

UNION BELGE DE SPELEOLOGIE

# BREVET B

---

Spéléologie

Partie technologie

Remaniement de la version 1990

par

**PIERRE CARTRY**

Relecture

Jacques Delmotte

Joël Fontenelle

&

Com Form.

**2014**



# Préambule

La matière de ce document avait été au départ écrite dans le cadre des formations aide-moniteur et moniteur ADEPS. Elle donne quelques informations complémentaires concernant l'analyse du matériel par rapport à la bible des techniques qu'est le TSA de G. Marbach et le dernier manuel technique de l'EFS. Par contre, concernant les diverses techniques d'utilisation du matériel, la dernière édition du TSA, le manuel EFS ainsi que les fiches de l'EFS paraissent être des modèles de clarté et il est inutile de rédiger un nouveau syllabus concernant ces points. Le présent ouvrage se contentera donc de décrire avec précision le matériel couramment utilisé par les spéléologues et de donner les règles générales à suivre lors de sa mise en œuvre.

## A. HISTORIQUE

L'évolution du matériel collectif et individuel a permis l'évolution ou la révolution, des techniques de progression.

Au départ (époque de Martel), les spéléologues n'avaient pas d'autres possibilités que d'utiliser des cordes en chanvre, des échelles de cordes, des échelles fixes ou encore des treuils pour les puits les plus profonds. De plus; leurs vêtements inadaptés les obligeaient au transport de lourdes barques pour les parcours aquatiques. Tout ce matériel ne supportait guère l'humidité et était excessivement encombrant, ce qui limitait les possibilités d'exploration des cavités verticales, humides ou étroites.

Autour de la seconde guerre mondiale sont apparues; successivement deux découvertes qui ouvrirent de nouveaux horizons à la spéléologie : les échelles légères, du style de celles que nous connaissons et le nylon. Les premières cordes fabriquées en cette matière apparaissent au début des années 50. Ceci permit le développement de la spéléologie verticale et les grands lapiaz alpins purent commencer à être explorés par des expéditions qui restaient néanmoins lourdes.

L'amélioration de la qualité des cordes, l'utilisation des chevilles auto-foreuses (de marque spit ou Hilti) et le développement des bloqueurs permirent durant les années 70 la seconde et dernière en date une révolution des techniques de progression pour vaincre l'obstacle vertical. Remarquons que l'apparition des foreuses sur accus a été à la base d'une évolution importante ces dernières années en particulier en ce qui concerne la désobstruction et les escalades souterraines, Ceci se fit sans pour autant rejeter totalement l'usage des échelles. Depuis, les seules évolutions marquantes ont porté sur la légèreté, la fiabilité du matériel et la généralisation des éclairages à *leds*. Ces révolutions permirent à de petites équipes légères d'explorer les coins les plus reculés des *lapiaz*. Les résultats ne se firent pas attendre et on assista à partir de la fin, des années 70 à un boum des découvertes de gouffres profonds.

Parallèlement à ces évolutions, les amarrages ont également subi de profondes transformations. Jusque dans les années 50, outre les amarrages naturels, les ancrages étaient généralement confectionnés par les spéléos eux—mêmes. Nous rencontrons de tout : des « golets » ou autres fers à béton placés dans un trou creusé à la force du poignet, des morceaux de rail placés entre deux parois et cimentés... et bien entendu les éternels pitons rarement utilisables en toute sécurité sous terre. Bref, du bon, de l'excellent et du folklorique ; si pas franchement dangereux. Les années 60 virent l'arrivée des chevilles auto foreuses (*spit*) d'excellente tenue et faciles à placer. Durant les années '70, elles supplantèrent tout, au point que la plupart des spéléos négligeaient même les amarrages naturels pourtant excellents. Le vieillissement relativement rapide des spits ainsi que leur multiplication souvent anarchique dans les grottes très fréquentées et sur les rochers d'escalade ou d'entraînement ont conduit les gestionnaires à y préférer les goujons ou les broches. La tendance ne faisant que s'accélérer entre autres grâce aux perforateurs sur accus de plus en plus performants. Notons que parallèlement à ces développements, l'amarrage naturel est largement remis en valeur.

## B. LES CORDES

### 1) Fabrication

#### a. Composition.

Les cordes sont composées de fil polyamide « Nylon ». Le polyamide est une molécule comportant des charges électriques partielles au même titre que l'eau. Lorsqu'une corde est mise en contact avec l'humidité, les molécules d'eau viennent se fixer sur la chaîne de polyamide. Le phénomène a pour effet de rétracter le polymère et par conséquent la corde de quelques pourcents. Ces molécules d'eau restent prisonnières du polyamide même après séchage. C'est pour cette raison, entre autres qu'il faut tremper la corde avant sa première utilisation.

#### b. Structure

Une corde<sup>1</sup> est composée de deux parties :

1) L'âme, c'est elle qui assure la résistance.

Il en existe 3 types :

- -les fils sont disposés parallèlement ce qui augmente la staticité de la corde mais diminue fortement sa résistance aux chocs. (cordes hyperstatique )
- les fils forment des torons torsadés une fois dans un sens, une fois dans l'autre. Ces cordes représentent l'essentiel de nos cordes spéléos,
- les fils sont tressés, cette solution étant réservée aux cordes dynamiques

2) La gaine qui représente 40% du poids mais seulement 1/3 de sa résistance. Son tressage est effectué avec un nombre élevé de fuseaux (généralement 32 ou 48).



Théoriquement, lors de sollicitations normales, la gaine ne peut glisser sur l'âme. Cependant, les fils composant la corde sont enduits d'un lubrifiant. Celui-ci, nécessaire à la fabrication, présente l'inconvénient de faciliter le glissement de la gaine sur l'âme (effet « chaussette »). De plus ce lubrifiant nuit au bon freinage de la corde dans le descendeur. C'est la deuxième raison pour laquelle il est nécessaire de tremper les cordes neuves pendant 24h avant la première utilisation.

Il existe actuellement des cordes chez plusieurs fabricants qui ne présentent plus ce problème de glissement.

Cette nouvelle technologie consiste à coller l'âme et la gaine de la corde sans modifier ses caractéristiques de souplesse.

Même dans les pires conditions d'utilisation le glissement de gaine est supprimé (moulinettes répétées par exemple). Si la gaine est coupée ou déchirée, l'âme et la gaine restent solidaires.

(Sur une corde classique, si la gaine est coupée par abrasion sur arête, phénomène fréquent en spéléologie et travaux en hauteur, elle glisse et se tasse sur un mètre environ. Il devient alors impossible de passer cette zone, aussi bien à la montée qu'à la descente.)

Avec ce procédé, la gaine reste en place et l'utilisateur peut s'échapper, soit en remontant, soit en descendant en prenant les précautions nécessaires.

Il ne reste pas bloqué sans solution sur sa corde.

Cette technologie de fabrication est un gain de sécurité appréciable lors des opérations périlleuses et délicates; ses atouts sont multiples :

- empêche le glissement de gaine,
- permet de s'échapper si la gaine a été coupée,
- permet de couper provisoirement des longueurs de corde avec un couteau, sans fondre les extrémités, sans que la gaine ne se détresse.
- Réduction de la rétraction à l'eau de plus de 50 %

<sup>1</sup> Plus d'info : Béal Unicore; Korda Titan system...

## c. Différence de fabrication entre une corde statique et dynamique

Du point de vue de la fabrication, outre l'âme qui est différente, les cordes dynamiques subissent un traitement thermique qui les rétracte, ce qui augmente considérablement leur élasticité et leur tenue aux chocs. Elles sont conçues pour absorber des Fc 2. (Force choc). De plus elles sont généralement teintes. Ces traitements augmentent sensiblement leur coût et donc leur prix.

### 1) Corde spéléo-canyon

Appelées à tort statique, il faudrait plutôt parler de cordes semi-statiques. Les cordes spéléo-canyon sont en effet assez statique pour faciliter la remontée sur corde mais grâce à une « certaine » élasticité, elles permettent d'absorber une chute en Fc 0,3 avec une masse de 100kg, suivant la norme EN 1891-A.

Plus loin nous définirons la force de choc et on saura pourquoi on concevra les équipements pour ne jamais avoir un Force choc de plus que 1. Alors que les cordes « dynamiques » sont conçues pour absorber une chute jusque Fc 2.

Les cordes les plus utilisées ont un diamètre entre 9 et 10,7mm.

Norme EN1891 corde semi-statique

|                               | Corde type A       | Corde type B       | Corde type L      |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Résistance statique sans nœud | 2200               | 1800               | 1600              |
| Résistance nœud 8             | 1500               | 1200               | 1100              |
| Résistance dynamique          | 5 x Fc1 avec 100kg | 5 x Fc1 avec 80 kg | 2 x Fc1 avec 80kg |
| Allongement entre 50 et 150kg | 5 %                | 5 %                | 7 %               |
| Force choc Fc 0,3             | 600                | 600                | 600               |
|                               | tout en daN        |                    |                   |

## 2) Résistance des cordes

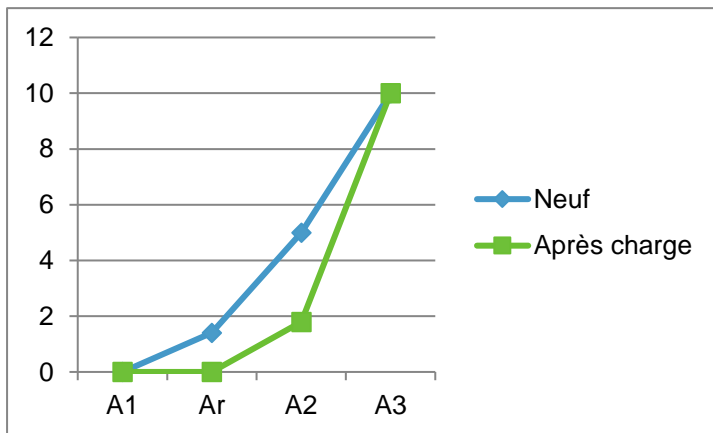
### a. Introduction

De nombreux facteurs interviennent pour la résistance des cordes. De plus il ne faut pas uniquement tenir compte de la résistance de la corde mais aussi des forces transmises à l'amarrage et au spéléologue.

### b. Résistance statique

#### a. Un peu de théorie

Si on soumet une corde à une force croissante, elle s'allonge. L'élongation par mètre de corde n'est pas linéaire. Peu avant la rupture, la corde a un comportement moins régulier. Pour une faible force de quelques dizaines de daN, lorsqu'on relâche la corde, elle revient en 0. Donc pour des efforts de faible intensité, la corde a un comportement élastique. Par contre si on porte la force à une valeur élevée de quelques centaines de daN, lors de la décharge, la corde ne retrouve pas sa position initiale mais suit une autre courbe. La corde subit donc une déformation permanente.



On remarque qu'une corde neuve ou peu chargée a toujours un allongement dès le début de la charge.  
 Si une corde a été " plus " chargée, elle perd une partie de son élasticité et donc absorbera moins les chocs.  
 Donc on n'utilisera jamais une corde pour des travaux ou pour remorquer un véhicule.

A1 : allongement 1  
 Ar : allongement résiduel

## b. Résultats pratiques et normes

Les forces de rupture pour les cordes *Béal* sont données dans le tableau suivant (1990).

Données toujours à actualiser sur les sites des fabricants.

| Diamètre                     | 8 mm     | 9 mm     | 10 mm    | 10,5 mm  | 11,5 mm  |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Poids/m                      | 38 g     | 49 g     | 58 g     | 65 g     | 78 g     |
| Résistance rupture sans nœud | 1500 daN | 1900 daN | 2400 daN | 2760 daN | 3200 daN |
| Allongement sous 80 daN      | 4 %      | 3,1 %    | 2,5 %    | 2,3 %    | 2,2%     |
| Nbre facteur chute 1         | 2        | 6        | 12       | 20       | >20      |
| Force de choc                | 760 daN  | 830 daN  | 880 daN  | 900 daN  | 900 daN  |

**Remarque :** Les cordes de diamètre 8 mm ne sont plus reprises dans les normes CE. Cependant une corde est toujours utilisée avec un nœud afin de pouvoir l'amarrer. Celui-ci réduit la résistance de la corde comme le montrent le tableau décrivant les nœuds.

Exemple de données concernant une corde type semi-statique 10.5mm( 2013).

| EN1891 Test                     | PERFORMANCES            |
|---------------------------------|-------------------------|
| • TYPE                          | A                       |
| • DIAMETRE                      | 10,6 mm                 |
| • CHARGE DE RUPTURE             | 2500 daN(kg)            |
| • RESISTANCE AVEC NOEUD EN HUIT | 1650 daN(kg)            |
| • NOMBRE DE CHUTES DE FACTEUR 1 | 24 (100 kg)             |
| • FORCE DE CHOC FACTEUR 0.3     | 4,3 kN                  |
| • ALLONGEMENT 50/150KG          | 2%                      |
| • GLISSEMENT DE LA GAINE        | 0,80%                   |
| • POIDS AU METRE                | 75 g                    |
| • POURCENTAGE DE LA GAINE       | 43%                     |
| • RETRAIT A L'EAU               | 0%                      |
| • MATIERE AME                   | Polyamid (PA) + Vectran |
| • MATIERE GAINE                 | Polyamid (PA)           |

Trois autres aspects réduisent aussi la résistance de la corde.

Le premier est le problème est l'abrasion interne.

Le second est l'humidité. Une corde humide voit sa résistance diminuer de +/- 15%. Par contre, la glace a un effet contraire surtout lors de la reprise de chocs.

Le troisième est l'utilisation des descendeurs et en particulier du Huit (8). Ils impriment des angles à la corde qui étendent sensiblement les fibres externes de la corde souvent au-delà de leur limite d'élasticité pure. Il apparaît donc une déformation permanente de la corde et donc une baisse de sa résistance.

### 3) Les Nœuds

Un petit "truc": mieux vaut connaître quelques nœuds correctement avec leurs avantages et inconvénients que de mal appliquer des nœuds non connus. Ceci veut dire, que vous devez être capable de faire vos nœuds dans le noir et même dans le dos... Certaines situations le demande.

Les boucles des amarrages seront toujours les plus courtes possibles. Après tous les nœuds, il faut laisser un courant<sup>2</sup> d'un moins 10 cm et plus pour certains nœuds qui glissent.

*Un beau nœud est un nœud " suivi ".*

*Un bon nœud est facile à faire, à défaire, ne glisse pas en charge et n'abime pas la corde.*

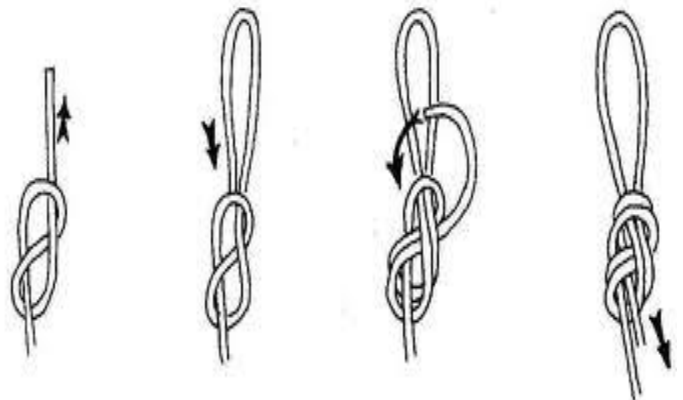
#### a. Les nœuds – Leur utilisation – Leur résistance (corde 10,5mm)

*Résistance d'après l'étude des nœuds et amarrages du DPMC (2013). (Résistance résiduelle dans le sens normal de la traction)*

Huit simple (plein poing) (R Résiduelle 75%)



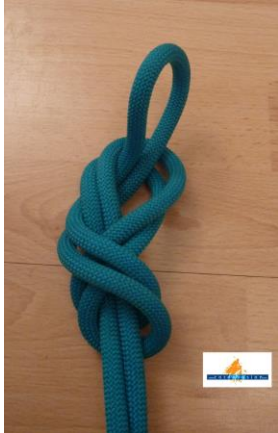
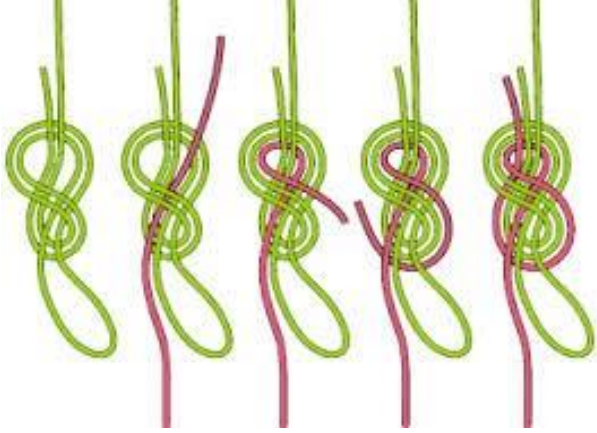
Huit tricoté (atout d'un amarrage ou sur baudrier)

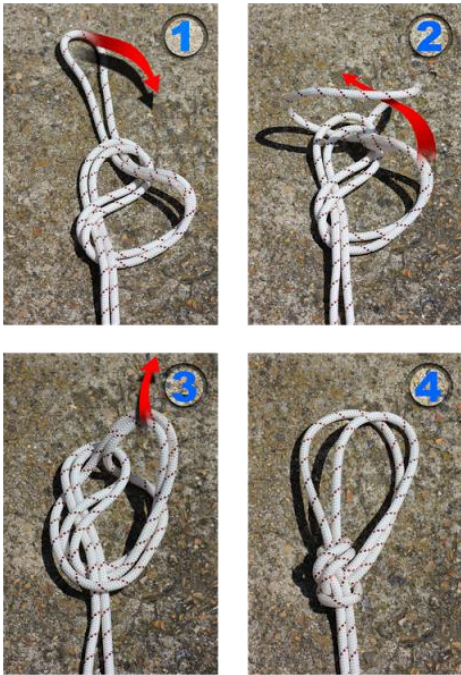



<sup>2</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/N%C5%93ud\\_%28lien%29](http://fr.wikipedia.org/wiki/N%C5%93ud_%28lien%29)

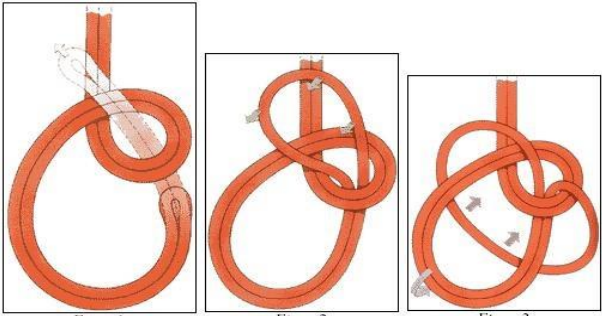

Le **courant** est l'extrémité d'un bout qui sert à tisser le nœud. Cette extrémité est à opposer au dormant qui, lui, est fixe et généralement lié à une pièce du gréement.



|   |  |
|---|--|
| <p><b>LE</b> nœud de la spéléo...il sert à tout :<br/>équipement, longe, pédale...Mal suivi, il ne perd pas de résistance mais est plus difficile à défaire</p> | <p>Utilisé pour fixer directement une corde à un amarrage, un anneau, un arbre ou sur un pontet pour l'encordement</p> |
|---|--|

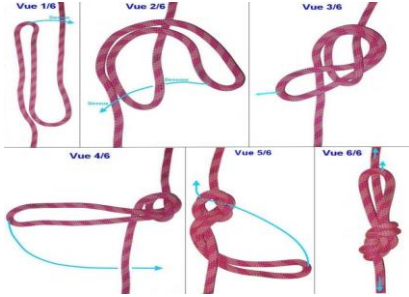
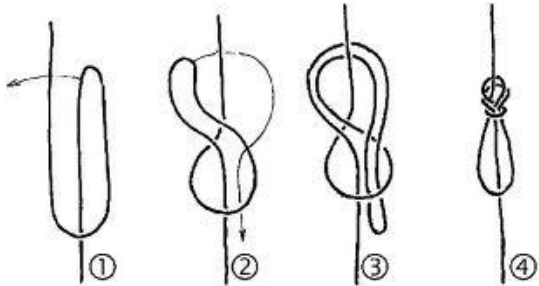
| <p><b>Nœud de Neuf (R Résiduelle 75%)</b></p>  | <p><b>Triple Huit</b></p>  |
|--|--|
|   |                |
| <p>Même fonctions que le huit, mais utilise plus de corde, il est plus solide. Il n'est pas plus facile à défaire qu'un huit bien fait. Donc. Pas d'intérêt, sauf pour corde fine...</p> | <p>Pour rabouter des cordes en verticale. Laisser dépasser &gt;= 20 cm. Permet de se longer.</p> |



| <p><b>Fusion (R Résiduelle 55%)</b></p>  | <p><b>Mickey – Bunny – Huit à 2 oreilles Y en huit (R Résiduelle 70%)</b></p>  |
|--|--|
|             |    |
| <p>Depuis "l'abandon" du double chaise...il est le nœud à la mode pour le double amarrage.</p> | <p>Le classique pour le double amarrage. Mais utilise plus de corde que le fusion et est moins facile à régler.<br/>Peut aussi être utilisé pour réaliser une double pédale...</p> |

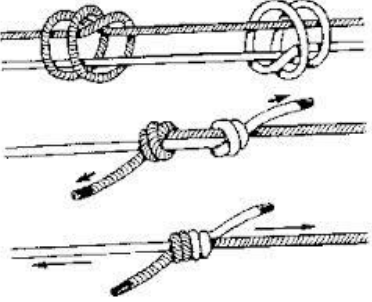





|   |   |
|---|---|
| <p><b>Chaise double....attention....se longer dans les 2 oreilles. Il peut glisser dans certaines configurations.</b><br/>(R Résiduelle 65%)</p>  | <p><b>Chaise simple Nœud italien (R Résiduelle 70%)</b></p>   |
|  <p>Etape 1      Etape 2      Etape 3</p>  |                                   |
| <p>Comme signalé : est à proscrire parce qu'il glisse si on se longe que dans une oreille à partir de 100kg.....attention danger.<br/>A réserver à des équipes qui savent ce qu'ils font.<br/>Interdit par les cordistes.</p> | <p>Le nœud de <i>chaise</i> utilisé avec sa clef de blocage est une bonne solution pour les amarrages naturels.</p> |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Chaise avec clef classique</b><br/>(R Résiduelle 70%)</p>  | <p><b>Chaise avec clef Yosemite</b></p>   |
|    |  |
| <p>!!! La clef classique DOIT être collée au nœud.<br/>Sans clef il peut se défaire s'il n'est plus en tension et glisse totalement si l'on se longe dans la ganse à partir de 300kg.<br/>Peut également être réalisé en milieu de corde ( en double).</p> | <p>La clef Yosemite est plus " élégante " que la clef classique...</p>              |

|   |  |
|---|--|
| <p align="center"><b>Nœud directionnel : le Romano</b><br/>(R Résiduelle 70%)</p>   | <p align="center"><b>Le huit directionnel</b><br/>(R Résiduelle 70%) si utilisé dans la bonne direction</p>  |
|    |    |
| <p>Un nœud pas facile à mémoriser. On le reconnaît au 3 brins qui passent dans 1 boucle.</p> <p>Pour isoler une <i>tonche</i>, ou pour prévoir un amarrage sur la corde. Avec ce nœud, les brins travaillent correctement. En tant qu'amarrage, il peut avantageusement être remplacé par le huit.</p> <p>Le DPMC recommande le Romano et émet des réserves sur le huit directionnel.</p> | <p align="center"><b>ATTENTION</b></p> <p>Pas fiable dans toutes les directions. Se retourne complètement à partir de 40 kg et se dénoue à 100kg si utilisé à l'envers....</p> |

|  |   |
|--|---|
| <p align="center"><b>Cabestan : amarrage sur arbre...sur mousqueton</b><br/>(R Résiduelle 65%)</p>   | <p align="center"><b>Demi cabestan : nœud de frein ou descendeur</b></p>  |
|   |   |
| <p>Idéal pour amarrage sur arbre. Même possible avec le kit...Toujours un nœud d'arrêt (demi pêcheur double) en début de corde (par ex. arbre...).</p> | <p>Le nœud pour : assurer un compagnon; pour tendre des cordes, descendre une charge...mais également comme descendeur de fortune. Bloquer par un nœud de mule + nœud d'arrêt il peut servir à amarrer une corde devant rester débrayable. De préférence à utiliser avec un mousqueton HMS.</p> |

| Pêcheur double ( R Résiduelle 70%)  | Pêcheur double sur moustif   |
|---|--|
|    |    |
| <p>Le plus fiable des nœuds de raboutage avec une bonne résistance résiduelle. Laisser dépasser <math>\geq 20</math> cm. Difficile à défaire.</p> | <p>avantage...bloque le mousqueton sur la longe en empêchant tout retournement (évite ainsi barrettes ou autre dispositif de maintien)</p> |

| Faux Papillon : pour les MC ou comme amortisseur<br>(R Résiduelle 70%)             | Papillon : pour les MC ou comme amortisseur<br>(R Résiduelle 70%)  |
|--|--|
|  |   |
| <p>Comme nœud amortisseur (moins « élégant » que le vrai Papillon)</p>             | <p>Idéal pour les MC. Sert également de noeud amortisseur, bien que le faux papillon soit mieux.<br/>Vrai pap. : les boucles sont imbriquées et plus symétrique.</p> |

#### 4) Résistance aux chocs

Dans le cadre du choix du matériel spéléo, un peu de théorie est utile. De là on définira le type de longues, de cordes et de matériel nécessaires à une pratique en sécurité.

##### Définition et conséquences d'une chute :

Le danger n'est pas la chute mais plutôt :

- les obstacles rencontrés
- La force de choc et ses effets sur le matériel et le corps : celle-ci dépend entre-autre du facteur de chute

## a. Notion de facteur de chute

La bonne compréhension de ce concept est très importante lorsque l'on progresse sur des cordes.

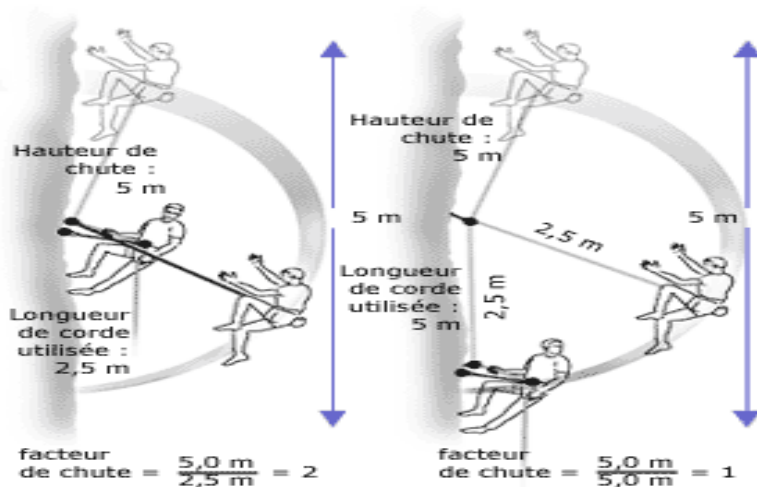
Comment une corde reprend-elle une chute ? Une chute représente une certaine énergie ( $mgh$ )<sup>3</sup> où  $h$  est la hauteur de chute, or une corde est capable d'emmagasiner une certaine énergie par mètre de longueur.

Par conséquent, ce qui importe, pour la corde, lors d'une chute, ce n'est pas la hauteur de chute ( $h$ ) mais la position occupée par la masse tombante avant la chute. C'est ainsi que l'on définit le facteur de chute : Si «  $L$  » est la longueur de corde devant amortir la chute (longueur de corde entre le chuteur et le point d'amarrage), **le facteur de chute vaut  $h/L$** . Il est à noter que si la masse tombante n'est pas à la verticale de l'amarrage, la sollicitation de la corde correspond à un facteur de chute plus faible suite à l'effet de pendule. Cette diminution peut même être très sensible, cependant, vu la difficulté à le déterminer, il est préférable de ne pas en tenir compte. Du plus, l'énergie qui n'est pas ainsi reprise par la corde se transforme en énergie cinétique chez le spéléologue (gare aux obstacles pour une chute d'importance !).

Notez bien que les sangles, Dyneema ou amarrage double (Mickey...), se comporte comme des cordes 100% statiques et donc ne reprennent pas aussi bien l'énergie d'une chute que les cordes.

Et de toutes ces explications, il est maintenant clair, que nos longes ne sont absolument pas conçues pour les via-ferratas..!

## b. Schéma facteur de chute ( $F_c$ )



Avec pendule, si  $m$  et si la masse est située à même hauteur que l'amarrage mais à un mètre de ce dernier les sollicitations se rapprochent d'un  $F_c=0,4$ .

Lorsqu'on place une corde sous terre, on s'arrange toujours pour rester au maximum au  $F_c$  1 car les cordes spéléos sont des cordes semi-statiques qui ne sont pas prévues pour supporter des chocs de facteur supérieur (contrairement aux cordes d'escalade, plus chères, plus élastiques et résistant moins bien à l'abrasion ainsi qu'à l'humidité, aspects fort gênants sous terre.

Il n'en est pas de même pour les longes qui elles, doivent pouvoir supporter un  $F_c$  2. Elles sont donc choisies en corde dynamique. Il est exact de dire que le corps humain reprend aussi une partie de l'amortissement ainsi que le serrage des nœuds (pour le premier choc subi), cependant ces aspects deviennent négligeables pour des chutes importantes (au-delà de quelques mètres). De plus leur quantification est délicate, il est donc préférable de ne pas en tenir compte.

## c. Force de choc ou Force d'interception

Un deuxième concept très important à maîtriser est la **force de choc**. Elle est la conséquence de l'immobilisation brutale par une corde d'un corps en chute libre.

Pour simplifier le concept, on l'exprime en kg. Ceci afin d'avoir une image des dégâts causés.

### a. Trois variables influent sur sa valeur :

- Le type de corde
- Le facteur de chute
- Le poids du corps

<sup>3</sup>  $M.g.h$  Masse (Kg) x g (accélération due à la gravité ( $9.81 \text{ m.s}^{-2}$ ) x hauteur (m)

**b. Un calcul "simple", nous démontre l'influence du matériel et du Fc... :**

$$F_{choc} = M \cdot g \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{2H \cdot S \cdot E}{L \cdot M \cdot g}} \right]$$

Avec :

$F_{choc}$  est la force de choc (en Newtons)

$M$  est la masse du grimpeur (en Kg)

$g$  est l'accélération de la pesanteur (9.81 m/s<sup>2</sup>)

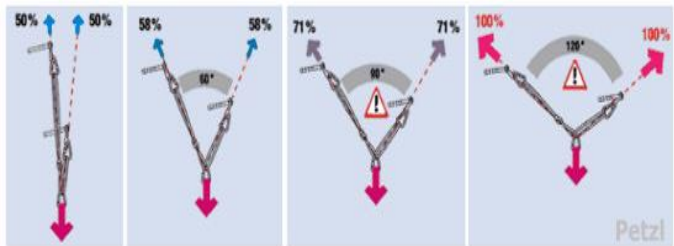
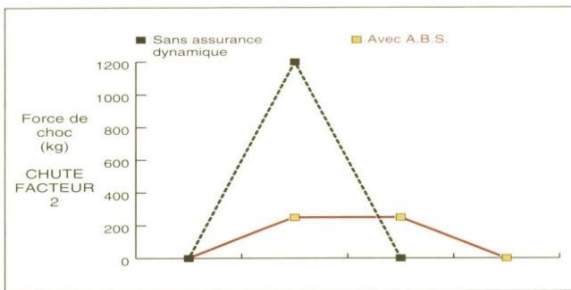
$S$  est la section de la corde en m<sup>2</sup>

$E$  est le module d'élasticité de la corde (en Pascal)

$H$  est la hauteur de chute

$L$  est la longueur de corde entre chuteur et assureur

**c. Un graphique est parfois plus parlant : une courbe avec une corde 100% statique, l'autre avec un absorbeur de choc type via ferrata.**



Rappelez-vous les règles d'équipement...: au vu des forces de chocs engendrées, bien respecter les instruc-

tions concernant les amarrages doubles (MAX 120%). Dans le cas 4, chaque amarrage devra donc supporter 1200kg...On verra plus loin qu'un spit mal planté ne supporte pas une telle charge.

En résumant :

Force de choc  $F$  : il s'agit de la force qui se transmet à la personne, au mousqueton et au point d'amarrage lors d'une chute. La force de choc communiquée dans le tableau (page 6) des performances est celle obtenue lors d'une chute de facteur 0,3 avec une masse de 100 kg pour les cordes de type A et de 80 kg pour les cordes de type B. Elle doit être inférieure à 6 kN pour les cordes semi-statiques.

La norme max accepte une force de choc de 12KN pour un corps humain.

(norme venant de l'armée et du parachutisme)

Les infos se retrouvent sur les sites fabricants. Ici on peut comparer les valeurs des cordes dynamiques et semi-statiques.

A la vue de ces chiffres, la force de choc sur une corde statique génère par une chute  $F_c 1$  fait que l'on est vite à des valeurs de 10 à 15KN...

Pensez à la résistance résiduelle de la corde, aux amarrages...et au corps de la victime de la chute...Comme on l'a vu, des chocs d'une telle importance affaiblissent la corde à chaque choc.

| Tests relating to EN 892 | Number of factor 1,77 falls | Impact force factor 1,77 | Stretch on 1st fall | Static load stretch | Weight per metre | % of the sheath |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| DYNASTAT 10,5 mm         | 10                          | 8,80 kN                  | 35 %                | 2 %                 | 75 g/m           | 43 %            |

| Tests relating to EN 1891 Type A | Breaking load | Impact force factor 0,3 | Stretch 50/150 kg | Shrinkage in water | Weight per metre | % of the sheath |
|----------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| DYNASTAT 10,5 mm                 | 2500 daN      | 4,30 kN                 | 2 %               | 0                  | 75 g/m           | 43 %            |

N.B. : Au vu de la faible marge de sécurité qu'offre la corde de diamètre 8 mm, il est préférable de l'éviter ou en tout cas de ne

pas dépasser un Fc de 0,7 à 0,8.

#### **d. Solutions à adopter afin de limiter le facteur de chute.**

1° Toujours placer l'amarrage plus bas que le précédent.

2° Si cela est impossible, il y a moyen de ramener le Fc à 1 grâce à un nœud avec une grande ganse pour amener l'extrémité inférieure du nœud à se situer à hauteur du premier amarrage.(faux facteur deux)

3° Le redoublement de l'amarrage avec nœud mickey ou fusion est la meilleure solution afin d'éviter la rupture d'amarrage.

Remarque : Lors d'une chute importante sur bloqueur, celui-ci peut sectionner la gaine qui se tasse. Ceci réduit considérablement la force d'interception ( $\pm 400$  daN), mais d'autre part, décline la corde. On remarque par la même occasion l'importance de la structure de la corde en deux parties (Ame + gaine).

### **5) Problèmes de l'abrasion.**

#### **a. Abrasion interne**

L'abrasion interne est celle provoquée par les différents microcristaux (sable, calcite...) qui pénètrent dans la corde. Lorsqu'ils sont à l'intérieur des fibres, ils agissent comme autant de microcristaux qui les sectionnent peu à peu lors de chaque mise en tension de la corde et plus encore lors d'un choc. En général, ils restent sur la gaine mais lorsque la corde subit des pressions ils pénètrent plus à l'intérieur. Ces pressions sont rencontrées par l'usage des appareils de descente ou de remontée ou encore lorsqu'on marche sur la corde.

Plus les cristaux pénètrent dans la corde, plus de fibres sont susceptibles d'être sectionnées.

Ceci montre l'intérêt de laver les cordes après chaque utilisation (attention au lavage karcher...qui fait encore plus pénétrer les cristaux...).

Ce facteur est avec le soleil la principale cause de vieillissement des cordes. Même les cordes bien entretenues ne peuvent éviter d'emmagasiner des microcristaux.

#### **b. Abrasion externe ou frottement**

##### **a. Contact de la corde avec la paroi**

Les usures par frottement proviennent du déplacement répété de la corde sur un élément plus dur que la gaine. Les études effectuées montrent que l'intensité du frottement dépend de nombreux facteurs. La force exercée sur la corde, l'angle formé par les deux brins de la corde (au-dessus et en-dessous du frottement), l'amplitude du mouvement oscillatoire imprimé à la corde à l'endroit du frottement, le nombre d'oscillations et de la nature du rocher et de la corde entrent en ligne de compte. Il est aussi inversement proportionnel à la surface de contact entre le rocher et la corde. En pratique, cela implique qu'il faut éviter les angles vifs, les frottements sur les rochers abrasifs. Il faut aussi éviter les angles importants entre le brin inférieur et supérieur et, Très important, éviter des frottements lorsque le tronçon de corde situé sous le frottement est long (augmentation du nombre d'oscillation) surtout lorsqu'on s'éloigne ne fût-ce que légèrement du nœud. A hauteur du nœud, l'amplitude devient très faible et présente dès lors, à condition que le frottement soit faible, moins de risques (ce n'est pas une raison pour ne pas l'éviter). Prêtez aussi attention aux frottements provoqués par les pendules. Lorsqu'une corde est placée à proximité d'une cascade, il faut l'éloigner au maximum de la cascade et si cela n'est pas possible, il faut garder une bonne distance du rocher. Le courant d'air et l'eau mettent la corde en mouvement constant, ce qui, à la longue, au moindre contact, peut provoquer l'usure inopinée de la corde (sans parler d'éventuelles chutes de cailloux).

## **b. Frottements avec les appareils**

### **1) Le descendeur**

Globalement, l'utilisation des descendeurs n'utilise que très lentement la corde par frottement.

Cependant, lorsque la corde est sale, leur usage favorise la pénétration des particules abrasives plus en profondeur. On confirme de la sorte l'importance du nettoyage des cordes.

Le frottement par le descendeur n'est pas vraiment nuisible lorsqu'on travaille sur cordes humides. Cependant sur cordes sèches, il peut, localement, faire fondre la gaine réduisant d'autant sa résistance. (Lustrage) Ceci est d'autant plus vrai que la température du descendeur est élevée. Ces valeurs élevées sont obtenues lors descentes rapides ou longues et par les descendeurs « *Stop®* » mal utilisés. Il faut donc descendre à vitesse modérée sur corde sèche lorsque celle-ci est longue.

Descendeur avec les roulettes usées...la corde frotte sur le filet du boulon..!

### **2) Les bloqueurs**

L'utilisation répétée des bloqueurs ne semble pas provoquer de frottements particulièrement dommageables aux cordes.<sup>4</sup>

## **6) Utilisation et entretien**

### **a. Utilisation.**

#### **a. Généralités.**

De ce qui précède, on peut tirer les conseils suivants :

Il faut toujours équiper en Fc inférieur à 1 et même moins si l'on ne peut pas compter sur un effet pendule ou pour des chutes importantes (la force de choc devient limite pour des cordes usagées).

Il faut absolument supprimer les frottements graves surtout si de nombreuses personnes doivent passer sur l'équipement ou si la longueur de corde est importante sous le *fractio*.

Pour éviter le frottement de la corde sur le rocher il existe trois solutions :

- Toujours équiper plein vide (*fractio*, déviation...)
- Les protections de corde (kits ou gaines placés à l'endroit du frottement).
- Les échelles (plus vraiment utilisées) : les frottements sont réduits puisqu'il n'y a plus de poids sur la corde lors de la remontée.

Il est aussi important, afin de prémunir les cordes d'éventuelles chutes de pierres et de la maladresse des équipiers qui pourraient marcher dessus, de lover les longueurs de cordes restant sous le puits.

Ajoutons qu'afin d'éviter de blesser la corde il faudrait que le fil du connecteur (un *clown*, maillon rapide ou mousqueton) soit de diamètre égal ou supérieur à celui de la corde. Il est interdit d'amarrer la corde sur des angles vifs. Il est donc interdit de passer la corde directement dans les plaquettes ou pitons.

Attention, lorsqu'on équipe, les critères de résistance de matériel ne sont pas les seuls à prendre en considération. Il est essentiel de réfléchir à la hauteur de chute surtout si l'on risque de rencontrer des obstacles et/ou que sa probabilité est relativement élevée. Dans le même ordre d'idées, il faut éviter les risques de longs pendules. De plus il faut penser au confort de progression.

#### **b. Cas particuliers : l'amarrage en Y et les rampes**

Pour ne pas dépasser dans chaque brin la tension correspondante au poids d'un homme, l'angle formé pour un amarrage Y ou sur une rampe ne doit pas dépasser 120° en charge (voir tableau page 13). Sur une rampe, cette valeur peut être légèrement augmentée si elle n'est pas censée reprendre de chocs.

Cependant, sous tension, il est quasi impossible d'arriver à cet angle de 120°, même lorsque le nœud est construit tendu.

---

<sup>4</sup> Au vu de l'expérience acquise lors de visites de masse de gouffres équipés, il semblerait néanmoins que le rôle des picots des bloqueurs ne soit pas négligeable. (bloqueurs à main, ventral et pied)

## b. Entretien et stockage

### a. Première utilisation

Il est nécessaire de tremper la corde pendant 24 heures puis de la faire sécher avant toute utilisation ou découpe à longueur. Ceci ôtera la plupart des lubrifiants (afin d'éviter partiellement le glissement de la gaine) et permettra à la corde de subir le rétrécissement lié à sa première humidification. En cas d'équipement de longue durée avec une corde neuve, est en outre conseillé d'effectuer quelques montées descentes sur la corde pour éviter tout bourrage de gaine aux fractionnés. (Remarquons que sur ce point, que les fabricants ont fait de gros progrès).

Idéalement, la découpe s'effectue avec un couteau ou autre pièce métallique chauffée fortement (>400°C) ce qui permet d'éviter tout effilochage. Sous terre, on pouvait couper la corde directement avec la flamme de l'acéto....avec les *led* cela marche moins bien.

### b. Nettoyage

Il est nécessaire de nettoyer les cordes après chaque utilisation afin d'enlever un maximum de boue et de limiter ainsi la pénétration des microcristaux. Ce nettoyage peut se faire en rivière, avec un des nettoyeurs vendus dans le commerce ou en machine à laver à 30° ou moins (Un essorage puissant est déconseillé pour la machine, de plus, pensez à nettoyer le filtre). Il est par contre déconseillé de nettoyer les cordes avec un hydro-nettoyeur à haute pression (type *Karcher*®) car la pression est telle que l'on risque de faire pénétrer encore plus loin dans la corde les microcristaux.

Concernant les détergents, tous les savons doux sont autorisés (lessive pour laine par ex.) mais il est vivement déconseillé de travailler avec des lessives dures contenant par exemple du chlore (lessives décapantes ou contenant des agents blanchissants par ex. ). Mais est-ce utile de travailler avec des détergents ?

### c. Influence du soleil

Le soleil, en particulier: les UV., est un puissant accélérateur du vieillissement des cordes. L'énergie des UV est suffisante pour briser les longues chaînes de polyamide ainsi tout à la fois sa résistance et son élasticité. La résistance aux chocs s'en trouve dès lors dramatiquement réduite. Il faut donc, dans la mesure du possible, préserver les cordes du soleil. Si elles avaient néanmoins longuement été exposées il faut les déclasser plus rapidement.

### d. Longs séjours sous terre

Deux accidents fin des années 99 semblent montrer qu'un séjour prolongé (quelques années) des cordes en milieu humide réduit considérablement la résistance, contrairement aux idées reçues précédemment. La méfiance s'impose !

### e. Influence des produits chimiques

Certains produits chimiques sont néfastes pour les cordes. Les acides (le liquide des batteries et de certaines piles, l'esprit de sel), les bases (soude caustique, les détartrants entrent dans cette catégorie). Les solvants (White spirit, acétone, trichloréthylène, tiner ...) sont réputés pour être néfastes (pas de test mais la nature chimique de beaucoup d'entre eux le laisse craindre).



Attention aux sols fraîchement traités ou aux émanations lors de travaux de peinture par exemple. Par contre, concernant les hydrocarbures, on reste dans le doute. Une rupture de corde a été imputée à un contact avec du mazout. Cependant des tests récents avec huile, mazout ou essence ont montré que les cordes n'en souffraient pas, du moins à courte et moyenne échéance (1 mois). Pour une imprégnation plus longue, il n'y a pas de résultats à ce jour. Restant dans le doute, on évitera de mettre les cordes en contact avec des hydrocarbures, surtout lourds (mazout, huile), les légers (essences) s'évaporant rapidement. En règle générale, il faut éviter tout contact des cordes avec des substances non prévues. On ne parlera pas en détail du carbure, celui-ci n'étant presque plus utilisé. Cependant, la chaux étant une base faible il n'y a pas beaucoup de risque.





## f. Contrôle durée de vie.

Les cordes, malgré le soin qu'on leur apporte, finissent par vieillir, même si on ne les utilise pas. De plus elles peuvent subir une détérioration localisée suite à une chute de pierres, un frottement, une chute. Ces lésions localisées peuvent impliquer une réduction importante de la résistance de la corde. Il est par conséquent indispensable de couper le tronçon défectueux. Pour repérer une partie de ces détériorations, un contrôle des cordes est nécessaire.

Celui-ci consiste en trois opérations qui se déroulent simultanément :

1. Un contrôle visuel (effilochement, tonche, brulure...) qui permettra de contrôler l'état de la gaine.
2. Contrôle de l'âme et de la gaine en faisant passer la corde entre les doigts...le diamètre doit être constant. Si pas il faut couper la longueur abimée.
3. Passer la corde entre les doigts en faisant une boucle.....de cette manière on confirme un éventuel défaut à l'âme.

Ce triple contrôle permet de repérer de nombreux défauts ponctuels de la corde mais peut-être pas tous.

Deux autres paramètres permettent de juger de la résistance d'une corde :

1. Suivre les conseils du fabricant concernant la durée de vie (5 à 10 ans )
2. Si on désire dépasser cette échéance, il est nécessaire de faire subir à un tronçon test de la corde, un test au choc réel.

On prend un bout de 3m préalablement trempée et on lui faire subir 3 chutes en Fc1 avec une gueuze de 80 kg. Si elle résiste au 3 chocs, elle est revalidée pour 2 ans.

Une corde ayant subi un choc important, il faut déclasser la longueur ayant subi le choc, surtout lorsque la corde n'est plus neuve.



## g. Stockage.

Le stockage et le séchage des cordes doivent s'effectuer à l'abri de la lumière, soit dans une cave, pendues à un râtelier, ou ailleurs, dans un sac. Il faut éviter de les placer au sol (crasses, éventuels produits), et éviter tout contact avec les produits chimiques ou leurs émanations (attention aux égouts). Idéalement, il faut un local sombre et sec réservé au matériel.

## h. Remarques particulières.

- 1) Une corde sollicitée de façon importante (plusieurs centaines de daN) pendant un temps relativement important perd lentement mais sûrement ses qualités de résistance statique et dynamique. Par conséquent, une corde spéléo ne peut servir qu'aux activités spéléos et connexes. Il est très vivement déconseillé de l'utiliser à d'autres usages surtout si ceux-ci impliquent des forces importantes (remorquage par ex.) ou une exposition prolongée au soleil (fixation sur le porte-bagages ou usage dans le cadre d'un bricolage à la maison). Attention aussi aux *tyroliennes* qui soumettent les cordes à des tensions importantes (si trop tendues).
- 2) Les descendeurs qui tordent la corde (le huit) sont déconseillés car, même si les fabricants essaient de l'éviter, ils peuvent détorsader la corde. Idem pour le demi-cabestan.
- 3) Lorsque vous déclassez une corde, sortez-la du contexte spéléo afin de ne pas la retrouver ultérieurement équipant un puits.
- 4) Concernant le marquage des cordes, il existe des gaines thermo-rétractables qui protègent le marquage reprenant les infos utiles (long-âge-diam-n° ...). Attention que cette technique est déconseillée pour les cordes canyons ou pour les rappels de cordes.  
Il existe une encre spéciale permettant le marquage (*Rope marker*).



Cette encre spéciale pour marquer les cordes soit au milieu, soit sur les bouts. Cette encre durcit peu la corde, résiste à l'eau et résiste très bien à l'abrasion.

Le flacon possède à son extrémité une petite roulette pour mieux déposer l'encre.

## 8) La Dyneema<sup>5</sup>

La cordelette *Dyneema*<sup>®</sup> de 5mm est totalement blanche. Attention qu'il existe des cordelettes avec "âmes" *Dyneema*<sup>®</sup> et de couleur. Celles-ci n'ont pas les mêmes caractéristiques.

Pour rappel, la *Dyneema*<sup>®</sup> est 100% statique et n'absorbe aucun choc. Résistance statique de 1500 kg. Poids 15gr/m.

Ne pas utiliser pour des nœuds autobloquants : température de fusion = 145°C

Toujours fermer les boucles avec un nœud double pêcheur, celui-ci est facile à faire et défaire sur la *Dyneema*<sup>®</sup>.



Pensez à laisser au minimum 3cm de brin libre (courant) après les nœuds.  
La *Dyneema*<sup>®</sup> sera stockée **SANS** nœud.

<sup>5</sup> Plus d'info sur les fiches du GET de la FFS.

Le brûlage d'une dyneema® est moins simple qu'une corde :

La première étape de l'utilisation de cette cordelette passe par la confection d'anneaux, il faut couper la cordelette.

Avec un cutter et un réchaud:

- Couper avec le cutter la cordelette à la longueur désirée,
- Extraire à la main l'âme et en retirer 1,5 cm au cutter,
- Brûler légèrement l'âme pour obtenir un bout homogène et non épais,
- Faire glisser la gaine jusqu'au recouvrement de l'âme,
- Brûler la gaine jusqu'à 0,5 cm de l'âme et homogénéiser le bout,

Rem. : certaines équipes de pointe utilisent la dyneema® comme corde de progression...! Il est clair que cela est réservé à des « techniciens » très « *pointus* » qui comprennent bien toutes les conséquences.

## C. L'ANCRAGE

### 1) Introduction

Les amarrages utilisés sous terre peuvent être de différentes natures. On y rencontre l'amarrage naturel qui éventuellement nécessite une sangle mais le plus souvent, à l'heure actuelle et en Europe, nous choisissons l'amarrage artificiel (*spit*®, goujons, broches). Pour pouvoir descendre sur amarrage unique avec un facteur de sécurité suffisant, il faudrait des fixations dans le rocher de 10 cm de profondeur et plus de 1,5 cm de diamètre, Ceci est évidemment impossible à envisager dans les grands gouffres ou les gouffres peu fréquentés. Par conséquent, pour avoir un facteur de sécurité suffisant avec des amarrages plus modestes, nous sommes obligés de travailler avec un double ancrage. Le risque de rupture simultanée des deux ancrages s'approche du risque de rupture de l'ancrage unique décrit ci-dessus.

Le principe du double amarrage étant admis, avant d'entrer dans la description de ce qui existe, je me dois de définir quelques notions fondamentales de résistance.

### 2) Considérations générales

#### a. Types d'efforts rencontrés

Les sollicitations auxquelles peut être soumis un amarrage, ou une partie de celui—ci sont de quatre natures :

#### 1) **La traction ou la compression**

C'est un effort exercé dans l'axe de l'élément considéré. Les résistances à la traction ou à la compression sont généralement très importantes, cependant il ne faut pas perdre de vue que nos ancrages sont particulièrement petits.

#### 2) **Le cisaillement pur ou avec compression ou traction**

Effort généralement perpendiculaire à l'axe de l'ancrage sans bras de levier (effort exercé au ras du *spit*® bien planté par exemple). Les résistances à ce type d'efforts sont légèrement moindres que pour la traction ou compression.

#### 3) **Cisaillement + flexion + traction ou compression.**

La flexion est provoquée par un effet perpendiculaire à l'axe avec bras de levier. L'effort de flexion est ici quantifié par la composante perpendiculaire à l'axe de l'effort par bras de levier. Cet effort de flexion devient très vite insupportable pour nos petits ancrages, ils doivent donc être minimisés.

#### 4) **La torsion**

Effort obtenu lors de l'application d'un couple parallèle à l'axe de la pièce.

Cet effort est le pire de tous mais on ne le rencontre guère que lors du serrage de la vis et il disparaît par la suite.

Il existe d'autres types d'efforts (flambage par ex. pour les mâts d'escalade), que l'on ne rencontre pas dans le matériel spéléo classique.

## b. Types de matériaux utilisés et usages

En résumé, nous rencontrons les matières suivantes : l'acier, l'acier galvanisé, l'acier ayant subi un traitement thermique (durcissant) (bout denté du spit), acier inox, dural et zircal. Le dural (trop peu résistant), et l'acier (oxydation trop rapide) sont à éviter pour les ancrages. L'acier galvanisé, et beaucoup mieux encore, l'inox sont les seuls utilisables pour les équipements fixes. Tout le reste est plus ou moins rapidement agressé dès lors que l'atmosphère est légèrement agressive. De plus, il existe un couple électrique entre le spit ou le rocher et la plaquette ou le mousqueton qui à moyenne échéance oxyde gravement les alliages. (corrosion électrochimique, phénomène de l'électrolyse)

Par contre, pour des raisons évidentes de poids, on préfère les équipements en alliage léger (zircal par ex.) pour les équipements de courte durée (jusqu'à plusieurs semaines). Une exception à ces règles : le titane, léger et résistant parfaitement à la corrosion. Cependant les matériels en titane sont trop peu répandus.



### 3) Le spit® et la trousse à spits.



#### a. Description

Le « spit® », de la marque **Spit**, est constitué d'une cheville auto foreuse creuse et filetée et d'un cône permettant l'expansion. Son extrémité est constituée de dents et a subi un traitement thermique durcissant l'acier afin de permettre le creusement du trou. De plus, quatre rainures sont creusées afin de permettre une expansion limitée à l'extrémité du spit. La Firme **Hilti®** propose également des chevilles auto-foreuse.

La *trousse à spit* est composée d'une petite sacoche permettant d'y placer un marteau, un tamponnoir, les spits et éventuellement un ou deux pitons et les plaquettes et boulons. Afin d'éviter de perdre les spits, il est conseillé de les ranger (boîte à part, morceau de chambre à air percée) ou alors les placer sous plastique avec rangement individuel de chaque spit et cône.



Le marteau ne doit pas être trop lourd (environ 500gr) et doit comporter une dragonne afin d'éviter de le perdre lors de son utilisation. Il est préférable que le manche soit en matière imputrescible. La tête doit être solidement fixée au manche.

Le tamponnoir composé d'un corps massif et prolongé d'une tige filetée devant recevoir le spit. Il doit posséder une dragonne tournante afin de ne pas gêner le travail. Il en existe de plusieurs types qui ont tous leurs avantages et leurs défauts.

Le tamponnoir de **Petzi®** semble avoir la cote dans tous les clubs; il est léger, peu encombrant et pratique. Pour les chevilles **Raumer**, il existe sur le marché un tamponnoir permettant de placer une mèche SDS.

L'avantage de ce dernier, c'est qu'il peut également permettre de placer des goujons. Son utilisation demande une certaine habitude au même titre que le tamponnoir pour les spits.



#### b. Le planté de la cheville auto foreuse ou spit®

Pour qu'un spit ait toute sa résistance, il faut qu'il soit bien planté. Outre les considérations de confort et de frottement de la corde, le spit doit être placé dans une roche saine (non fissurée et il faut éviter les écailles). Une observation à l'œil nu suivie de quelques bons coups de marteau (son clair) nous permettent de nous en assurer. Une fois l'endroit choisi, il faut dégager l'emplacement afin permettre à la plaquette de reposer sur le rocher et pour éventuellement dégager les premiers mm de roche corrodée ou altérée. Ensuite on peut forer le trou en frappant d'abord légèrement sur le tamponnoir et en le tournant régulièrement. Lorsque le trou est amorcé, on peut frapper plus vigoureusement. Il faut penser à vider régulièrement la cheville afin d'éviter tout bourrage. (N.B : si le spit est malgré tout bourré, il faut alors casser la cheville et continuer le travail avec une nouvelle.). On évitera donc de planter un spit bourré !

On creuse le trou à la profondeur du spit, puis on le nettoie. On introduit le cône à l'extrémité de la cheville sans forcer et après introduction de l'ensemble dans le trou, on frappe sans tourner le tamponnoir jusqu'à enfoncement complet du spit. (Le marteau rebondit franchement lorsqu'on est en fin de course).

Si on fore le trou à l'aide d'une foreuse, il est nécessaire de terminer le trou à la main afin d'obtenir un fond plat qui, seul, permet une expansion correcte de la cheville. (Ce problème, à la condition de bien utiliser la mèche spéciale, ne se pose pas avec les chevilles *Raumer*<sup>®</sup>. Il faut également être très attentif à la profondeur du trou et cela est particulièrement vrai, par contre pour la cheville *Raumer*<sup>®</sup>. Du point de vue strict du planté du spit, on peut rencontrer huit types de défauts

- 1) Ecaillage, surtout gênant, lorsque l'écaillage est vers le bas. Il provoque un mauvais appui du spit ce qui entraîne un effet de flexion. Ce phénomène est dû à une frappe trop vigoureuse en début de forage ou à des microfissures ou une roche très cristalline.
- 2) Trou évasé : même problème qu'en 1 : il est dû à un manque de fermeté dans la tenue du tamponnoir.
- 3) Spit incomplètement planté. Ce défaut est encore plus grave car non seulement il provoque de la flexion au même titre que dans les cas précédents mais en plus, la roche travaille sur une profondeur moindre et souvent, ne permet pas une bonne application de la plaquette contre le rocher ce qui augmente encore l'effort de flexion à la fois dans le spit mais aussi dans la vis et dans la plaquette. Les italiens ont fait des tests sur ce problème, et les résultats deviennent alarmants dès que le spit ressort de plus de 2 mm. Ces résultats sont également valables pour l'écaillage ou le trou évasé
- 4) Spit trop planté. Ce défaut ne pose pas de problème pour le spit lui-même mais peut entraîner l'arrachement du filet de la vis et la fait travailler en flexion ce qui peut également entraîner sa rupture. Les mêmes tests ont été effectués par les italiens entraînant une faiblesse importante dès lors que le spit est enfoncé de plus de 3 mm en excès.
- 5) Mauvais décapage. Ceci implique un mauvais appui de plaquette et/ou un vissage incomplet de la vis => travail en flexion de la plaquette et/ou un vissage incomplet de la vis donc travail en flexion de la plaquette et/ou de la vis et du spit.
- 6) Utilisation d'un cône inapproprié : gênant lors de l'association cône Hilti avec cheville Spit pour les efforts de traction (400 daN de résistance résiduelle dans les meilleures conditions). Il est à remarquer que la résistance de la cheville Hilti avec le cône Hilti est moindre qu'avec le cône Spit.
- 7) Spit planté non perpendiculairement avec la paroi. Ce défaut devient vite problématique dès lors que l'on dépasse un angle de 10° vers le bas et 5° vers le haut.
- 8) 2 spits plantés trop près l'un de l'autre entraînent une diminution de la force qu'ils peuvent reprendre sans parler d'un risque de rupture en cascade. La distance minimale à respecter est de 13 cm. En-dessous, il devient difficile de parler de deux amarrages indépendants même si la résistance cumulée des deux spits reste supérieure à celle d'un spit unique.

### c. Résistance et dimensions du spit

- Diamètre de 12 mm
- Pour vis de 8 mm.
- Résistance en traction 18 kN
- Résistance au cisaillement 16 kN

La résistance d'un spit dépend bien sûr de la qualité du planté. Un spit mal planté peut voir sa résistance diminuer de 2/3.

Mais elle dépend aussi de la qualité de la roche encaissante. Une règle simple : les roches dures sont plus résistantes que les roches tendres (voir tableau). Pour s'en rendre compte, on vérifie lors du planté que le spit ne pénètre pas trop facilement dans la roche. La frappe doit donner un son clair.

Le tableau ne reprend pas les roches que l'on rencontre pourtant souvent en falaise ou dans certaines grottes.

On peut classer les granits dans les roches dures, les grès durs dans les roches tendres mais acceptables (à vérifier) et les grès tendres et les schistes dans les roches où les spits sont à proscrire. Pour la dolomie il semble que sa résistance soit acceptable.

| Roche                          | Caractéristiques   | Rupture du spit en daN    |
|--------------------------------|--|---------------------------|
| Urgonien (Faciès) <sup>6</sup> | Calcaire cristallin, arêtes vives, éclats coupants, réputé très dur  | Supérieure aux plaquettes |
| Sénonien                       | Compact à bancs de silex, plus friable, réputé dur   | 1500                      |
| Hauterivien                    | Marno-calcaire à rognons . Zones marneuses très tendres, rognons plus durs, spit sur gros rognon               | 1600                      |
| Calcites                       | Sèche, lisse, scintillante, son clair au marteau. Le trou se fore vite. Bonne expansion sous le cône.          | 750                       |
|                                | Hétérogène, choux fleurs, friable, son mat du marteau Trou très rapidement foré, expansion du cône incertaine. | 350                       |

Des tests effectués par les italiens donnent des valeurs qui sont souvent supérieures pour les calcaires, les marbres et le granit.

#### d. Usures et détérioration du spit

Les spits vieillissent (oxydation, fatigue, usure ou détérioration du filet...) ou s'encrassent (boue, calcite ...). Les filets abîmés provoquent un vissage difficile voir incomplet de la vis. Celle-ci est alors soumise à un effort de torsion durant le vissage qui peut le casser. De plus un vissage incomplet provoque des efforts de flexion dans la vis et ne bloque pas la plaquette ce qui augmente encore la flexion dans la vis et peut provoquer son retournement avec tous les risques de rupture que cela comporte. Un encrassement important du spit peut chasser le cône et faire ressortir le spit. La fatigue du spit peut réduire sa résistance mais vu sa nature (acier), ce problème ne doit pas vraiment se poser contrairement à une oxydation excessive mais que l'on ressentira au filet.

L'utilisation d'un taraud permet de nettoyer le spit.

L'usure du filet ne permet plus à la vis de transmettre correctement les forces au spit, on risque l'arrachement de la vis ou son dévissage intempêtif. On considère généralement que la durée de vie d'un spit est de +20 ans.

On remarque également souvent qu'un spit commence à tourner fou après quelques années. Cela est probablement dû à une détérioration de la roche au contact du spit.



JF

#### e. La cheville Raumer



Le cône est déjà fixé à la cheville. Le trou peut être foré soit avec une foreuse, soit avec le *Roc-pecker* et une mèche SDS «spéciale». Le diamètre de forage est de 12 mm et la profondeur du trou de 30mm doit être respectée rigoureusement pour obtenir une bonne expansion. Ces usages sont comparables à ceux du spit avec une meilleure résistance. L'usage de chevilles inox est également envisageable ce qui prolonge d'autant la durée de vie de l'ancrage.



JF

<sup>6</sup> L'urgonien est un faciès sédimentaire calcaire du crétacé.

## 4) La vis



### a. Description

Les vis utilisées sont de diamètre 8mm et au pas de 1,25 mm avec une tête hexagonale de 13. La longueur est de 16mm pour les plaquettes et 20 mm pour les anneaux fileté sur toute la longueur (si on les achète soi-même)

Elles sont en acier de haute résistance (80 kg/mm<sup>2</sup> marquées 8.8 sur la tête). Leur résistance au cisaillement est de 1800 daN et à la traction de 2400 daN.

Il est important de respecter ces prescriptions. Un acier de moindre résistance conduit à une résistance trop faible surtout si le spit me permet pas un effort idéal de la vis. Un acier plus résistant est inutile et est éventuellement moins résistant aux chocs, de plus, il risque d'abîmer les filets des spits. Une vis plus courte ne permettra pas une bonne transmission de l'effort au spit (risque d'arrachement de la vis) et trop longue elle risque de chasser le cône ou d'interdire le serrage de la plaquette.

IJF

### b. Le serrage.

Voilà bien le sujet polémique par excellence. Entre les partisans du serrage important et ceux du serrage minimum se trouve la vérité. N'importe quel mécanicien vous dira qu'une vis doit être serrée, surtout si elle est soumise à des forces non constantes, ce qui est notre cas, sinon elle risque de se dévisser. Ce dévissage présente plusieurs inconvénients.

S'il est complet, vous m'avez compris.

Un dévissage incomplet va provoquer ou augmenter les efforts de flexion bien plus dommageables que la traction imprimée par le serrage. De plus la plaquette risque de se retourner (rupture quasi assurée, les efforts de flexion sont 5 fois supérieurs aux cas défavorables déjà cités). En outre, une plaquette mal appliquée contre paroi transmet des efforts plus importants à la vis.

Après vous avoir convaincu qu'une vis doit être serrée, reste à connaître le couple de serrage. Les italiens ont fait des tests pour différents couples de serrage : à 8daNm la tête de vis se casse. Pour toutes valeurs inférieures la résistance résiduelle de l'amarrage est acceptable (une perte d'environ 10% pour 7daNm).<sup>7</sup>

Comment expliquer ce phénomène apparemment étonnant ? En fait, lorsqu'on serre me vis, on exerce un effort de torsion qui est le pire de tous. Cet effort disparaît dès la fin de la sollicitation pour ne laisser subsister qu'un effort réduit de traction. Faut-il par conséquent serrer au maximum les vis ? La réponse est non car il faut travailler dans le domaine élastique du métal de la vis afin d'éviter des déformations permanentes qui réduiraient la capacité de la vis à reprendre des chocs. Un serrage de l'ordre d'un bon 2 daNm me semble dans ces conditions un bon compromis. (Une force de 10 à 20 kg >> au bout de la clé en fonction de sa longueur).

Si un filet au pis, les deux, est encrassé ou abîmé, l'idéal est de le nettoyer ou re-tarauder. Dans le cas contraire, des frottements supplémentaires apparaissent et vont nécessiter un serrage qui peut être beaucoup plus important avec les risques de déformations permanentes qui s'ensuivent. Le chiffrer est évidemment impossible, cependant le risque de dévissage intempestif étant quasi nul, en se contentera d'appliquer correctement la plaquette contre la paroi si possible ou alors de changer de vis ou re-tarauder le spit.

### c. Usure, entretien, transport.

De ce qui précède, on voit qu'il est nécessaire de nettoyer ses vis; n'hésitez pas non plus, lorsqu'elle est abîmée ou rouillée, de les changer.

Pour le transport, afin de ne pas les perdre, elles peuvent efficacement être solidarisées à la plaquette grâce à un joint torique ou un circlips. Idéalement, elles seront transportées avec les plaquettes dans un sac afin de ne pas les laisser traîner dans la boue. Si malgré tout, on préfère les accrocher aux mousquetons, et par conséquent, prendre le risque de les encrasser, faut huiler les filets ceci permettant d'éviter l'adhérence de la boue au filet. Cette lubrification est en outre une excellente protection contre l'oxydation.

---

<sup>7</sup> Un serrage excessif peut également provoquer la rotation du spit, surtout s'il est vieux.

## 5) Les plaquettes

### a. Principes généraux

Le rôle de la plaquette est d'effectuer la liaison entre l'ancrage (spit ou goujon) et le mousqueton ou directement à la corde. Elle doit éventuellement permettre d'éloigner le nœud de la paroi en évitant ainsi des frottements. Enfin, elle ne doit pas transmettre une force excessive au spit ou à la vis. Nous allons passer en revue les différentes plaquettes usuellement utilisées. Leur résistance, lors d'un usage autorisé avoisine généralement les 1800 daN. La force transmise est généralement supérieure à celle exercée sur la plaquette par le mousqueton ou la corde (effort de traction supplémentaire). Lors d'un usage correct, elle reste raisonnable. Elle ne devrait donc pas représenter le point faible de la chaîne de sécurité. Il faut néanmoins porter une attention aux éventuels problèmes de corrosion ou d'usure en particulier pour les alliages légers (Zicral). En règle générale, on essaiera d'utiliser des plaquettes inox avec des mousquetons ou maillons acier et des plaquettes zicral avec les mousquetons en alliage léger.

### b. Plaquettes vrillées



#### a. Description

Généralement en zicral, elle place le mousqueton parallèle à la paroi. Faire donc attention que le nœud ne vient pas en appui sur la paroi. Dans ce cas il fallait une plaquette coudée ou on utilise un deuxième mousqueton. Ne peut pas être utilisé en plafond.

#### b. Transmission des forces

Si la plaquette est appliquée contre la paroi et contre le spit (correctement placé), une force de 80 daN parallèle à la paroi et verticale provoquera un cisaillement raisonnable au niveau de la vis même en cas de choc.

Si la plaquette n'est pas appliquée contre le spit, la vis travaille en porte à faux et il faut donc ajouter un effort de flexion. La situation devient rapidement critique si plusieurs filets ne sont pas engagés.

Si la plaquette n'est pas appliquée contre la paroi, il faut ajouter aux efforts précédents une flexion pure qui implique des contraintes rapidement excessives dans la vis et la plaquette. (Rappelons que les forces exercées sont à multiplier par 3 pour une remontée vive aux bloqueurs et par 10 lors d'une chute de  $F_c = 1$ ). Pour un effort perpendiculaire à la paroi nous aurons  $\pm 185$  daN si la plaquette est bien contre la paroi, sinon il faut encore multiplier cette valeur par  $\pm 3$  et le tout par 10 pour un choc sans compter qu'il y a de la flexion combinée, en d'autres termes, c'est la rupture garantie (généralement au niveau de la plaquette).

On voit donc que cette plaquette ne peut reprendre que des forces parallèles à la paroi ou faisant un angle faible avec celle-ci. Concernant les efforts rien n'est indiqué dans la littérature. Normalement la plaquette devrait être amenée à tourner impliquant éventuellement des efforts anormaux (torsion ?) dans la vis. Si la plaquette reste immobile suite au caractère non plane du rocher, les sollicitations sont d'une nature comparable que dans le cas favorable et il ne devrait pas y avoir de problèmes.

### c. Usages

Comme le nœud n'est pas éloigné de la paroi (à moins d'utiliser deux mousquetons), cette plaquette est déconseillée pour une paroi bien plane. Par contre, si le nœud ne touche pas la paroi, elle est préférable aux plaquettes cintrées ou coudées que nous verrons par la suite (meilleur appui contre la paroi). Si les forces appliquées à la plaquette ne sont pas parallèles à la paroi, cette plaquette est dangereuse. Il est évident que les forces prises en considération sont celles que l'on peut rencontrer lors d'une chute ou lors d'une remontée aux bloqueurs ou une descente sur la corde, pas la traction que l'on peut exercer pour décrocher sa longe.



## c. Les plaquettes coudées – tuilées ou cintrées



### a. Description

Toujours en zical, ces plaquettes présentent l'avantage d'éloigner le nœud de la paroi grâce à l'appui du mousqueton sur celle-ci. Les coudées sont indéformables contrairement aux cintrées qui peuvent se déplier lors de sollicitations importantes.

### b. Transmission des forces.

La situation est similaire à la plaquette vrillée mais L étant plus petit, la plaquette impose une traction plus importante à la vis sans vraiment poser de problèmes. Si le mousqueton n'a pas d'appuis sur le rocher ou si l'appui se limite au tiers supérieur, la traction ainsi engendrée dans la vis peut devenir critique sauf si cet effort (force) fait un angle de 30 à 45 ° avec la verticale.<sup>8</sup>

### c. Usages.

A préférer aux vrillées sur des parois planes ou lorsque l'effort forme un angle raisonnable avec la verticale, situation que l'on rencontre souvent avec les amarrages en Y!

## d. La plaquette cœur



Cette plaquette est en inox et par conséquent plus lourde que les précédentes mais aussi plus résistante surtout à la corrosion. L'utilisation de l'inox a permis de rapprocher le trou de passage du mousqueton de celui de la vis.

Cet aspect, associé à sa forme particulière, lui permet d'être utilisée dans toutes les directions sans que l'effort soit idéal. Elle peut être utilisée au plafond parce que le mousqueton se place exactement sous le spit et donc n'engendre pas d'effort de flexion sur la vis. Sa nature la rend idéale pour les équipements fixes de longue durée (falaise, traversées...) Cependant, un usage intensif de ces plaquettes avec des mousquetons légers risque d'user prématurément les mousquetons, elles devraient donc être utilisées avec des maillons ou mousquetons acier également très lourds. Elles ne conviennent donc pas lorsqu'il y a un impératif de légèreté.

## e. La plaquette fixe



La plaquette Fixe 1 jouit d'une excellente réputation dans le monde vertical. Elle constitue l'ancrage le plus connu en escalade par exemple.

Elle est **robuste, facile à mousquetoner** et adaptée au passage de plusieurs mousquetons.

Trois petites protubérances autour du trou de la vis empêchent la plaquette de tourner en cas de charges latérales.

Le logement du mousqueton possède des arrêtes arrondies pour ne pas l'abîmer.

**Plaquette multidirectionnelle** de 4 mm d'épaisseur. Existe en bichromaté et en inox.

<sup>8</sup> Vrai pour les anciennes plaquettes coudées. Ce phénomène est supprimé avec les nouvelles plaquettes en forme de « tuiles » qui deviennent ainsi beaucoup plus universelles.

## f. Les anneaux.

### a. Description

Actuellement, ils sont souvent dissymétriques. Le fil à un diamètre variant de 7 à 8 mm. Ils sont en acier traité donc lourds. Ils nécessitent une vis de 20 mm de long. En paroi l'anneau est placé verticalement, au plafond, on le place dans la direction d'un éventuel pendule.

#### Anneau Raumer®



Pour la fixation de la corde, différentes options sont possibles. On peut coiffer la corde en tête d'alouette avant de placer l'anneau. On sait effectuer un double chaise avant la fixation ou même un huit. Ceci épargne un mousqueton.

### b. Caractéristiques mécaniques

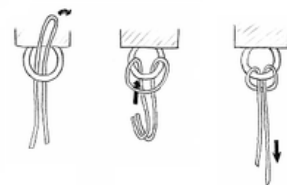
En paroi, la flexion transmise à la vis semble excessive (si l'appui de l'anneau est mauvais). Leur résistance est d'ailleurs limitée (800 daN). Cependant, ils permettent de reprendre des forces dans toutes les directions de leur plan. Par contre ils ne peuvent en aucun cas travailler latéralement. C.à.d. ne pas placer l'anneau horizontalement et faire attention qu'il ne puisse tourner... danger.

Pour les amarrages au plafond les anneaux transmettent de la traction pure à la vis et au spit, ce qui correspond à la situation idéale.

### c. Usages.

De ce qui précède, on voit que le seul usage justifié et même largement conseillé, est l'amarrage au plafond. Dans tous les autres cas, il est préférable d'utiliser les autres plaquettes.

Pour la fixation de la corde, il est préférable d'utiliser un mousqueton, le diamètre de l'anneau et l'obligation d'utiliser la tête d'alouette comme nœud diminue également la résistance de la corde et provoque une usure de la corde excessive si elle devait subir de nombreux passages.



## g. La plaquette clown



La plaquette clown est légère et s'utilise sans mousqueton, et dans toutes les positions tout en veillant bien que la plaquette repose correctement sur la roche. Comme elle est peu pratique pour se longer et surtout se délonger, il est déconseillé de l'utiliser avec des équipiers débutants ou peu autonomes.

## h. La plaquette AS (ressort plutôt des équipements souples et légers)



La plaquette AS est composée d'une « simple » rondelle dans laquelle une cordelette *Dyneema* mm est passée et fixée par une vis. La fermeture de la boucle s'effectue avec un double pêcheur.

Sa résistance, avec la *Dyneema* est de l'ordre de 1000 daN en paroi et de 1600 daN au plafond. Elle est utilisable dans pratiquement toutes les situations, elle peut servir de sangle, bref elle apparaît idéale.

Quelques réserves néanmoins:

Le passage de fractionnés n'est pas toujours évident car il est parfois difficile de placer le

mousqueton dans le nœud. (Le passage dans la Dyneema est à éviter car on se retrouve dans une situation d'amarrage unique.

« Lorsqu'on équipe une rampe et que le spéléo monte plus haut que les amarrages (il s'agit d'une erreur technique), il peut se trouver en Fc 2 voire plus.

Remarque comparable à la précédente, la Dyneema doit travailler de façon tendue ou à tout le moins ne pas subir de choc .

Pour rappel ...Dyneema = max Fc 0,3.

### a. Méthodes d'utilisation :

Idéalement utiliser le nœud de tisserand en recoiffant la plaquette avec la boucle libre ou nœud Serfati. Ce nœud glisse assez rapidement ce qui permet un amortissement mais il faut évidemment éviter que le glissement ne désolidarise la Dyneema et la corde d'où la nécessité de recoiffer le nœud.

On peut également utiliser la tête d'alouette ou autres méthodes ne permettant pas le glissement du nœud mais dans ce cas, il est indispensable de tenir compte du point précédent.

Pour un amarrage au plafond, il faut utiliser les deux brins de part et d'autre de la plaquette afin d'éviter l'existence d'un bras de levier.



clé Serfati (ffS)



Ne **JAMAIS** se longer dans la boucle Dyneema....mais dans la boucle de la corde.

### i. Conclusions.

Il existe encore de nombreux autres types de plaquettes ou de fixations aux spits (grosses plaquettes avec appui, plaquette en T, câble sertis avec vis...), Un exposé exhaustif sur toutes ces plaquettes deviendrait fastidieux. On constate ainsi que leur efficacité dépend dans une large mesure de la qualité du planté de spit (généralement appui nécessaire contre la paroi et serrage de la plaquette contre le *spit*). Quand on place une plaquette il faut réfléchir à la direction dans laquelle elle est amenée à travailler surtout en cas de chocs et l'orienter dans cette direction. Il est aussi important que, quelles que soient les sollicitations normalement exercées, la plaquette conserve sa position. Dans le cas contraire, on risque son retournement impliquant des sollicitations à hauteur de la vis qui peuvent être multipliées par dix ! Il faut donc les immobiliser avec une force suffisante (serrage indispensable de la vis).

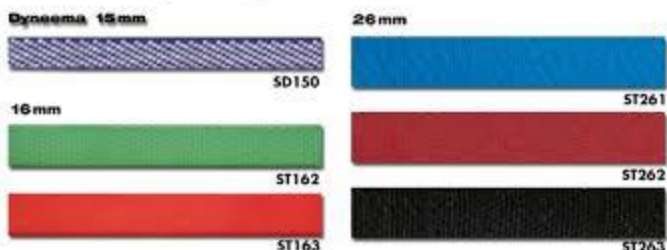
Les situations rencontrées sous terre étant généralement très variées, il est conseillé d'avoir avec soi un choix de plaquettes (par ex. vrillées coudées anneaux) à moins de choisir la solution lourde (plaquettes cœur et mousquetons ou maillons en acier).

Dans les divers types d'amarrages, on n'oubliera pas :

| les AN (amarrage naturel ).   | les AFD (amarrage foré débouchant...lunule)  |
|---|--|
|  |  |

## 6) Les sangles

### Tubular tapes (€)



### a. Utilisations

#### a. Les amarrages naturels

Sous terre on utilise souvent les amarrages naturels. ils reviennent même à la mode. Ils sont généralement de très bonne qualité, cependant il est nécessaire de les embrasser avec la corde ou la sangle. L'utilisation de la corde est tout à fait concevable pour le premier amarrage de celui-ci mais par la suite, cette solution nécessite beaucoup de longueur (presque 2X la longueur nécessaire sans compter le nœud de chaise double. Il est alors préférable d'utiliser une sangle. De plus la sangle épouse mieux le relief que la corde et risque beaucoup moins de glisser hors de l'amarrage lorsque ce risque existe. En cas d'angles trop vifs sur l'amarrage, il faut soit les casser à coup de marteau, soit, placer une protection (kit, morceau de texair, bâche ou chambre à air) et dans le cas contraire, la sangle est obligatoire.

### Déviations

Les déviations sont avantageusement fabriquées avec de la sangle fine, des cordelettes ou de la corde usagée. Les considérations de résistance étant de peu d'importance. Attention tout de même aux déviations très tendues et au pendule qui s'ensuit en cas de rupture. Ne jamais utiliser un amarrage prévu pour une déviation pour faire un fractionné sans avoir contrôlé sa qualité.

### b. Caractéristiques

#### a. Description

Les sangles utilisées sous terre sont généralement des sangles tubulaires dont il existe deux largeurs (18 et 28 mm). On réservera la 18 mm pour les déviations, les pédales et autres matériels n'entrant pas dans la chaîne de sécurité.

#### b. Résistance.

Les sangles sont des éléments statiques au même titre que les cordes spéléos voire même plus (à ne pas utiliser comme longe personnelle donc !). Leur résistance est de l'ordre (avec nœud et mouillée) de 1200 daN pour anneau de 28mm, 900 daN pour un anneau de 18mm, et en simple respectivement de 750 et 450 daN. La 18 mm est trop faible dans la chaîne de sécurité, on lui préférera un anneau de 28.

Beaucoup de sangles sont marquées avec des filets indiquant leur résistance. Chaque filet équivaut à une résistance de 5 KN. Ainsi, une sangle comportant 3 filets aura une résistance d'environ 1500 daN (à simple et sans nœud).

Les sangles ont généralement tendance à s'user de préférence sur les bords (plis), c'est dans l'état de qu'il faut vérifier avant d'utiliser une sangle (en place ou non). Fabriquées dans la même matière que les cordes, elles subissent les mêmes atteintes. Tous les conseils donnés pour les cordes s'appliquent donc aux sangles.

### c. **Nœuds.**

De nombreux nœuds glissent sur une sangle. Il est par conséquent conseillé d'utiliser les deux nœuds suivants:

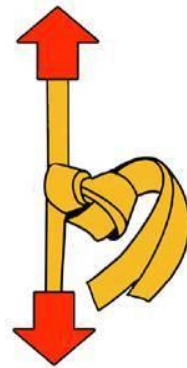
Sangle simple : nœud de huit plein poing (Le nœud de vache plein poing glisse à partir de 400 kg et s'échappe sur la sangle Dyneema neuve (même trempée au préalable). Laisser au moins 10 cm de brin libre.

**Anneau, jonction : nœud de sangle : le meilleur, laisser 5cm de part et d'autre**



#### **Nœud de huit plein poing :**

Le nœud de huit plein poing a une résistance inférieure au nœud de sangle mais tout à fait satisfaisante. Laisser 10cm de part et d'autre.



## **D. LES MOUSQUETONS ET LES MAILLONS**

### **1) Introduction.**

Il existe de nombreux modèles et formes que nous n'allons pas étudié dans les détails.

Pour cela référez-vous aux notices des fabricants

Tous les mousquetons d'équipement sont munis d'une virole.

Les mousquetons et maillons dans le matériel collectif sont généralement utilisés comme intermédiaires entre la plaquette et le nœud de la corde. Ils sont construits soit en alliage d'aluminium, en acier ou en inox. Les alliages légers et l'acier tiennent mal à la corrosion sur le moyen terme mais la légèreté des premiers leur confère un avantage indéniable pour les équipements de courtes durées. Par contre, pour les équipements fixes, l'inox est le seul matériau utilisable (avec le titane éventuellement).

Le choix des maillons ou des mousquetons dépend du portefeuille des clubs et du caractère fixe ou non de l'équipement. Les maillons sont sensiblement moins chers mais leur installation est nettement plus longue que pour les mousquetons. L'idéal donc, sans tenir compte du coût, est d'utiliser pour les équipements fixes ou de longue durée des maillons en inox et pour le reste, des mousquetons légers. Pour ces derniers, il faut veiller à ne pas abuser des amarrages en acier ni des frottements avec les cordes qui risquent de les user prématurément.

Il existe des maillons dont le vissage est beaucoup plus rapide... Speedy. Son poids est du même ordre que les mousquetons classiques mais pour un encombrement nettement plus réduit.

## 2) Les mousquetons

### a. Description générale

Un mousqueton est composé d'un fil, d'un nez, d'un doigt et d'un axe.

Les points faibles sont l'axe et le nez (coté fil ou doigt)

La force reprise par le mousqueton est une force qui implique des efforts de flexion très importants lorsque le doigt est ouvert. Donc malgré le diamètre du fil, ils ne présentent pas une résistance extraordinaire (définie par le point de rupture des éléments les plus faibles, avec doigt ouvert +-800daN) et lorsque le doigt lâche, le reste suit automatiquement. Il est important que le mousqueton travaille sur sa longueur, sa résistance, lorsqu'il travaille en largeur peut descendre sous les 800 daN (reprise de la totalité de la charge par le doigt).

### b. Etude du doigt

Le doigt possède toujours un axe monté avec un ressort qui permet de le maintenir fermée. Pour les mousquetons d'équipement, on y ajoute normalement une virole soit à baïonnette (déconseillée en spéléo à cause de la boue) soit à vis permettant d'éviter toute ouverture intempestive (il faut placer la virole vers le bas afin d'éviter son ouverture par vibrations). Actuellement les mousquetons sont conçus pour permettre une ouverture sous tension.

De cette manière seul le fil travaille en préservant le doigt.

La plupart ont une gâchette de type Keylock.

### c. Système Keylock

L'interface composée du corps et du doigt est dépourvue de crochet afin d'éviter l'accrochage inopiné du mousqueton à l'ancrage, à la corde, au harnais, etc.



### d. Différents types de mousquetons et usages.

**Des formes différentes pour des utilisations différentes.**

Symétrique, en poire petite ou grande, ou en D, chaque forme correspond à une utilisation particulière : connecter un appareil sur le harnais, accrocher une poulie, terminer une longe, etc.

Nous n'étudierons dans ce chapitre que les mousquetons à virole pouvant servir dans les équipements collectifs.

#### a. **FORME EN OVALE (symétrique) :**



Forme symétrique polyvalente particulièrement adaptée aux équipements à flasques écartées (poulie, bloqueur.)

La corde se place exactement au milieu, par conséquent la force se répartit de la façon suivante. Tant que le doigt n'est pas mis en tension (jeu de 2 ou 3 mm au niveau de nez soit 300 à 500 daN), seul le fil reprend l'effort. Si la force est supérieure, la force se répartit de façon équivalente sur les deux côtés du mousqueton. Pour une résistance de 500 daN de l'axe, on aura donc par exemple fil: 1000 daN, doigt: 500 daN soit un total de 1500 daN. Sans jeu au niveau de nez, la force totale reprise n'aurait pas dépassé 1000 daN.

Ce mousqueton a une résistance suffisante mais moindre que les suivants que nous allons étudier. Il présente les

avantages d'être polyvalent (matériel personnel, frein, matériel collectif) et de pouvoir éloigner la corde de façon conséquente de la paroi.

### **b. Mousqueton type D**

Forme asymétrique permettant de faciliter la connexion et favorisant le bon positionnement de l'appareil le long du grand axe.



La corde se situe très près du fil, elle est éloignée de 4 à 5 fois plus du doigt. Ici c'est donc le fil qui va reprendre le maximum de la charge. Ces mousquetons s'ouvriront en général plus facilement en charge. De plus, du fait que le doigt n'intervient que plus pour des charges plus élevées, ils auront une résistance plus élevées. Du point de vue résistance, c'est la forme idéale, cependant ce mousqueton est difficile à manipuler pour les freins, poulies et autres matériels. De plus il éloigne peu corde de la paroi.

Son utilisation se limite donc à la fixation des cordes lorsqu'il n'y a pas de problème de frottement du nœud. Il peut également se trouver en bout de longe.

### **c. Mousqueton poire**

Forme asymétrique permettant d'obtenir une grande ouverture et une capacité de connexion importante.



### **d. Mousquetons en forme de B**



Bonatti avait un modèle bien connu. N'est plus commercialisé. A déclasser.

### **e. Les mousquetons ovoïdes**



**LE** mousqueton des années 70-80...

Sa forme très arrondie et grande ouverture mais avec le doigt du mauvais coté. Ici c'est le doigt qui reprend la charge. Ils sont par conséquent les moins solides.

Il est donc souhaitable de déclasser ces mousquetons afin de ne pas le retrouver sur une corde.

## e. Remarques-conseil d'utilisation et entretien.

La virole doit être vers le bas et éloignée du rocher afin d'éviter toute ouverture intempestive.

Le doigt étant le point faible du mousqueton, celui-ci doit être placé de façon à ne pas être amené à travailler sur le doigt (attention aux pendules et autres mains-courantes)

Lorsque la virole reste coincée, il faut penser à remettre le mousqueton en tension pour le dévisser. Pour éviter le coincement de la virole, il ne faut pas la visser lorsque le mousqueton est en charge.

Lorsqu'on joint deux cordes au niveau du mousqueton, il est nécessaire de faire passer les nœuds l'un dans l'autre sinon, en cas de rupture de l'amarrage, le mousqueton peut être amené à travailler le petit axe.

L'entretien des mousquetons se limite à un nettoyage et séchage. Un peu de graisse sur l'axe ne peut pas faire de tort. Concernant les lubrifiants, il faut utiliser des lubrifiants non détergents et non acides. Une graisse de composition chimique simple est plus sûre, ceci afin de préserver les cordes.

Le marquage doit se faire idéalement sur la partie massive du doigt qui est l'élément le moins sollicité.

Un mousqueton est à mettre au rebut lorsque le jeu au niveau de l'axe devient trop important, lorsque le fil s'amincit ou lorsqu'il est corrodé. La durée de vie d'un mousqueton est à estimer. En dehors des cas précités, elle va dépendre de l'usage. Contrairement aux cordes, un mousqueton ne s'use que quand on l'utilise (à l'exception des problèmes de corrosion). En règle générale, on considère qu'un contrôle régulier visuel suffit pour juger de l'état d'un mousqueton, une réduction de 10% du diamètre à quelque endroit du mousqueton doit entraîner un déclassement.

Exemples de problème lié à l'âge du *moustif*...





## E- LES ECHELLES.

Justifications d'emploi (jusqu'aux années 1990 très utilisée...)

L'encombrement et le poids des échelles ont limité de façon drastique les situations où leur emploi se justifie. Cependant elles restent encore appréciées dans les puits aux nombreux frottements qui impliqueraient un nombre excessif de fractionnés, les étroitures verticales éventuellement glaiseuses ou les équipements fixes très souvent employés afin d'éviter une usure trop rapide de la corde), ou les réseaux particulièrement boueux ou encore lors de guidages.

### 1) Constitution et fabrication des échelles métalliques



Une échelle est formée de câbles de deux câbles de diamètre 3mm en acier inox ou galvanisé sur lesquels sont sertis des tubes en dural de 10-12 mm de diamètre et de 13 cm de long. Il reste une largeur utile de 11,5 cm suffisante pour introduire une botte.

Les échelles se raccordent entre elles aisément par des maillons italiens placés à chaque extrémité des câbles.

Les longueurs des échelles sont standardisées à 5 et 10 m.

### 2) Résistance - usure.

La résistance de l'échelle est dans son ensemble est donnée par la résistance du câble ou des maillons italiens. Pour une échelle neuve, ce sont les maillons qui sont le point faible avec une résistance comprise entre 200 et 300 daN soit, pour l'échelle de 400 à 600 daN. Cependant pour une échelle usagée, la résistance des câbles, en particulier à hauteur des sertissages du premier échelon, se voit progressivement descendre sous la résistance des maillons. Le sertissage des barreaux offre une résistance de  $\pm 250$  daN. Avec le temps, cette valeur diminue encore très sensiblement à cause, en milieu humide, d'une oxydation rapide entre les câbles et les barreaux, due au couple électrique qui s'y forme (même problème qu'avec les amarrages fixes).

Vu les résistances reprises ci-dessus et leur caractère hyperstatique, on voit que les échelles doivent obligatoirement être doublées par une corde qui assurera la sécurité en cas de rupture. Leur hyperstaticité impose des sollicitations importantes à l'amarrage, et celui-ci doit être séparé de celui de la corde. La résistance des barreaux étant à ce point faible qu'il ne faut jamais leur faire confiance et lorsqu'on se pend sur l'un d'entre eux pour se reposer, il faut se longer sur le câble avec le moustif qui repose sur l'échelon. Ainsi, en cas de rupture, on retombe sur le barreau suivant.

La fixation de l'échelle sur l'amarrage se fait idéalement avec un mousqueton symétrique. Afin de diminuer l'angle que fait le câble avec le premier échelon on peut aussi utiliser 3 mousquetons, un dans chaque maillon italien et un pour les amarrer... On peut également, pour obtenir le même résultat, utiliser une élingue ou supprimer le premier échelon...

### 3) Entretien - Transport - Stockage

L'entretien se limite à un nettoyage et un séchage des échelles. Afin d'éviter toute oxydation, elles doivent impérativement être stockées dans un endroit sec. Pour le transport et le stockage, les échelles sont préférentiellement pliées à la lyonnaise. On l'enroule sur elle-même en croisant légèrement le câble afin de le placer à l'intérieur du précédent. Le troisième échelon vient se placer juste au-delà du premier, le quatrième, juste au-delà du second et ainsi de suite. La fermeture se fait en accrochant deux à deux les maillons italiens.

## **E. LES SACS DE TRANSPORT.**

### **1) Les kits**

Toujours fabriqués en nylon ou tergal enduit de PVC, ces sacs sont très solides. Ils sont généralement munis de deux bretelles pour le portage sur le dos, d'une poignée en sangle pour le portage à la main et d'une longe de  $\pm 1$ m pour l'accrocher au baudrier. Les kits sont en outre pourvus d'un anneau auquel la longe être attachée ainsi qu'éventuellement la quincaillerie de transport. Un rabat et une cordelette permettent une fermeture efficace du sac. Des renforts sont prévus sur le pourtour de la base du sac afin d'éviter de le trouser trop rapidement suite aux multiples frottements qu'il subit. Dans sa dimension standard 22 cm x H 60 cm, un sac peut contenir 120 m de cordes de 10,5 mm ou 180 m de 9 mm ou encore 4 échelles roulées à la «lyonnaise». Il existe aussi des mini kits 17 cm x H 60 cm. Il existe des kits à fond rond ou ovale. Les premiers sont moins stables sur le dos. Pour les canyons et réseaux très aquatiques, il en existe aussi avec un fond troué ou des flans en filet qui permettent une évacuation rapide de l'eau.

### **2) Les sherpas**

Intermédiaires entre les sacs de montagne et les kits, ils ont des derniers la composition, et des premiers la forme. Plus confortable pour le portage sur le dos, ils conviennent très bien pour les marches d'approche ou l'exploration de grands réseaux larges. Leur capacité est sensiblement plus importante et elle permet le transport d'une corde de 200m ou du matériel inévitablement plus encombrant d'un bivouac. Il existe également un modèle possédant un soufflet de Nylon permettant d'augmenter sa hauteur de  $\pm 40$  cm. Intéressant pour les marches d'approches.

### **3) Les bidons étanches.**

Les bidons étanches (6 litres) ont un diamètre correspondant à celui des kits. Outre leur étanchéité incomparable et leur poids léger, ils présentent l'avantage de protéger le contenu de l'écrasement. De plus, ils flottent, le kit pouvant ainsi se transformer en bouée dans les réseaux aquatique ou en canyon. Son seul inconvénient est sa rigidité qui peut parfois, dans les réseaux étroits, présenter une gêne.

### **4) Entretien et réparation**

L'entretien des kits et autre sacs et bidons étanches est très simple ; il suffit de les nettoyer, Lorsqu'un kit est troué, on peut tenter de le réparer en y collant une pièce de PVC avec une colle pour PVC souple. Cependant, les sollicitations qu'il subit sont telles que cette solution n'allongera guère sa durée de vie.



Marteau Tamponnoir. Crédit Photo: J Fontenelle

Le marteau – tamponnoir : idée révolutionnaire permettant d'associer deux instruments en un seul avec un manche-poignée commun. ☺

## F. SYNTHÈSE DES CONCEPTS ET PRINCIPES A AVOIR EN TÊTE LORS-QU'ON ÉQUIPE.

En préalable rappelons que le but de l'équipement peut être double:

- assurer le spéléo dans les passages dangereux (rampe d'accès au puits, vires.)
- permettre la descente et la remontée sur corde ou échelle.

Dans le premier cas, le matériel n'est sollicité que sporadiquement mais sous forme de chocs éventuellement importants, par contre dans le deuxième cas, le matériel peut non seulement subir des chocs importants mais il subit aussi des sollicitations répétées.

De la plupart des principes ressortent des considérations liées à la résistance du matériel.

Cependant il existe d'autres aspects dont il faut tenir compte :

-le nœud (mieux...double nœud) en bout de corde afin d'éviter de poursuivre la descente sans corde lorsqu'il y a erreur sur le puits ou la longueur de corde. Pensez au diamètre du nœud vis-à-vis du type de descendeur.

-Le confort de la progression, en particulier lors des sorties de puits (amarrages plutôt en hauteur) ou lors de l'installation de mains courantes, on évite de passer d'une paroi à l'autre.

- les équipements éventuellement hors crue. On sous-estime souvent les effets d'une crue. Celle-ci entraîne des cailloux, les volumes d'eau sont souvent considérables et la puissance ainsi développée peut complètement détruire le matériel. Outre le risque de ne pas pouvoir remonter, on peut également croire que corde est encore en bon état aussi bien lors de la remontée après une crue que lors d'une descente ultérieure, la crue n'a évidemment pas fait un nœud juste avant le tronçon endommagé ou sectionné !

- éviter, lors d'une rupture d'amarrage, d'avoir une chute ou un pendule qui, sans entraîner de rupture du matériel peut avoir des conséquences sérieuses pour l'infortuné spéléo.

- la clarté, les équipements ne doivent pas prêter à confusion lors de leur utilisation (on love le bout de corde inutilisé en cas de raboutage en maintenant le nœud en bout de corde, on évite les interruptions de la ligne de sécurité, on évite de passer de gauche à droite lors de l'équipement d'une rampe.

Donc, à ces principes, on doit ajouter ceux provenant des considérations de résistance du matériel

-Le principe du double amarrage lorsqu'il n'est pas irréprochable (exemples d'amarrage irréprochables : broche 14mm bien posée avec une bonne résine et dans un support parfait..., gros arbre, pont rocheux de bonne section non fissuré. ..). Ce principe du double amarrage doit être compris pour le premier amarrage d'une chaîne de sécurité, mais également tous les amarrages qui lui succèdent dont la rupture entraîne une chute dangereuse (arête coupante, pendule exagéré, chute au sol !, cascade importante. . .)

- Respecter un facteur de chute  $F_c$  inférieur à 1, lorsqu'un descend, l'amarrage plus en aval doit toujours être plus bas ou à même hauteur que le précédent, on peut pour y parvenir, rallonger le nœud pour que sa base corresponde à la base du nœud précédent.

- Pour la remontée aux bloqueurs, l'interdiction des frottements est absolue, s'ils présentent un angle vif, si la longueur de corde en dessous est longue ou que de nombreux passages sont prévus. Pour y parvenir, on utilise toute la panoplie des moyens dont on dispose : déviations, fractionnés, kit placé sous la corde (à utiliser avec réserve car la corde peut glisser) autre protection de corde, sangle, utilisation des échelles.

- Placer l'ensemble ancrage - mousqueton correctement en choisissant correctement sa plaquette. Penser à fermer les viroles et les placer vers le bas et l'extérieur afin d'éviter toute ouverture intempestive. Lorsque l'on manque de plaquette coudées, on peut placer 2 mousquetons successivement afin d'éloigner la corde de la paroi.

Placer une sangle autour d'un amarrage doit se faire de la façon suivante s'il y a risque de la voir en sortir : faire un double anneau que l'on place sur la stalagmite et ne placer le mousqueton que sur un seul anneau, de la sorte l'autre anneau se serre autour de la stalagmite évitant de ressortir (éventuellement, tête d'alouette)

Il est important de nettoyer les abords des puits avant l'installation de la corde afin d'éviter toute chute de cailloux. On voit ici l'intérêt de travailler avec la corde d'équipement dans le kit.

-Utiliser les nœuds corrects

Pour les déviations, il est nécessaire de ne pas fermer la virole, ou mieux, d'utiliser un mousqueton sans virole.

D'autre part, lorsque sa rupture peut s'avérer problématique ( chute sur bloc, arêtes vives...), il est nécessaire de choisir un amarrage (ancrage + sangle) fiable.

- Lors de l'équipement, pour s'assurer, on peut placer le descendeur avec un nœud plus en aval ou utiliser la poignée, coiffée par la grande longe. Pour descendre simplement entrouvrir la gâchette et faire glisser vers le bas.

- A ces principes on peut ajouter quelques conseils :
- préférer un huit double (mickey) ou fusion à deux nœuds de huit successifs, les deux amarrages sont sollicités simultanément et on évite un choc en cas de rupture de l'un d'eux.
- Pour le remplissage des kits, la corde en vrac est préférable à une corde lovée dès qu'elle atteint quelques dizaines de mètre. Toujours prévoir préalablement un nœud en bout de corde. 2 nœuds sont encore mieux : un huit suivi à 40 cm d'un huit double. Remplir le kit dans les règles de l'art c.a.d. : commencer par les cordes du fond sans faire de boucles enroulées.

On peut trouver de nombreux exemple d'équipement dans les notes de l'EFS mais les capacités d'équiper un gouffre s'acquièrent essentiellement par l'expérience.

## **G. CONCLUSION.**

***Ce travail permet d'appréhender toutes les bases qui justifient les règles d'équipement.***

Concernant les règles proprement dites, ce sont les grands axes et vous trouverez plus d'info dans des publications telles que les fiches techniques de l'EFS, le manuel de l'EFS ou la bible des techniques de la spéléologie alpine qu'est l'œuvre de G. Marbach.

D'autre part, les personnes qui ne peuvent maîtriser les notions théoriques abordées dans cet ouvrage doivent restées rivées aux règles d'équipement définies. L'apprentissage et le développement par essais erreurs étant peu recommandés en l'espèce.

D'autre part, les situations pratiques sont très variées et seule l'expérience permet de bien maitriser les techniques d'équipement.

Crédit Photo : Images libres de droit, origine Web.

Crédit Photo : Joël Fontenelle (collection personnelle)

### **Bibliographie**

Techniques de la spéléologie alpine cie G. Marbach et I.L. Recourt Édition T.S.A. –

Fiches techniques de l'EFS

Catalogues Spit et Expé

Brevet Equipier approche pédagogique, 1989 Joël Fontenelle

Brevet Equiper UBS 1987 Commission Publication : Articles équipement collectif, matériel personnel par Joël Fontenelle

Brevet Equipier Spéleo Syllabus 2012 révisé par Vincent Gerber, Laurence Remacle, Benoit Lebeau.



Marteau électrique Facum ®