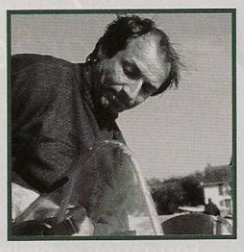
PAR **MICHEL BARRY**
Pilote professionnel, ingénieur aéronautique



Sécurité
Ailes en bois
Attention aux chocs même de faible intensité !

Un choc en bout d'aile d'un DR 400 peut provoquer de graves dommages au niveau du longeron ou d'autres pièces vitales de la structure. Un simple examen visuel ne permettant pas de déceler les criques et autres dégâts consécutifs à ce choc, le pilote doit impérativement signaler l'incident et faire désentoiler son aile afin de vérifier l'état de cette dernière.

Des incidents et un accident montrent une certaine vulnérabilité aux chocs des structures en bois, notamment celles des DR. Comme exemple leur longeron, merveilleux organe dû au génie de MM. Joly et Delemontez. Mais s'il est un modèle de rusticité et de solidité vis-à-vis de l'ensemble des charges que l'avion subit en vol, en revanche il peut souffrir de mauvais traitements au sol et s'en trouver fragilisé. Et ce sans que les endommagements ne soient apparents. Un vrai piège dont nous informons la communauté des pilotes.

NB : Les lignes qui suivent sont indépendantes de «l'affaire des longerons de DR 400». Elle mettait en cause un processus de fabrication qui avait généré un défaut de collage. Depuis les longerons concernés ont été inspectés et réparés.

A – Le choix d'une aile en bois et du longeron-caisson des Jodel et descendants (Wassmer, SAN et DR).

A l'origine sur le D 9 (Bébé Jodel) le longeron-caisson, sorte de boîte carrée ultralégère, était une véritable innovation comparée aux longerons à deux semelles massives qui équipent encore les appareils sans hauban (aile en bois cantilever) comme les RF Fournier et autres Cap 10. Si le longeron Jodel assure la rigidité de l'aile en envergure (flexion), comme c'est le rôle de tous les longerons, il présente la particularité supplémentaire d'assurer aussi à lui seul la rigidité de l'aile en torsion. Nul besoin, comme sur les autres appareils, de marier le longeron avec un caisson de bord d'attaque pour remplir cette fonction. Non, le longeron Jodel de section carrée est largement suffisant pour résister aux charges en torsion que l'aile subira en vol.

Lorsque ce type de longeron était exclusivement destiné à la construction amateur (D 9, D 112), il était implicite que le constructeur en connaissait toutes les particularités et qu'à chaque choc, même minime, il était en mesure d'en évaluer les conséquences.

Mais quand le longeron a équipé les appareils construits en série, donc commercialisés puis exploités par des pilotes qui n'en connaissaient pas les particularités, il a moins été l'objet de soins particuliers comme ceux dont l'entourent les constructeurs amateurs.

Aujourd'hui les DR 400 en bois cohabitent avec des appareils métalliques souvent d'origine américaine et des appareils en matériaux composites. Les pilotes peu informés des différences technologiques des trois types de structures (bois, métal, composites) sont tentés d'appliquer le même traitement à chacun. C'est-à-dire un soin proche de celui prodigué à une automobile. Sans être typiquement «brise-fer» le pilote pourra être conduit à considérer un choc dont il aura à peine ressenti la violence (par exemple choc avec une balise) comme anodin. Pire ! Si l'inspection extérieure ne révèle pas la moindre bosse, pas le moindre pli dans le revêtement ou sur la toile, le pilote entreprendra normalement son vol et ne signalera pas l'incident. Et pourtant la probabilité d'un endommagement majeur au niveau du longeron et d'autres pièces de structure vitales est grande (*cf. récit REC à la fin de ce dossier*).

Là réside tout l'objet de la mise en garde. Sans être alarmiste, car votre serviteur se régale toujours en DR 400, elle vise à produire une prise de conscience que nous résumons plus bas en quelques conseils.

B – Les raisons de la furtivité des endommagements sur l'aile des DR 400 et de la nécessité de désentoiler pour inspecter après un choc.

Il existe une multitude de possibilités de chocs sur l'aile basse d'un avion et chacune donne lieu à un type d'endommagement spécifique dont il serait vain de vouloir faire un recensement exhaustif. Cependant les ateliers spécialisés ont constaté des scénarios récurrents.

En particulier celui qui produit une torsion du longeron dans sa partie centrale alors que le choc a eu lieu vers le bout relevé de l'aile (figure 1). Ce type de choc peut survenir par exemple au roulage ou lors d'une manutention de l'appareil. S'il se produit au bord d'attaque, vers le saumon, il induit une sollicitation en torsion car il est au-dessus de l'axe du longeron. Et un choc, même de faible intensité, à peine ressenti, peut avoir un effet destructeur sur le caisson central du longeron. Calculé pour résister aux efforts continus en torsion dus aux charges aérodynamiques, le longeron se trouve sollicité par des efforts instantanés d'intensité bien plus forte en cas de choc. Ses

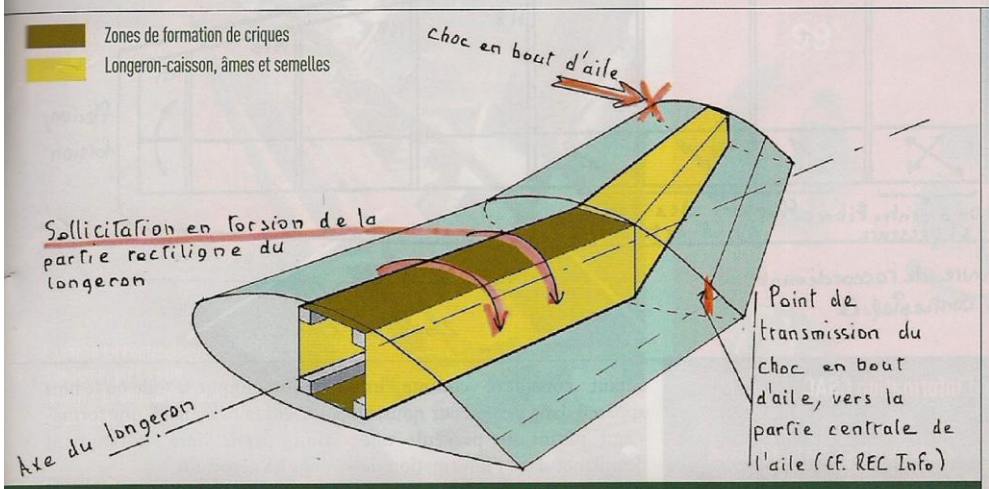
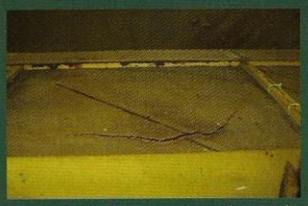


Figure 1 : Mécanisme d'endommagement du longeron sur un choc en bout d'aile
Si le choc se produit loin de l'axe du longeron, il crée un couple de torsion qui tend à vriller la partie centrale du longeron creux. Seules les semelles en contreplaqué s'opposent à ces contraintes mais leur résistance au déchirement peut être vite atteinte et dépassée. Des criques (figures 2 et 3) se forment et font perdre à l'aile toute sa solidité.



Figures 2 et 3 : Criques sur la partie centrale supérieure du longeron
On remarque le faible soulèvement du contreplaqué. La toile s'appuyait sur les baguettes et restait à 6 ou 8 mm au-dessus du longeron. Pour cette raison les criques n'apparaissent pas en surface. Ainsi elles ne peuvent pas être détectées par une inspection visuelle externe.

Figure 4 : Vue générale d'une aile endommagée, côté extrados, posée sur son bord d'attaque.
Entre les nervures dont la baguette rigidifie la semelle supérieure du longeron, on voit deux trous consécutifs aux criques qui se sont formées lorsque l'aile a reçu un choc au bord d'attaque de la partie relevée.

semelles en contreplaqué ont tendance à se criquer comme le montrent les images (figures 2, 3 et 4) et le longeron n'est plus apte à résister aux charges normales du vol.

Autre endommagement possible (*lire le récit REC Info page suivante*) : un choc au bord d'attaque parfaitement localisé a produit un dommage peu important dans le coffrage et aux yeux de ceux qui ont examiné l'avion, rien de bien grave n'a été diagnostiqué. Pourtant le même choc a aussi gravement endommagé la liaison entre le longeronnet et la dernière nervure de la partie sans dièdre, assemblage fortement sollicité lors du braquage de l'aileron. Ce dégât était invisible sous la toile.

Le fait que ces endommagements n'apparaissent pas après un choc est un facteur aggravant qui justifie les recommandations présentes. En effet, la structure en bois du DR 400 n'affleure jamais la toile. Et telle rupture semblable qui pourrait apparaître sous la forme d'un pli inquiétant sur d'autres types d'appareils, bois, métal ou composite reste ici parfaitement discrète.

Seules la mise en garde préalable des pilotes et leur honnêteté intellectuelle représentent un facteur de sécurité face à ce problème notamment dans les associations.

C - Que faire quand un choc se produit sur une aile type Jodel ?

Bien entendu, les services de maintenance interviennent soit périodiquement, soit à chaque incident et ils connaissent bien, pour la plupart d'entre eux, la spécificité de l'aile du DR 400 ainsi que celle de tous les autres appareils dont ils ont la charge. Concernant le DR 400, un bulletin d'information du GSAC leur a été envoyé (figure 5). Mais notre recommandation s'adresse aux pilotes.

Il est de leur charge de signaler tout choc même considéré comme « très faible » sur une aile de DR 400.

Et là le message ne semble pas avoir été diffusé à tous les pilotes utilisateurs.

En effet, le récit REC montre bien un pilote responsable, se sentant particulièrement impliqué dans l'état de son avion et qui, malgré tout, vole après un léger choc sur un appareil sommairement réparé au bord d'attaque, tout en ignorant la gravité de l'endommagement qui a été généré à l'arrière de l'aile. Nul doute que ce pilote informé de la vulnérabilité de la structure n'aurait pas tenté d'effectuer le vol de retour.

Plus grave encore, l'accident survenu en Grande-Bretagne en juillet 1996 mentionné par le BEA en marge du récit REC. Un pilote de DR 400 avait trouvé la mort à la suite de la rupture en vol de l'aile de son appareil légèrement accidenté, mais sans dommages apparents, quelques heures plus tôt. L'aile avait touché des bottes de foin, matériau mou, sans produire de traces d'impact visibles. Le choc avait sournoisement cassé le longeron qui ensuite s'est rompu en vol.

D - Nos conseils aux propriétaires (particuliers ou associations) et utilisateurs de DR 400.

Même si nous focalisons aujourd'hui sur ce problème, le DR 400 ne doit pas être pour

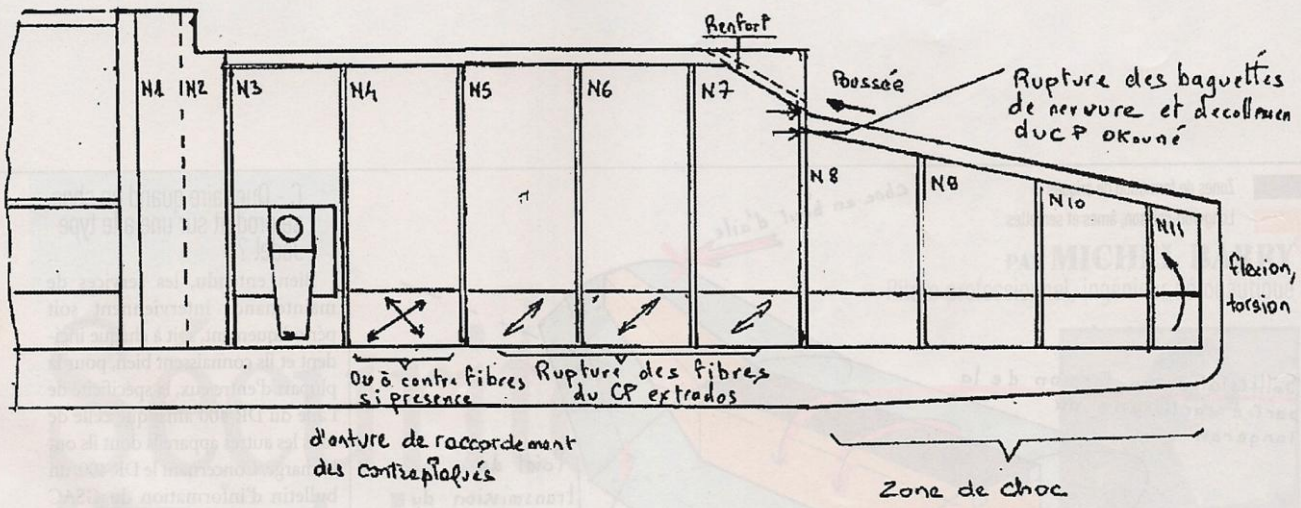


Figure 5 : Schéma extrait du Bulletin d'information GSAC édité par la DGAC (14/08/2007)

• Inspection des structures des voilures en bois et toile suite à un choc sur le bord d'attaque
Les dommages causés à la voilure des aéronefs en bois et toile exigent fréquemment une réparation. Il a été noté que d'autres dommages, en dehors de la zone de choc apparente, ont souvent pu être provoqués sur la structure de la voilure. Par conséquent, dans le cadre de la sécurité des vols, dès lors qu'un choc sur le bord d'attaque d'une voilure engendre des dommages demandant une réparation, la DGAC préconise un désentoilage complet de la demi-voilure concernée par l'incident. Ce désentoilage doit permettre d'effectuer une inspection approfondie de la structure bois et des joints collés afin de s'assurer de l'intégrité de la voilure avant une remise en service de l'aéronef.

• Incidences sur la structure de la voilure suite à un choc sur le bord d'attaque
Suivant l'importance du choc, le longeron principal de voilure se déforme vers l'arrière dans un mouvement de flexion/torsion dans le plan horizontal qui peut provoquer des fissures secondaires prenant parfois naissance à une certaine distance du dommage principal.
Si le longeron dépasse la limite élastique, suite au choc, les détériorations se transmettent au longeron lui-même. Des criques se forment dans le sens des fibres du contreplaqué du revêtement du longeron à l'intrados et/ou l'extrados (45°) et plus rarement à contresens des fibres au niveau des entures de raccordement des contreplaqués. Des décollements entre les semelles de longeron et les revêtements intrados et extrados peuvent également apparaître.
Dans le cas des avions avec un dièdre de voilure (type avions Jodel, DR,...), lors d'un choc sur le bord d'attaque de celui-ci, un examen visuel permet, dans un premier temps, de mesurer les déformations au niveau de la queue de la nervure au niveau du dièdre en inspectant la toile d'intrados et extrados à ce niveau. S'il y a rupture interne, la toile se détend avec la déformation des baguettes de nervures (*exemple dans l'aile d'un DR 400 ci-dessus*).

• Réparation
La DGAC vous rappelle que toute réparation qui n'aurait pas été approuvée au préalable devra faire l'objet d'un dossier de réparation à faire approuver par l'EASA ou par la DGAC pour les aéronefs relevant du domaine de compétence national défini à l'annexe II du règlement UE 1592/2002 (*voir BI 2006/06*).

autant considéré comme un appareil dangereux. Pour nous, il s'agit plutôt de prévenir une défaillance dans l'information de ses utilisateurs. De même, il peut exister d'autres lacunes dans l'exploitation d'autres avions.

• La meilleure mise en garde est une information technologique d'ordre général sur la spécificité des avions à structure en bois. On ne saute pas, par exemple, sur le marchepied de l'aile d'un DR 400 comme Pappy Boyington sur l'aile de son Corsair !

• Les structures en bois permettent en général de construire des appareils légers et solides donc relativement économiques et performants (comparez les performances d'un DR 400 et celles d'un avion métallique de puissance identique). En contrepartie les contraintes d'exploitation liées à la vulnérabilité des composants comme la toile ou le bois doivent faire l'objet d'une formation particulière notamment dans les aéroclubs.

• Sur le plan gestionnaire, il sera souhaitable de protéger (assurance, provision...) les éventuels dégâts ce qui facilitera les « aveux spontanés » en cas d'endommagement toujours possible.

• Sur les appareils anciens d'origine incertaine et présentant des traces de chocs au bord d'attaque, il sera préférable de procéder à un désentoilage.

• La très longue durée de vie d'une aile en bois bien protégée des moisissures explique pourquoi les DR 400 sont un investissement intelligent. Cela mérite bien d'en prendre soin et de les réviser au moindre doute. Une fois l'aile désentoilée, la révision et les réparations sont faciles

Figure 6 : Réparation demi-aile droite
La semelle supérieure du longeron a été endommagée par un choc en bout d'aile. Elle a été enlevée et elle va être remplacée par le panneau en contreplaqué d'okoumé tout neuf qui est prêt à être collé. Notez combien, une fois le longeron ouvert, la révision (recherche de criques, défauts de collage, moisissures...) est aisée.

(figure 6). Réentoilée, l'aile redeviendra quasi neuve. Ce n'est pas le sort d'une aile métallique car cette dernière gardera toujours les stigmates des petites misères qu'elle a subies. Autant d'arguments qui militent pour l'aile en bois et doivent faire accepter les contraintes liées à son utilisation. ●

Merci à Air-Menuiserie pour sa documentation, ses conseils et les images d'aile endommagée et d'aile en réparation.

REC Info n°3/2010 (§ 2)
Décision de décoller après un dommage

L'auteur est pilote privé. Son expérience est d'environ 930 heures de vol.

« Sur un aérodrome proche de mon aérodrome de rattachement, après un choc au roulage entre le bord d'attaque et un obstacle, j'examine l'ouverture créée au point de contact. Je vérifie visuellement l'état de l'aile droite. J'exerce quelques efforts sur le saumon pour vérifier l'absence de jeu ou de déformation. J'obture l'ouverture à l'aide d'un adhésif en aluminium. Je ramène l'avion à l'aérodrome de rattachement sans problème.

En atelier, pendant l'examen de l'aile, il est constaté que le choc a aussi provoqué un dommage à l'arrière de la voilure, au droit de l'aileron !

En conclusion, lors d'un choc, aussi minime soit-il, il ne faut pas décoller avant d'avoir consulté un spécialiste pour qu'il détecte toutes les conséquences de l'impact. »

Par téléphone, l'auteur explique qu'il n'imaginait pas que des dégâts avaient pu être générés à d'autres endroits que le point de contact. L'adhésif lui a été fourni par un mécanicien présent sur l'aérodrome. L'auteur ne lui a pas demandé de venir voir les dégâts. Il a ensuite appelé son aéroclub par téléphone pour prévenir que l'avion serait indisponible à son retour mais sans donner de détails ou demander un avis. Il n'avait pas de doute sur le fait qu'il pouvait entreprendre un vol court vers son aérodrome, où l'avion est habituellement entretenu. Il pensait ainsi faciliter l'organisation des réparations.

Un scénario similaire est survenu le 22 juillet 1996 au Royaume-Uni au DR 400-180 immatriculé G-DELS.

L'aile gauche heurte une botte de paille après une sortie de piste à l'atterrissage par vent de travers. Des témoins voient le pilote, au parking, inspecter l'aile. Quelques instants plus tard, le pilote décolle pour rentrer sur son aérodrome de rattachement. Au cours du vol, l'aile gauche se rompt. L'avion s'écrase. Le pilote décède dans l'accident. L'enquête a montré que le choc avec la botte de paille avait engendré des dommages, non extérieurement apparents, à la structure de l'aile, y compris au longeron. Le rapport complet est disponible, en anglais, sur le site internet de l'AAIB : *www.aaib.gov.uk*