



ÉTUDE LONGES RÉGLABLES MODIFIÉES

RÉSISTANCE DYNAMIQUE ET PERSPECTIVES JURIDIQUES

MALLON Alexis, BATOUX Philippe, GOETZ Dorine, ANTHERIEU Thomas.

Juin 2025



Étude sur les longes réglables modifiées

SOMMAIRE

I/ INTRODUCTION.....	2
II/ MATÉRIEL & MÉTHODE.....	4
Matériel.....	4
Méthodes.....	5
III/ RÉSULTATS.....	7
III/ DISCUSSIONS.....	9
Technique.....	9
Corde ultra-statique.....	9
Corde dynamique.....	10
Juridique et déontologique.....	11
IV/ CONCLUSION.....	12
V/ RÉFÉRENCES.....	12
VI/ GLOSSAIRE.....	13

I/ INTRODUCTION

L'escalade est une discipline sportive qui consiste à progresser le long de parois rocheuses naturelles ou de structures artificielles, en s'aidant des mains et des pieds. Pour garantir la sécurité des grimpeurs, l'utilisation d'un équipement adapté est essentielle. Outre la corde, les mousquetons et le système d'assurage, les pratiquants utilisent également une longe. La longe offre entre autres la possibilité de se sécuriser en se fixant à un point d'ancrage ou à un relais situé en haut des voies (voir Figure 1).

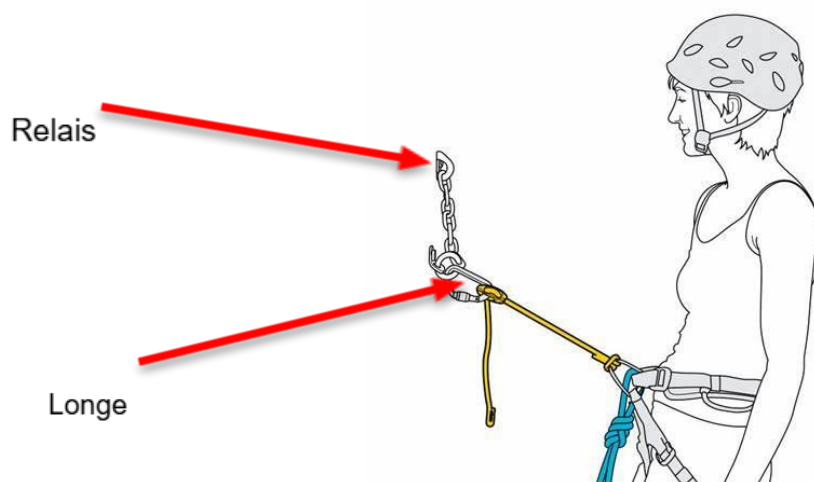


Figure 1: Grimpeuse longée à un relais [1].

Il existe différents types de longes d'escalade.

- Les longes non réglables qui permettent de solidariser le grimpeur à une distance fixe de la paroi.
- Les longes réglables qui se distinguent des premières par leur capacité à ajuster la distance entre le relais et le grimpeur à l'aide d'un système de bloqueur (cf. Figure 2). La corde y est insérée de manière à être immobilisée par un pincement avec le mousqueton.

Ces deux types de longes peuvent être :

- "Faites-maison" à partir d'un morceau de corde dynamique (cf. Glossaire) et relié au baudrier et au mousqueton via des nœuds.
- Manufacturées, et comportant une corde dynamique cousue aux extrémités (cf. Figure 2).

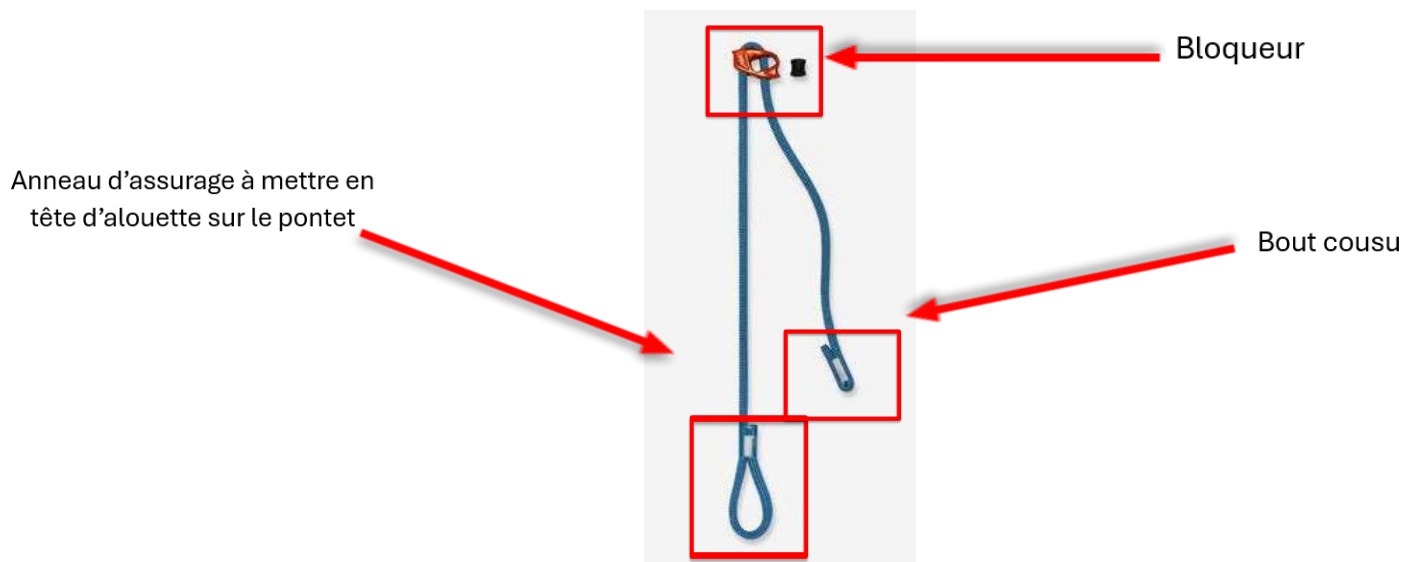


Figure 2 : Exemple de longe réglable manufacturée (Connect Adjust[®] de chez Petzl[®]).

Un grimpeur peut chuter même lorsqu'il est longé, notamment si la longe n'est plus en tension et qu'il ne repose plus dans son baudrier.

Le facteur de chute correspond au rapport entre la hauteur de la chute et la longueur de la corde déployée ($F = H/L$). En escalade, ce facteur varie généralement entre 0 et 2, le facteur 2 représentant le cas le plus critique. Lorsqu'un grimpeur chute au niveau du relais, il est exposé à une chute de facteur 1 (cf. Figure 3). En revanche, s'il chute alors qu'il se trouve au-dessus du relais, avec la longe attachée en dessous de lui, il peut s'exposer jusqu'à un facteur 2 (cf. Figure 3).

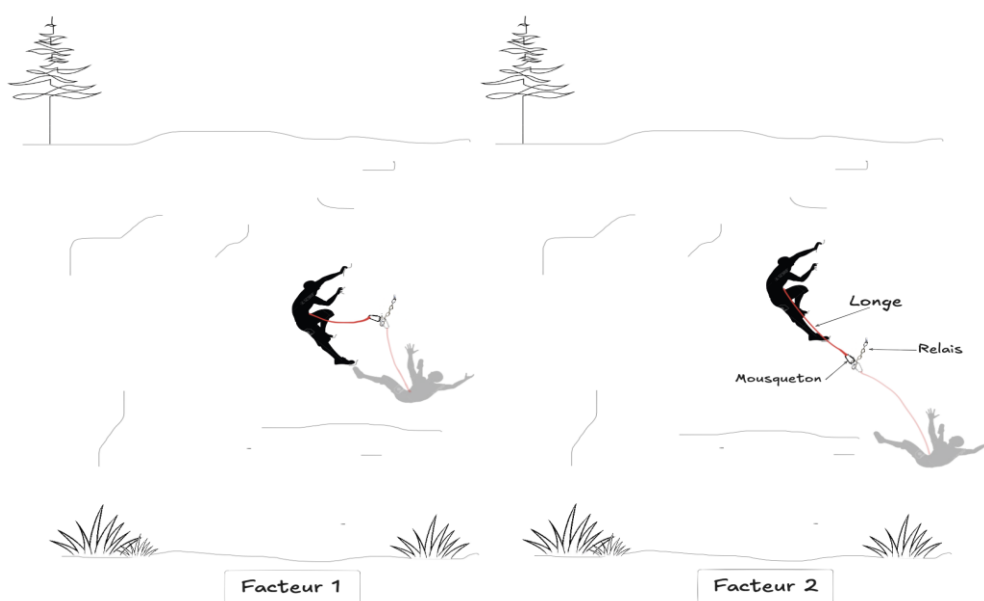


Figure 3 : Illustration d'une chute en facteur 1 et 2 sur une longe.

Plus le facteur de chute est élevé, plus le risque pour l'intégrité physique augmente. Cela s'explique par l'accroissement de la force de choc, c'est-à-dire la force transmise au corps lors de l'arrêt de la chute. Certaines études ont démontré qu'une force de seulement 4 kN peut engendrer des contraintes de flexion sur la colonne vertébrale dépassant largement les capacités de résistance du corps humain [2].

Problématique :

Afin de gagner du poids, certains pratiquants experts remplacent la corde initiale de la longe manufacturée par une autre corde plus fine. Cette corde plus fine peut être dynamique mais aussi ultra-statique.

Les extrémités initialement cousues sont remplacées par deux *nœuds de huit**.

Les cordes ultra-statiques ont un usage spécifique : elles sont en général utilisées pour les descentes en rappel ou pour hisser un sac. Elles ne possèdent aucune capacité d'allongement, donc d'absorption de l'énergie : cela implique que la totalité de l'énergie mise en jeu lors de la chute se répercute sur le grimpeur, rendant ainsi cette dernière potentiellement bien plus traumatisante.

Par ailleurs, la modification d'un produit manufacturé et certifié « Conforme aux Exigences » (appelé ainsi marquage CE) entraîne nécessairement des conséquences sur le plan juridique, comme nous le verrons plus avant dans le présent document, ainsi que des questionnements sur le plan déontologique (cf. partie III. 2)).

Au-delà de ces considérations, il apparaît nécessaire de mesurer en premier lieu les capacités d'absorption lors de chutes répétées sur des longes réglables manufacturées et modifiées par l'utilisateur, cette chute pouvant être plus ou moins sévère (i.e. Le facteur de chute variant, rappelons-le, de 0 à 2).

II/ MATÉRIEL & MÉTHODE

a) Matériel

Corde	Type de corde	Diamètre (mm)	Facteurs de chutes testés
100% Dyneema (Beal®)	Ultra-statique	5	0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 1 et 2
Back up (Beal®)	Ultra-statique	5	0,2 ; 0,3 ; 0,5 ; 1 et 2
Gully (Beal®)	Dynamique	7,3	0,2 ; 0,3 ; 0,5 ; 1 et 2
Opéra (Beal®)	Dynamique	8,5	0,2 ; 0,3 ; 0,5 ; 1 et 2

Tableau 1 : Conditions des chutes testées.

* Tous les termes techniques en italique sont définis dans la partie "Glossaire" pour une meilleure compréhension.

Pour toutes les conditions, un mousqueton HMS Beal® Be like® vis et un bloqueur Adjust® de chez Petzl® ont été utilisés.

Les mesures ont été obtenues au moyen :

- D'un capteur de force (Enforcer, Rock Exotica, 500 Hz et Smart Load Cell 2T 1373 200 Hz), placé au niveau de l'ancrage pour mesurer les forces exercées sur le grimpeur.
- Des photos sont prises en cas de changement d'état du matériel (brûlures, usures, déformations, ...).

b) Méthodes

Un essai en laboratoire a été mis en place sur la tour de chute de l'ENSA afin de reproduire des conditions de chute observées sur le terrain. La masse guidée pèse 80 kg.

Différentes conditions ont été testées en faisant varier à chaque fois le type de corde et le facteur de chute (cf. Tableau 1). Pour chaque facteur, des chutes successives ont été effectuées sur la même section de corde jusqu'à sa rupture. Si la corde résistait à sept chutes consécutives, les essais étaient interrompus. Entre chaque chute, 5 minutes sont laissées à la corde afin qu'elle puisse récupérer une partie de ses propriétés d'allongement.

Les différentes cordes ont été testées avec des facteurs de choc allant de 0.1 à 2. S'il est effectivement intéressant de connaître les efforts générés sur des chutes extrêmes, il est aussi primordial de savoir ce qui se passe sur des chutes de faibles hauteurs, car cela correspond à des situations qui peuvent se produire en montagne, par exemple lorsque un grimpeur descend en rappel sur un relais et s'y longe.

Pour chaque condition, la configuration illustrée dans la figure 4 a été mise en place. La longueur de corde déployée et la hauteur de largage de la masse ont été modifiées au gré du facteur de chute attendu (cf. définition du facteur de chute p.3).

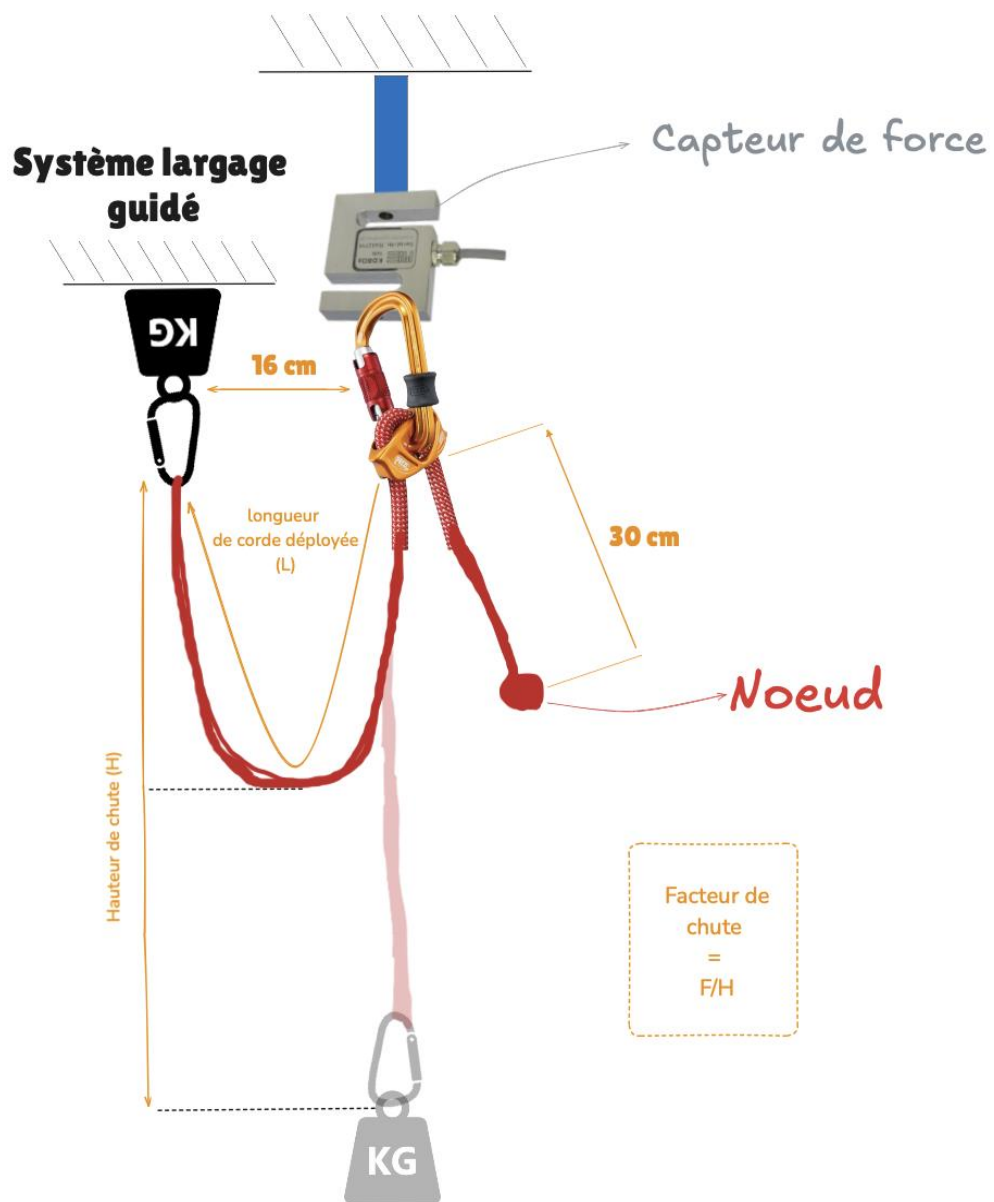


Figure 4 : Schéma du système de largage adaptable.

III/ RÉSULTATS

Corde	Type de corde	Diamètre (mm)	Facteurs de chutes testés	Nombre de chutes atteintes	Force de choc 1ère chute (kN)	Force de choc maximale (kN)	Comportement global
100% Dyneema (Beal®)	Ultra-statique	5	0,1	7	1,4	9,68	Glissement jusqu'en butée et fusion des noeuds, rupture () à la 7ème chute
100% Dyneema (Beal®)	Ultra-statique	5	0,2	4	3,5	5,2	Glissement jusqu'en butée et fusion des noeuds, noeud bloqué dans le système à la 4ème chute et ne peut plus être sorti
100% Dyneema (Beal®)	Ultra-statique	5	0,3	3	4,4	8	Glissement et fusion des noeuds, rupture du nœud côté masse à la 3ème chute
100% Dyneema (Beal®)	Ultra-statique	5	0,5	2	4,25	7,46	Glissement et fusion des noeuds, rupture au nœud côté masse à la 2ème chute
100% Dyneema (Beal®)	Ultra-statique	5	1	1	5,62	*	Glissement puis rupture au nœud côté masse à la première chute
100% Dyneema (Beal®)	Ultra-statique	5	2	1	6	*	Glissement puis rupture au nœud côté masse à la première chute
Back up (Beal®)	Ultra-statique	5	0,2	5	3,6	6,35	Glissement jusqu'en butée, rupture à la 5ème chute
Back up (Beal®)	Ultra-statique	5	0,3	1	5,9	*	Glissement puis rupture au nœud côté masse à la première chute
Back up (Beal®)	Ultra-statique	5	1	1	5,98	*	Glissement puis rupture au nœud côté masse à la première chute

Back up (Beal®)	Ultra- statique	5	2	1	6	*	Glissement puis rupture au nœud côté masse à la première chute
Gully (Beal®)	Dynamique	7,3	0,2	7	3,4	3,86	Léger glissement puis <i>glissement en statique</i> , ou glissement et pas de glissement en statique
Gully (Beal®)	Dynamique	7,3	0,3	7	3,66	4,8	Léger glissement puis <i>glissement en statique</i> , nœud en butée dans le frein sur la dernière chute
Gully (Beal®)	Dynamique	7,3	0,5	7	3,7	4,08	Glissement de 15cm sur la 1ère chute puis glissement jusqu'en butée pour toutes les chutes
Gully (Beal®)	Dynamique	7,3	1	5	4,08	5,88	Glissement léger, rupture de la gaine à la 5ème chute
Gully (Beal®)	Dynamique	7,3	2	2	4,66	6,27	Glissement jusqu'en butée, rupture de la gaine à la 2ème chute
Opéra (Beal®)	Dynamique	8,5	0,2	7	3,2	4,78	Pas de glissement
Opéra (Beal®)	Dynamique	8,5	0,3	7	2,52	4,16	Quelques centimètres de glissement
Opéra (Beal®)	Dynamique	8,5	0,5	7	3,64	5,28	Quelques centimètres de glissement
Opéra (Beal®)	Dynamique	8,5	1	4	5,74	7,09	Rupture de la gaine à la 5ème chute
Opéra (Beal®)	Dynamique	8,5	2	6	6,11	6,11	Noeud en butée, rupture de la gaine à la 6ème chute

* La valeur de force maximale correspond à la valeur de la première chute

Tableau 2 : Ensemble des résultats pour chaque condition.

Des tests ont également été effectués sur une longe modifiée à partir de la corde Ice Line Beal® de 8,1 mm. Ces essais ont porté uniquement sur une chute unique avec des facteurs de chute 1 et 2. Étant donné que les chutes n'ont pas été répétées jusqu'à la rupture de la corde ni jusqu'à une septième itération, les résultats ne sont volontairement pas présentés dans cette étude.

III/ DISCUSSIONS

1) Technique

a) Corde ultra-statique

La longe modifiée avec de la corde ultra statique Beal® 100% dyneema rompt respectivement à la septième et troisième chute pour des facteurs de chute de 0,1 et 0,3.

Aucune rupture n'a été enregistrée pour le facteur 0,2. Cependant, le nœud s'est coincé dans le système de blocage à la quatrième chute, rendant impossible la poursuite de l'expérimentation.

En facteur 1 et 2, la rupture de la corde survient dès la **première** chute.

Pour toutes les chutes, la corde glisse à l'intérieur du système Adjust® jusqu'à ce que le nœud vienne en butée. Ce glissement provoque un échauffement de la corde, **altérant ses propriétés physico-chimiques**, entraînant une fusion partielle de l'âme et de la *gaine*, ainsi qu'une rigidification de la structure de la corde (cf. Image 1).



Image 1: Comparaison entre un brin de corde Beal 100 % Dyneema intact n'ayant jamais subi de chute (à gauche), et le même brin ayant fusionné et durci après une chute (à droite).

La longe modifiée à l'aide de la corde ultra statique Beal® Back up présente une rupture de la corde dès la **première** chute, lorsqu'elle a été soumise à des **facteurs de chute supérieurs ou égaux à 0.3**. Avec un facteur de 0,2, cette dernière rompt à la cinquième chute. Lors des chutes précédant la rupture, la corde coulisce dans le système jusqu'à atteindre la butée. Une augmentation progressive de la force de choc au fil des essais est observée (cf. Figure 5).

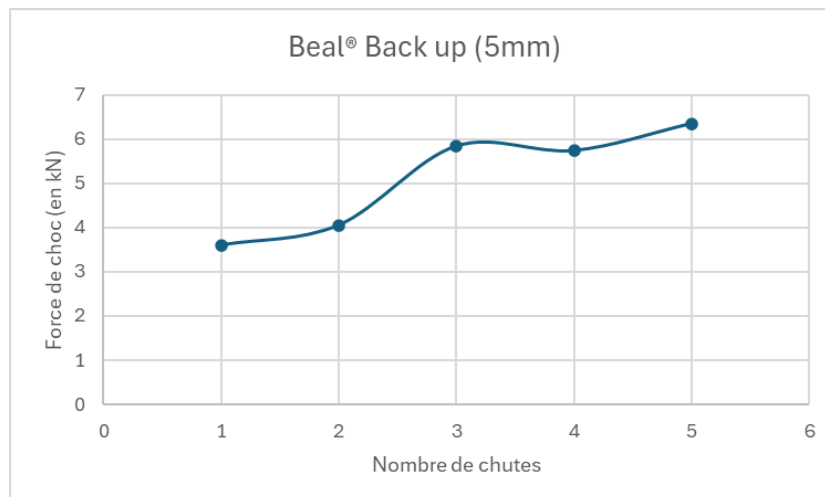


Figure 5 : Graphique représentant la force de choc en fonction du nombre de chutes pour un facteur 0,2.

b) Corde dynamique

Avec de faibles facteurs de chute (compris entre 0,2 et 0,5), la corde Gully Beal® ne rompt pas, la force de choc reste inférieure à 4,5 kN lors des 7 chutes consécutives.

Pour un facteur de chute de 1, la corde a résisté à quatre chutes avant que la *gaine* ne se rompe à la cinquième chute.

En facteur 2, ce phénomène se produit dès la deuxième chute. Pour ces deux facteurs, les forces enregistrées lors de la première chute sont respectivement de 4,08 kN et 4,66 kN. Au cours de ces chutes, un glissement de la corde dans le système jusqu'à la butée a été observé. Ce glissement joue un rôle de frein, et est majoré par le serrage des nœuds lors du premier impact. Ces deux phénomènes entraînent ainsi la dissipation d'une partie de l'énergie de la chute, et expliquent vraisemblablement pour partie les forces d'impact plus faibles par rapport aux configurations sans glissement présentées ci-dessous.

La corde Opéra Beal® présente une rupture de la *gaine* à la sixième chute en facteur 2. Pour une chute de facteur 1, la rupture intervient lors de la cinquième chute avec à nouveau un déchirement de la *gaine*. La force de choc maximale obtenue avec cette corde est de 7,2 kN, dès la seconde chute. Par ailleurs, cette corde à simple, de diamètre supérieur à celles évoquées dans le paragraphe précédent, présente une force de choc constructeur plus élevée. Cela contribue également à des valeurs d'impact plus importantes que celles observées avec les cordes décrites ci-dessus.

Parmi les configurations testées, la longe modifiée avec la corde Gully Beal® semble présenter les valeurs de force-choc les plus faibles vis-à-vis des autres

configurations testées. Elle résiste à une chute en facteur 2, tout en maintenant des valeurs de force d'impact compatibles avec la sécurité de l'utilisateur. Toutefois, il est important de souligner que cette corde présente un *glissement en statique* dans le système Petzl Adjust® après une première chute. Il n'est alors plus possible d'être maintenu à la distance souhaitée avec le relais, rendant le principe de fonctionnement inopérant.

2) Juridique et déontologique

Les résultats obtenus en termes de force de choc sur les brins de Gully® et Opéra® semblent acceptables.

Pour autant, les longues manufacturées sont des équipements de protection individuelle (EPI). En application du Règlement (UE) 2016/425 du Parlement européen et du Conseil du 9 mars 2016, ces équipements doivent être utilisés strictement selon leur conception d'origine. Toute modification non autorisée peut compromettre leur conformité au marquage CE ; le matériel n'est alors plus garanti par le fabricant. En cas de modification, l'utilisateur engage donc sa propre responsabilité et assume donc intégralement les risques supplémentaires liés à la modification de l'EPI.

La norme 17520 impose un minimum de trois chutes en facteur 2, espacés de cinq minutes. Le pic de force doit être inférieur, lors du premier essai, à 10 kN. Est-il intéressant pour l'utilisateur de remplacer la corde à simple initialement fournie par le fabricant dans le dispositif de longe réglable par une corde de même catégorie, au seul motif qu'elle est un peu plus fine et légère ? Remplacer par ailleurs ce même brin de corde à simple par un brin de corde à double (type Gully) ne permet plus d'atteindre les préconisations requises par la norme : la longe modifiée ainsi ne tient alors qu'une seule chute en facteur 2. On notera en revanche que le pic de force, 4,66 kN, est très tolérable pour le corps humain.

Cette modification entraîne également d'autres réflexions, d'ordre moral ou déontologique : il est communément admis aujourd'hui qu'un sachant puisse adapter sa pratique, et donc plus spécifiquement le matériel qu'il va être amené à utiliser, à l'aune de ses compétences et savoirs, car il mesure d'une part les risques qu'il encourt, la nature de ceux-ci pouvant provenir d'origines multiples, et d'autre part les bénéfices qu'il pourra retirer de cette prise de risque mesurée ; il sera alors à même d'en assumer délibérément certains, voire de s'exposer de manière plus importante à un danger particulier. Cela engage sa seule pratique personnelle.

Pour autant, a-t-il la possibilité -voire le droit- de montrer ou d'enseigner ladite adaptation à un tiers ? Y a-t-il un degré d'expertise, préalable à cet enseignement, que doit avoir ce tiers ? Et enfin, si le sachant appartient à une communauté, ou enseigne au sein de celle-ci, a-t-il la possibilité de partager cette technique au sein de la structure dont il fait partie dans le but assumé que cette communauté utilise et partage à son tour ce savoir particulier ?

IV/ CONCLUSION

Cette étude s'intéresse à la résistance à la rupture ainsi qu'à la capacité d'absorption de l'énergie lors d'une chute unique sur des longes réglables manufacturées modifiées.

Les résultats mettent en évidence qu'intégrer une corde ultra-statique dans le système de blocage Petzl Adjust® représente un risque de traumatisme important, voire un risque mortel pour l'utilisateur en cas de chute, en fonction de la sévérité. Au vu de ces résultats, il est impératif que les pratiquants utilisant ce type de longe restent en **permanence** en tension dès qu'ils sont longés.

À l'inverse, l'utilisation d'une corde dynamique dans ce type de longes élimine le risque vital, bien qu'elle n'exclue pas la possibilité de blessures corporelles en cas de chute de facteur élevé. Au vu des résultats obtenus et des considérations techniques et d'usage qui s'ensuivent, il est recommandé, si l'utilisateur prend la décision de remplacer la corde dans le système de longe réglable, de limiter ce remplacement aux brins de corde à simple ; les demi-cordes de rappel ne permettent pas en effet de conserver un usage réglable après une chute sévère.

Le remplacement d'une telle longe peut advenir dès que l'utilisateur évalue que le dispositif a vieilli : une chute sévère, un aspect usé de la corde doivent inciter l'utilisateur à renouveler sa longe. Attention également à l'état de surface du bloqueur métallique, même de petites aspérités ou entailles peuvent en cas de chute grandement endommager la corde.

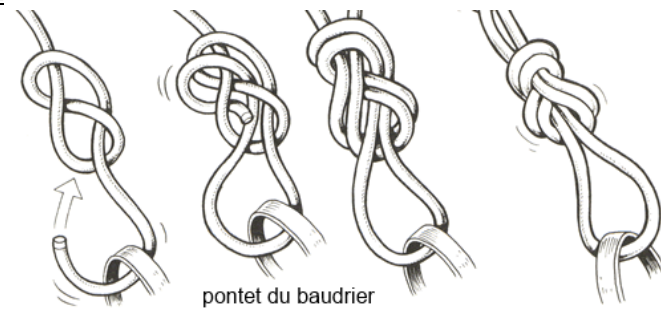
Modifier une longe implique, comme on vient de le voir, un ensemble de conséquences techniques, juridiques et morales. L'utilisateur doit en être conscient préalablement : outre sa mise en danger avérée dans certaines situations, il doit prendre conscience de la responsabilité qu'il prend à transmettre de telles techniques.

V/ RÉFÉRENCES

- [1] Petzl®, "Image longe simple réglable pour l'escalade et l'alpinisme."
- [2] H. Mägdefrau, "[Stress on the human body when falling into a rope harness and its sequelae].," *Anthropol Anz*, vol. 49, no. 1–2, pp. 85–95, Mar. 1991

VI/ GLOSSAIRE

- **Encordement** : Correspond à l'action de relier la corde à son baudrier à l'aide d'un nœud spécifique (en général un nœud de huit) afin d'assurer sa sécurité.
- **Gaine** : Partie extérieure de la corde. Elle est tressée autour de la partie interne et sert de protection.
- **Glissement en statique** : La corde coulisce lentement dans le système lorsque la longe est simplement en tension, sans qu'aucun choc ne survienne.
- **Noeud de huit** :



- **Pontet** : Boucle de sangle cousue située sur l'avant du baudrier et qui sert de point d'assurage. C'est le point d'attache principal pour s'encorder ou fixer le dispositif d'assurage.
- **Tête d'alouette** :

