



Gestion des risques des connecteurs



En 2018, trois accidents ont été provoqués par la rupture en vol de mousquetons d'attache sur des parapentes solo et biplace. En 2019 et 2020, deux autres cas de rupture ont été rapportés sur des mousquetons de voiles solo (respectivement en phases de gonflage et de vol).

Suite à ces événements (aux fins catastrophiques), nous nous trouvons un peu perdus entre deux groupes de parapentistes : ceux qui pensent que la rupture est un faux problème et ceux qui tombent dans la psychose. L'objectif de cet article est d'apporter des éléments de réponse concrets dans une perspective de gestion des risques et comprendre que faire des connecteurs.

Une analyse du risque

Sans aucune métrique du risque, sans représentation des situations, il est difficile de donner tort ou raison à l'un ou l'autre de ces groupes de parapentistes. Traditionnellement, un événement risqué est évalué selon un couple de deux grandeurs : a) la probabilité d'occurrence (ou fréquence de l'événement) et b) une évaluation des conséquences de l'événement.

Pour gérer les risques, il suffit alors de mettre en place des dispositifs qui visent d'une part à réduire la probabilité d'occurrence de l'événement (prévention) et d'autre part, à réduire les conséquences de l'événement considéré (protection).

Le comptage des événements de rupture de connecteurs rapporté à la population libériste permet d'évaluer cette probabilité d'occurrence :

- faible, sans maintenance des connecteurs ;
- très improbable, si les recommandations de maintenance sont appliquées.

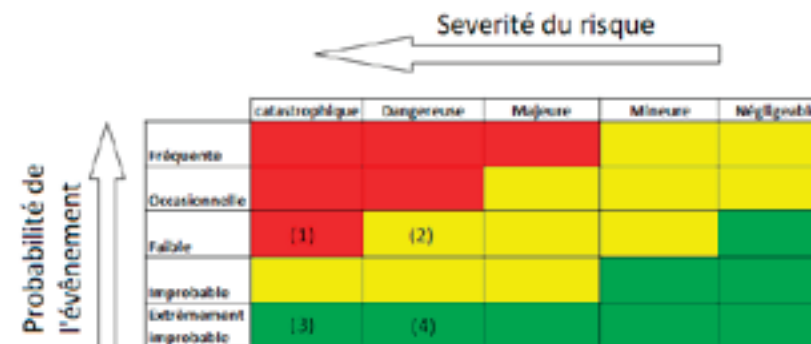
L'évaluation de la sévérité dépend des conséquences pour le pilote et éventuellement pour le passager.

- dangereuse, si le parachute de secours est opérationnel ;
- catastrophique, sans parachute de secours.

En d'autres termes, en cas de rupture connecteur et sans secours, il est très rare que cela se termine sans conséquence sévère.

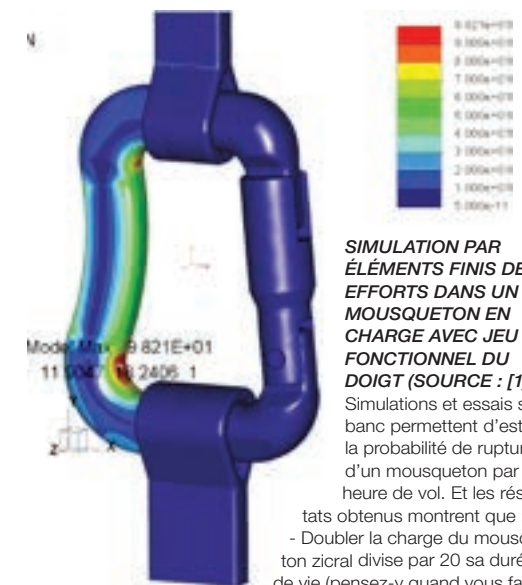
Qu'en est-il en pratique de nos mousquetons ?

La FFVL-CTS soutient depuis deux ans une étude sur le comportement et le vieillissement des connecteurs de sellette (analyse de risque, simulations numériques du comportement



MATRICE DE RISQUES APPLIQUÉE À LA RUPTURE DE CONNECTEUR (ON VEUT ÊTRE EN BAS À DROITE)

- (1) Mousqueton zicral sans maintenance & sans parachute de secours
- (2) Mousqueton zicral sans maintenance & parachute de secours opérationnel
- (3) Mousqueton zicral avec maintenance recommandée & sans parachute de secours
- (4) Mousqueton zicral avec maintenance recommandée et parachute de secours opérationnel



SIMULATION PAR ÉLÉMENTS FINIS DES EFFORTS DANS UN MOUSQUETON EN CHARGE AVEC JEU FONCTIONNEL DU DOIGT (SOURCE : [1])

Simulations et essais sur banc permettent d'estimer la probabilité de rupture d'un mousqueton par heure de vol. Et les résultats obtenus montrent que :

- Doubler la charge du mousqueton zicral divise par 20 sa durée de vie (pensez-y quand vous faites des 360°).

- Tous les matériaux ne se valent pas face à la fatigue. La résistance de l'inox est bien supérieure à celle du zicral [2].

mécanique, tests de résistance résiduelle en fin de vie, expertises des accidents et alerte sécurité, préconisations d'utilisation et de maintenance, principes d'amélioration du produit).

Une des causes majeures identifiée de ces ruptures récurrentes est la fatigue du matériau. C'est-à-dire qu'en sollicitant le mousqueton avec des charges pourtant bien en dessous de la résistance minimale annoncée par le fabricant, il peut apparaître sur la durée un phénomène de fissuration progressive, pouvant aller jusqu'à la rupture.

Sur nos mousquetons, la fatigue est d'autant plus marquée que très souvent uniquement la moitié du mousqueton prend la charge (c'est-à-dire le C opposé à l'ouverture). Le responsable est le jeu fonctionnel du doigt du mousqueton qui n'assure pas la fermeture des efforts.

Faites le test sur portique : si assis dans votre sellette vous pouvez ouvrir votre mousqueton en charge, c'est que seulement la moitié du mousqueton encaisse les efforts (125 kg : moyenne des efforts de neutralisation du jeu fonctionnel, mesurés lors des tests FFVL-CTS).

Par conséquent, comme le montre la simulation, ce sont les angles du C qui sont sollicités et qu'il faut surveiller en priorité.

Par conséquent, une limite sur le nombre de cycles de charge (ou

de nombre d'heures de vol basé sur un cycle de charge moyen) doit s'appliquer.

L'étude a aussi mis en évidence un cas de vieillissement excessif, hors spécification du fabricant. Avec le temps, de la corrosion inter-granulaire peut apparaître même sur certains mousquetons en alu, ce qui réduit significativement leur résistance [7]. Par conséquent, une limite supplémentaire de durée d'utilisation des mousquetons doit aussi être appliquée pour se prémunir de ce phénomène moins connu.

Cette étude a permis de proposer les recommandations suivantes :

- remplacez vos mousquetons :
 - tous les cinq ans ou 500 h d'utilisation (1^{er} des termes échu),
 - en cas de choc ou dégradation important,
 - en cas d'incertitude sur son historique (achat d'occasion),
 - lorsque le système de fermeture automatique est défaillant ;
- les mousquetons en zicral < 24 KN sont à proscrire pour la liaison écarteurs/élévateurs en biplace ;
- les mousquetons en zicral sont à proscrire pour la voltige (ceci inclut les 360° en biplace) ;
- une alternative sécuritaire au mousqueton en zicral est le mousqueton en inox.

Pour aller plus loin, vous trouverez un guide pratique de choix et de vérification des connecteurs

sur le blog d'Éric Ferlay, ingénieur expert en matériaux [6]. Vous y trouverez aussi en détail les méthodes ainsi que les résultats présentés ci-dessus [5].

Eric poursuit ses travaux (bénévoles) en partenariat avec la FFVL-CTS et réalise les tests de résistance résiduelle sur un banc de traction, en vue d'affiner les recommandations de maintenance. Pour cela, il a besoin de vos connecteurs de parapente réformés. Parlez-en à l'animateur sécurité de votre club et envoyez-les à la FFVL - 1 place Goiran 06100 Nice - en indiquant le nombre d'heures de vol et/ou la date de mise en service et de réforme : <https://federation.ffvl.fr/pages/campagne-mesures-resistance-residuelle-des-connecteurs-vol-libre>

Benjamin Herry et
Éric Ferlay

EXEMPLE DE RUPTURE DE MOUSQUETON EN ZICRAL EN VOL (MODÈLE INTERDIT DE VOL : VOIR [3,4])



Références :

- [1] <https://paragliding-karabiner.blogspot.com/2019/04/simulation-numerique-de-la-resistance.html>
- [2] <https://paragliding-karabiner.blogspot.com/2019/05/mai-2019-zicral-vs-inox-qui-est-le.html>
- [3] https://federation.ffvl.fr/sites/ffvl.fr/files/2020_alerte_securite_Mousqueton_type_camp.pdf
- [4] <https://paragliding-karabiner.blogspot.com/2020/06/juin-2020-alerte-securite.html>
- [5] <https://paragliding-karabiner.blogspot.com/>
- [6] <https://paragliding-karabiner.blogspot.com/2019/11/décembre-2019-recommandations.html>
- [7] <https://paragliding-karabiner.blogspot.com/2020/01/janvier-2020-resistance-residuelle-dun.html>