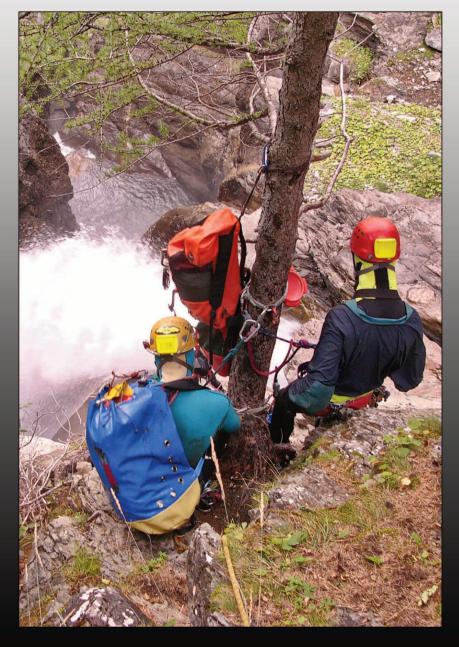
# FOUPENER

# Les amarrages naturels



GOLA Olivier

Cahier N°7 (05/09/2008)

# **MEMENTO** Équipement des canyons

# Cahier n°7/12:

# Les amarrages naturels

Version n°1 du 05/09/2008 (modifié le 28/10/2025)

La liste des douze cahiers figure à l'avant-dernière page



### Réalisation: Olivier GOLA

- Moniteur de spéléologie
- Instructeur canyon FFS et FFCAM
- BEES spéléologie/canyon
- DEJEPS canyonisme

Contact: gola.olivier@gmail.com

### Relecture:

- DJURAKDJIAN Gilbert (instructeur canyon FFCAM)
- ASTIER Arnaud (instructeur canyon FFCAM)
- BADIN Pascal (instructeur canyon FFCAM)
- BOVIS Sébastient (instructeur canyon FFCAM)
- OLIVA Jean Louis (instructeur canyon FFCAM)
- THEVENET David (instructeur canyon FFCAM)
- VALETTE Thierry (instructeur canyon FFCAM)
- WAGNER Sthéphan (instructeur FFCAM)
- MORGANTI Patrick (moniteur canyon FFCAM)
- TOURNOUX François (moniteur canyon FFCAM)
- MAURY Renaud (moniteur canyon FFCAM)
- PIAZZA Pierre (moniteur canyon FFCAM)
- SCHAFFER Cécile (initiatrice canyon FFCAM)

### Copyright © GOLA Olivier

Toute représentation, reproduction, modification, transformation, intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans consentement de l'auteur, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

### Contexte historique de la publication.

Ce document, initialement réalisé gracieusement pour la FFCAM, s'inscrivait au départ dans un projet collectif global entrepris par les cadres bénévoles en canyon de cette fédération à une époque où ils avaient à coeur de construire leur propre école de formation.

Durant plus de 20 ans, ils se sont investis en produisant de nombreux écrits, en construisant leurs propres outils de formation et de communication et en faisant preuve dès le début d'innovation pour créer par exemple le premier <u>Passeport Formation canyon</u> réalisé en 1997 ou encore élaborer <u>un cursus de formation novateur</u> fractionné par modules thématiques , qui rend la formation accessible à tous les pratiquants, jusqu'au plus haut niveau, qu'ils se destinent à l'encadrement ou pas.

Soucieux de montrer qu'ils étaient capables de faire aussi bien que les autres fédérations, ils espéraient surtout parvenir à se faire reconnaitre par la FFCAM au même niveau que leurs homologues des autres fédérations, aptes à organiser et à encadrer en toute autonomie les formations qu'ils avaient consciencieusement construit pour ne plus être astreint à devoir systématiquement faire appel à un professionnel pour valider les brevets comme l'impose la direction FFCAM.

Convaincus de pouvoir bâtir une école canyon reconnue, à l'image de celle de la FFS et de la FFME, concrétisant l'aboutissement d'un cursus fédéral parvenu à maturation, dans lequel tous les cadres peuvent s'identifier comme des acteurs à part entière et non plus comme des éternels assistés. Les instructeurs canyon de la FFCAM s'étaient bercés d'illusions pensant que leur engagement ferait l'admiration et la fierté de leur fédération.

Malheureusement, la FFCAM tributaire des professionnels dans son mode de fonctionnement, n'était pas disposée à satisfaire les ambitions ni les attentes de ses cadres pour des raisons éminemment politiques et cela, quels que soient leurs efforts, le fruit de leur travail ou leurs compétences.

En l'occurrence, ce genre de publication sérieuse, n'intéresse pas la FFCAM, car cette expertise contribue à démontrer un savoir-faire interne qui n'a rien à envier aux professionnels et qui légitime les revendications des cadres bénévoles de cette fédérations. En savoir plus

Par conséquent, la FFCAM n'a pas souhaité s'approprier ce mémento, prétextant que ce type de documentation n'était pas du ressort des cadres bénévoles. C'est pourquoi cette publication est finalement proposée à compte d'auteur dans un esprit de partage.

# Table des matières

# Les amarrages natuels

Présentation	7
Utilisation directe de la corde sur l'amarrage	
- condition d'utilisation des arbres1	
maintien direct d'une corde en double1	
maintien direct d'une corde fixe, en appui 1	
maintien direct d'une corde fixe, sans appui 1	
- condition d'utilisation des amarrages rocheux2	
maintien direct d'une corde en double 2	
maintien direct d'une corde en fixe 2	4
• Emploi des anneaux de liaison 2	29
- constitution des anneaux 3	0
- utilisation des anneaux fermés 3	3
- utilisation des anneaux à fermer 3	6
- utilisations particulières3	8
- association d'anneaux 4	1
• Résistance des anneaux4	ŀ7
- résistance des anneaux en corde4	7
- résistance des anneaux de sangle4	9
• Anneau de liaison et prévention 5	51
- usage et intensité de l'effort prévisible5	1
- prise en compte des facteurs de réduction5	3
état de l'anneau5	3
influence du support5	
la disposition géométrique de l'anneau5	
- équipement des amarrages recommandations5	8
Amarrage sur lunule artificielle	51
- prévention des risques d'usure 6	2
- les lunules rectilignes 6	64
- les lunules en V 6	8
- résistance de la roche	2
- test de résistance à l'usure 7	/3
- test de résistance en traction lente	5

### **Avertissement**

Ce document ainsi que les onze autres cahiers qui l'accompagnent sont le fruit d'un travail personnel et reflètent une vision individuelle exprimée à un instant T en fonction des connaissances, de l'expérience et des observations faites à ce moment-là par l'auteur.

Ces documents n'ont pas pour objectif final la véracité ou l'exactitude absolues et sont forcément perfectibles, car le matériel et les connaissances évoluent sans cesse. Ils constituent néanmoins une contribution réalisée du mieux possible dans un état d'esprit de partage.

Par ailleurs afin d'illustrer certains propos, ce cahier peut comporter des dessins représentant des techniques de progression. Ces techniques ne doivent pas être reproduites sans formation appropriée.

L'auteur ne peut être tenu responsable d'une mauvaise utilisation des informations contenues dans ce cahier résultant d'un manque de connaissances, de maîtrise, de précautions, ou bien encore d'une mauvaise analyse préalable des risques ainsi que de toutes interprétations ou adaptations des dessins qu'il comporte.

**GOLA Olivier** 

Certaines formes rocheuses ainsi que la présence d'arbres ou arbustes permettent quelques fois de réaliser un amarrage. Ces amarrages naturels, lorsqu'ils se trouvent sur le parcours de descente, peuvent s'avérer une véritable aubaine susceptible de simplifier l'équipement et d'améliorer considérablement la vitesse de progression en ouverture de site. A noter cependant que si les amarrages naturels sont parfois très utiles, ils ne sont pas pris en compte pour l'équipement permanent des sites sportifs.

### **PRESENTATION**

Les amarrages naturels sont de nature rocheuse et végétale. Ils peuvent être utilisés pour le maintien des cordes de progression, de travail ou pour réaliser un point d'assurance. On peut les utiliser, dans certains cas de figure directement avec la corde, soit, la plupart du temps, par le biais d'un anneau de liaison en sangle ou en corde (fig. 1).



Fig. 1

Disposer d'amarrages naturels est surtout avantageux en ouverture de site car ils permettent d'économiser les ancrages ainsi que lors d'opérations de secours réalisées entre deux berges couvertes de végétaux ou parfois, il n'y a que les arbres pour s'amarrer. Cependant, en progression, l'utilisation des amarrages naturels est rarement une obligation à moins d'être à court de matériel d'équipement. Il convient donc, avant de l'utiliser, de s'assurer que c'est un choix pertinent compte tenu des autres possibilités d'équipement. On vérifiera notamment :

- que son emplacement n'occasionne pas de risques supplémentaires tels que : accès difficile, traversée de courant (au départ ou à l'arrivée), descente dangereuse sous la chute d'eau, frottement supplémentaire de la corde;
- que la corde sera positionnée correctement compte tenu de la manoeuvre de corde prévue (confort d'utilisation, mise en place des agrès : longes, descendeur, poulie);
- la possibilité de communication visuelle, sonore ou verbale avec la zone de réception ;
- la facilité de rappeler la corde (risque de coincement).

On s'assure également que l'amarrage naturel est suffisamment solide (voir conditions d'utilisation) et apte à maintenir la corde ou l'anneau de liaison. S'il convient, ne pas hésiter à s'en servir ; c'est autant de "ferraille" en moins laissée sur place.

voir également équipement des sites cahier N°9

## Attention!

Que l'amarrage soit de nature

végétale ou minérale, à partir du moment

où une vie en dépend, aucun doute ne doit exister

quant à sa solidité; sinon il sera remplacé

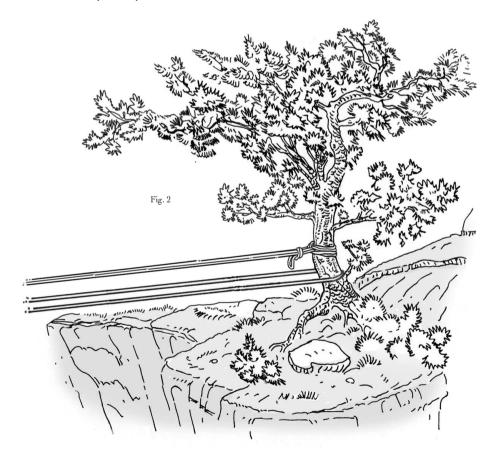
sans hésitation par des ancrages

artificiels.



### UTILISATION DIRECTE DE LA CORDE SUR L'AMARRAGE

L'utilisation directe d'une corde de travail ou de progression sur un amarrage naturel est possible (fig. 2) notamment pour le maintien des cordes en fixe (corde guide, tyrolienne, main courante). Elle se fait essentiellement sur les arbres. L'utilisation d'une corde en double (rappelable) est plus exceptionnelle parce que c'est moins commode. C'est encore essentiellement sur les arbres que le rappel de corde peut se pratiquer notamment lorsqu'on progresse en terrain d'aventure mal ou pas équipé pour gagner du temps, pour reconnaitre un passage ou bien, que l'on se trouve démuni d'anneau de liaison. Dans tous les cas de figure, cette utilisation nécessite des précautions pour ne pas risquer de coincer la corde.

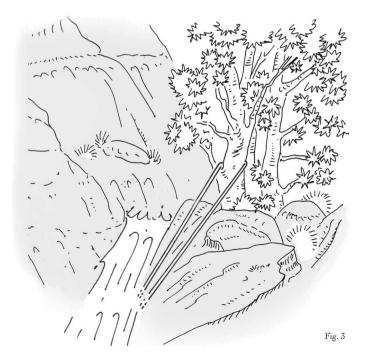


### Conditions d'utilisation des arbres

Utilisés seuls, ils doivent être parfaitement fiables, d'un diamètre garantissant leur solidité, sains, et bien enracinés. Utilisés à plusieurs (corde encerclant plusieurs arbres ou effort réparti sur plusieurs arbres), le résultat final doit être aussi sûr.

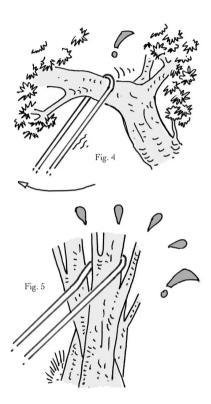
### Maintien direct d'une corde en double (rappelable)

l'utilisation directe d'une corde en double (fig. 3) est envisageable en situation de réchappe ou en terrain d'aventure lorsqu'il est nécessaire d'économiser le matériel d'équipement. Toutefois, le frottement sur l'arbre ne facilite pas le rappel de la corde et réserve cette utilisation pour le franchissement d'obstacle de petite taille. Si le risque d'usure de la corde au contact de l'écorce est minime, en revanche le rappel d'une corde autour d'un arbre, lorsqu'il se répète, finit par provoquer des lésions importantes sur l'écorce. Il est préférable dans ce cas de laisser un anneau de sangle et un maillon de rappel sur place.



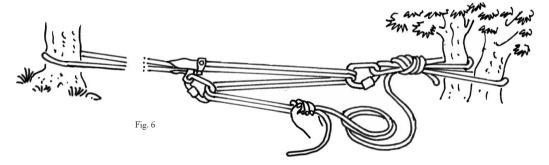
### Précautions :

- · s'assurer qu'une fois en charge, la corde ne risque pas de glisser ou de rouler sur une partie inclinée et de se déplacer (fig. 4);
- s'assurer que la corde porte correctement sur une partie arrondie de l'arbre et ne risque pas de se coincer (fig. 5); effectuer avant le passage du dernier équipier, une tentative de rappel ;
- · la solidité d'un arbre de taille réduite. est toujours plus importante au plus près de sa souche ; malheureusement, les risques de coincement sont d'autant plus grands que la corde se trouve près du sol (risques de frottement et obstacles plus fréquents);
- s'assurer en fin de manoeuvre que la corde, notamment lorsqu'elle a travaillé en contact avec le sol, n'a pas subi d'usure importante.



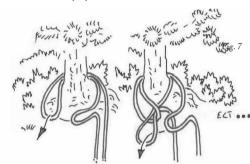


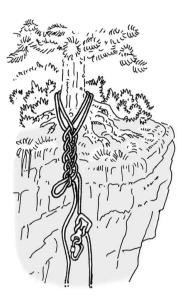
Remarque: pour tendre une corde en double (corde quide ou tyrolienne), directement sur un arbre, il est préférable de tendre les deux brins simultanément (exemple fig. 6) afin de limiter les frottements de la corde sur l'arbre et d'optimiser l'équilibrage et la tension de chacun des deux brins.





Astuce: le noeud Dufour (fig. 7) permet de rappeler une corde placée autour d'un amarrage naturel tout en évitant le frottement de la corde sur l'amarrage. Pour le dénouer il suffit de tirer alternativement sur chacun des brins ce qui finit par libérer totalement la corde. La ganse finale du noeud Duffour peut être sécurisée par une noeud d'arrêt jusqu'au passage du dernier équipier.





Pour supprimer tout risque de coincement de la corde, on peut aussi entourer l'amarrage avec un anneau de sangle puis tresser le noeud Dufour en commençant par engager la corde dans une seule ganse de l'anneau de sangle (fig. 8). Ainsi, il est possible de rappeler l'anneau de sangle et s'il venait à se coincer, il est encore possible de rappeler la corde (fig. 9).



Fig. 8

engagement de la corde



confection du noeud Duffour



descente du dernier

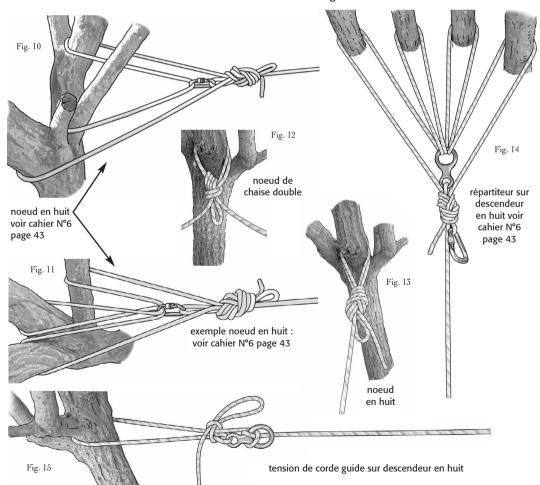


Fig. 9

rappel du matériel

### Maintien direct d'une corde fixe en appui

Le maintien direct d'une corde en fixe placée sur un ou plusieurs arbres est plus commode car les solutions qui permettent de la fixer sont nombreuses. Parfois, il est possible de fixer la corde simplement en entourant un ou plusieurs arbres dans la mesure où la corde repose sur l'arbre ou (exemples fig. 10 à 15) se trouve en appui par des branches. Ce cas de figure est le plus simple car on n'est pas obligé d'immobiliser la corde sur l'arbre pour l'empêcher de se déplacer. Tous les noeuds d'attache utilisés pour le maintien des cordes fixes sont alors envisageables.



### Maintien direct d'une corde fixe sans appui

Un moyen simple pour fixer rapidement une corde sur un arbre, consiste à réaliser une série d'enroulements (minimum trois voire plus si le tronc est lisse) complétés par un ou deux renvois à la fin suivis d'un noeud d'arrêt (fig. 16). Cette solution présente l'avantage d'être facile à défaire puisqu'il n'y a pas de noeud serré par la tension de la corde.

Ce principe, (dans la mesure où la corde n'est pas trop longue), peut éventuellement servir pour fixer la fin d'une corde guide, en simple ( $\rm fig.~17$ ) ou en double ( $\rm fig.~18$ ) car il est possible de le réaliser lorsque la corde est tendue. Pour un usage de courte durée, on peut aussi sécuriser ce noeud avec un noeud de mule ( $\rm fig.~19$ ).

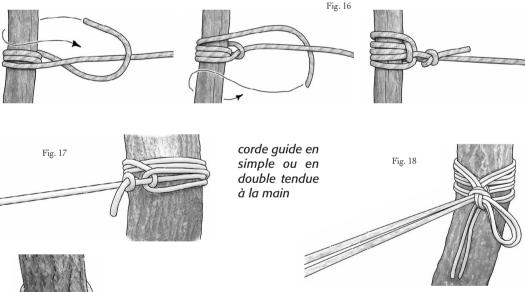
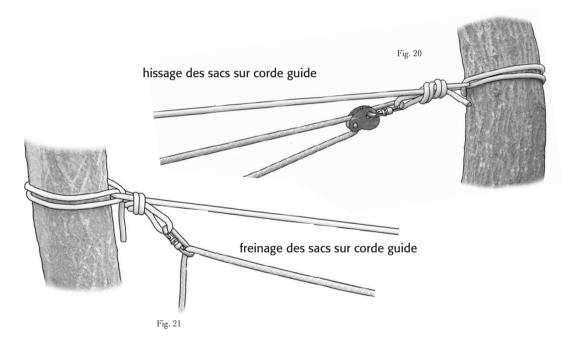


Fig. 19

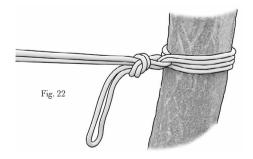
Le noeud de cabestan accompagné d'un noeud d'arrêt (fig. 19) est également bien adapté pour fixer l'extrémité d'une corde sur un tronc d'un arbre. Ce noeud étrangleur permet de positionner la corde à l'endroit choisi, même lorsque le tronc est lisse. Pour immobiliser le noeud de cabestan, il faut le serrer au plus près de l'écorce et le régler de façon que le noeud d'arrêt vienne buter contre le noeud de cabestan.



**Remarque**: on peut éventuellement réaliser le noeud d'arrêt au moyen d'une ganse afin de disposer d'une boucle pour se longer ou fixer un agrès. Dans le cas d'une corde de guidage tendue, cette boucle peut être utilisée pour maintenir un dispositif de traction (fig. 20) ou de freinage (fig. 21) ne nécessitant pas d'effort important comme le convoyage des sacs par exemple. Dans ce cas, on peut utiliser un noeud en huit ou en neuf en guise de noeud d'arrêt (toujours en prenant le soin d'emprisonner la corde tendue); il sera plus facile à dénouer.



A noter que le noeud de cabestan utilisé pour fixer une corde en double, directement sur un tronc d'arbre (fig. 22) permet de maintenir les deux brins de corde ensemble, côte à côte.

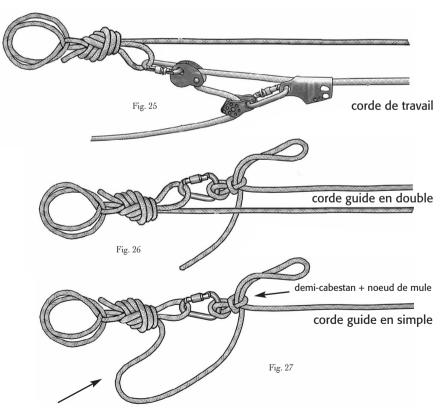




Pour pouvoir disposer (fig. 23) d'une boucle de travail indépendante, (qui ne risque pas d'affecter le réglage du noeud de cabestan), il faut placer un noeud en huit directement sur la corde guide et le retricoter deux fois pour confectionner la boucle avec le brin libre (fig. 24). Dès lors, Il n'est pas indispensable de plaquer le noeud en huit contre le noeud de cabestan car il ne peut plus y avoir de glissement. En revanche, le noeud de cabestan doit être serré méticuleusement contre l'écorce pour limiter le risque de frottement corde sur corde. Cette boucle d'attache peut être utilisée pour le maintien d'un dispositif de traction ou de freinage sur corde guide (fig. 25) ou encore pour tendre une corde guide en double (fig. 26) ou en simple (fig. 27).



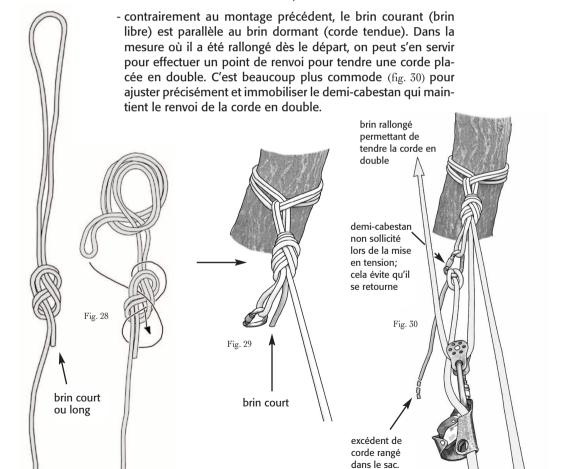




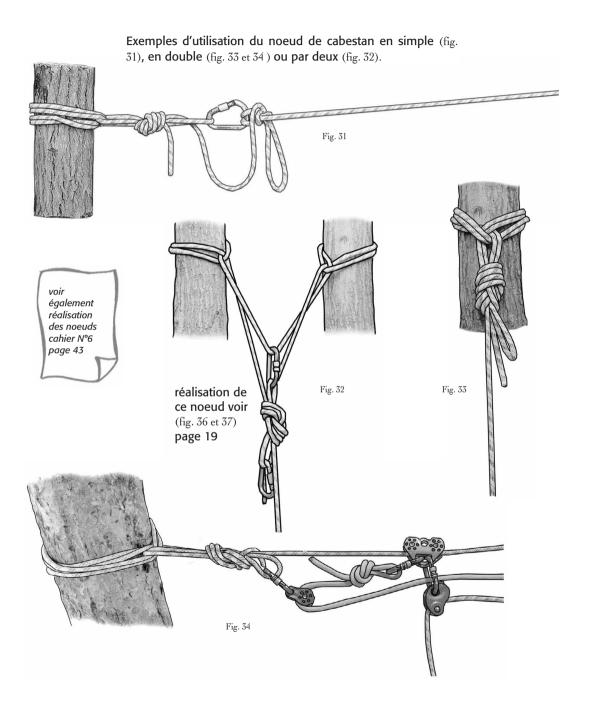
Le mou de cette corde, disponible à la sortie du noeud peut-être utilisé pour réaliser un renvoi sur la corde guide et la tendre sans solliciter le demi-cabestan (ce qui permet de réaliser le noeud de mule sans effort et évite au demi-cabestan de se retourner ensuite).

Pour les efforts importants (tyroliennes, corde guide trés tendus), il vaut mieux reproduire le montage vu précédemment mais ( $\mathrm{fig.}\ 28$ ) en le réalisant avec la ganse d'un noeud en huit. Cela nécessite davantage de corde mais cette solution est plus simple à réaliser et offre plusieurs avantages :

- le noeud de cabestan est en double (fig. 29) ce qui minimise les frottements (corde sur corde et corde sur écorce) ;
- le noeud en huit est réalisé avec quatre brins , il sera plus volumineux et donc facile à défaire ;



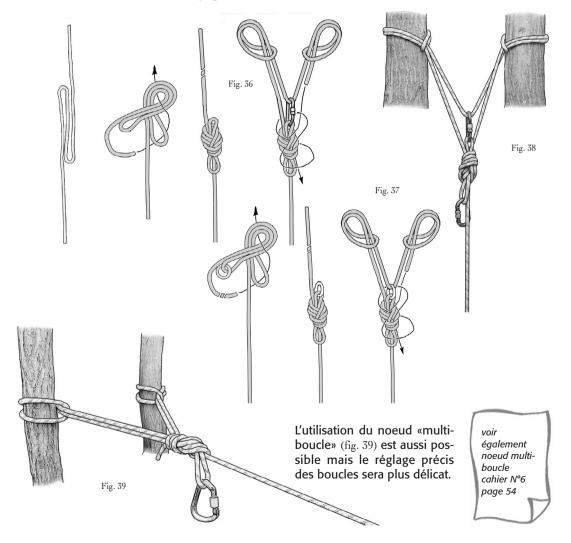
corde placée en double



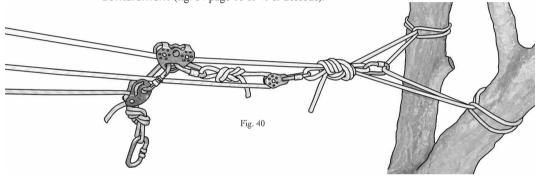
La tête d'alouette (fig. 35) est également un noeud étrangleur qui peut s'avérer utile pour maintenir une corde sur deux arbres lisses (fig. 36 et 37). Il est facile de le régler et d'équilibrer les efforts. Afin de minimiser le risque de frottement corde sur corde, la charge doit être soigneusement répartie et chaque tête d'alouette minutieusement réglée (fig. 38). Voir également le noeud de tête d'alouette page 38.



Fig. 35

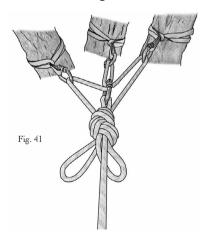


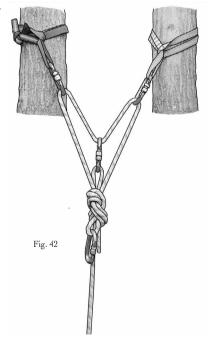
Pour finir, rappelons que les arbres sont très fréquemment utilisés pour fixer les cordes destinées aux opérations de secours ; notamment lorsqu'il est nécessaire d'extraire depuis une berge, un blessé qui se trouve au fond d'une gorge étroite. Les arbres sont souvent présents en grand nombre et constituent les seuls amarrages possibles. Exemple d'application : poulie de renvoi mobile permettant de hisser un blessé et de le déplacer horizontalement (fig. 34 page 18 et 40 ci-dessous).





Remarque: l'utilisation d'anneaux de sangle pour réaliser les points d'attache sur les arbres (fig. 41 et 42) doit être privilégiée autant que possible. Accompagné de connecteurs, l'équilibre des efforts s'effectue dans ce cas automatiquement quel que soient le nombre de points de fixation et les modifications d'angle de travail de la corde.





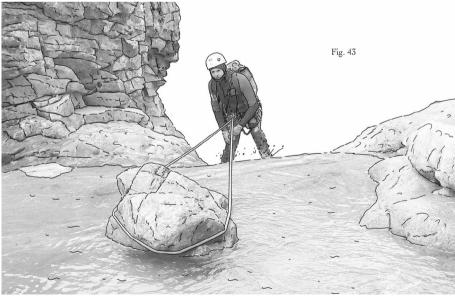
### Conditions d'utilisation des amarrages rocheux

L'utilisation directe d'une corde sur un amarrage rocheux est une situation exceptionnelle qui nécessite des précautions notamment en raison du risque d'usure de la corde.

### Maintien d'une corde en double

Les amarrages rocheux permettant d'utiliser une corde en double sont rares. De plus, le rappel de la corde dans ces conditions, occasionne des frottements importants, et des risques de coincement accrus qui compliquent souvent la manoeuvre. Toutefois, cette utilisation, sur une faible hauteur, est parfois possible notamment dans les cas de figure suivants :

- lorsqu'il est nécessaire d'économiser le matériel d'équipement en ouverture de site, en situation de "réchappe" ou bien encore, en terrain d'aventure non équipé (exemple canyon du torrent d'Ale situé dans le Parc National des Ecrins (fig. 43);
- pour faciliter une désescalade ou la descente d'un ressaut (en vue de sonder une vasque par exemple). Dans tous les cas, l'utilisation de la corde requière beaucoup de précautions et se fait en douceur et sans à-coups.



Torrent d'Ale exempt de point d'ancrage artificiel (tout du moins en 2007)

### Précautions :

- trouver si possible une forme rocheuse arrondie et lisse ; le rappel de la corde en sera facilité (fig. 44). Inspecter minutieusement l'amarrage. Sa solidité doit être sûre et ne présenter aucune faiblesse telle que lame décollée ou fissure ; ne pas hésiter à le sonder à coups de marteau;
- · sa forme ne doit pas risquer d'endommager la corde par pincement (fig. 45) ni de la laisser s'échapper (fig. 46) ;
- autant que possible, on intercale une protection (fig. 47 et 48) entre la corde et la roche (rectangle de bâche PVC ou fourreau à velcro muni d'un système d'attache) afin de protéger la corde durant le laps de temps ou elle utilisée. A défaut on peut également décaler le point de contact entre chaque passage ;



type d'amarrage naturel car parfois la chance est au rendez-vous). Dans tous les cas, la corde doit être utilisée sans à-coups et vérifiée minutieusement après la manoeuvre.

page 12

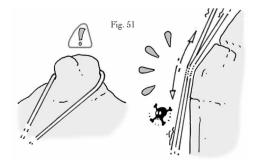


Remarque: par principe, l'utilisation d'une corde placée en rappel sur un amarrage rocheux doit rester un cas de figure exceptionnel car il contribue à accélérer le vieillissement de la corde en raison des frottements. Cela dit, le risque d'usure au niveau du point de renvoi, quand bien même la corde reposerait sur une arête rocheuse sans protection, est négligeable car elle demeure immobile. Ce qui risque d'user la corde, en revanche, ce sont tous les points de frottements situés au-delà du point de renvoi (fig. 50). Ces frottements peuvent être provoqués soit par le déplacement latéral de la corde en fonction des modifications de l'axe de descente soit surtout en raison de l'élasticité de la corde. En effet, l'usure de la corde étant en partie pro-

portionnelle à la rapidité du frottement du fait de l'effet "yoyo"; elle sera d'autant plus conséquente que le point de frottement est éloigné du point de renvoi.

Or les amarrages naturels sont rarement aussi bien placés que ne le seraient les amarrages artificiels. Tout le problème est de ne jamais prendre le risque de limiter la durée de vie d'une corde à une seule utilisation ; même dans les cas de figure exceptionnels. Il faut que la corde puisse toujours au moins permettre de finir la course en sécurité. En d'autres termes, ce qui est inacceptable, c'est de ne pas se rendre compte que la corde risque de s'user au point de compromettre la suite de la course, ou, plus grave encore, de mettre une vie en danger. L'usure d'une corde qui frotte va dépendre de :

- la rugosité du support (lisse, abrasif, présence de micros cristaux, d'arêtes vives) ;
- l'amplitude et la vitesse du frottement de la corde ;
- l'intensité et la durée de l'effort (angle de courbure, nombre de passages, diamètre de la corde).



En définitive, on a beaucoup plus à craindre des frottements sur paroi. Ils surviennent fréquemment lors de descentes sur corde comparativement aux risques d'usure d'une corde immobile, placée occasionnellement en fixe ou en rappel sur un amarrage rocheux (fig. 51).

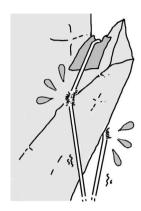




Fig. 50

### Maintien d'une corde en fixe

Le maintien direct d'une corde en fixe sur un amarrage rocheux est moins problématique car on n'a pas le souci du rappel de la corde et il est possible soit de la protéger soit de multiplier le nombre de brins en contact avec le support pour écarter tout risque d'usure. L'utilisation d'une protection dispense l'emploi d'anneau de liaison. A défaut de protection, le maintien direct d'une corde en fixe sur un amarrage rocheux doit demeurer une solution de secours (fig. 52). L'installation de la corde doit toujours être entreprise avec précaution et minutie ; son utilisation doit se limiter à l'usage de l'équipe qui l'a mise en place sauf s'il s'agit d'une corde d'aide à la progression laissée en fixe à demeure et qui n'aura plus d'autre fonction.

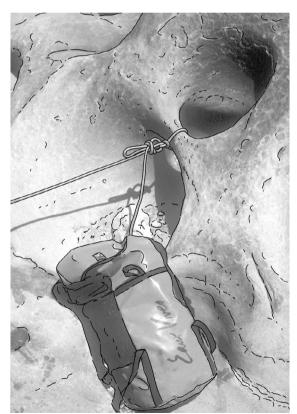
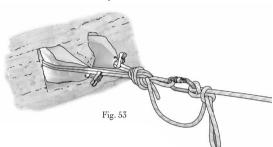


Fig. 52

Magnifique amarrage naturel rocheux découvert dans le Canyon de "Laguna Khala Uta" (nord Potosi - Bolivie)

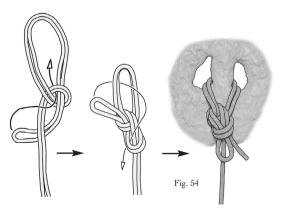
Dans les roches trouées par la corrosion il faut s'assurer qu'elles soient saines et homogènes. Vérifier également que la roche entourant le trou soit suffisamment résistante et qu'elle rende

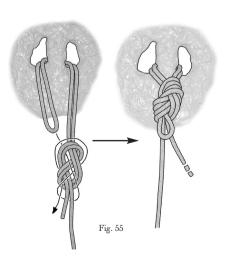
un son clair lorsqu'on la frappe avec un marteau. Dans la mesure du possible et à défaut d'anneau de liaison, on protège la corde au mieux avec un protège-corde type bâche PVC (fig. 53), utilisé habituellement pour les frottements lors des descentes.



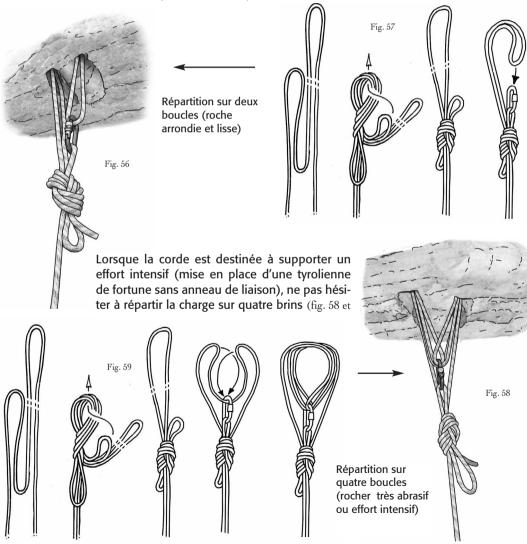
Dans tous les cas et surtout en l'absence de protection, on double systématiquement le nombre de brins en contact avec le support. Exemple : noeud chaise double (fig. 54) ou le noeud de huit en double (fig. 55) ce qui permet de répartir la surface de contact et d'obtenir un double amarrage. A noter que ces deux noeuds sont réalisables en milieu de corde ; cela peut s'avérer parfois utile ( équipement d'une main-courante en fixe en situation de réchappe). En l'absence de protection, éviter le contact de la corde avec des arêtes rocheuses qui risqueraient de l'endommager. Plus l'arête rocheuse est éloignée du point de renvoi plus elle aura tendance à user la corde. A défaut, arrondir les arêtes au marteau ou multiplier le nombre de brins en contact avec le rocher. En revanche, un point de renvoi sur une

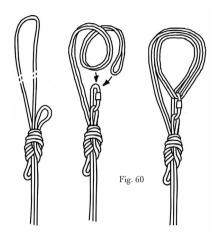
arête pose beaucoup moins de problèmes. La corde, une fois démontée, doit faire ensuite l'objet d'une vérification minutieuse avant réutilisation.





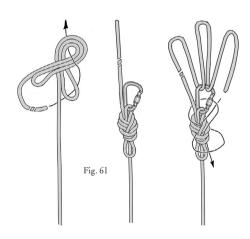
Le principe des noeuds répartiteurs de charge peut être adapté pour fixer une corde directement sur amarrage naturel. Même si la corde ne coulisse que très difficilement, l'équilibrage des boucles sera beaucoup plus facile à réaliser à la main avant la mise en tension. Ainsi les frottements seront mieux répartis. Exemple (fig. 56 et 57) sur un amarrage nécessitant un "enfilage" de la corde (lunule naturelle).

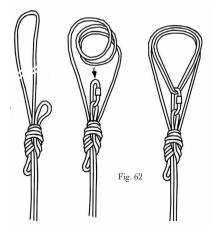




Autre exemple de montage possible en présence d'une lunule naturelle et permettant de répartir la charge sur quatre brins (fig. 60). Dans tous les cas de figure présentés, l'équilibre des brins doit être ajusté à la main avant de mettre la corde sous charge. Plus le nombre de brins est important moins il sera commode de les équilibrer.

En général, les amarrages rocheux sont constitués d'un seul point d'amarrage. Toutefois, on peut aussi utiliser plusieurs lunules naturelles si leur taille est réduite, en "tricotant " un noeud répartiteur (fig. 61). Plusieurs ganses peuvent être utilisées sur le même point d'amarrage.

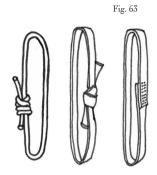


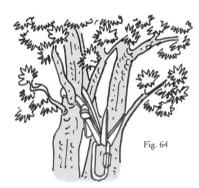


Lorsqu'il est possible de "coiffer" l'amarrage rocheux (exemple : amarrage sur bloc) c'est encore plus simple; car il est possible de faire autant de boucles que l'on veut (deux, trois ou quatre) ; il suffit de prévoir une boucle suffisamment grande au départ ainsi qu'un connecteur de type "poire" si les boucles sont nombreuses. Exemple : avec trois boucles qui se répartissent la charge (fig. 62).

### **EMPLOI DES ANNEAUX DE LIAISON**

Les anneaux de liaison (fig. 63) en corde ou en sangle, s'emploient pour l'équipement des amarrages naturels, que ce soit de façon temporaire (le temps d'une manoeuvre de corde) ou de façon permanente (équipement laissé à demeure). Ils sont destinés à être placés (fig. 64 et 65) autour des arbres, des blocs proéminents (fig. 66), des pierres solidement coincées (fig. 64), dans les lunules artificielles (fig. 68 ou bien encore dans des fissures ou au travers des bracelets de roche (fig. 69).







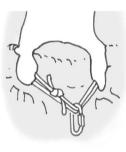
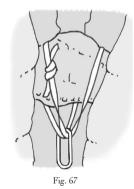


Fig. 66





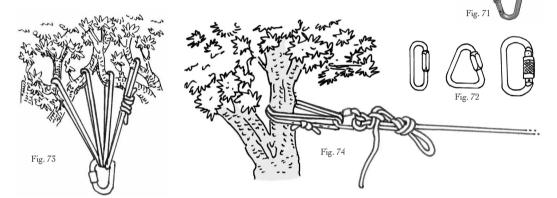




**Remarque :** en situation de "réchappe", il suffit parfois d'un simple tronçon de corde (fig. 70) ou de sangle nouée, verrouiller solidement dans une fissure tel un coinceur pour pouvoir réaliser équipement de fortune minimaliste.

Les anneaux de liaison sont principalement utilisés :

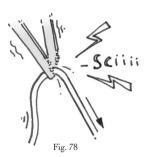
- pour éviter le risque d'usure d'une corde fixée directement sur un amarrage rocheux
- pour fixer un connecteur (fig. 71 et 72) de travail sur un ou plusieurs (fig. 73) amarrages naturels (maintien d'une corde de travail (fig. 74), d'une poulie de renvoi, etc...);



• pour fixer un maillon de rappel (fig. 75, 76 et 77) sur un ou plusieurs amarrages naturels. Le maillon facilite le rappel de la corde et éviter l'usure de l'anneau de liaison (fig. 78).









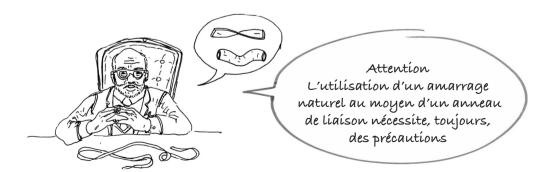
Constitution des anneaux : pour l'équipement permanent des canyons, on peut utiliser (en terrain d'aventure) de la sangle, de la corde ou de la cordelette dynéema vendue au mètre. Les sangles se différencient par leur fabrication (largeur, épaisseur, tubulaire ou plate, raide ou souple) ainsi que par la nature des fibres qui les constituent ; les plus économiques sont en polyamide ou en polyester.

Occasionnellement, on se sert également d'anneaux cousus ou préalablement noués de différentes longueurs en fibres synthétiques uniques ou associées (polyamide, polyester, Dyneema). Les anneaux fermés servent surtout à réaliser, rapidement, des amarrages temporaires et généralement, on ne les abandonne pas sur place. Le Dyneema, 6 fois plus résistant que le polyamide, permet de réduire considérablement la taille des sangles (les plus étroites fond 6mm de largeur) tout en augmentant sa résistance à l'abrasion. A noter que le Dyneema est dans ce cas idéal car il permet de disposer d'un anneau de très grande taille qu'il est possible de réduire à volonté en le repliant sans être gêné par son encombrement.

Les sangles ont l'avantage d'être statiques, ce qui réduit le risque d'usure par frottement lié à l'élasticité. A noter cependant que si le polyamide peut s'étirer avant de casser, ce n'est pas le cas du dyneema qui supporte moins bien les chocs.

Les sangles souples, faciles à nouer, épousent les irrégularités de surface donc adhèrent mieux à un becquet rocheux, par exemple, plutôt qu'un anneau de corde qui peut rouler. Les sangles plates et raides, en revanche, peuvent s'introduire dans des fissures étroites et s'usent moins facilement. Par contre, les sangles dépourvues de gaine de protection sont d'autant plus vulnérables à l'abrasion qu'elles sont souples, et plus particulièrement les sangles tubulaires agréables à nouer mais qui s'effilochent et se détricotent plus rapidement dès qu'elles commencent à s'user.

Les anneaux de corde ont l'avantage d'être économiques et robustes car la plupart du temps ils sont issus de cordes réformées car devenues trop courtes à la suite d'une "tonche".

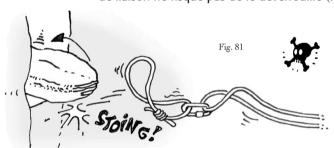


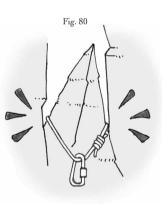
Avant d'utiliser un amarrage naturel, il faut impérativement l'inspecter minutieusement et s'assurer de sa solidité. Comme cela a déjà été dit, les amarrages rocheux doivent être systématiquement sondés au marteau et doivent rendre un son clair. Ils ne doivent présenter aucune faiblesse telle que lame décollée ou fissure, roche pourrie, colonnette frêle. Les arêtes coupantes doivent être, autant que possible, arrondies à coups de marteau. Il faudra également s'assurer :

- que l'anneau de liaison ne risque pas de se déplacer ni de s'échapper de l'amarrage (fig. 79);
- que la forme de l'amarrage ne risque pas d'endommager rapidement l'anneau en raison d'un pincement en ciseau entre deux arêtes tranchantes ou d'un frottement important de l'anneau sur une arête tranchante (fig. 80).

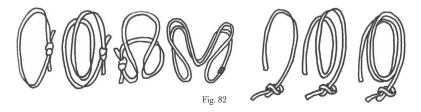


• qu'en présence d'un bloc coincé, l'amarrage soit parfaitement bloqué et que la traction de l'anneau de liaison ne risque pas de le déverrouillé (fig. 81).



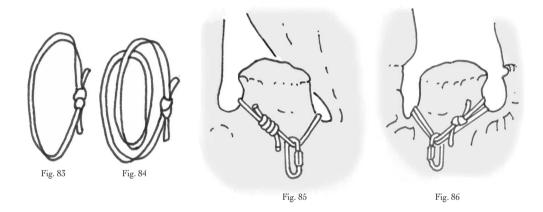


D'un point de vue pratique, les anneaux de liaison en sangle ou en corde (fig. 82) s'utilisent soit sous forme de boucles fermées (anneau de sangle ou de corde nouée ou sangles cousues), soit, ils sont fermés après leur installation sur l'amarrage.

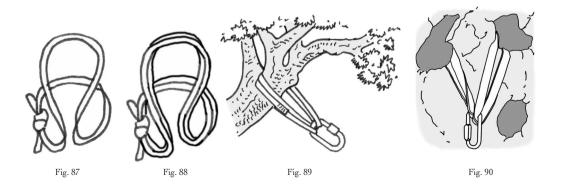


### Utilisation des anneaux fermés

Les anneaux fermés s'utilisent sous forme d'une boucle (fig. 83) lorsqu'il est possible de coiffer l'amarrage (fig. 85). La boucle est doublée (fig. 84) lorsqu'il est nécessaire de réduire de moitié sa taille, ou pour obtenir un anneau de liaison plus résistant à l'effort et/ou au frottement (fig. 86).

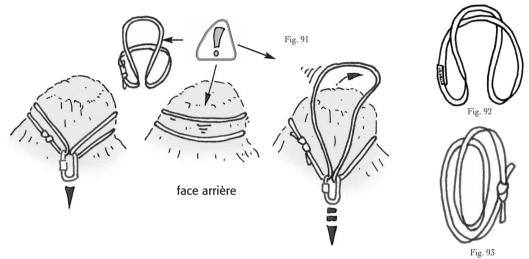


Les anneaux fermés s'utilisent pliés en deux (fig. 87) lorsqu'on est contraint d'entourer l'amarrage (fig. 89) ou d'introduire l'anneau de sangle dans un bracelet de roche (fig. 90). Si cet anneau est trop grand, on peut le réduire de moitié en l'utilisant plié en quatre (fig. 88).





Attention : l'utilisation d'un anneau plié en deux autour d'un bloc, peut présenter un risque dans la mesure où, si la boucle supérieure venait à s'échapper (bloc lisse), elle entraîne la libération totale du connecteur (fig. 91).



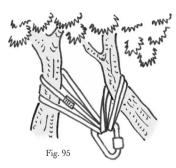
Pour écarter ce risque, il convient :

- soit de croiser l'anneau (fig. 92) ce qui permet d'encercler l'amarrage sans avoir à le coiffer ;
- soit d'utiliser l'anneau sous la forme d'une boucle en double (fig. 93) à condition de coiffer l'amarrage.

Dans les deux cas de figure, le mousqueton demeure prisonnier dans l'anneau quoi qu'il arrive.



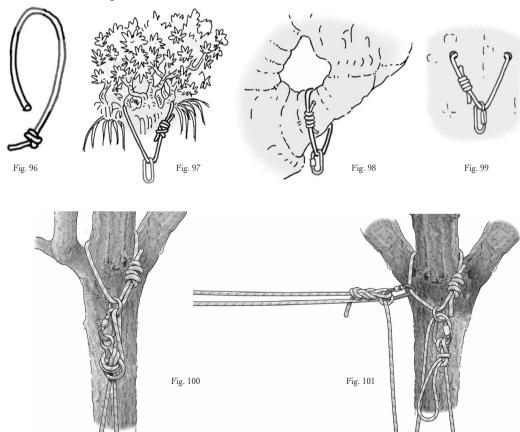
Par ailleurs, un anneau de liaison suffisamment grand peut être plié en quatre (fig. 94) pour prendre appui sur deux points d'attaches séparés (fig. 95). On choisira dans ce cas, pour le fermer, un mousqueton large du type «poire»



### Utilisation des anneaux à fermer

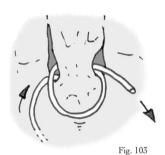
Les anneaux de liaison noués après leur installation  $(\mathrm{fig.~96})$  sur l'amarrage sont généralement des équipements destinés à être abandonnés sur place. D'une façon générale, on choisit de fermer un anneau de liaison en place dans plusieurs cas de figures :

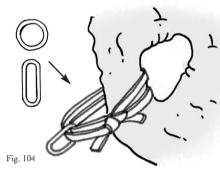
• lorsque l'anneau est utilisé en simple et qu'il est nécessaire de l'enfiler derrière ou au travers de l'amarrage : sangle tricotée au niveau des racines ou en pied de buisson (fig. 97); anneau de corde placé en simple au travers d'un orifice rocheux (fig. 98), d'une lunule artificielle (fig. 99) ou bien encore autour d'un arbre (fig. 100 et 101);



• L'anneau de liaison utilisé en double (fig. 102) est noué en dernier lorsqu'il est plus commode de le passer en deux fois dans une fissure étroite par exemple (fig. 103) ou de façon systématique, quel que soit le nombre de boucles lorsqu'il est associé à un maillon de renvoi soudé (fig. 104); ce qui est fréquemment le cas en ouverture de site pour la réalisation d'un amarrage laissé à demeure ;





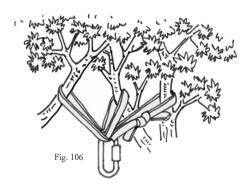




Remarque: les maillons soudés sont mieux appropriés pour l'équipement car lls ont moins tendance à disparaitre que les maillons rapides. En effet, les maillons soudés sont moins convoités car ils ont moins de valeur et seront plus difficiles à récupérer qu'un maillon rapide car une fois que l'anneau de liaison est fortement serré il est difficile de le dénouer.

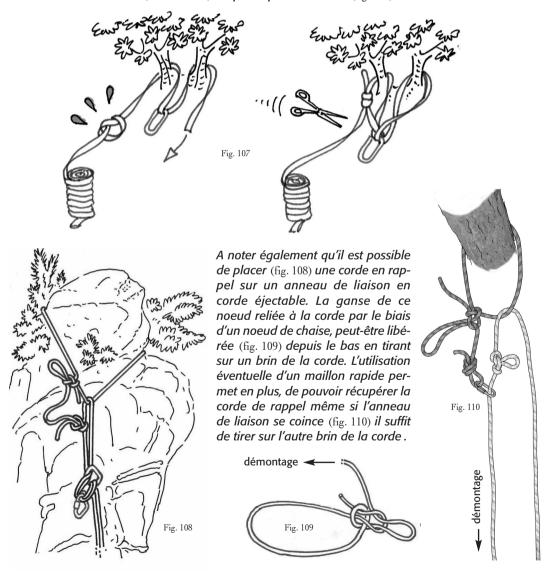
• L'anneau utilisé en double ou en triple (fig. 105), est également noué en dernier lorsqu'il est nécessaire de le tricoter sur plusieurs points d'amarrage afin de répartir la charge (fig. 106) tout en économisant le matériel (fig. 107 page suivante).





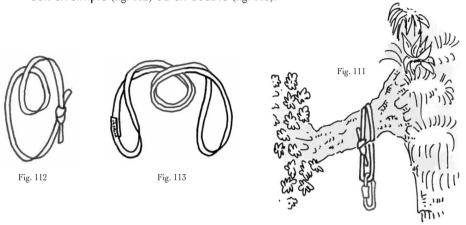


**Astuce :** pour déterminer avec précision la longueur de sangle utile lorsque celle-ci est coupée au fur et à mesure des besoins, il suffit d'amorcer le noeud de jonction coté réserve avant de l'installer. Ainsi, on peut à loisir, tricoter l'anneau sur l'amarrage, le nouer, vérifier sa longueur, le régler à nouveau s'il y a lieu et enfin, en dernier, couper la partie restante (fig. 107).

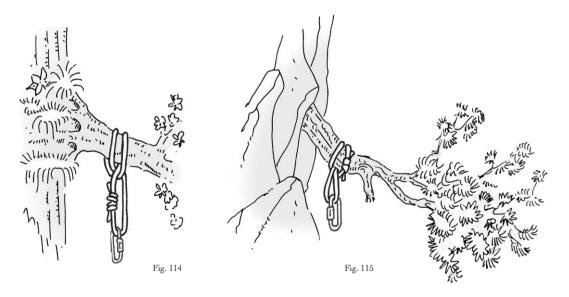


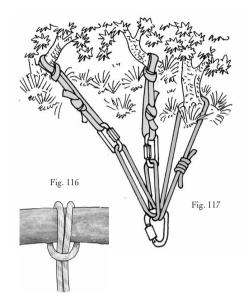
### **Utilisations particulières**

Pour éviter (fig. 111) qu'un anneau de liaison glisse sur un tronc d'arbre ou une branche légèrement inclinée par exemple, on peut l'entourer deux fois indépendamment du fait que l'anneau soit en simple (fig. 112) ou en double (fig. 113).



Pour une immobilisation encore plus efficace, on peut également soit réaliser un noeud de cabestan sur corde (fig. 114) soit un noeud de «tête d'alouette» (fig. 115).

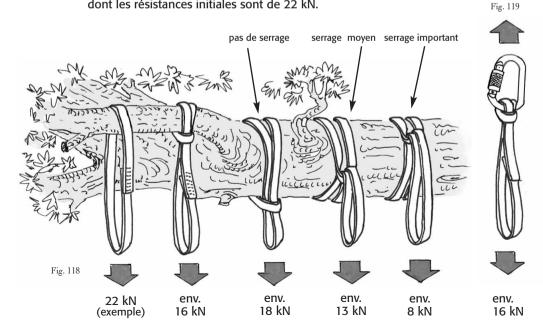




Le noeud (fig. 116) « tête d'alouette » est particulièrement bien adapté lorsqu'il est nécessaire d'immobiliser un anneau de sangle à la base d'un arbuste car il est capable de se bloquer très efficacement même sur des petits diamètres (fig. 117).

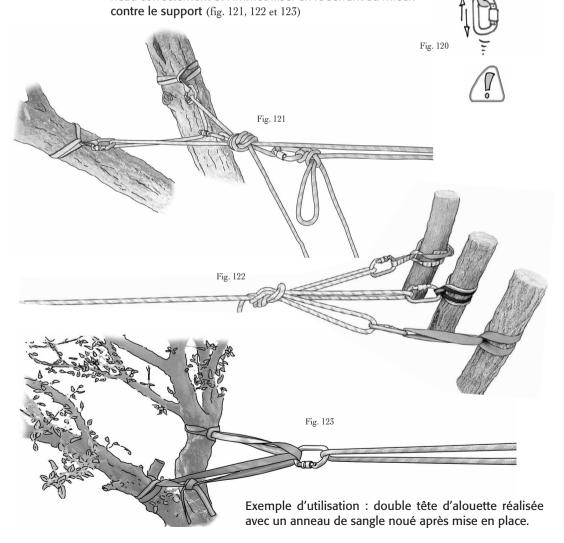
Le noeud « tête d'alouette » est un noeud étrangleur dont la capacité de serrage, sur un amarrage de gros diamètre, dépend de la façon dont il est placé (fig. 118). En contre-partie, plus sa capacité de serrage est importante plus l'anneau est fragilisé. En revanche, sur un support de taille réduite comme un connecteur par exemple (fig. 119), ce phénomène tend à disparaître.

Exemple (fig. 118) de résistance théorique d'un amarrage réalisé au moyen de sangles cousues, placées en tête d'alouette, et dont les résistances initiales sont de 22 kN.



Plus l'anneau de liaison est grand et élastique (corde dynamique) plus il faut être vigilant sur les risques de frottement corde sur corde au niveau de la boucle de renvoi qui peut occasionner, à la longue, une usure de l'anneau (fig. 120) notamment s'il venait à subir des à-coups répétés ou à être chahuté en tous sens.

Pour minimiser ce risque, il convient de positionner l'anneau correctement et l'immobiliser en le serrant au mieux



### Association d'anneaux

Dans la mesure où leur résistance initiale est suffisante et qu'ils ne sont pas exposés à un risque d'usure rapide, les anneaux en sangle ou en corde sont utilisables en simple (fig. 124). Toutefois, il est très fréquent d'utiliser des anneaux doublés, soit pour des raisons pratiques (anneau plié en deux autour d'un amarrage), soit parce qu'on a intérêt à les associer par mesure de précaution (anneau usagé, anneau de secours, répartition de l'usure).



noeud de pêcheur double

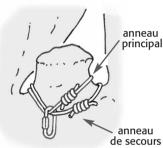


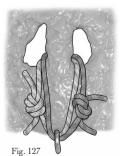
Fig. 125

L'utilisation de deux anneaux indépendants permet de disposer (principe fig. 125) d'un anneau principal qui supporte seul et de façon systématique la charge ; en cas de rupture (usure prononcée, choc) il est secondé par un anneau de secours. Dans la mesure où les anneaux sont identiques, la résistance théorique de l'amarrage est inchangée ; par contre, il est deux fois plus sûr puisqu'il faut rompre les deux anneaux pour le détruire entièrement.

Avec deux anneaux indépendants, le plus souvent, la moitié seulement du matériel installé est sollicitée. Il n'y a donc pas de répartition de la charge, ni de répartition de la surface de frottement ni de diminution de l'élasticité (accélérateur d'usure) pour les anneaux de corde, ni augmentation de la résistance maximum à la rupture. En revanche, puisqu'un seul anneau travaille, le deuxième se «repose» et vieillit beaucoup moins vite, offrant de meilleures garanties dans le temps. C'est utile pour sécuriser un anneau de liaison exposé au risque d'usure et qui sera utilisé fréquemment. C'est également indispensable lorsque l'amarra-

noeud simple



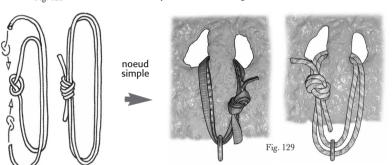


ge est plus particulièrement exposé au risque de chutes de pierres car la coupure accidentelle d'un brin de corde par écrasement n'affecte pas l'intégrité de l'amarrage.

Pour obtenir deux anneaux indépendants fixés sur le même amarrage naturel on peut soit utiliser deux anneaux distincts (fig. 126 et 127);

soit utiliser un anneau placé en double (fig. 128) dont le noeud (noeud simple tricoté trois fois) permet de rendre chacune des deux boucles indépendantes (fig. 129) ; soit nouer les extrémités

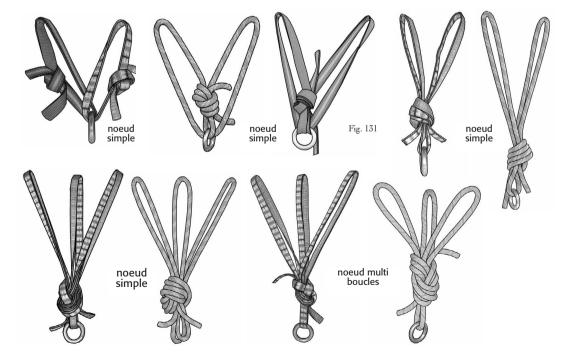
d'un anneau plié en deux (fig. 130). Fig. 128



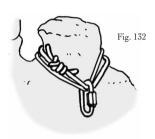
L'utilisation de plusieurs amarrages naturels au moyen d'anneaux qui se partagent indépendamment la charge est également possible et la plupart des solutions (fig. 131) présentées dans le cahier n°8 avec des ancrages artificiels sont utilisables.

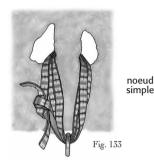


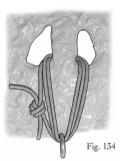
Fig. 130

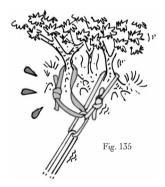


L'utilisation d'un anneau dédoublé (principe fig. 132) en deux, trois ou quatre permet d'augmenter la résistance de l'amarrage (fig. 133 et 134). Cela peut être utile en cas d'efforts intensifs, ou en présence d'une sangle ou d'une corde de faible résistance.



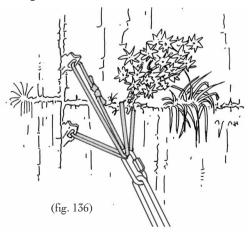






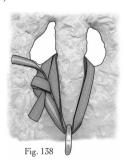
Lorsque plusieurs anneaux sont utilisés de façon indépendante sur plusieurs amarrages, la répartition de la charge ne peut se faire que pour un axe de travail bien précis et il est encore plus difficile d'équilibrer la charge. Dès que la corde change d'angle de travail, la charge bascule sur l'un des points d'amarrage (fig. 135). Il est donc impératif que chaque amarrage soit suffisamment robuste pour travailler seul. Dans le doute, et si on n'a pas d'autre possibilité d'amarrage, il faudra augmenter le nombre de points d'amarrage tout en essayant de répartir au mieux la charge.

L'utilisation d'un anneau dédoublé en deux trois ou quatre, est donc systématiquement utilisée lorsqu'il est nécessaire de répartir la charge sur plusieurs points d'ancrage. Ce cas de figure peut se présenter notamment lorsqu'on progresse en terrain d'aventure et que la résistance des amarrages disponibles est limitée (fig. 136).



Pour dédoubler un anneau ; soit on l'entoure plusieurs fois autour de l'amarrage (fig. 137 et 138) soit on l'utilise plié en deux (fig. 139 et 140).

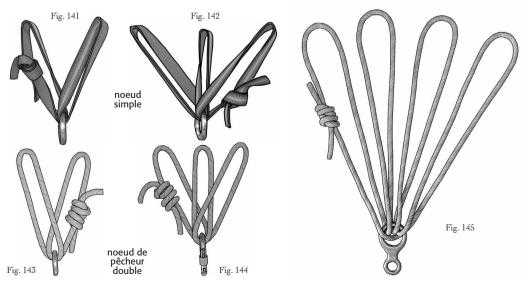


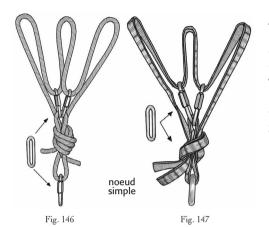






L'utilisation de plusieurs amarrages naturels au moyen d'un anneau qui se partagent approximativement la charge est également possible et la plupart des solutions (fig. 141 à 144) présentées dans le cahier n°8 avec des ancrages artificiels sont envisageables. Toutefois, l'équilibrage de la charge nécessite un ajustement manuel précis des ganses en raison des frottements. L'utilisation d'un descendeur en huit (fig. 145), offre un anneau de grande taille qui permet d'éviter les chevauchements et facilite la répartition de la charge lorsque les ganses sont nombreuses (amarrage temporaire).





Autre exemple de répartiteur réalisé avec des maillons soudés étroits ou des maillons rapides. Cette disposition évite les chevauchements des ganses au niveau du maillon de rappel et il est plus facile de régler les ganses en vue de répartir au mieux la charge. (fig. 146 à 148).







Remarque: sur les sites très fréquentés, on peut être tenté de retirer les anneaux de liaisons qui s'accumulent autour des arbres pour les remplacer par un tronçon de chaîne qui résistera beaucoup plus longtemps (fig. 149).

Malheureusement, placé autour d'un arbre, cet anneau de chaine risque de bouger à chaque utilisation et ne manquera pas d'occasionner des lésions profondes sur l'écorce de l'arbre (fig. 150).

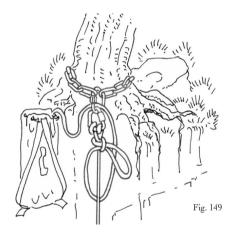
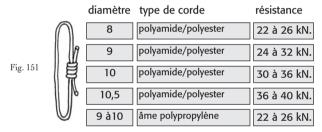




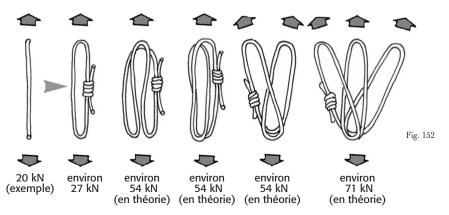
Fig. 150

### **RESISTANCE DES ANNEAUX**

Les anneaux réalisés avec de la corde de progression neuve identique à celle utilisée en descente de canyon ou en spéléologie, ont une résistance comprise entre 22 kN et 40 kN suivant le diamètre de la corde (fig. 151). A noter que la résistance d'une corde neuve est surtout proportionnelle à son poids ; le diamètre indiqué dans les caractéristiques de vente ne reflète pas toujours de façon précise celui de la corde mais reste néanmoins un bon repère. De plus, la résistance des cordes peut varier notablement d'un modèle à un autre. Bien évidemment, les cordes d'escalade, conviennent également mais sont moins bien adaptées aux frottements.



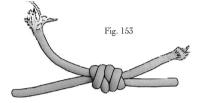
En théorie, la résistance d'un anneau de corde neuve est facile à évaluer (tout du moins approximativement). Elle correspond en gros  $(\mathrm{fig.\ }152)$  à deux fois la valeur de résistance de la corde en simple avec un noeud ; deux fois plus pour les anneaux pliés en deux ou en double et trois fois plus pour les anneaux utilisés en triple. Les anneaux, même utilisés en simple, sont donc a priori largement plus solide que la corde de progression utilisée le plus souvent en simple.



Dans la pratique, le problème est complètement différent car d'une part, il est bien rare d'utiliser de la corde neuve à cet effet; on est davantage tenté d'investir dans la sangle, plus pratique et plus polyvalente (adaptée en plus aux plaquettes). Sachant aussi que les cordes utilisées en canyon étant susceptibles d'être endommagées tôt ou tard, il est fréquent de devoir les couper et bien pratique de réutiliser les morceaux en bon état

devenus trop courts, pour l'équipement des amarrages naturels.

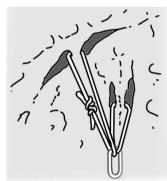
Or, le vieillissement des cordes affecte leur résistance de façon non homogène. D'ailleurs, le noeud (fig. 153), ne constitue plus forcément le point faible d'un anneau comme on serait tenté de l'imaginer.



anneau fermé par un noeud de pêcheur double 2 tests sur corde usagée : 2 ruptures hors noeud

Fig. 154

D'autre part, et ce de façon plus ou moins prononcée suivant la configuration de l'amarrage, l'équilibrage des ganses d'un anneau placé en double où en triple est difficile à obtenir, notamment lorsque l'axe de travail de la corde se modifie sous charge en raison des frottements importants de la corde sur l'amarrage naturel qui limite le coulissement des ganses. Le déséquilibre des ganses est d'autant plus probable que les points d'amarrage sont nombreux et situés dans la roche (fig. 154).



également les amarrages qui se partagent la charge en équilibre. Cahier n°8 Le chevauchement éventuel des brins au niveau du maillon de rappel provoque un pincement qui aggrave encore plus les choses et peut accroître le déséquilibre des ganses (fig. 155). En outre, la tension des différentes ganses d'un anneau dépend aussi de leurs tailles respectives en raison de l'élasticité de la corde.

Aussi, dans la pratique, il est bien rare que la résistance finale d'un anneau utilisé en triple, par exemple, soit trois fois plus importante que celle de cet anneau utilisé en simple.

Enfin, la configuration de l'amarrage naturel peut également réduire la solidité d'un anneau et surtout, occasionner, à l'usage, un risque d'usure localisé ; voir page 56. C'est aussi pour ces raisons que l'on utilise fréquemment des anneaux en double ou que l'on soit tenté de doubler un anneau usagé trouvé sur place.



Fig. 155

### La résistance des anneaux de sangle

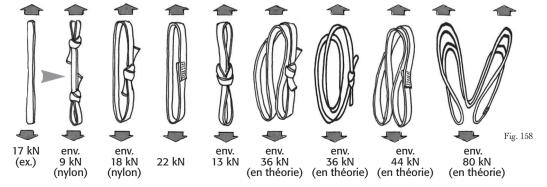
La résistance des sangles plates ou tubulaires est fixée par la norme Européenne EN 565; elle est généralement comprise entre 10 kN et 22 kN et ne peut être inférieure à 5 kN. L'épaisseur des sangles peut varier considérablement d'un modèle à un autre; on ne peut donc pas se fier à sa largeur pour évaluer sa résistance d'autant qu'il existe plusieurs types de fibres. Il en va de même avec les sangles tubulaires, qui, à lar-

geur égale, ne sont pas forcément plus robustes que les sangles plates. La résistance des anneaux de sangle cousues est fixée par la norme Européenne EN 566 (22kN minimum) et figure sur une étiquette prise dans la couture (fig. 156). Quant aux sangles de sécurité vendues au mètre, elles disposent, selon les nouvelles normes en vigueur, d'un code fil permettant d'en déterminer la

Fig. 156

500 + 500 + 500 1500 daN

résistance. Ce code est repéré par un ensemble de fils parallèles, contrastés et tissés le plus souvent sur une face de la sangle ; chaque fil équivaut à une résistance de 500 daN. Les sangles dont la résistance se situe aux environs de 1600 daN par exemple seront classées aptes à 1500 daN et disposeront d'une série de trois fils (fig. 157). En théorie, uniquement, la résistance d'un anneau en sangle neuve nouée est facile à évaluer (tout du moins approximativement). A résistance de sangle équivalente, les anneaux noués sont un peu moins résistants que les anneaux cousus ; de même, la jonction de deux anneaux fragilise la sangle d'autant plus qu'elle est large et rigide. Plus le nombre de boucles augmente plus la résistance de l'anneau est susceptible d'augmenter (fig. 158).



### ANNEAU DE LIAISON ET PREVENTION

Les anneaux de liaison utilisés pour la réalisation des amarrages de progression font partie intégrante de la chaîne de sécurité. De par leur nature synthétique (susceptible de vieillir rapidement) et le fait qu'ils soient en contact direct avec le support naturel (susceptible de les fragiliser), ils doivent faire l'objet d'une attention toute particulière. S'ils ne constituent pas des équipements fiables à long terme, ils doivent néanmoins être totalement sûrs et le rester (sans faiblir de façon sensible) durant tout le laps de temps nécessaire à leur utilisation par l'équipe qui les a mis en place. Aussi, puisqu'il est possible d'accroître leur résistance dans de grandes proportions, ils ne doivent (sans pour autant exagérer), jamais constituer le point faible de l'amarrage.



On évalue la résistance utile d'un anneau de liaison, en fonction :

- de son usage et de l'intensité de l'effort
- de la résistance théorique de l'anneau;
- des facteurs de réduction

### Usage et intensité de l'effort prévisible

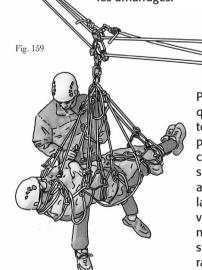
Les anneaux de liaison s'utilisent pour des cas de figure nombreux et différents; ils servent aussi bien pour la réalisation des amarrages de progression, d'assurances, les déviations, les maincourantes ou simplement pour attacher le matériel. Si pour supporter le poids d'un sac où réaliser une déviation, n'importe quel bout de sangle peut convenir, il n'en va pas de même pour les amarrages de sécurité; les contraintes qu'ils auront à supporter peuvent être importantes et surtout les risques encourus ne sont pas les mêmes.

Aussi, dès lors qu'un anneau de liaison est utilisé pour la réalisation d'un amarrage de sécurité (auquel on confie sa vie), il est indispensable de s'assurer qu'une fois en place, il sera suffisamment résistant.

### Exemples d'intensité d'efforts maximums prévisibles

Manoeuvre	Effort prévisible
descente en douceur remontée sur corde simple ancrage intermédiaire de main-courante avec deux équipiers sauvetage, remontée par balancier descente rapide sur corde sans à-coup tyrolienne en double très tendue chargée d'un équipier descente rapide et arrêt brusque sur corde double descente rapide et arrêt brutal, sur un brin, contre-assuré du bas manoeuvres de sauvetage sur tyrolienne avec accompagnateur	environ 150 daN. environ 180 daN. environ 200 daN. environ 240 daN. environ 280 daN. environ 350 daN. environ 350 daN. environ 450 daN. environ 550 daN.

Les manoeuvres de sauvetage sur tyrolienne  $(\mathrm{fig.~159})$  permettant d'évacuer, vers le bas ou le haut, un blessé accompagné, font partie des opérations qui génèrent des efforts intensifs sur les amarrages.



Pour évoluer en sécurité, il faut considérer que l'amarrage doit être capable de supporter au moins trois fois la charge maximale prévisible. En dehors des cas de figure particuliers tels que les manoeuvres de sauvetage sur tyrolienne qui requièrent des précautions accrues, les anneaux de liaison utilisés dans la pratique courante, une fois en place doivent résister au moins à 15kN sans faiblir. A noter que certaines conditions de progression particulières (exploration difficile en terrain d'aventure, reconnaissance, réchappe), nous incitent à concevoir parfois des amar-

rages avec une marge de sécurité bien plus réduite. La prise de risque n'est pas forcément plus grande dans la mesure où l'équipement est entrepris par des équipiers expérimentés et prudents qui minimisent les efforts, qui ont une grande maîtrise des techniques d'équipement, une parfaite connaissance du matériel, du terrain et des risques encourus.

### Prise en compte des facteurs de réduction

La résistance d'un anneau de liaison s'amoindrit immédiatement ou à court terme, dans les cas suivants :

- · anneau usagé, vétuste ou endommagé;
- · affaiblissement lié à la disposition géométrique de l'anneau ;
- support agressif (risque d'usure de l'anneau à l'usage).

### Etat de l'anneau

Dès leur mise en service, les anneaux (fig. 160) de corde et surtout de sangle (dépourvus de gaine de protection et offrant une surface plate) vieillissent. Le vieillissement de ces produits composes de fibres synthetiques est un phenomene complexe resultant de la combinaison de plusieurs facteurs (photochimique, thermique, chimique ou mecanique) qui les détériore plus ou moins vite, selon le contexte et la fréquence d'utilisation. Ce vieillissement est en partie visible : couleur dégradée sous l'action du soleil, usure ou coupure superficielle, raidissement, corde peluchée. De façon plus insidieuse et donc moins visible, les fibres se détériorent inexorablement sous l'action des rayons ultraviolets ou encore des micro-cristaux qui usent les anneaux en contact avec la roche et pénètrent les fibres en profondeur, occasionnant des lésions internes microscopiques.



A noter également que l'eau, par réaction chimique avec les fibres de nylon (issues du pétrole) affecte également leur résistance.

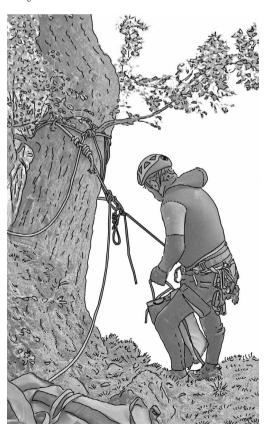
D'une manière générale, cette usure peut être rapide lorsque l'anneau est de surcroît installé à demeure, sollicité à répétition ou de façon intensive ; exposé au soleil, aux intempéries, voire aux risques de crues.

Par contre, les anneaux de sangle utilisés occasionnellement, avec précaution, stockés et lavés soigneusement (sans détergent), peuvent servir plusieurs années.

### Il est donc important:

• d'être prudent (fig. 161) lorsqu'on est amené à utiliser de la

Fig. 161



sangle ou des tronçons de corde usagés (dont on se sert depuis plusieurs années) ou présentant des traces d'usure et de tenir compte si possible de l'âge et du vécu du matériel. A noter que les anneaux de sangles cousues sont des EPI. Les tronçons de corde utilisés pour l'équipement, quelques années de service, même apparemment en bon état, ont vieilli. Ils sont moins résistant aux chocs ; mais en revanche, ils sont souvent plus raides ce qui limite les risques d'usure par frottements.

 d'écarter sans scrupules du matériel d'équipement (à défaut de test de résistance), les cordes et sangles visiblement vétustes (usure importante, couleur effacée) surtout si on ne connaît pas leur provenance.



Attention: tout anneau trouvé sur place, même s'il semble à première vue en bon état, est forcément usagé et doit faire l'objet d'une vérification minutieuse car il peut dissimuler des traces d'usure.

Lorsqu'on envisage d'utiliser un amarrage naturel déjà équipé, avec un anneau de liaison, il convient donc :

- de bien inspecter l'anneau de liaison en place, surtout s'il est dépourvu de maillon de rappel, car il risque d'être usé par le rappel de corde utilisé précédemment;
- de le considérer comme usagé dans la mesure où on ne sait pas depuis quand il est en place (même s'il semble en bon état);
- de le remplacer systématiquement s'il paraît douteux, et notamment s'il est disposé en simple et en place depuis plusieurs saisons.

Une sangle neuve vaut toujours mieux que plusieurs sangles usées. De plus, les vieux anneaux de corde ou de sangle accumulés au fil du temps sur certains amarrages, peuvent devenir dangereux. Leur disposition, souvent modifiée à plusieurs reprises, tend à devenir anarchique sans améliorer pour autant l'amarrage dont l'utilisation devient très vite confuse et problématique.

Par ailleurs, ces anneaux accumulés au fil des passages forment généralement des guirlandes disgracieuses et d'autant plus fournies (fig. 162) que la hauteur de l'obstacle est importante (comme l'appréhension des équipeurs successifs probablement). Ne pas hésiter à les remplacer par du matériel neuf, et retirer tous les vieux anneaux pour les mettre dans une poubelle.



### Influence du support sur la résistance d'un anneau

Les amarrages rocheux, plus ou moins abrasifs suivant la nature de la roche, sont susceptibles de fragiliser, à la longue, un

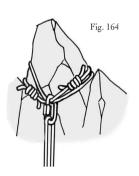


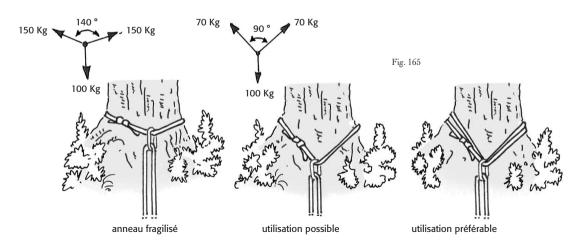
anneau de liaison en charge par frottement et usure en continu (fig. 163). Cette usure est d'autant plus rapide que l'anneau est élastique (anneau de grande taille réalisé en corde dynamique) et qu'il bouge à chaque utilisation.

Ce phénomène peut être accentué par la présence d'arêtes pas toujours bien visible car quelquefois dissimulée derrière un bloc ou par de la terre ou de l'herbe. Il est donc utile dans ce cas d'augmenter la marge de sécurité (fig. 164), surtout lorsque l'anneau risque d'être sollicité de façon intensive ou à répétition.

### La disposition géométrique de l'anneau

L'angle de travail d'un anneau de liaison une fois en place, peut engendrer des efforts supérieurs à la charge qu'il maintient (fig. 165). Cela peut se produire notamment lorsqu'on entoure un amarrage de grande taille avec une sangle (statique). Avec les anneaux réalisés en corde, cette surcharge ne peut atteindre des valeurs critiques, compte tenu de l'élasticité du matériel. Néanmoins, il est toujours préférable d'en tenir compte.

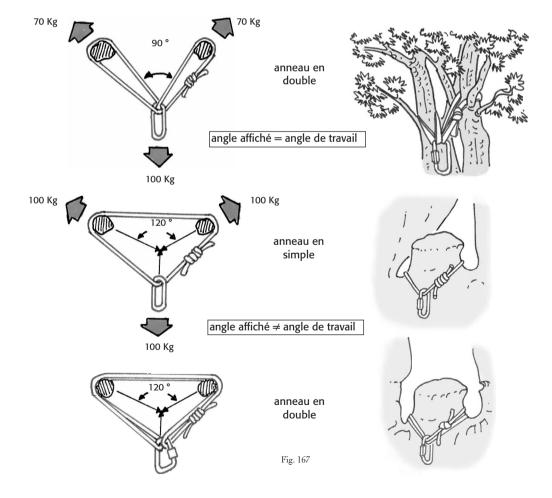




Cette augmentation des efforts liée à la disposition géométrique de l'anneau de liaison peut se produire quel que soit l'axe de travail de la corde. On retrouve par exemple (fig. 166) le même phénomène lorsque la traction sur l'anneau de liaison s'effectue perpendiculairement au plan de l'amarrage. Dans tous les cas, lorsque l'anneau de liaison entoure l'amarrage, les contraintes occasionnées sont plus importantes que ne le laisse imaginer l'angle visuel affiché par l'anneau (fig. 167).



Fig. 166

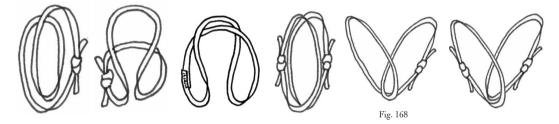


## <u>Equipement des amarrages naturels pour la progression;</u> recommandation

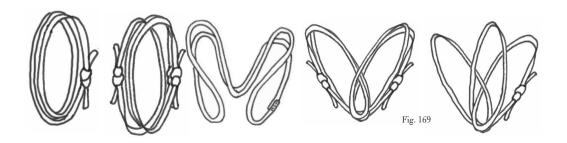
<u>Utilisation des sangles</u>: on utilise soit des anneaux cousus (EPI) soit des anneaux réalisés avec des sangles de sécurité neuve qui résistent au moins à 15 KN. (résistance de l'anneau comprise entre 18 kN et 22kN);

Ces anneaux de sangle sont utilisés en double (un seul anneau) ou par deux (deux anneaux) suivant le cas de figure (fig. 168):

- lorsqu'ils sont placés sur un amarrage rocheux présentant un risque d'usure par frottement;
- lorsqu'ils sont exposés aux chutes de pierres ;
- · lorsque la sangle est usagée ou fortement sollicitée ;
- chaque fois que cela n'est pas indispensable mais susceptible de faire plaisir ou de rassurer celui qui équipe....



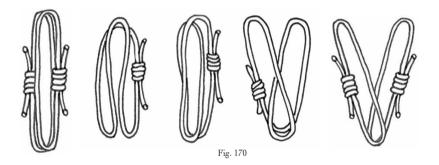
Lorsque l'anneau est utilisé dans un contexte particulièrement délicat, cumulant plusieurs facteurs défavorables, (effort intensif et long, amarrage rocheux coupant, sangle usagée ou fine, etc...) ne pas hésiter à augmenter la marge de sécurité en augmentant le nombre de boucles (fig. 169).



<u>Utilisation des anneaux de corde</u>: On utilise de préférence des cordes neuves en 9mm au moins (polyester ou polyamide).

<u>Ces anneaux de corde seront utilisés en doublés ou par deux suivant le cas de figure</u> (fig. 170):

- lorsqu'ils sont exposés à un risque d'usure rapide (amarrage rocheux présentant des arêtes très agressives;
- · lorsqu'ils sont exposés aux chutes de pierres;
- lorsque la corde est usagée, de faible résistance (polypropilène), ou de diamètre réduit (8 mm.),
- chaque fois que cela n'est pas indispensable mais susceptible de faire plaisir ou de rassurer celui qui équipe....





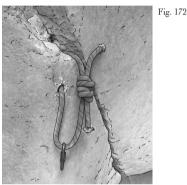
Remarque : les recommandations liées à l'emploi des anneaux de liaison pour l'équipement des amarrages naturels sont données à titre indicatif. A l'heure ou l'omniprésence des normes et des règlementations nous transforme en consommateurs dociles et disciplinés, proposer une règle valable dans tous les cas de figure (même celui pour lequel il ne se justifie pas), évite, certes, d'avoir à réfléchir, ce qui peut être, a priori une bonne chose sur le plan collectif. Le problème est qu'à force de faire les choses sans réfléchir, on finit par ne plus savoir exactement pourquoi on ne peut pas faire autrement. Avoir des préjugés sur telle ou telle utilisation proscrite sans avoir d'explication logique et sans en chercher les raisons n'est pas très intelligent; ni très formateur. Pour pouvoir s'adapter efficacement à toutes les situations en fonction du matériel dont on dispose et de la situation dans laquelle on se trouve, Il est bien plus important d'être à même d'évaluer les risques et ce qu'il est raisonnablement possible de faire.

### AMARRAGE SUR LUNULE ARTIFICIELLE

Fabriquer un amarrage au moyen d'une lunule artificielle consiste à percer dans la roche, avec un perforateur, un petit tunnel dans lequel est noué un anneau de corde. Une lunule peut être percée de façon rectiligne lorsqu'elle traverse la roche de part en part (fig. 171 et 172) ou en V notamment lorsqu'on la réalise sur une paroi lisse (fig. 173).

Fig. 171







Cet amarrage économique (utilisé à l'origine dans la glace par les alpinistes) constitue un équipement en partie temporaire puisque la durée de vie de l'anneau de corde laissé à demeure (donc exposé aux intempéries), est limitée dans le temps. Cela dit, même si ce type d'amarrage est surtout utilisé en terrain d'aventure, il permet de réaliser des amarrages parfaitement fiables et robustes dont la résistance peut dépasser 50 kN et qui s'avèrent beaucoup moins sensibles aux risques de crue que n'importe quel ancrage artificiel puisqu'ils ne comportent aucune pièce métallique et laissent la paroi lisse. Seule la partie visible de l'anneau de corde se dégrade ou risque d'être arrachée en cas de crue. Il est donc possible de reconstruire l'amarrage à chaque fois sans aucun matériel d'équipement autre qu'un nouveau bout de corde et un petit morceau de fil de fer crochu (fig. 174). Les lunules sont généralement équipées avec des anneaux de corde provenant le plus souvent de cordes de progression réformées ou devenues trop courtes.

Elles sont percées au moins à 16 mm de diamètre pour les lunules rectilignes et 18 mm pour les lunules en V voire même 20 mm lorsqu'on n'est pas limité en énergie de perçage et par le temps et que l'on souhaite réaliser une lunule confortable et très facile à équiper sur un site fréquenté.

Il est également possible de réaliser des lunules de plus petit diamètre avec de la cordelette dynéma très résistante ; mais apparaît alors deux inconvénients, ce type de cordelette plutôt chère ne figure pas parmi le matériel de progression, et seul ceux qui auront pris le soin de s'en procurer pourront ultérieurement rééquiper la lunule.



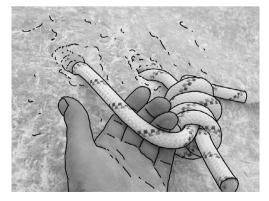
Dans tous les cas, un crochet à lunule réalisé avec un bout de fil de fer rigide de 2 mm de diamètre (fig. 174 est indispensable pour crocheter l'extrémité de la corde dans les lunules en V. Pour aménager la lunule lors de la première installation, prévoir également un marteau et un burin.

### Prévention des risques d'usure

Dans la pratique, réaliser un amarrage sur lunule artificielle est très simple ; il suffit de percer un minuscule tunnel, et qu'il soit possible d'y faire circuler un bout de corde pour confectionner un anneau.

Pourtant, chaque lunule est unique car il y a toujours une multitude de choix possibles dans la façon de l'entreprendre et sa résistance finale, ainsi que la tenue de l'anneau dans le temps, en dépendent directement. On peut très facilement accroître la résistance du rocher (sauf s'il est vraiment fragile ou pourri bien entendu) ; il suffit d'augmenter la profondeur de perçage et par là même, le volume de la roche encaissante, si bien que l'anneau de liaison finit toujours par devenir le point faible. En effet, en dehors des agressions externes (chute de pierres, exposition

Fig. 175



aux crues, au rayon du soleil), l'anneau de liaison frotte immanquablement dès qu'on s'en sert et s'use inévitablement. La tenue de l'anneau dans le temps dépend en grande partie de la corde utilisée et de la conception de la lunule (fig. 175).

Lunule réalisée avec un anneau de corde statique de 13 mm résistance au cisaillement en traction lente : 5325 daN.

### Usure de l'anneau par frottement :

• toute partie de l'anneau qui bouge, même de façon à peine visible, alors que cet anneau se trouve en tension contre le rocher frotte et s'use. Les zones de frottements sont inévitables.

Cette usure (fig. 176) s'aggrave lorsque l'angle affiché par la corde est prononcé et que l'arête est franche (ce qui augmente la pression de la corde sur l'angle et concentre l'usure sur une surface réduite). Ce n'est pas tellement l'angle infligé à la corde qui la fragilise mais bien l'usure occasionnée par le frottement sur cet angle.

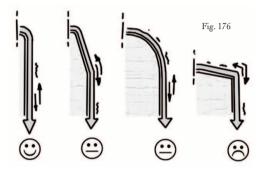
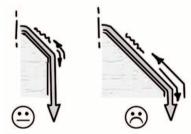


Fig. 177

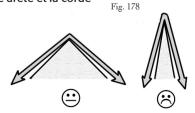


· Cette usure est également d'autant plus rapide que le point de frottement est éloigné du point de renvoi (fig. 177) et que la corde est élastique, ce qui augmente l'amplitude des mouvements de la corde et accélère l'usure. Schématiquement l'anneau de corde affiche au moins deux angles dans les lunules rectilignes et trois dans les lunules en V.

### Cas particulier des lunules utilisées en traction :

• la lunule en V au niveau de la jonction des deux tunnels présente un angle interne (fig. 178) constitué d'une arête vive sur laquelle la corde prend appui. Contrairement à ce que l'on pourrait craindre, cette arête invisible n'agresse pas la corde dans la mesure où celle-ci demeure immobile. Toutefois, en traction uniquement, les efforts se concentrent sur cette arête et la corde

peut être fragilisée. Cette situation peut présenter un risque de rupture prématurée de l'anneau de corde en cas d'effort intensif ou de choc violent, ce qui a priori n'est pas le cas de notre pratique. Bien entendu, si la corde venait à frotter sur cette arête, le risque d'usure serait encore plus grave.



### Les lunules rectilignes

Les lunules rectilignes sont les plus faciles à réaliser et à équiper puisque la corde peut ressortir simplement en la poussant. Cependant, les angles (fig. 179), lames ou aspérités rocheuses qu'il est possible de percer de part en part sont peu fréquents ou rarement bien placés.

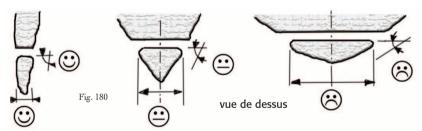
Lorsque la lunule est percée sur un plan horizontal, l'anneau prend appui essentiellement sur les deux angles situés à la sortie des orifices et c'est à ce niveau qu'il finira par s'user. Le risque d'affaiblissement de l'an-

neau est très réduit dans la mesure où il est possible d'arrondir les angles au marteau et au burin. Lorsque l'axe de travail est centré par rapport à la lunule, les contraintes sur le support sont équilibrées de part et d'autre.

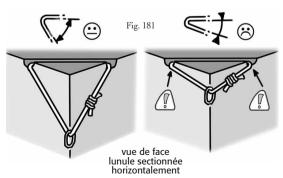
On remarque que plus le perçage est long et la corde dynamique, plus elle risque de frotter à la sortie des trous et donc de s'user sous les fluctuations de charge. En fait, l'angle formé par l'anneau de corde, ainsi que les risques d'usure liés à l'élasticité de la corde, ont tendance à s'aggraver en même temps que la distance entre les orifices de sortie augmente (fig. 180).

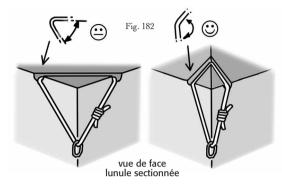


Fig. 179



On a donc tout intérêt avec les grandes lunules, à arrondir minutieusement les bordures des orifices et à augmenter la taille de l'anneau pour que le maillon de rappel puisse se positionner plus bas (fig. 181) afin d'améliorer les conditions de travail de l'anneau de corde au niveau des angles externes.





Remarque: pour les grandes lunules, le fait de percer deux tunnels orientés vers le haut permet d'une part de réduire l'angle affiché par l'anneau à la sortie des orifices mais également, pour un même volume de roche, de réduire l'écartement des trous ce qui améliore d'autant plus les conditions de travail de l'anneau (fig. 182). Mais il ne s'agit plus dans ce cas d'une lunule rectilique.

Lorsque le trou est incliné, la répartition des efforts est modifiée. L'angle supérieur de la lunule se referme et force davantage. Il doit donc être minutieusement arrondi pour ne pas affaiblir l'anneau. Par contre, sur cet angle, les frottements s'estompent d'autant plus que le perçage se rapproche de la verticale. L'angle inférieur, à l'inverse, s'ouvre ; il est donc moins sollicité mais le frottement de l'anneau, à ce niveau, s'intensifie et l'usure de l'anneau est plus rapide (fig. 183) . Lorsque l'axe de traction n'est plus perpendiculaire à l'axe de perçage, la répartition des efforts est également modi-

fiée avec en plus un risque de frottement supplémentaire sur l'arête rocheuse de la paroi $(\mathrm{fig.~184}).$  Par contre, dans ce cas, l'inclinaison du trou est bénéfique car en s'alignant avec l'axe de traction, on réduit le frottement  $(\mathrm{fig.~185}).$  Lorsque le frottement sur l'arête rocheuse est trop important (effort parallèle à l'axe de perçage), on peut envisager de percer deux trous parallèles, rapprochés et orientés dans l'axe de travail de l'anneau  $(\mathrm{fig.~186}).$ 

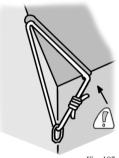
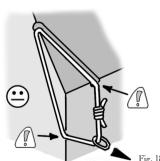


Fig. 183







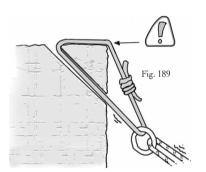
Lorsque la lunule est percée sur un plan vertical, on se retrouve dans le même cas de figure que précédemment (fig. 187). Lorsque l'effort est incliné vers le bas (cas le plus fréquent), la charge est supportée en grande partie par la bordure de l'orifice supérieur. A ce niveau, l'anneau n'est pas fragilisé dans la mesure où il ne frotte pas et qu'il est possible d'arrondir l'angle au burin. Le risque d'usure de l'anneau dépend ensuite de la forme de la roche et de l'axe de travail de l'anneau. A savoir que la bordure de dalle (fig. 188 et 189) occasionne généralement un frottement important que l'on peut néanmoins adoucir facilement en taillant la roche (fig. 190).

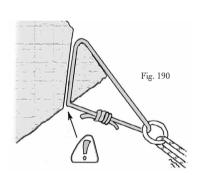


Fig. 187



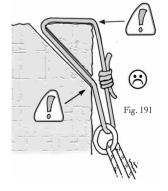
Fig. 188

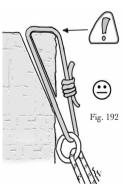


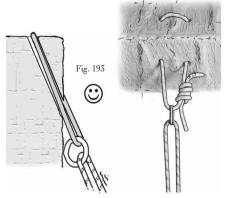


Il est également possible de minimiser les frottements de la corde en alignant au mieux l'axe de perçage avec l'axe de travail de l'anneau (fig. 191 et 192). Parfois le plus efficace consiste à percer deux trous côte à côte dans l'axe de travail de l'anneau ce qui évite le frottement sur l'arête rocheuse et augmente la résistance de la lunule (fig. 193 et 194).

Fig. 194







### Condition de travail des lunules rectilignes

Lunule horizontale : lorsque l'effort est perpendiculaire à la paroi, la lunule est moins solide car le rocher travaille en grande partie en traction (fig. 195). Dans un rocher de faible résistance, il faut donc prévoir la taille de la lunule en conséquence.

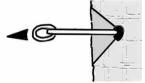
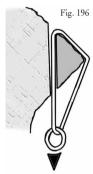


Fig. 195

Fig. 198



De même, percées sur un plan vertical, les lunules qui travaillent plus ou moins verticalement ( $\mathrm{fig.~196}$ ), sont fragilisées par le fait que la répartition des efforts n'est pas harmonieuse et que le volume de roche encaissante est réduit ( $\mathrm{fig.~200}$ ). Sollicité à l'horizontale, on se retrouve dans le même cas de figure évoqué précédemment avec la lunule horizontale ( $\mathrm{fig.~195}$ ).

Par contre, la lunule est beaucoup plus résistante lorsque l'effort est perpendiculaire aux deux trous (équilibrage des forces) et que cet effort est dirigé paral-lèlement à la paroi (en l'occurrence vers le bas sur l'illustration car c'est le cas le plus fréquent). Dans cette situation, le rocher travaille essentiellement en compression (fig.197). Exemple d'effort oblique (fig. 198).

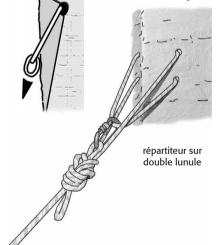


Fig. 197





Remarque: lorsque la lunule travaille en traction de manière perpendiculaire à l'axe de perçage (fig. 195), on peut accroître sa résistance en augmentant le volume de la roche encaissante et réduire les angles extérieurs en perçant deux trous distincts (fig. 199). Mais dans ce cas nous sommes en présence d'une lunule en V et le crochet à lunule devient indispensable.



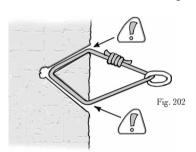
vue de dessus



rupture du rocher d'une lunule rectiligne verticale

### Les lunules en V

Les lunules en V réalisées sur une surface rocheuse plane peuvent dans l'absolu travailler dans n'importe quelle direction puisque l'anneau en corde est souple. Toutefois on minimise le risque de frottement et l'usure de l'anneau en s'assurant que l'axe de travail demeure perpendiculaire à l'alignement des deux trous (fig. 201).



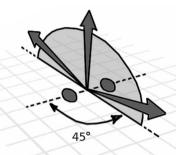
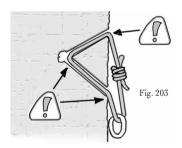


Fig. 201

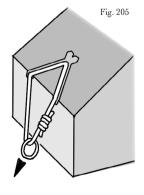


Cette précaution permet d'équilibrer les efforts de façon symétrique au perçage (fig. 202) et supprime le frottement sur l'arête vive constituée par la jonction des deux tunnels qu'il est très difficile d'arrondir. Au contraire, plus l'axe de traction se rapproche de l'alignement de l'un des trous (fig. 203) plus les frottements s'aggravent.

A noter toutefois, qu'en traction (axe de travail perpendiculaire à la surface de la roche), les trous peuvent, dans ce cas particulier, être alignés n'importe ou de part et d'autre de cet axe.

Fig. 204

La plupart du temps les lunules en V (fig. 204) sont percées sur un plan horizontal légèrement incliné vers le haut pour qu'elles ne s'obstruent pas ou se remplissent d'eau (fig. 205) et sont utilisées pour descendre une cascade.

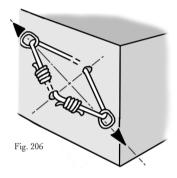


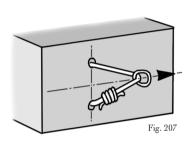


Toutefois, dès lors que l'axe de travail n'est pas à la verticale (lunule destinée à maintenir une corde guide, progression dans un couloir), on doit s'efforcer d'aligner les deux trous perpendiculairement à l'axe de travail (exemple : fig. 206 et 207). A noter enfin que les lunules verticales (fig. 208) sont plus exposées car le sable ou les graviers qui s'y introduisent et ainsi, accélèrent l'usure de l'anneau.

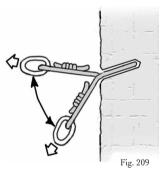
Fig. 208



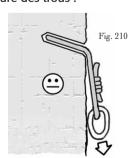




De même, en plus de l'alignement des deux trous perpendiculairement à l'axe de travail, on peut aussi réduire l'usure de l'anneau au niveau des bordures des deux trous en inclinant l'angle de perçage par rapport à la surface du rocher (fig. 209 et 210). Toutefois, il vaut mieux ne pas percer vers le bas les lunules horizontales (amarrage inférieur d'une corde guide par exemple) pour éviter que la lunule ne se remplisse d'eau (risque lié au gel) ou ne s'obstrue lors des crues (fig. 211). Dans tous les cas, même en alignant l'axe de perçage avec l'anneau, il restera un léger frottement au niveau de la bordure des trous .



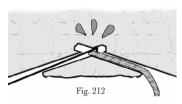






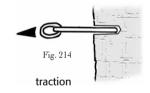


L'angle d'ouverture de la lunule (le V) est toujours un compromis sachant que :



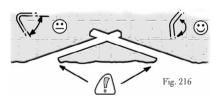
- plus on "ouvre" la lunule en écartant la distance entre les trous (fig. 212), plus il sera facile d'introduire l'anneau de corde. A savoir que la facilité avec laquelle il est possible d'équiper la lunule dépend aussi du diamètre de perçage, de la souplesse de la corde et de l'efficacité de l'outil dont on dispose pour crocheter le bout de corde.
- Plus on "ouvre" la lunule plus on réduit également l'agressivité de l'arête interne  $(\mathrm{fig.\,213})$  formée par la jonction des deux tunnels. Cela dit, cette arête, même vive, n'affaiblit la corde que lors d'un effort de traction  $(\mathrm{fig.\,214})$ . Au cisaillement  $(\mathrm{fig.\,215})$ , le frottement de l'anneau sur les bordures des trous limite le phénomène.







- En revanche (fig. 216) plus la lunule est "ouverte" plus l'usure de l'anneau sera rapide au niveau des bordures extérieures des



orifices ; que ce soit en traction ou au cisaillement. En effet, plus on ouvre la lunule, plus on a tendance à augmenter la longueur des tunnels et la tension de l'anneau sur les bordures des trous en raison de l'angle infligé à l'anneau.

Cela dit, le principal problème se situe au niveau de l'usure de l'anneau à la sortie des deux trous. Pour les lunules qui travaillent au cisaillement, il est préférable de "fermer" autant que possible leur ouverture pour réduire au mieux ce phénomène d'usure. Pour les lunules qui travaillent en traction on doit éviter d'avoir un angle d'ouverture trop fermé pour ne pas fragiliser la corde en cas de choc. L'angle d'ouverture idéal de la lunule en "V" est situé entre 50° et 90° (fig. 217).

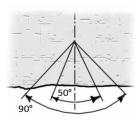


Fig. 217

Précautions: avant d'entreprendre le perçage, le rocher doit être méticuleusement sondé au marteau et doit rendre un son clair. Attention au moment où le foret communique avec le premier perçage le risque de "coincement" est accru. Le mode percussion permet souvent de le décoincer. Les arêtes extérieures en contact avec l'anneau doivent être soigneusement arrondies au marteau/burin. En traction, l'angle affiché à la sortie du tunnel est encore plus

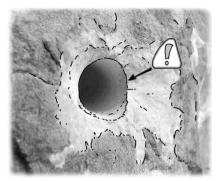


Fig. 218

agressif et plus difficile à arrondir (fig. 218). Inutile d'allonger exagérément la longueur de l'anneau de liaison sous prétexte qu'il

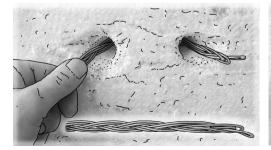
sera plus facile de vérifier l'usure de la corde au niveau de l'angle interne ; c'est la partie qui s'use le moins. Toutefois, l'ajustement de la longueur de l'anneau est aussi un moyen de modifier l'angle de l'anneau au niveau des bordures des trous. Une grande lunule munie d'un anneau trop court, accentue les frottements et les efforts (fig. 219).

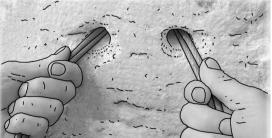


Fig. 219

**Astuce :** pour les perfectionnistes ; il est possible d'arrondir l'angle interne des lunules en V en confectionnant une "lime souple" au moyen d'une tresse (fig. 220) faite de trois câbles de frein de mobylette pliés en deux. Les trois extrémités pliées se faufilent plus facilement dans le trou et il est facile de les crocheter. On peut également (fig. 221) utiliser deux bouts de câbles souples de taille moyenne. Cet aménagement n'est pas indispensable mais améliore le coulissement de l'anneau.

Fig. 220

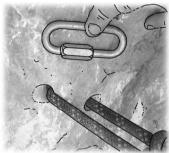




Résistance de la roche : dans les roches dures et compactes, il est facile d'obtenir une lunule très solide. Dans le calcaire ayant servi pour l'ensemble des tests de cet ouvrage par exemple, et malgré de nombreuses micro-fissures, une petite lunule en V percée à 4 cm de profondeur (fig. 222 et 223) peut résister à 10 kN en traction et beaucoup plus au cisaillement. Dès lors, dans une partie saine de ce type de rocher, les lunules en V de plus de 8 cm de profondeur sont quasiment indestructibles au cisaillement avec un anneau de corde classique. A l'usage, la lunule, contrairement à l'anneau de corde, se bonifie ; plus on l'utilise plus le déplacement de l'anneau de corde use le rocher et les angles ; elle se patine et la roche devient moins abrasive

Fig. 222





Mini lunule : profondeur de perçage environs 2x3 cm. résistance 970 daN en traction.



**Utilisation des amarrages sur lunule**: par principe de précaution, tout anneau de lunule trouvé sur place, dont on ne connaît pas l'historique, doit être considéré comme usagé et a priori à changer sauf si après examen minutieux, l'anneau de corde est visiblement en bon état et ne présente pas de trace d'usure.

**Utilisation du crochet à lunule :** éviter le bout de corde vraiment effiloché surtout dans les lunules étroites ; il coince et sera difficile à crocheter. Eviter à l'inverse le bout de corde présentant des

Fig. 224



bourrelets de nylon fondus très durs car ce bout de corde coincera au premier virage. Un bout de corde souple coupé de façon nette suffit ; il se place sans difficulté; il suffit de le tirer avec le crochet en même temps qu'on pousse la corde dans le trou. Bien évidemment, plus le diamètre de perçage de la lunule est gros plus c'est facile (fig. 224).

Test de résistance à l'usure : ce test a pour but d'observer le comportement de différents anneaux de corde placés successivement dans la même lunule et soumis à des cycles de charge/décharge dirigés perpendiculairement à l'axe de perçage. Cette situation provoque une usure lente de l'anneau jusqu'à sa destruction(fig. 225). Une série de tests a été réalisée sur la même lunule : 2x6 cm de profondeur dans du calcaire, diamètre de perçage 20 mm; angle de perçage 90°, inclinaison 10° vers le haut, angle interne non rectifié, angles externes parfaite-

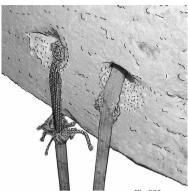


Fig.225

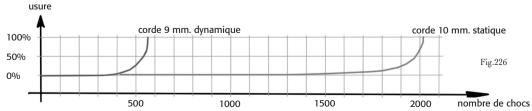
ment arrondis. Nous avons appliqué des chocs d'environ 450 daN par series de vingt qui s'enchaînent assez rapidement. Ce test a permis de constater :

- dans un premier temps, le noeud se serre et l'anneau de corde s'allonge puis il semble que plus rien ne se passe pendant un certain temps. L'anneau encaisse les chocs successifs sans broncher. Puis, la gaine de la corde s'use inexorablement au niveau des bordures extérieures. A partir du moment où l'âme de la corde est attaquée, l'usure de l'anneau s'accélère de manière exponentielle, car plus le nombre de fibres casse plus la tension augmente dans celles qui restent intactes.

On s'aperçoit également que les cordes dynamiques utilisées pour la conception de l'anneau, sont nettement moins bien adaptées que les cordes statiques.

Voici quelques exemples(fig. 226): l'âme de la corde dynamique usagée (9 mm) testée, a commencé à se détériorer sérieusement à partir de 400 chocs environ et l'anneau à céder à 558 chocs.

Pour comparaison, l'âme de la très vielle corde statique 10 mm testée (18 ans d'âge) a commencé à se détériorer sérieusement à partir de1400 chocs ; les premiers torons ont cédé à 1800 chocs environ et l'anneau s'est rompu à 2021 chocs.



- Les essais ont également démontré qu'un anneau réalisé avec de la corde neuve ne dure pas forcément plus longtemps qu'un anneau issu d'une corde réformée. En effet, si les "vieilles" cordes statiques sont moins résistantes à l'effort et aux chocs que les neuves; elles sont souvent plus raides et sont donc plus résistantes à l'usure par frottement. A diamètre identique, les anneaux de corde statique neuve sont donc plus fiables mais il est probable qu'ils s'usent aussi vite que les anneaux de vieille corde.
- A noter enfin que sur l'ensemble des tests réalisés, aucune usure significative n'a été observée (fig. 227) au niveau du contact de l'anneau de corde avec l'arête interne à la jonction des deux tunnels. Malgré plus de 2000 chocs, la corde reste intacte.

usure de l'anneau en corde dynamique usagée 9 mm après 500 chocs
zones de contact de l'angle interne

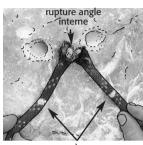
zones de contact des bordures extérieures

zones de contact de l'angle interne

usure de l'anneau en vieille corde statique 10 mm. après 1800 chocs

On peut en conclure qu'une lunule bien préparée que l'on vient d'équiper avec un anneau de corde de diamètre conséquent, constitue un amarrage de sécurité fiable tant que la gaine de la corde n'est pas "attaquée". L'état de l'anneau est d'autant plus facile à vérifier que l'angle interne de la lunule, qui n'est pas visible, se trouve être l'endroit où la corde est la mieux protégée et où elle s'use le moins.

Test de résistance en traction lente : une série de tests de résistance à l'effort (fig. 195) effectué sur des lunules en "V" de différentes formes géométriques a permis de constater que la configuration qui permet de préserver idéalement la résistance de l'anneau à l'effort, n'était pas tout à fait la même que celle permettant d'assurer la longévité de l'anneau face aux frottements. En traction (lorsque l'effort est aligné dans l'axe du perçage), si la lunule est trop fermée, on observe le plus souvent une rupture de l'anneau au niveau de l'arête interne (fig. 228). Par



repères angles externes

Fig. 228

contre, l'anneau est plus robuste lorsque la lunule est ouverte à 90° et que l'anneau travaille perpendiculairement à l'axe de perçage, car dans ce cas, les efforts sont répartis sur les trois angles et l'arête interne est moins agressive. Il est d'ailleurs fréquent de rompre l'anneau à l'extérieur de la lunule (fig. 229) et pas forcément au niveau du noeud comme on pourrait s'y attendre. A l'inverse, pour optimiser la durée d'utilisation de l'anneau, il est préférable de limiter au minimum les frottements de l'anneau au niveau des bordures des trous ce qui implique de refermer l'angle d'ouverture de la lunule et d'aligner au mieux l'axe de travail à celui du perçage afin de minimiser la pression de l'anneau. Dans tous les cas, si l'anneau doit frotter, l'utilisation d'une corde dynamique et l'absence d'aménagement des bordures extérieures aggravent la situation. Plus la lunule est profonde et la corde élastique, plus le problème s'amplifie. Il est alors fréquent de voir la corde qui, en s'allongeant, frotte et se déchire sur les bordures extérieures des trous (fig. 230) provoquant la rupture de l'anneau.

Fig. 229

vue d'ensemble du dispositif de mesure de l'effort

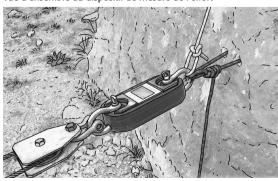


Fig. 230

rupture externe de l'anneau en partie libre, au niveau de la manille de traction

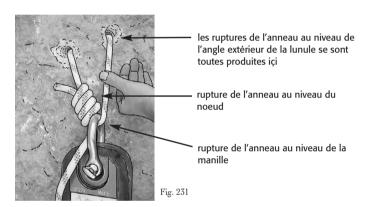


# TECHNIQUE D'ÉQUIPEMENT

**Tests de résistance en traction lente** de différents anneaux de corde installés sur la même lunule. Effort perpendiculaire à l'axe de perçage.

Caractéristiques de la lunule : angle d'ouverture de 80°, profondeur de 60 mm inclinée à 10° vers le haut avec un décalage de 15° par rapport à l'horizontale (fig. 231).

Ce test permet de se faire une idée de la résistance maximale d'une lunule équipée avec différents types de cordes neuves ou réformées (fig. 232, à 235).



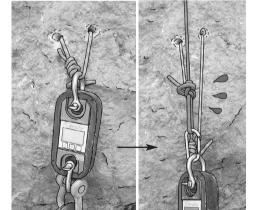


Fig. 233

Fig. 232

Fig. 234



Parfois, on observe avec les cordes dynamiques: une déchirure totale de la gaine au niveau de l'angle extérieur de la lunule dans un premier temps suivithien après d'une rupture de l'âme au niveau de la manille



Fig. 235

Avec les anneaux réalisés en cordes statiques, la plupart des ruptures se sont produites en partie libre à l'endroit où se situait la manille de traction.

Tests de résistance en traction lente de différents anneaux de corde installés sur la même lunule. Effort perpendiculaire à l'axe de perçage.

(Egalement mentionné : résistance de la corde avec et sans noeud en huit fournie par le fabriquant )

8 mm. statique réformée	au niveau de la manille	1688
vieille corde encore souple	manille + angle extérieur	1256
8 mm. statique réformée	au niveau de la manille	1592
vieille corde très raide	au niveau de la manille	1578
8 mm. statique neuve	angle extérieur de lunule	2156
Béal Antipode	en sortie de noeud	2358
	résistance corde (fab.)	1800
8,2 mm. dynamique neuve	angle extérieur de lunule	1562
Cousin Pro Alpine	angle extérieur de lunule	1506
9 mm. statique réformée	au niveau de la manille	1144
trés vieille corde de 18 ans	au niveau de la manille	1162
	au niveau du noeud	2720
9 mm. statique neuve	au niveau de la manille	2769
Beal Antipode	résistance corde (fab.)	1900
	résistance corde nouée	1350
9,7 mm. dynamique neuve	manille + angle extérieur	2580
Beal Bouster	au niveau du noeud	2844
10,5 mm. statique neuve	manille, sortie du noeud	3568
	au niveau de la manille	3002
Beal Antipode	résistance corde (fab.)	2800
	résistance corde nouée	2000
11 mm. dynamique neuve	au niveau de la manille	3080
Beal Appolo2	au niveau du noeud	3334
12 mm. statique neuve Edelrid (static din sk)	manille, sortie du noeud	4466
	au niveau de la manille	4392
	résistance corde (fab.)	4200
	résistance corde nouée	2400
13 mm. statique neuve Edelweiss (rescue)	au niveau de la manille	5216
	au niveau de la manille	5325
	résistance corde (fab.)	4400
	résistance corde nouée	2400



Cahier n°1



Cahier n°2



Cahier n°3



Cahier n°4



Cahier n°5



Cahier n°6



Cahier n°7



Cahier n°8



Cahier n°9



Cahier n°10



Cahier n°11



Cahier n°12

### Liste des cahiers

Cahier n°1 Choisir le matériel d'équipement

Cahier n°2 Les ancrages mécaniques

Cahier n°3 Les scellements chimiques

Cahier n°4 Les plaquettes d'amarrage

Cahier n°5 Comportement des amarrages

Cahier n°6 Cordes et noeuds

Cahier n°7 Les amarrages naturels

Cahier n°8 Conception d'un amarrage

Cahier n°9 Equipement des sites

Cahier n°10 Les fournisseurs de matériel d'ancrage

Cahier n°11 402 tests de résistance de scellements chimiques

Cahier n°12 637 tests de résistance d'ancrages mécaniques

### Bibliographie:

- Cahier de l'EFS n°11: Mémento équipement permanent de cavités en ancrages permanents (Gérard CAZES, Nicolas CLEMENT, Pierre Bernard LAUSSAC);
- Technique de la spéléologie alpine (MARBACH Georges) ;
- Les amarrages en plafond GET FFS (Gérard CAZES, Pierre Bernard LAUSSAC Nicolas CLEMENT);
- Aménagement et équipement d'un site naturel d'escalade Jean Pierre VERDIER Daniel TAIPIN COSIROC FFME.



Les amarrages naturels