

HMS

domaine d'utilisation

auteurs

Philippe Batoux, Jean-Franck Charlet, Alexis Mallon -
laboratoire d'essais des matériels de montagne
François Pallandre - professeur ENSA



ÉCOLE
NATIONALE
DES SCIENCES DE LA MONTAGNE

Résumé

Les mousquetons de type HMS ont été créés pour l'assurage au demi cabestan afin d'avoir plus de place pour le passage de la corde. Aujourd'hui, l'usage de ces mousquetons dépasse leur utilisation d'origine et ils sont utilisés pour construire un relais ou se longer. Ces utilisations sont elles dangereuses ?

Des études en statique, dont nous ne connaissons pas précisément les conditions de réalisation, montrent que ces mousquetons peuvent se rompre avec des valeurs inférieures à la norme. Ces valeurs sont elles atteignables lors d'une chute ?

Nous avons simulé en laboratoire les chutes les plus défavorables : nous avons fait chuter une masse rigide guidée en facteur 2, puis en facteur 1.78 sur un mousqueton HMS sous contraintes (deux personnes vachées) avec le point de renvoi dans le mousqueton et corde attachée par un nœud (aucun dynamisme).

Nous n'avons jamais obtenu de rupture de mousqueton, ni de déformations dans ces conditions extrêmes de laboratoire. Les efforts mesurés lors des chutes en dynamiques sont 50% inférieures aux valeurs de ruptures minimales observées en statique, en conséquence il n'est pas dangereux d'utiliser les mousqueton HMS pour se longer et pour construire un relais.

Mots clés : mousquetons HMS, norme, alpinisme, escalade.

Introduction

L'usage des mousquetons HMS s'est aujourd'hui largement répandu et dépasse de beaucoup leur cadre utilitaire d'origine, à savoir l'assurage dynamique d'un grimpeur ; du fait de leur géométrie généreuse, souvent en forme de poire, ils servent par exemple à construire un relais (autrement dit utiliser ce type de mousqueton pour confectionner le relais et/ou comme mousqueton maître), ou bien encore à se longer.

Ces utilisations sont-elles abusives, voire dangereuses ?

Du point de vue de l'utilisateur, un matériel normé, mis sur le marché, ne peut être a priori dangereux que si son utilisation ne respecte pas le cadre pour lequel le fabricant l'a produit. Il s'agissait donc, au niveau du laboratoire, de chercher à mettre en évidence une mauvaise utilisation de ce type de matériel : nous avons cherché, en tests de résistance statique comme dynamique, à contraindre les mousquetons HMS à fonctionner dans la configuration la plus défavorable possible.

Il sera ici rappelé en premier lieu les efforts générés théoriquement par la chute d'un grimpeur en facteur 2 sur le relais. Nous décrivons la norme qui encadre la mise sur le marché des mousquetons HMS. Enfin, nous décrivons les tests de résistance statique et dynamique mis en œuvre au laboratoire de l'ENSA aux fins d'examiner et d'analyser la problématique décrite supra.

Partie I : Efforts mesurés lors de la chute d'un grimpeur sur le relais

Nous avons mesuré, lors de chutes en facteur 2 les efforts exercés sur le point central du relais et sur l'assureur.

facteur multiplicateur de force :

les systèmes d'assurage sont caractérisés par leur facteur multiplicateur de force (FMF) :

$$FMF = \frac{\text{force à l'entrée du frein}}{\text{force à la sortie du frein}}$$

En moyenne une main peut retenir 25 daN. Cette valeur croit avec le diamètre et l'âge de la corde. Cette valeur baisse lorsque l'assureur a des gants.

moyen d'assurage	demi cabestan	tube	grigri
FMF	9 à 14	6 à 12	24 à 40
valeur de glissement	2.2 à 3.5 kN	1.5 à 3 kN	6 à 10 kN

En préalable : il existe aujourd'hui deux techniques d'assurage du leader : soit le frein est fixé sur le relais (cf. points 1 et 2 ci-dessous), soit le frein est sur le harnais de l'assureur (cf. points 3 et 4). Les forces mises en jeu sont alors sommairement explicitées dans ces deux cas de figure :

Avec un tube ou demi cabestan un FMF maximum de 14, compte tenu de la force de retenue d'une main de 25 daN, la force maximale sur le relais lors d'une chute en facteur 2 ne peut pas dépasser 3.75 kN ! En tenant la corde à deux mains on peut arriver à 7.5kN.

1. L'assurage se fait sur un demi-cabestan placé sur le point central du relais. L'effort maximal sur ce point est de 4 kN, soit environ 2 kN sur chaque point.
2. L'assurage se fait avec un frein (tubes ou plaquettes) placé directement sur le relais, les valeurs des efforts sont alors souvent inférieures à celles ci-dessus.

Ces deux dernières méthodes sont de plus en plus conseillées, puisqu'elles évitent une projection de l'assureur vers le haut et contre la paroi en cas de chute importante (généralement on considère comme chute importante, une chute dont le facteur est supérieure à 0.5)

3. Le frein est placé sur le harnais de l'assureur, la corde passe dans le mousqueton du point central du relais, le chuteur n'a pas encore atteint le point de renvoi, il y a alors par effet de poulie deux tensions qui s'additionnent, (en prenant un FMF de 10) coté assureur 3,5 kN et coté chuteur 50 % de plus, soit 5.25 kN, le point central est alors chargé d'environ 8.75 kN, soit 4.375 kN pour les mousquetons placés sur les points d'amarrages.

4. Même, si dans le cas précédent, on imagine un nœud sur la corde qui empêche le glissement dynamique de la corde dans le frein, lors d'une chute extrême de facteur de chute 1,8 par exemple, les forces chocs des cordes aujourd'hui sur le marché étant toutes inférieures à 9kN (la norme autorise jusqu' 12 kN), on obtiendrait 9 kN du côté du chuteur, retenu par 6 kN coté assureur, soit au maximum 15 kN sur le point central et donc environ 7,5 kN sur les mousquetons placés aux amarrages.

Notons que si au lieu de freins manuels, types tubes ou plaquettes on utilise un frein de type « Gri-gri », les forces engendrées se situent entre les cas 3 et 4 ci-dessus.

Les forces théoriques mises en jeu sont donc inférieures à celles de la norme, dont on va détailler les caractéristiques dans le point suivant. On verra par la suite les valeurs obtenues en pratique dans les configurations extrêmes choisies, comme indiqué en introduction.

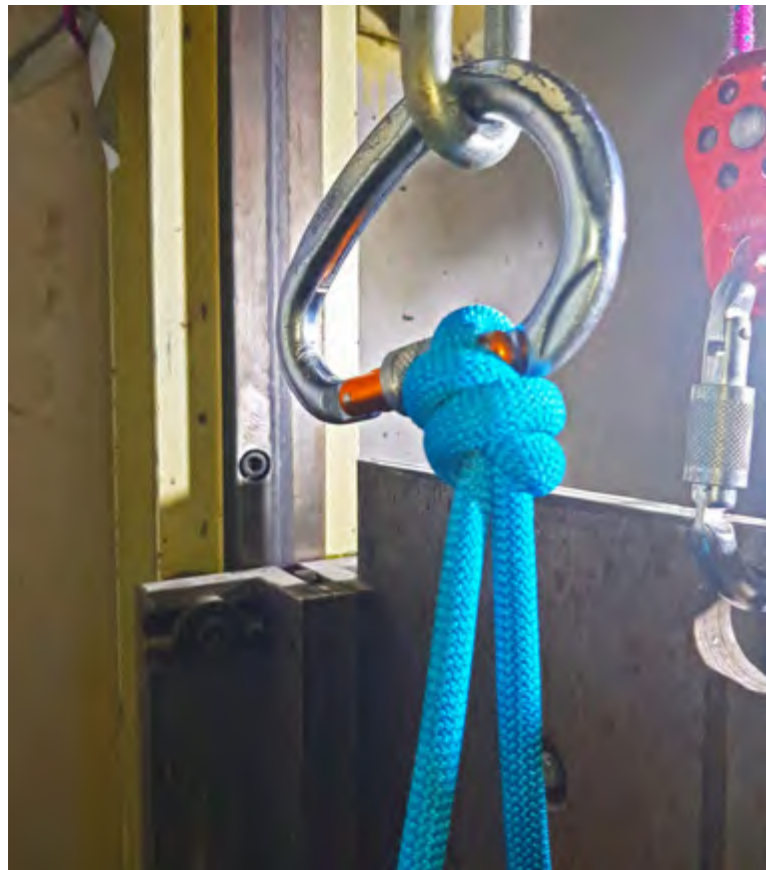
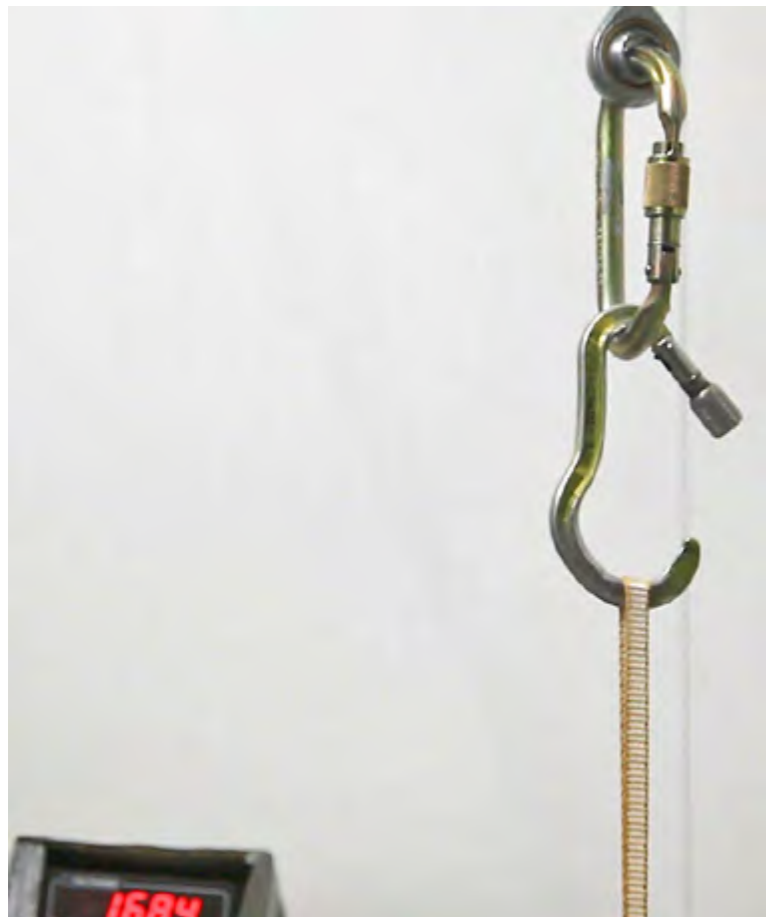


Figure 1: positionnement défavorable du nœud d'arrêt double d'une longe pour un essai de chute en facteur 2 d'une masse rigide guidée de 80 kg. Lors de cet essai la gaine va se déchirer sur la goupille de l'axe ; l'âme restera intacte



test de résistance statique d'un mousqueton de type attache 3D Petzl

Partie II : la norme EN 12275

Les mousquetons HMS font partie de la classe de matériel des connecteurs, et sont fabriqués, au titre des équipements de protection individuels protégeant les usagers contre un risque mortel (classe 3 des EPI), dans le respect des exigences d'une double norme européenne et UIAA, référencée EN-12275. Cette norme définit nombre de points techniques tels que les différents types de mousquetons (basique, directionnel, ovale, HMS, de via-ferrata, maillon rapide, cf. figure 1.1), l'ouverture minimale de chaque type de connecteur (cf. figure 1.2), la résistance minimale du doigt à l'ouverture (cf. figure 1.4), et la résistance à la charge pour chaque type de mousqueton dans différents axes de sollicitation (dans le sens du grand axe, doigt fermé et doigt ouvert, figures 1.4 et 1.5 ; dans le sens du petit axe, doigt fermé, figure 1.7).

Dans les tests effectués en traction dans le grand axe, tous les mousquetons, à l'exception de la classe K, sont soumis à la contrainte d'une machine à traction au moyen de deux piges de $12 \pm 0,1$ mm (cf. figure 1.4), préalablement graissées avant qu'elles ne touchent le corps du matériel testé. Cette précaution est importante dans le cas des mousquetons HMS, car du fait de leur forme particulière, la reproductibilité des tests (d'un laboratoire de certification à l'autre et d'une marque à une autre) n'est possible que si les piges viennent se mettre en contact au plus près du grand axe du mousqueton, à savoir aux points les plus éloignés du doigt (cf. figures 1.4 et 1.5) : le mousqueton doit alors résister à une traction de 20 kN (2000 kg).

Dès lors que l'on tire de part et d'autre du mousqueton, dans le grand axe, mais en rapprochant du doigt les points opposés de traction, on observe obligatoirement une diminution de la résistance du mousqueton à la traction, le bras de levier entre le point d'application de la charge et l'axe longitudinal du mousqueton (i.e. le côté opposé au doigt) augmentant proportionnellement. On peut alors casser un mousqueton bien en dessous de la valeur exigée, sans obérer en rien sa normalité. Rappelons qu'il faut absolument verrouiller le mousqueton HMS. La norme prévoit que ceux-ci sont obligatoirement pourvus d'un système de verrouillage du doigt qui est automatique ou pas. En effet un HMS non verrouillé et qui se mettrait en charge en position ouverte, ne résisterait qu'à 600 daN en doigt ouvert (exigence de la norme).

La norme EN-12275, UIAA-121 (extrait)

EN-12275	CONNECTORS	UIAA-121				
<p>This representation of EN 12275 and UIAA 121 does not contain the full details of the test methods and requirements in these standards; it gives only a simplified pictorial presentation. For full details, EN 12275 and UIAA 121 should be consulted. © UIAA, Pit Schubert, Neville McMillan, 2004</p> <p>The general term "Connectors" is used to include all types of karabiners and also quicklinks ("Maillon rapide").</p>						
	<p>Type B (Basic) Connector for normal use</p> <p>Type D (directional) Connector for Quickdraws</p> <p>Type X (oval shape) Connector for Aid climbing</p> <p>Type H (HMS) Connector for belaying</p>	<p>Figure 1.1</p>				
	<p>Type K (Klettersteig) Connector for "Via ferrata", "Klettersteig" Type K Connectors shall have an automatic locking device</p>	<p>Gate opening</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>type K</td> <td>min. 21 mm</td> </tr> <tr> <td>all other types</td> <td>min. 15 mm</td> </tr> </table>	type K	min. 21 mm	all other types	min. 15 mm
type K	min. 21 mm					
all other types	min. 15 mm					
	<p>Type Q (Quick link) Connector for extra safety Quick link, "Maillon rapide"</p>	<p>Gate opening force (for all types)</p> <p>min. 5 N</p> <p>10 mm</p>				
		<p>Figure 1.3</p> <p style="font-size: small;">Designed by Georg Sojer</p>				

EN-12275	CONNECTORS	UIAA-121																
	<p>Strength in main direction</p> <p>12 mm</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>type K, Q</td> <td>25 kN</td> </tr> <tr> <td>type X</td> <td>18 kN</td> </tr> <tr> <td>all other types</td> <td>20 kN</td> </tr> </table>	type K, Q	25 kN	type X	18 kN	all other types	20 kN	<p>Strength in transverse direction</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>type Q</td> <td>10 kN</td> </tr> <tr> <td>type B, H, K, X</td> <td>7 kN</td> </tr> <tr> <td>typ D</td> <td>--</td> </tr> </table> <p>Figure 1.7</p>	type Q	10 kN	type B, H, K, X	7 kN	typ D	--				
type K, Q	25 kN																	
type X	18 kN																	
all other types	20 kN																	
type Q	10 kN																	
type B, H, K, X	7 kN																	
typ D	--																	
	<p>Gate-open strength</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>type B, D</td> <td>7 kN</td> </tr> <tr> <td>type H</td> <td>6 kN</td> </tr> <tr> <td>type X</td> <td>5 kN</td> </tr> <tr> <td>type K, Q</td> <td>--</td> </tr> </table>	type B, D	7 kN	type H	6 kN	type X	5 kN	type K, Q	--	<p>Marking of strength (in kN)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">strength</td> </tr> <tr> <td>xx</td> <td>in main direction</td> </tr> <tr> <td>yy</td> <td>in transverse direction</td> </tr> <tr> <td>zz</td> <td>gate-open</td> </tr> </table> <p>Figure 1.8</p>	strength		xx	in main direction	yy	in transverse direction	zz	gate-open
type B, D	7 kN																	
type H	6 kN																	
type X	5 kN																	
type K, Q	--																	
strength																		
xx	in main direction																	
yy	in transverse direction																	
zz	gate-open																	
<p>Additional requirements of UIAA 121 only for type K (Klettersteig, "via ferrata")</p>																		
	<p>Gate-open strength</p> <p>16 mm</p> <p>min. 8 kN</p>	<p>Strength over an edge</p> <p>27 mm</p> <p>ø16 mm</p> <p>R2</p> <p>min. 8 kN</p>																
		<p>Figure 1.6</p> <p style="font-size: small;">Designed by Georg Sojer</p>																

Partie III : Essais en statique

Protocole

Nous exerçons une traction au moyen d'un vérin hydraulique sur le mousqueton. Afin de le positionner de la façon la plus défavorable nous avons scotché la sangle contre le doigt et la bague. (cf. image ci-contre). L'objectif est d'évaluer, au moyen d'un dynamomètre, la différence entre la valeur limite de rupture dans cette position et la norme (20 kN).



Données

Type de mousqueton	positionnement	rupture (daN)
William Petzl	scotch coté doigt	1437
attache 3D jaune très usé	coté doigt	1684
attache 3D orange	scotch coté doigt	1717
Mammut Mytholito	scotch coté doigt	2098
Black Diamond	scotch coté doigt	1424
Kong Bonaiti	scotch coté doigt	1685

Analyse

Les valeurs obtenues sont inférieures de 25 à 0% à celles de la norme. Dans la majorité des cas la sangle glisse vers le centre du mousqueton et donc se repositionne de façon plus favorable. La différence de valeurs de rupture provient probablement du positionnement du mousqueton dans la machine à traction, l'axe de traction étant à chaque fois légèrement différent de l'axe imposé par la norme (cf. partie II).



Cabestan et HMS

Le nœud de cabestan est symétrique mais lorsque l'on tire sur un brin il décentre la traction sur un côté du mousqueton. Selon comment est orienté le nœud la traction peut se faire sur le côté le moins résistant du mousqueton : le côté du doigt. Faut-il orienter le cabestan de manière à avoir une traction du côté opposé au doigt ?

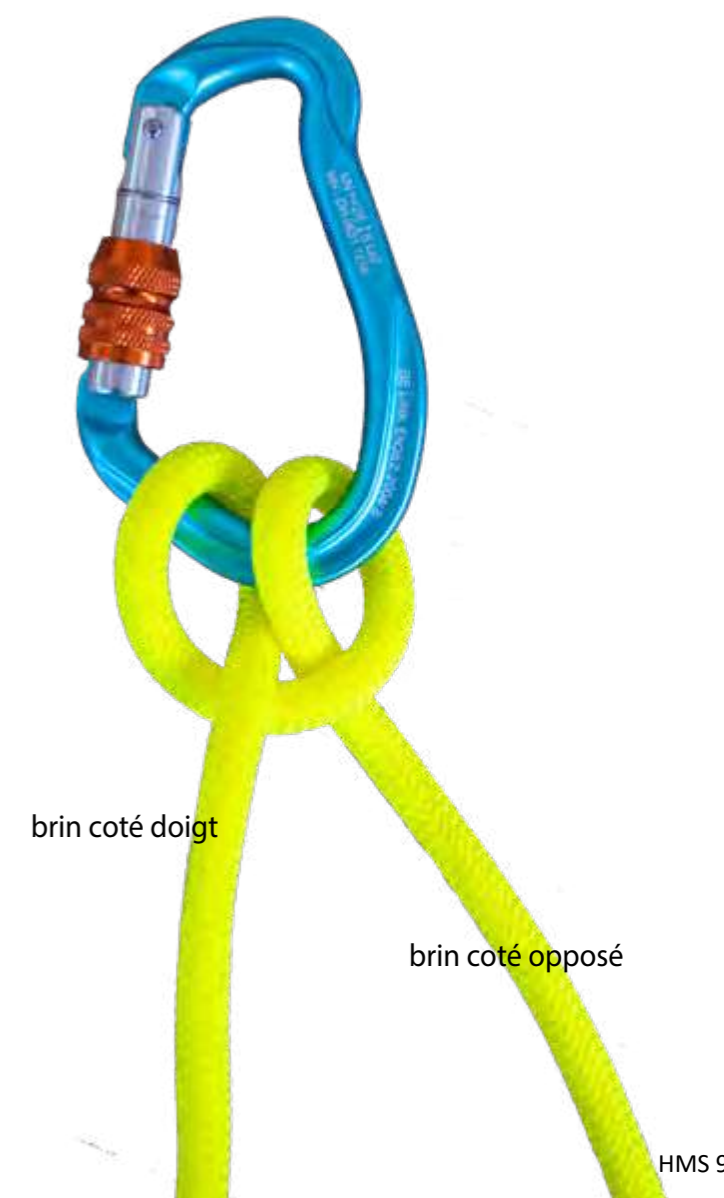
Protocole

Nous tirons alternativement chaque brin du nœud de cabestan au moyen d'un vérin hydraulique et mesurons la résistance à la traction au moyen d'un dynamomètre.

Nous avons utilisé une corde statique 11 mm Edelrid et une corde dynamique Béal Stinger 9.4mm.

Résultats

Il n'y a aucune différence entre les deux positionnements. La corde se rompt systématiquement au niveau du nœud de cabestan autour de 9 kN pour l'Edelrid et 12kN pour la Stinger, ce qui n'a aucune incidence sur les différents mousquetons testés.



partie IV : Essais en dynamique

Intérêt des tests dynamiques

Dans la partie précédente, nous nous sommes intéressés aux résistances des connecteurs lorsqu'ils sont soumis à l'application d'une contrainte lente (la vitesse de traction varie entre 50 et 200 mm/mn, soit grossièrement de 1 à 3 mm/s) ; comme on a pu le voir, les mousquetons sont alors mis sur le marché si leur résistance minimale à cette déformation lente est supérieure ou égale à la valeur requise par la norme, soit 20 kN pour faire simple. Cette valeur donne une idée réaliste du poids qu'il faudrait accrocher au connecteur pour atteindre sa limite à la rupture : on parle alors de tests statiques de résistance.

Cette information, bien qu'importante pour l'utilisateur, car elle permet d'utiliser un matériel normé, donc éprouvé et de ce fait digne de confiance, se laisse mal interpréter dans les usages courant : voit-on souvent, en falaise ou en montagne, un mousqueton sollicité par une telle charge ? Même s'il est d'usage de se suspendre à deux ou à trois sur un mousqueton-maître, en supposant que la cordée est équipée de sacs lourds de type big wall, le poids total en charge sur le dit matériel dépasse rarement les 5 kN. On est alors loin de la valeur limite en résistance statique.

Il est en réalité beaucoup plus utile de s'intéresser à l'énergie mise en jeu lors d'accidents de progression : que se passe-t-il en cas de chute, comment le matériel est-il sollicité, et comment résiste-t-il à cette contrainte soudaine ? L'énergie emmagasinée par un grimpeur lorsqu'il chute peut être importante, et solliciter violemment en quelques fractions de seconde une pièce du relais ou un point d'assurage.

Il est connu de tous aujourd'hui que la dangerosité d'une chute encordée est généralement proportionnelle au facteur de chute considéré ; plus ce dernier est grand, plus il est possible de casser le matériel de sécurité et/ou d'occasionner des dommages physiques graves voire mortels. Dans le cas de l'alpinisme

ou de l'escalade (on laisse ici de côté la via ferrata), le facteur de chute maximal est de 2. Ce cas se présente lorsque le grimpeur chute en tête, au-dessus du relais, sans avoir clippé un point de renvoi, ou bien lorsqu'il « bricole » au-dessus du relais, vaché sur sa longe tendue.

Dans le premier cas, une bonne part de l'énergie mise en jeu lors de la chute peut être dissipée par un assuage dynamique adéquat : il est d'ailleurs recommandé d'assurer directement sur le relais au moyen d'un demi-cabestan (et donc avec un mousqueton HMS). Dans ce cas, la force transmise au mousqueton ne dépasse jamais les 4 kN (au vu de ce qui est calculé dans la partie I), car la corde glisse dans celui-ci, ce qui exclut donc d'arriver à le rompre. Si l'on imagine par contre une situation empêchant le défilement de la corde dans le frein, par exemple un nœud dans la corde, voire un système d'assurance totalement statique, l'énergie mise en jeu est alors beaucoup plus grande : les cordes mises sur le marché ont une force choc maximale de 12 kN (c'est-à-dire que la tension maximale de la corde, qui est la force de rappel maximale subie par le chuteur – à savoir au point le plus bas de sa chute – est alors de 12 kN). En réalité, les cordes produites aujourd'hui par l'ensemble des fabricants ont une force choc maximale de 9 kN.

Dans le deuxième cas, il est également connu de tous qu'une longe réalisée dans un matériau statique (sangle en Kevlar, Spectra, Dyneema, et autres matériaux de caractéristiques mécaniques similaires) casse en facteur 2 (cf Etude sur les longes pour l'alpinisme et l'escalade). Nous nous sommes donc volontairement limités aux longes d'assurance dynamiques, i.e. fabriquées avec de la corde.

Il est enfin plus facile, pour réussir à casser à mousqueton, de sortir de sa plage « normale » d'utilisation et d'en faire un usage non recommandé, voire abusif ; nous avons donc expérimenté des utilisations dangereuses, formellement déconseillées par les fabricants et les manuels d'alpinisme ou d'escalade, à la seule fin de vérifier si les mousquetons HMS, dans ces cas dûment choisis, pouvaient rompre.



Figure 3: Tour de chute de l'ENSA ; un masse rigide guidée de 40 à 140 kg peut chuter de 12 mètres.

Protocole

Nous avons fait tomber une masse rigide guidée de 80 kg avec des facteurs de chute très élevés sur différents mousquetons HMS en positionnant la corde dans des positions les plus défavorables que nous avons imaginées. La situation met en jeu un leader qui bricole au dessus du relais, avec un facteur de chute élevé (proche de 2), et qui tombe sans aucun autre facteur d'amortissement que l'élasticité de la corde mise en jeu lors de la chute (pas de dynamisation opérée par un assureur éventuel).

Nous avons mesuré les efforts sur le mousquetons à l'aide d'un dynamomètre.

Afin de positionner de la façon la plus défavorable nous avons scotché la sangle avec du duck tape contre le doigt et la bague.

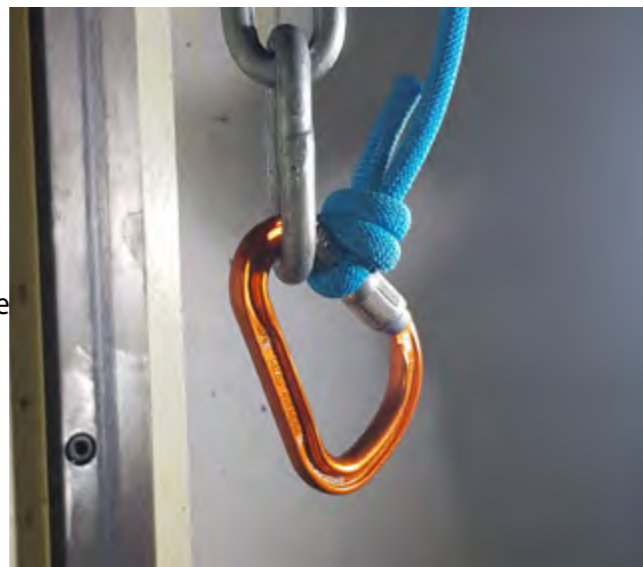


Figure 5: chute en facteur 2 avec positionnement de la longe sur le doigt du mousqueton.

Conditions des tests

corde : Joker Béal 9.1 mm

longe 1 mètre fermée avec des nœuds (huit ou demi nœud d'arrêt double) pré-serrés à 80 kg.

masse rigide guidée de 80 kg

chute de 3.90 m pour les chutes en facteur 1.78

Tests longe en facteur 2

Nous avons positionné la corde de différentes manières défavorables sur le doigt du mousqueton HMS ou sur le coté du doigt avec un nœud en huit scotché ou un nœud d'arrêt double.

La situation la plus défavorable est de fermer la longe avec un nœud d'arrêt double bloqué contre la bague sur l'axe de rotation du doigt (Figure 5). Lors de certains essais le nœud d'arrêt double en se serrant sur la goupille de l'axe déchire la gaine de la corde. Cette situation est indépendante du type de mousqueton et apparaîtra sur les autres types.



Chute en facteur 2 avec un mousqueton sous contraintes

La situation la plus critique que nous ayons testée est de positionner deux personnes en tension sur un mousqueton (80+50kg) et de faire chuter une troisième personne (80 kg) en facteur 2, longée sur le coté du doigt (Figure 4)

Nous avons observé la chute avec une caméra haute vitesse 600 images/seconde.

Le mousqueton n'a pas été déformé et il pouvait s'utiliser normalement après plusieurs essais.



Figure 4: chute en facteur 2 sur un mousqueton sous contrainte (simulation deux personnes vachées 130 kg)

Chute en facteur élevé avec un mousqueton sous contraintes

Nous avons longé deux personnes sur un mousqueton Attache3D Petzl (80+50kg) et positionné un mousqueton de renvoi sur le coté du doigt.

Nous avons fait chuter la masse rigide de 1.95 m au dessus du point de renvoi ; la corde étant fixée 23 cm sous le point de renvoi (simulation d'un assuage au grigri fixé sur le relais) ; soit un facteur de chute de 1.78.

Nous avons obtenu des pic de force inférieurs à 10 kN. Le mousqueton n'a pas été déformé et il pouvait s'utiliser normalement après plusieurs essais.

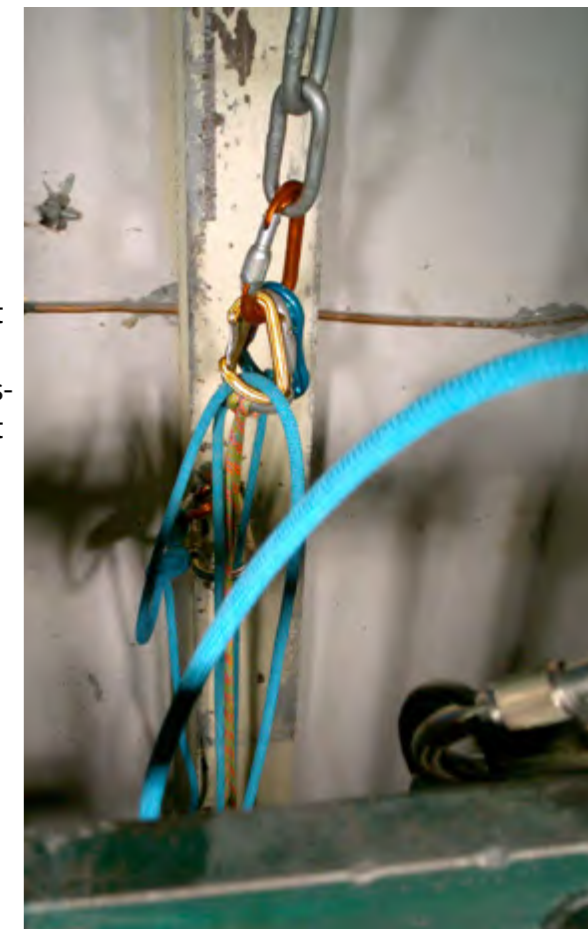


Figure 7: chute d'une masse rigide de 80kg en facteur 1.78 sur un mousqueton Attache 3D (Petzl) précontraint deux personnes vachées 130kg.

type de chute	corde	longueur de corde	mousqueton	facteur de chute	force max générée kN	hauteur de chute m	observations
chute sur longe 2 nœuds en 8	Joker Béal 9,1		1 CAMP	2	7,24	2	
chute sur longe 2 nœuds en 8	Joker Béal 9,1		1 william Petzl	2	6,96	2	
mousqueton scotché sur le doigt	Joker Béal 9,1		1 william Petzl	2	7,32	2	
nœud d'arrêt double en butée sur la bague	Joker Béal 9,1		1 CAMP	2	6,16	2	
nœud d'arrêt double sur axe du doigt ouverture vers le bas	Joker Béal 9,1		1 CAMP	2	4,9	2	rupture gaine sur 2 goupille
nœud d'arrêt double sur axe du doigt ouverture vers le bas	Joker Béal 9,1		1 Beal	2	5,84	2	
nœud d'arrêt double sur le doigt au dessus de la bague	Joker Béal 9,1		1 Petzl attache3D	2	5,84	2	pivotement et repositionnement
nœud d'arrêt double sur axe du doigt ouverture vers le bas	Joker Béal 9,1		1 Myholito	2	5,44	2	rupture gaine sur 2 goupille
mousqueton chargé 130kg (2 mousquetons) + point de renvoi coté doigt	Joker Béal 9,1		1 William Petzl	1,78	9,54	3,9	
mousqueton chargé 130kg (2 mousquetons) + point de renvoi coté doigt	Joker Béal 9,1		1 Attache3D Petzl	2		2	

Figure 6: chutes sur des mousquetons HMS en positions défavorables

Conclusions

Les essais en dynamique que nous avons réalisés sont très exigeants : masse rigide guidée, assuage sans aucun dynamisme.

Les chutes en facteur 2 sur les longes montrent qu'il n'est pas dangereux d'utiliser des mousquetons HMS pour se longer. Les valeurs obtenues dans ces conditions expérimentales exigeantes étant largement inférieures aux valeurs de rupture obtenues soit dans les études recensées par nos soins d'une part, soit exigées par la norme. Les chutes sur le mousqueton

sous contrainte montrent que les mousquetons HMS tolèrent des utilisations éloignées des pratiques recommandées. Cependant il est préférable de dissocier le mousqueton où l'on se longe du mousqueton d'assuage comme sur la Figure 7, pour des raisons évidentes de confort d'utilisation et de sécurité.

Partie V : Conclusions

Lors des essais de chute en facteur deux réalisés au laboratoire V access où nous faisons tomber un mannequin de sable de 70kg en facteur 2 sur un demi cabestan positionné sur le point central du relais, nous avons obtenu des valeurs maximales de 4 kN (Les Relais. P. Batoux 2017). Lors de la rupture d'un des points du relais construit avec une sangle twistée et avec une personne vachée directement sur le relais, avec les mêmes conditions de chute que ci dessus, nous avons obtenu 620 daN sur le point restant.

Lors des essais en facteur 1.78, avec mousqueton sous contrainte (deux personnes vachées) et point de renvoi sur ce même mousqueton nous avons obtenu une force maximale de 954 daN.

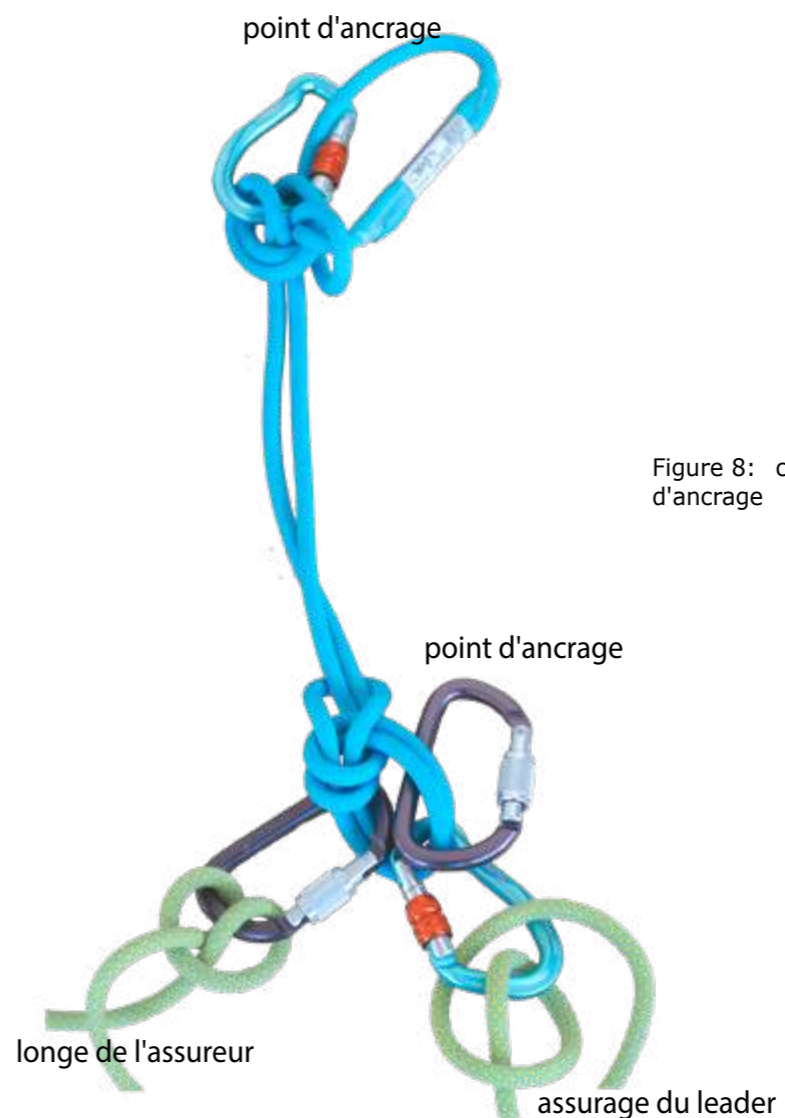
Rappelons que ces essais ont été réalisés en laboratoire avec une masse rigide guidée sans possibilité de balan ; les valeurs obtenues sont par conséquent nettement plus élevées que dans la réalité.

La valeur de rupture minimale d'un mousqueton HMS que nous ayons pu mesurer est de 1424 daN. Cette valeur est largement supérieure (50%) à la force maximale obtenue lors des essais en laboratoire en dynamique.

Les cas de rupture de mousquetons à notre connaissance sont dus à des positionnements en porte à faux.

Les mousquetons de type HMS peuvent être utilisés pour construire un relais.

Nous recommandons de dissocier le point où sont longés les grimpeurs au relais du point de renvoi. Nous recommandons une construction de relais comme indiquée figures 7 et 8 ; si l'on utilise de la corde dynamique pour construire son relais l'usage d'un mousqueton HMS sera beaucoup plus pratique du fait de l'encombrement de la corde.



Bibliographie

- Barron T. Élaborations et révisions de normes européennes sur les matériels d'alpinisme et d'escalade. Ecole nationale supérieure de physique, électronique, matériaux. Phelma INP Grenoble. 2015.
- Batoux P. Utilisation de la corde en alpinisme, ENSA 2017
- Batoux P. Les relais. Publications de l'ENSA. 2017. <http://www.ensa.sports.gouv.fr/index.php/recherche-ensa/top-variations/publications>
- Batoux P., Fauquet M. Etude sur les longes pour l'alpinisme et l'escalade. <https://www.youtube.com/watch?v=t-0DCy5IERvQ>
- Brass P. Le danger des HMS. Montagnes Magazine. Mars 2018. <http://www.montagnes-magazine.com/peda-go-quel-mousqueton-relais-danger-hms>
- Egea A. Desnivel n°341. HMS danger.