le rapport de résine/fibre de verre lors de l'imprégnation des différentes couches de fibres de verre et d'assurer un meilleur positionnement des tissus sur la zone réparée,
6. Lors de la mise en place des différentes couches de tissus, utiliser un rouleau ou un pinceau pour éliminer les bulles d'air et imprégner convenablement toutes les couches de tissus. Disposer sur l'ensemble des tissus une bande d'arrache qui protégera la zone réparée durant le séchage et qui permettra d'éliminer les excès de résine,
7. Laisser sécher l'ensemble pendant 24H à une température minimale de 20°C,
8. Après séchage procéder à la cuisson de la zone réparée (maintien durant 12 H à 55°C),
9. Poncer les bords de l'enture afin de reconstituer le profil de la structure. Lors de cette opération il faut absolument éviter de poncer le tissu externe hors de la zone de l'enture.
10. Finition de la zone réparée (voir chapitre 7- Finition des surfaces réparées)



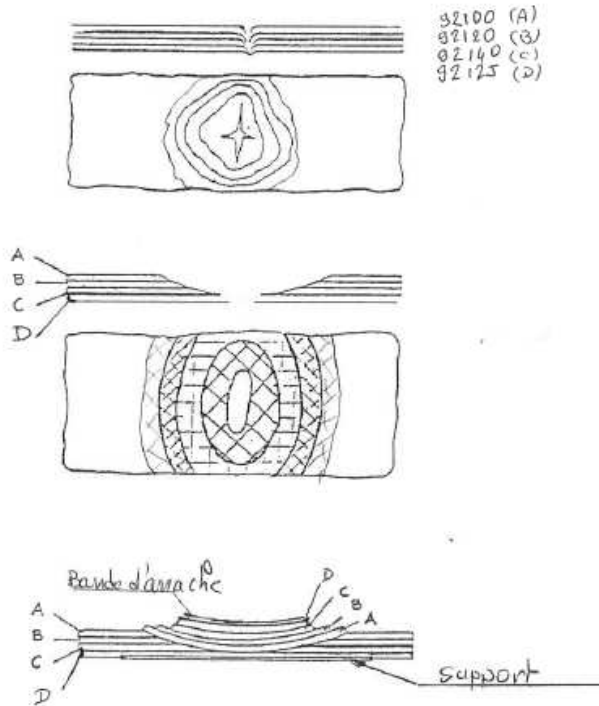
MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

Illustration schématique de la méthode



Tous les tissus (A),(B),(C) et (D) sont endommagés

Réalisation de l'enture sur la coque (pente 1/50)

Mise en place d'un support en face interne de la coque

Stratification deux tissus : (A),(B),(C) et (D) dans l'ordre inverse



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

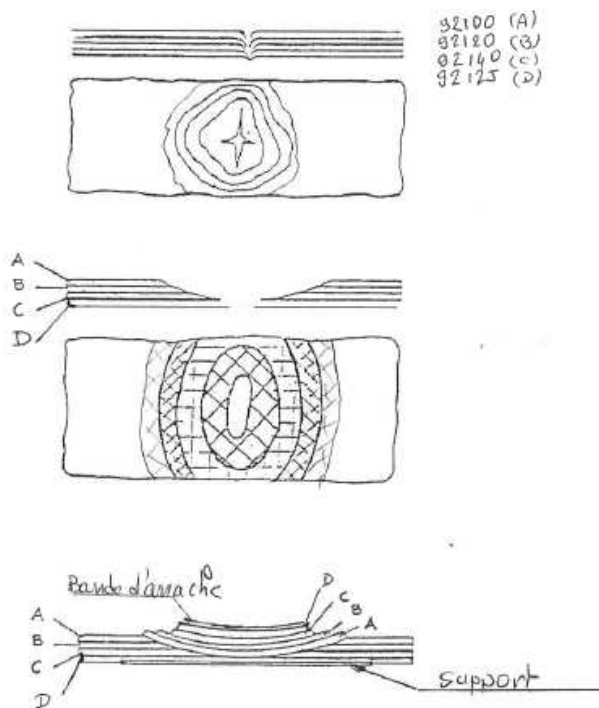
Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

Cas particulier n°1 : la coque simple contient une couche de flanelle (exemple : cas d'une zone de la partie arrière du fuselage du C101 PEGASE). Lors de la stratification de l'enture, la couche de Flanelle sera remplacée par un tissu de verre de type 92125.

Illustration schématique de la méthode avec présence d'un tissu de flanelle



Tous les tissus (A), (B), (C), (D) sont endommagés.
Les tissus (A), (B), (D) sont en verre mais le tissu (C) est en flanelle

Réalisation de l'enture sur la coque (pente 1/50)

Mise en place d'un support en face interne de la coque

Stratification deux tissus : (A), (B), (C) et (D) dans l'ordre inverse. La couche de flanelle (C) est remplacée par une couche de tissu de verre de type 92125.



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

6.4. Structure sandwich

6.4. 1 Coque sandwich endommagée sans perforation de la peau interne.

Le principe reste le même que celui décrit pour la coque simple. La dimension de la zone à réparer sera définie de la même manière mais en tenant en compte de la zone de mousse endommagée.

Les principales phases de la réparation seront les suivantes :

1. Il faut commencer par déterminer l'étendue de la zone endommagée en ponçant soigneusement le gelcoat ou la peinture sur toute la surface stratifiée qui semble endommagée. Poncer toute la partie de la structure délaminiée (aucune zone blanche ne doit subsister). Toutes les couches de stratifiés endommagées de la peau externe doivent être éliminées. Le ponçage doit se faire de manière à constituer une enture sur le pourtour de la zone endommagée (pente de l'ordre de 1/50). Lors de la réalisation de l'enture, il est bon de dépolir aussi sur environ 20 mm au-delà de l'enture de façon à ce que les tissus qui seront rapportés collent en dehors de la zone réparée,
2. Retirer la mousse endommagée et poncer toute la zone (bien enlever toute la colle sur la peau interne en prenant soin de ne pas l'endommager),
3. Découper un morceau de mousse de la taille de la partie enlevée,
4. Coller la mousse sur la peau interne du sandwich avec un mélange de résine et de microballon (lors de la phase de collage bien vérifier qu'elle s'applique bien sur la peau interne). Si la taille de la zone endommagée sur la mousse est petite (moins de 2cm de diamètre), il n'est pas nécessaire de changer la zone de mousse endommagée. On se contentera dans ce cas de combler le volume de mousse manquant à l'aide d'un mélange de résine et microballon,
5. Après séchage du mélange résine et microballon ayant servi au collage de la mousse, re-profiler cette dernière afin qu'elle soit parfaitement continue (forme et épaisseur) avec la mousse adjacente,
6. A partir des plans de la structure et/ou de l'examen de l'enture, déterminer le type de tissu, le nombre de couches et l'orientation des tissus de la peau externe,
7. A l'issue de la réalisation de l'enture, nettoyer la zone poncée afin d'éliminer toutes les poussières,
8. Préparation de la résine (environ 50% de la masse des tissus qui seront rapportés). Rebouchage des éventuelles cavités dans la mousse à l'aide d'un mélange résine+microballon. Application d'un film de résine sur toute la zone de l'enture.



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

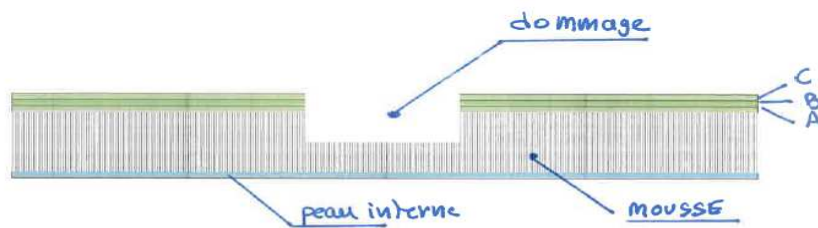
Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

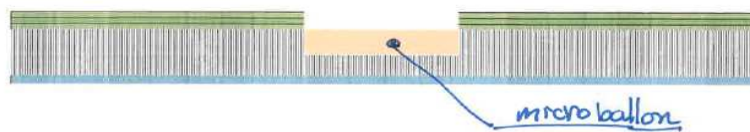
Nombre de page : 26

11. Stratification de la zone à réparer par mise en place des différentes couches de tissus de verre imprégnés de résine. L'ordre de stratification est l'inverse de la structure d'origine. Par contre la direction des tissus doit toujours être la même que celle de la structure d'origine. Pour les petites réparations, les tissus peuvent être disposés et imprégnés de résine les uns après les autres. Pour les grosses réparations, il est mieux de privilégier un mode de stratification par transfert qui permet de mieux optimiser le rapport de résine/fibre de verre lors de l'imprégnation des différentes couches de fibres de verre et d'assurer un meilleur positionnement des tissus sur la zone réparée,
9. Lors de la mise en place des différentes couches de tissu, utiliser un rouleau ou un pinceau pour éliminer les bulles d'air et imprégner convenablement toutes les couches de tissu. Disposer sur l'ensemble des tissus une bande d'arrache qui protégera la zone réparée durant le séchage et qui permettra d'éliminer les excès de résine,
10. Laisser sécher l'ensemble pendant 24H à une température minimale de 20°C,
11. Après séchage procéder à la cuisson de la zone réparée (maintien durant 12 H à 55°C),
12. Poncer les bords de l'enture afin de reconstituer le profil de la structure. Lors de cette opération, il faut absolument éviter de poncer le tissu externe hors de la zone de l'enture,
13. Finition de la zone réparée (voir chapitre 7 - Finition des surfaces réparées).

Illustration schématique de la méthode : réparation d'une coque en sandwich endommagée sans perforation de la peau interne



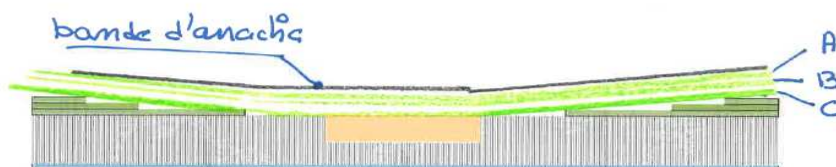
Les peaux externes et la mousse sont endommagés.



Comblement du trou dans la mousse avec un nouveau morceau de mousse collé avec de la résine. Si le trou est petit, le combler avec un mélange de résine + microballon.



Réalisation de l'enture des peaux externes (pente 1/50).



Stratification des peaux externes dans le sens inverse de celle de la structure d'origine et pose d'un bande d'arrache.



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

6.4.2 Coque sandwich endommagée avec perforation de la peau interne (cas d'un trou de petite taille : environ 50 mm)

1. Agrandir le trou jusqu'à ce que toute la zone endommagée soit éliminée et que les bords du trou soit solides,
2. Eliminer la peau externe ainsi que la mousse sandwich sur 20 mm* (cas d'une peau interne avec un pli) sur tout le pourtour du trou en veillant à ne pas abimer la peau interne lors de cette opération. (*= la taille du recouvrement peut être déterminée par le tableau du paragraphe 6.2 en fonction du nombre et du type de tissu),
3. Poncer la peau interne afin d'y éliminer les traces de colle et de mousse (veiller à ne pas abimer la peau interne lors de cette opération),
4. Découper un morceau de structure (peau interne+mousse) préalablement fabriqué (ou récupéré) à la taille du trou (jeu de l'ordre de 1mm),
5. Dépolir la peau interne du morceau de structure sur environ 25mm sur tout son pourtour,
6. Coller la mousse sur la peau interne du sandwich avec un mélange de résine et de microballon (lors de la phase de collage bien vérifier qu'elle s'applique bien sur la peau interne),
7. Après séchage du mélange résine et microballon ayant servi au collage de la mousse, re-profiler cette dernière afin quelle soit parfaitement continue avec la mousse adjacente (forme et épaisseur),
8. A partir des plans de la structure et/ou de l'examen de l'enture, déterminer le type de tissu, le nombre de couches et l'orientation des tissus de la peau externe,
9. A l'issue de la réalisation de l'enture, nettoyer de la zone poncée afin d'éliminer toutes les poussières,
10. Préparation de la résine (environ 50% de la masse des tissus qui seront rapportés). Rebouchage des éventuelles cavités dans la mousse à l'aide d'un mélange résine+microballon. Application d'un film de résine sur toute la zone de l'enture.
12. Stratification de la zone à réparer par mise en place des différentes couches de tissus de verre imprégnés de résine. L'ordre de stratification est l'inverse de la structure d'origine par contre la direction des tissus doit toujours être la même que celle de la structure d'origine. Pour les petites réparations, les tissus peuvent être disposés et imprégnés de résine les uns après les autres. Pour les grosses réparations, il est mieux de privilégier un mode de stratification par transfert qui permet de mieux optimiser le rapport de résine/fibre de verre lors de l'imprégnation des différentes couches de fibres de verre et d'assurer un meilleur positionnement des tissus sur la zone réparée,



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

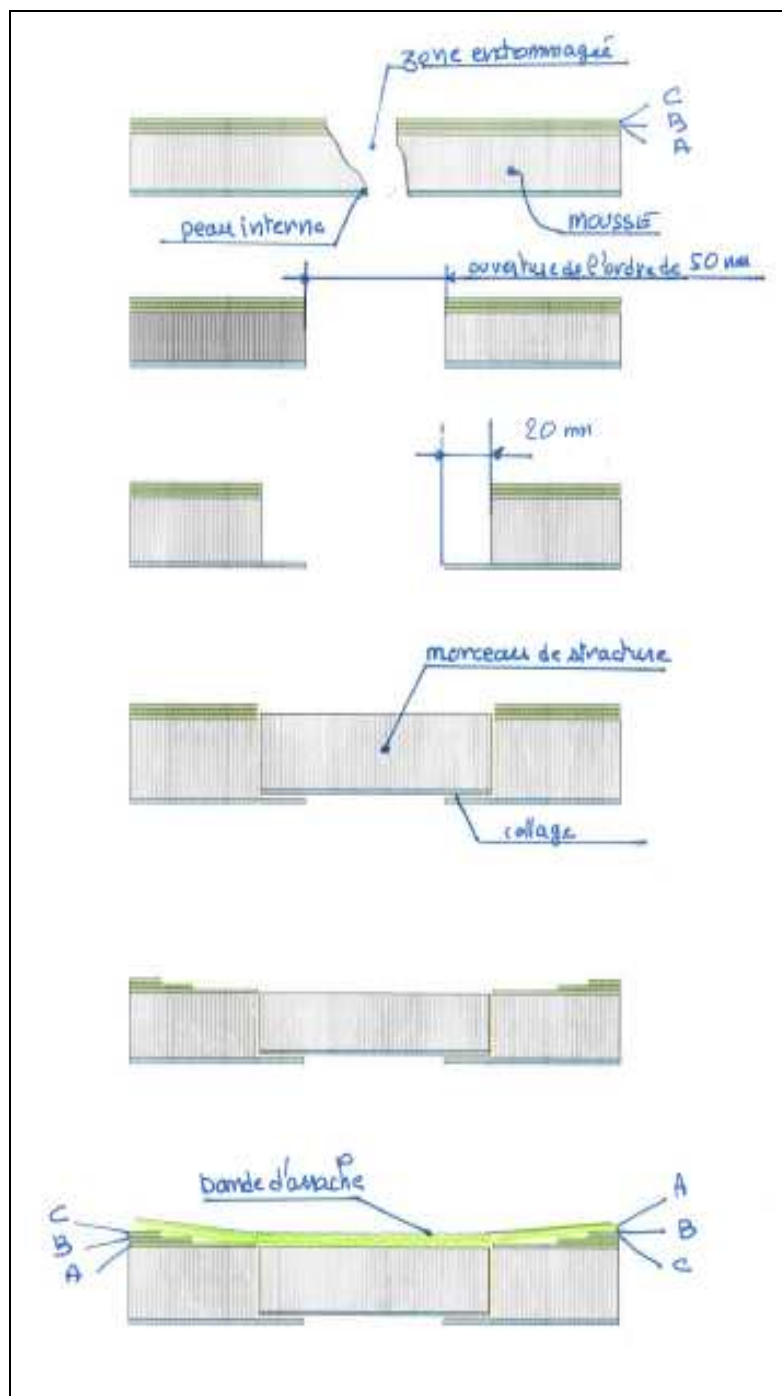
Ref : **R02 -15-A01 indice B**

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

13. Lors de la mise en place des différentes couches de tissu, utiliser un rouleau ou un pinceau pour éliminer les bulles d'air et imprégner convenablement toutes les couches de tissus. Disposer sur l'ensemble des tissu une bande d'arrache qui protégera la zone réparée durant le séchage et qui permettra d'éliminer les excès de résine,
14. Laisser sécher l'ensemble pendant 24H à une température minimale de 20°C,
15. Après séchage, procéder à la cuisson de la zone réparée (maintien durant 12 H à 55°C),
16. Poncer les bords de l'enture afin de reconstituer le profil de la structure. Lors de cette opération, il faut absolument éviter de poncer le tissu externe hors de la zone de l'enture,
17. Finition de la zone réparée (voir chapitre 7 - Finition des surfaces réparées).

Illustration schématique de la méthode : réparation d'une coque en sandwich endommagée avec perforation de la peau interne (cas d'un trou de petite taille : environ 50 mm)



Toute la coque sandwich est endommagée (dommage traversant).

Agrandir le trou jusqu'à ce que toute la zone endommagée soit éliminée.

Enlever la peau externe et le sandwich sur une bande d'environ 20 mm (*) sur toute la périphérie du trou. (*= la taille du recouvrement peut être déterminée par le tableau du paragraphe 6.2 en fonction du nombre et du type de tissu).

Coller le morceau de structure (mousse+peau interne) sur la peau interne du sandwich avec un mélange de résine et de microballon.

Préparation de l'enture des peaux externes (pente 1/50).

Bouchage des petites cavités avec du microballon et stratification des peaux externes dans le sens inverse de celle de la structure d'origine.



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

6.4. 3 Coque sandwich endommagée avec perforation de la peau interne (cas d'un trou de grande taille)

La taille de la zone endommagée est telle qu'elle nécessite de disposer d'un morceau de structure équivalent à la zone endommagée. C'est par exemple le cas d'un gros trou ou d'un bord d'attaque endommagé. Il faut, en préalable au commencement de la réparation, se procurer le morceau de structure sandwich nécessaire. Pour cela il y a trois méthodes :

- 1- Prélever un morceau de structure équivalent à la zone endommagée sur un autre planeur de même type qui n'est plus en état de vol (planeur accidenté et réformé par exemple). Le travail consiste alors à découper un morceau de structure d'une taille légèrement supérieure à la zone à réparer. Lors de la découpe de l'élément de structure, il est indispensable de s'assurer de son parfait état avant de l'utiliser. Si ce n'est pas le cas, il faut préalablement le réparer,
- 2- Re-fabriquer un morceau de structure équivalent à la zone endommagée par moulage dans un moule réalisé à cet effet,
- 3- Acheter chez le constructeur un morceau de structure équivalent à la zone endommagée,

Le morceau de structure étant disponible, les principales phases de la réparation seront les suivantes :

1. Agrandir le trou jusqu'à ce que toute la zone endommagée soit éliminée et que les bords du trou soient solides,
2. Fabriquer une bande support qui sera collée sur la face interne de la peau interne du sandwich (cette bande en stratifié aura la même constitution que la peau interne du sandwich : même type et même nombre de tissus). La Réalisation de ces « bande support » peut se faire par moulage sur la structure sandwich au voisinage de la zone réparée afin d'avoir le galbe de la structure. Découper la bande support afin qu'elle ait une largeur de l'ordre de 60 mm,
3. Poncer la face interne de la peau interne sur environ 20 mm* sur les pourtours du trou. (*= la taille du recouvrement peut être déterminée par le tableau du paragraphe 6.2 en fonction du nombre et du type de tissu),
4. Coller la bande support sur la face interne de la peau interne à l'aide d'un mélange de résine et microballon. La zone de collage doit être de 30mm,
5. Découper le morceau de structure préalablement fabriqué à la taille du trou (jeu de l'ordre de 1mm),
6. Dépoussiérer la peau interne du morceau de structure sur environ 35mm sur tout son pourtour,
7. Coller le morceau de structure avec un mélange de résine et de micro ballon (lors de la phase de collage, bien vérifier qu'elle s'applique bien sur les « bandes supports »),



MANUEL DE REPARATION GENÉRIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

8. Après séchage du mélange résine et microballon ayant servi au collage du morceau de structure, re-profiler cette dernière afin quelle soit parfaitement continue avec la mousse adjacente (forme et épaisseur),
9. A partir des plans de la structure et/ou de l'examen de l'enture, il faut déterminer le type de tissu, le nombre de couches et l'orientation des tissus de la peau externe,
10. A l'issue de la réalisation de l'enture, nettoyer la zone poncée afin d'éliminer toutes les poussières,
11. Préparation de la résine (environ 50% de la masse des tissus qui seront rapportés). Rebouchage des éventuelles cavités dans la mousse à l'aide d'un mélange résine+microballon. Application d'un film de résine sur toute la zone de l'enture.
18. Stratification de la zone à réparer par mise en place des différentes couches de tissu de verre imprégnées de résine. L'ordre de stratification est l'inverse de la structure d'origine par contre la direction des tissus doit toujours être la même que celle de la structure d'origine. Pour les petites réparations, les tissus peuvent être disposés et imprégnés de résine les uns après les autres. Pour les grosses réparations, il est mieux de privilégier un mode de stratification par transfert qui permet de mieux optimiser le rapport de résine/fibre de verre lors de l'imprégnation des différentes couches de fibres de verre et d'assurer un meilleur positionnement des tissus sur la zone réparée,
12. Lors de la mise en place des différentes couches de tissu, utiliser un rouleau ou un pinceau pour éliminer les bulles d'air et imprégner convenablement toutes les couches de tissus. Disposer sur l'ensemble des tissu une bande d'arrache qui protégera la zone réparée durant le séchage et qui permettra d'éliminer les excès de résine,
13. Laisser sécher l'ensemble pendant 24H à une température minimale de 20°C,
14. Après séchage, procéder à la cuisson de la zone réparée (maintien durant 12 H à 55°C),
15. Poncer les bords de l'enture afin de reconstituer le profil de la structure. Lors de cette opération, il faut absolument éviter de poncer le tissu externe hors de la zone de l'enture,
16. Finition de la zone réparée (voir chapitre 7 - Finition des surfaces réparées).



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

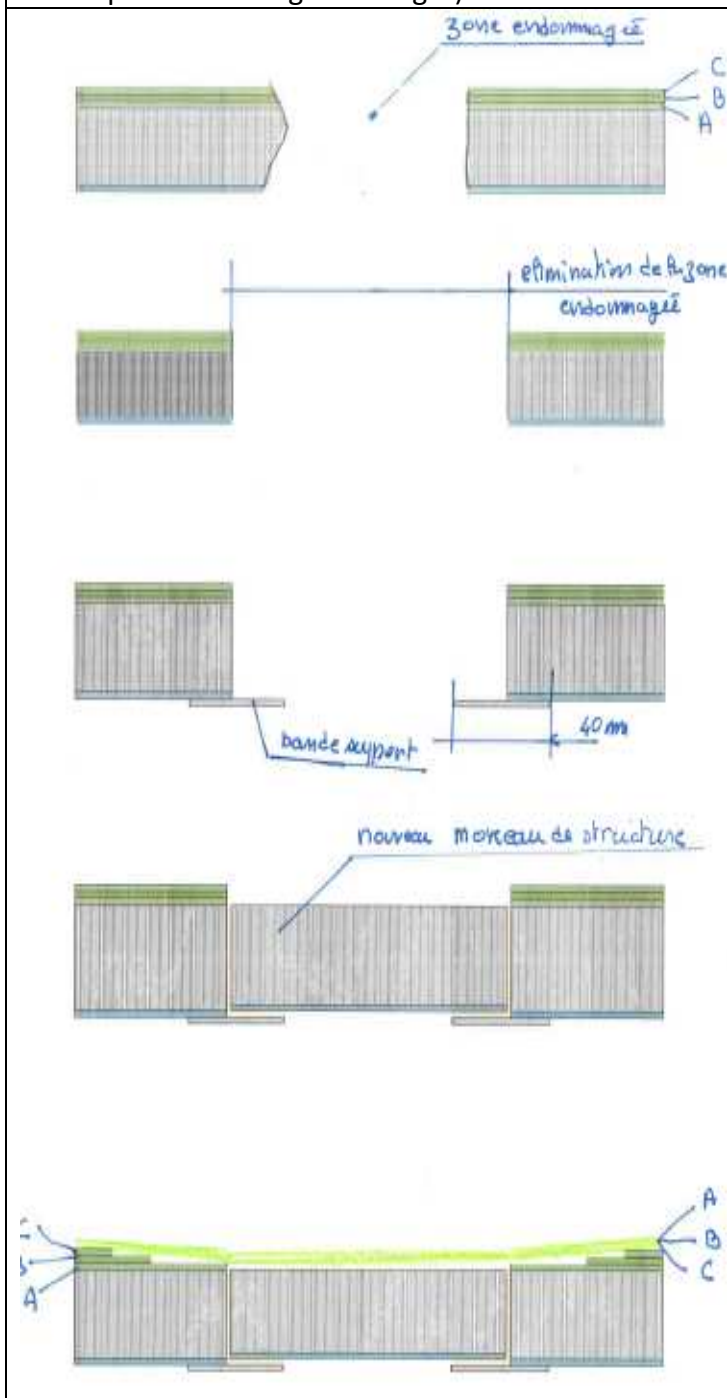
Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

Illustration schématique des différentes méthodes : réparation d'une coque en sandwich endommagée avec perforation de la peau interne (cas d'un trou de très grande taille)

Trou de grande taille (par exemple un caisson de bord d'attaque endommagé à changer).



Toute la coque sandwich est endommagée (dommage traversant).

Agrandir le trou jusqu'à ce que toute la zone endommagée soit éliminée et que les bords soient francs.

Coller sur la peau interne (en face interne du sandwich) une « bande support ». Collage sur environ 20 mm (*) sur toute la périphérie du trou. (*= la taille du recouvrement peut être déterminée par le tableau du paragraphe 6.2 en fonction du nombre et du type de tissu).

Coller morceau de structure (mousse+peau interne) sur la peau interne du sandwich avec un mélange de résine et de microballon.

Préparation de l'enture des peaux externes (pente 1/50). Bouchage des petites cavités avec du microballon et stratification des peaux externes dans le sens inverse de celle de la structure d'origine.



7. FINITION DES SURFACE REPARÉES

MANUEL DE REPARATION GENÉRIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

La phase de finition d'une réparation est une étape laborieuse et délicate car elle peut conduire, si elle est incorrectement réalisée, à une fragilisation de la zone réparée (ponçage excessif des tissus de la zone réparée) ou son alourdissement (masticage excessif). Il est donc important de bien maîtriser toutes les phases de cette dernière étape de la réparation.

1. Avant d'appliquer le gelcoat ou la peinture, la zone réparée doit être parfaitement re-profilée. Pour cela on rattrapera la forme exacte de la structure en comblant les éventuelles imperfections ou désalignements avec un mélange de résine+microballon ou mastic polyester (le mélange résine+microballon est à privilégier pour des fortes épaisseurs car plus résistant que le mastic polyester). Utiliser une longue spatule bien droite ou une règle pour bien étaler ce mélange et optimiser le re-profilage de la surface. En préalable à l'application du mastic, dépolir la surface à l'aide de papier abrasif de grain 80 à 100. A l'issue du premier re-profilage, utiliser le mastic polyester pour figoler et finir la surface à l'aide de papier abrasif à sec de grain 120 à 180. Il est indispensable de parfaitement finir le re-profilage avant l'application du gelcoat ou de la peinture car ces derniers n'ont pas vocation à rattraper les imperfections de surface. Attention, durant toutes ces opérations, la couche supérieure de tissu constituant l'enture ne doit pas être touchée dans sa partie résistante (voir schéma 1). Si telle était le cas, cela signifie que les tissus rapportés lors de l'enture ne sont pas correctement disposés (trop haut). Il est donc nécessaire de recommencer l'enture,
2. Dépolir le gelcoat d'origine, sur environ 5 à 10 cm au delà de la zone réparée. Limiter le dépolissage de manière nette (par exemple : s'arrêter sur un scotch) et disposer un trait de crayon 2mm en retrait sur la zone du gelcoat d'origine (zone polis). Ce trait servira de témoin de niveau lors du ponçage du gelcoat sur la réparation. En effet car ce dernier commencera à s'effacer lors du ponçage de finition à l'eau de la zone réparée, cela signifiera que cette dernière est à niveau par rapport à la zone non réparée (il sera temps d'arrêter de poncer),
3. Nettoyez la zone réparée avec soin : elle doit être exempte de toute poussière avant et d'appliquer le gelcoat ou la peinture,
4. Appliquer le gelcoat ou la peinture à l'aide d'un pistolet (appliquer environ 600g/m²),
5. Ponçage à l'eau de la zone gelcoatée par passages successifs de différents papier de grain croissant (400, 600, ...1200, 1500). Pour les surfaces à génératrices droites et pour les premiers papiers, le ponçage doit se faire avec une cale à poncer rigide en croisant les mouvements lors du ponçage (ponçage à 45°). Pour les papiers finaux (1000, 1200, 1500) et les surfaces non développables à rayon de courbure prononcé, il est possible d'utiliser une calle souple. Les derniers passages des papiers 1200 et 1500, sont passés à la main.
6. Polissage de la zone à l'aide d'un polish ou d'une cire.



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

8. REPARATION D'UNE CRIQUE SUR UN PLEXIGLAS DE VERRIERE

Pour la réparation des criques de moins de 20 cm (pour les criques de plus grande taille ou celles présentent dans le champ de vision, il faut privilégier le changement du plexiglas de verrière).

1. Avant toute opération de réparation, il faut commencer par arrêter la propagation de la fissure en perçant un trou d'environ 1 à 1,5 mm de diamètre à ses extrémités,
2. Réaliser une ouverture en forme de V (environ 45° d'ouverture) à l'aide d'une fraise ou d'une lime fine sur toute la longueur de la fissure,
3. Remplir de colle acrylique appropriée afin de combler complètement l'ouverture en évitant la formation de bulles lors des différentes phases de remplissage,
4. Lorsque la colle est complètement sèche, poncer les excès de colle avec du papier abrasif de grain fin à l'eau (passages successifs : 600, 800,1200, 1500, 2000). Il est important de bien concentrer le ponçage sur l'excès du bourrelet de colle tout en minimisant le plus possible le passage des papiers sur le voisinage de la réparation afin de ne pas trop désépaissir le plexiglas dans cette zone (risque de modification optique du plexiglas),
5. Polissage de la zone poncée à l'aide d'une pâte à polir spéciale afin de rendre totalement translucide le zone réparée (toutes les rayures fines doivent être éliminées). Faire ce polissage à la main avec du coton.

9. REPARATION DES STRUCTURES EN BOIS

Les structures en bois (cadre support de commande, porte bagages, etc...), pourront être réparées en appliquant les méthodes décrites dans le chapitre n°1 du REPAIR MANUEL AC 43-13 1B édité par la FAA dans la mesure où ce document prévoit explicitement une méthode de réparation couvrant le dommage à réparer. Dans le cas général, on privilégiera le remplacement des pièces en bois (en particulier les cadres de commande) qui seront ensuite rapportées par collage sur le planeur dans le cadre de la réparation.

10. REPARATION DES STRUCTURES METALLIQUE

Les structures en métallique autres que celles liées à un support de commande de vol ou a une commande de vol (commande de train d'atterrissage, train d'atterrissage, support de tableau de bord, etc...), pourront être réparées en appliquant les méthodes décrites dans le chapitre n°4 du REPAIR MANUEL AC 43-13 1B édité par la FAA dans la mesure où ce document prévoit explicitement une méthode de réparation couvrant le dommage à réparer.

Dans le cas général, on privilégiera le changement des pièces métallique par réapprovisionnement des ces dernières chez le constructeur ou ses représentants.

Toutes les soudures devront être réalisées par une personne qualifiée (qualification aéronautique ou équivalent).



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

11. REPARATION DES LONGERONS D'AILE

Bien que les techniques présentées dans les précédents paragraphes du présent document soient applicables pour la réparation des longerons (âmes et semelles), la réparation de ces éléments devra faire l'objet de dossiers spécifiques approuvés par l'EASA.

Les techniques et pentes d'enture des semelles de longerons devront être spécifiques et généralement supérieures à 1/70 afin de bien prendre en compte le rapport de résistance de la fibre et de la matrice composant le longeron.



MANUEL DE REPARATION GENERIQUE

Ref : R02 -15-A01 indice B

Date : 2/9/2016

Nombre de page : 26

ANNEXE 1

Technique du « taping »

1. Généralité

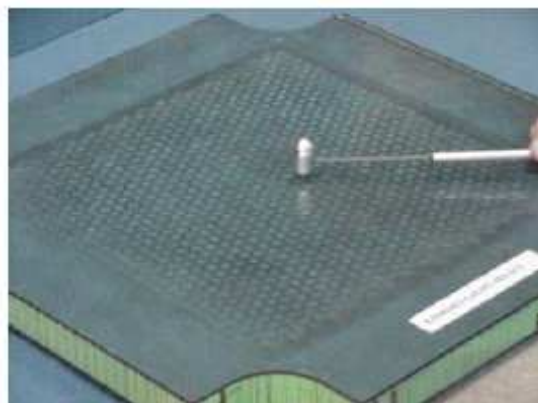
Le « taping » ou test par tapotage est largement utilisé pour évaluer la présence de délaminage ou décollement sur des surfaces accessibles.

2. La technique

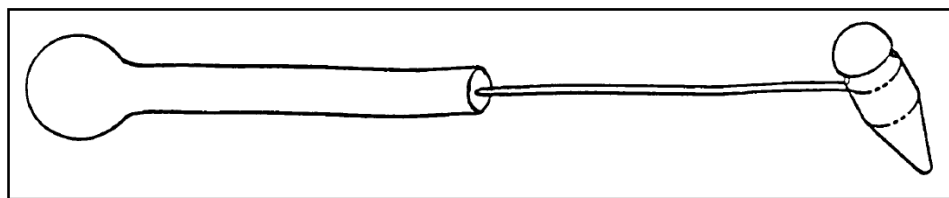
Le taping consiste tapoter avec un bâtonnet en bois dur ou un marteau de taping les surfaces soupçonnées de présenter un délaminage. La réponse sonore est comparée avec celle des zones adjacentes :

- si la réponse sonore présente un son « claire » et identique aux zones de références, il n'y a pas de problème,
- si la réponse sonore présente un son « plat » ou « mort » alors il y a une forte suspicion de présence d'une zone délaminiée.

Pour information : Le guide AC 43 13 B chapitre 2005 section 8 présente cette technique.



Taping d'un composite sandwich



Marteau de « taping »