

Les forces sur les ancrages lors de l'ascension en SRT

Olivier Galai (Petzl) & Laurent Pierron (FTC)

Février 2019

SOMMAIRE

- **Introduction**
- **Ce qu'il faut retenir**
- **En savoir plus :**
 1. Effet poulie
 - a. Théorique
 - b. Pratique
 2. Blocage de la corde au pied d'arbre, Impact et différences d'efforts sur les ancrages en fonction de l'allongement des cordes.
 3. Ancrage de la corde en haut de l'arbre, efforts sur l'ancrage (nœud de fixation en haut)
 4. Synthèse et perspectives

Introduction

Le développement des techniques d'accès sur brin simple avec blocage de la corde en pied d'arbre modifie la répartition des charges sur les ancrages. Ces nouvelles configurations de travail nécessitent une réflexion sur l'application de l'effet poulie durant les phases d'accès.

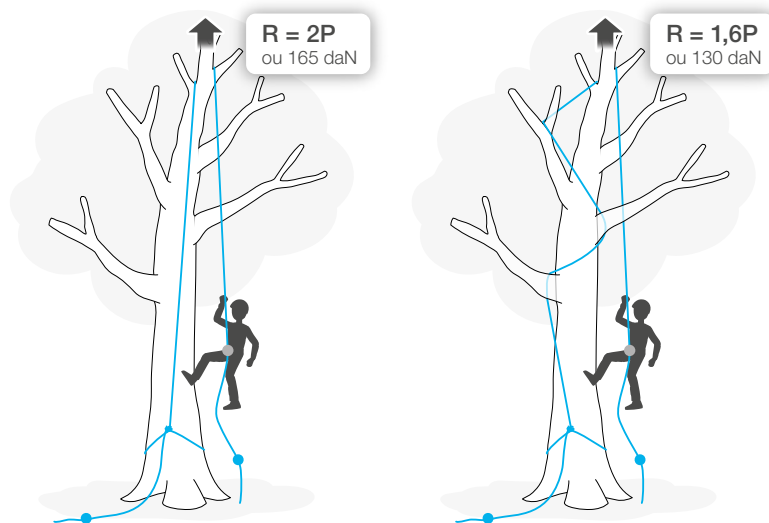
Les tests réalisés ont pour objectif de mesurer et comprendre la répartition des forces dans le système d'accès en fonction des différents paramètres (corde, ancrage, installation).

L'ensemble des tests a été réalisé en laboratoire en essayant d'être au plus proche de la réalité. Un grimpeur équipé de capteur d'effort évoluait sur corde. Nous mesurons les efforts en différents points.

Ce qu'il faut retenir

• Quel est l'impact réel de l'effet poulie sur les ancrages en fonction des frottements et/ou des différents types d'ancrages ?

- L'utilisation d'une poulie maximise l'effort sur l'ancrage haut (Effet poulie).
- Un frottement important sur l'ancrage haut (passage de la corde sur une branche) réduit l'effort sur les ancrages haut et bas.
- Les frottements peuvent se produire soit au niveau de l'ancrage haut, soit sur le brin descendant vers l'ancrage bas en multipliant les passages contre des branches.
- Le frottement augmente sur une branche, de gros diamètre, recouverte d'une écorce rugueuse ou encore au passage d'une fourche « en V ».
- Si la corde frotte sur de nombreuses branches avec des changements d'angles, il est possible de réduire de manière significative les efforts à l'ancrage bas. Dans ce cas, l'effort à l'ancrage haute sera minimum soit 1,6 à 2 fois le poids du grimpeur (exemple : $R=1,6*80\text{daN} =130 \text{ daN}$, R étant l'effort à l'ancrage haut).



R=effort à l'ancrage haut (sur la branche haute)

• L'allongement (élasticité) de la corde joue-t-il un rôle important sur l'effort exercé aux points d'ancrages ?

Pour des cordes semi-statiques ou « Dyneema », dans des conditions normales d'utilisation (sans chute, ni choc), l'allongement de la corde n'a que très peu d'impact sur les efforts exercés aux points d'ancrages (haut/bas/grimpeur). Ce résultat est valable quel que soit le mode d'ancrage choisit (verrouillage en haut ou en bas).

Sur cordage « Dyneema », l'effort sur le point d'ancrage est légèrement supérieur par rapport à une corde semi-statique en usage normal.

-L'effort au point d'ancrage augmente très vite dès lors qu'il y a une surcharge dynamique, chute ou choc même de faible intensité. Les cordes de type « Dyneema » ont un allongement très faible donc une capacité d'absorption également très faible.

-En cas de choc, il n'y a presque pas d'absorption dans le système. C'est le grimpeur qui absorbe le choc, d'où un risque de blessure accrue bien réel.

• Quelles sont les réelles différences d'effort au niveau de l'ancrage haut entre un blocage de la corde au pied de l'arbre et un ancrage de la corde en haut (corde fixe)?

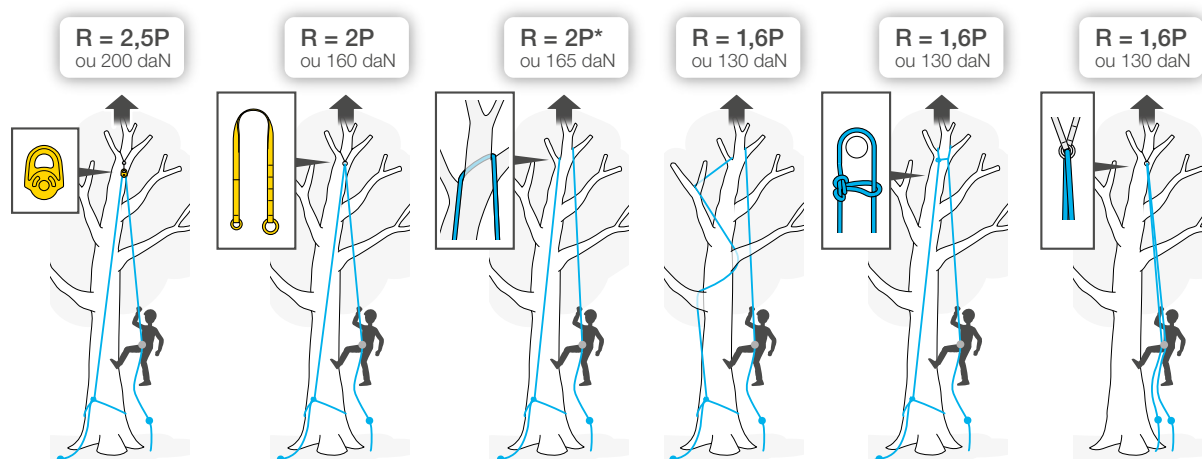
Lors du verrouillage en bas la répartition des efforts se fait de manière homogène (approximativement 2/3 en haut pour 1/3 en bas).

L'effort au niveau de l'ancrage haut est de :

- 2,5 fois le poids du grimpeur avec une poulie à fort rendement
- 1,6 fois le poids du grimpeur si il y a beaucoup de frottement dans le système.

Dans le cas de verrouillage en haut (corde fixe), l'effort au niveau du grimpeur est égal à l'effort au niveau de l'ancrage.

L'effort dans l'ancrage haut (R) est d'environ 1,6 fois le poids du grimpeur.



*L'effort à l'ancrage haut dépend des frottements à l'ancrage, diamètre, rugosité de l'écorce...

Pour en savoir plus

Rappel

- La mesure d'une force ou effort

Une force se mesure à l'aide d'un dynamomètre, elle est exprimée en DécaNewton (daN).

Un décaNewton (daN) est équivalent à 1Kgf .

- Une masse de 80kg suspendue à une corde, exerce une force (le poids) d'environ 10 fois sa masse, soit une force de 80 daN.

1. Effet poulie

1a. Théorique

P est la force (ou effort) générée par le grimpeur sur la corde.

F est la force générée à l'ancrage bas,

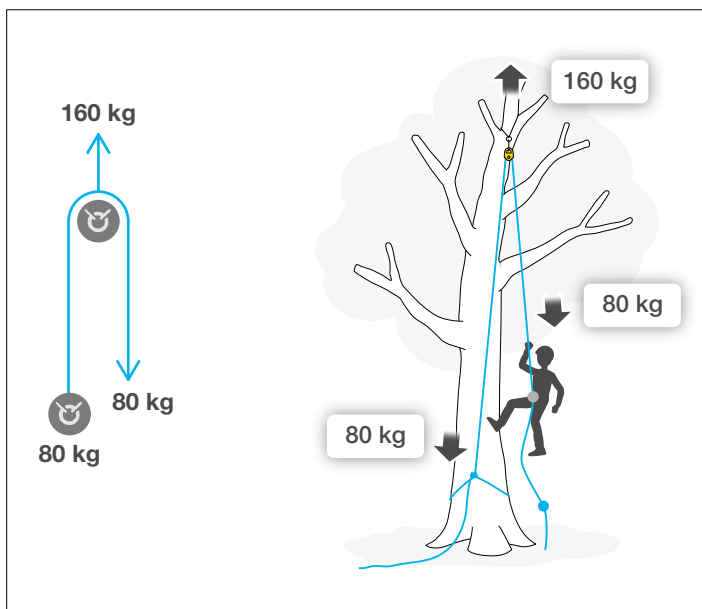
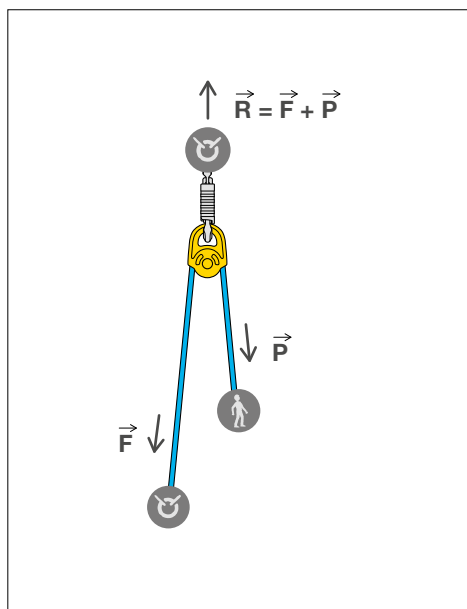
R est la force générée à l'ancrage haut.

A l'équilibre, la réaction R du support est égale à l'addition des forces P et F.

Si on prend l'exemple d'un blocage de la corde au pied de l'arbre, en élagage en théorie avec une poulie à rendement parfait, on devrait avoir en suspension :

Si P=80daN, P est la force (ou effort) générée par le grimpeur sur la corde.

F=80daN F est la force générée à l'ancrage bas, R=160daN R est la force générée à l'ancrage haut.



1b. Pratique

Nous avons réalisé une série d'essais pour vérifier comment s'applique cette théorie dans la pratique courante de l'élagage (Pas de chocs ou de chutes).

Dans notre atelier l'élagueur remonte sur la corde avec des bloqueurs mécanique (Basic, Croll, Pantin pied droit, pédale pied gauche). Le grimpeur progresse sans à-coups.

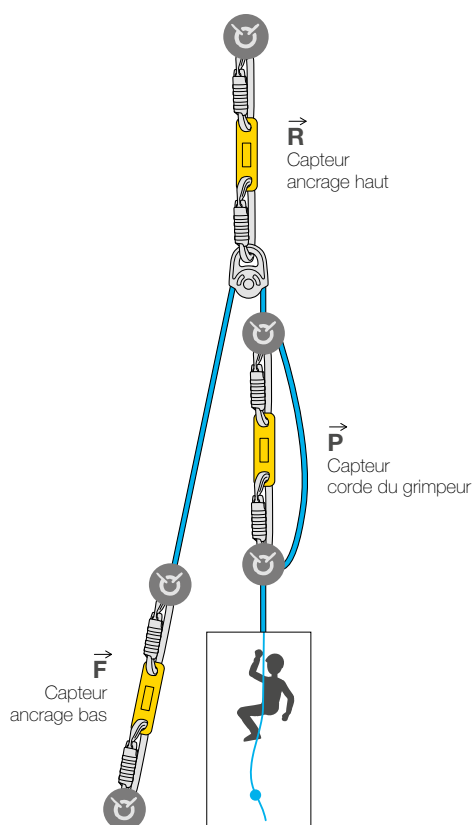
Protocole de test

- Grimpeur + matériel 80kg
- Ascension sur corde (blocage au sol), angle de corde inférieur à 30°
- Hauteur 10m et 20m
- Corde avec 4% d'allongement
- Ancrage bas, RIG PETZL
- Montée normale, fluide, sans à-coups

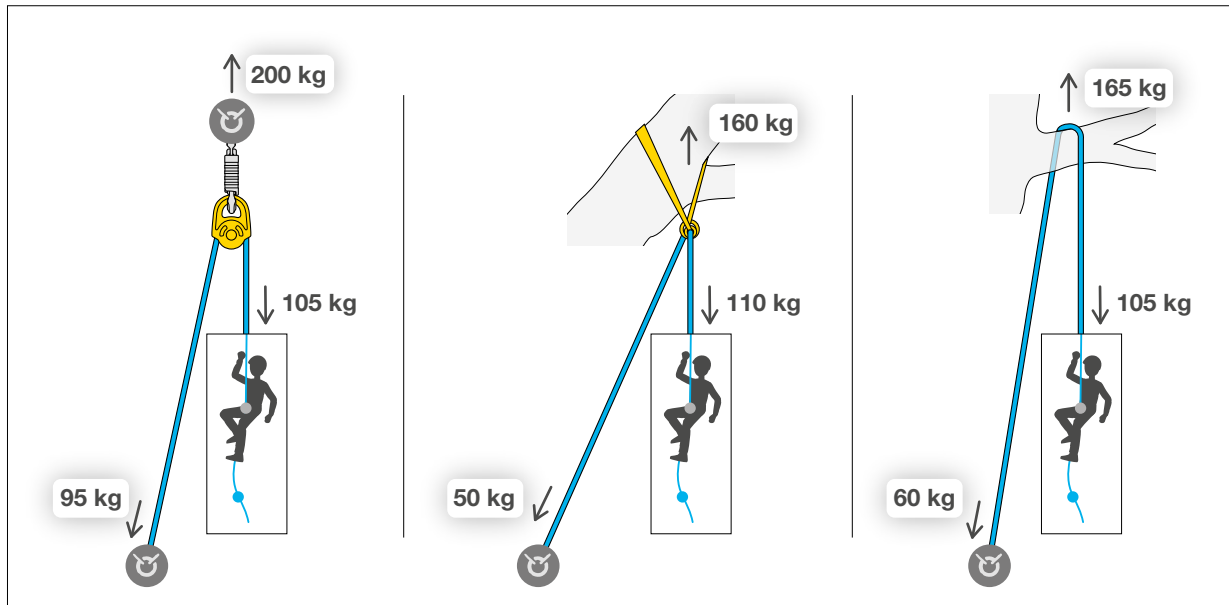
La variable est le type d'ancrage haut. Nous avons testé :

- Une poulie à fort rendement (Rescue)
- Une fausse fourche à anneaux (Treesbee)
- Une branche (fourche de 10 cm de diamètre), angle d'ouverture de 30° et à l'écorce fine (Sophora)

Trois capteurs d'efforts en parallèle enregistrent les mesures à l'ancrage bas, à l'ancrage haut et sur la corde du grimpeur. Afin de s'assurer de la répétabilité de notre protocole, chaque test a été répété trois fois sur chaque hauteur et pour chaque configuration.



Pour faciliter la compréhension, la valeur retenue est la valeur Maximum durant la phase d'ascension.



Corde 4% allongement	R effort ancrage haut (daN)	F effort blocage Bas (daN)	P effort sur corde du grimpeur (daN)
Poulie RESCUE PETZL	200	95	105
Fausse fourche TREESBEE PETZL	160	50	110
Branche (fourche)	165	60	105

*Les valeurs sont des valeurs mesurées.

a) - Sur poulie, on peut retenir que l'effort sur l'ancrage haut R est environ 2,5 fois le poids du grimpeur, lors d'une montée normale sans à-coups.
 $2.5 \times 80 \text{ daN} = 200 \text{ daN}$

- L'effort à l'ancrage bas = à l'effort sur la corde du grimpeur

> Avec l'utilisation d'une poulie sur l'ancrage haut, l'effet poulie est vérifié.

b) - Sur une fausse fourche, le rayon de courbure de la corde est important

- Sur une branche, la friction est importante. Plus la surface de frottements est importante plus il y aura de friction. (Attention le type d'écorce impacte cette friction).

> Augmentation du diamètre de la fourche = diminution de l'effort à l'ancrage haut.

Dans ces deux cas l'ancrage haut est moins sollicité qu'avec une poulie.

Le blocage bas F est lui aussi moins sollicité, d'environ 35% par rapport à l'utilisation d'une poulie lors de la remontée du grimpeur,

Dans ce cas l'effort sur l'ancrage haut R est d'environ 2 fois le poids du grimpeur.
 $2 \times 80 \text{ daN} = 160 \text{ daN}$

L'effet poulie théorique ($F + P = R$) ne s'applique donc pas lors du passage de la corde en direct autour d'un axe bois ou lors de l'utilisation d'une fausse fourche (type anneaux).

> C'est un peu comme si une partie des efforts est perdus par la friction.
L'ancrage est moins sollicité qu'avec une poulie.

Il est intéressant de constater que plus il y a de frottements au niveau de l'ancrage (diamètre plus important de la branche par exemple) plus l'effort au niveau de l'ancrage haute (R) est faible.

> Si les frottements sur le brin descendant deviennent trop importants nous nous approcherons des valeurs d'une corde fixe à l'ancrage haut (verrouillage de la corde en haut), et l'effet poulie ne s'applique plus.
(Voir paragraphe 3)

Attention : Lors d'installation d'un système débrayable (pour le secours par exemple), ces effets de frottements peuvent rendre compliqué la descente d'une victime. Perte de confort et de fluidité.

2. Blocage de la corde au sol, impact et différences d'efforts sur les ancrages en fonction de l'allongement des cordes.

Protocole de test

- Grimpeur + matériel 80kg
- Ascension sur corde (blocage au sol), angle de corde inférieur à 30°
- Hauteur 10m et 20m
- Une branche (fourche de 10 cm de diamètre), à l'écorce fine (Sophora)
- Ancrage bas, RIG PETZL
- Montée normale, fluide, sans à-coups

La variable est le type de cordage. Nous avons testé :

- Corde allongement : inférieur à 1,5%
- Corde allongement : entre 1,5% et 3,5%
- Corde allongement 3%
- Corde allongement : 4%

Trois capteurs d'efforts enregistrent les mesures à l'ancrage bas, à l'ancrage haut et sur la corde du grimpeur. Afin de s'assurer de la répétabilité de notre protocole, chaque test a été répété trois fois sur chaque hauteur et pour chaque configuration

Légende : Montage pour mesurer l'effort sur une fourche bois.



Pour faciliter la compréhension, la valeur retenue est la valeur Maximum durant la phase d'ascension.

Effort max	R effort ancrage haut (daN)	F Effort ancrage bas (daN)	P effort sur corde du grimpeur (daN)
PARALLEL, Petzl EN 1891 Type A, allongement 3% Polyamide	164	48	116
PLATINUM, Teufelberger EN 1891, Type A, allongement 1,5%/3,5% Polyester-Polyamide	167	55	112
RACER, Liros Allongement <1,5% Gaine Polyester/Ame Dyneema	180	66	114
Corde de référence EN 1891 Type A d'allongement 4%	165	60	105

Les essais réalisés ne montrent pas de différences importantes dans la répartition des charges entre les cordes CE EN 1891 type A et ce quel que soit le type d'ancrage (variable ajoutée en cours de test).

On note une augmentation de l'effort à l'ancrage pour la corde Dyneema.

Les valeurs de comparaisons utilisées dans le tableau sont les valeurs maxima lors de la phase d'ascension, les valeurs moyennes étant légèrement inférieures à ces données.

Dans un cas d'utilisation normale, il n'y a pas de différence considérable sur les efforts à l'ancrage.

Attention les efforts augmentent très rapidement en cas de choc et/ou chute sur un système rigide comme un cordage en dyneema.

3- Systèmes fixe : Différence d'efforts

Quels sont les efforts lors de l'accès sur corde fixe ? Configuration de blocage de la corde avec un nœud papillon dans l'activité arboriste.

En 2014, une étude réalisée avec la Fédération Française de Spéléo et Petzl a permis de quantifier l'effort au niveau de l'ancrage lorsqu'un grimpeur progresse en système SRT (corde fixe), sur une corde semi statique de 9mm.

Protocole de test

- Grimpeurs de 65, 74 et 81kgs
- Ascension sur corde fixe (20m)
- Corde 9mm CE EN1891, allongement 3,6%
- Montées et descentes normales sans à-coups,
- Montées et descentes brutales (simulant la montée d'un débutant dans la pratique ou d'un repositionnement dans les bloqueurs de façon « brutales »)

- Variable : le poids du grimpeur

Un capteur d'efforts enregistre les mesures à l'ancrage haut de la corde fixe. Afin de s'assurer de la répétabilité de notre protocole, chaque test a été répété trois fois.

Différentes configurations de montée et descente sur la corde de 20m.

Testeur	R effort ancrage haut (daN)	F Effort ancrage bas (daN)	P effort sur corde du grimpeur (daN)	
Montée / Descente «fluide» : corde de 9mm				
1 (81 kg)	124	129	95	96
	133		96	
2 (65 kg)	89	90	78	78
	90		78	
3 (74 kg)	135	122	92	92
	108		92	
Montée / Descente «brutale» : corde de 9mm				
1 (81 kg)	178	187	249	262
	195		275	
2 (65 kg)	126	131	220	223
	135		225	
3 (74 kg)	149	158	238	245
	167		252	

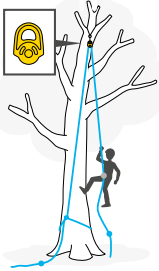
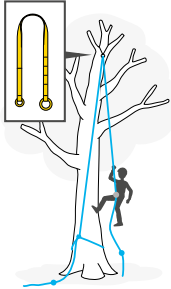
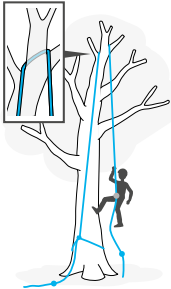
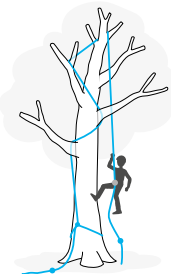
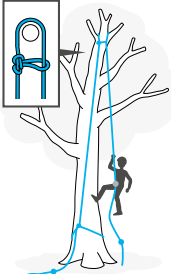
Lorsque le grimpeur de 80kg remonte sur son système fixe sans à-coups, il génère un effort de 130 daN. Ce qui représente 1,6 fois son poids en montée et 1,2 en descente.

Pour la même remontée mais brutalement, l'effort est de 186daN en moyenne durant la phase de montée soit 2,3 fois le poids du grimpeur et en descente 261daN en moyenne soit 3,2 fois le poids du grimpeur.

On peut garder en mémoire que l'effort à l'ancrage haut est de :

- 1,6 à 2 fois son poids en montée en fonction de la fluidité
- 1,2 à 3 fois son poids en descente

4. Synthèse et perspectives

	Montée et descente fluide	Montée et descente brutale	Secours	Mise en place
	2.5 X poids grimpeur sur ancrage haut	Non testé	+++ Aisé et fluide	- Très difficile à mettre en œuvre
	2 X poids grimpeur sur ancrage haut	Non testé	Possible en installant un système débrayable au sol, attention trop de frottements pourraient nuire au secours	- Difficile à mettre en œuvre
	2 X poids grimpeur sur ancrage haut	Non testé	Possible en installant un système débrayable au sol, attention trop de frottements pourraient nuire au secours	++ Très facile à mettre en œuvre
	1.6 X poids grimpeur sur ancrage	2 à 3 X poids grimpeur sur ancrage	Limite les possibilités de secours en cas de problème lors de l'accès	= Facile à mettre en œuvre, mais un peu plus long dans les manipulations
	1.6 X poids grimpeur sur ancrage	2 à 3 X poids grimpeur sur ancrage	Limite les possibilités de secours en cas de problème lors de l'accès	= Facile à mettre en œuvre, mais un peu plus long dans les manipulations

Les résultats obtenus ne changeront pas les pratiques actuelles. Ce n'était pas le but de ces tests. Nous souhaitons juste comprendre certains points de notre activité, dans des configurations normales d'utilisation de nos systèmes.

Il est intéressant lors d'un bilan de test de constater quelles sont les autres applications possibles des résultats obtenus.

Le frottement par exemple est un paramètre connu de tous dans les arbres. Il nous est tous arrivé d'avoir des difficultés à récupérer une corde en raison de frottements trop importants.

Il peut être intéressant d'utiliser les frottements en démontage pour réduire les charges à la poulie ou lors de la mise en place de la corde d'accès pour réduire l'effort au passage haut de la corde.

Cette dernière configuration nous conduit à se poser une question importante :

Est-il nécessaire de systématiser les rappels d'accès en débrayable ?

- Les frottements rendront l'utilisation d'un système débrayable compliqué
- Si il y a trop de branches la descente du sol d'un blessé sera de toute façon très complexe.

L'utilisation de cordage à faible pourcentage d'élasticité (Cordage Dyneema) est une pratique relativement courante. Nous avons pu observer que les différences d'allongement entre les cordages n'impactent que très peu les efforts sur les ancrages, en tout cas lors d'utilisation « normale ». Il n'en est bien évidemment pas de même en cas de mouvements dynamiques (pendule...), choc ou chute. Le corps a une capacité d'absorption mais elle demeure limitée.

Par conséquent, il semble préférable d'avoir une corde possédant des capacités d'allongement. La difficulté est d'obtenir le bon compromis entre élasticité, confort de montée et sécurité...Car même si dans notre pratique les chocs ou chute sont à proscrire les capacités d'allongement de la corde dans ces cas extrêmes peuvent être permettre de limiter les conséquences d'une chute.

Le comparatif avec le système fixe (verrouillage de la corde en haut avec un nœud de butterfly et anneau par exemple) et l'accès sur un système verrouillé en bas d'arbre, démontre assez bien qu'il est très facile d'avoir des efforts important sur l'ancrage haut sans aucun choc lors de remontées fluides, et ce, quel que soit le système de verrouillage mis en place.

Il est donc très important de ne pas sous-estimer les dimensions et l'orientation de l'ancrage haut.

Quels que soient le type de corde, les frottements ou le type d'ancrage, dans des situations normales d'utilisation, lors de remontée fluide « l'ancrage » haut supportera au minimum l'équivalent de 1,6 x le poids du grimpeur, en cas d'imprévu (petit choc ou autre), il devra supporter une charge bien supérieure. Et dans tous les cas il est nécessaire d'envisager le secours, donc deux personnes sur l'ancrage.

Sélectionnez votre ancrage avec ces notions en tête.

Prenez soin de vous. Climb safe !!!!