



Noeuds de jonction pour rappels

cordes de même diamètre

auteurs Philippe Batoux, laboratoire d'essais des matériels de montagne
Alexis Mallon, laboratoire d'essais des matériels de montagne
Amélie Gruyelle, laboratoire d'essais des matériels de montagne
Marco Perche, entreprise SIMOND

Elodie Le Comte - professeur ENSA
Johann Courcelle - professeur ENSA
Michel Fauquet - professeur ENSA
François Pallandre - Professeur ENSA



ÉCOLE
NATIONALE
DES SPORTS DE MONTAGNE

Résumé

Nous avons mené une campagne de tests au laboratoire d'essais des matériels de montagne de l'ENSA sur les nœuds les plus fréquemment utilisés pour relier deux brins de corde de même diamètre pour descendre en rappel. Nous avons testé les deux nœuds les plus courants : le nœud simple de plein poing et le nœud en huit de plein poing.

Tous les nœuds doivent être énergiquement serrés, en tirant sur chaque brin.

Le brin sortant doit mesurer au moins 30 cm. Dans ces conditions le nœud simple de plein poing et le nœud en huit de plein poing sont parfaitement adaptés pour descendre en rappel de manière classique.

A contrario si l'on ne respecte pas ces conditions (nœud mal serré, brin sortant très court), ces nœuds peuvent se défaire lors de la descente en rappel.

Nous avons mesuré les forces sur le point d'ancrage dans des conditions de rappel défavorables : chute sur l'autobloquant lors de la prise du rappel, arrêt brutal lors de la descente. Les efforts maximaux obtenus sont d'environ 3 fois le poids du grimpeur pour les cordes dynamiques et 5 fois pour les cordes statiques. La rupture du nœud de rappel se produit pour une charge trois à quatre fois supérieures à ces valeurs.

Mots clés : nœuds de plein poing, EDK, rappel, nœud de jonction.



Figure 1: test de résistance d'un rappel fermé par nœud en huit de plein poing avec une corde Gully. La gaine s'est arrachée vers 1300 daN et la corde s'est cassée au niveau du nœud aussitôt.

Introduction

Nous nous intéressons dans cette étude aux nœuds de jonctions de deux cordes de rappel de même diamètre appelés nœud simple de plein poing et nœud en huit de plein poing.

Les alpinistes utilisent des nœuds de plein poing pour rabouter deux brins de corde de rappel car l'axe du nœud est décentré par rapport à la corde ; cela diminue le risque de coincement du nœud lors du rappel de la corde. Un second avantage est que les nœuds de plein poing simple et huit se construisent rapidement et se défont facilement après avoir été mis sous tension. Ces qualités en font les nœuds les plus utilisés pour les descentes en rappel.

Il existe des nœuds plus solides : nœuds de pêcheurs double par exemple, mais qui sont centrés sur l'axe de la corde, et peuvent donc se coincer plus facilement. Ils sont aussi plus longs à confectionner.

Les nœuds de plein poing sont impliqués dans plusieurs accidents mortels de rappel en Amérique du Nord. Il semble que ces nœuds soient appelés European Death Knot (EDK) en Amérique du Nord et bannis des usages. Ce sont des nœuds qui sont pourtant utilisés très couramment en Europe, par des professionnels et des amateurs ; il nous paraissait dès lors nécessaire d'éclaircir cet apparent paradoxe.

Nous présenterons de prime abord une courte bibliographie des accidents recensés semblant impliquer des nœuds de jonction de rappel. Nous définirons ensuite le cadre de notre étude, pour bien séparer ce que nous avons étudié de ce que nous n'avons pas testé ; nous précisons ensuite les conditions de réalisation des tests.

La description des tests se fera alors en deux parties : nœuds de jonction pré-serrés à la main, ou nœuds de jonction mal faits, c'est-à-dire non serrés. Dans chaque partie, nous analyserons les données expérimentales et en tirerons ainsi, à titre de conclusion, des recommandations d'usage à destination des pratiquants.

Bibliographie

La littérature américaine recense au moins cinq accidents très graves (blessures incapacitantes ou décès) de rappel, dans lesquels des nœuds se sont défaits. Nous avons retrouvé des données sur trois accidents.

Les faits sur l'accident impliquant le nœud simple de plein poing (13/09/1998, Grand Teton) sont les suivants :

- cordée de 3 grimpeurs
- Une corde de 10 mm neuve et une de 10.5 mm qui avait déjà servi
- le nœud simple a été d'abord serré à la main par le premier grimpeur, qui est alors descendu. Les deux autres grimpeuses ont alors "déplacé le nœud d'environ 30 cm vers l'avant" mais sans le resserrer. Une grimpeuse est alors descendue sur ce nœud de quelques mètres avant de chuter. La grimpeuse restée au relais a déclaré avoir vu le nœud "se défaire".

Sur un accident impliquant un nœud en huit de plein poing (21/05/2002, Zion) :

- Cordée de 2 grimpeurs
- 2 cordes de 10.5 mm, 60m
- le premier grimpeur est descendu, est tombé après 3 mètres de descente et s'est tué. Les cordes n'étaient pas attachées ensemble.
- Son compagnon a déclaré "le nœud était propre, je ne me souviens pas exactement de la longueur des brins sortants mais ça ne m'a pas demandé un second regard".

Sur un autre accident mortel (12/10/1994, Seneca) :

- Cordée de 2 grimpeurs
- Le premier grimpeur est descendu, s'est arrêté au bout de 4 mètres pour démêler la corde et a chuté. Les cordes n'étaient pas attachées ensemble.
- pas d'information sur le type de nœud de jonction ni sur le type de cordes.

Définitions

Nœuds de plein poing (jonction de cordes)

on appelle nœud de plein poing, un nœud raboutant deux brins dont les brins sortants pointent dans la même direction, confectionné en maintenant les brins accolés (et non tressés tête-bêche). On traite ici du nœud simple de plein poing (figure 3) ou du nœud en huit de plein poing (figure 2)

EDK : European death knot

l'EDK est la dénomination anglo-saxonne des nœud simple et en huit de plein poing.

Serrage des nœuds

on considère qu'un nœud est serré dès lors que l'on a tiré sur chacun des 4 brins alternativement de toute sa force. Une main de force moyenne exerce une traction sur une corde de 9 mm d'environ 20 daN (1 daN correspond au poids d'une masse de 0,981 kg environ).

Brins sortants

on appelle brin sortant la partie non utilisée de la corde, sortant du nœud de jonction, opposée aux brins utilisés pour descendre.

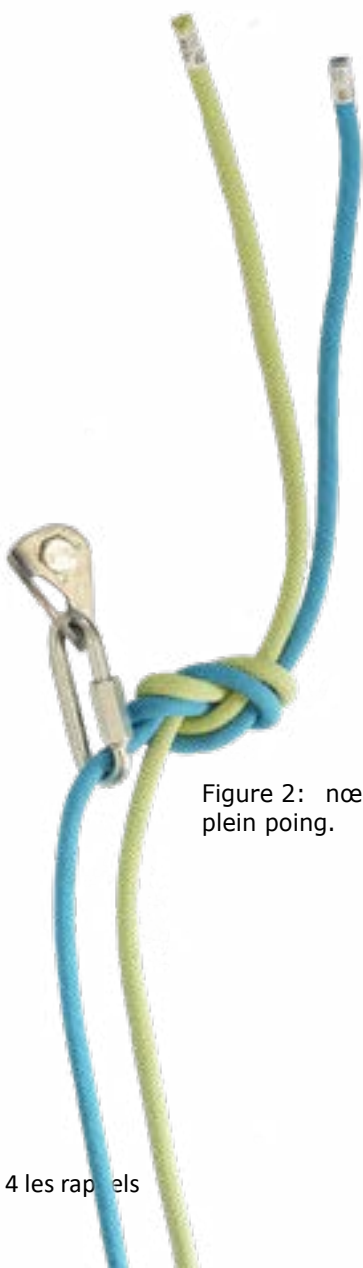


Figure 2: nœud en huit de plein poing.



Figure 3: nœud simple de plein poing.

Cadre de l'étude

Suite aux articles parus dans la presse spécialisée et aux nombreux posts publiés sur différents sites internet qui y étaient reliés, nous avons délibérément restreint notre étude :

- Aux rappels sur corde dynamique et semi-statique de même diamètre. Les rappels sur cordes de diamètres différents n'obéissent pas à la même logique de résistance du nœud de jonction, car on descend alors sur le brin de plus gros diamètre bloqué en butée sur l'anneau de rappel, le brin de plus faible diamètre servant exclusivement à rappeler la corde. Nous excluons de cette étude les rappels sur cordelette hyperstatique.
- Aux brins sortants de même longueur ; en revanche, d'un test à l'autre, nous avons fait varier la longueur des brins sortants (de 7 à 50 cm).
- Aux nœuds de jonction de rappel simple et en huit de plein poing.
- Aux dix premiers mètres de la descente.

Conditions des tests

Nous avons effectué 35 tests, pour lesquels nous avons utilisé 4 modèles de cordes différents :

- Deux cordes dynamiques, la corde jumelée et à double Béal Gully 7.3 mm et la corde multi-norme (simple, double, jumelée) Béal Opéra 8.5 mm ;
- Deux cordes semi-statiques, la Béal Pro-Canyon 9.8 mm et la Béal Aquaram 9.6 mm.

Nous avons fait varier les paramètres suivants :

- le type de nœud de plein poing : simple ou huit ;
- le serrage du nœud : pré-serré sur les quatre brins énergiquement à la main, ou mal serré : lors de la confection du nœud en huit mal serré, nous avons utilisé un gabarit fixe y laissant une lumière de 3 cm de diamètre (cf. la première image de la figure 8) ; pour les autres types de corde, qu'on les raboute avec le nœud simple ou en huit, on a simplement mis en place le nœud desserré, la taille et l'aspect du nœud étant fonction du poids des cordes ;
- la longueur des brins sortants, de 7 à 50 cm ;
- 2 testeurs de poids différents : 50 et 75 kg ;
- le type de mise en charge du rappel : soit la plus progressive possible, le testeur chargeant avec le moins d'à-coups possibles le rappel, soit dynamique, le testeur se laissant tomber brutalement de tout son poids sur son autobloquant (chute de 20 à 40 cm).

Les tests ont été filmés. La force transmise sur l'ancrage du rappel a été enregistrée au moyen d'un capteur de force SCAIME 2t, à la fréquence de 500 Hz. Rappelons que la corde de rappel étant passée en double, la mesure sur le point d'ancrage est le double de la force générée sur chaque brin de corde.

Quelle est la résistance à la rupture des nœuds de plein poing ?

Nous avons mesuré la résistance en traction lente des nœuds de jonction simple et en huit de plein poing, Le tableau 4 présente les résistances statiques d'un rappel de corde fermé avec les différents nœuds de plein poing. Nous nous intéressons aux rappels et dans la suite les efforts sont mesurés sur le point d'ancrage et donc sur les deux brins.

L'analyse du tableau montre que la résistance maximale à la traction lente des nœuds de plein poing est plus que satisfaisante, même pour des brins de faible diamètre. Le comportement des nœuds diffère en fonction du type de corde testée : pour les cordes dynamiques, les nœuds simples de plein poing se retournent plusieurs fois jusqu'en bout de corde, à partir de 800 daN ; les nœuds en 8, pour leur part, sur ces mêmes cordes, se retournent une fois au même seuil, puis cassent ensuite à la valeur indiquée colonne 3. En revanche, les nœuds confectionnés sur l'Aquaram ne se retournent pas, et cassent pour des valeurs très élevées.

Possibilité de desserrer les nœuds après utilisation

Nous avons serré les nœuds de huit de plein poing et nœud simple de plein poing à 300 daN.

Nous n'avons eu aucune difficulté à défaire les nœuds avec ce serrage. Ce n'est pas le cas de tous les nœuds ; le nœud "roumain" par exemple s'est avéré bien plus difficile à défaire. (figure 5)



Figure 5: le nœud "roumain" est un nœud de plein poing présentant une excellente résistance statique, il est particulièrement utilisé avec des anneaux en kevlar pour concevoir des lunules lors des escalades dans les Dolomites. Ce nœud s'est avéré très difficile à défaire après une traction de 300 daN sur l'anneau.

	Résistance maximale	Résistance maximale
Type de corde/Type de nœud	Nœud simple de plein poing	Nœud en huit de plein poing
Gully (7.3 mm)	900 daN	1300 daN
Opéra (8.5 mm)	1350 daN	1700 daN
Aquaram (9.6 mm)	2150 daN	2400 daN

Figure 4: Résistance des nœuds de plein poing avec différentes cordes



Figure 6: protocole de test de résistance des nœuds de plein poing pour le rappel avec différentes cordes. Un vérin hydraulique et un dynamomètre sont fixés au dessus du rappel. La corde à tester est fixée au sol avec un nœud de huit.

Nœuds pré-serrés à la main

On trouvera page suivante à la figure 7 un décomposé d'un rappel chargé sur un nœud en huit de plein poing pré-serré, suivi de la variation de la force exercée sur le nœud de jonction en fonction du temps.

Le nœud est confectionné avec 30 cm de brin sortant. Rappelons ici que le testeur (70 kg) a pris le rappel en tombant volontairement sur son autobloquant d'environ 30 centimètres : en 1.3 à 1.5 s, la force exercée sur le point d'ancrage monte rapidement à 250 daN.

Le nœud, bien serré initialement, se serre encore plus. Le brin sortant ne diminue pas de longueur. Le nœud ne se retourne jamais.

Trois tests similaires ont été conduits. Le brin sortant ne diminue jamais de longueur, ce qui veut donc dire que le nœud de huit de plein

poing, pré-serré à la main, ne glisse pas sous une mise en charge brutale, pas plus qu'il ne glisse sous une mise en charge progressive. Cela est également vrai pour un nœud simple de plein poing pré-serré à la main. Les nœuds pré-serrés, lorsqu'ils sont mis en tension, se serrent encore plus.

Comment un nœud de jonction mal serré, a contrario, se comporte-t-il ? Une mise en charge brutale est-elle plus accidentogène qu'une mise en charge progressive ?



Figure 7: prise en charge de rappel brutale sur deux brins de corde Gully reliés par un nœud de huit serré.

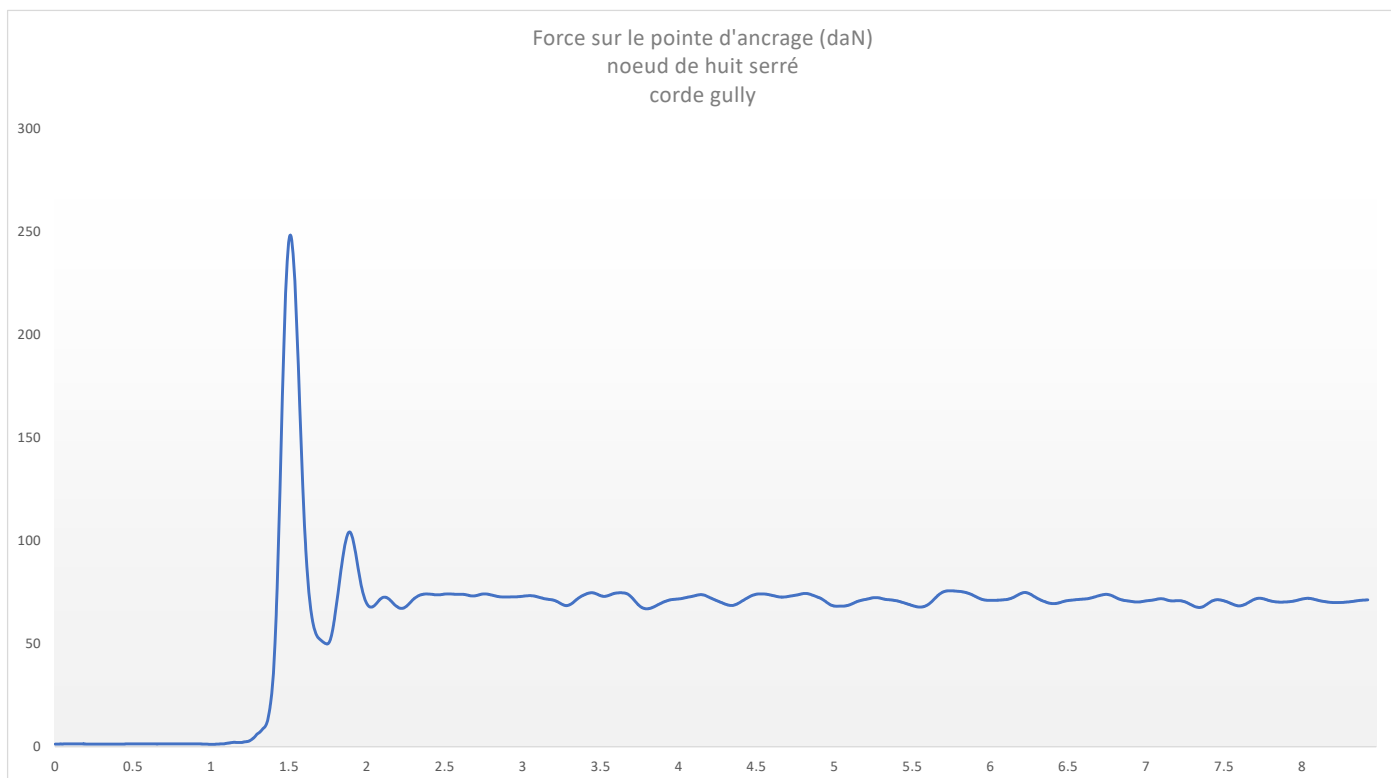


Figure 8: force sur le point d'ancrage lors d'une prise en charge de rappel brutale par un grimpeur de 70kg sur deux brins de corde Gully reliés par un nœud de plein poing en huit serré avec des brins sortants de 30cm. On constate que la force sur le point d'ancrage du rappel est supérieure à 100 daN pendant une très brève période : inférieure à 0.2s.

Nœuds mal faits : mal serrés et brins sortants trop courts

Les photos et la courbe ci-dessous montrent comment un nœud de jonction en huit de plein poing, desserré, avec 10 cm de brin dormant, va se retourner puis finalement venir à lâcher. Le grimpeur (75 kg) se met en tension le plus délicatement possible : de 3 à 6 s la force monte progressivement de 15 à 80 daN. Le nœud se retourne et consomme la totalité du brin sortant.

A 14s le grimpeur se laisse descendre rapidement, puis freine brutalement, la force sur le point d'ancrage monte à 190 daN, puis brutalement s'effondre : le nœud vient soudainement de se défaire ; sans contre-assurance, notre testeur aurait chuté jusqu'au sol.

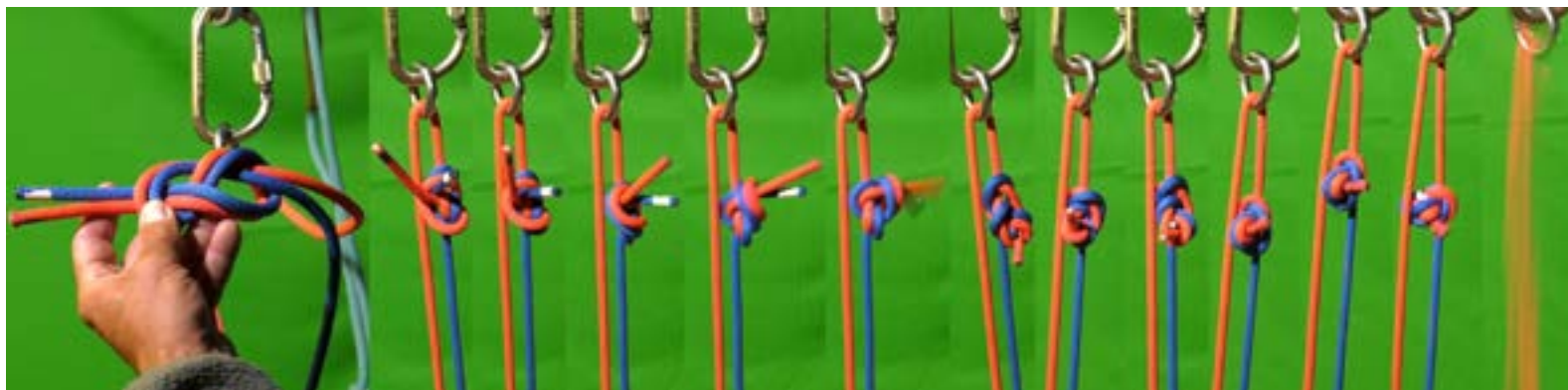


Figure 9: prise en charge de rappel progressive sur deux brins de corde Gully reliés par un nœud de huit mal serré, puis descente rapide avec un arrêt brutal ayant entraîné l'ouverture du nœud.

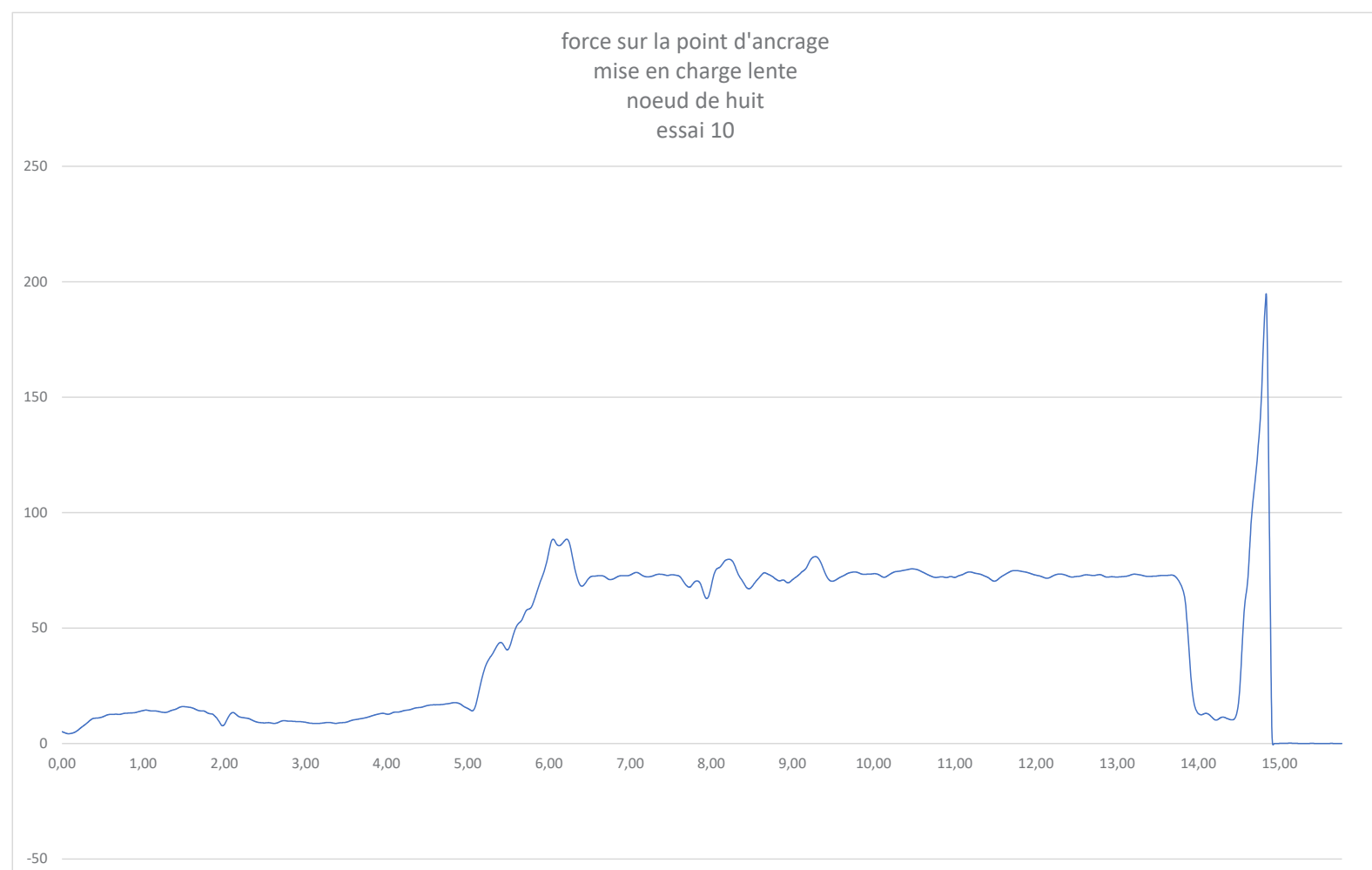


Figure 10: force sur le point d'ancrage lors d'une prise en charge de rappel brutale sur deux brins de corde Gully reliés par un nœud de huit serré, puis descente rapide (à 14s) avec un arrêt brutal ayant entraîné l'ouverture du nœud.
nœuds pour les rappels 9



Figure 11: prise en charge de rappel brutale sur deux brins de corde aquaram reliés par un nœud de huit non serré.

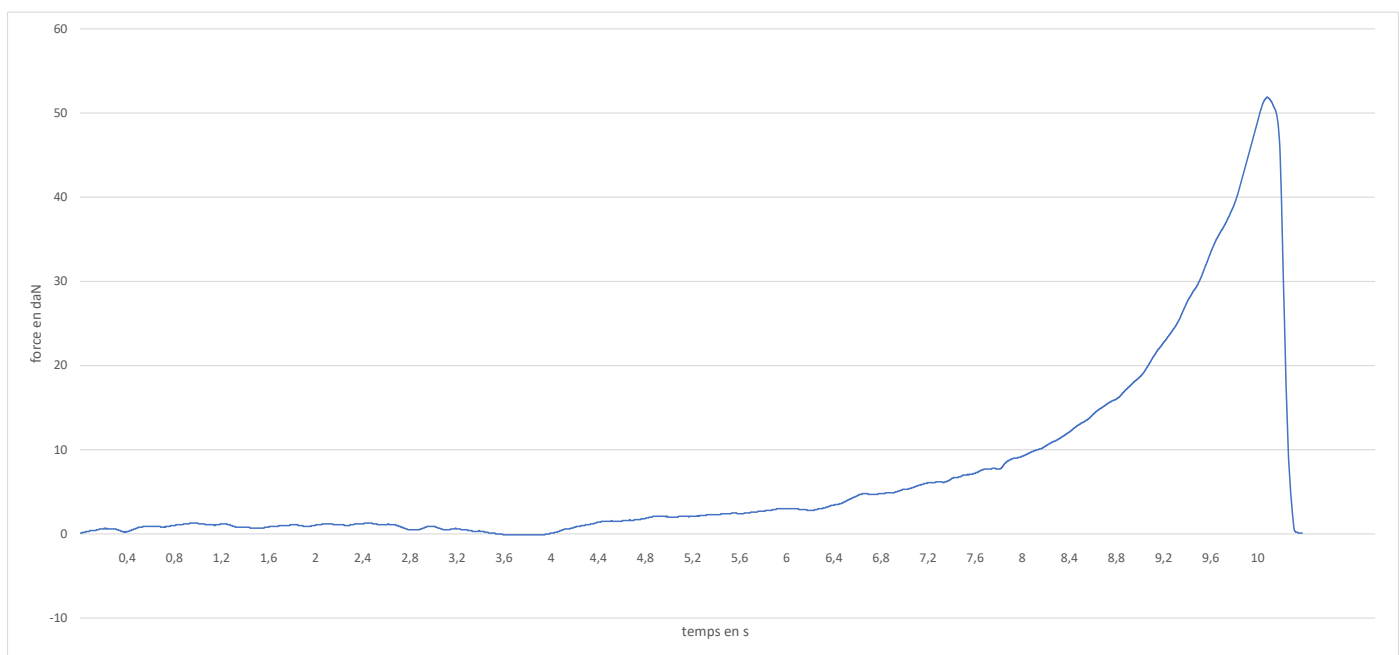


Figure 12: force sur le point d'ancrage avec une prise en charge de rappel brutale sur deux brins de corde aquaram reliés par un nœud de huit non serré.

Les photos 11 et la courbe 12 montrent comment un nœud de jonction en huit de plein poing, desserré, avec 10 cm de brin sortant, va se retourner puis finalement venir à lâcher. La grimpeuse (50 kg) se met en tension le plus délicatement possible : de 4 à 9.6 s la force monte progressivement de 0 jusqu'à 52 daN. Le nœud se retourne et consomme la totalité du brin sortant.

L'aquaram est une corde très rigide les nœuds sont difficiles à serrer et ont tendance à se desserrer. Les cordes neuves ont une tendance

plus marquée à se desserrer, l'état de surface de la corde empêchant un frottement fort de la corde sur elle-même.

Une corde neuve et rigide est particulièrement défavorable à la tenue des nœuds.



Figure 13: une prise en charge de rappel progressive sur deux brins de corde opéra reliés par un nœud de huit non serré, puis deux descentes rapides avec arrêt brutal

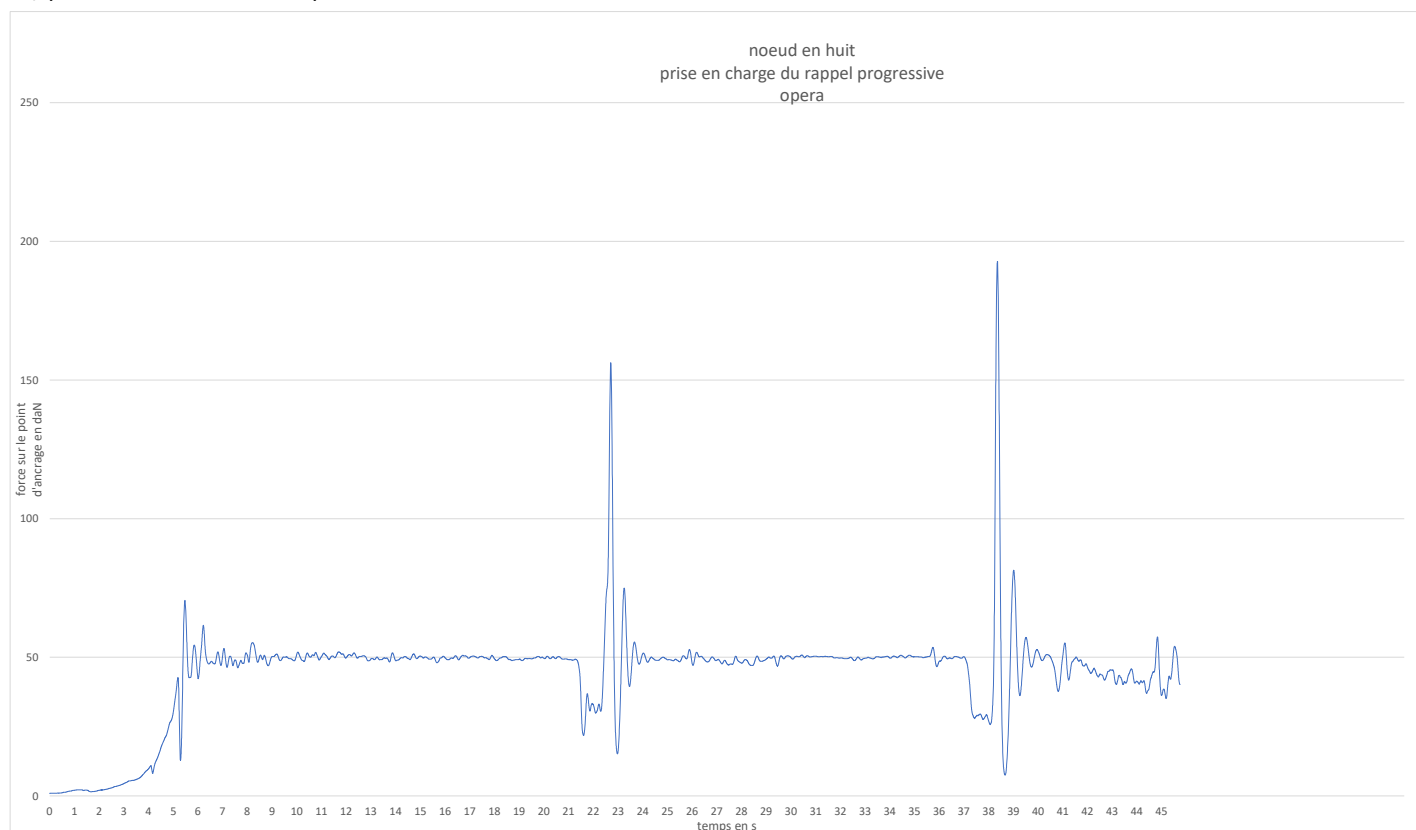


Figure 14: prise en charge de rappel progressive sur deux brins de corde opéra reliés par un nœud de huit non serré, puis deux descentes rapides avec arrêt brutal

Les photos et la courbe ci-dessus montrent comment un nœud en huit mal serré (corde Opéra), avec 10 cm de brin sortant, va se retourner puis finalement venir se bloquer. La grimpeuse (50 kg) se met en tension le plus délicatement possible : de 2 à 5 s la force monte progressivement de 0 à 70 daN. Le nœud se retourne et consomme environ 7 cm du brin sortant. A 22s la grimpeuse se laisse descendre rapi-

dement, puis freine brutalement, la force sur le point d'ancrage monte à 160 daN. A 36s la grimpeuse se laisse descendre rapidement, puis freine brutalement, la force sur le point d'ancrage monte à 190 daN.

Le nœud de huit a roulé une fois puis s'est serré, il reste bloqué dans la position de la dernière photo pour les deux derniers chocs. Les brins sortants ont une longueur résiduelle de 2 cm...

Analyse des nœuds mal serrés

Nous avons mené 20 tests sur les cordes à notre disposition avec les conditions initiales suivantes : la mise en charge est progressive, le nœud de jonction est desserré, placé en butée contre l'anneau de rappel. La longueur des brins sortants avant mise en charge est de 10 cm. Le récapitulatif des résultats est résumé dans le tableau ci-dessous :

Tableau comparatif : propriétés du nœud de jonction avant et après mise en charge

Corde	Gully 7.3	Pro canyon 10.3	Aquaram 9.6		Opéra 8.6	
Poids sujet	75	75	50		50	
Nœud (desserré)	8		8	Simple	8	Simple
Moyenne reste brin dormant	2,7	2	0	0,3	0,5	1,3
Moyenne glissement	7,3	8	10	9,8	9,5	8,7

Figure 15: glissement du nœud de jonction en fonction de la corde et du type de nœud

Comme nous l'avons montré précédemment, les nœuds de jonction, lorsqu'ils sont desserrés, tendent à se retourner avant de se serrer. Ce retournement diminue la longueur des brins sortants.

Influence des caractéristiques de la corde sur le retournement d'un nœud desserré

En fonction des caractéristiques de la corde utilisée pour faire le nœud de jonction, le retournement de celui-ci nécessite plus ou moins de corde : il semble que plus le diamètre est élevé, plus le brin sortant diminue. Cela semble également accentué par la raideur de la corde: la Procanyon, très souple, se retourne sur une longueur plus courte que l'Aquaram, très rigide. La plus grande longueur de retournement, 10 cm, est obtenue avec une corde rigide, glissante, de gros diamètre.

Cette tendance demanderait à être confirmée par une campagne de tests appropriée, en répétant le nombre d'essais afin d'en garantir la reproductibilité.

Notons cependant que les accidents survenus aux USA impliquent dans au moins deux des cas recensés sur les trois des cordes neuves et/ou de gros diamètre. Ces caractéristiques aggravent les conséquences accidentelles d'un nœud de jonction mal serré.

Influence de la mise en charge du rappel

Nous avons expérimenté deux types de mise en charge :

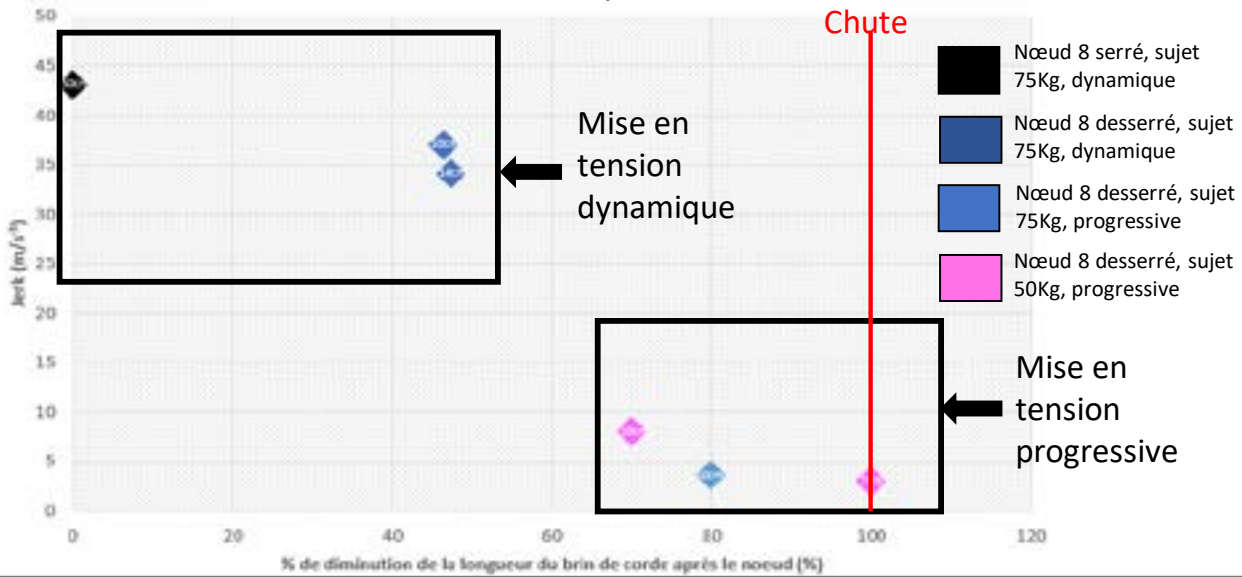
1. Une mise en charge dynamique, lors de laquelle le testeur chute de vingt à quarante centimètres sur son autobloquant ;
2. Une mise en charge progressive, lors de laquelle le testeur se positionne le plus délicatement possible sur son autobloquant ou son descendeur.

Lors de ces tests aucun nœud ne s'est défait avec une mise en charge dynamique. Le nœud n'a pas le temps de se retourner et se serre simplement. Pour qu'il se retourne, la mise en

tension doit s'effectuer de manière progressive, comme on peut le voir sur le diagramme 15.

Résultats : mise en tension dynamique vs progressive

Condition : corde Beal Gully 7.6, nœud de 8



A retenir : Mise en tension **progressive** + **Jerk faible** = Favorise **glissement du nœud**

Figure 16: jerk en fonction de la diminution de longueur du brin sortant

Le jerk est la dérivée temporelle de l'accélération : il rend donc compte de la vigueur de la secousse ressentie par le testeur. Plus le jerk est grand, plus la secousse est ressentie de manière intense. Sur le diagramme ci-dessus, on distingue bien deux familles différentes, l'une dont le jerk est haut (aux alentours de $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-3}$), l'autre de jerk faible (inférieur à $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-3}$). Les jerks élevés sont obtenus par une mise en tension dynamique, le testeur chute sur l'autobloquant et provoque une secousse dont la violence est fonction de la hauteur de chute et du type de corde : une corde dynamique, donc élastique va plus absorber la secousse qu'une corde semi-statique.

A contrario, les jerks de valeurs modestes sont obtenus par une mise en charge progressive du rappel.

L'abscisse rend compte de la diminution de longueur du brin sortant, exprimée en % de la longueur initiale, ce qui donne sur notre diagramme :

- 0% (losange noir), le brin sortant n'a pas diminué de longueur, le nœud était pré-serré ;
- Aux alentours de 50%, le brin sortant a diminué de moitié, il ne reste donc par exemple que 5 cm sur les 10 cm initiaux, cette diminution étant due au resserrement sans retournement du nœud, le poids du testeur tirant la corde vers le bas.

- Aux alentours de 80%, il ne reste que 2 cm de brin sortant sur les 10 initiaux, la quasi-totalité du brin sortant a été consommée par le retournement du nœud et son serrage.
- La chute intervient lorsque la totalité du brin sortant est passée à travers le nœud (cf. ligne rouge). Il est évident par ailleurs que plus la longueur du brin sortant est faible initialement, plus la probabilité d'accident augmente dès lors que le nœud de jonction est peu ou mal serré, quel que soit le type de nœud utilisé. Il est absolument indispensable de bien serrer un nœud, quel que soit son usage.

Quand a-t-on un retournement du nœud ?

D'après nos expériences, le nœud peut se retourner :

1. Soit sur un nœud pré-serré par une mise en tension progressive, à des valeurs de plus de 800 daN ;
2. Soit sur un nœud desserré par une mise en tension progressive, à des valeurs inférieures à 120 daN environ. La faible charge appliquée sur le nœud permet à celui-ci de se retourner avant de se serrer, et, à cause de sa forme même, de consommer plus de longueur de corde du brin sortant qu'en se serrant sans se retourner.

Il semble très peu probable de se retrouver dans la première configuration : il faudrait charger le rappel avec une masse d'environ 800 kg, ce qui ne peut se concevoir que par une surcharge brutale du rappel, de type avalanche ou masse rocheuse ou glaciaire, auquel cas la résistance du nœud de jonction ne serait plus qu'un problème parmi d'autres ...

Le deuxième cas, par contre, est plus probable, car la plupart des alpinistes entament leurs descentes en rappel de manière précautionneuse: ils savent bien que cette manœuvre présente un certain nombre de risques. Or, c'est en chargeant progressivement un nœud de jonction desserré que celui-ci roule, pouvant ainsi conduire à l'accident.

Analyse des nœuds serrés

Comme on a pu le voir p.7 et p.8, un nœud pré-serré à la main va se serrer plus encore sous tension, d'autant mieux si la mise en charge est brutale. Au vu des résistances en traction lente des nœuds ici utilisés (de 900 à 2400 daN en fonction du type de nœud et de corde), leur marge de sécurité reste conséquente : en utilisation classique (une personne à la fois qui descend en rappel, charge inférieure à 300 kg), les nœuds de plein poing serrés ne présentent pas de risque.

Conclusions :

Trente deux tests ont été conduits sur des nœuds de jonction desserrés au préalable. Cinq se sont soldés par la chute du testeur. Nous avons "réussi" à simuler un accident quel que soit le testeur, sur des cordes aussi diverses que la Gully, l'Opéra ou l'Aquaram.

Pour cela, nous avons dû respecter les conditions initiales suivantes :

- un nœud de jonction de rappel desserré ;
- des brins sortants de longueur inférieure ou égale à 10 cm ;
- une mise en charge du rappel la plus progressive possible : cette condition est très importante, car elle seule permet un retournement du nœud de jonction.

Un nœud mal fait (desserré, peu ou mal serré) avec des brins sortants courts, présente de réels risques de s'ouvrir intempestivement !

Lors de la confection de nœuds de quelque type que ce soit, on prêtera particulièrement attention aux recommandations édictées ci-dessous :

Tous les nœuds doivent être énergiquement serrés, chaque brin contre les autres.

Le brin sortant doit mesurer au moins 30 cm.

Dans ces conditions le nœud simple de plein poing et le nœud en huit de plein poing sont parfaitement adaptés pour descendre en rappel de manière classique.

Bibliographie

Batoux P. Utilisation de la corde en alpinisme. Publication de l'ENSA. 2021.

Batoux P. Nœuds de jonction pour les cordelettes. Publication de l'ENSA. 2018.

Brass P. Bien choisir son nœud pour rabouter 2 cordes. Montagnes Magazine. Novembre 2017.

<http://www.montagnes-magazine.com/pedago-bien-choisir-noeud-rabouter-2-cordes>

Siacci R. Esq., In-defense-of-the-european-death-knot, Climbing Magazine. Octobre 2016

<https://www.climbing.com/skills/in-defense-of-the-european-death-knot/>

Euro-death-knot flat figure 8 mysteriously fails. Rock and Ice issue 233 (April 2016).

<https://rockandice.com/climbing-accidents/euro-death-knot-flat-figure-8-mysteriously-fails/>

<http://publications.americanalpineclub.org/articles/13199507102/Fall-on-Rock-Failure-of-RappelK-not-Came-Undone-No-Hard-Hat-West-Virginia-Seneca-Rocks.> 1994.

<http://publications.americanalpineclub.org/articles/13199808000/Fall-on-Rock-Rappel-Ropes-Knot-Unraveled-Wyoming-Grand-Teton-Guides-Wall.> 1998.

<https://groups.google.com/g/rec.climbing/c/Why6u6LCRHk/m/AxKDXIIcNGMJ.> 2002.

