

Conception d'un amarrage



MEMENTO

Équipement des canyons

Cahier n°8/12 :

Conception d'un amarrage

Version n°1 du 20/08/2010 (modifié le 10/11/2021)

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 Sébastien (instructeur canyon FFCAM)
- OLIVA Jean Louis (instructeur canyon FFCAM)
- THEVENET David (instructeur canyon FFCAM)
- VALETTE Thierry (instructeur canyon FFCAM)
- WAGNER Stéphan (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 [Passeport Formation canyon](#) réalisé en 1997 ou encore élaborer un [cursus de formation novateur](#) qui rend la formation jusqu'au plus haut niveau accessible à tous les pratiquants.

Soucieux de montrer qu'ils étaient capables de faire aussi bien que les autres fédérations, ils espéraient surtout parvenir à se faire reconnaître 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 memento, 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

Conception d'un amarrage

Première partie : conception d'un amarrage:

• Amarrages et ancrages, définition	9
• Les différentes catégories d'ancrages	10
- les amarrages de progression	11
- les amarrages de sécurité	14
- qualité des amarrages	15
• Utilisation des anneaux de liaison	19
• maintien des cordes en fixe	23
• les différentes configurations d'amarrages	25
- configuration n°1	26
- configuration n°2	37
- configuration n°3	55
- configuration n°4	69

Deuxième partie : les risques liés aux ruptures d'ancrages

• Les risques liés aux ruptures d'ancrage	77
- l'amplitude du déplacement de la charge	78
- la capacité d'amortissement du matériel	84
- la notion de facteur de chute	87
- le mouvement pendulaire de la charge	94

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

Première partie

Conception d'un amarrage

TECHNIQUE D'ÉQUIPEMENT

Conception *d'un amarrage*

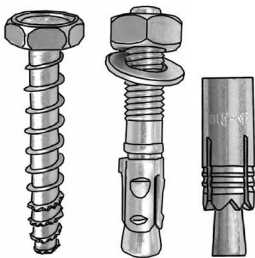
Conception d'un amarrage

AMARRAGES ET ANCRAGES, DEFINITION

Un amarrage permet de fixer une corde, une sangle ou un connecteur. Il peut être naturel, artificiel ou mixte. L'amarrage désigne l'ensemble des parties (éléments matériels ou naturels) qui entrent en ligne de compte (fig. 1) pour son fonctionnement : ancrage, vis, écrou, plaquette, anneau de liaison, maillon, connecteur, fixation naturelle. En règle générale, un amarrage artificiel est souvent composé de plusieurs ancrages alors qu'un amarrage naturel est surtout utilisé seul.

Exemple d'éléments constituant un double amarrage artificiel

Fig. 2



ancrages

ancrages
vis, écrou, rondelle
plaquette
anneau de liaison
maillon, connecteur

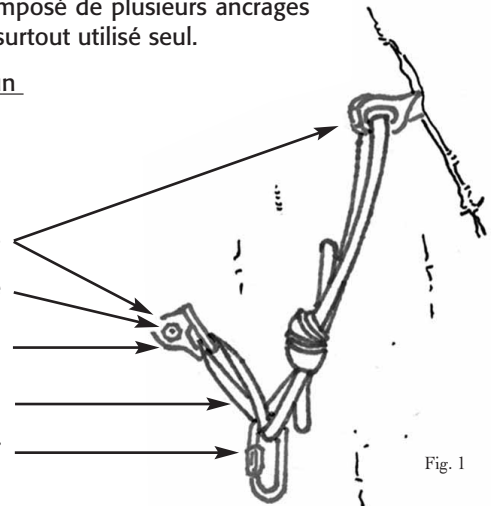
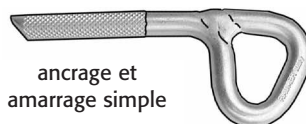
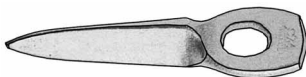


Fig. 1

L'ancrage désigne la partie métallique, plus ou moins visible, qui se trouve dans le rocher comme un goujon, une cheville ou encore une vis à béton (fig. 2). Pourtant, Il est fréquent d'associer, par habitude, les autres parties métalliques en contact direct (plaquette et maillon) lorsqu'on parle d'un point d'ancrage en général. Lorsqu'un ancrage est utilisable seul il constitue un amarrage artificiel simple. C'est le cas notamment des broches, des pitons et des ancrages Startfix Raumer (fig. 3) sur lesquels il est possible de s'amarrer directement; dans ce cas, il n'y a plus de distinction entre l'ancrage et l'amarrage.



ancrage et amarrage simple

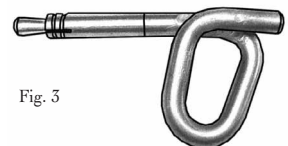
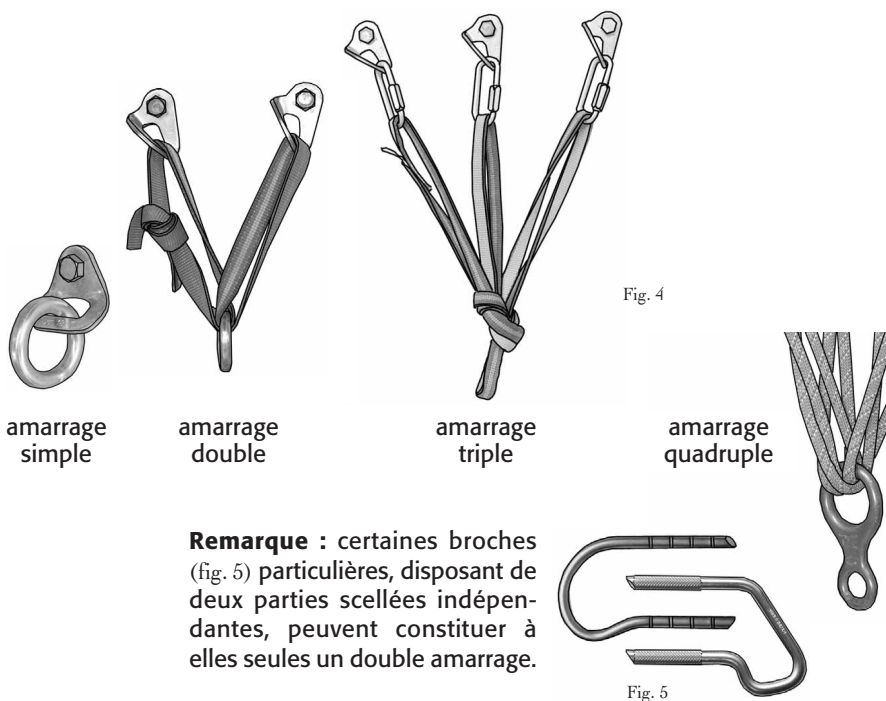


Fig. 3

En fonction du nombre d'ancrages artificiels ou naturels mis à contribution de façon active (intervenant sur la résistance de l'amarrage) ou préventive (intervenant sur sa sécurisation), on le désigne comme étant un amarrage simple, double, triple, voire davantage (fig. 4).



Remarque : certaines broches (fig. 5) particulières, disposant de deux parties scellées indépendantes, peuvent constituer à elles seules un double amarrage.

Les différentes catégories d'amarrages

Les amarrages sont utilisés dans de nombreux cas de figures. On s'en sert pour le maintien des cordes de travail, d'assurance, de progression en fixe ou en rappel mais aussi pour le maintien du matériel (mousqueton, poulies, bloqueur, etc...) lors de manoeuvres ou encore pour l'auto-assurance ainsi que le maintien des déviations.

Aussi, il convient de distinguer deux catégories d'amarrages :

- les amarrages de progression
- les amarrages de sécurité

Constitution et emploi des amarrages de progression

L'amarrage de progression peut être constitué d'un seul point d'ancrage (artificiel ou naturel), dans la mesure où sa résistance lui permet de travailler seul avec une marge de sécurité suffisante (au moins trois fois la charge maximale prévisible; 1500daN constituant généralement la valeur de référence pour la plupart des pratiquants), et dans la mesure où le risque de rupture n'entraîne aucune conséquence dramatique (susceptible d'occasionner des blessures graves). Les amarrages de progression sont employés notamment :

- pour le maintien d'une déviation (fig. 6) ;
- comme amarrage intermédiaire de main courante (fig. 7 et 8) ;
- comme amarrage de fractionnement sur corde fixe (fig. 9) ;
- pour le maintien ou l'assurance du matériel ;
- quelquefois pour le maintien des cordes d'assistance ;
- pour le maintien d'agrès ou de cordes ne faisant pas partie de la chaîne de sécurité (ex. maintien d'une poulie de renvoi permettant d'assurer la manoeuvre d'un palan).

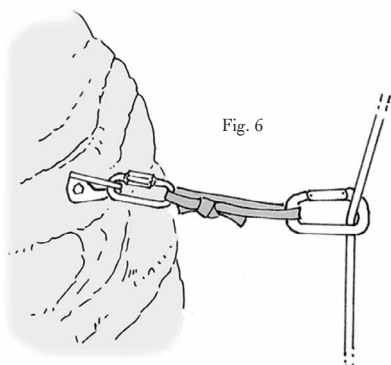


Fig. 6

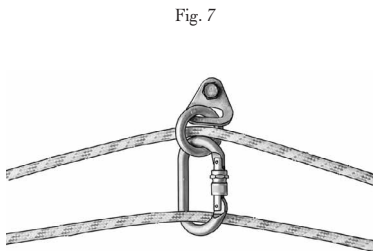


Fig. 7

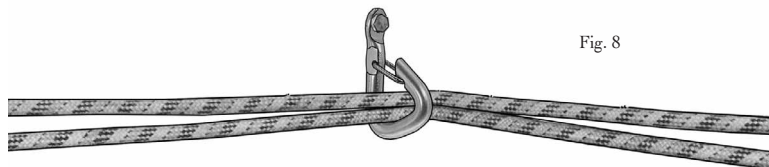


Fig. 8

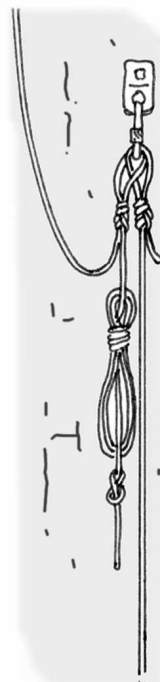


Fig. 9

Emploi des amarrages de sécurité

L'amarrage de sécurité s'utilise pour le maintien des cordes destinées à l'assurance ou au déplacement des personnes et, de façon systématique, dès lors que l'intégrité physique de son utilisateur dépend de sa fiabilité. Les amarrages de sécurité sont employés notamment comme :

- amarrage de tête de cascade (fig. 10 et 11) ;
- amarrage de départ de main courante (fig. 12) ;
- amarrage de fin de main courante constituant (fig. 13) ou pas (fig. 14) un amarrage de tête de cascade ;
- amarrage de fractionnement de main courante (fig. 15) ;
- amarrage de corde guide ou de tyrolienne (fig. 16) ;

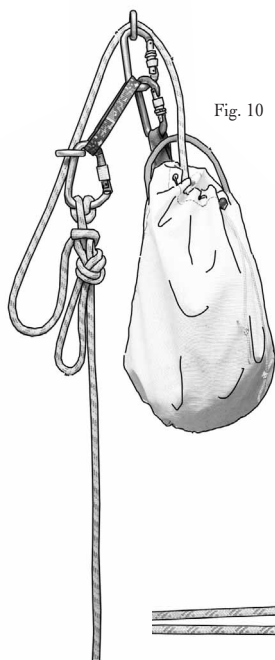


Fig. 10

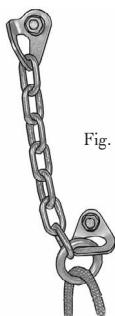


Fig. 11

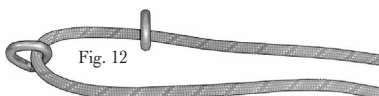


Fig. 12

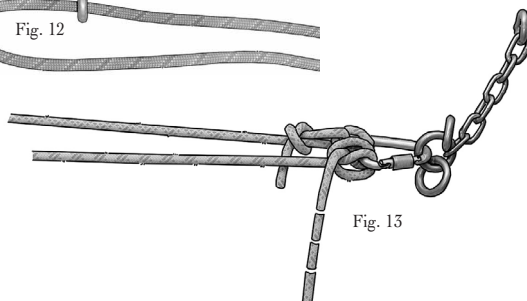


Fig. 13

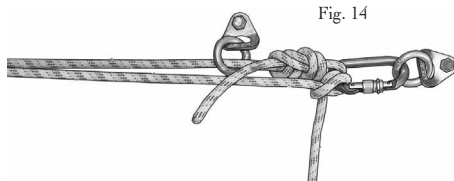


Fig. 14

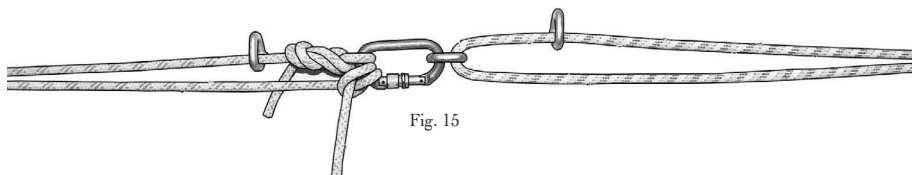


Fig. 15

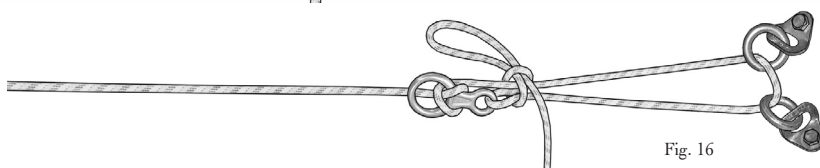
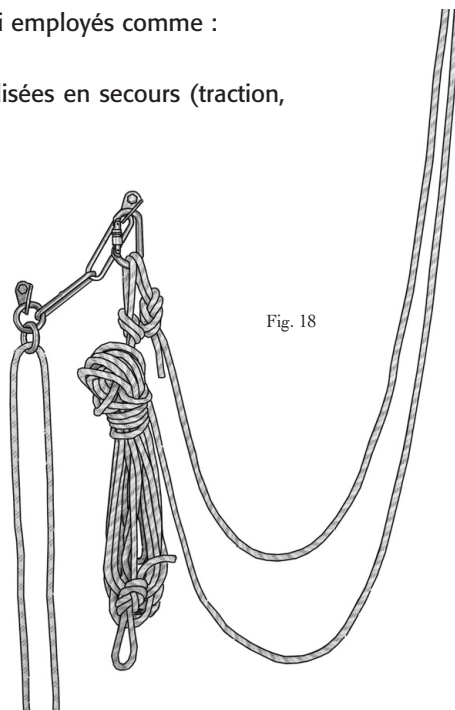
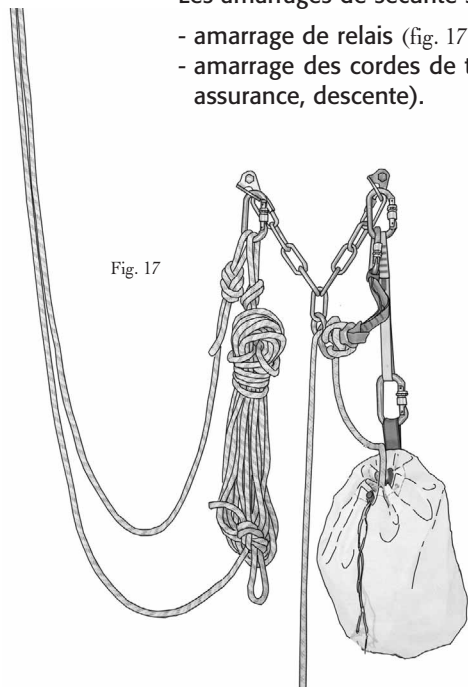


Fig. 16

Les amarrages de sécurité sont aussi employés comme :

- amarrage de relais (fig. 17 et 18) ;
- amarrage des cordes de travail utilisées en secours (traction, assurance, descente).



Un amarrage de sécurité doit être au moins deux fois plus sûr qu'un amarrage de progression à savoir : au moins complété par un deuxième ancrage tout aussi solide agissant de façon passive (en secours) (fig. 18) ou active (augmentant la valeur de rupture de l'amarrage) (fig. 17).



Attention : à partir du moment où l'intégrité physique de l'utilisateur en dépend, un ancrage artificiel, quels que soient sa solidité théorique, la qualité de sa pose, et le fait que l'on vienne de l'installer, doit systématiquement être doublé afin de pallier toute défaillance prévisible ou non à long terme, et ce, pour l'ensemble des utilisateurs. Cette prévention vise à palier aux défaillances liées notamment aux erreurs d'installation et/ou de manipulation lors de la pose, à des pièces endommagées, à la péremption des produits, à une faiblesse cachée de la roche (micro-fissure, particularité de constitution) et également à l'évolution dans le temps (gel, chute de pierres, crue, vieillissement, corrosion, mauvaise utilisation).

Constitution d'un amarrage de sécurité :

- un seul amarrage naturel (fig. 19) dans la mesure où ses dimensions et son état ne laissent aucun doute sur sa solidité (amarrage visiblement indestructible pour notre usage et en cas de choc exceptionnel) ;
- plusieurs amarrages naturels associés (équipement de type terrain d'aventure) dans la mesure où, utilisés à deux notamment, ils paraissent suffisamment fiables pour travailler seuls (aptés à supporter au moins trois fois la charge prévisible) ; leur association ne laissant plus aucun doute sur la solidité finale de l'amarrage (exemple fig. 20) ;
- un amarrage naturel complété par au moins un ancrage artificiel (équipement de type terrain d'aventure) lorsque l'amarrage naturel n'est pas en mesure d'offrir seul toutes les conditions requises pour travailler seul (exemple fig. 21) ;
- au moins deux ancrages artificiels (fig. 22) en l'absence d'amarrage naturel utilisable seul.

voir également les amarrages naturels cahier N°7



Fig. 19

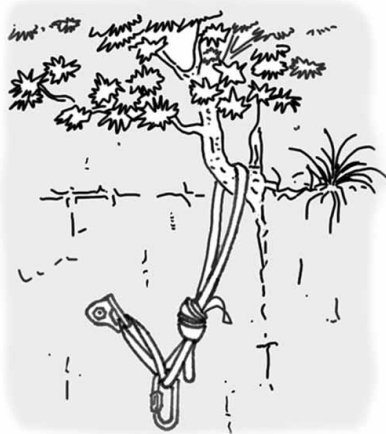


Fig. 21

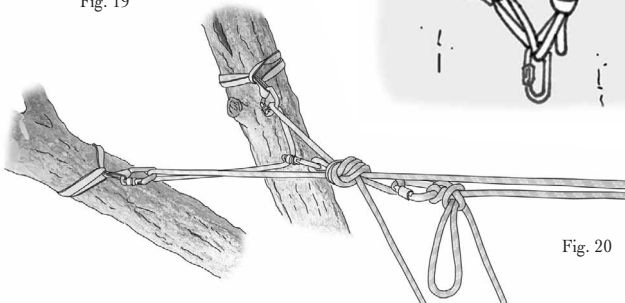


Fig. 20

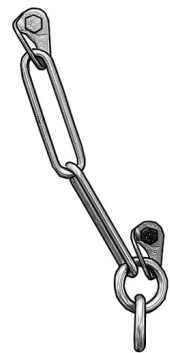


Fig. 22

Qualité des amarrages

Voir également comment choisir les ancrages cahier n°1

Les qualités d'un amarrage (résistance et tenue dans le temps) peuvent être très différentes suivant le matériel utilisé (fig. 23). Le choix du matériel dépend du contexte dans lequel on sera amené à équiper et de la vocation des amarrages. Sachant par ailleurs que la résistance d'un amarrage artificiel est aussi, en partie, tributaire de celle du rocher et de l'endroit où il sera installé.

Certains amarrages à vocation collective par exemple, doivent être conçus pour être les plus fiables possible à long terme en vue d'un usage intensif.

D'autres amarrages, réservés à un usage occasionnel, sont réalisés avec le minimum de matériel en vue de minimiser le temps de pose, le coût, le poids et le volume du matériel transporté, et augmenter d'autant l'autonomie de l'équipe (exploration de site, progression en terrain d'aventure, réchappe).

On peut aussi avoir besoin d'amarrages destinés à un usage temporaire et unique. Ils seront dans ce cas, conçus en vue d'être démontés immédiatement après leur utilisation (opération de secours, technique d'assurance, réchappe).

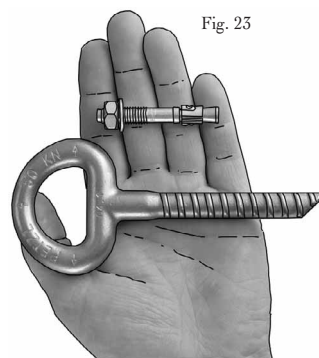


Fig. 23

Goujon de 8 mm. comparé à une broche Batinox de Petzl.

La qualité et les critères de fabrication pour un amarrage sont donc modulables et varient beaucoup. Plus le contexte impose des critères contraignants, plus la liberté d'action de l'équipeur sera réduite.

Fig. 24



Fig. 25

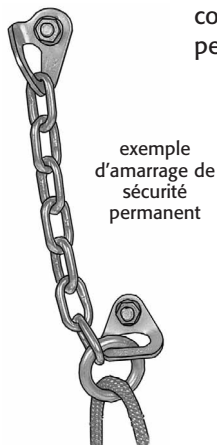
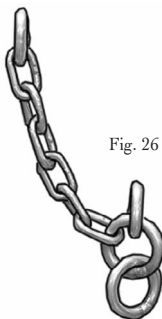


Fig. 26



L'équipement permanent d'un site sportif, par exemple, doit se conformer à des recommandations et à des normes. Ces contraintes réduisent d'autant le choix du matériel (fig. 24 à 26) et les réalisations possibles.

Pourtant, si un amarrage scellé est beaucoup plus résistant et durable qu'un anneau de sangle placé autour d'une lunule, ce dernier n'en est pas moins sûr pour l'équipe qui vient de l'installer.

En terrain d'aventure ou en exploration de site par contre, les contraintes en matière d'équipement sont moins rigoureuses. Les équipements souvent temporaires autorisent une plus grande liberté d'action d'autant que, bien souvent, la marge de sécurité nécessaire dans ce contexte est moins élevée. Le matériel utilisable est plus diversifié, et les réalisations d'amarrages peuvent être beaucoup plus variées, afin d'optimiser les possibilités offertes par la présence d'amarrages naturels et le matériel disponible (exemple fig. 27 à 35). La recherche des possibilités d'équipement ainsi que leur réalisation sont alors beaucoup plus intéressantes.

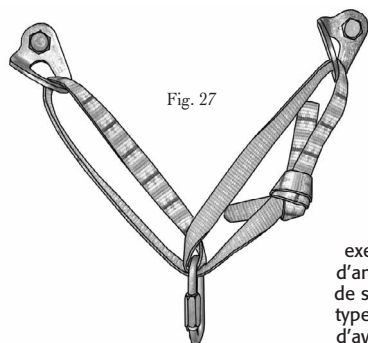


Fig. 27

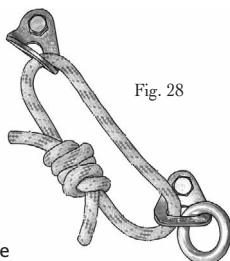


Fig. 28

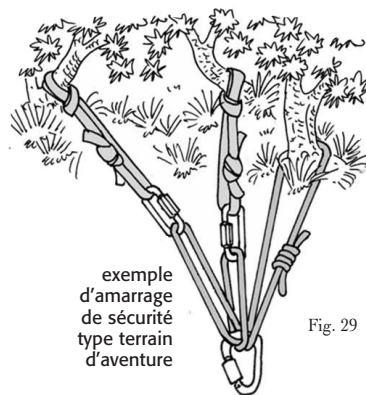


Fig. 29

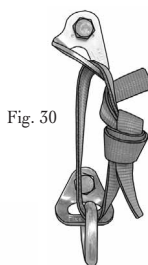


Fig. 30

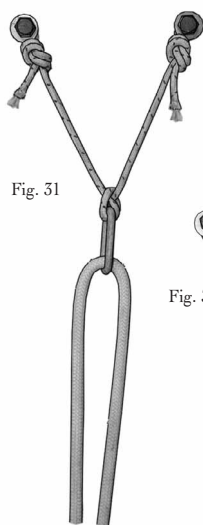


Fig. 31

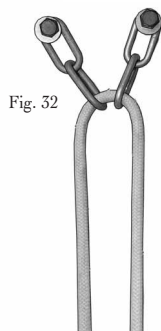


Fig. 32

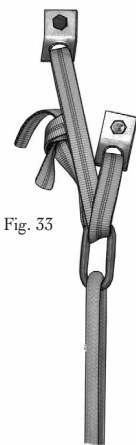


Fig. 33

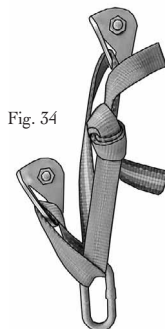


Fig. 34

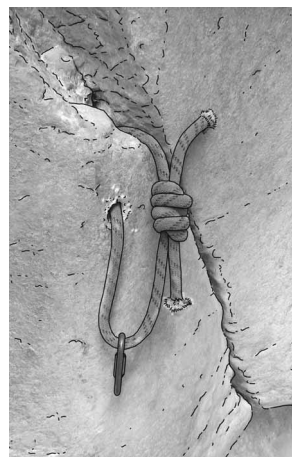


Fig. 35

Cela dit, même si, à titre personnel, pour assurer sa progression, chacun est libre de s'accrocher à ce que bon lui semble, on se doit d'utiliser des ancrages dont la résistance intrinsèque minimale avoisine les 15kN. L'emploi d'ancrage de résistance inférieure ne peut être envisagé que par des pratiquants experts en équipement et pour un usage adapté compte-tenu des caractéristiques du matériel choisi (fig. 36).

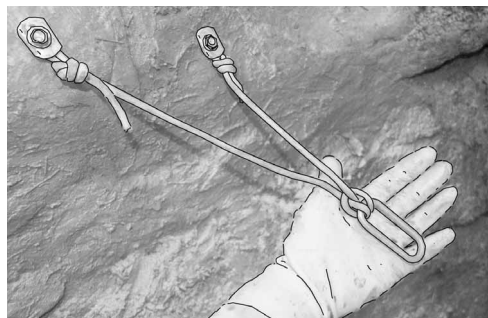


Fig. 36

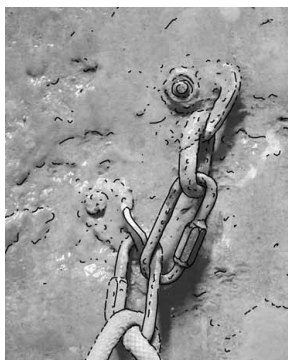


Fig. 37

Un amarrage de sécurité, même en exploration, doit toujours être sûr durant au moins tout le laps de temps nécessaire à son utilisation par l'équipe qui l'a placé. Il convient à ce propos de faire la distinction entre la résistance effective d'un amarrage immédiatement après sa pose et sa capacité à durer dans le temps. A long terme, surtout dans un canyon, tous les amarrages finissent par vieillir (fig. 37) avec des échelles de temps qui peuvent être très différentes suivant le modèle, la qualité de sa pose et l'environnement dans lequel il se trouve. Tout point d'ancrage doit donc être considéré comme temporaire.

Il faut donc être particulièrement vigilant et prudent avec le matériel trouvé sur place dans les canyons classés terrain d'aventure. Les amarrages (fig. 39) quelque peu vétustes doivent être inspectés minutieusement (ancrage, plaquette, maillons, anneau de liaison, maillon de rappel). Les pitons en particulier doivent être systématiquement frappés au marteau et rendre un son clair. On vérifie également le serrage des plaquettes et des maillons à vis. Les amarrages artificiels usés (plaquettes, vis, ancrages) qui ont pris définitivement du jeu ou qui présentent les traces de traumatismes (fig. 38) consécutifs aux crues ou aux chutes de pierres doivent être remplacés.



Fig. 38



Fig. 39

Par ailleurs, comme cela a déjà été précisé dans le cahier concernant l'utilisation des amarrages naturels, les sangles et anneaux de corde douteux qui finissent par s'accumuler d'autant plus que la hauteur de la cascade est impressionnante, finissent par devenir dangereux et doivent être systématiquement retirés et remplacés ; leur disposition, souvent modifiée à plusieurs reprises, tend à devenir anarchique (fig. 40) sans améliorer pour autant l'amarrage dont

l'utilisation devient très vite confuse et problématique. Un anneau de liaison neuf est beaucoup plus sûr et pratique à utiliser qu'une multitude (fig. 41) d'anneaux pourris et emmêlés.

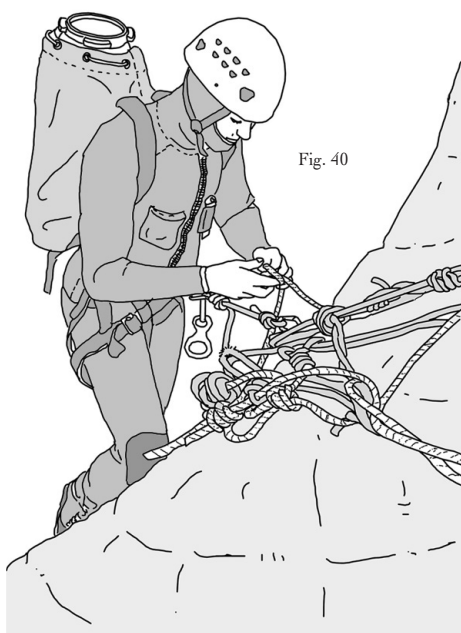


Fig. 40

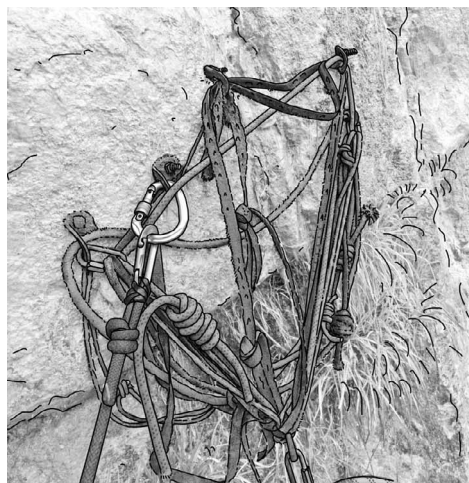


Fig. 41



Attention : tout équipier de tête qui s'apprête à utiliser, pour le passage de son équipe, un amarrage de sécurité trouvé sur place, a un devoir de vigilance et de prudence. En faisant le choix de s'en servir, il doit être sûr de lui car il engage sa responsabilité vis-à-vis de sa propre sécurité et de celle de tous ceux qui lui font confiance. Attention, ce n'est pas parce que cela paraît solide que cela tient forcément. Si après un examen minutieux, l'équipement en place n'offre pas toutes les garanties (sangle usée, ancrage douteux, etc...) l'équipier chargé de placer la corde de progression doit s'assurer de son remplacement ou de sa remise en état.

Utilisation des anneaux de liaison en terrain d'aventure

Pour la fabrication des amarrages de sécurité nécessitant l'emploi d'un anneau de liaison, on utilise le plus souvent de la sangle coupée sur mesure. Choisir de préférence de la sangle neuve qui résiste au moins à 15kN.

Dans la mesure où l'anneau (lorsqu'il supporte la charge), n'est pas exposé aux chutes de pierres ou à un risque d'usure rapide, il peut être utilisé en simple (fig. 42).

Les anneaux uniques sont dédoublés (fig. 43 à 46), détriplés (fig. 47 à 50), voire même déquadruplés (fig. 4 page 10) :

- lorsqu'il y a lieu de répartir la charge sur plusieurs ancrages
- d'augmenter la résistance de l'anneau à l'usure
- d'augmenter la résistance de l'anneau à l'effort

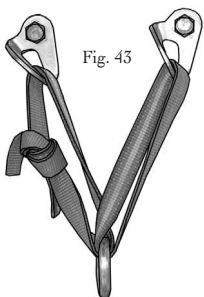
voir également utilisation des anneaux de liaison cahier N°7

Fig. 42



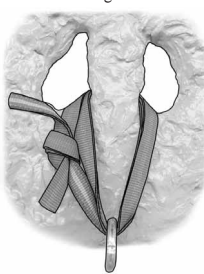
utilisation en simple (noeud simple)

Fig. 43



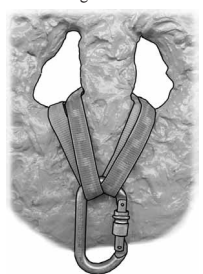
utilisation dédoublée (noeud simple)

Fig. 44



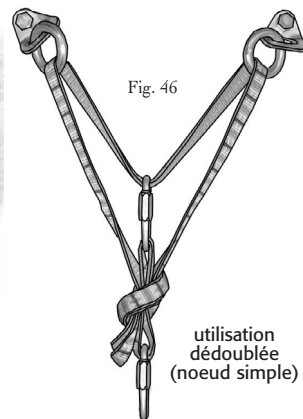
utilisation dédoublée (noeud simple)

Fig. 45



utilisation dédoublée (anneau plié en deux)

Fig. 46



utilisation dédoublée (noeud simple)

Fig. 47

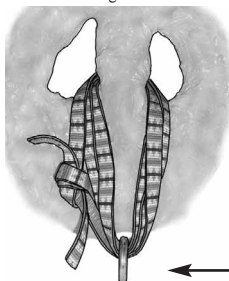
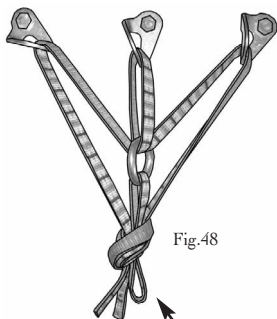


Fig. 48



utilisation détriplée (une seule sangle nouée avec un noeud simple)

Fig. 49

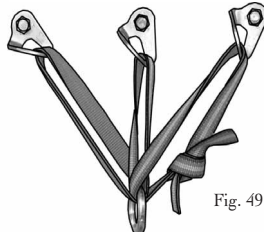
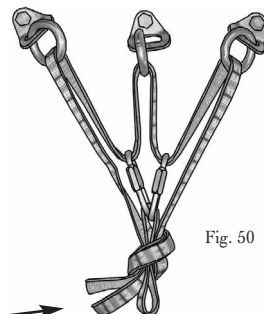


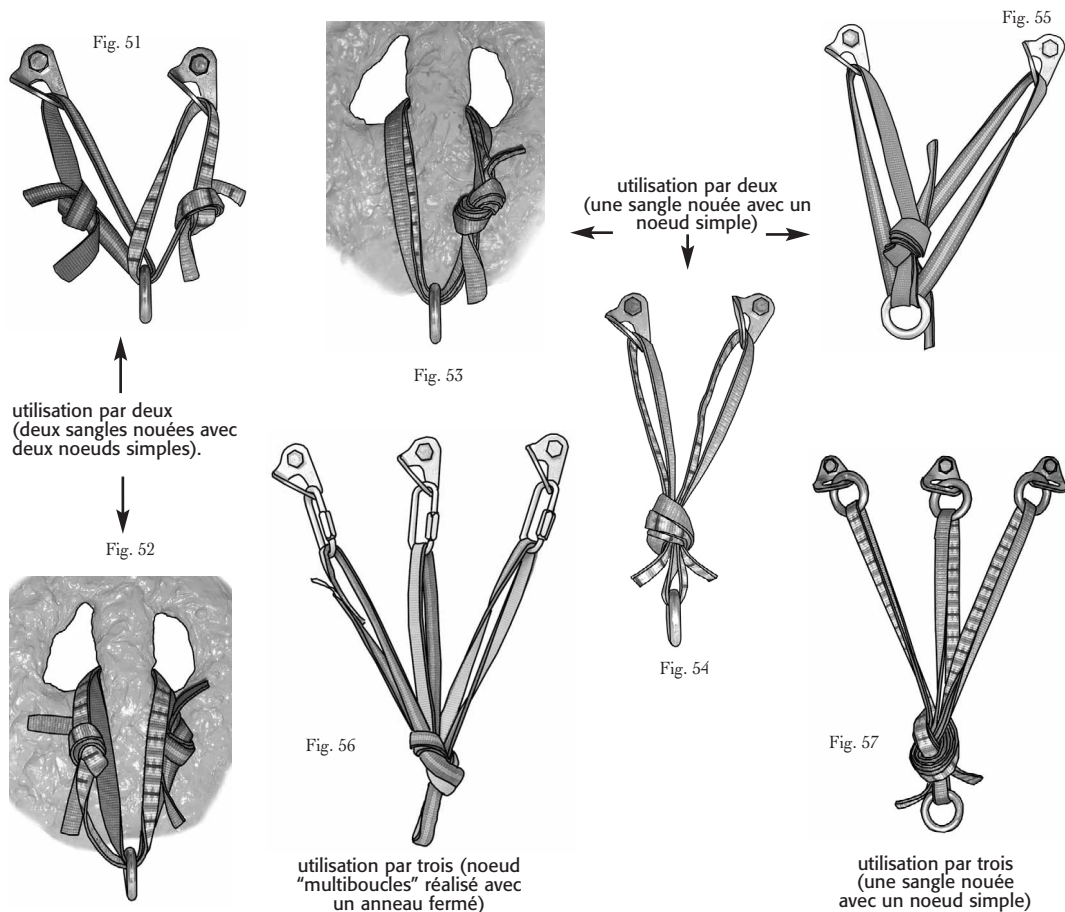
Fig. 50



Les anneaux de liaison peuvent aussi s'utiliser (fig. 51 à 55) par deux, par trois (fig. 56 et 57) voire même par quatre :

- lorsque l'amarrage est exposé aux chutes de pierres;
- pour contre-assurer l'anneau de liaison en charge;
- en vue de répartir la charge de façon indépendante sur plusieurs points d'ancrage.

Pour cela, on peut soit utiliser plusieurs anneaux indépendants (fig. 51 et 52), soit utiliser une sangle unique dont le noeud permet d'obtenir plusieurs ganses indépendantes (fig. 53 à 57).



Pour la réalisation des amarrages de sécurité, on utilise également des anneaux de liaison réalisés avec de la corde de progression en bon état coupée sur mesure (provenant le plus souvent de cordes endommagées, devenues trop courtes).

Dans la mesure où l'anneau en charge n'est pas exposé à un risque d'usure rapide (frottement sur une arête coupante) il peut être utilisé en simple (fig. 59 et 60).

Les anneaux uniques sont dédoublés (fig. 61 à 63), détriplés (fig. 64 à 67), voire même déquadruplés :

- lorsqu'il y a lieu de répartir la charge sur plusieurs ancrages ;
- d'augmenter la résistance de l'anneau à l'usure ;
- d'augmenter la résistance de l'anneau à l'effort.

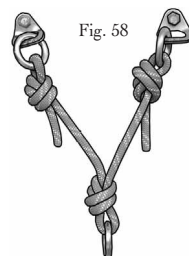


Fig. 58

utilisation particulière

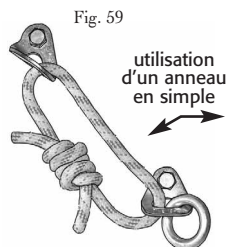


Fig. 59

utilisation d'un anneau en simple

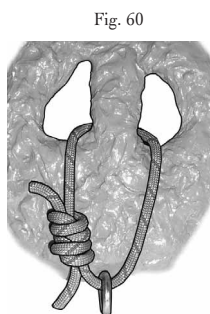


Fig. 60

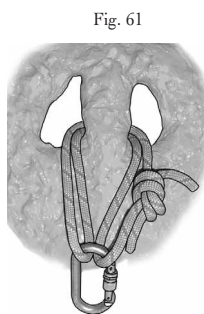


Fig. 61

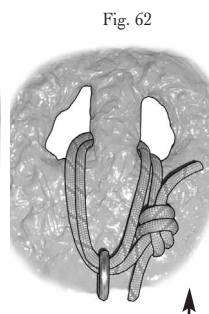


Fig. 62

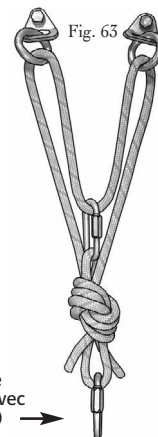


Fig. 63

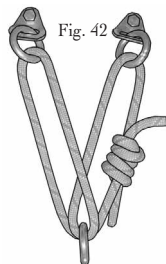


Fig. 64

anneau dédoublé (une corde nouée avec un noeud de pêcheur double).

anneau dédoublé (un anneau de corde plié en deux)

anneau dédoublé (une corde nouée avec un noeud simple)

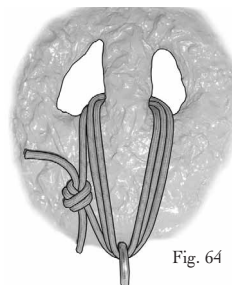


Fig. 65

anneau détriplé (une cordelette nouée avec un noeud simple)

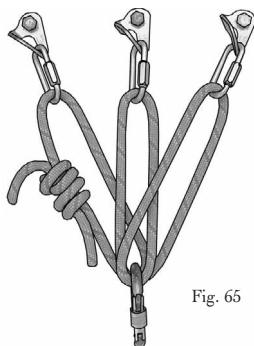


Fig. 66

anneau détriplé (une corde nouée avec un noeud de pêcheur double)

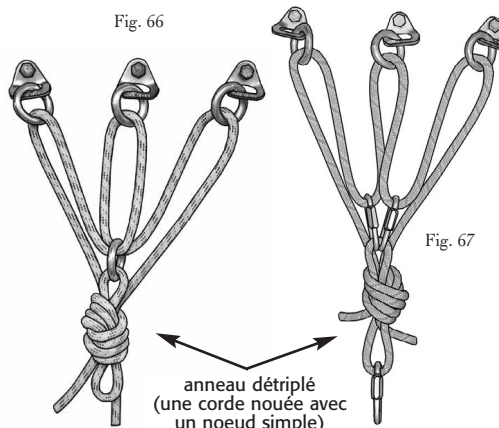


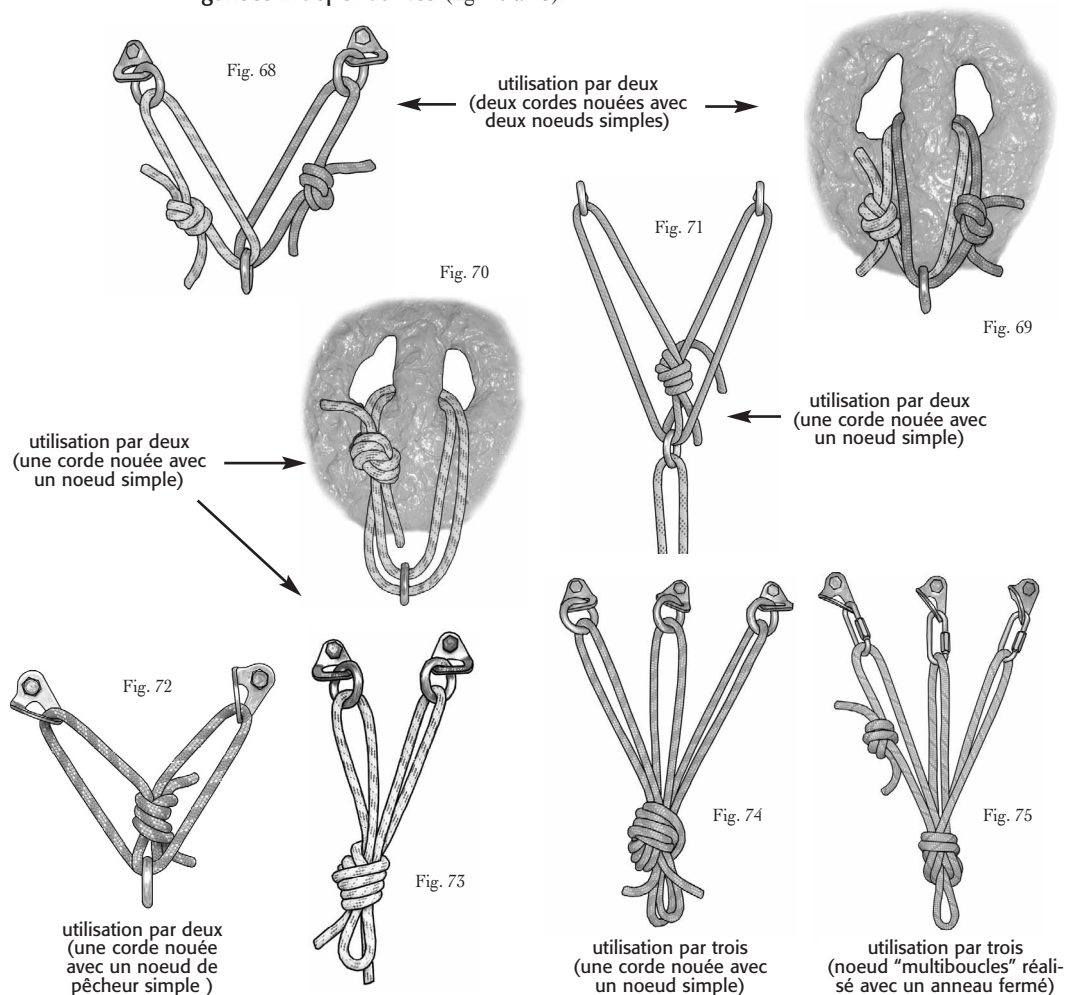
Fig. 67

anneau détriplé (une corde nouée avec un noeud simple)

Par ailleurs, les anneaux de liaison en corde sont utilisés par deux (fig. 68 à 73) et parfois par trois (fig. 74 à 75) :

- pour contre-assurer l'anneau de liaison en charge (en cas de risque d'usure rapide par exemple) ;
- en vue de répartir la charge de façon indépendante sur plusieurs points d'ancrage.

Pour cela, on peut soit utiliser plusieurs anneaux indépendants (fig. 68 et 69), soit utiliser un noeud permettant d'obtenir plusieurs ganses indépendantes (fig. 70 à 75).



Maintien des cordes en fixe

Dans le cadre de la descente de canyon, on peut être amené, occasionnellement, à devoir installer des cordes en fixe notamment dans les cas suivants :

- reconnaissance partielle d'un site avec rebroussement ;
- main courante d'assistance, laissée à demeure, hors crue ;
- certaines phases d'équipement de site classique nécessitant une progression en parallèle ou un retour ;
- certaines opérations de secours nécessitant l'évacuation d'un blessé vers le bas ou le haut du canyon ;
- exercice et entraînement en falaise école.

Hormis le cas particulier de certaines mains courantes laissées en place pour faciliter l'encadrement des groupes, les équipements fixes sont essentiellement utilisés de façons temporaires et occasionnelles (le plus souvent, le temps d'une opération).

En canyon, les cordes fixes peuvent s'attacher de différentes manières :

- en nouant la corde directement sur les amarrages (fig. 76 et 77) ;
- en nouant la corde sur l'anneau de rappel (fig. 78) de l'amarrage ;
- en fixant la corde (fig. 79 et 80) sur l'anneau de rappel d'un amarrage par le biais d'un connecteur à vis dans la mesure où il ne risque pas de travailler dans de mauvaises conditions (frottement ou appui en porte-à-faux contre le rocher).

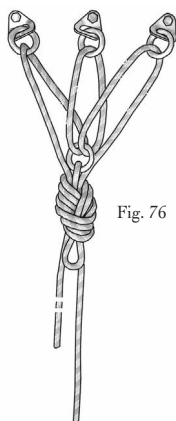


Fig. 76

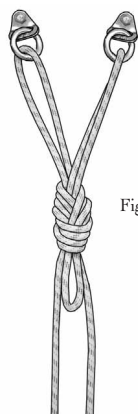


Fig. 77

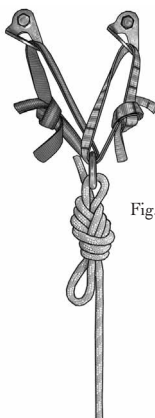


Fig. 78



Fig. 79

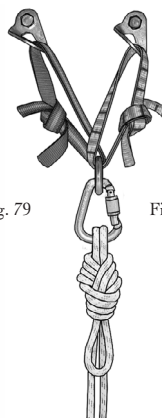


Fig. 80

TECHNIQUE D'ÉQUIPEMENT

Conception *d'un amarrage*

LES DIFFERENTES CONFIGURATIONS D'AMARRAGE

Pour constituer un amarrage de sécurité artificiel, il faut au moins deux ancrages. Schématiquement, ils peuvent être associés de quatre façons différentes :

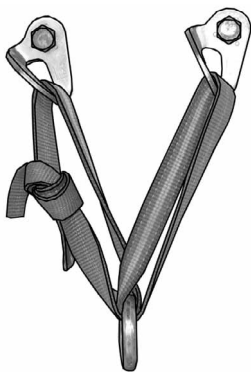
- les amarrages composés d'au moins un ancrage principal, relié à un ancrage de secours (fig. 81) ;
- les amarrages composés d'au moins deux ancrages reliés qui se partagent la charge en équilibre permanent (fig. 82) ;
- les amarrages composés d'au moins deux ancrages reliés qui se partagent indépendamment la charge (fig. 83) ;
- les amarrages composés d'au moins deux ancrages non reliés (fig. 84).

Fig. 81



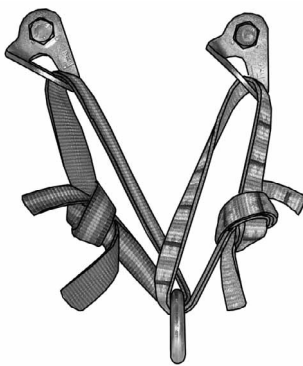
configuration 1

Fig. 82



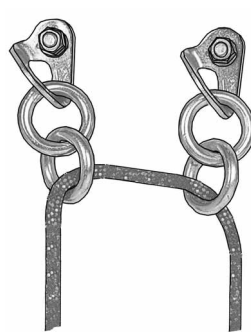
configuration 2

Fig. 83



configuration 3

Fig. 84



configuration 4

Dans chaque cas de figure, on obtient un double amarrage dont l'aspect pratique, la résistance, le comportement en charge ou en cas de défaillance sont différents. Ces quatre types de configurations offrent donc des possibilités particulières qui peuvent être utiles afin d'adapter au mieux l'amarrage, compte-tenu de l'usage que l'on s'apprête à en faire et des contraintes auxquelles on doit faire face (type d'ancrage, résistance du support, possibilité d'équipement).

Configuration n°1 : les amarrages composés d'au moins un ancrage principal relié à un ancrage de secours.

Principe : l'ancrage principal supporte toute la charge, il est secondé en cas de rupture par un ancrage de secours situé dans le prolongement de l'axe de travail. Dans le meilleur des cas, les deux points d'ancrage sont placés à proximité et parfaitement alignés dans l'axe de travail de l'amarrage ; l'anneau de liaison en sangle, la corde, ou encore le tronçon de chaîne qui les réunit, peut même être légèrement tendu (exemple fig. 85 à 88).

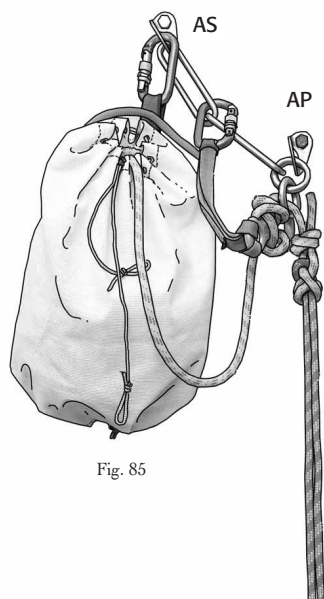


Fig. 85

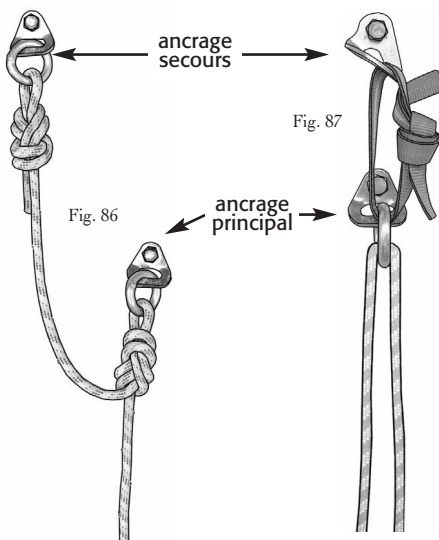


Fig. 87

Fig. 86

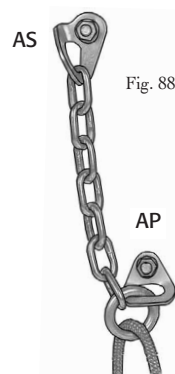


Fig. 88



Attention : lorsque les deux ancres sont réunis par un anneau de sangle, s'assurer qu'elle ne risque pas de s'écraser et de se détériorer, en se coinçant entre le maillon et la plaquette de l'ancrage principal (fig. 89). Pour éviter ce problème, il est parfois préférable de passer la sangle dans la plaquette et de la tendre de façon à ce qu'elle ne soit pas en contact avec le maillon.



Fig. 89





Observation : on constate que l'ancrage principal est le plus sollicité (fig. 91) puisqu'il supporte systématiquement l'ensemble des contraintes liées à l'utilisation de la corde. En présence d'un équipement de type terrain d'aventure, dans la mesure où il n'y a aucune répartition de la charge, il faut être sûr que l'ancrage principal peut travailler seul (il doit pouvoir supporter au moins trois fois la charge maximale prévisible; 1500daN constituant généralement la valeur de référence pour la plupart des pratiquants).



voir
également le
vieillessement
des ancrages
cahier n°5



Remarque : en présence d'un équipement de type terrain d'aventure, les amarrages composés d'un ancrage principal associé à un ancrage de secours peuvent parfois poser un problème de fiabilité, dès lors que plusieurs facteurs défavorables (support ou ancrage de faible résistance, ou bien mal adapté, ou encore mal posé et un effort intensif...) se cumulent. En effet, l'ancrage de secours joue uniquement un rôle d'assurance, sans toutefois pouvoir augmenter la résistance ultime de l'amarrage. Si chacun des deux points d'ancrage offre une résistance à peu près identique, mais globalement un peu juste malgré les prévisions initiales (situation néanmoins exceptionnelle), la rupture éventuelle de l'ancrage principal risque fort d'entraîner, par réaction en chaîne, celle de l'ancrage de secours (fig. 93). On aura beau multiplier le nombre d'ancrages de secours, si on ne change pas la configuration de l'amarrage, le risque demeure.

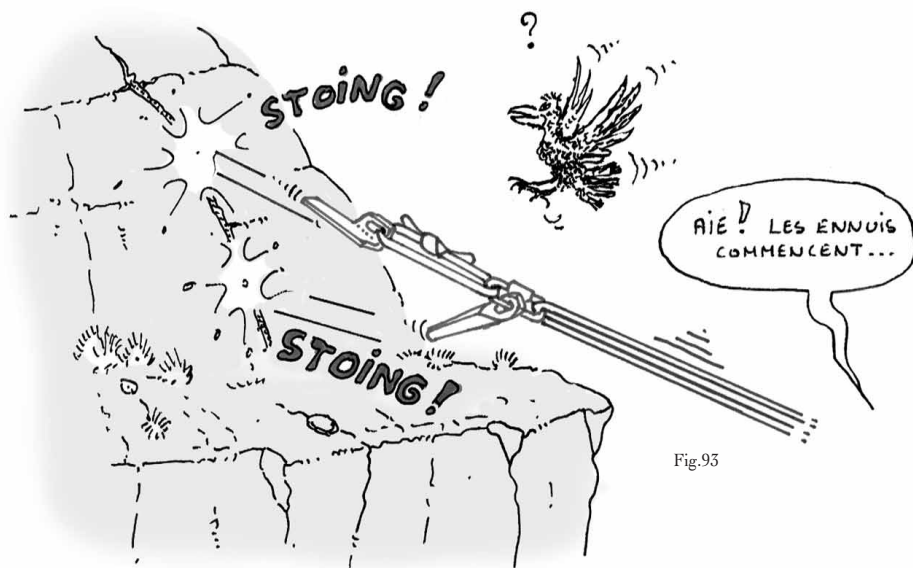


Fig.93

Ceci dit, dans le cadre d'une utilisation habituelle (descente sur corde), la rupture de l'ancrage principal survient généralement à la suite d'un vieillissement excessif par usure ou phénomène de corrosion, et lors d'un choc ou d'un effort inhabituel. Il est rare dans ce cas que l'ancrage de secours ne soit pas suffisamment fiable pour pouvoir jouer son rôle.

Parfois, l'anneau de liaison ou la partie de la corde qui réunit les deux ancrages n'est pas tendu (fig. 94 à 96) ou les points d'ancrage ne sont pas alignés par rapport à l'axe de traction. C'est le cas lorsqu'il n'est pas possible de les disposer à sa guise, soit parce qu'on souhaite les décaler pour pouvoir stationner plus facilement à côté de l'axe de descente.

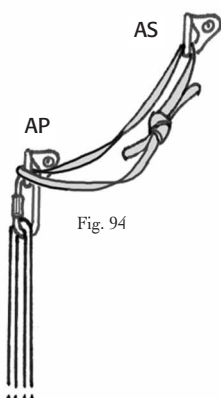


Fig. 94

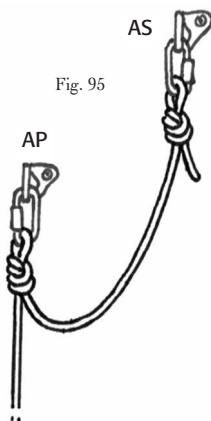


Fig. 95

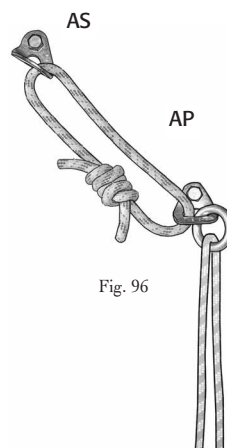


Fig. 96

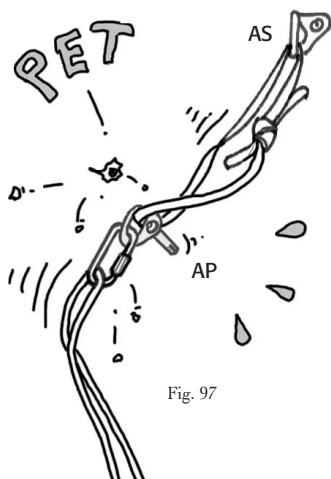


Fig. 97

Dans ces cas, le comportement de l'amarrage, en cas de rupture de l'ancrage principal, se modifie. Le transfert de charge vers l'ancrage de secours occasionne :

- un léger choc (proportionnel au mou du lien qui les réunit) ;
- un mouvement de pendule de la corde qui va s'aligner par rapport à l'ancrage de secours (fig. 75). À ce moment-là, un équipier se trouvant sur la corde ressentira une légère secousse. Le mouvement pendulaire de la corde ainsi que le risque de choc restent modérés et ne sont pas vraiment dangereux.



Remarque : Le mou du lien qui relie les deux ancrages est à éviter autant que possible. Toutefois, sur un équipement en fixe (fig. 95) il est moins grave qu'en présence d'un anneau de sangle (fig. 94) car la corde plus élastique que la sangle, ainsi que la présence des deux noeuds, contribuent à amortir le choc.

Lorsque le mou de la corde ou celui de l'anneau réunissant l'ancrage principal à celui de secours est trop important (fig. 98 et 99), il peut devenir dangereux. Ce cas de figure plutôt rare peut se présenter lorsque l'amarrage a été «bricolé» à plusieurs reprises (présence d'anneaux multiples, amarrage brouillon, modifié à plusieurs reprises dans le temps), ou laissé en place dans un but particulier, par inattention ou par un équipier bien intentionné, voulant confectionner, par exemple, une prise de pieds au niveau d'un relais ou d'un fractionnement dans une paroi lisse pour pouvoir se délonger plus facilement. En cas de rupture de l'ancrage principal, l'ancrage de secours supportera un choc important. Le déplacement de la corde, ainsi que le choc occasionné, peuvent être dangereux. A noter que plusieurs solutions (fig. 100 à 104) permettent de réaliser une pédale d'appui sans risque.

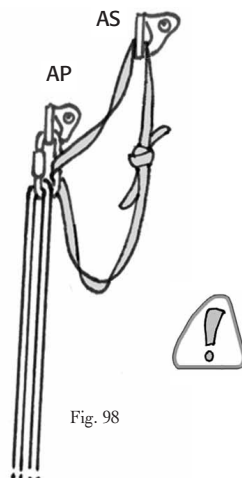


Fig. 98

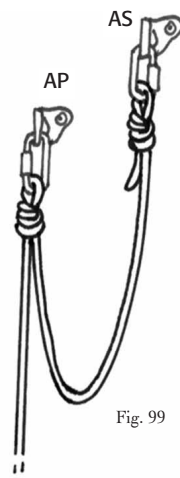


Fig. 99

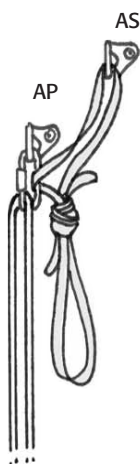


Fig. 100



Fig. 101



Fig. 102

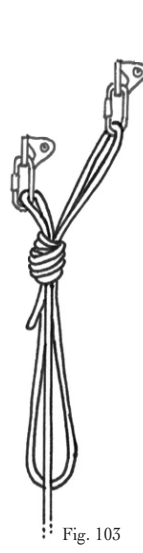


Fig. 103

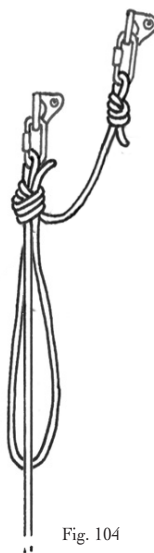


Fig. 104

Cas particuliers : ancrages positionnés perpendiculairement à l'axe de travail (fig. 105 à 108).

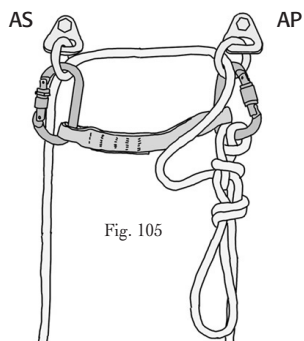


Fig. 105

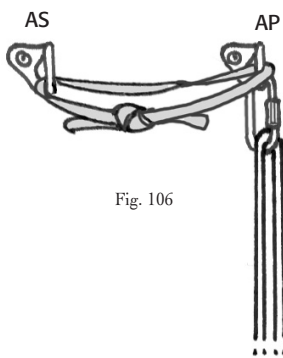


Fig. 106

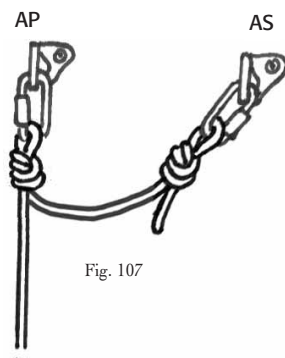


Fig. 107



Fig. 108

Ces situations restent acceptables tant que les ancrages ne sont pas trop distants et que le lien qui les réunit est tendu. En cas de rupture, l'ancrage principal effectue néanmoins un mouvement de pendule brutal plus ou moins important mais sans risque de choc grave pour le matériel.

A noter que plusieurs solutions permettent de réduire le risque de mouvement pendulaire de cette configuration tout en conservant le même axe de travail de la corde (fig. 109 à 112).

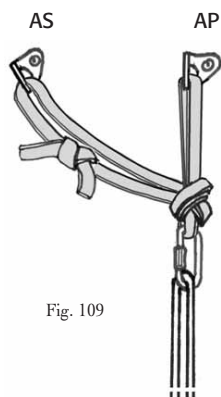


Fig. 109

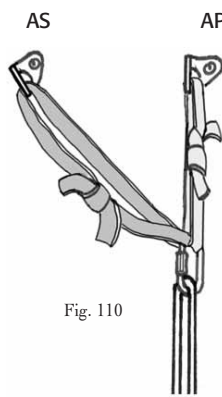


Fig. 110

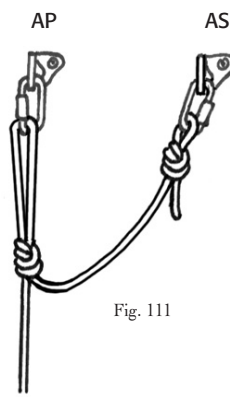


Fig. 111

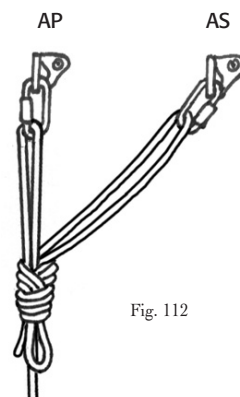


Fig. 112

Par contre, les doubles amarrages alignés horizontalement, dont les points sont éloignés les uns des autres, peuvent être dangereux. C'est le cas notamment lorsque les points d'ancrage ont été espacés en vue de faciliter l'accès à l'aplomb du vide ou pour s'écarter de la chute d'eau (fig. 113 et 114). Dans ces deux cas de figure, compte-tenu de la distance qui sépare les ancrages, cette configuration s'apparente à une courte main courante et présente encore plus de risques.

voir également les risques liés aux mouvements pendulaires page : 94

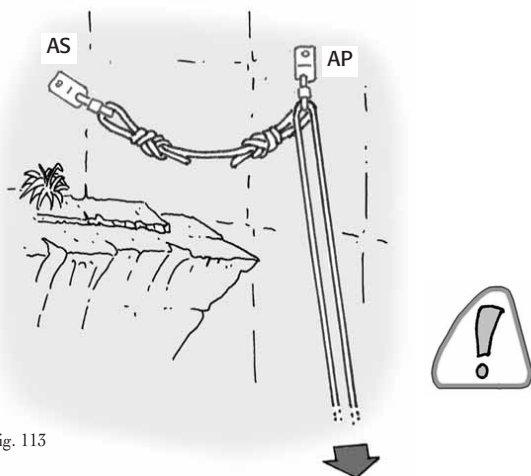


Fig. 113

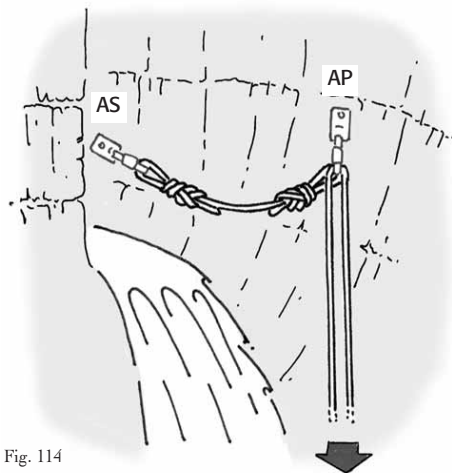


Fig. 114

En effet, lorsque les ancrages sont très espacés, l'utilisateur (fig. 115) a tendance à se longer ou pire, à se suspendre entre les deux points d'ancrage. A ce moment-là, les ancrages supportent bien plus que le poids de l'équipier et en cas de rupture de l'un des ancrages, l'utilisateur peut ne pas être retenu dans sa chute. Si l'utilisateur se trouve sur la corde de descente, la rupture de l'ancrage principal peut provoquer un mouvement pendulaire dangereux.



Fig. 115

TECHNIQUE D'ÉQUIPEMENT

Conception d'un amarrage

Le mouvement pendulaire peut occasionner :

- un risque de coupure de la corde (fig. 116) par frottement (lame tranchante, silex, pincement entre blocs),
- un risque de choc, de perte d'équilibre, de lâcher de corde ou de mise en danger si l'équipier se retrouve sous la chute d'eau (fig. 117).



Fig. 116

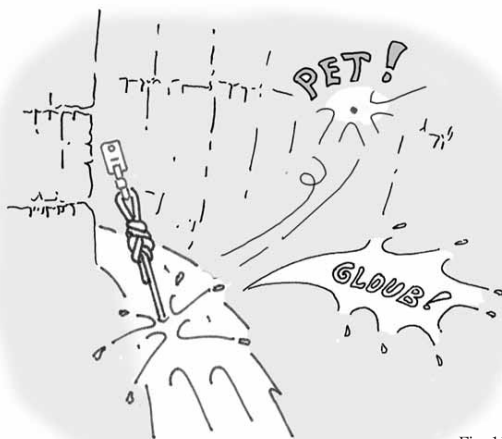


Fig. 117

Dans ces deux cas, l'équipement, qu'il soit en fixe (fig. 118) ou en rappel (fig. 119) doit être modifié afin d'obtenir une main courante d'accès avec un amarrage de sécurité au départ et à l'arrivée.

Fig. 118

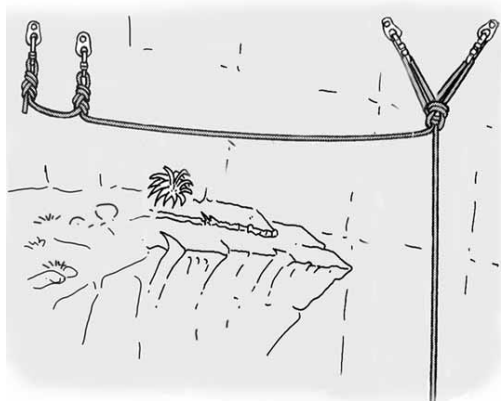


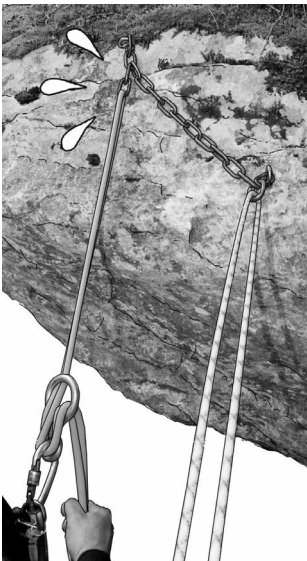
Fig. 119



Cas particuliers : ancrages positionnés à "contresens"

L'utilisation inverse des ancrages par rapport à l'axe de traction peut se produire par inadvertance lorsqu'on utilise une deuxième corde (fig. 120) ou bien lorsque l'amarrage a été remanié à plusieurs reprises et comporte plusieurs anneaux de liaison enchevêtrés. On peut également être tenté d'utiliser l'ancrage supérieur d'un double amarrage situé au-dessus d'une banquette, sous une paroi surplombante (fig. 121 et 122) pour décaler l'axe de la corde et éviter un frottement ou pour des raisons de confort. Parfois, l'utilisation à contresens des ancrages résulte d'une erreur de conception lors de l'installation de l'amarrage (fig. 123).

Fig. 120



inversion du rôle des ancrages

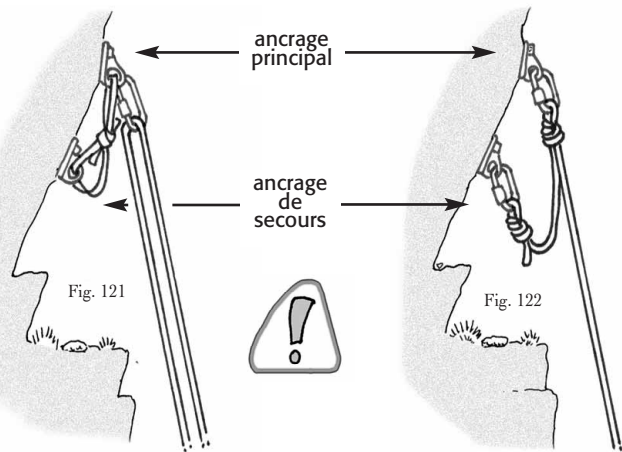


Fig. 123



mauvaise réalisation initiale

Dans ces exemples, l'ancrage principal se trouve au-dessus de l'ancrage de secours. En cas de rupture, indépendamment du fait que la corde risque de frotter sur le rocher, l'ancrage de secours supporte un choc très important. Ce choc sera d'autant plus important que l'équipier se trouve suspendu à proximité de l'amarrage, que les ancrages sont reliés avec de la sangle ou de la chaîne et que la corde est utilisée en double. En cas de rupture, l'équipier qui se trouve sur la corde chute du double de la longueur du lien qui relie les deux ancrages. La secousse peut être violente et dangereuse pour l'équipier et pour le matériel.

Plus l'équipier descend, plus la longueur de corde qui le sépare de l'amarrage augmente et amortira le choc en cas de rupture de l'ancrage principal. Quoiqu'il en soit, pour pouvoir conserver cette configuration (fig. 122 et 123) sans risque, il convient de modifier la disposition de l'anneau de liaison afin de positionner le maillon de rappel sous l'ancrage de secours ou de fixer différemment la corde (exemples fig. 124 à 128). Dans les cas présentés ci-dessous, en cas de rupture de l'ancrage principal, l'ancrage de secours récupère immédiatement la charge et ce pratiquement sans choc. Lorsque le lien qui retient le maillon à l'ancrage de secours est légèrement tendu, le risque de choc est quasiment nul.

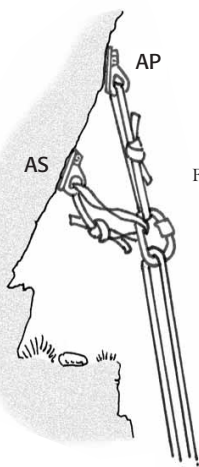


Fig. 124

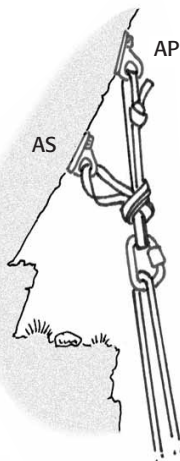


Fig. 125

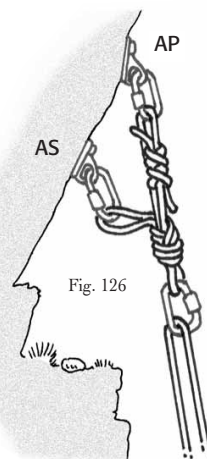


Fig. 126

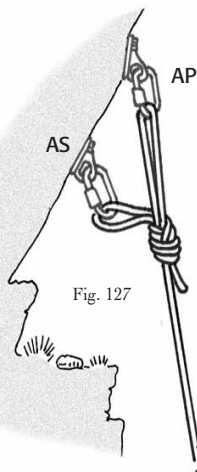


Fig. 127

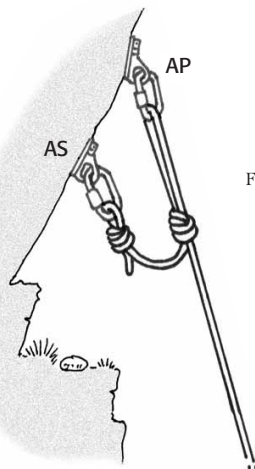


Fig. 128

Cas particulier :

l'utilisation de la corde de progression pour relier les deux points d'ancrage constitue un cas particulier commun avec la quatrième configuration d'amarrage étudiée dans ce cahier. Lorsque la corde traverse deux ancrages et qu'ils sont alignés dans l'axe de travail, la corde est retenue par un ancrage principal positionné également à "contresens" mais dans ce cas, comparativement au cas de figure étudié précédemment à la page 32, le risque de choc en cas de rupture de l'ancrage principal est moindre car il correspond à la distance qui sépare chaque ancrage (fig. 129 et 130).

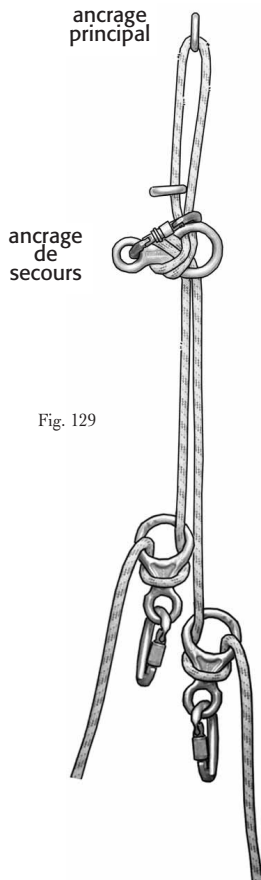


Fig. 129

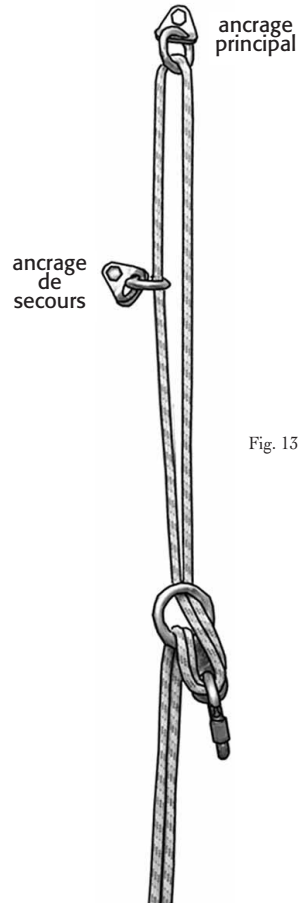
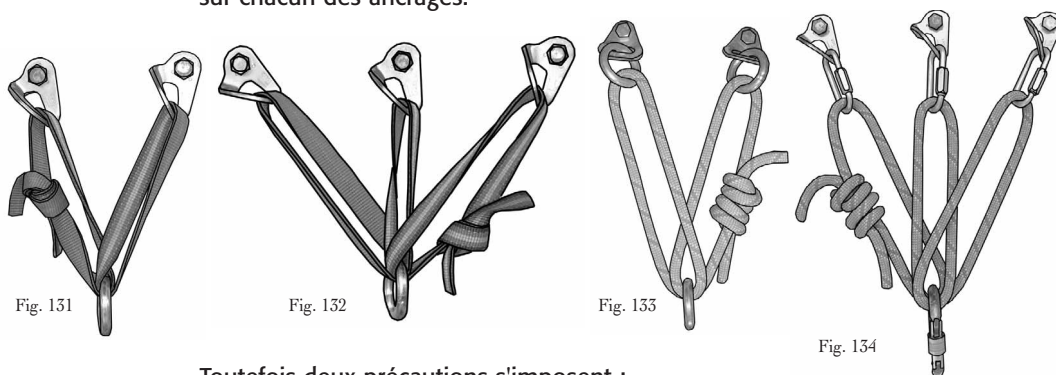


Fig. 130

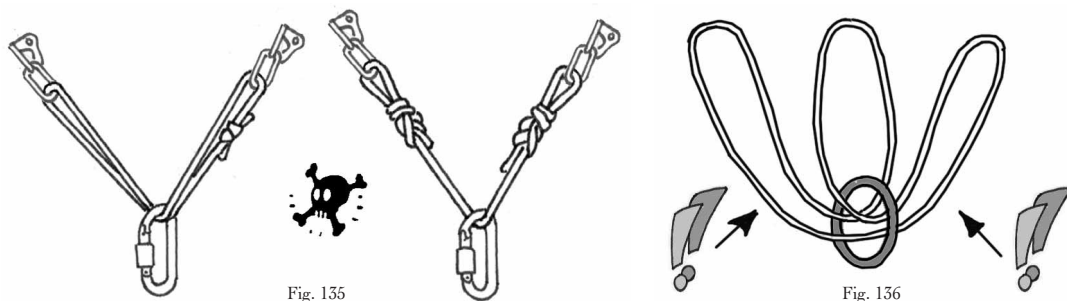
Configuration n°2 : les amarrages composés d'au moins deux ancrages reliés qui se partagent la charge en équilibre permanent

Pour les relais, le plus simple consiste à réunir chaque ancrage avec le maillon de rappel au moyen d'un anneau de liaison unique, en sangle ou en corde (fig. 131 à 134). Dans la mesure où l'anneau de liaison coulisse librement, la charge est répartie sur chacun des ancrages.



Toutefois deux précautions s'imposent :

- pour garantir l'intégrité de l'amarrage, en cas de rupture d'un ancrage, le maillon de rappel ne doit pas pouvoir s'échapper (fig. 135). Ce cas de figure concerne surtout les doubles amarres (mais il peut en théorie se produire aussi avec un quadruple amarrage) ;
- sur les amarrages comportant plus de deux ganses, et pour éviter un risque de choc important en cas de rupture d'un ancrage, aucune gansse ne doit pouvoir traverser le maillon de rappel (fig. 136) car dans ce cas la longueur du lien libéré est bien plus grande que la longueur apparente de la gansse.



Pour confectionner un amarrage multipoints avec répartition de la charge en équilibre sur chacun des ancrages, dans sa version simple, il suffit d'effectuer un renvoi entre ces ancrages en vrillant à chaque fois l'anneau de corde, ou de sangle, avant de le fixer sur le connecteur (fig. 137 et 138). C'est une méthode simple et sûre ; peu importe le sens de vrillage.

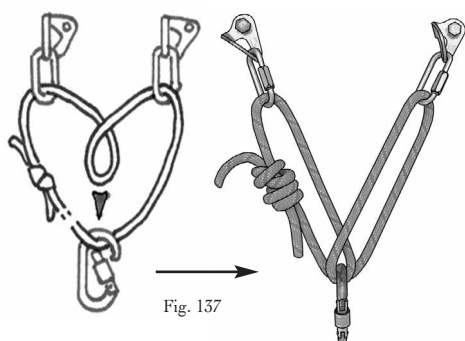


Fig. 137

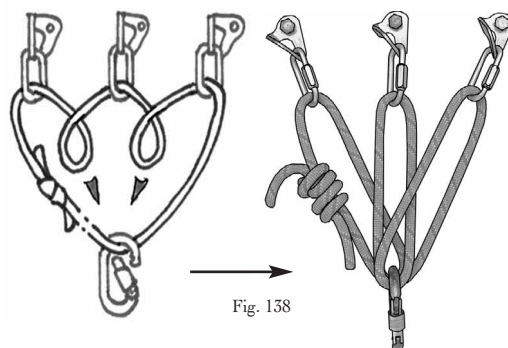


Fig. 138

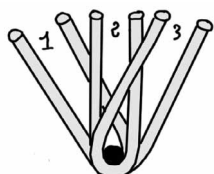


Fig. 139

Remarque : pour être sûr qu'aucune ganse ne puisse s'échapper en cas de rupture (notamment lorsqu'on "tricote" l'anneau directement entre les ancrages et le maillon de rappel), il suffit de vérifier que chacun des brins qui compose chaque ganse contourne le maillon de rappel en l'encerclant (fig. 139 et 140). C'est visible du premier coup d'oeil sur les montages présentés au-dessus (fig. 137 et 138).

A l'inverse, avec un anneau fermé, on pourrait vriller uniquement la ganse inférieure (fig. 141) et y superposer les ganses supérieures (quel que soit leur nombre) sans les vriller ; ce qui revient au même mais le montage est moins esthétique au final.

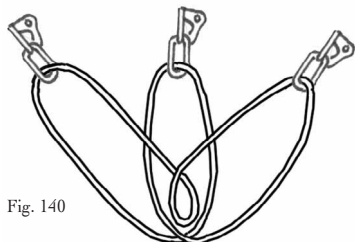


Fig. 140

autre exemple de montage

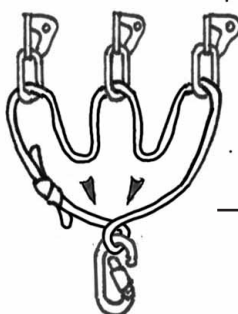


Fig. 141



En revanche, si on vrille simultanément les ganses supérieures, et la ganse inférieure comme cela est parfois présenté dans certains ouvrages (fig. 142), on annule le principe d'encercllement du maillon, évoqué auparavant, pour deux des ganses. Le montage devient moins clair (il est difficile à vérifier du premier coup d'oeil), moins performant (croisements parasites) et le risque d'erreur susceptible de permettre la libération d'une ganse devient possible (il se produit d'ailleurs fréquemment lorsqu'on réalise le montage sans réfléchir).

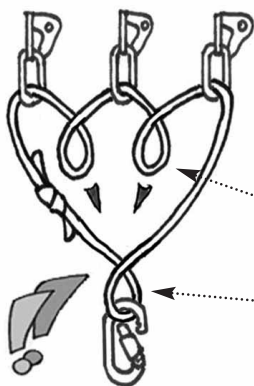
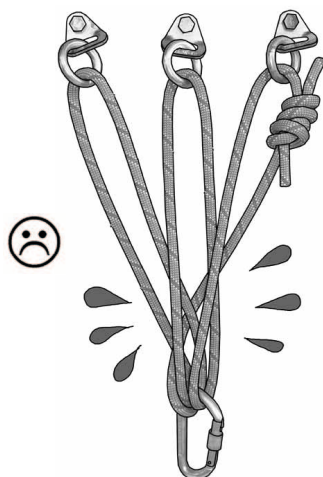


Fig. 142



Bref, le principe du vrillage des ganses supérieures présenté en premier lieu, reste la solution la plus pratique lorsqu'on utilise un anneau de liaison fermé, même s'il est vrai que lorsqu'on a compris qu'il suffit finalement de placer (fig. 143) le connecteur à l'intérieur de chaque ganse, on n'a plus forcément besoin de les vriller complètement.

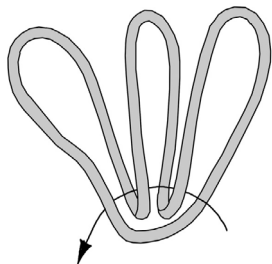
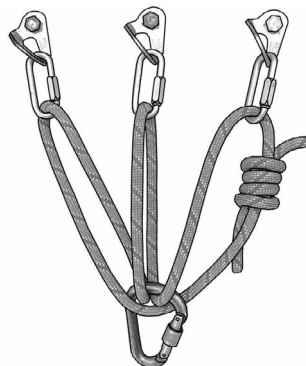


Fig. 143



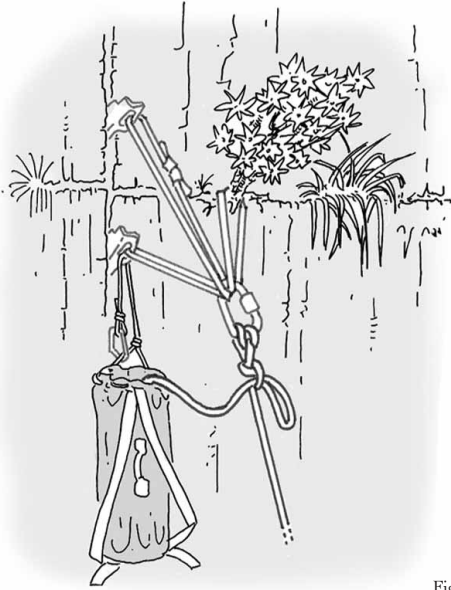


Fig. 144

Intérêts des amarrages qui se partagent la charge en équilibre.

Dans la mesure où l'anneau de liaison peut coulisser facilement, chaque ganse s'équilibre et la répartition de la charge se fait sur l'ensemble des points d'ancrage, quels que soit leur position, leur nombre ou l'axe de travail final (fig. 144). A noter que c'est également l'amarrage "multipoints" le moins gourmand en matériel puisque dans sa version simple, il ne comporte qu'un seul noeud de jonction.

Premier avantage, dans la mesure où l'anneau de liaison peut coulisser facilement, la répartition de la charge s'équilibre entre les points d'ancrage quelles que soient les variations d'angle de la corde en cours d'utilisation (exemple tyrolienne) voire même, les changements de direction de la corde (fig. 145).

A noter aussi (fig. 146) que cette faculté d'équilibrage est également intéressante en terrain d'aventure, lorsque l'anneau de liaison est constitué d'une cordelette utilisée en double ou en triple.

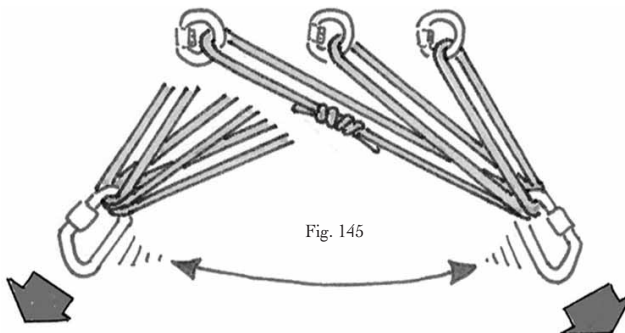


Fig. 145

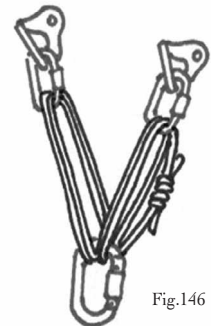


Fig. 146

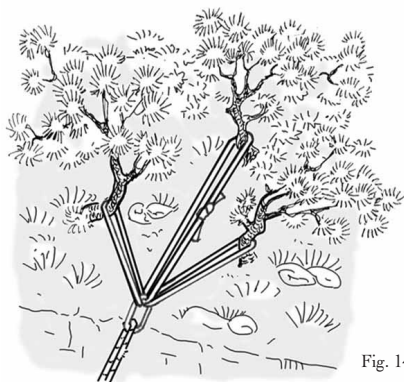


Fig. 147

Deuxième avantage, cette capacité à répartir la charge est très utile lorsque, dans le cadre d'un équipement en terrain d'aventure ou en réchappe, on est contraint d'utiliser des points d'ancrage peu résistants. C'est alors la seule configuration qui permet d'obtenir au final un amarrage suffisamment fiable (fig. 147).

A noter que la répartition de la charge est maintenue en équilibre quels que soient les changements de position des points d'ancrage sous l'effort, comme par exemple, un amarrage sur branches souples risquant de changer de position sous la contrainte (fig. 148). Toutefois, attention, un déplacement répétitif de l'anneau de liaison peut, à la longue, entraîner une usure du matériel.

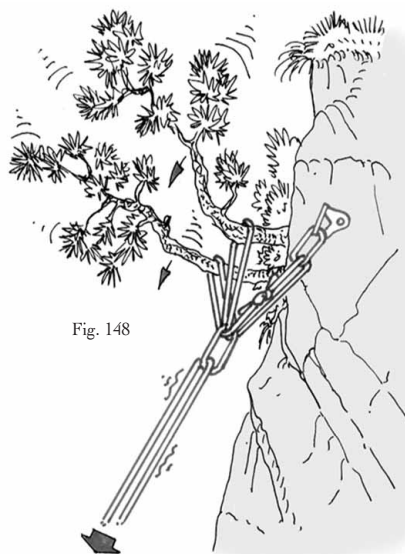


Fig. 148

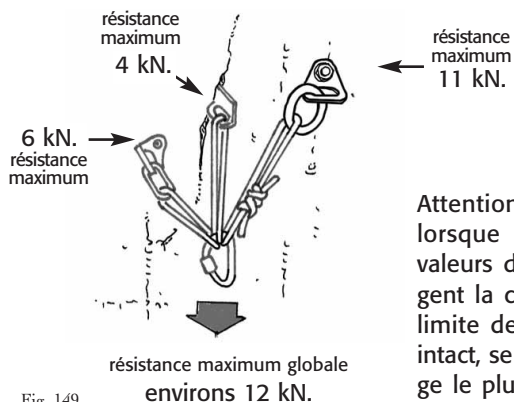


Fig. 149

Attention, d'un point de vue théorique, lorsque plusieurs ancrages offrant des valeurs de résistance différentes se partagent la charge en équilibre, la résistance limite de l'amarrage, pour qu'il demeure intact, se détermine en fonction de l'ancrage le plus faible et au prorata du nombre d'ancrages (exemple : fig. 149).

Troisième avantage, la capacité à répartir la charge de cette configuration d'amarrage, permet (toujours dans la mesure où l'anneau de liaison peut coulisser facilement) d'augmenter facilement et dans de grandes proportions la résistance finale d'un amarrage notamment lorsqu'on le destine à un effort important tel que le maintien d'une tyrolienne par exemple (fig. 150).

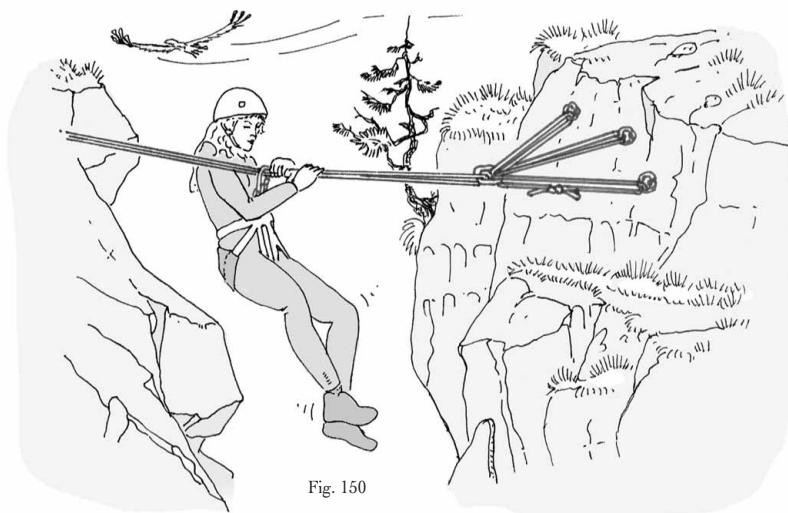


Fig. 150

La répartition de la charge s'effectue alors quelle que soit la position des ancrages, qu'ils soient alignés sur un plan vertical, horizontal ou répartis autour de l'axe de traction (fig. 151 et 152).

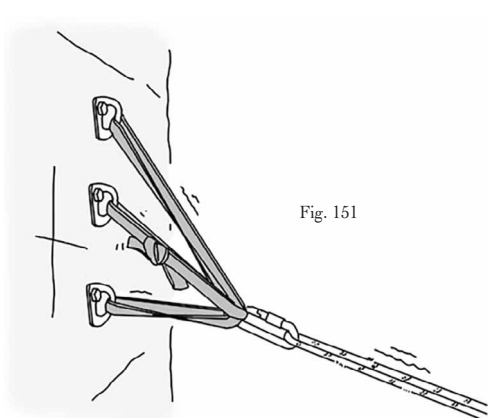


Fig. 151

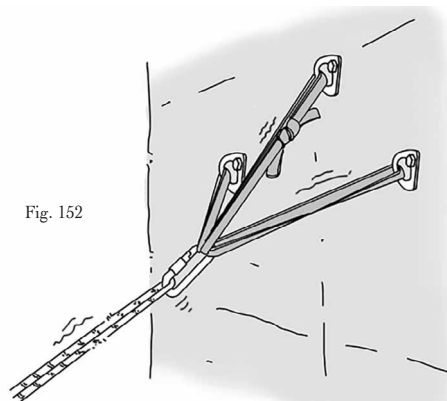
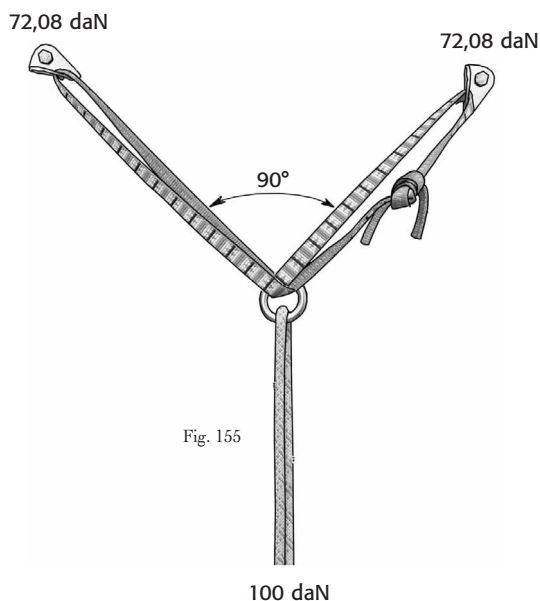
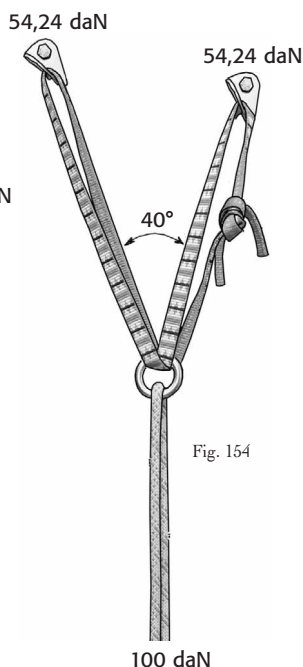
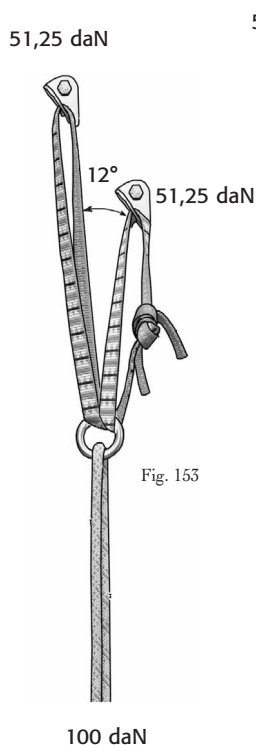


Fig. 152

Toujours d'un point de vue purement théorique, lorsque l'amarrage est composé de deux points d'ancrage formant un «Y», la répartition de la charge sur chaque ancrage dépend de l'angle d'ouverture affiché par le «Y».

Lorsque les points d'ancrage sont proches de l'axe de travail de la corde (fig. 153) ou lorsqu'ils sont placés à la même hauteur et qu'ils sont rapprochés (fig. 154), ils supportent chacun à peine plus de la moitié de la charge. Il est donc possible, dans ces conditions, d'obtenir un amarrage dont la valeur de rupture peut être très élevée (environ deux fois la valeur de rupture de l'ancrage le plus faible).

A partir de 90° (fig. 155) l'angle d'ouverture affiché par le «Y» est déjà trop important ; chaque ancrage supporte alors un peu plus des deux tiers de la charge. Au-delà de 90° la charge sur chacun des points d'ancrage augmente de façon importante ; à 120° chaque ancrage supporte l'équivalent de la charge.



Comportement des amarrages qui se partagent la charge en équilibre

On s'aperçoit, du fait que la charge se trouve en équilibre sur plusieurs points d'ancrage, que chacun de ces points joue le même rôle ; on ne peut donc plus distinguer l'ancrage principal de l'ancrage de secours (surtout s'il y en a trois...!). En répartissant la charge sur chaque point d'ancrage, et partant du principe que l'union fait la force, on peut donc augmenter considérablement la résistance globale de l'amarrage (fig. 156 et 157).

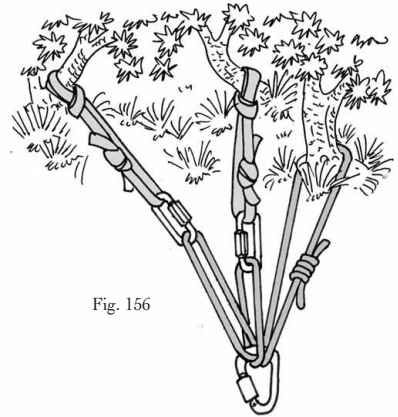


Fig. 156

Toutefois, attention, ce n'est pas parce que la charge est répartie sur les deux points d'ancrage que l'on peut se permettre d'utiliser des ancrages deux fois moins solides. Pour les doubles amarrages, on part du principe que chaque ancrage doit pouvoir supporter trois fois la charge maximale prévisible ; la marge de sécurité indispensable pour qu'ils puissent être des amarrages de sécurité, réside dans le fait qu'ils se partagent les contraintes de travail, ce qui double cette marge de sécurité. On peut donc raisonnablement écarter tout risque de rupture tant que les ancrages n'ont pas vieilli.

Attention encore, le non-respect de cette règle de prudence risque de placer l'utilisateur en danger. En effet, dans le cas d'un double amarrage, il est bien évident que si un ancrage venait à se rompre, l'ancrage intact, s'il n'est guère plus résistant que celui qui vient de céder, aurait bien du mal à supporter seul la charge qu'ils se partageaient auparavant à deux...

Il est donc extrêmement dangereux d'utiliser, de façon volontaire ou inconsciente, des ancrages de piètre résistance sous prétexte que celle globale de l'amarrage semble suffisante et ce, sans avoir la certitude de disposer d'une marge de sécurité importante.

Plus le nombre d'ancrages est important moins le risque de rupture d'un ancrage est probable, surtout lorsqu'on a pris le soin de permettre à l'anneau de liaison de s'équilibrer facilement.

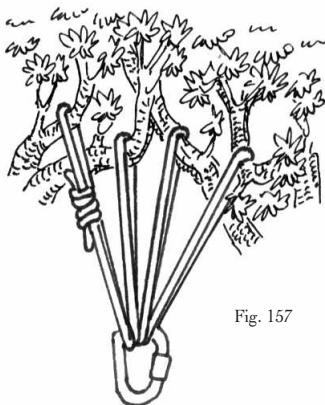


Fig. 157

Prévention du risque de choc en cas de rupture d'un ancrage

En cas de rupture d'un des points d'ancrage, l'anneau de liaison, lorsqu'il coulisse librement, s'équilibre à nouveau sur les points d'ancrage restants. Ce rééquilibrage peut entraîner un risque de choc proportionnel à la longueur de la ganse libérée (fig. 158) et un risque de choc entre deux pièces métalliques qui peuvent se percuter très fort (piton contre mousqueton par exemple, avec risque de rupture). Lorsque l'anneau coulisse difficilement dans le maillon, le frottement est susceptible de provoquer une usure du matériel mais aussi de réduire le risque de choc.

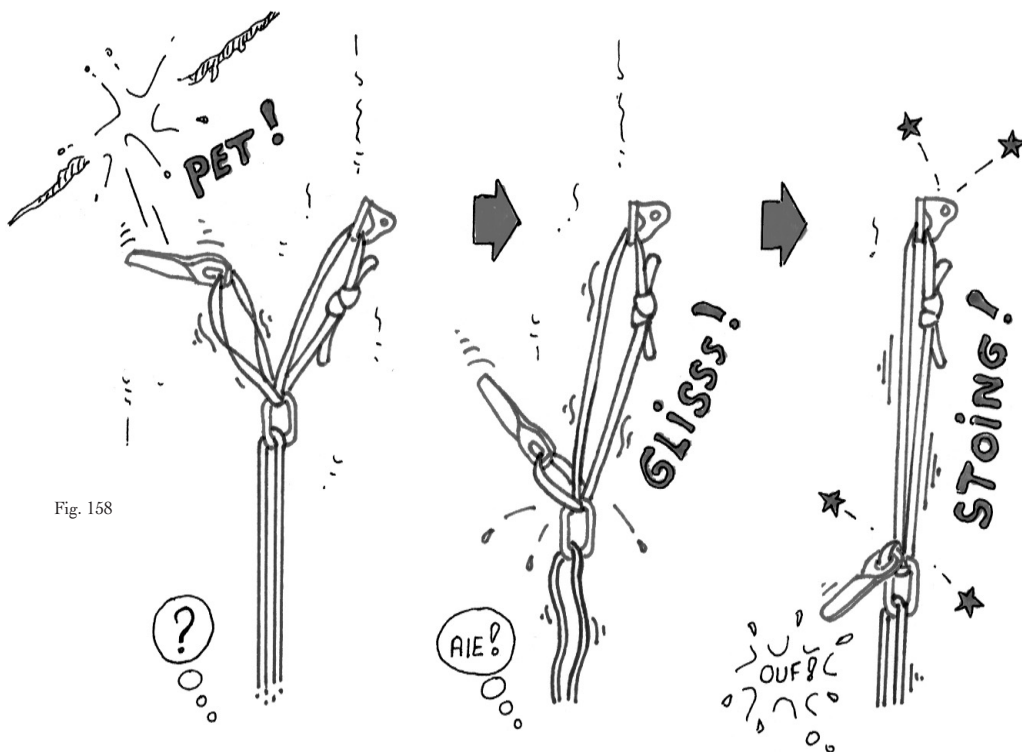


Fig. 158

Lorsqu'une des ganses de l'amarrage est particulièrement longue ou maintenue par un point d'ancrage un peu douteux, on peut, par précaution, réduire le risque de choc en limitant la longueur de cette ganse.

Pour limiter "artificiellement" la longueur d'une ganse, on peut soit se servir du noeud de jonction en le modifiant et en le plaçant à l'endroit le mieux approprié (fig. 159) soit, en l'absence du noeud de jonction (anneau cousu par exemple) en réalisant un noeud simple sur la ganse critique (fig. 160).

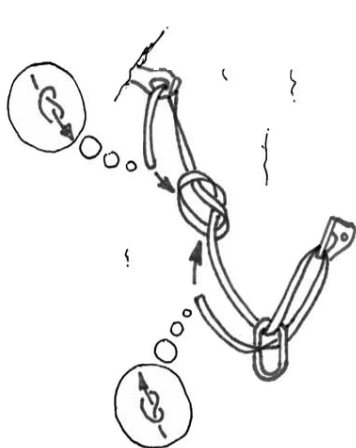


Fig. 159

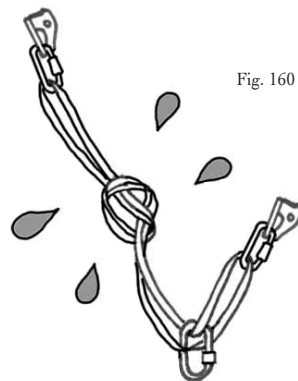


Fig. 160

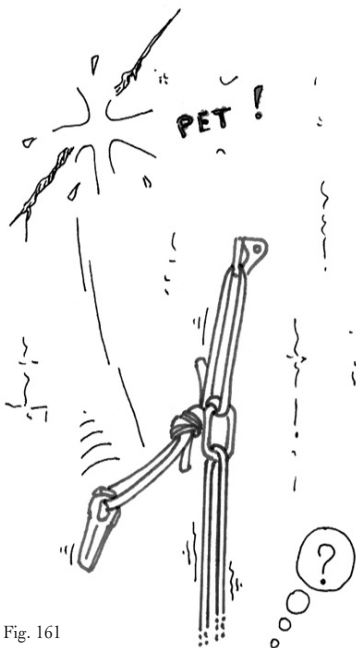


Fig. 161

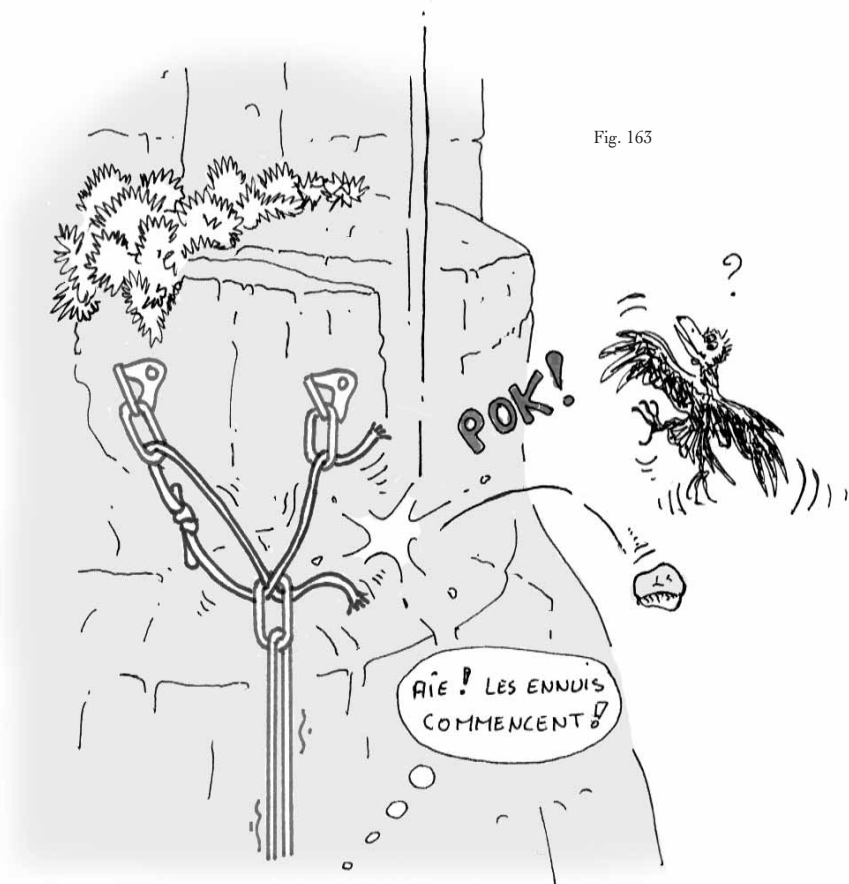
Plus on rapproche le noeud du maillon de rappel plus on réduit le risque de choc en cas de libération de la ganse nouée (fig. 161). Mais on réduit aussi d'autant la capacité de déplacement du maillon de rappel sur cette même ganse nouée. Il faut donc s'assurer que la répartition de la charge puisse continuer à s'équilibrer sur chaque ancrage (fig. 162).



Fig. 162

Prévention du risque de chute en cas de rupture de l'anneau de liaison

Cette catégorie d'amarrage, dont l'anneau de liaison unique permet de répartir la charge en équilibre permanent, présente, dans sa version basique, un inconvénient : l'intégrité de l'amarrage est tributaire d'un seul anneau de liaison qui, s'il vient à se rompre, entraîne la destruction de l'amarrage (fig. 163). L'anneau de liaison est donc un élément primordial de la chaîne de sécurité.



Pour ce type d'amarrage, il convient donc :

- d'utiliser des anneaux de liaison parfaitement sûrs (tronçon de corde de progression ou sangle neuve de résistance égale ou supérieure à 15 kN) ;
- de remplacer, avec d'autant plus de rigueur, les anneaux trouvés sur place, surtout s'ils paraissent douteux;
- de préserver l'anneau de tous risques de frottement, et de le sécuriser s'il est exposé au risque de chute de pierres.

On peut sécuriser ce type de configuration d'amarrage contre le risque de rupture de la sangle en réalisant (fig. 164) un noeud d'arrêt sur chaque ganse. Cette option permet :

- de limiter l'amplitude du glissement de chaque ganse et donc le risque de choc en cas de rupture d'un ancrage ;
- de préserver le maintien du maillon de rappel même en cas de coupure de l'anneau à quelque endroit que ce soit. Pour libérer le maillon de rappel, il faut soit cumuler une coupure et une rupture d'ancrage, soit deux coupures.

En contrepartie, le déplacement du maillon de rappel, en cas de changement de direction, est limité à l'espace compris entre les deux noeuds d'arrêt.

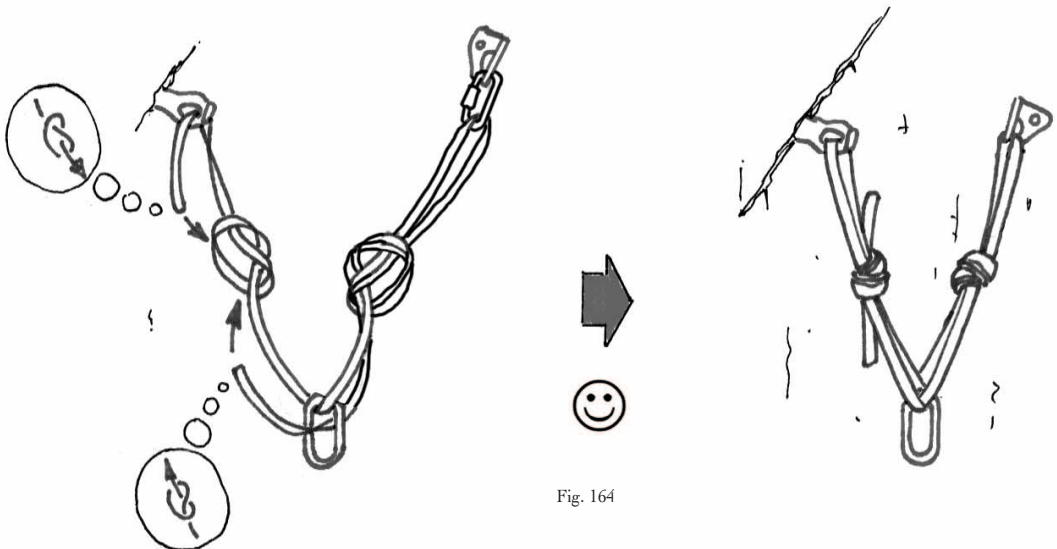
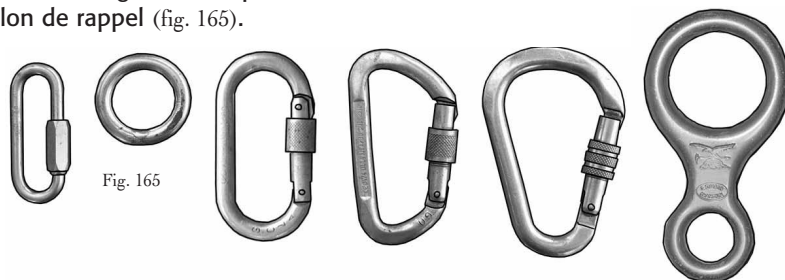


Fig. 164

Ceci dit, dans la pratique, les choses ne sont pas si simples, car la répartition de la charge ne peut se faire que dans la mesure où les ganses de l'anneau de liaison peuvent coulisser librement. Or, l'équilibrage des ganses est systématiquement contrarié, ne serait-ce que par les frottements. Ceux-ci sont réduits lorsque l'anneau de liaison glisse sur une partie métallique arrondie, ils peuvent être très importants lorsque l'anneau de liaison vient se coincer derrière un amarrage naturel. Dans ce cas, il faut impérativement équilibrer au mieux chaque ganse manuellement avant d'utiliser l'amarrage. A cela s'ajoutent les pincements éventuels des ganses contre le rocher et surtout le pincement des ganses lorsqu'elles se chevauchent au niveau du maillon de rappel (fig. 165).



Un maillon à vis (fig. 166) ne peut pas contenir deux brins de corde sans que l'un ne vienne écraser l'autre, l'enpêchant de glisser librement. Les anneaux métalliques ou les mousquetons symétriques permettent de positionner deux sangles ou trois cordes. Les mousquetons asymétriques en revanche ont tendance à regrouper les différents brins de l'anneau de liaison au risque de les faire se chevaucher plus facilement. Les mousquetons HMS (fig. 167) répartissent idéalement les brins mais cela augmente les contraintes sur le connecteur et réduit sa résistance initiale (on peut aussi en placer deux en quinconce). Un répartiteur tricoté dans le gros trous d'un descendeur en huit constitue la solution la plus fiable (fig. 167b).

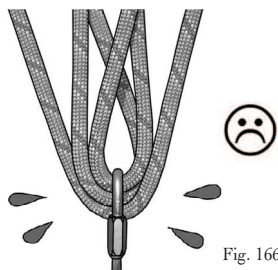


Fig. 166

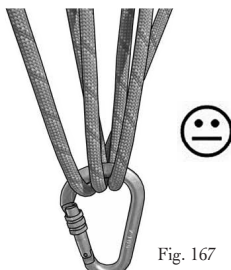


Fig. 167

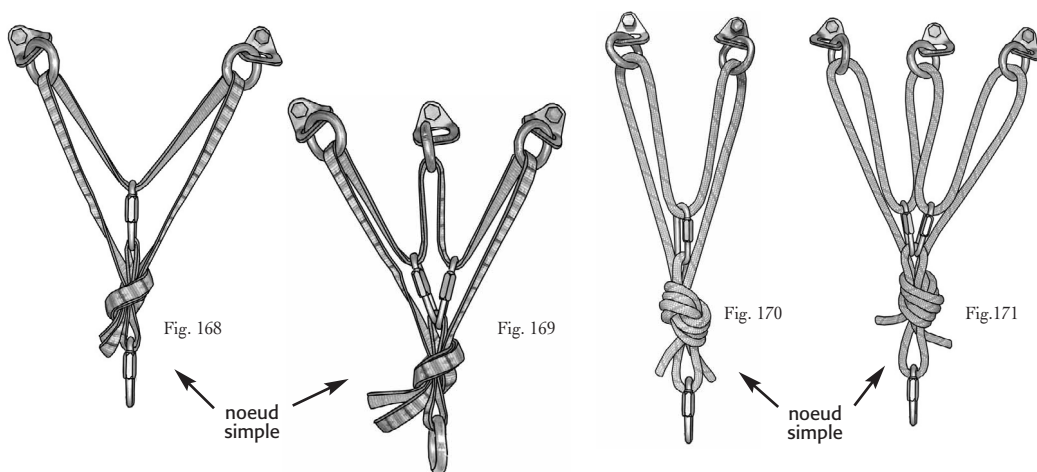


Fig. 167b

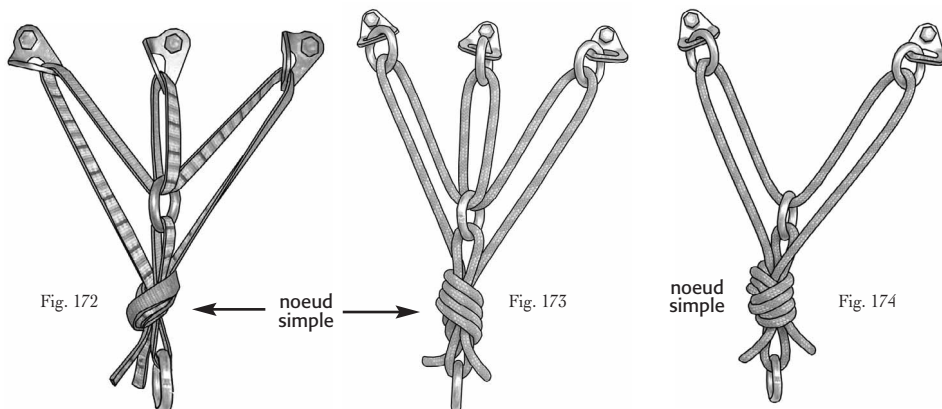


Astuce : lorsque la géométrie du maillon de rappel ne permet pas aux différents brins de coulisser facilement, on peut améliorer la répartition de la charge en modifiant le noeud de jonction qui sert à fermer l'anneau. Cette astuce vise à obtenir un point de renvoi orienté vers le haut qui permet de réduire le nombre de brins dans le maillon de rappel ou encore, d'utiliser plusieurs maillons rapides exemple (fig. 168 à 174).

Voir également
corde et
noeuds
cahier n°6



Exemples (fig. 172 à 174) avec un anneau comme point de renvoi :



Le principe de répartition présenté sur la page précédente, avec un anneau de liaison, peut également être utilisé pour fixer une corde directement sur plusieurs ancrages, tout en répartissant au mieux la charge. Il existe dans ce cas différentes méthodes de fabrication du noeud (fig. 175 à 180).

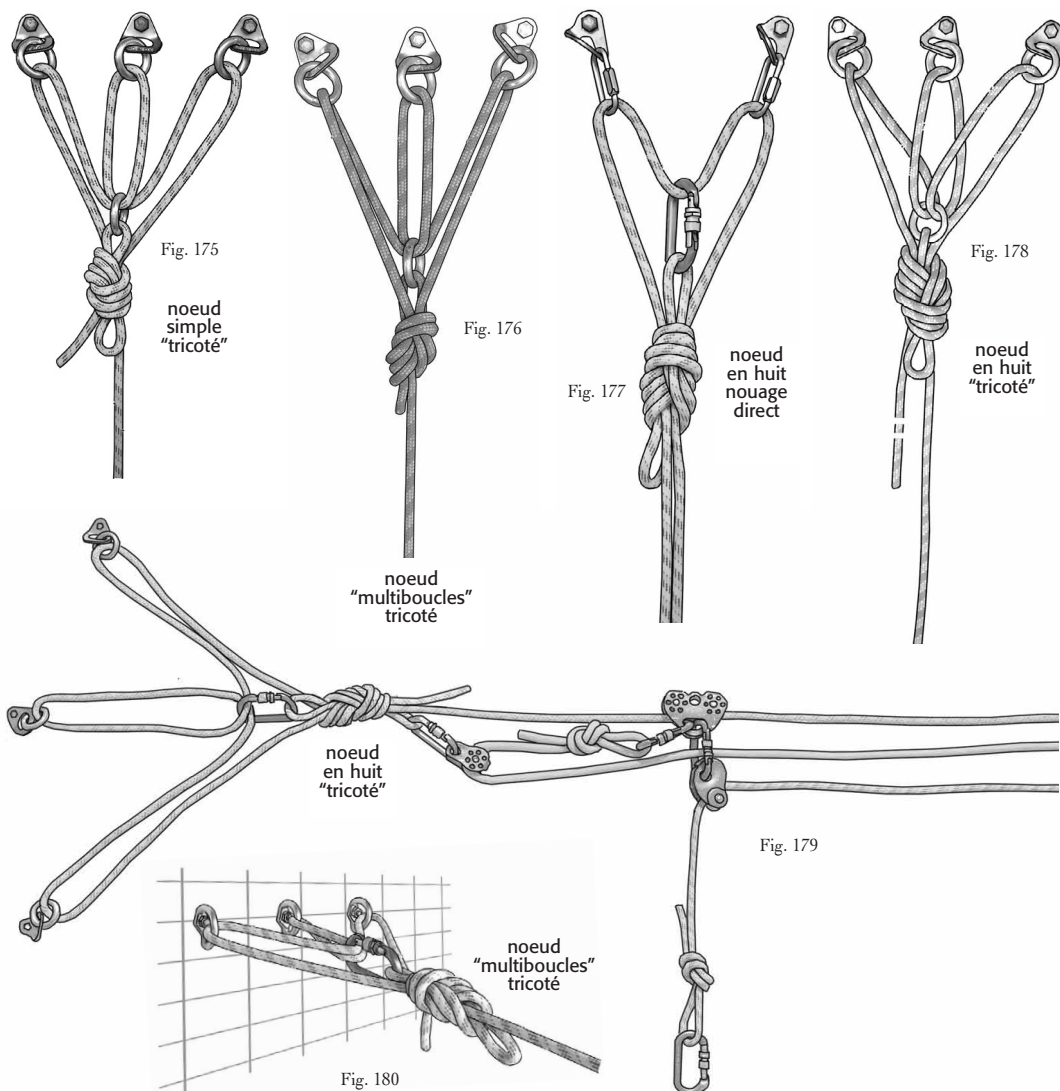


Fig. 182

Fig. 181

répartiteur sur-
corde double

Autres exemples avec
un descendeur en
huit utilisé pour la
répartition de la char-
ge (fig. 181 à 184).

Fig. 183

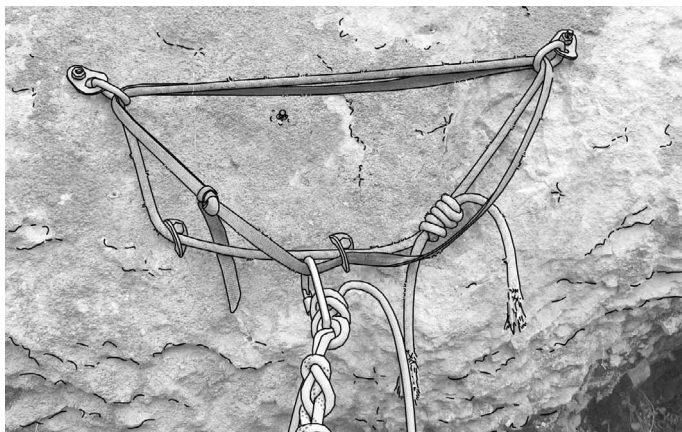
répartiteur sur
corde simple
(noeud en huit "tricoté")

Fig. 184

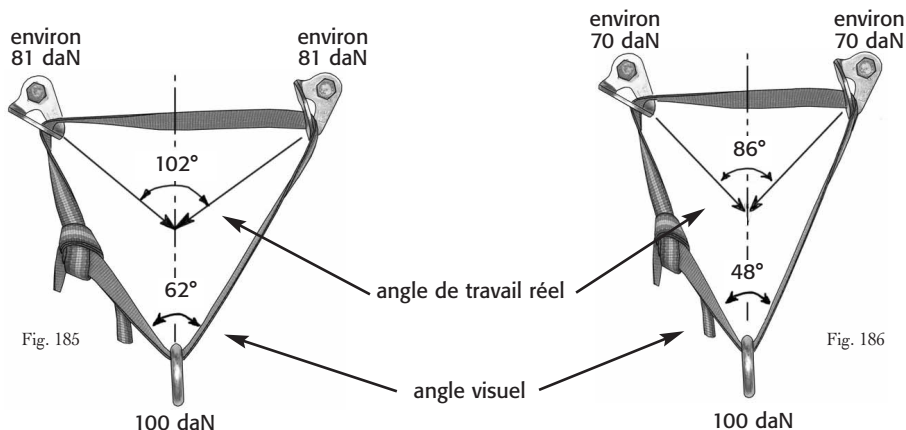
Quadruple amarrage
avec répartiteur sur
descendeur en huit

Cas particuliers : les doubles amarrages, constitués d'un anneau de liaison placé en simple, sont des cas de figure particuliers qui appellent plusieurs remarques :

- cette disposition permet d'utiliser un anneau de liaison deux fois plus court (c'est un avantage) mais l'anneau placé en simple est également deux fois moins robuste (en résistance et à l'usure) que placé en double (c'est un inconvénient) ;
- lorsque les points d'ancrage sont plutôt écartés, et l'axe de travail symétrique, l'angle théorique d'ouverture du «Y» est plus ouvert que l'angle apparent (fig. 185 et 186) ;



Exemple d'amarrage bricolé à plusieurs reprises et susceptible de devenir dangereux avec le temps lorsque le matériel vieillit.



- plus les ancrages sont rapprochés, plus le risque de choc, en cas de rupture d'un ancrage, est réduit et peut même être nul (fig. 187 et 188) ;

- la répartition de la charge sur chaque ancrage dépend de leur position respective et de l'axe de travail de la corde (fig. 189).

- Lorsque l'axe de travail de la corde est aligné avec les ancrages il n'y a plus de répartition et on se retrouve dans la première configuration d'amarrage étudiée dans ce cahier. (190 et 191).

Fig. 187

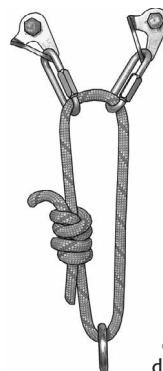
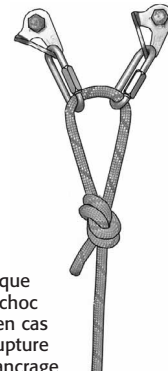


Fig. 188



risque de choc nul en cas de rupture d'un ancrage

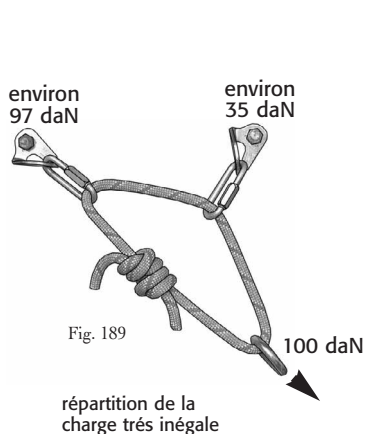


Fig. 189

répartition de la charge très inégale

100 daN

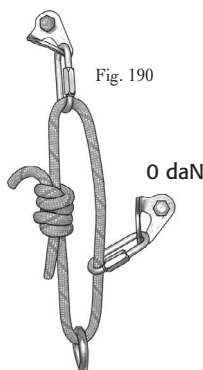


Fig. 190

0 daN

100 daN

aucune répartition de la charge.



Fig. 191

environ 65 daN

environ 65 daN

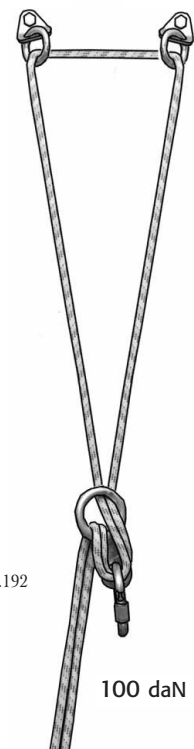


Fig. 192

100 daN

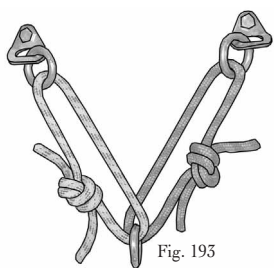
Autre cas particulier :

lorsque la corde est utilisée en double directement sur chaque ancrage (fig. 192), elle remplace l'anneau de liaison. Dans ce cas, la répartition de la charge dépend de la position respective de chaque ancrage par rapport à l'axe de travail de la corde et de la position de l'utilisateur. Ce cas de figure est présenté à la quatrième configuration d'amarrage étudiée dans ce cahier.

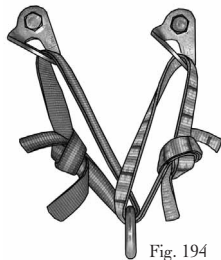
Configuration n°3 : les amarrages composés d'au moins deux points d'ancrage associés qui se partagent indépendamment la charge.

Principe : la charge est reliée de façon indépendante à chaque point d'ancrage.

S'agissant d'un relais, le maintien du maillon d'attache peut se faire de différentes façons : soit par le biais de plusieurs liens comme deux anneaux de liaison en corde (fig. 193) ou en sangle (fig. 194) ou encore deux tronçons de chaîne (fig. 195) soit par le biais d'un seul lien fixé sur chaque ancrage (fig. 196).



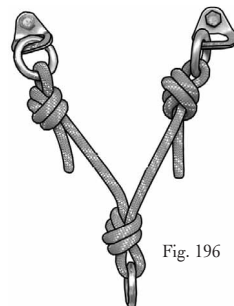
noeud simple



noeud simple

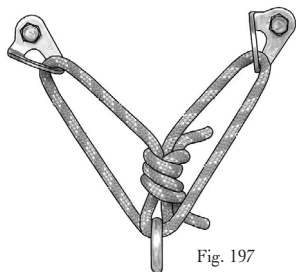


Fig. 195

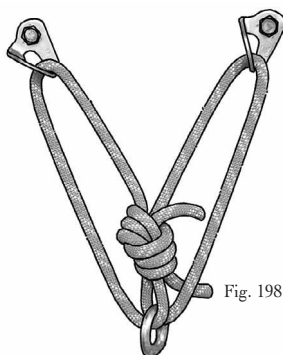


noeud simple

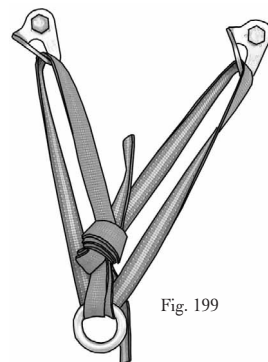
L'utilisation d'un lien unique offre plusieurs avantages : il permet, par exemple, d'obtenir un double amarrage réalisable avec un seul noeud de jonction moins volumineux que deux noeuds de jonction indépendants (fig. 197 à 199)



noeud de pêcheur simple



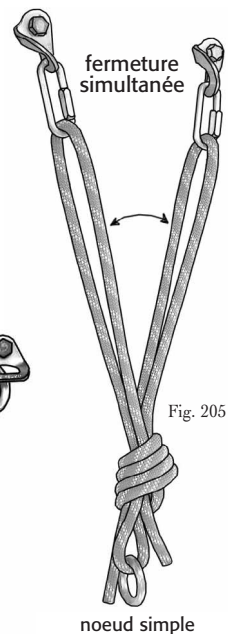
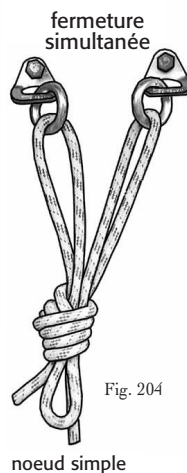
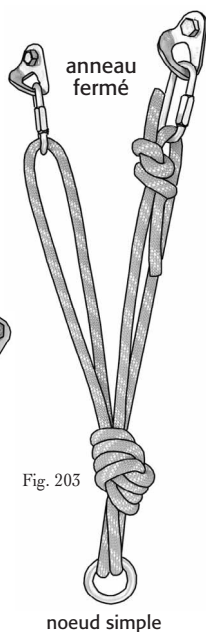
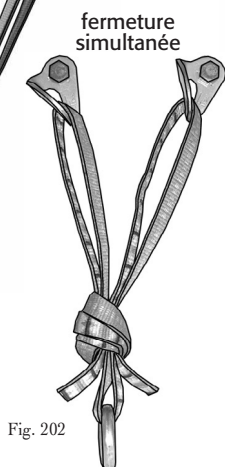
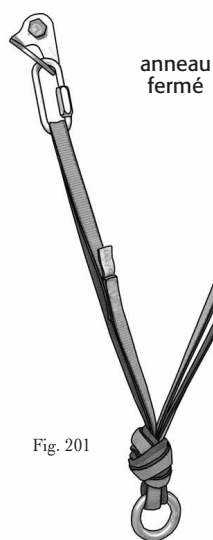
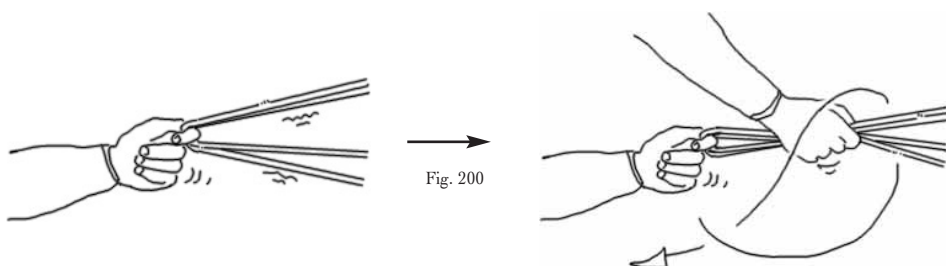
noeud simple



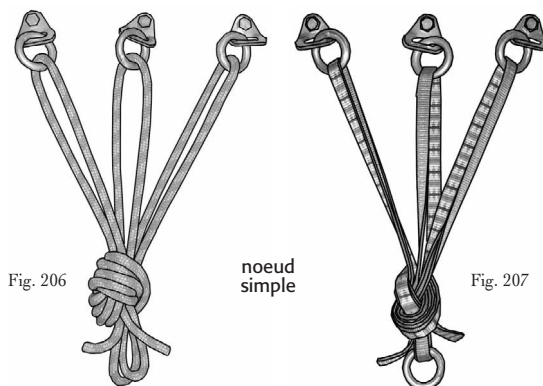
noeud simple

Voir également
corde et
noeuds
cahier n°6

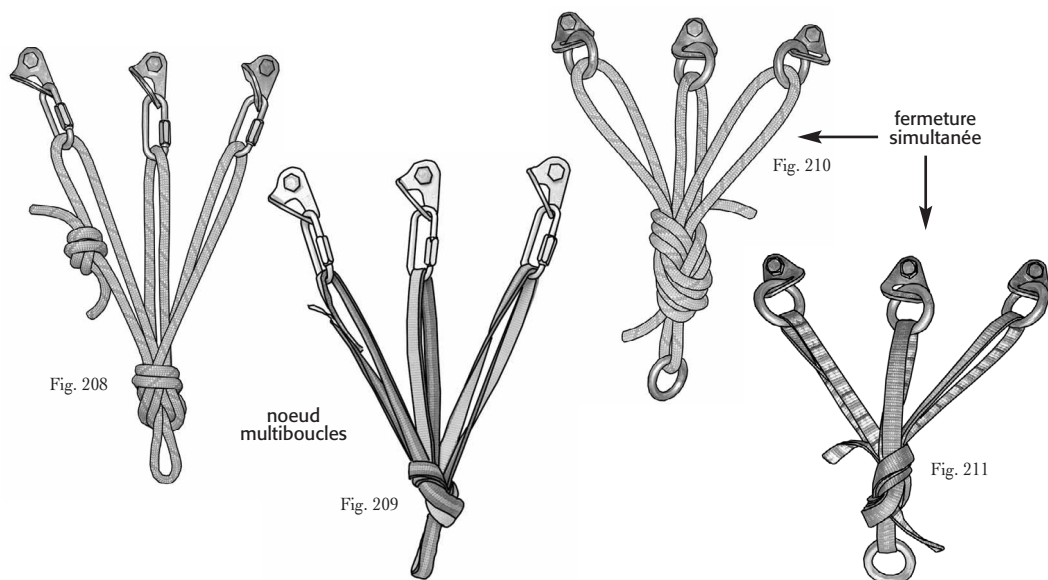
L'utilisation d'un anneau de liaison unique est également pratique lorsqu'on souhaite équilibrer chacune des ganses dans l'axe de travail. Il suffit (fig. 200) de tendre l'ensemble des ganses, de les équilibrer au mieux avant de les immobiliser au moyen d'un noeud simple. A noter que le noeud simple peut être utilisé à la fois pour immobiliser les ganses et fermer l'anneau de liaison (fig. 201 à 205).



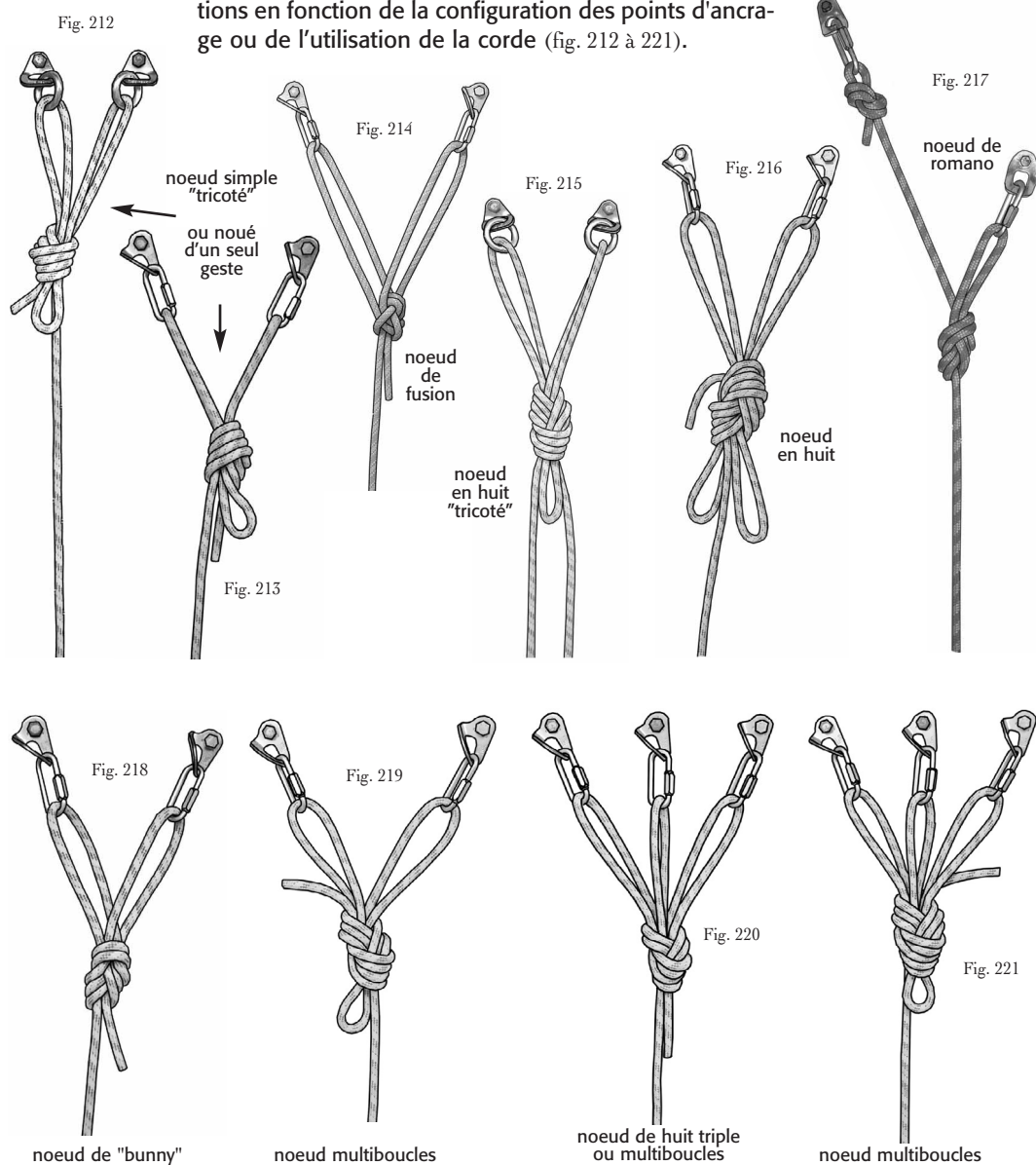
exemple (fig. 206 et 207)
d'utilisation d'un noeud
simple en vue d'immobiliser
l'ensemble des ganses
d'un triple amarrage tout en
fermant simultanément
l'anneau de liaison.



L'utilisation du noeud «multiboucles», beaucoup moins volumineux que le noeud simple, permet également d'équilibrer et d'immobiliser l'ensemble des ganses d'un triple ou d'un quadruple amarrage (fig. 208 et 209). A noter que le noeud multiboucles peut être utilisé à la fois pour immobiliser, d'un seul geste, les ganses et fermer l'anneau de liaison (fig. 210 et 211). Cependant cette dernière astuce ne sera volontairement pas présentée dans le cadre de ces cahiers car elle a été jugée trop complexe à mémoriser.



Pour le maintien d'une corde en fixe sur plusieurs points d'ancrage associés qui se partagent indépendamment la charge, il existe également un grand nombre de solutions en fonction de la configuration des points d'ancrage ou de l'utilisation de la corde (fig. 212 à 221).



Etude : le principe des amarrages composés d'au moins deux points d'ancrage associés qui se partagent indépendamment la charge permet de réaliser deux types d'amarrage différents.

- En répartissant la charge sur plusieurs points d'ancrage on obtient un amarrage dont les caractéristiques et le comportement sont différents des autres configurations d'amarrages étudiés précédemment (fig. 222 et 224) .
- En ajustant la longueur de chaque ganse, on peut positionner à sa guise l'axe de la corde (exemple fig. 223) ou du maillon de renvoi par rapport à plusieurs points d'ancrage (généralement on se sert de deux points). On peut aussi, accessoirement, ajuster séparément la charge de chaque ancrage.

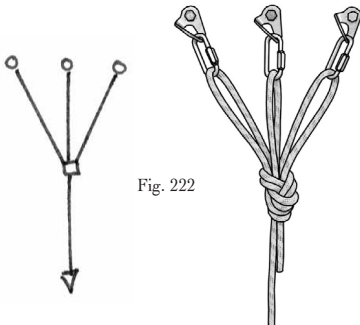


Fig. 222

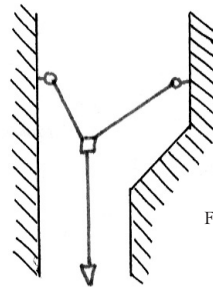


Fig. 223

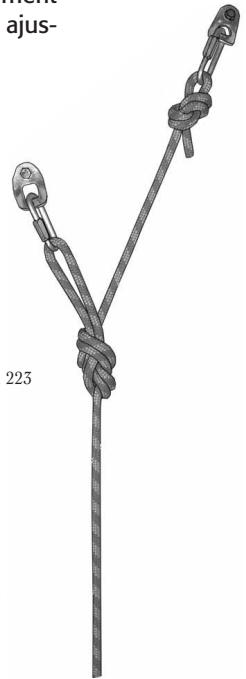
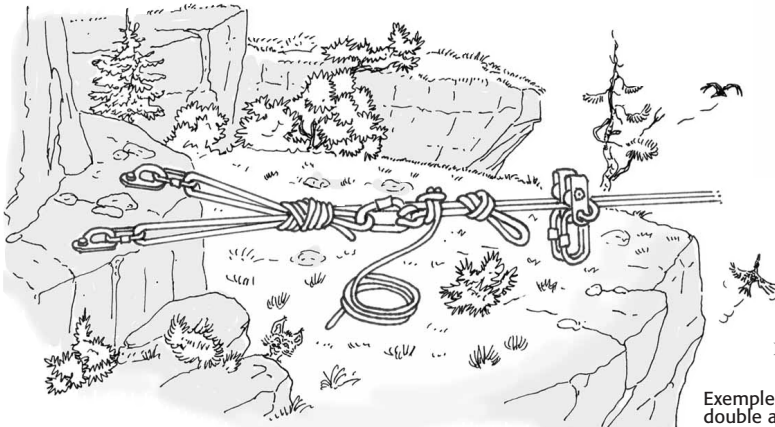
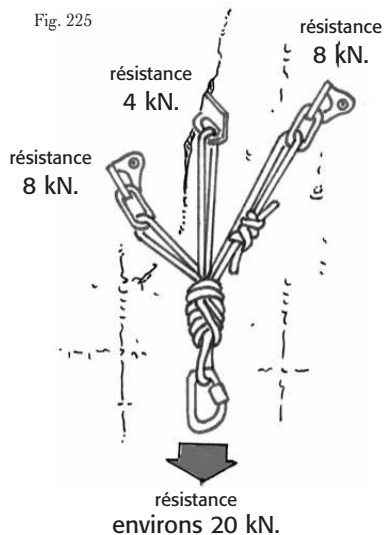


Fig. 224



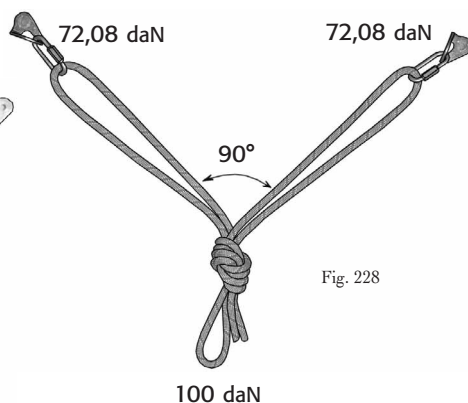
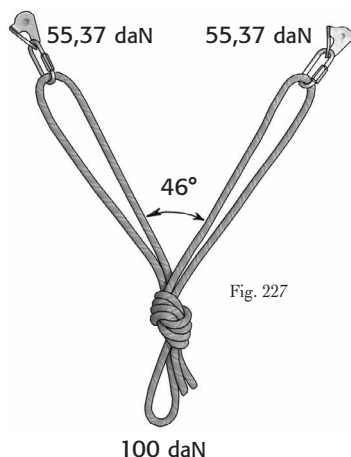
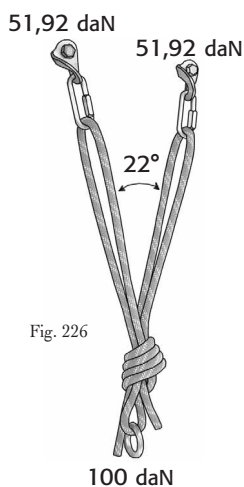
Exemple d'utilisation d'un double amarrage



Premier cas de figure : réalisation d'un amarrage multipoints

Dans la mesure où l'ensemble des ganses ont été équilibrées et orientées dans l'axe de travail avant d'être immobilisées, la charge est répartie sur l'ensemble des points d'ancrage. Il est alors possible d'augmenter la résistance de l'amarrage dans de grandes proportions. En théorie, dans la mesure où chaque ganse est indépendante et de taille identique (ou constituée de tronçons de chaîne), la résistance de l'amarrage correspond (fig. 225) approximativement au cumul de la résistance de chaque point ancrage.

Pour les doubles amarrages, dans la mesure où l'axe de travail est centré, l'effort supporté par chaque ancrage dépend de l'angle d'ouverture affiché par l'amarrage (fig. 226 à 228). En dessous de 20° , chaque ancrage supporte quasiment la moitié de la charge ; à partir de 120° , il supporte autant que la charge.



Toutefois, la répartition de la charge entre les différents points d'ancrage peut être contrariée de plusieurs façons :

- un réglage imprécis de chacune des ganses (fig. 229) peut entraîner un déséquilibre au niveau de la répartition de la charge et occasionner une surcharge pour l'un des points d'ancrage. Le réglage des ganses est d'autant moins facile à ajuster avec précision que leur nombre est important ;
- un changement de direction de l'axe de travail en cours d'utilisation, même léger, peut également provoquer un transfert de la charge sur un seul point d'ancrage (fig. 230). Dans l'exemple cité, on se retrouve avec un ancrage principal secondé par un ancrage de secours ;
- lorsque l'anneau de liaison est réalisé avec de la corde, et qu'il existe une différence importante de longueur entre les ganses, le phénomène d'élasticité peut occasionner une surcharge au niveau de l'ancrage qui se trouve le plus près du maillon de rappel (fig. 231).



Fig. 229

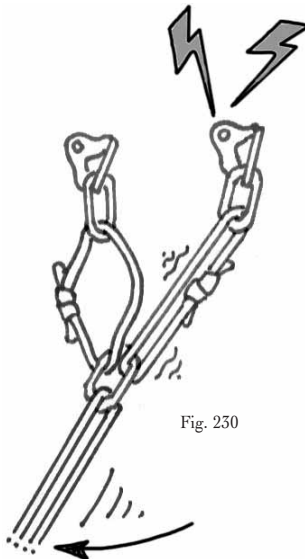


Fig. 230

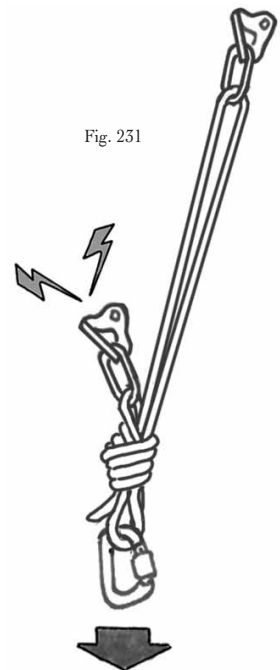


Fig. 231



Remarque : à partir du moment où la charge n'est pas répartie sur l'ensemble des ancrages, la valeur de rupture de l'amarrage peut diminuer considérablement (fig. 232).

En contrepartie, les ancrages non sollicités vieillissent beaucoup moins vite et deviennent des ancrages de secours. Nous sommes alors en présence d'un amarrage de composé d'au moins un ancrage principal, relié à des ancrages de secours.

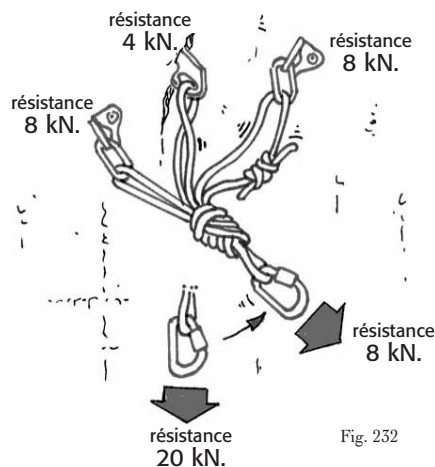


Fig. 232

• un changement de position d'un amarrage naturel tel qu'il peut se produire lorsqu'on tire sur une branche souple, peut également contrarier la répartition de la charge et occasionner une surcharge pour l'un des points d'ancrage (fig. 233).

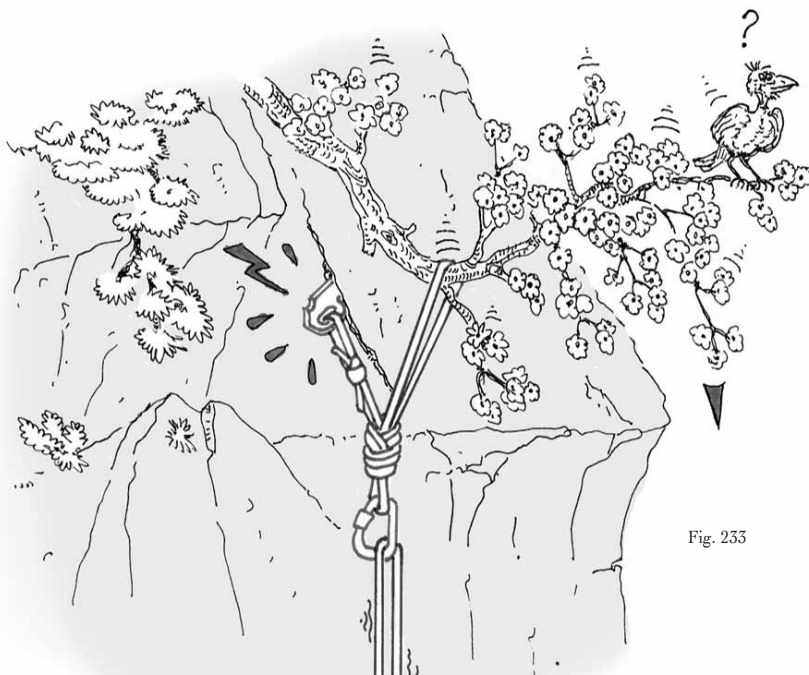
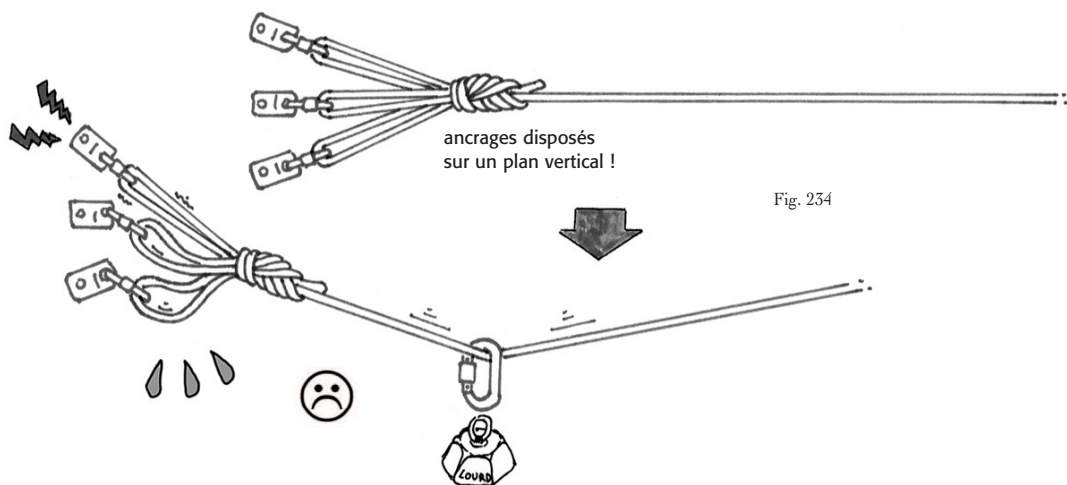
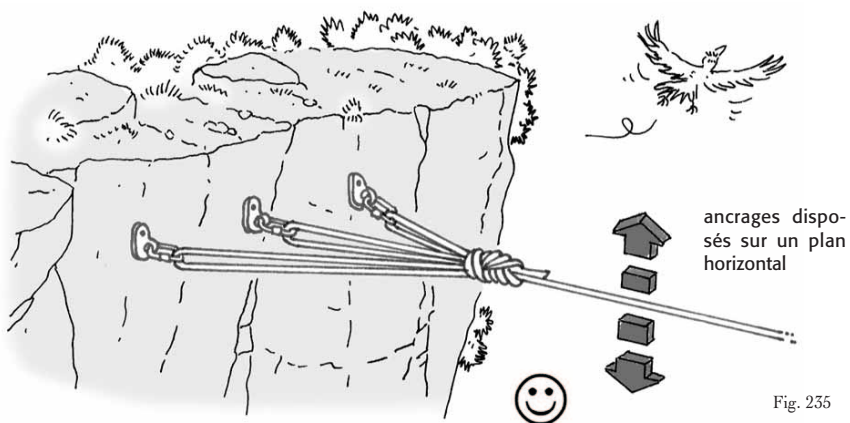


Fig. 233

Aussi, lorsque la répartition de la charge est nécessaire (amarage fortement sollicité comme une tyrolienne par exemple) et que l'on souhaite conserver cette configuration d'amarage, il convient de prendre en compte les modifications éventuelles de l'axe de travail de la corde, une fois en charge (fig. 234).



Dans ce cas de figure, et avec cette configuration d'amarage, il suffit de disposer (fig. 235) au mieux chacun des points d'ancrage en ligne, de façon perpendiculaire à l'axe de traction, pour le rendre insensible aux variations de flèche de la corde.



Observation

Pour les doubles amarrages : lorsque la charge est répartie, les deux ancrages sont sollicités simultanément et jouent le même rôle. On ne peut donc plus distinguer l'ancrage principal de l'ancrage de secours (surtout s'il y en a trois...!). Partant du principe

que chaque ancrage doit pouvoir supporter trois fois la charge maximale prévisible, la marge de sécurité indispensable pour qu'ils puissent être des amarrages de sécurité, réside dans le fait qu'ils se partagent les contraintes de travail, ce qui double cette marge de sécurité. On peut donc raisonnablement écarter tout risque de rupture tant que les ancrages n'ont pas vieilli.

Ceci dit, en cas de rupture de l'un des ancrages (faiblesse particulière ou vieillissement prématuré) susceptibles de se produire notamment lorsque la charge n'est pas équilibrée (fig. 236) ou bien encore, en cas de rupture d'une ganse, le transfert de charge sur le, ou les autres ancrages, s'effectue sans risque de choc (fig. 237).

Fig. 236

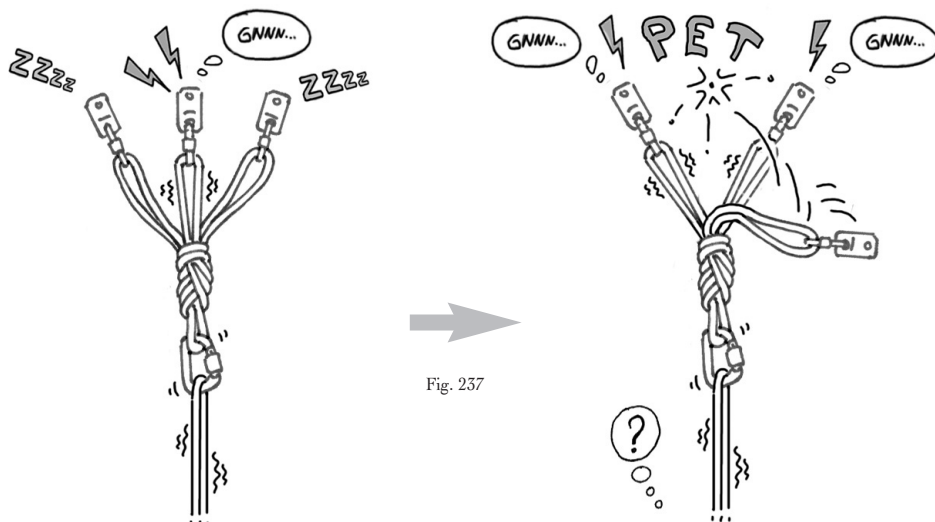
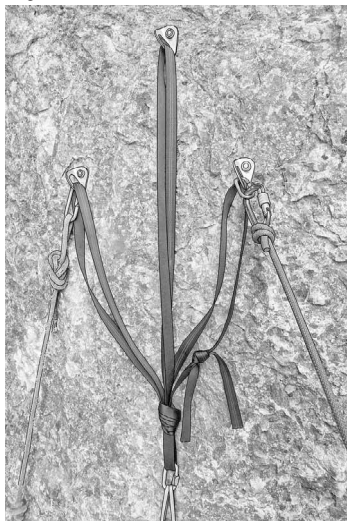


Fig. 237

Ce type d'amarrage est donc particulièrement recommandé dans tous les cas de figure où les risques de choc et de chute de l'utilisateur peuvent être dangereux.

Cette nécessité peut se présenter, par exemple, pour le maintien au-dessus de l'eau d'une tyrolienne (fig. 238) .

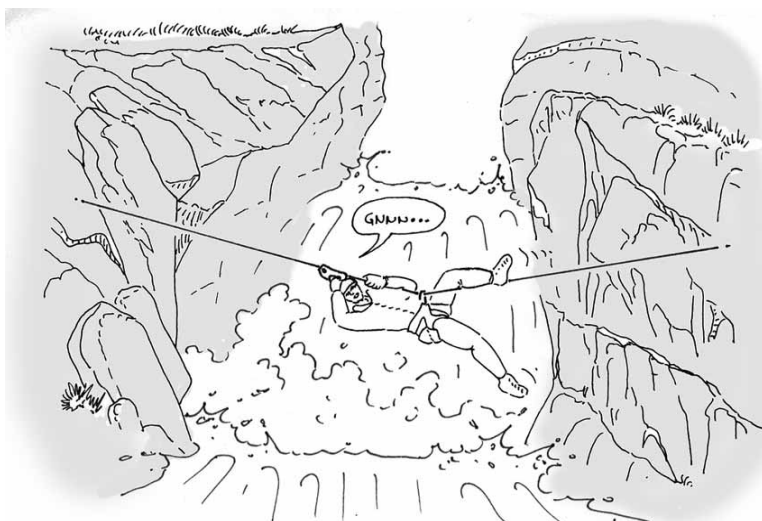


Fig. 238

En effet, dans l'exemple choisi, on peut imaginer que l'utilisation d'un amarrage constitué d'un point d'ancrage principal secondé par un point d'ancrage de secours, ou encore l'emploi d'un amarrage constitué de deux ancrages qui se partagent la charge en équilibre, peuvent s'avérer problématiques (fig. 239) dans la mesure où la rupture d'un ancrage est susceptible de modifier la position de la corde.

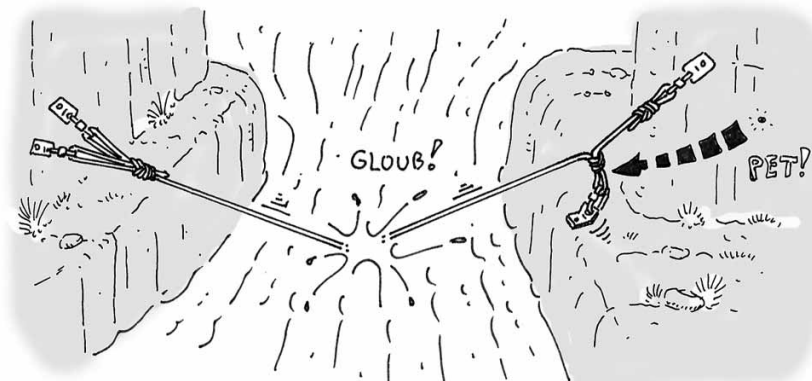


Fig. 239

Deuxième utilisation possible de ce type d'amarrage

En ajustant la longueur de chaque ganse, on peut positionner à sa guise l'axe de la corde ou du maillon par rapport à plusieurs points d'ancrage. Cette particularité est intéressante, notamment lorsqu'on veut positionner l'axe de travail d'un maillon d'attache ou positionner une corde entre deux parois (fig. 240).

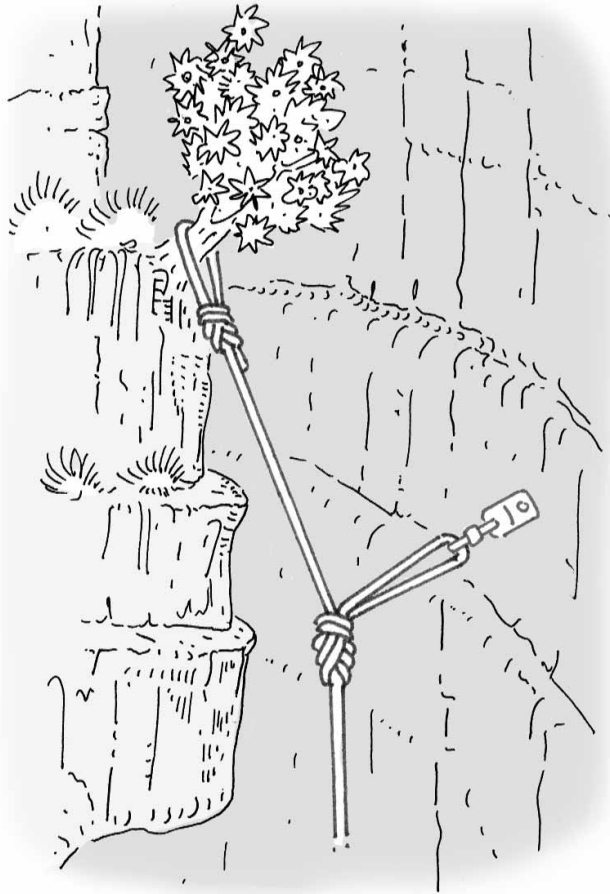
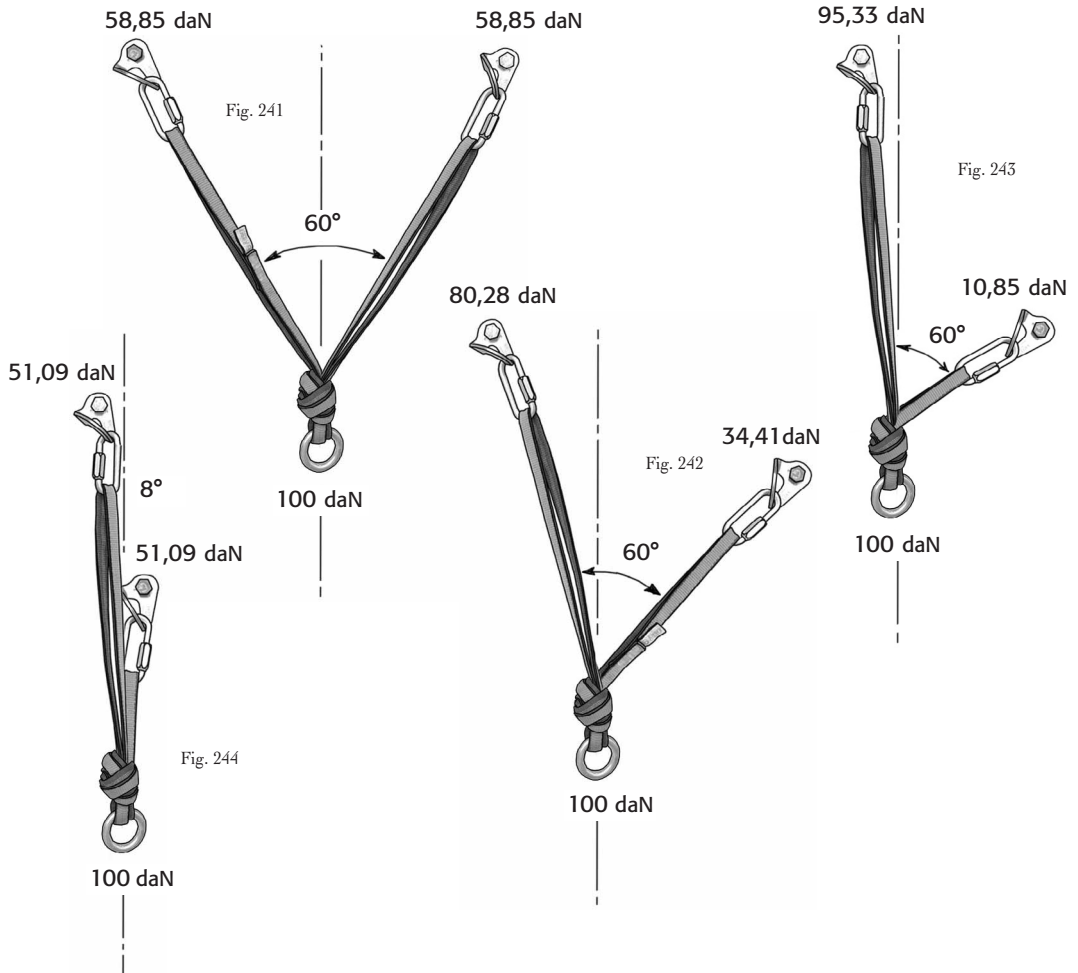


Fig. 240

Dans ce cas, la répartition de la charge sur deux points d'ancrage dépend de la géométrie de l'amarrage (angle d'ouverture et orientation de l'axe de travail). On peut également utiliser (en théorie, bien sûr!) cette configuration d'amarrage pour modifier la charge de l'un des ancrages (fig. 241 à 243). Autre exemple de répartition équilibrée (fig. 244).



TECHNIQUE D'ÉQUIPEMENT

Conception *d'un amarrage*

Configuration n°4 : les amarrages composés d'au moins deux points d'ancrage associés mais non reliés.

Cette configuration s'utilise essentiellement au départ des mains courantes (fig. 245).

On la retrouve également en tête de cascade car c'est une solution qui peut s'avérer économique et bien adaptée lorsque le matériel est exposé aux risques de crue et à la formation de glace (fig. 246 à 249).



Fig. 245

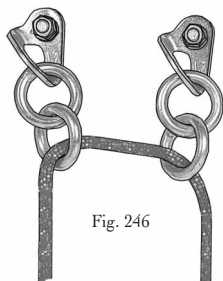


Fig. 246

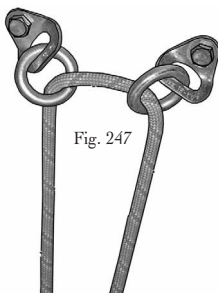


Fig. 247



Fig. 248

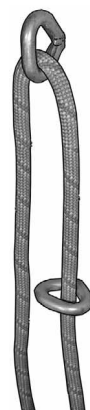


Fig. 249

On retrouve aussi cette configuration en pied de cascade pour l'installation d'une corde guide (fig. 250).

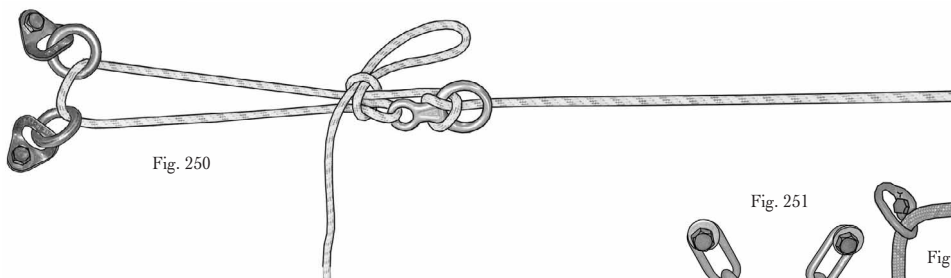


Fig. 250

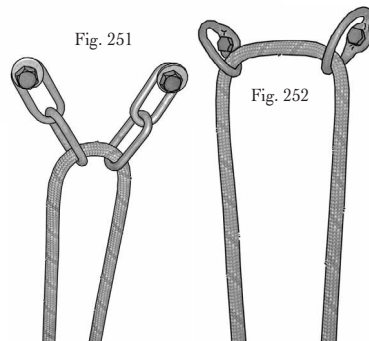
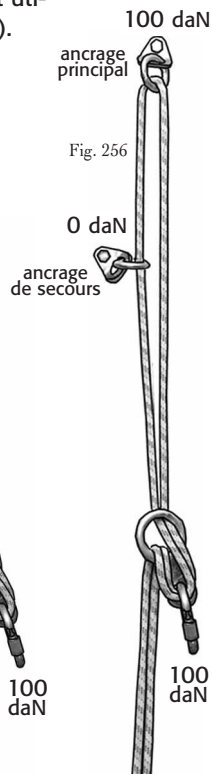
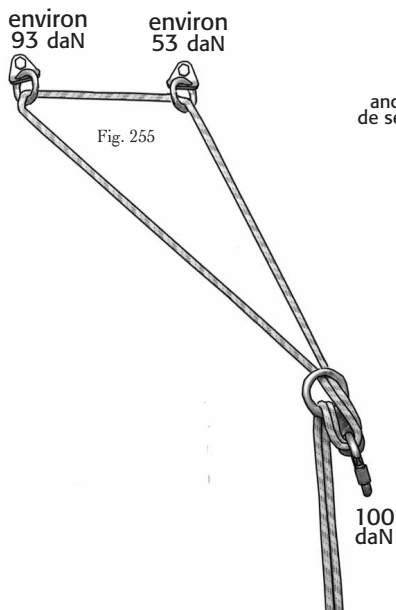
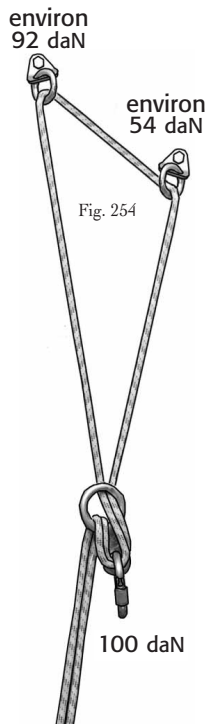
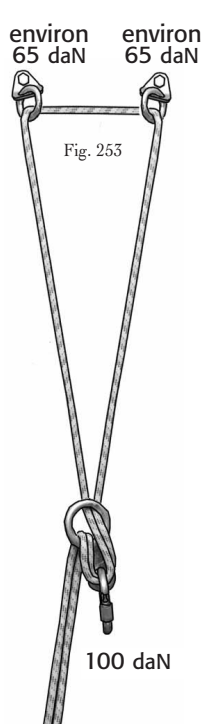


Fig. 251

Fig. 252

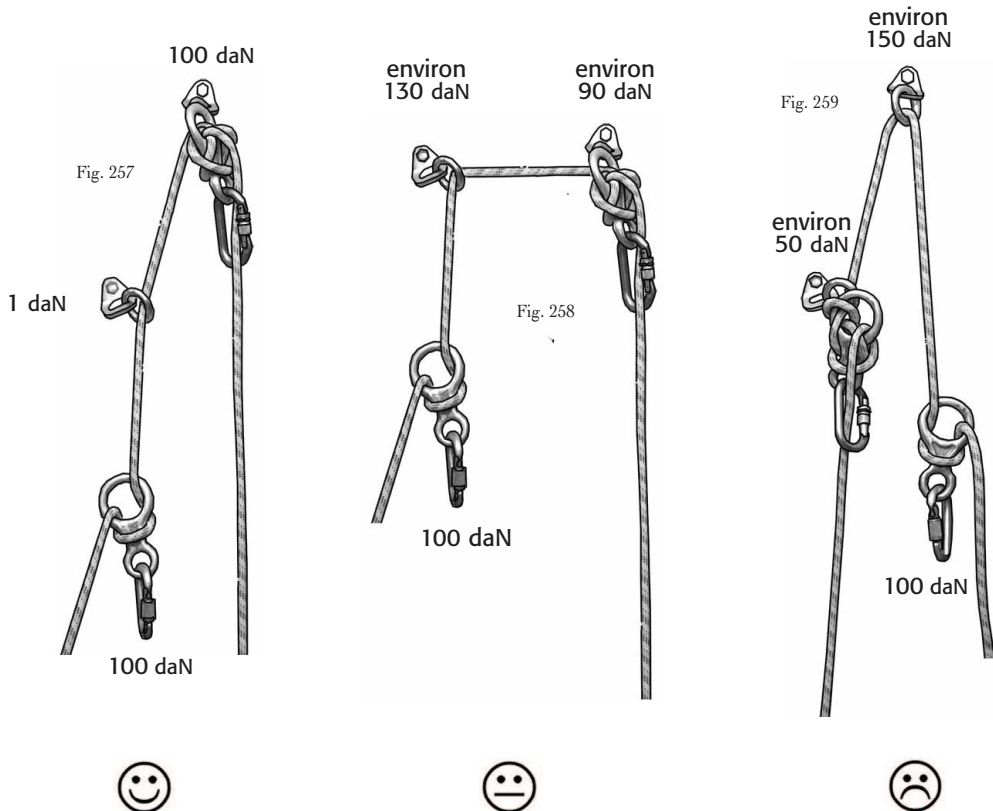
Par ailleurs, les amarrages non reliés sont parfois utilisés en exploration ou en situation de réchappe, car cette configuration permet de réaliser un amarrage de sécurité en l'absence d'anneau de liaison (fig. 251 et 252).

Etude : lorsqu'on utilise une corde en double sur deux ancrages, l'effort supporté par chaque ancrage dépend de leur position respective par rapport à l'axe de traction. Lorsque l'axe de traction est orienté perpendiculairement à l'alignement des ancrages (fig. 253), il y a équilibre des forces sur chaque ancrage. En revanche, il suffit que les ancrages soient décalés ou que l'axe de traction change en cours d'utilisation pour que la répartition des efforts soit modifiée (fig. 254 et 255). Lorsque les ancrages sont disposés (fig. 256) dans l'axe de travail de la corde, la charge est retenue par un seul point (ancrage principal) ; le deuxième, qui n'est pas sollicité, joue le rôle d'ancrage de secours. On se retrouve donc dans la première configuration d'amarrage étudiée page 24. Dans ce cas de figure, l'ancrage principal se trouve au-dessus de l'ancrage de secours. En cas de rupture de l'ancrage principal, l'ancrage de secours supporte un choc d'autant plus important que les ancrages sont espacés, que l'équipier est proche de l'amarrage et que la corde est utilisée en double (capacité d'absorption de la corde réduite).



Utilisation particulière avec un "huit en butée"

Les efforts supportés par l'amarrage dépendent de la position respective de chaque ancrage et du positionnement du descendeur en butée (exemples : fig. 257 à 259). Lorsque les deux ancrages sont superposés et que le point supérieur joue le rôle de renvoi (fig. 259), la corde démultiplie la force exercée sur ce point. Les efforts occasionnés sont alors largement supérieurs à la charge; cette configuration est donc à éviter autant que possible.



En cas de rupture de l'un des deux points d'ancrage, le risque de choc va dépendre de la configuration de l'amarrage et du positionnement du huit en butée (fig. 260 à 262).

Si c'est l'ancrage qui bloque le huit qui cède, peu importe la position des ancrages; c'est la distance qui le sépare de l'ancrage de secours qui définira la gravité du risque de choc. Sachant par ailleurs, qu'avec un huit en butée, la corde étant utilisée en simple, le risque de choc sera deux fois moins important que lorsqu'elle est utilisée en double (fig. 263).

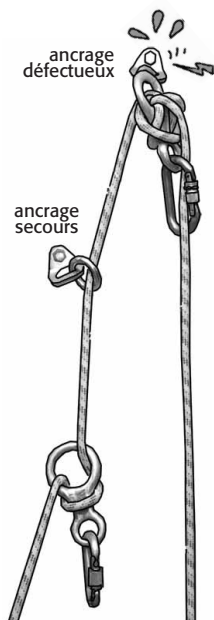


Fig. 260

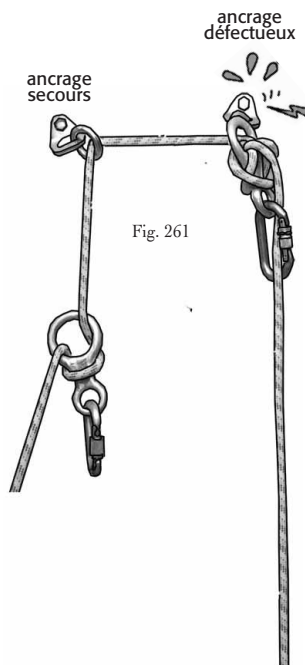


Fig. 261

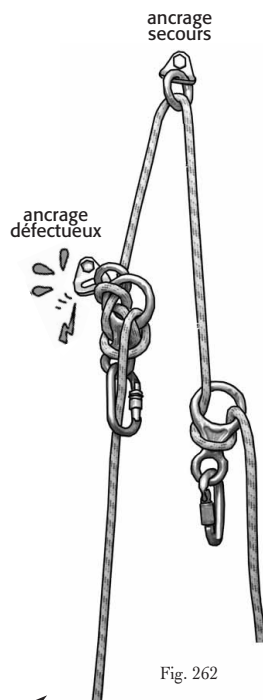


Fig. 262



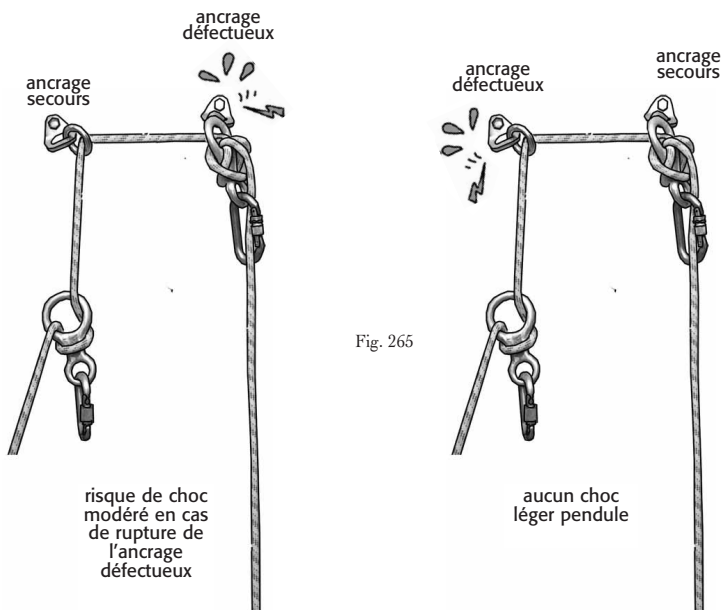
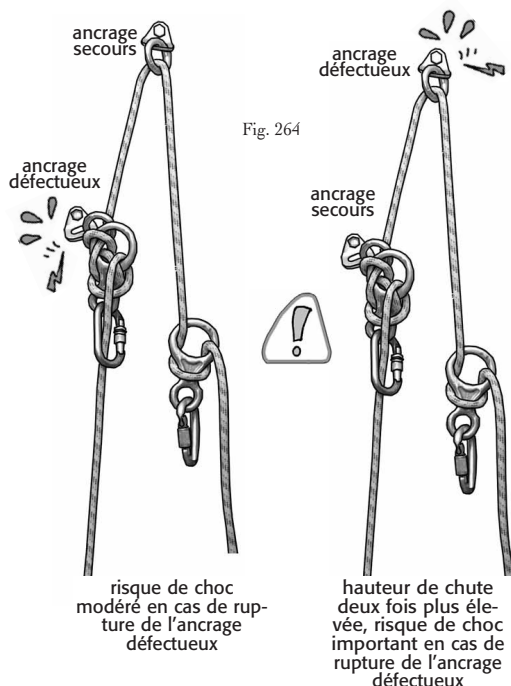
Fig. 263

hauteur de chute
identique, risque de
choc modéré en cas
de rupture de l'ancrage
défectueux

hauteur de chute
identique, mais
amortissement deux
fois moins important
sur corde utilisée en
double

Lorsque les deux ancrages sont superposés et que le point supérieur joue le rôle de renvoi (fig. 264), le risque de choc en cas de rupture de cet ancrage est important car la hauteur de chute est doublée ; raison de plus pour éviter cette configuration.

En revanche, lorsque le point de renvoi est positionné à la même hauteur que l'ancrage principal (fig. 265, la rupture du point de renvoi occasionne un léger mouvement de pendule sans risque le choc.





Remarque : si certains amarrages ne sont pas reliés, c'est surtout pour réduire leur vulnérabilité face au risque de crue, ou encore par souci d'économie. Cependant, la plupart du temps, ces amarrages sont reliés momentanément par les pratiquants au moyen d'un anneau de sangle. Dès lors, ils s'apparentent à l'une des autres configurations d'amarrages étudiées précédemment dans ce cahier (fig. 266 à 270).

Voir également utilisation des amarrages non reliés cahier n°9 page 73

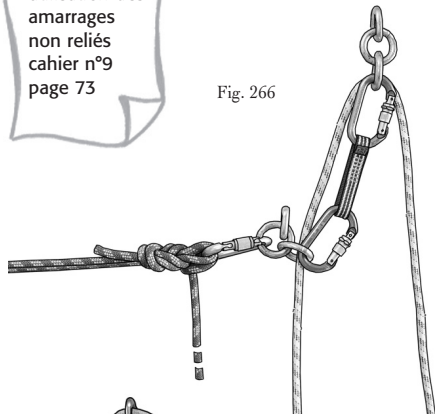


Fig. 266

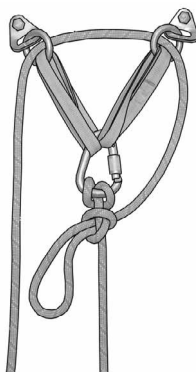


Fig. 267

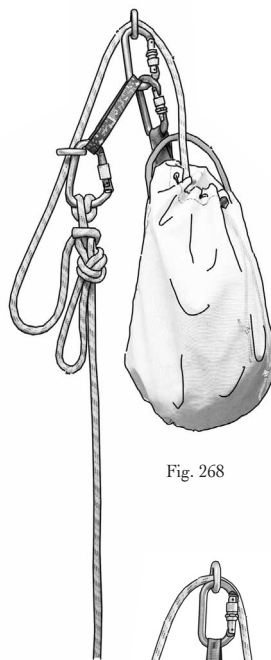


Fig. 268

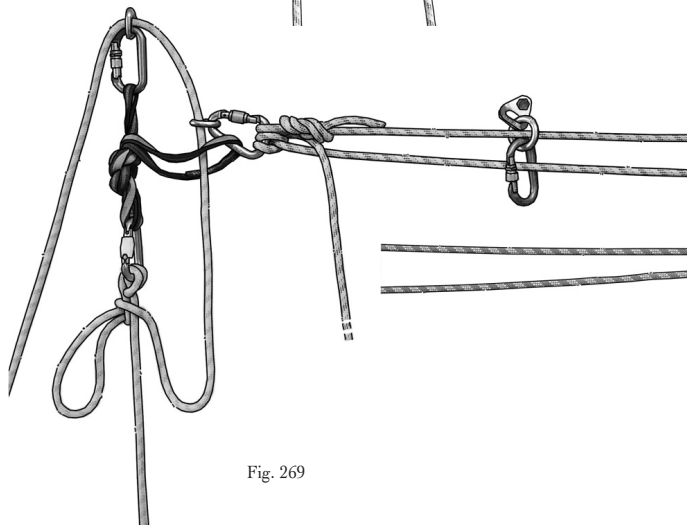


Fig. 269

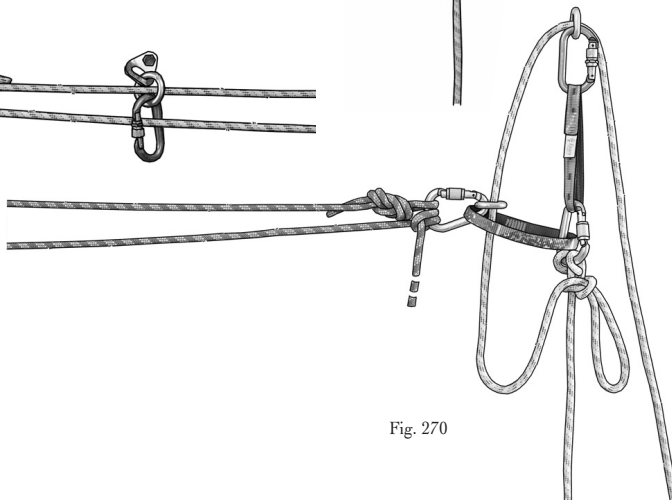


Fig. 270

Deuxième partie

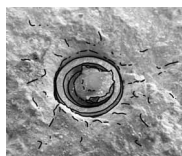
**Les risques liés
aux ruptures
d'ancrages**

TECHNIQUE D'ÉQUIPEMENT

Conception *d'un amarrage*

LES RISQUES LIÉS AUX RUPTURES D'ANCRAGE

Fig. 271



rupture d'une vis
de plaquette

La rupture d'un ancrage (exemple fig. 271) peut avoir des conséquences plus ou moins graves :

- pour l'utilisateur : déséquilibre, choc contre la paroi lors d'une manoeuvre de descente, perte de contrôle du descendeur susceptible d'occasionner une chute ;
- pour l'amarrage : choc violent sur le matériel et notamment sur l'ancrage de secours.

Elle peut survenir à la suite d'un choc anormal (une chute par exemple), ou bien à la suite d'un effort trop important aux vues des caractéristiques de l'amarrage (mauvaise conception par exemple), ou encore en raison de sa résistance insuffisante (ancrages vétustes ou inadaptés).

Ce risque est à prendre d'autant plus au sérieux que la qualité de l'amarrage (fig. 272 à 274) est médiocre (roche fragile, ancrage de faible résistance, vétuste, corrodé ou ayant pris du jeu) que sa réalisation n'est pas parfaite (ancrages qui travaillent dans de mauvaises conditions, anneaux de liaison usés). A l'inverse, le risque de rupture d'un ancrage est d'autant moins probable et problématique que l'équipement est du type permanent (canyon classé site sportif) et qu'il est régulièrement vérifié et entretenu (fig. 275).

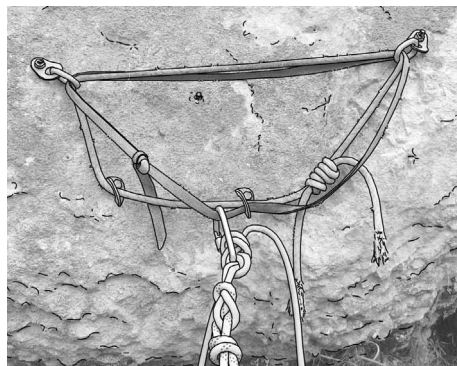
Fig. 272



amarrage type terrain
d'aventure

Si la plupart des canyons disposent d'un équipement de bonne qualité, il n'en demeure pas moins utile d'aborder le sujet, afin d'être vigilant et à même d'anticiper les problèmes liés aux ruptures d'ancrage, pour le jour où la situation le nécessite.

Fig. 273



amarrage type terrain d'aventure



Fig. 274 amarrage bizarre

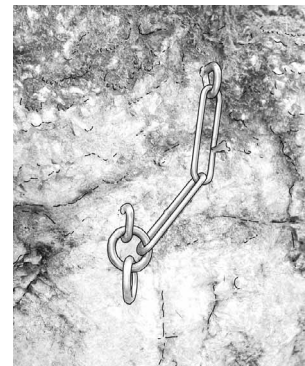


Fig. 275

amarrage type permanent

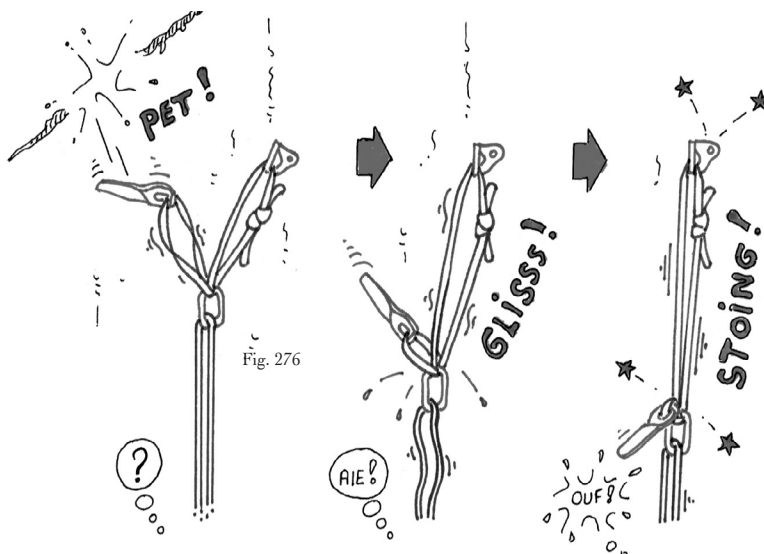
La gravité des risques en cas de rupture d'un ancrage va dépendre de :

- l'amplitude du déplacement de la charge avant interception ;
- la capacité d'amortissement du matériel lors de l'interception ;
- l'amplitude du mouvement pendulaire.

L'amplitude du déplacement de la charge

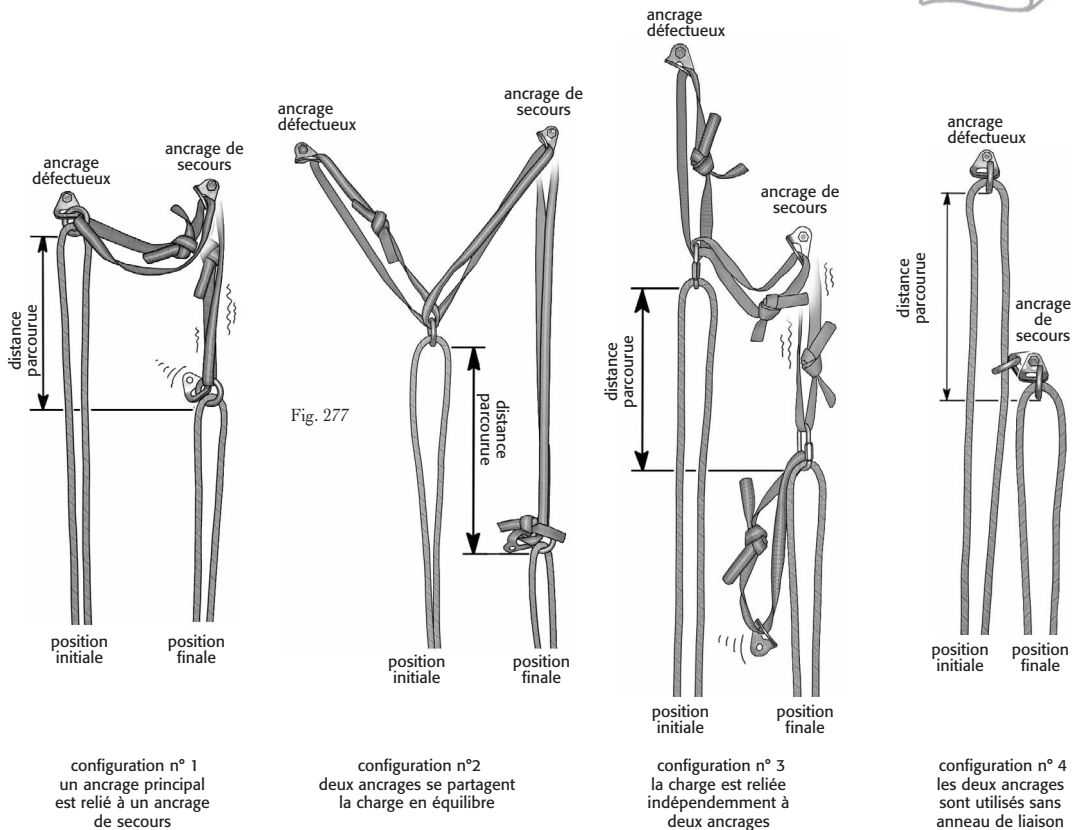
C'est la distance parcourue par la charge (constituée par le ou les équipiers) depuis l'instant où la rupture d'un ancrage provoque sa libération, jusqu'au moment où elle est interceptée par un autre ancrage. Le plus souvent, elle correspond tout simplement à la hauteur de la chute de l'équipier suspendu à l'amarrage (fig. 276).

La notion de hauteur de la chute est bien souvent un facteur déterminant. Plus elle est importante, plus le risque de choc est susceptible de l'être aussi. Toutefois, même si elle se traduit inexorablement par la chute d'un ou de plusieurs équipiers (qui constituent la charge), le risque de choc au niveau d'un amarrage, en cas de rupture d'un ancrage, existe quelle que soit la direction dans laquelle il travaille. Ce n'est donc pas forcément du haut vers le bas par exemple pour une tyrolienne, un rappel guidé ou une main courante. Dès que la hauteur de la chute devient conséquente (plusieurs dizaines de cm) le risque de choc va s'accroître rapidement et devenir dangereux.



Compte tenu des innombrables cas de figure qu'il est possible de rencontrer, le déplacement de la charge en cas de rupture d'un ancrage, peut se produire, en théorie, avec les quatre types de configurations présentées dans la première partie de ce cahier. Ce n'est qu'une question d'utilisation ou de disposition du matériel (exemple fig. 227)

voir également les différentes configurations d'amarrage page : 25



Comme on peut le voir sur chaque exemple la rupture de l'ancrage défectueux provoque la chute, plus ou moins grave, de l'équipier suspendu à l'amarrage. Le déplacement de la charge est matérialisé par la distance parcourue ; elle correspond à la hauteur de la chute de l'équipier suspendu, depuis sa position initiale, jusqu'à sa position finale.

Concrètement, lors de la réalisation d'un amarrage de type terrain d'aventure, on est souvent tributaire des possibilités offertes par le terrain et on ne peut pas toujours positionner les ancrages à sa guise. Cependant, on dispose d'une multitude de solutions pour ensuite confectionner l'amarrage. La disposition de l'anneau de liaison, le choix et l'emplacement des noeuds sont autant de détails importants en vue de concilier les caractéristiques souhaitées pour l'amarrage, avec la prévention du risque de choc. Parfois, il suffit de changer légèrement la fabrication d'un amarrage pour modifier complètement son comportement (Exemple fig. 278 à 283).

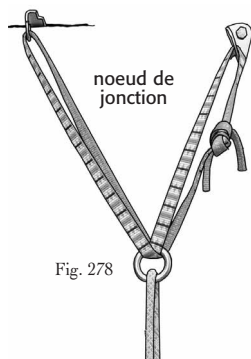


Fig. 278

un seul anneau fermé par un noeud de jonction simple : équilibrage permanent, quel que soit l'axe de traction, mais risque de choc important en cas de rupture de l'un des ancrages

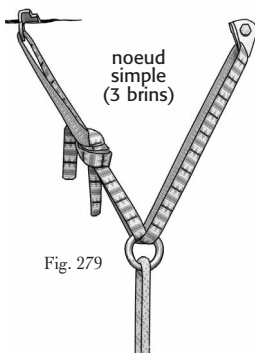


Fig. 279

un seul anneau fermé par un noeud de jonction qui réduit la taille de la ganse fixée au piton : réduction du risque de choc en cas de rupture du piton uniquement, mais aussi réduction de la capacité d'équilibrage lorsque l'axe de traction s'écarte vers la gauche.

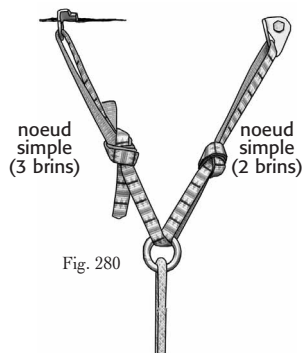


Fig. 280

un seul anneau comportant un noeud simple sur chaque ganse qui réduit leur taille : réduction du risque de choc en cas de rupture du piton ou du Spit, mais aussi réduction de la capacité d'équilibrage, lorsque l'axe de traction s'écarte vers la gauche et la droite

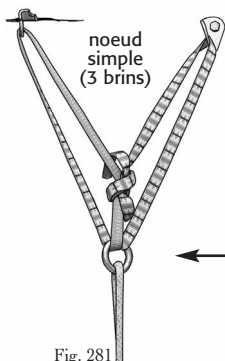


Fig. 281

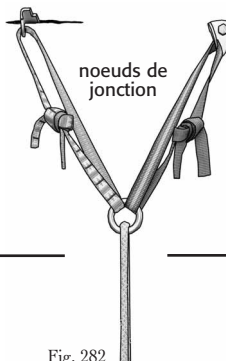


Fig. 282

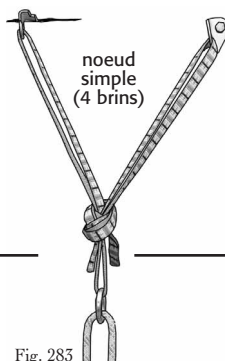
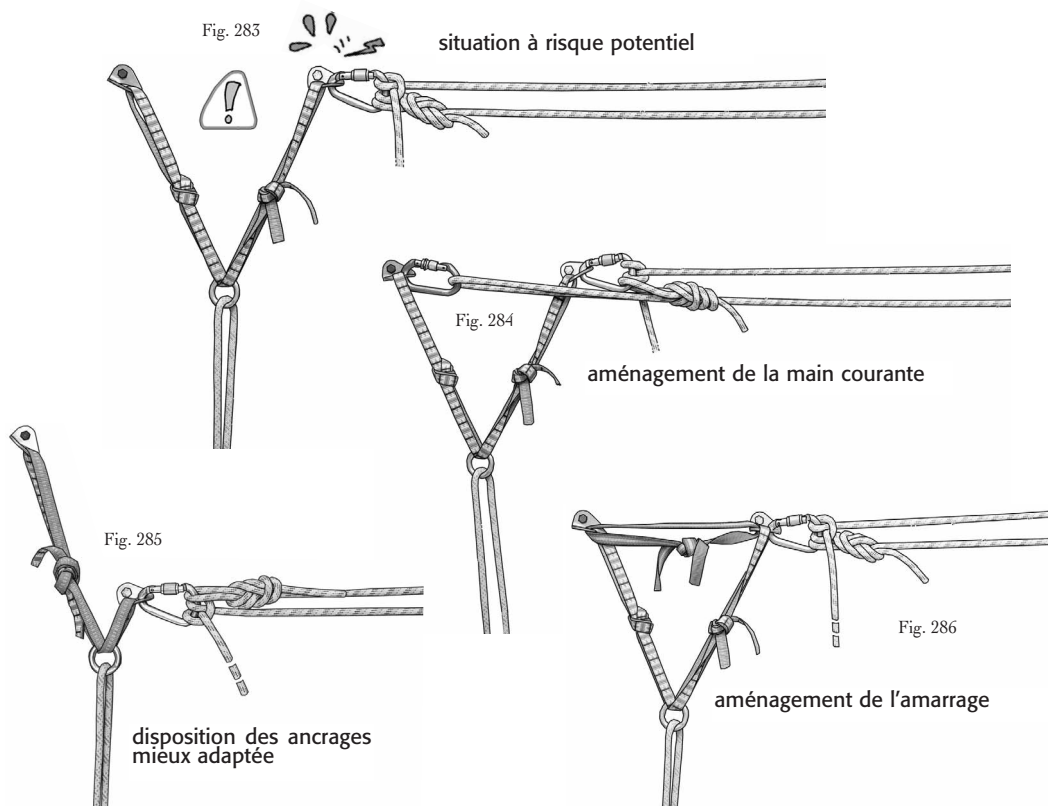


Fig. 283

ganses indépendantes obtenues avec un ou deux anneaux : aucun risque de choc en cas de rupture de l'un des ancrages, mais équilibrage limité à un seul axe de traction

Parmi les situations susceptibles d'occasionner un risque de choc en cas de rupture d'un ancrage, on peut également citer :

- certaines configurations d'amarrages en «V» servant à la fois d'amarrages de descente et de fin de main-courante (fig. 283). Dans ce cas de figure, l'ancrage de fin de main courante est d'autant plus sollicité qu'il est susceptible de supporter une personne qui stationne à l'amarrage, celle qui utilise la corde de descente et une ou plusieurs autres suspendues sur la main-courante (lorsqu'il n'est pas possible de prendre appui sur les pieds). Cette configuration d'amarrage présente un risque de choc important en cas de rupture de l'ancrage principal de la main courante. Plusieurs solutions permettent d'améliorer cette situation (exemples fig. 284 à 286).



- le risque de choc peut être consécutif à une mauvaise utilisation de l'amarrage lorsque sa configuration (en terrain d'aventure notamment) est confuse, (présente plusieurs tronçons de chaîne) et ne permet pas d'identifier facilement le maillon de rappel (fig. 287).

Les situations à risques ne sont pas toujours visibles car, parfois, l'amarrage (dans les canyons qui n'ont pas fait l'objet d'un équipement du type permanent), a vieilli et a été "rafistolé" à plusieurs reprises (souvent à la suite de ruptures d'ancrage, comme en témoignent fréquemment les traces d'anciens ancrages arrachés ou cassés). Ces équipements vétustes peuvent comporter de nombreux ancrages éparpillés, parfois distants les uns des autres, et un enchevêtrement d'anneaux de liaison fait de cordes et de sangles nouées de façon anarchique. Souvent, ces anneaux, plus pourris les uns que les autres, augmentent de volume avec les années (fig. 288) et ne permettent pas d'analyser le comportement de l'amarrage au premier coup d'oeil, ni d'en déterminer le degré de fiabilité. En présence d'amarrages vétustes, le danger peut donc venir d'une modification sournoise, car peu visible, de la configuration de l'amarrage avec le temps, susceptible d'occasionner un risque de choc en cas de rupture d'un ancrage. Risque d'autant plus sérieux que le matériel a vieilli.

Fig. 287

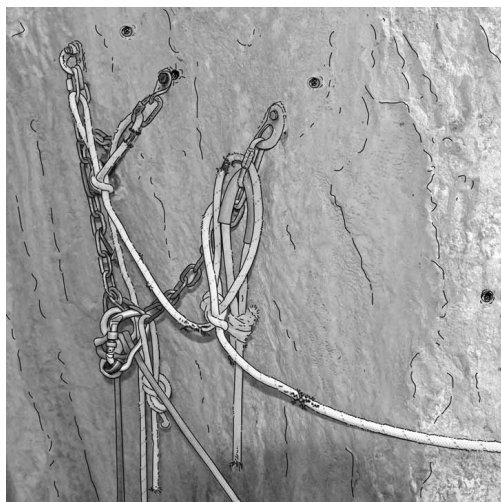


Fig. 288



- aggravation du risque de choc consécutif à une modification du rôle des ancrages. Cette situation peut se produire lorsque, pour gagner du temps notamment, ou encore pour pouvoir intervenir ou visualiser le parcours de descente, on place une deuxième corde de descente, ailleurs que sur le maillon de rappel, à l'endroit où cela semble le plus commode, et que l'on n'a pas conscience du risque. Exemple (fig. 289). Ce risque de choc peut se produire d'autant plus facilement que la conception de l'amarrage est inhabituelle ou pas très lisible.

- aggravation du risque de choc par négligence ou inadvertance lorsqu'il y a plusieurs façons d'utiliser un amarrage, et que l'on ne prend pas le soin d'analyser la situation. Exemple (fig. 290);

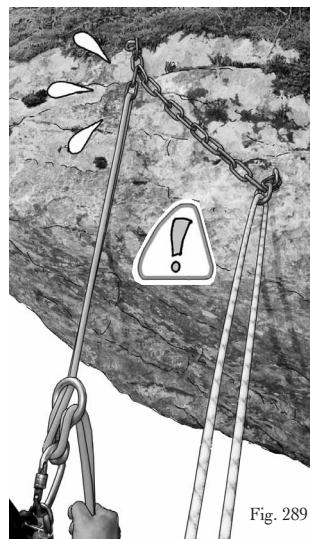
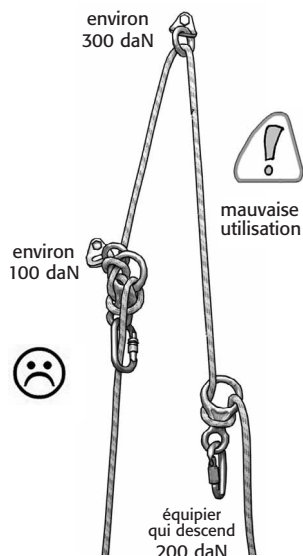
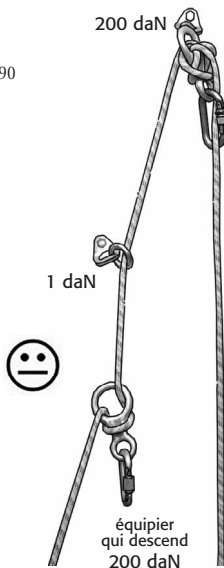


Fig. 289

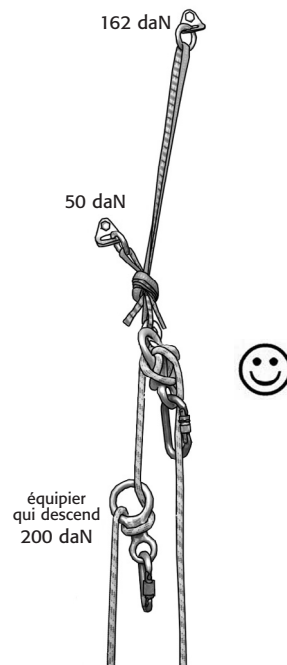


l'ancrage du haut supporte un effort nettement supérieur à la charge. En cas de rupture de cet ancrage, la hauteur de chute correspond au double de la distance qui sépare les ancrages.

Fig. 290



c'est mieux; l'ancrage du haut supporte un effort équivalent à la charge. En cas de rupture de cet ancrage, la hauteur de chute correspond à la distance qui sépare les ancrages.



c'est encore mieux, il n'y a plus de risque

La capacité d'amortissement du matériel

Lorsque la charge est stoppée dans sa chute, l'effort maximum enregistré est appelé force maximale d'interception. Plus l'arrêt est brutal, plus les efforts seront importants alors qu'au contraire, plus l'arrêt est progressif et moins il sera violent. La capacité d'amortissement (élasticité) du matériel qui relie les deux points d'ancrage est un élément à prendre en compte. Au niveau de l'amarrage, cette faculté d'amortissement existe lorsqu'on utilise de la corde dynamique ; elle est plus réduite lorsque la corde est statique et dans tous les cas, toutes proportions gardées, elle est deux fois moins importante quand la corde est utilisée en double (anneau). A noter que les noeuds contribuent à amortir le choc. La capacité d'amortissement est extrêmement réduite avec des anneaux de sangle et nulle lorsque les ancrages sont reliés avec de la cordelette Dyneema, kevlar ou un tronçon de chaîne (fig. 291).

voir
également
force choc
cahier n°6
page : 13

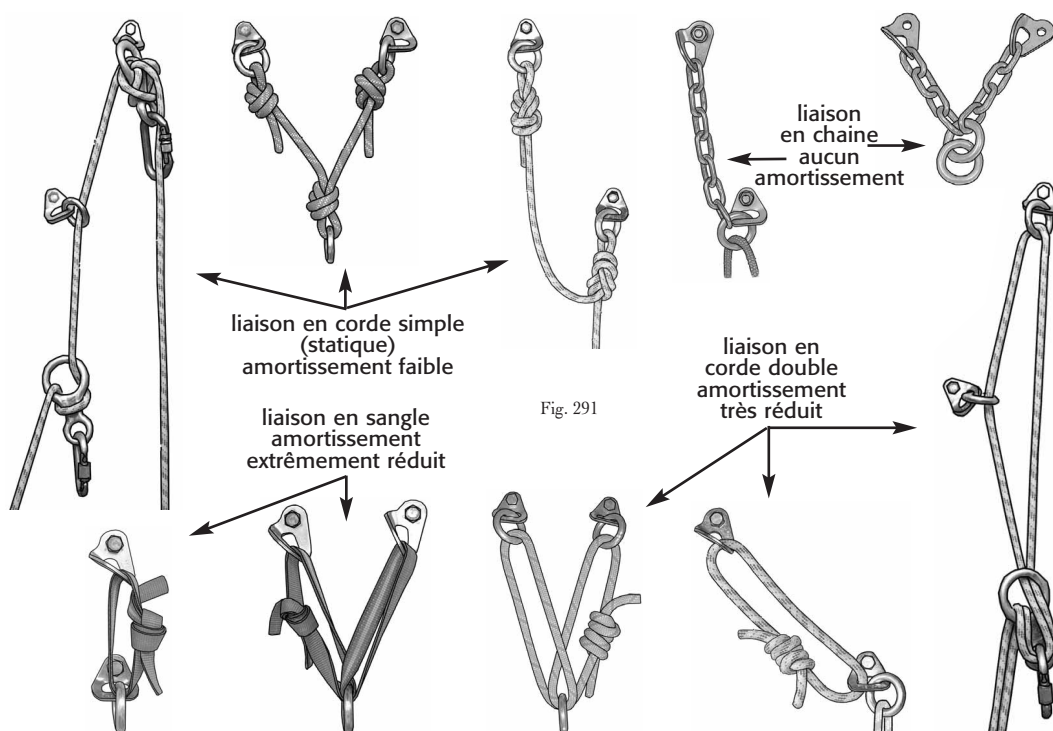


Fig. 291

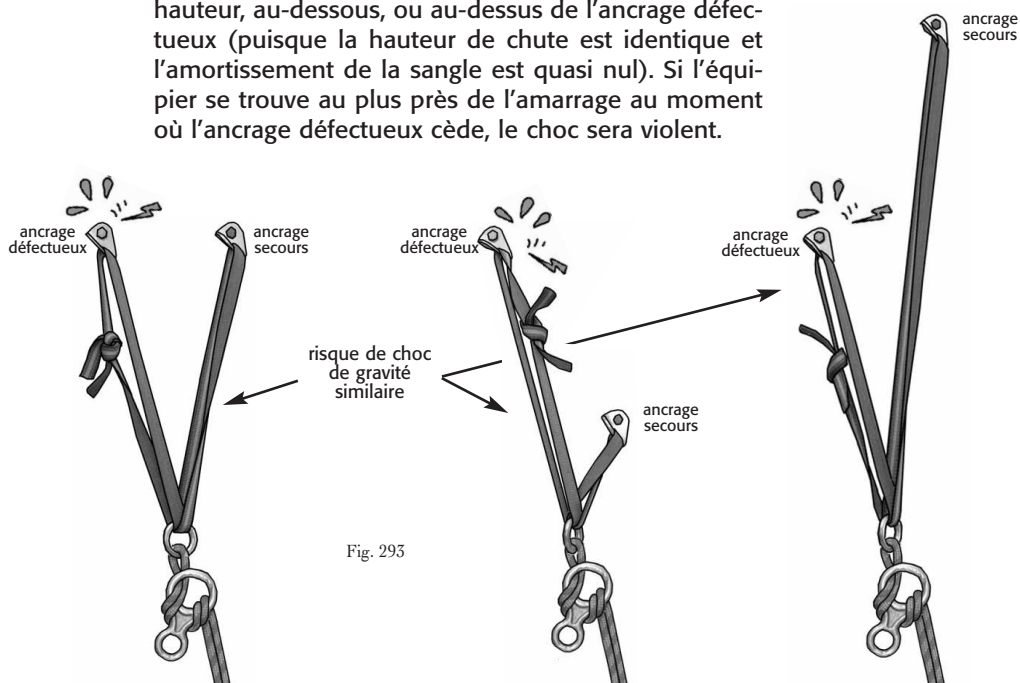


Remarque : l'équilibrage brutal de l'anneau de liaison en cas de rupture d'un ancrage (amarrage qui se partage la charge en équilibre) peut (fig. 292) occasionner un choc violent des pièces métalliques entre elles (comme un piton sur un mousqueton par exemple). Ce choc est susceptible de provoquer des dégâts importants sur le connecteur.



A défaut de capacité d'amortissement du lien qui relie les deux ancrages, et en l'absence de mouvement pendulaire, c'est la hauteur de la chute qui détermine la violence du choc en cas de rupture d'un ancrage. Peu importe la longueur du lien ou la position respective des ancrages. Plus cette hauteur est grande et plus le choc sera violent, en raison de l'augmentation de l'énergie cinétique; il n'y a donc pas de notion de facteur de chute.

Exemple (fig. 293) le risque de choc, en cas de rupture de l'ancrage défectueux, est de même gravité, malgré le fait que l'ancrage de secours soit placé à la même hauteur, au-dessous, ou au-dessus de l'ancrage défectueux (puisque la hauteur de chute est identique et l'amortissement de la sangle est quasi nul). Si l'équipier se trouve au plus près de l'amarrage au moment où l'ancrage défectueux cède, le choc sera violent.



Cela dit, dans la pratique, en cas de rupture d'un ancrage, même s'ils sont reliés avec de la chaîne, les hauteurs de chute sont le plus souvent modérées et le choc sera toujours amorti. En effet, l'utilisateur n'est jamais directement en poids sur l'amarrage et ne s'apparente pas non plus à une lest rigide de laboratoire. Il est soit suspendu sur une longe, soit suspendu sur la corde fixée à l'amarrage. Les longes (plus particulièrement celles réalisées avec de la corde dynamique nouée) ainsi que les cordes ayant toutes un coefficient d'élasticité, contribuent à amortir le choc. Plus la longueur de corde qui sépare l'utilisateur de l'amarrage est importante, plus le choc sera amorti. Une corde (fig. 294) utilisée en simple s'allongera plus facilement et amortira mieux le choc que la même corde utilisée en double (fig. 295). À noter également que l'ensemble du matériel personnel qui supporte l'utilisateur (baudrier, fusible), le glissement éventuel de la corde dans le descendeur ainsi que la compression de la masse musculaire de l'utilisateur contribuent aussi à amortir en grande partie le choc.

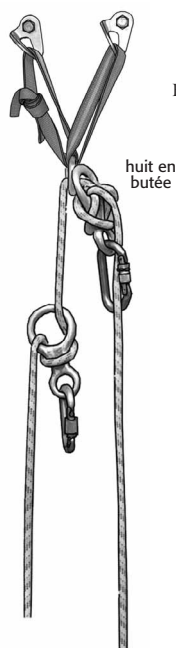
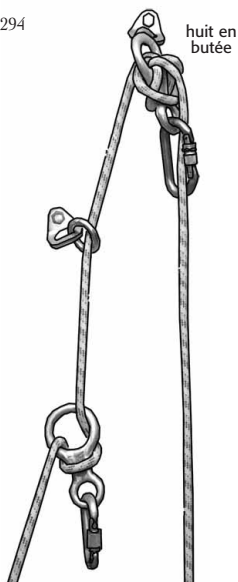


Fig. 294



corde utilisée en simple

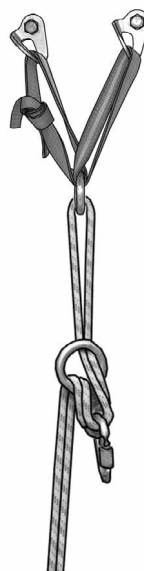


Fig. 295



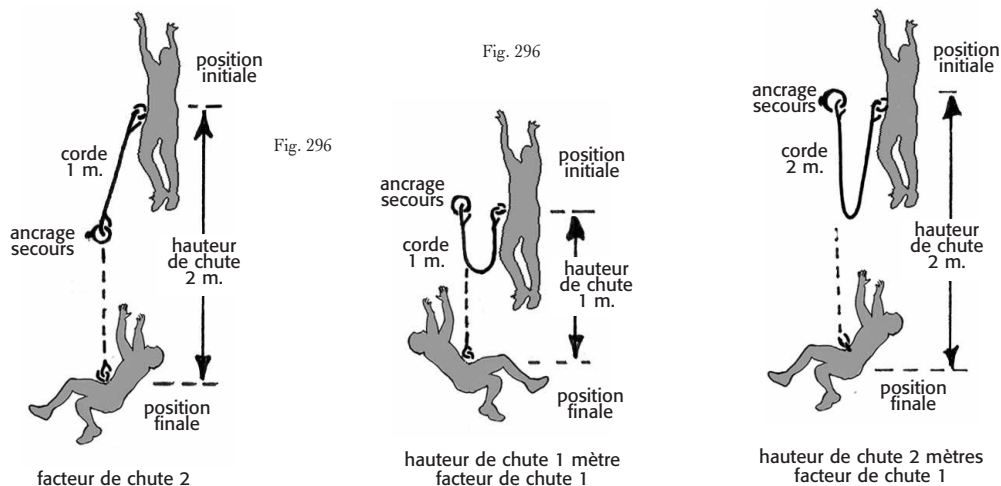
corde utilisée en double

voir
également
facteur
de chute
cahier n°6
page : 13

La notion de facteur de chute : très présente, en escalade notamment, elle est utilisée pour déterminer (en partie) la gravité d'une chute d'un équipier relié à un ancrage par une corde, et pour évaluer la force maximale d'interception.

Le facteur de chute correspond au rapport de la hauteur de la chute d'une personne, divisée par la longueur de la corde qui le relie à l'ancrage de secours. Un facteur de chute 0 indique l'absence de chute. Il atteint 1 lorsque la hauteur de la chute est équivalente à la longueur du lien qui relie l'équipier à l'ancrage de secours et 2 lorsque la hauteur de la chute est deux fois plus importante que la longueur du lien qui le relie à l'ancrage.

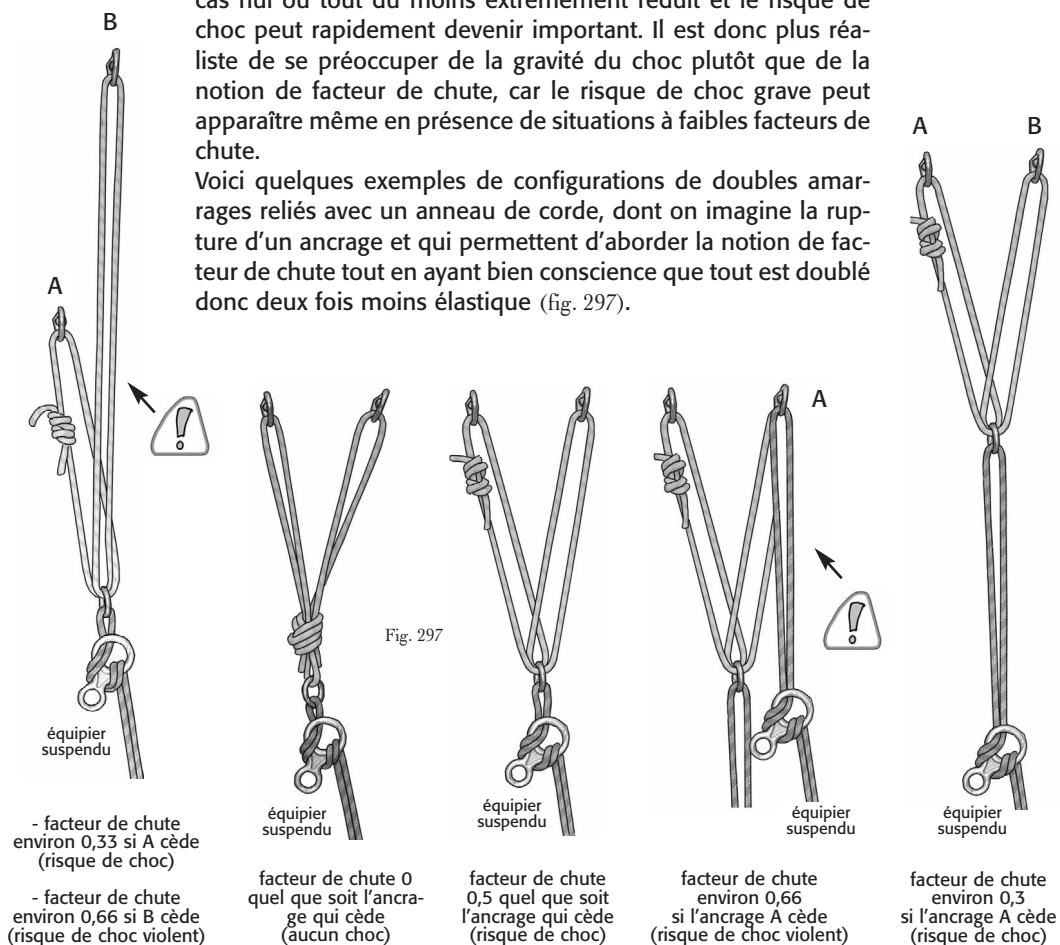
Pour une corde donnée, plus le facteur de chute est élevé, et plus la force maximale d'interception, au moment où l'équipier sera stoppé dans sa chute, sera élevée. En revanche, à facteur de chute équivalent, (abstraction faite des autres éléments qui contribuent à amortir le choc), la violence du choc sera quasiment identique quelle que soit la hauteur de chute. En effet, si l'énergie cinétique augmente avec la hauteur de chute, la capacité d'amortissement, ainsi que la durée d'interception de la charge, augmentent dans les mêmes proportions, puisque la longueur de la corde augmente aussi (fig. 296).



Cependant, la notion de facteur de chute n'a de sens que dans la mesure où la chute se produit à la verticale de l'ancrage de secours et que le lien qui relie l'équipier à l'ancrage de secours est en partie élastique.

En effet, si la chute ne se produit pas à la verticale de l'ancrage de secours, une partie de l'énergie cinétique est convertie en mouvement pendulaire. De même, si le lien n'est pas élastique, il n'y a plus d'amortissement possible, et c'est la hauteur de chute qui détermine en grande partie la gravité du choc. Dans le cadre des risques liés aux ruptures d'ancrage, la notion de facteur de chute est un des éléments qui permettent d'appréhender en partie le risque de choc. Cependant, en canyon, les ancrages sont reliés soit avec de la chaîne, des anneaux de sangle ou des anneaux de corde - le plus souvent statiques - si bien que l'amortissement, au niveau de l'amarrage, est dans ce cas nul ou tout du moins extrêmement réduit et le risque de choc peut rapidement devenir important. Il est donc plus réaliste de se préoccuper de la gravité du choc plutôt que de la notion de facteur de chute, car le risque de choc grave peut apparaître même en présence de situations à faibles facteurs de chute.

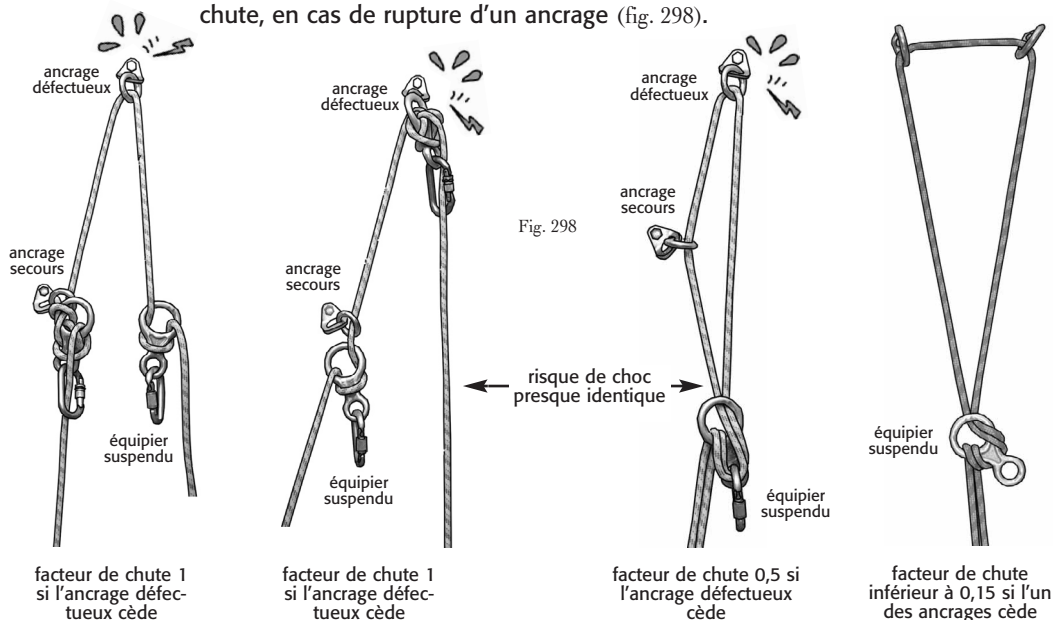
Voici quelques exemples de configurations de doubles amarres reliés avec un anneau de corde, dont on imagine la rupture d'un ancrage et qui permettent d'aborder la notion de facteur de chute tout en ayant bien conscience que tout est doublé donc deux fois moins élastique (fig. 297).



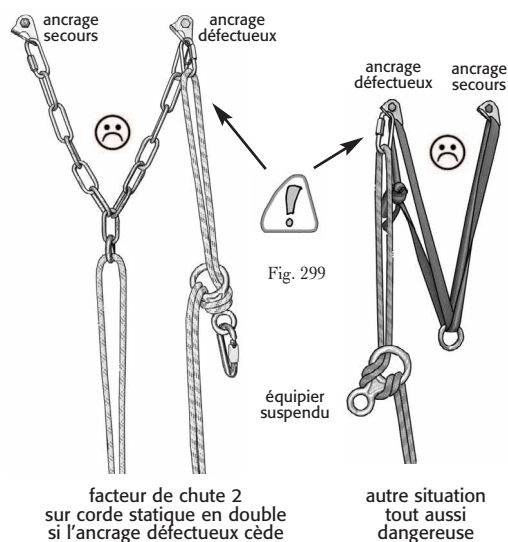
TECHNIQUE D'ÉQUIPEMENT

Conception d'un amarrage

Autres exemples de configurations d'amarrage où la corde de progression fait office d'anneau de liaison entre les points d'ancrage, et où il est possible d'aborder la notion de facteur de chute, en cas de rupture d'un ancrage (fig. 298).



Attention : une mauvaise utilisation d'un amarrage (fig. 299) peut, dans certains cas, occasionner un risque de choc important malgré le fait que l'on soit suspendu sous les ancrages. Dans ce cas de figure, le choc sera d'autant plus violent que la corde est utilisée en double et que l'équipier se trouve à proximité de l'amarrage. Le choc peut être dangereux (perte de contrôle du descendeur) voire même traumatisant pour le dos de l'utilisateur.



Indépendamment du risque lié à la rupture d'un ancrage, le risque de choc doit également être pris en compte, dès lors qu'un équipier relié à un amarrage par le biais d'une corde ou d'une longe, risque de chuter. C'est le cas notamment lorsqu'on équipe une échappatoire vers le haut en vue de quitter le canyon par les berges, lorsqu'on équipe une main courante ascendante ou tout simplement lorsqu'on stationne sur une longe à hauteur ou au-dessus d'un ancrage. Les cordes semi-statiques utilisées pour la descente de canyon et les équipements en fixe, ont des valeurs d'allongement sous charge réduites, comprises entre 2% et 5% ; ceci afin de minimiser les conséquences des frottements et augmenter le confort d'utilisation. Les cordes semi-statiques ne sont pas conçues pour amortir les chutes de facteur supérieur à 1.



Astuce : la présence de plusieurs noeuds (noeud de vache ou noeud de papillon), modérément serrés, permet à une corde statique (fig. 300) d'enrayer une chute en facteur 2 avec une force maximale d'interception équivalente à celle d'une corde dynamique. Ce principe est également transposable sur un amarrage constitué d'un ancrage principal secondé par un ancrage de secours.

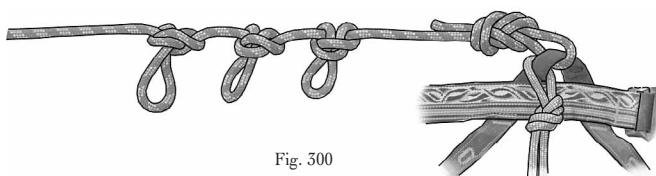
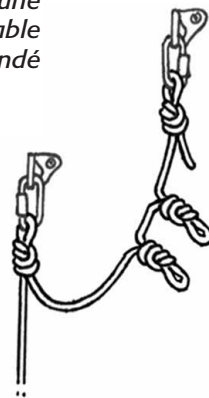


Fig. 300



Concernant le risque de choc consécutif à une chute sur longe (en corde dynamique de diamètre 9,5 à 10,5 mm), on doit (en principe) s'interdire tout risque de chute de facteur supérieur à 1. A savoir que, dans le cas d'une chute de faible hauteur, sur longe courte par exemple, le corps humain contribue en grande partie à amortir le choc.

Une chute de facteur un d'un équipier de 80 kg relié à un amarrage par une longe réalisée en corde dynamique nouée, occasionne une force choc d'environ 390 daN contre 570 daN si on le remplace par une masse rigide.

La capacité d'amortissement du choc dépend aussi en grande partie de la conception de la longe. Sachant que les noeuds jouent un rôle important (surtout lors du premier choc), on trouve, dans l'ordre croissant d'efficacité en matière d'amorti, en cas de choc :

- les doubles longes statiques manufacturées en sangles cousues (fig. 301) disposant d'une couture prévue pour se déchirer en cas de choc important ;
- les longes de corde dynamiques, manufacturées, cousues aux extrémités et au niveau du point d'attache (fig. 302) ;
- les longes de corde dynamiques, manufacturées, cousues aux extrémités et reliées au pontet avec un noeud (fig. 303) ;
- les longes réalisées en cordes dynamiques (fig. 304) entièrement nouées.

Les longes réalisées en corde statique (fig. 305) ou, pire, au moyen d'un anneau de sangle (fig. 306) sont bien évidemment à proscrire.



Fig. 301



Fig. 302



Fig. 303

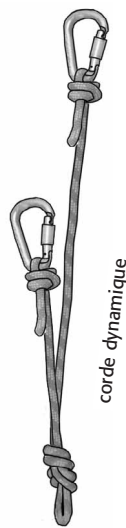


Fig. 304

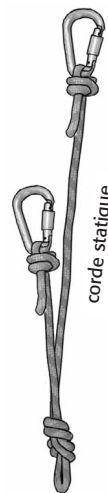


Fig. 305



Fig. 306





Remarques : toutes les pièces métalliques telles que les connecteurs (maillons à vis utilisés parfois pour fixer les longes sur les baudriers, mousquetons de longe), ou encore boucle métallique utilisée sur certains baudriers ainsi que les maillons de chaîne des relais, sont susceptibles d'accroître le facteur de chute. Ces pièces métalliques contribuent à augmenter la hauteur de chute sans pour autant en amortir le choc. C'est pire lorsque ces parties métalliques (fig. 307 et 308) changent d'orientation au cours de la chute (boucle du baudrier orientée vers le bas, mousqueton orienté vers le haut, etc...) car elles augmentent encore plus la hauteur de chute. Le facteur de chute réel peut alors devenir beaucoup plus important que le facteur de chute visuel. C'est également le cas si on utilise une sangle pour rallonger une longe (fig. 309).

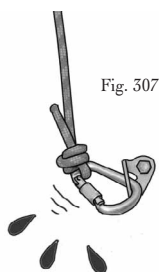


Fig. 307

le changement d'orientation du mousqueton d'attache, par exemple, aggrave encore plus le facteur de chute

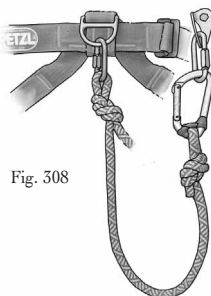


Fig. 308

facteur de chute visuel : 1
facteur de chute réel : 1,4

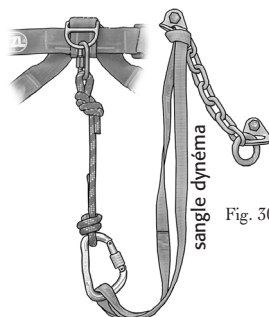
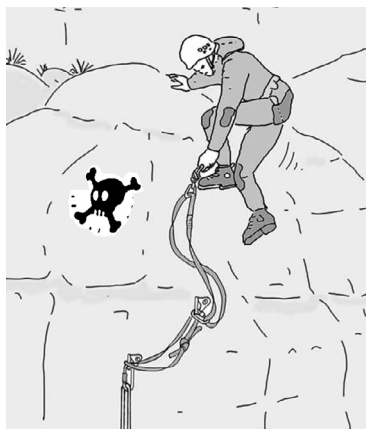


Fig. 309

facteur de chute visuel : 1
facteur de chute réel : 2,9

Fig. 310



Dès lors, on s'aperçoit que le facteur de chute peut être extrêmement important lorsqu'on se sert d'une sangle pour augmenter la longueur de sa longe, et qu'en plus, on se positionne au-dessus de l'amarrage. Exemple : photographie imprudent à la recherche d'un point de vue surplombant l'amarrage (fig. 310). En cas de chute, le choc au moment où sa longe sera tendue sera catastrophique!!

Par ailleurs, le facteur de chute peut également être supérieur à 2 lorsque la sortie du canyon comporte un équipement ascendant en fixe de type via ferrata (fig. 311).

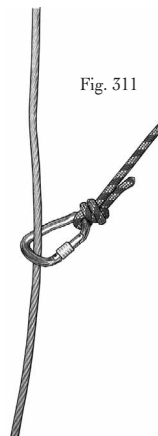
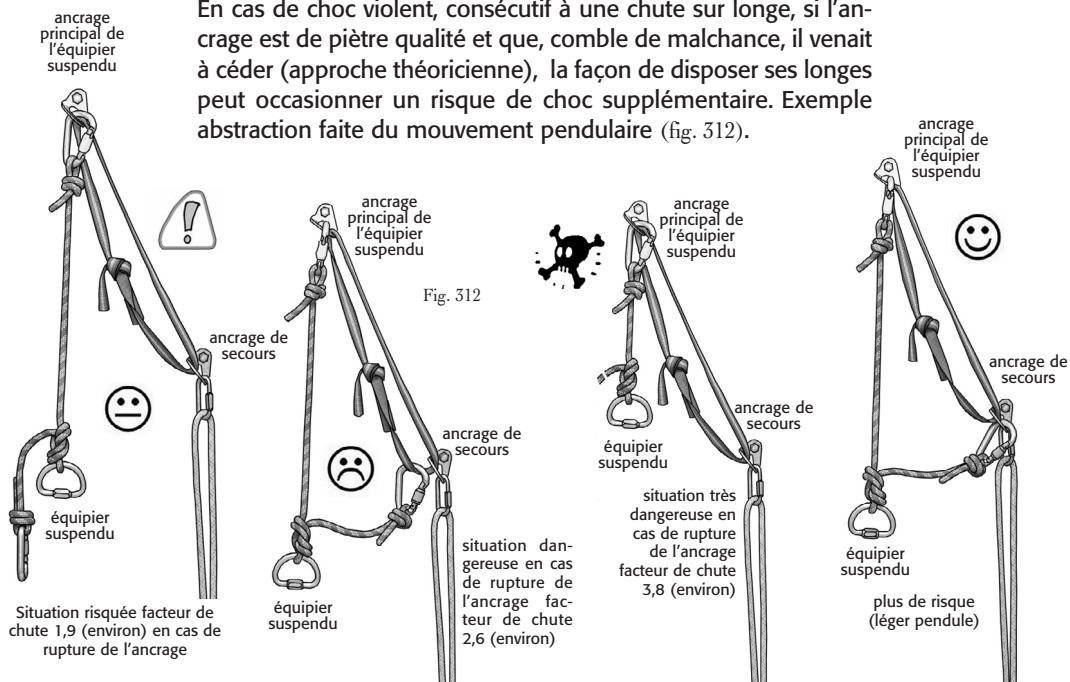
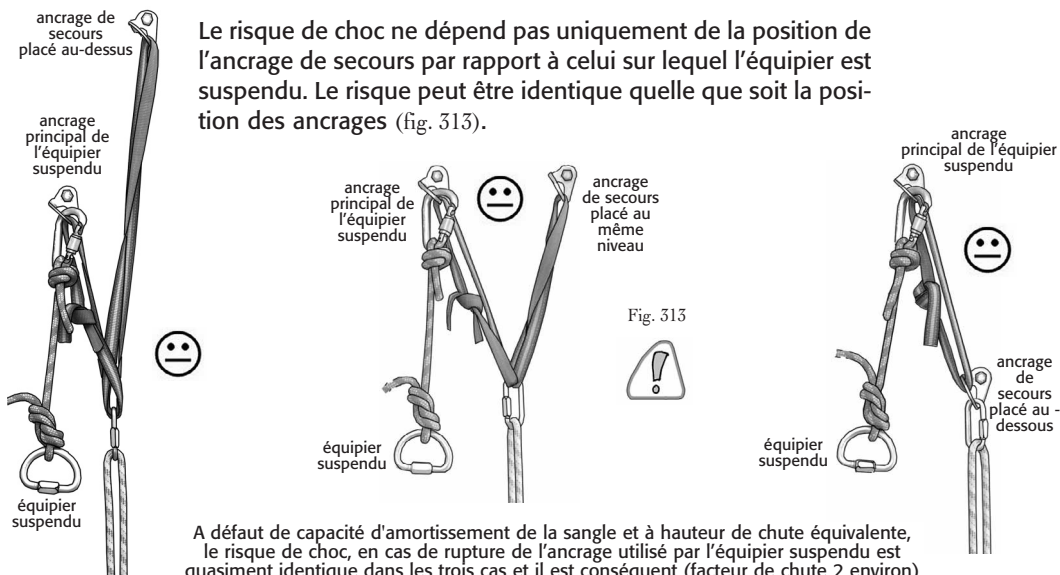


Fig. 311

En cas de choc violent, consécutif à une chute sur longe, si l'ancrage est de piètre qualité et que, comble de malchance, il venait à céder (approche théorique), la façon de disposer ses longes peut occasionner un risque de choc supplémentaire. Exemple abstraction faite du mouvement pendulaire (fig. 312).



Le risque de choc ne dépend pas uniquement de la position de l'ancrage de secours par rapport à celui sur lequel l'équipier est suspendu. Le risque peut être identique quelle que soit la position des ancrages (fig. 313).



A défaut de capacité d'amortissement de la sangle et à hauteur de chute équivalente, le risque de choc, en cas de rupture de l'ancrage utilisé par l'équipier suspendu est quasiment identique dans les trois cas et il est conséquent (facteur de chute 2 environ)

Le mouvement pendulaire de la charge

voir également les différentes configurations d'amarrage page : 25

Le mouvement pendulaire en cas de rupture d'un ancrage, se produit lorsque l'utilisateur de l'amarrage est retenu dans sa chute par un ancrage de secours décalé latéralement (fig. 314). Au niveau d'un double amarrage, le mouvement pendulaire peut se produire quelle que soit la direction dans laquelle il travaille; ce n'est donc pas forcément du haut vers le bas (exemple : tyrolienne, corde guide, etc...). Compte tenu des innombrables cas de figure possibles sur le terrain, le mouvement pendulaire de la charge, en cas de rupture d'un ancrage, peut se produire quelle que soit la configuration type de l'amarrage (fig. 315). Ce mouvement pendulaire est matérialisé sur les illustrations par la distance parcourue.

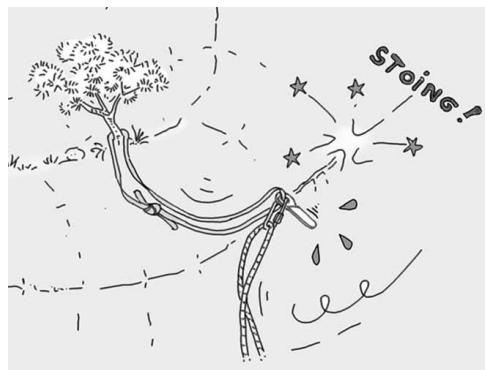
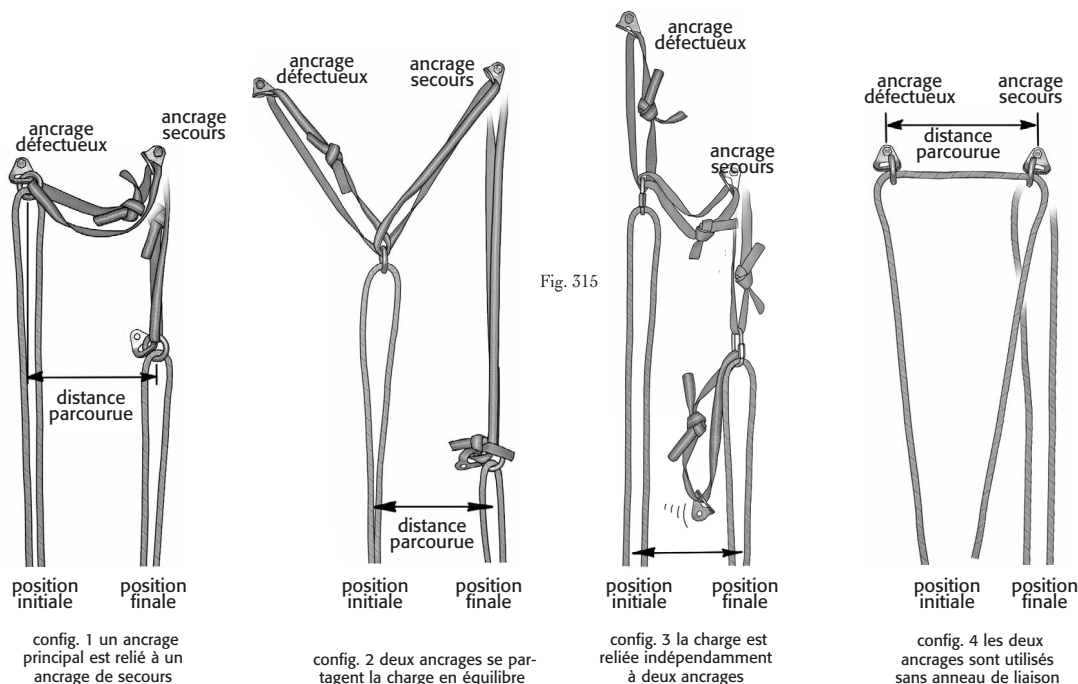
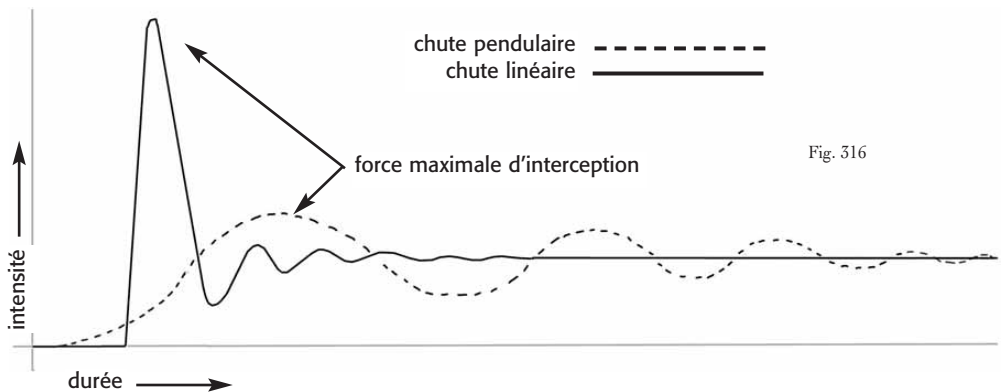


Fig. 314

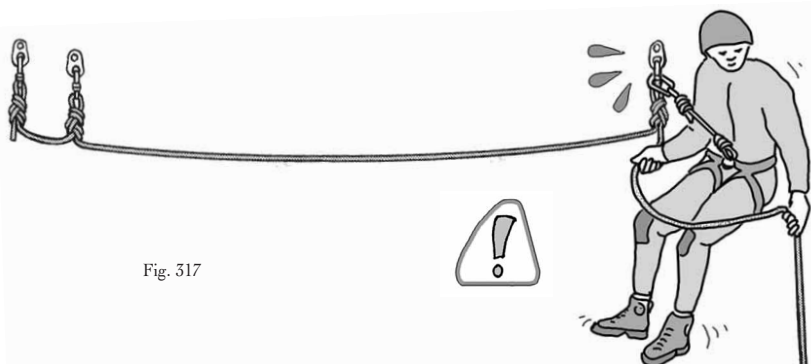


Le mouvement pendulaire, dès lors qu'il est important, a tendance à réduire la valeur de la force maximale d'interception en amortissant la chute de l'équipier durant un temps beaucoup plus long et de façon ondulatoire si rien ne vient l'interrompre (fig. 316).

exemple d'effort mesuré au niveau de l'ancrage de secours (courbes schématiques)

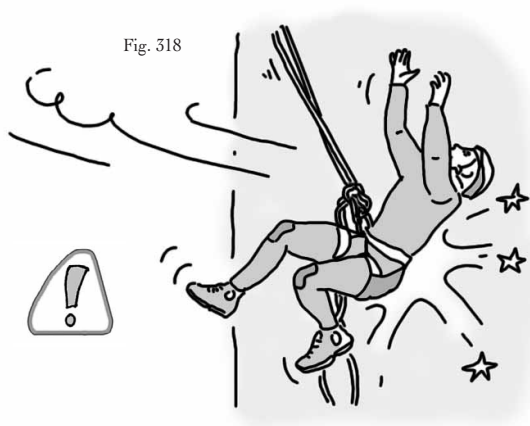


En contrepartie, plus le mouvement pendulaire est important, plus fort sera projeté l'équipier au point le plus bas. Lors d'une rupture d'ancrage, le mouvement pendulaire est d'autant plus ample que l'ancrage de secours est situé à l'horizontale par rapport à l'équipier suspendu, qu'il est très éloigné et que l'équipier est suspendu au plus près de l'ancrage défectueux (fig. 317).



Les conséquences d'un mouvement pendulaire peuvent être dangereuses, notamment dans les cas suivants :

- lorsqu'il est important (amarrages très décalés), un mouvement de pendule peut projeter violemment un équipier contre la paroi au risque de le blesser ou de lui faire lâcher prise (fig. 318). Il peut également être précipité sous une chute d'eau ;



- le mouvement pendulaire peut occasionner un frottement dangereux de la corde ou de l'anneau de liaison (fig. 319) durant son déplacement. Le déplacement de la corde peut également sur sa trajectoire décrocher des pierres instables (fig. 320) ;

Fig. 319



Fig. 320

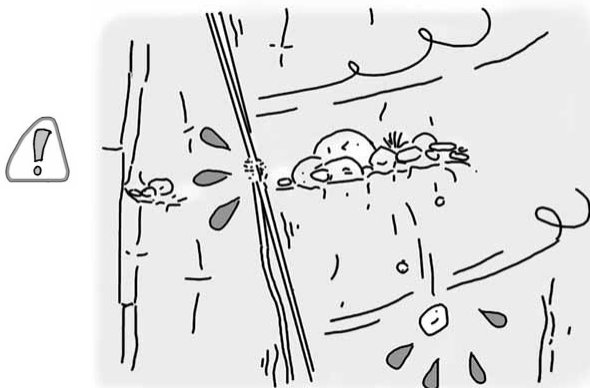




Fig. 321

- un mouvement pendulaire, même réduit, modifie l'axe de travail de la corde ou de l'anneau de liaison, ce qui peut entraîner un changement de direction des efforts appliqués à l'ancrage de secours (mauvaises conditions de travail d'un piton, d'une plaquette (fig. 321) ou encore d'un coinçeur) ;

- à l'issue d'un mouvement pendulaire, l'axe de la corde, une fois stabilisé, peut se retrouver décalé de façon plus ou moins importante par rapport à l'axe de descente initial. Ce décalage peut précipiter l'utilisateur sous la chute d'eau (fig. 322) ou occasionner un frottement de la corde (fig. 323) avec une arête tranchante.

Fig. 322



Fig. 323



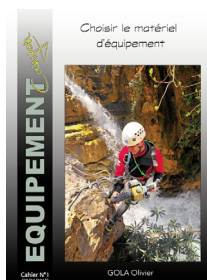
En outre, le risque lié à un mouvement pendulaire doit aussi être pris en compte notamment :

- lorsqu'un équipier s'écarte franchement de l'axe de descente;
- en cas de rupture d'un ancrage de déviation;
- en cas de rupture d'un ancrage de fractionnement (équipement de corde en fixe).
- pour déterminer le nombre utile d'amarrages intermédiaires d'une main courante non équipée.

En conclusion : chaque fois que l'on s'apprête à réaliser un amarrage de type terrain d'aventure, ou que l'on s'apprête à en utiliser un d'apparence douteuse, il faut systématiquement prendre en compte les risques liés à une éventuelle rupture d'ancrage. Pour cela, il suffit de prendre l'habitude d'imaginer ce qui peut se produire lorsque l'ancrage principal ou l'ancrage sollicité qui paraît vraiment le moins fiable, vient à céder (mouvement de la corde, modification de l'axe de traction sur les autres points d'ancrage, risque de choc). Si l'amarrage n'est pas suffisamment fiable, on se doit soit de le remplacer soit de trouver des solutions pour améliorer. Ne pas hésiter à prendre le temps de faire le ménage sur les amarrages qui ont été rafistolés à plusieurs reprises et qui comportent de nombreux anneaux. Il vaut mieux refaire l'amarrage, quitte à se servir du matériel trouvé sur place, même s'il n'est pas en bon état, dans la mesure où l'on est convaincu de pouvoir améliorer sa fiabilité (fig. 324).



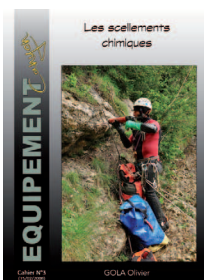
Fig. 324



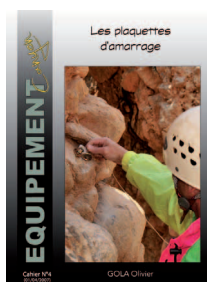
Cahier n°1



Cahier n°2



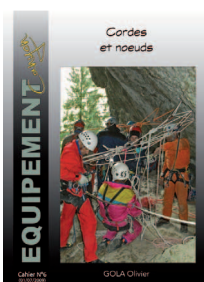
Cahier n°3



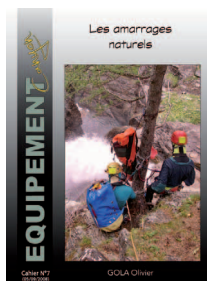
Cahier n°4



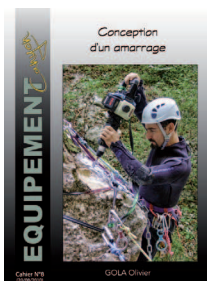
Cahier n°5



Cahier n°6



Cahier n°7



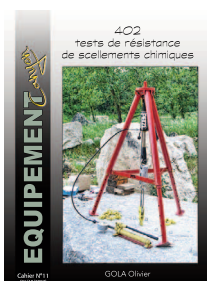
Cahier n°8



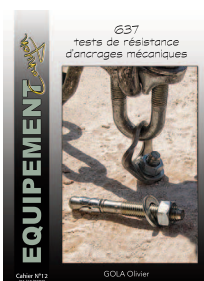
Cahier n°9



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.

Conception d'un amarrage