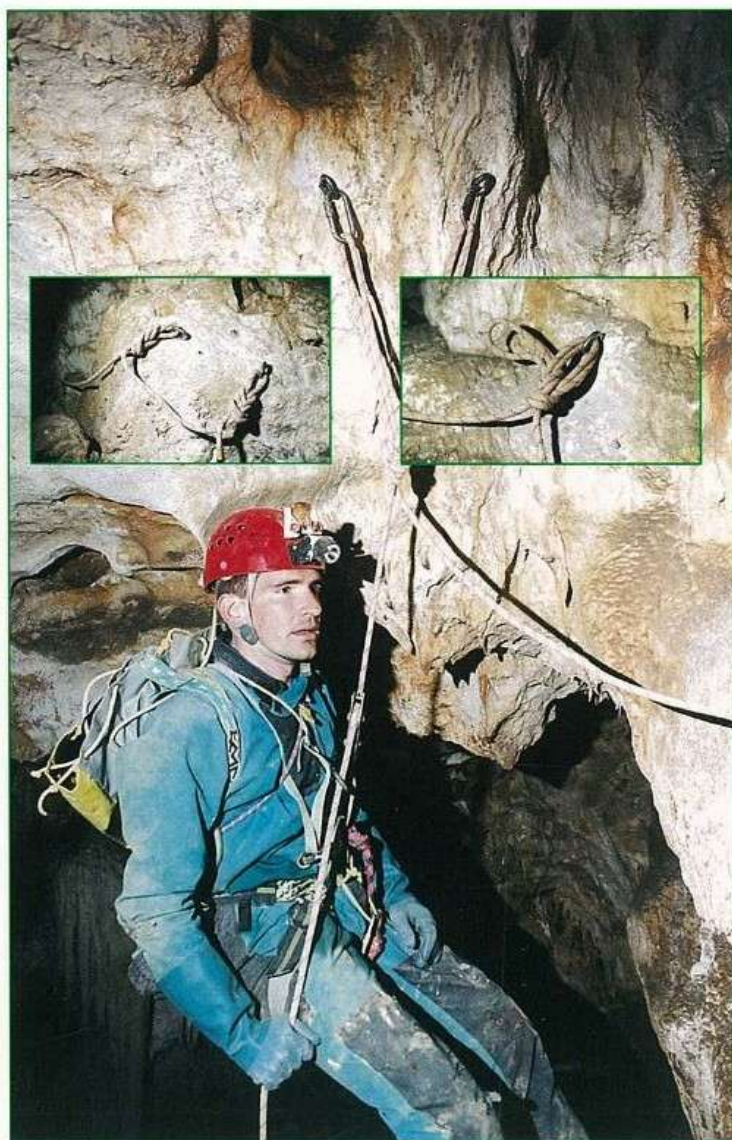


# LES CAHIERS DE L'E.F.S.



ISSN : 0990 - 9060

**N° 11**



## **MEMENTO EQUIPEMENT DE CAVITES EN ANCRAGES PERMANENTS**

Fédération Française de Spéléologie  
130 Rue St Maur 75011 PARIS



## MÉMENTO ÉQUIPEMENT DES CAVITÉS EN ANCRAGES PERMANENTS

Sur la base des travaux réalisés du 17 au 21 avril 1999 au cours du stage  
" Équipement des cavités en ancrages permanents "

par

Philippe ASSAILLY, Gérard CAZES, Serge FULCRAND, Thierry GUERIN,  
Jean Louis GUILLEMAN, Yannick MADALENAT, Alain MATTEOLI, Howard MORGAN,  
Christian PUISSANT , Didier SESSEGOLO, David YOUYOU.

Rédaction et réalisation :

Gérard CAZES, Serge FULCRAND, Jean Louis GUILLEMAN  
(Conseillers Techniques Régionaux Jeunesse et Sports)  
et Christian PUISSANT (CDS 39 / CREPS de Chalain)

**École Française de Spéléologie et Groupe d'Etude Technique**  
**28 rue Delandine 69002 LYON**

avec le concours du

Syndicat National  
des Professionnels



de la Spéléo  
et du Canyon

Photos : Serge FULCRAND. Dessins techniques: Jean Louis GUILLEMAN  
Dessins humoristiques : Stéphane GUILLARD, René STEFANINI



# MÉMENTO ÉQUIPEMENT DES CAVITÉS EN ANCRAGES PERMANENTS

## SOMMAIRE

<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>P4</b>	<b>7 LES PRINCIPES D'ÉQUIPEMENT.....</b>	<b>P22</b>
<b>2 LES PRINCIPES DE SÉCURITÉ.....</b>	<b>P7</b>	7.1 Les principes	
<b>3 LES PRINCIPES TECHNIQUES ET MÉCANIQUES.....</b>	<b>P8</b>	7.2 Exemples d'équipement	
3.1 Définition : amarrage - ancrage		7.3 L'éthique de l'équipement	
3.2 La corrosion		<b>8 LA MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>P26</b>
3.3 L'effort à l'arrachement, au cisaillement ou mixte		8.1 La caisse à outils	
3.4 La résistance mécanique du rocher		8.2 Le sondage...	
3.5 Les contraintes appliquées au rocher		8.3 Le perçage	
3.6 Les efforts appliqués à un ancrage		8.4 Le " noyage " des têtes de broches	
3.7 Les colles ou résines		8.5 Le nettoyage du trou	
3.8 Les ciments		8.6 Les broches : préparation	
3.9 Les contraintes dues au gel		8.7 L'injection de la colle	
<b>4 LES CAS D' APPLICATION.....</b>	<b>P12</b>	8.8 La mise en place	
4.1 Les cavités très fréquentées		8.9 Le nettoyage des abords du scellement	
4.2 Les cavités à roche fragile		8.10 Les scellements au ciment prompt	
4.3 Les traversées		8.11 La séance de contrôle	
4.4 Les remontées		<b>9 LES CAS D'UTILISATION.....</b>	<b>P33</b>
4.5 Les accès extérieurs		9.1 Les cavités très fréquentées	
4.6 La glace		9.2 Les cavités à roche fragile	
<b>5 LES DIFFÉRENTS PRODUITS.....</b>	<b>P13</b>	9.3 Les traversées	
5.1 Les expansions		9.4 Les vires et remontées	
5.2 Les collages		<b>10 L'ÉQUIPEMENT PERMANENT, UN PROJET COLLECTIF.....</b>	<b>P36</b>
5.3 Les scellements au ciment prompt		<b>11 LA BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>P37</b>
<b>6 LES TESTS.....</b>	<b>P17</b>	<b>Annexes et résultats des tests.....</b>	<b>P39</b>
6.1 Déroulement des tests			
6.2 Analyse de résultats			
6.3 Conclusions			



Dessin René STEFANINI

## REMERCIEMENTS

Les établissements Petzl nous ont prêté le vérin et le capteur dynamométrique sans lesquels les tests n'auraient pu avoir lieu.

Nous les remercions, ainsi que les spéléologues qui ont bien voulu se pencher sur ce problème et participer aux différents travaux durant lesquels nous avons percé, nettoyé, collé ou expansé, tiré, arraché, déroulé, cassé... puis rédigé, pour en arriver à ce document.



# 1 INTRODUCTION

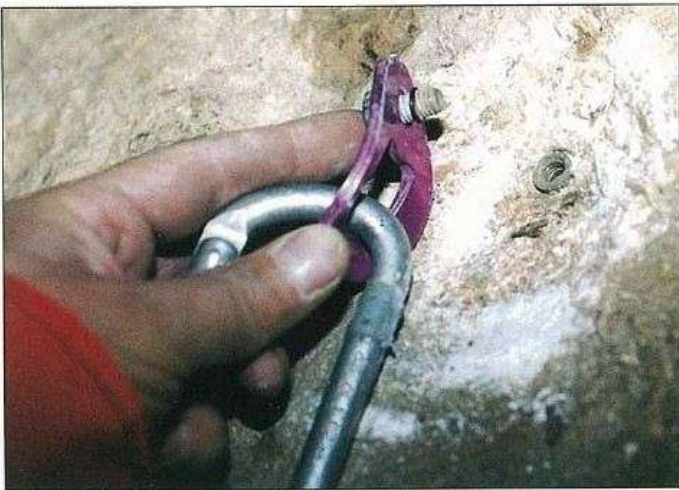
La Fédération Française de Spéléologie ayant délégué de service public concernant la gestion du milieu souterrain devait apporter une réponse aux problèmes posés par le vieillissement des ancrages réalisés à l'aide de chevilles autoforeuses à expansion dont le nom du fabricant, Spit, est devenu le terme générique.

La fiabilité des amarrages, réalisés à l'aide de ces ancrages devenus vétustes ou défectueux, n'est plus garantie dans les cavités les plus fréquentées. En outre, les ancrages devenus inutilisables ou douteux sont remplacés, entraînant une prolifération des chevilles parfois spectaculaire au départ des verticales.

## Quels sont les problèmes ?

### Usure du filetage des chevilles autoforeuses.

Dans les cavités très fréquentées, celles où l'équipement est ancien, ainsi que dans les cavités où la boue est très corrosive et abrasive (les dolomies par exemple) le pas de vis de la cheville s'use bien plus rapidement que la cheville elle-même. Le rocher support est sain mais le filetage du Spit devient inutilisable.



Vieux spit planté au fond d'une cuvette creusée dans la calcite sèche par l'équipeur pour atteindre le rocher sain. Quand il sera usé, il faudra recreuser une cuvette à côté !

### Filetages des chevilles obstrués.

On trouve souvent des chevilles rendues inutilisables par la présence de matériaux obstruant le filetage (argile, vis cassée...).

### Mauvaise résistance mécanique ou destruction du rocher support.

La roche (calcite, calcaires dolomitiques, roche peu

dense...) dans laquelle est plantée la cheville n'a pas résisté au temps, parce que sa résistance mécanique est trop faible pour supporter longtemps les contraintes d'un amarrage par l'intermédiaire d'une cheville de 31mm de longueur.

Pour information, soumise à un effort au cisaillement dans de la calcite saine, une cheville usagée (Spit) s'est arrachée aux environs de 500 daN ... et... une neuve aux alentours de 700 daN, ce qui est inquiétant quant à la résistance des ancrages dans certaines cavités classiques, du Sud de la France notamment.

Dans les entrées de cavités exposées aux cycles de gel et dégel, la roche se fissure autour du Spit, la résistance mécanique de la roche diminue, ainsi que la fiabilité de l'ancrage.

### La glace.

Dans certaines cavités en hiver, les chevilles sont souvent difficiles à repérer et inutilisables car elles sont obstruées ou recouvertes par la glace.

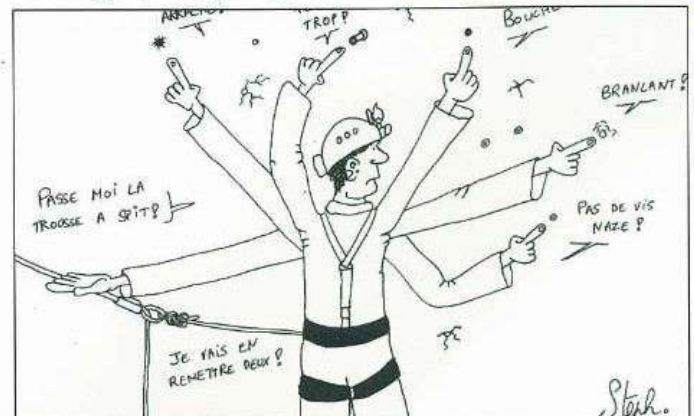
## Quelles sont les conséquences ?

Tous les problèmes énoncés rendent les ancrages existants inutilisables et obligent les pratiquants à en planter de nouveaux.

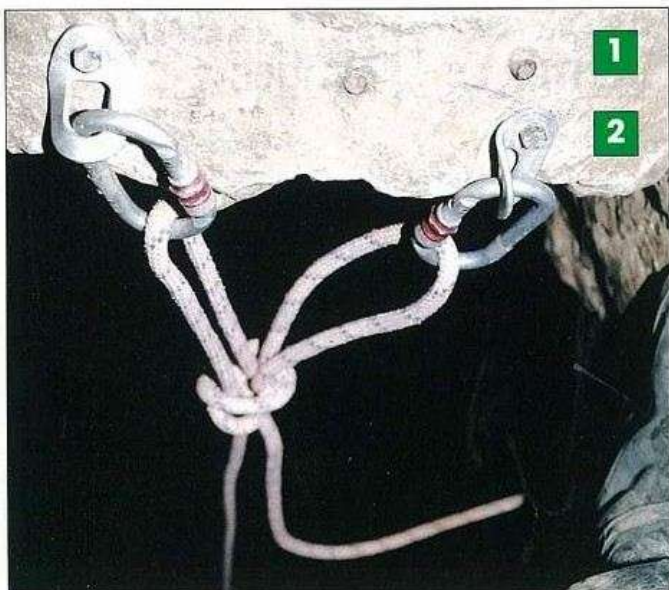
Cette démarche, satisfaisante pour la sécurité de l'instant, a ses limites. Les emplacements corrects sont souvent restreints. On se retrouve alors avec une profusion de Spits sur de petites surfaces.

Cette prolifération, quand elle n'est pas dans bien des cas de nature à détruire de manière irréversible le substrat rocheux, est au mieux totalement disgracieuse.

En effet la trop grande concentration de chevilles sur une surface restreinte impose au rocher support des contraintes mécaniques telles que la fiabilité des ancrages n'est plus garantie.







*Début de prolifération des vieux Spits en sommet de puits. Par ailleurs les spits 1 et 2 sont trop près. Le rocher est donc fragilisé !*

## Quelles solutions pour l'avenir ?

En réponse à la situation actuelle, certains Comités Départementaux de Spéléologie, clubs, individuels ou professionnels, ont déjà pris des initiatives et commencé le rééquipement de certaines cavités classiques en broches scellées.

Sans douter du sérieux du travail déjà fait, sceller une broche réclame beaucoup plus de rigueur et de connaissances que le planté d'une cheville autoforeuse.

C'est la raison pour laquelle ce document a été réalisé, afin d'apporter des éléments de réponse aux personnes concernées

Pour définir des choix techniques et technologiques fiables, adaptés au milieu et à la pratique, nous avons testé différents types d'ancrages (expansions de type inviolable ou broches scellées) dans différentes configurations et sur des supports variés.

**Après analyse des différents tests réalisés, il semble que seule la réalisation d'équipements permanents avec des broches inox scellées à la résine ou aux ampoules chimiques garantisse les meilleurs seuils de sécurité et une meilleure longévité des ancrages dans le temps.**

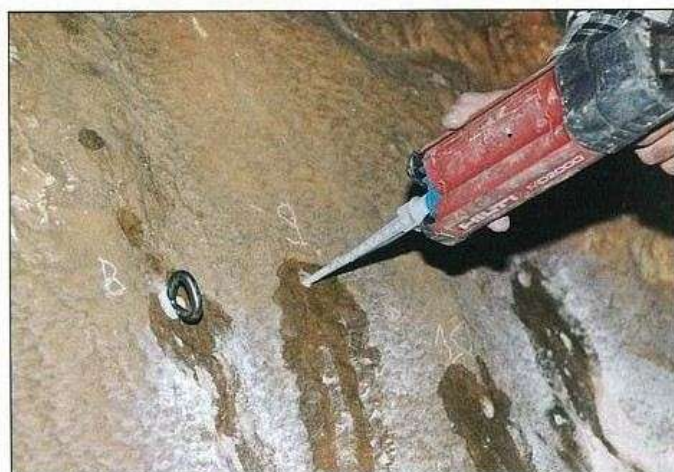
Il n'est nullement envisagé actuellement de créer un diplôme d' "équipeur", ni d'obliger les "équipeurs" à suivre une formation, mais de les conseiller en définissant une orientation technique, un cadre de réalisation, des principes d'équipement, une

méthodologie de mise en oeuvre, afin de garantir la sécurité de tous les pratiquants.

Il semble important de préciser que tout équipement de cavité en ancrages permanents devrait être intégré dans un plan départemental d'équipement coordonné par le Comité Départemental de Spéléologie, émanation de la Fédération Française de Spéléologie



*1 : Spit à moitié planté. 2 et 3 : Spits arrachés*



*Les ancrages scellés, la meilleure garantie de longévité et de solidité !*

*On remarque sous la broche, la poussière de calcaire émise lors du perçage. Celle-ci sera nettoyée à la brosse et la soufflette à la fin de la pose.*



# POURQUOI LE SCÈLEMENT D'ANCRAGES PERMANENTS CONCERNE SURTOUT LES CAVITÉS CLASSIQUES ?

“ Qu'est ce qu'une cavité classique “: c'est une cavité représentant 2 à 5% du total des cavités mais parcourue par plus de 80% des spéléologues.

Avantages de l'équipement permanent appliqué à ces cavités :

## SÉCURITÉ :

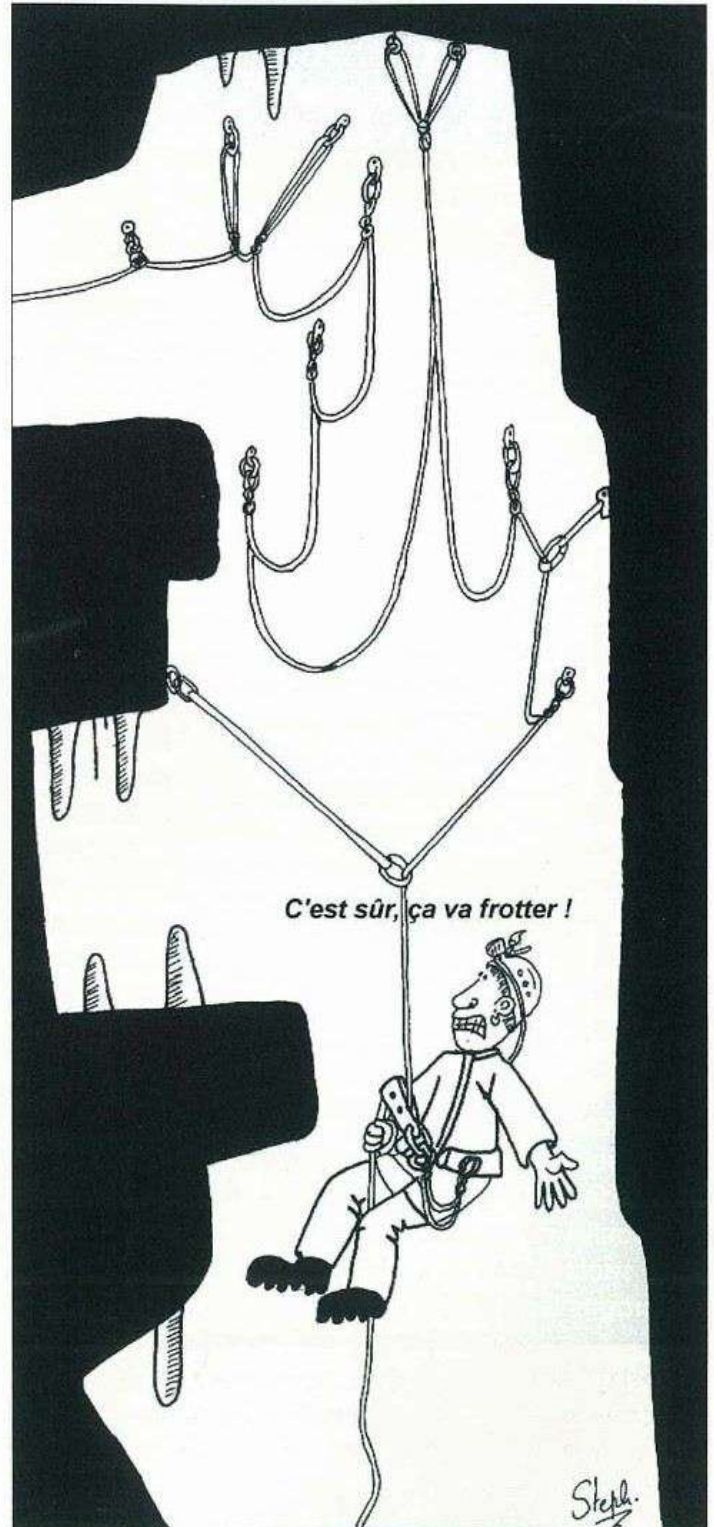
- **Fiabilité en terme de résistance** : le coefficient de sécurité est doublé ou triplé. (voir résultats des essais en annexe).
- **Fiabilité dans le temps** : utilisation obligatoire de l'inox pour les ancrages et les maillons rapides laissés en place.
- **Garantie en terme d'emplacement** : Les ancrages permanents étant mis en place par des spéléos connaissant très bien la cavité en toutes conditions, ceux ci auront choisi l'emplacement idéal, garantissant l'absence de frottement et des trajectoires de remontées hors crue, quel que soit l'agrès utilisé, (de l'échelle à la corde de type L).

## CONFORT :

- **Élargit le choix de l'emplacement des ancrages** : moins de contraintes quand à la solidité du rocher et à son profil, cela permet d'améliorer le confort des sorties de puits.
- **Gain de poids sur le matériel transporté** : (sans plaquettes, moins de mousquetons, sans " caisse à outil"; pochette à spit, clés, etc., utilisation possible de la corde de type L

## PROTECTION DU MILIEU SOUTERRAIN :

- **Stoppe une fois pour toutes la prolifération des vieux spits** : une broche a un impact visuel moins fort qu'un " paquet " de vieux spits, et elle impose moins de contraintes au rocher.





## 2 LES PRINCIPES DE SÉCURITÉ

Dans ce document, les valeurs obtenues lors des tests sont données en daN (Déca newton) unité de mesure de force que l'on pourrait définir comme Équivalente à un kilogramme force.

La plupart des ancrages utilisés pour les équipements permanents ont, quand ils sont bien placés, des résistances bien supérieures (2000 à 5000 daN) à celles d'un ancrage plus amarrage classique (cheville auto foreuse M 8, boulon, plaquette : 500 à 1800 DaN).

Il ne faut pas en déduire que ce surplus de résistance va augmenter systématiquement la marge de sécurité.

En effet les paramètres qui réduisent la fiabilité et la solidité d'un amarrage classique sur cheville restent valables pour les ancrages permanents :

1. Même très bien sondée la roche peut receler des faiblesses cachées qui n'apparaîtront qu'à l'usage.
2. La roche peut évoluer avec le temps : gel, micro fissuration .
3. L'équipeur peut faire une erreur de manipulation au cours de la mise en place de l'ancrage, réduisant la résistance de celui-ci.

Pour évacuer le doute concernant ces paramètres (excepté le facteur humain qui peut être largement atténué par une formation de qualité et une responsabilisation), il faudrait tester individuellement chaque ancrage à des contraintes 2 à 3 fois supérieures aux contraintes normales d'utilisation.

Ce qui d'ailleurs est préconisé pour les SAE (structures artificielles d'escalade).

Cela impliquerait l'utilisation systématique d'un appareillage identique à celui qui nous a permis de réaliser les tests.

Le poids de l'appareil et la complexité d'utilisation rendent irréaliste cette méthode en milieu souterrain.

**En conclusion, en spéléologie, les principes d'Équipement sur chevilles auto foreuses ou sur scellements inox restent identiques**

(C.F. Manuel Technique EFS)

1. Un amarrage fiable, (départ de main courante, tête de puits, fractionnement à risque...) c'est un amarrage naturel irréprochable ou un ancrage artificiel doublé.

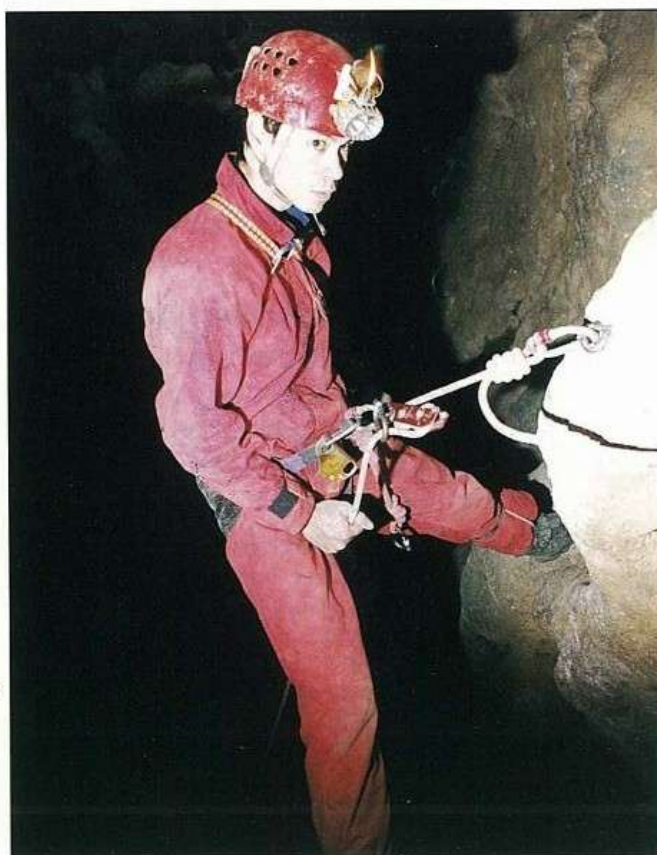
2. Un ancrage artificiel, (cheville auto foreuse, cheville à expansion ou broche scellée) même placé dans les règles de l'art peut présenter des défauts liés à la nature de la roche, il doit donc être doublé.

### Responsabilité du pratiquant :

Le spéléologue qui met en place les agrès nécessaires à la progression est responsable de sa propre sécurité et du choix de l'équipement. Il choisit les amarrages naturels ou les ancrages artificiels nécessaires.

### Il a un devoir permanent de vigilance vis-à-vis des ancrages !

Il doit identifier tous les ancrages qui pourraient être défectueux et équiper en conséquence.



*Même si pour le pratiquant, la présence de broches scellées dans une cavité est une garantie de sécurité, l'équipement sur spits ou sur broches, impose les mêmes principes : on double tout ce qui doit être doublé, et on reste vigilant sur l'état des ancrages !*



# 3 LES PRINCIPES TECHNIQUES ET MÉCANIQUES

## 3.1 Amarrages ou ancrages ?

Un ancrage est une pièce métallique fixée dans la roche: une cheville Spit, un goujon, la tige d'une broche, la lame d'un piton, le corps d'un coinqueur.

Un **amarrage** est un objet ou un ensemble d'objets sur lequel on attache les agrès de spéléologie : cordes ou échelles.

Il peut être naturel ou artificiel.

Naturel : arbre, stalagmite, bloc.

Artificiel : vis plus plaquette, écrou plus plaquette, une broche, starfix, piton, coinqueur .

Suivant leur usage et leur configuration, on les utilise avec ou sans connecteur : maillon ou mousqueton.

## 3.2 La corrosion.

C'est un mécanisme électrochimique : le principe de la pile électrique.

Un métal non traité ou deux métaux différents associés à un conducteur, l'eau chargée de sels minéraux, peuvent engendrer et subir ce phénomène. Le métal se dégrade.

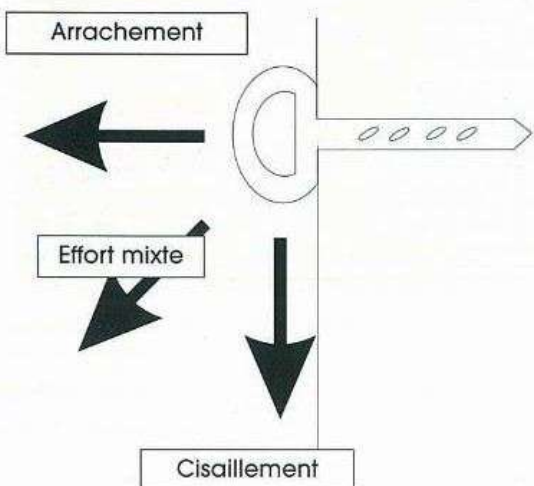
Sous terre, en milieu humide et boueux, l'acier non traité rouille. L'aluminium se dégrade quand il est mis en présence d'un autre métal (vis de la plaquette, axe du doigt du mousqueton...). **L'acier inox est le seul métal insensible à la corrosion liée au milieu souterrain**

## 3.3 Arrachement ou cisaillement.

Un effort à l'arrachement est appliqué à un ancrage suivant l'axe de perçage et dans le sens de l'extraction

Un effort au cisaillement est appliqué perpendiculairement à l'axe de perçage.

Un effort mixte est appliqué suivant un axe intermédiaire entre les deux directions précédentes.

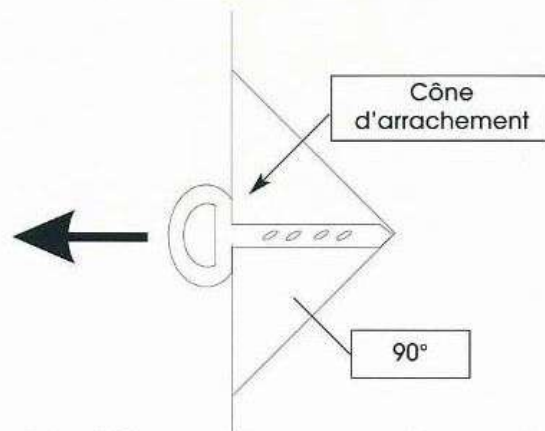


## 3.4 Les contraintes appliquées au rocher par les différents types d'ancrages.

### Le cône d'arrachement.

C'est le volume de rocher dans lequel un ancrage dissipe les efforts auxquels il est soumis.

Dans du rocher homogène, il a la forme d'un cône à 90° dont le sommet correspond à l'extrémité de la tige et dont la longueur de l'axe est égale à celle de la tige de la broche.



-A la différence d'un ancrage à expansion, pour un ancrage scellé il n'y a pas de contraintes sur le rocher quand l'ancrage n'est pas sollicité.

## 3.5. La résistance mécanique du rocher.

C'est la capacité du rocher à résister à la contrainte d'un effort appliqué dans sa masse.

Elle est plus ou moins élevée suivant la nature même de la roche.

En général une roche difficile à percer a une bonne résistance mécanique et inversement.

L'Urgonien du Vercors a une très bonne résistance mécanique, le calcaire dolomitique du Causse Noir ou la calcite Ardéchoise ont une résistance mécanique plus faible.

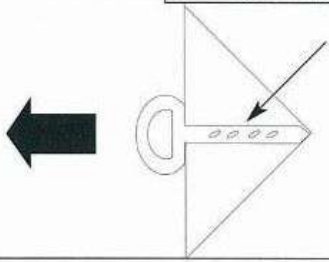
Pour une même roche elle peut être diminuée par la fracturation, visible ou non.

Dans presque tous les tests effectués, c'est la broche qui est sortie du collage avant 5 000daN. Nous n'avons pu obtenir d'arrachement d'un cône de rocher, celui ci ayant une résistance mécanique élevée.

**Plus la résistance mécanique d'une roche est faible, plus il faudra répartir les contraintes d'un même effort dans un grand volume. Il faudra donc augmenter la surface du cône d'arrachement en augmentant la longueur du scellement.**

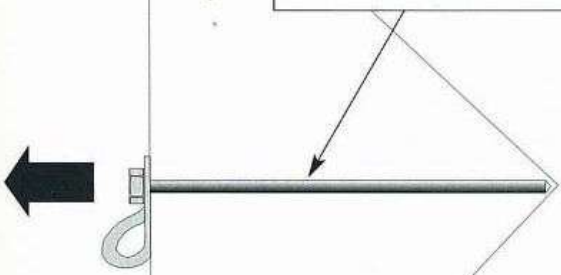


Longueur : 80 mm,  
diamètre 10 mm



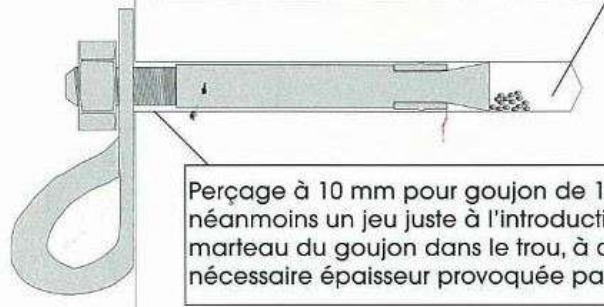
Dans une roche dure, granite, calcaire urgonien ou jurassique, un cône d'arrachement de 80 mm (sur une broche scellée standard de diamètre 10 mm) peut supporter des contraintes supérieures à 4 000 daN.

Tige filetée, longueur : 300 mm  
diamètre : 10 mm



Dans une roche moins solide, (exemple calcite poreuse), il faudra multiplier la profondeur de perçage par 4 pour espérer une résistance de 2 500 daN.

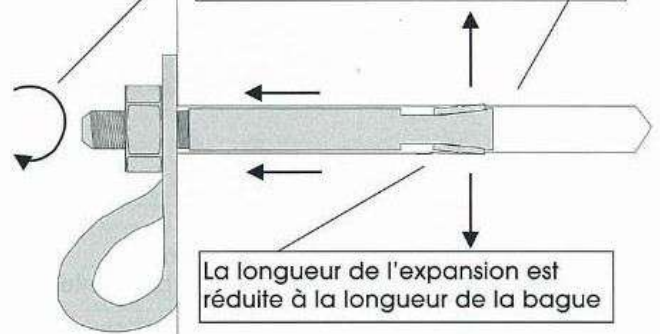
Le perçage doit être plus long que le goujon pour dégager un vide en fond de trou. Même si le trou est bien soufflé, cela permettra aux particules de roche attachées aux parois du trou lors de l'introduction du goujon au marteau, de s'y accumuler, afin de ne pas contrarier l'expansion de la bague.



Perçage à 10 mm pour goujon de 10. Il subsiste néanmoins un jeu juste à l'introduction au marteau du goujon dans le trou, à cause de la nécessaire épaisseur provoquée par la bague.

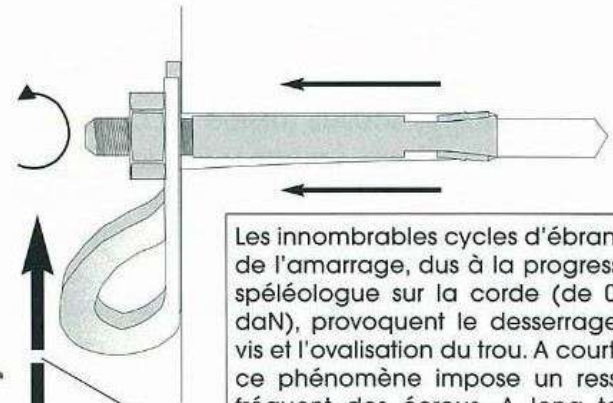
Pose d'un goujon avec sa plaquette

Le recul de la tige par vissage va provoquer l'expansion de la bague sur le cône



La longueur de l'expansion est réduite à la longueur de la bague

Expansion de la bague par serrage de l'écrou : serrer fortement.



Les innombrables cycles d'ébranlement de l'amarrage, dus à la progression du spéléologue sur la corde (de 0 à 300 daN), provoquent le desserrage de la vis et l'ovalisation du trou. A court terme, ce phénomène impose un resserrage fréquent des écrous. A long terme, il provoque un recul progressif du goujon jusqu'à le rendre inutilisable, car la bague ne pourra plus être expansée, l'écrou arrivant en butée sur le filetage. L'ensemble goujon plaquette ne peut donc être considéré comme un ancrage permanent.

Comportement du goujon à long terme

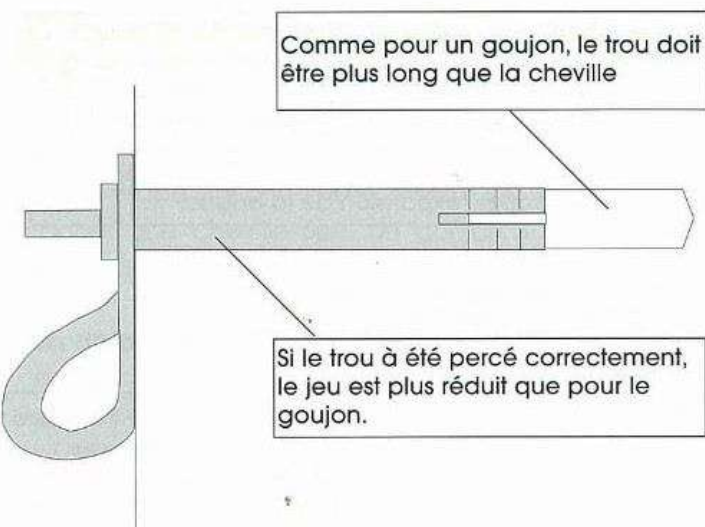
### 3.6 Ancrages à expansion.

Tous les ancrages par expansion appliquent à la mise en place des contraintes sur le rocher.

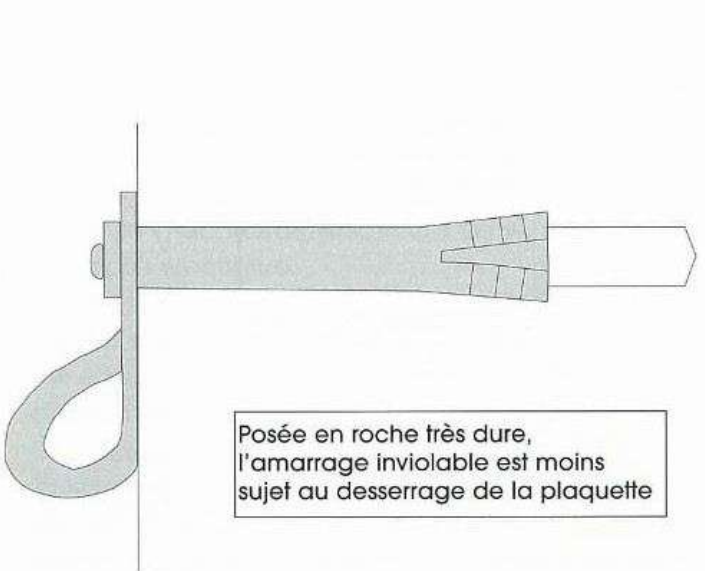
Ces contraintes permanentes liées au principe même de l'expansion, s'ajoutent à celles liées à la progression des spéléologues.

Ces contraintes ne s'appliquent qu'à la zone expansée. A cet endroit, le rocher aura donc tendance à s'user dans le temps et à provoquer un jeu entre l'ancrage et la roche, surtout s'il est tendre (goujon qu'il faudra resserrer, Spit qui tourne dans la calcite).

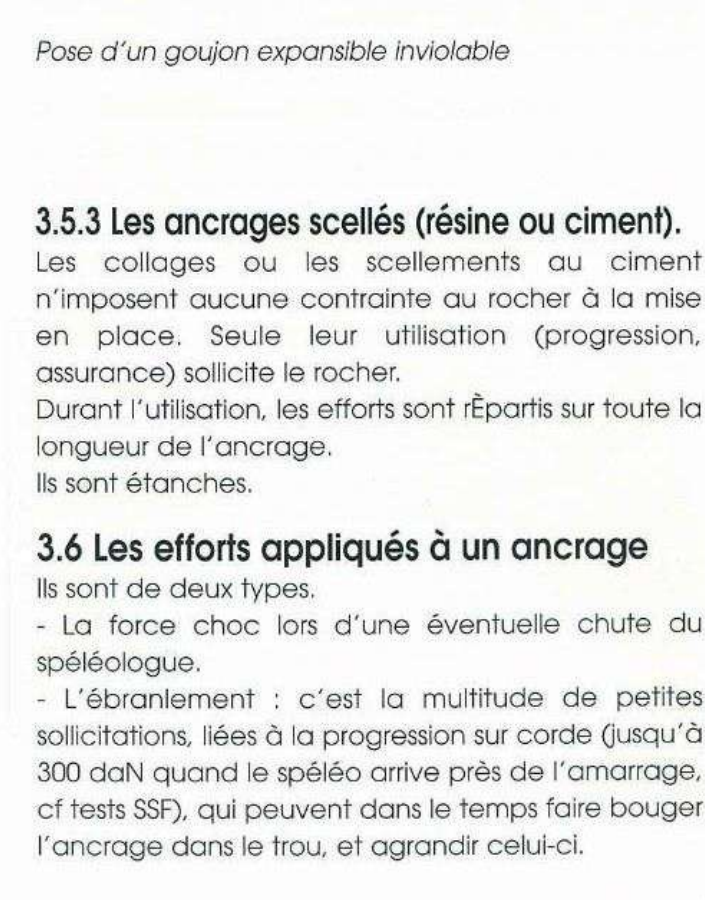




Comme pour un goujon, le trou doit être plus long que la cheville



Si le trou à été percé correctement, le jeu est plus réduit que pour le goujon.



Posée en roche très dure, l'amarrage inviolable est moins sujet au desserrage de la plaquette

*Pose d'un goujon expansible inviolable*

### 3.5.3 Les ancrages scellés (résine ou ciment).

Les collages ou les scellements au ciment n'imposent aucune contrainte au rocher à la mise en place. Seule leur utilisation (progression, assurance) sollicite le rocher.

Durant l'utilisation, les efforts sont répartis sur toute la longueur de l'ancrage.

Ils sont étanches.

### 3.6 Les efforts appliqués à un ancrage

Ils sont de deux types.

- La force choc lors d'une éventuelle chute du spéléologue.

- L'ébranlement : c'est la multitude de petites sollicitations, liées à la progression sur corde (jusqu'à 300 daN quand le spéléo arrive près de l'amarrage, cf tests SSF), qui peuvent dans le temps faire bouger l'ancrage dans le trou, et agrandir celui-ci.

## 3.7 Les colles ou résines

Ce sont des produits chimiques à plusieurs composants.

Le mélange de ces composants provoque une réaction chimique : la polymérisation.

La résine obtenue possède une résistance mécanique élevée.

Si les proportions du mélange ne sont pas respectées, la polymérisation ne se fait pas ou s'effectue de manière incomplète. La résine obtenue n'a plus la résistance prévue, sans que cela soit visible.

Pour certaines résines, la présence d'un corps étranger, de l'eau par exemple, peut empêcher la polymérisation.

La polymérisation n'est possible que dans les limites de température préconisées par le constructeur.

En-deçà ou au-delà du domaine de température préconisé, la réaction n'a pas lieu correctement.

Il ne faut pas confondre polymérisation et séchage, si la température est trop basse, il ne sert à rien de prolonger le temps de polymérisation.

En spéléologie il faudra être attentif à ne pas stocker et utiliser les colles à des températures trop basses (inférieures à  $-5^{\circ}$ , se référer aux données des fabricants).

Attention, les trop basses températures peuvent détériorer les différents composants des résines.

La réalisation d'un collage exige de la minutie et de la rigueur.

Les colles assurent la liaison broche - rocher sur toute la longueur du trou par un cylindre de résine rigide.

## 3.8 Les ciments.

Ce sont des poudres que l'on mélange à de l'eau pour obtenir une pâte homogène.

C'est par séchage que le ciment fait prise. Suivant la température il suffit d'adapter le temps de séchage.

Même si les résistances mécaniques des ciments sont inférieures à celles des résines, leur fluidité et leur facilité d'emploi les rendent très performants pour les scellements de grande profondeur en roche tendre ou fissurée ou poreuse.

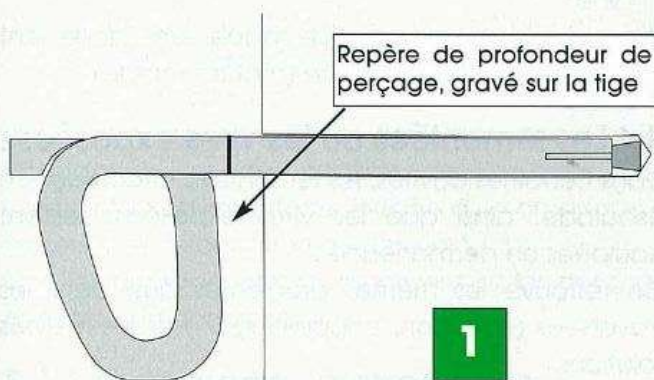
## 3.9 Les contraintes dues au gel.

Les ancrages par expansion n'obstruent pas totalement le perçage. L'eau de ruissellement peut donc pénétrer dans le trou et le gel peut faire éclater la roche. Ces ancrages ne sont donc pas adaptés aux zones exposées au gel.

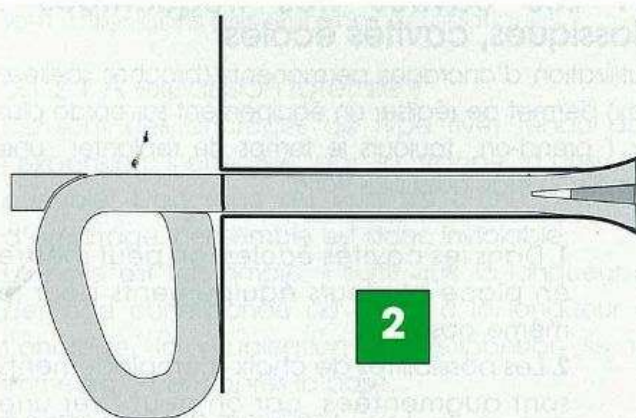
La résine ou le ciment obstruent totalement le trou dans un scellement bien réalisé. Le gel n'a pas d'effet sur celui-ci.



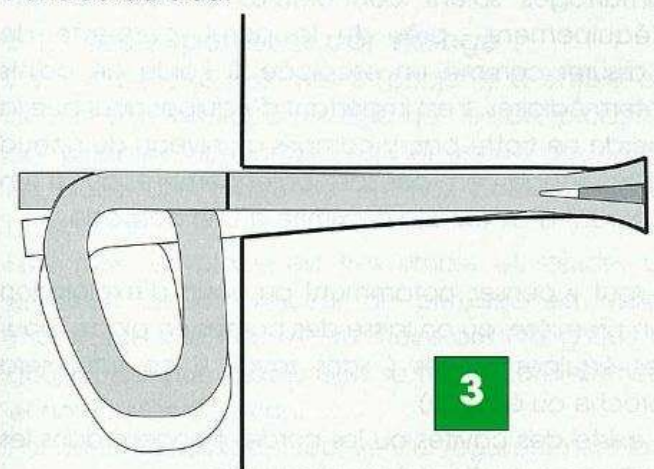
## Cas particulier de la pose du "Starfix" qui demande une bonne précision de la longueur de perçage



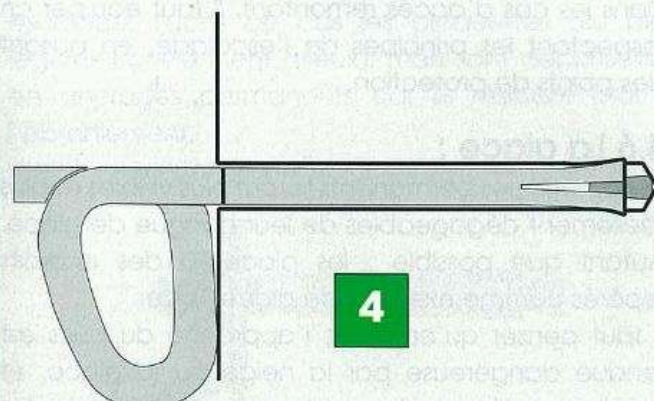
**1 et 2 . Perçage et pose corrects :** avant l'expansion, quand le " Starfix " est en appui en fond de trou le repère doit être en avant de l'entrée du trou.



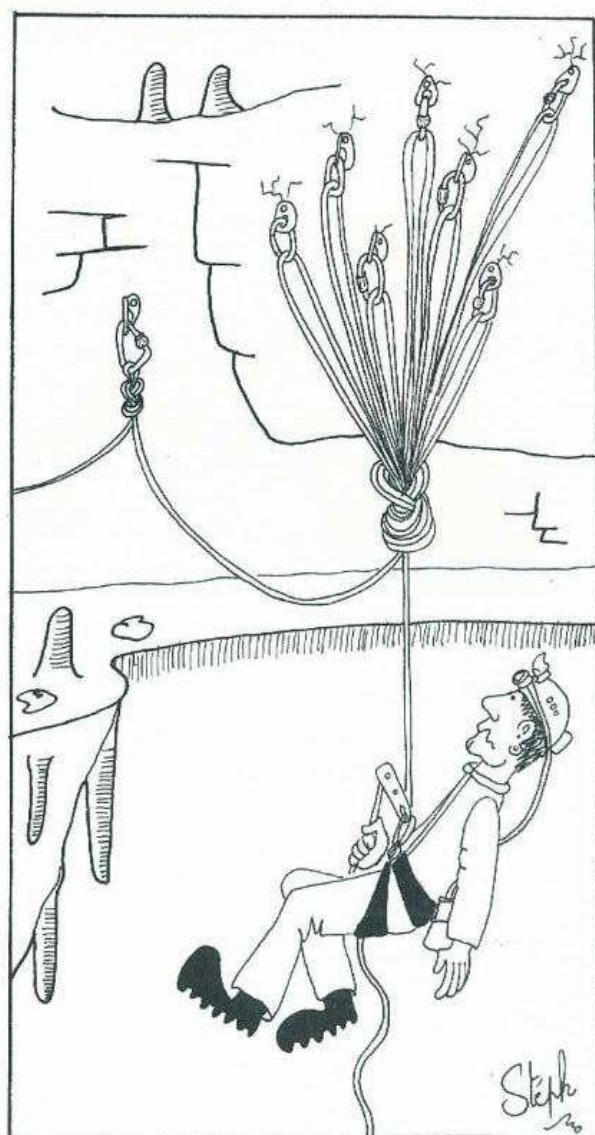
Quand l'expansion est complète, l'anneau est en appui sur la roche, le repère est aligné sur l'entrée du trou, la résistance est maximum.



**3. Perçage trop court :** Expansion est complète certes, mais l'anneau n'étant pas en appui, il y aura à la longue, ovalisation du trou suite aux cycles d'ébranlement, puis perte de résistance.



**4. Perçage trop long :** l'appui de l'anneau sur la roche empêche l'expansion complète, donc la résistance de l'ancrage est insuffisante.



" y en a bien un qui tiendra !! "



# 4 LES CAS D'APPLICATION DES ANCRAGES PERMANENTS

## 4.1 Les cavités très fréquentées : classiques, cavités écoles

L'utilisation d'ancrages permanents (broches scellées inox) permet de réaliser un équipement sur corde plus sûr, ( prend-on toujours le temps de replanter une cheville ?) mais aussi plus varié.

1. Dans les cavités écoles on peut mettre en place plusieurs équipements pour le même obstacle.
2. Les possibilités de choix d'emplacements sont augmentées car on peut fixer une broche scellée là où l'on aurait jamais planté un spit.
3. La clarté de l'équipement est améliorée, il y a peu d'ancrages et ils sont solides.

## 4.2 Les cavités à roche fragile :

Les possibilités offertes par les ancrages permanents permettent de placer l'équipement au bon endroit et non au seul emplacement où la roche est le moins fragile. En effet, on verra au cours des essais que dans des roches tendres, la solidité d'un ancrage scellé est largement supérieure à celle d'un ancrage à expansion.

## 4.3 Les traversées :

Dans les traversées les amarrages sont laissés en permanence dans la cavité.

La corrosion inévitable liée au contact de plusieurs types de métaux (acier de la cheville et de la vis, zical des plaquettes) oblige un changement fréquent du matériel.

Les plaquettes étant démontables et les maillons amovibles, l'équipement est souvent enlevé par des spéléologues délicats, peu soucieux de leur sécurité, qui descendent sur un Spit pour récupérer le double amarrage.

Sur les têtes de rappel les frottements répétés au même endroit usent prématurément les points de rappel.

Les amarrages permanents résolvent ces trois types de problèmes.

On installe donc les têtes de mains courantes (rappelables si nécessaire), les têtes de rappel, si nécessaire les déviations.

Les têtes de rappel peuvent être deux amarrages juxtaposés (reliés par une sangle ou un anneau de corde, le point de rappel étant situé sur l'amarrage le plus bas), ou un amarrage complet (deux points reliés par une chaîne ou une corde, le point de

rappel étant situé sur l'organe de liaison corde ou chaîne).

Dans tous les cas, le point de rappel sera facilement remplaçable en cas d'usure (maillon rapide).

## 4.4 Les remontées ou les vires exposées :

Dans certaines cavités, les remontées effectuées en escalade, ainsi que les vires exposées, restent équipées en permanence.

On retrouve les mêmes problèmes que dans les traversées (corrosion, chapardage...) et les mêmes solutions.

Les amarrages permanents (broches) permettent de supprimer les connecteurs (maillons ou mousquetons).

Attention: Il faut équiper de telle sorte que les amarrages soient contrôlables à vue, ou que l'équipement près de la paroi, permette de s'assurer comme en escalade à l'aide de points intermédiaires. Il est important d'équiper pour que la corde ne frotte pas, y compris au niveau du noeud d'amarrage, en cas de balancement dû à un courant d'air ou à la proximité d'une cascade.

Il faut y penser, notamment au cours d'exploration en première, où on laisse des cordes en place pour les équipes futures ( sans savoir si ce futur sera proche ou éloigné).

Il existe des cavités où les cordes pendent dans les puits sans que l'on n'ose plus s'y fier.

## 4.5 Les accès extérieurs :

Le problème du chapardage est le plus important, d'où l'intérêt d'équiper sans connecteur.

L'équipement doit permettre de rappeler la corde. Dans les cas d'accès remontant, il faut équiper en respectant les principes de l'escalade, en posant des points de protection.

## 4.6 La glace :

Les amarrages permanents seront plus visibles et plus facilement dégageables de leur gangue de glace. Autant que possible, les placer à des endroits repérés comme exempts de glace l'hiver.

Il faut penser qu'en hiver, l'approche du puits est rendue dangereuse par la neige ou la glace, et installer les départs de mains courantes plus loin des lèvres du puits que de coutume.



# 5 LES DIFFERENTS PRODUITS

En spéléologie, les ancrages doivent être en inox :

- Les aciers cadmiés ou galvanisés sont rendus inaltérables par un traitement de surface. A l'usage, ce traitement se détériore par frottements des cordes, des mousquetons boueux...
- Outre sa résistance à la corrosion, l'inox a une meilleure capacité à se déformer que l'acier "standard", ce qui permet de visualiser une contrainte trop importante infligée à un amarrage à travers une déformation de celui-ci.

Tous les ancrages décrits se posent après perçage d'un trou au perforateur.

## 5.1 Les ancrages à expansion :

Il existe sur le marché différents produits, autres que la bonne vieille cheville autoforeuse ...  
Tous ces ancrages sont utilisables immédiatement après leur pose.

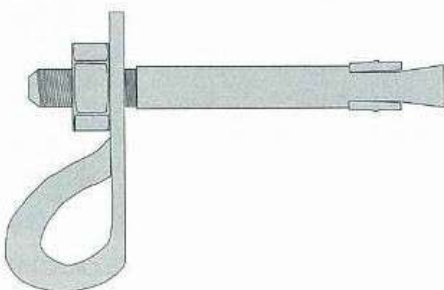
### 5.1.1 Les expansions par vissage :

Il s'agit de chevilles mâles (goujons) à simple ou double expansion par vissage de l'écrou, proposés par plusieurs fabricants. Il est nécessaire de mettre en place une plaquette en inox pour constituer l'amarrage.

Leur mise en place est très simple et rapide. La précision de la longueur de perçage est moins importante si le trou est au moins aussi long que le goujon, puisque l'expansion se réalise latéralement et non au fond du trou.

Par contre à l'usage, il faut vérifier régulièrement leur serrage, ce qui interdit de noyer l'écrou dans de la résine et de ce fait l'amarrage n'est pas inviolable. Dans le temps, le trou a tendance à s'ovaliser puisque le diamètre du filetage est légèrement inférieur à celui du perçage.

Ils sont essentiellement utilisés pour la progression en escalade, (dans ce cas les plaquettes alu plus légères conviennent mieux), mais sont déconseillés en ancrages permanents car ils résistent mal à l'ébranlement.



Goujon à simple expansion avec sa plaquette.

### 5.1.2 Les expansions par frappe :

Ils sont utilisables immédiatement après la pose. Ils sont utiles dans des situations acrobatiques.

#### 5.1.2.1 A expansion latérale :

Ce sont des ancrages de type rivet fendu dont l'expansion s'effectue par la frappe d'une tige centrale. L'ancrage est solidaire d'une plaquette d'amarrage, l'ensemble est donc inviolable.

La pose est très simple, il suffit que la longueur de perçage corresponde au moins à la longueur de l'ancrage, la visualisation de l'expansion se fait immédiatement après la pose.

Il existe plusieurs modèles :

Full Time Raumer, diamètre 9mm avec une plaquette de type vrillée.

Full Time Maxi Raumer, diamètre 12mm avec une plaquette de type vrillée.

Wing Time Raumer, diamètre 12mm avec une plaquette coudée.

Longlife Petzl, diamètre 12mm avec une plaquette cûur.

Dans du bon rocher, lors de nos tests, tous ces ancrages ont eu une résistance supérieure ou égale aux valeurs annoncés par les fabricants.



Ancrage inviolable, type Full Time Raumer.

#### 5.1.2.2 De type monobloc par expansion fond de trou :

Starfix Raumer : Il s'agit d'une tige inox dont une extrémité est soudée en anneau d'amarrage et l'autre extrémité fendue avec un cône pré-installé. Puisque l'expansion se fait latéralement par appui du cône sur le fond de trou, la précision de la profondeur de perçage est très importante. Sa tenue n'est satisfaisante que dans des roches dures, le vieillissement de l'expansion étant aléatoire dans des roches "moyennes". Son usage est assez limité. Sa conception permet de l'utiliser sans connecteur, comme les broches à sceller.





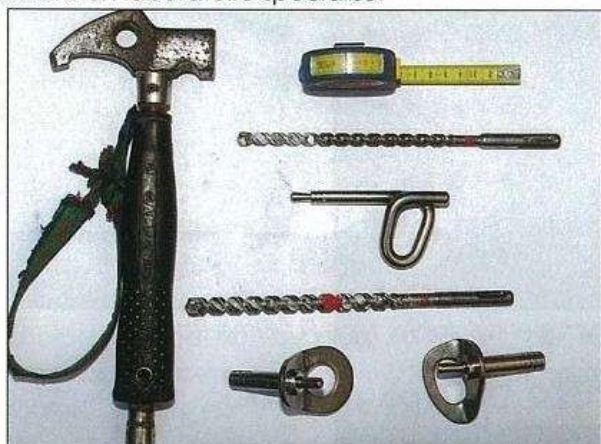
Starfix Raumer : attention, perçage à 9 mm obligatoire.

Remarques concernant les ancrages à expansion par frappe :

Tous ces ancrages à expansion ont en commun le défaut d'exercer des contraintes mécaniques importantes sur la roche. Dans tous les cas, avec ce type d'amarrages, la roche a éclaté pendant l'arrachement, sauf avec les Starfix dont la soudure a lâché à 1700 DaN, ne permettant pas l'arrachement. Le nettoyage du trou est important, pour rendre l'expansion possible et totale.

La prise de jeu éventuelle qui découle de leur vieillissement déconseillerait leur emploi dans des roches de qualité moyenne, et réserverait leur usage à des roches dures.

De plus, il reste une inconnue quant à leur comportement après avoir subi de nombreux cycles d'ébranlement comme ceux infligés par une remontée aux bloqueurs. Ce type de test ne pourrait s'envisager que dans un laboratoire spécialisé.



3 types d'ancrages expansion inviolable, à utiliser éventuellement pour les dérivations : en haut, le Starfix avec sa mèche de 9mm, en bas Wingtime Raumer et Longlife Petzl avec leur mèche de 12mm

## 5.2 Les ancrages scellés :

Par opposition aux expansions, les scellements n'imposent aucune contrainte au support lors de la pose.

Ils sont infiniment mieux adaptés à un usage dans des roches dont la dureté est moyenne ou faible, comme la calcite et permettent de réaliser tous les types d'amarrages.

### 5.2.1 Les broches :

Il existe plusieurs modèles, dont le fil est de 10mm et qui imposent un perçage à 12mm de diamètre:

- La Collinox Petzl, fabriquée par estampage, donc monopièce et sans soudure. La tige à sceller est "spiralisée", ce qui assure une bonne cohésion broche - colle. De plus, cette spirale permet un emploi assez facile des ampoules de résine en plastique. L'œil est symétrique, ce qui autorise la pose œil vertical ou horizontal. La partie en appui sur la paroi étant parfaitement horizontale, il n'est pas utile de noyer la base de la broche dans une gorge taillée.

La date de fabrication est indiquée sur cette broche, mois et année, ce qui peut servir de référence pour dater la pose.

- L'Adriana EMS (modèle 99), tige cintrée et soudée. Sa réalisation ( finition ) est assez sommaire. L'extrémité de la tige n'est pas biseautée, ce qui rend cette broche très difficile à utiliser avec une ampoule plastique. La tige à sceller présente deux séries de quatre encoches pour assurer la cohésion broche - colle. La forme de l'œil permet la pose œil vertical ou horizontal. La grande taille de l'œil autorise le passage de trois mousquetons sans problème.

Le modèle 2000 devrait évoluer, bout biseauté, anneau en appui.

- Le piton Fixe, tige cintrée et soudée. Même si la tige à sceller présente deux séries de trois cavités réalisées par emboutissage, elle est quasiment lisse. Au cours des tests la plupart des ruptures se sont situées au niveau de la liaison broche - colle. L'œil est symétrique, autorisant la pose œil horizontal ou vertical. De par la forme de l'œil, il est bon de noyer sa base dans une gorge.

- La Superstar " Raumer ", tige cintrée et soudée. La tige à sceller est moletée, assurant une très bonne cohésion broche - colle. L'œil n'est pas symétrique, ce qui impose de la poser œil vertical pour qu'il soit en appui. Par contre, il n'est pas nécessaire de noyer la base de l'œil.

Toutes ces broches peuvent permettre un



4 types de broches inox à coller de diamètre 10 mm. Perçage à 12 mm.

De gche à dr. : Piton " Fixe ", " Superstar " Raumer, " Collinox ", " Petzl ", " Adriana " EMS ".



## 5.2.2 Les différentes colles :

5.2.2.1 Le Sikadur 31C'est un ciment colle bien connu, utilisé depuis longtemps par les grimpeurs. Son prix de revient par ancrage est le plus bas du marché.

Par contre, sa préparation demande une grande rigueur et reste parfois aléatoire (réalisation du mélange résine - durcisseur). Sa manipulation est peu pratique.

**C'est un produit qui se comporte très mal en atmosphère humide, cela semble limiter son usage aux puits d'entrée ou aux zones bien sèches.**

### 5.2.2.2 Résines en cartouches doubles

Ce sont des résines présentées en deux parties (résine et durcisseur) qui s'emploient avec un pistolet spécial. Le mélange des deux produits stockés dans deux réservoirs souples, s'effectue lors de l'injection, dans une buse hélicoïdale.

Elles ont une résistance correcte, **mais leur mise en œuvre reste délicate :**

**Il faut jeter le produit des 2 ou 3 premières pressions pour être sûr que le mélange est correct.**

- Il est possible que l'un des deux composants ne soit pas injecté dans le mélange en quantité suffisante interdisant une bonne polymérisation.
- Il faut vérifier que l'enveloppe souple des cartouches ne se plisse pas dans le pistolet, vienne obstruer l'orifice modifiant la proportion du mélange.
- L'homogénéité du mélange des composants n'est pas contrôlable visuellement.
- La résine polymérise rapidement dans la buse, obligeant à de fréquents changements de celle-ci. Dans les résines en cartouches, les trois testées (Hilti C100, epoxy-acrylate HY 150, HY 50) céréthane, méthacrylate sont satisfaisantes, avec une préférence pour la HY 150 par opposition à la toxicité de la C 100, et à la fluidité de la HY 50 qui la réserve plutôt au cellages en rocher fissuré ou poreux.



Pistolet à cartouche HILTI avec sa cartouche de rechange.

### 5.2.2.3 Les résines en ampoules

Ce sont des résines époxy-acrylates. Leur prise est rapide, moins de dix heures entre 0 et 10°. Leur résistance est excellente, voir les résultats des tests en annexe, et leur utilisation est beaucoup plus simple.

Le conditionnement est de deux types :

- ampoules en verre (Mungo, Spit) : Elles sont les plus simples à mettre en œuvre, mais il est indispensable d'être soigneux pour leur transport. Les ampoules Mungo, ont une résistance bien meilleure quand la broche est mise en rotation pour homogénéiser la résine que quand elles sont frappées comme le préconisent fabricant et revendeur.

- " ampoules " en plastique, ce sont plutôt des " berlingos " (Hilti). Leur transport ne pose pas de problème, elles sont très solides. Attention toutefois, des chocs peuvent trouer le plastique de l'ampoule, et on risque de se retrouver avec une ampoule vide de sa résine, mais avec une poche pleine... Leur usage est moins aisé que celui des ampoules en verre, sauf en plafond où on a pas de perte de résine.



Les 3 types d'ampoules les plus connues. Toutes trois d'une qualité irréprochable, donnant les meilleurs résultats en résistance.

Mungo MSP et Spit en ampoules verres, permettant une rotation de la broche facile lors de la pose.

Hilti en capsules souples dites " ampoules plastique " : les plus intéressantes pour réaliser des collages en plafond, car après rotation de la broche, celle ci tient la tête en bas sans bricolages et sans fuites de résine !

### Cartouches ou ampoules, que choisir ?

Le prix de revient d'un collage avec l'un ou l'autre produit est sensiblement identique : autour de 10 à 12 F l'unité pour les ampoules et 8 à 10F pour les cartouches.

L'utilisation des cartouches demande de la méthode et de l'organisation. Il faut percer et nettoyer un grand nombre de trous d'avance si on ne veut pas faire une grande consommation de buses. En effet, avec une cartouche on peut coller entre 15 et 20 broches, si on prévoit 3 buses par cartouche, on pourra donc préparer 6 ou 7 trous avant de coller.



Dans les cavités où l'on circule facilement, ou si les points à sceller sont rapprochés, c'est peut-être la meilleure solution. C'est aussi la seule protection pour réaliser des scellements profonds (en roche + tendre 200 à 400 m/m). Dans ce cas, préférer la HY 50. Utiliser la buse avec sa rallonge pour injecter la colle au fond du trou.

A l'inverse, s'il s'agit d'équiper une cavité où les points à équiper sont éloignés et dispersés, ou s'il s'agit de placer quelques points d'ancrages pour compléter un équipement déjà en place, ou enfin faire des collages en plafond, l'utilisation des ampoules est plus adaptée.

C'est de toutes façons plus facile à utiliser et un peu plus résistant!

Certains équipiers seraient partisans de tout coller aux ampoules car la fiabilité du mélange serait meilleure.

#### 5.2.2.4 Et demain ?

L'évolution technologique des matériaux laisse penser que de nouvelles colles vont arriver sur le marché. Il faudra, si on veut les utiliser en spéléologie, qu'elles soient insensibles à l'humidité et aussi simples d'emploi que les ampoules actuelles pour des résistances au moins équivalentes.

### 5.3 Les scellements au ciment prompt

Ce type de scellement peut s'avérer intéressant dans des roches de mauvaise qualité, ou trop hétérogènes (roches feuilletées, présentant des poches de calcite ou des vides). Dans ce cas, un perçage profond (300 à 400 mm) est indispensable. Le ciment liquide permet un remplissage maximum du trou et obstrue mieux les irrégularités et les fissures de la roche qu'une résine moins fluide aux basses températures.

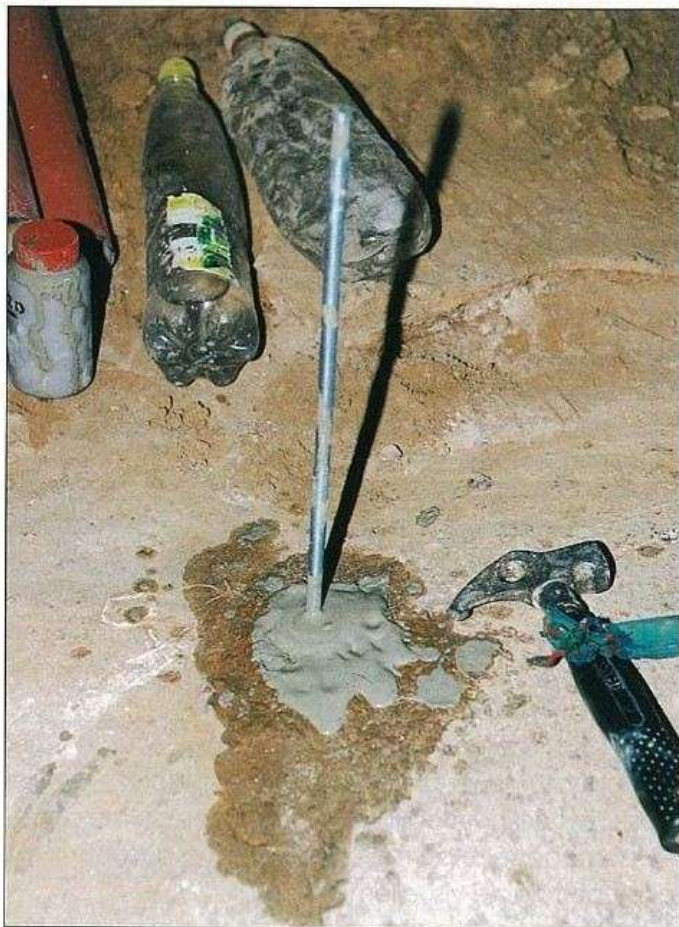
Dans de la calcite de très mauvaise qualité, nous sommes arrivés à des résistances excellentes : 2600 daN.

Les inconvénients de ce type de scellements sont :

- la longueur du perçage nécessaire pour assurer un collage efficace.
- l'angle de perçage qui doit être orienté vers le bas pour permettre au coulis de ciment de s'écouler par gravité jusqu'au fond du trou.

Les vis inox (10 x 300) à sceller au ciment prompt, semblent être bien adaptées. L'inox est ici rendu indispensable par la corrosion dont les métaux sont victimes au contact du ciment. Le fait de sceller une vis plutôt qu'une tige filetée rend l'amarrage inviolable, la tête de la vis coinçant une plaquette, elle aussi en inox. Par contre, après usure de la

surface du support, la plaquette pourra prendre du jeu. Ce qui ne serait pas un réel problème, cela n'ayant pas d'influence sur la résistance de l'amarrage. ...ventuellement pour y remédier, le scellement d'une tige filetée portant une plaquette bloquée par un écrou permettrait le resserrage régulier de l'amarrage, mais dans ce cas, il n'est plus inviolable !



*Scellement à 300 mm au ciment prompt d'une tige inox de 10mm dans de la calcite de mauvaise qualité, sèche et poreuse. Dans ce matériau le ciment très fluide pénètre mieux que la résine. Ce sera le scellement le plus solide dans ce support : arrachement à 2600 daN.*

**Remarque : dans le cas où il faudrait réaliser un scellement profond en plafond, le ciment prompt trop fluide, serait inadapté, il faudrait alors utiliser une résine en cartouche assez fluide (type HY50 Hilti) avec une buse .**



# 6 LES TESTS

## 6.1 Déroutement des tests

Pour réaliser ces tests, nous avons choisi plusieurs supports et différentes manières de solliciter les ancrages :

Calcaire jurassique compact, "bon rocher" :

- arrachement, broches scellées et expansions.
- cisaillement, broches scellées et expansions.

Calcite de "bonne qualité"

- cisaillement, broches scellées et expansions.

Calcite de médiocre qualité "calcite pourrie" :

- arrachement, broches scellées et tige filetée scellée.



*Pour solliciter les ancrages, nous avons utilisé un vérin hydraulique monté sur un trépied. Les mesures ont été effectuées avec un capteur dynamomètre Tractel, modèle Dynafor série LLX, mémorisant la charge maximum appliquée.*

Pour les tests en "bonne" roche, nous avons réalisé des collages trous secs puis avec les mêmes produits dans des trous remplis d'eau et vidés. La résistance des collages s'est avérée un peu moins bonne dans les trous mouillés. Pour simuler les conditions de tests les plus défavorables, nous avons aussi effectué les tests en calcite après avoir "noyé" puis vidé les trous.

Les mesures effectuées nous ont permis d'obtenir des valeurs indicatives quant au comportement sous charge des ancrages testés. Dans la mesure où, contrairement à l'escalade, nous ne cherchons pas à avoir des points dont la résistance serait TOUJOURS supérieure à 2500 daN, ces valeurs sont

intéressantes. Ces valeurs sont rarement inférieures à 2 000daN.

Nos cordes (avec noeud) ont une résistance maxi de l'ordre de 1500 DaN.

**1 500daN : on peut considérer cette valeur comme suffisante pour un ancrage en cavité (c'est trois fois la valeur maximale d'utilisation 480 daN : descente brutale d'un spéléologue sur corde simple avec renvoi couissant du deuxième brin bloqué en bas sur amarrage ou équipier, C.F. Dossier Etudes et Recherches SSF page 36).**

## 6.2 Analyse des résultats et conclusions.

Voir tableaux en annexe.

Tous les ancrages "préviennent" avant de lâcher : soit en se déformant, soit en commençant à sortir progressivement avant de s'arracher complètement.

Comparée à la résistance en roche sèche, la résistance des scellements est légèrement inférieure en roche mouillée. Les valeurs annoncées par les constructeurs sont donc à nuancer pour un usage sous terre dans un milieu "plutôt" humide, mais les résistances obtenues restent très satisfaisantes, (la plupart du temps au dessus de 2 000daN).

Nous avons aussi volontairement bâclé la mise en place de plusieurs scellements :

- mauvais nettoyage du trou
- mauvais mélange des composants des résines
- ampoules mises en place sans rotation de la broche
- mauvaise profondeur de perçage.

Certains ancrages ont été enlevés à la main, et d'autres ont lâché avec des forces de traction très faibles.

Après avoir refait correctement ces scellements avec les mêmes produits, nous avons obtenu des valeurs de résistance tout à fait acceptables, (toujours au dessus de 2 000daN).

**La mise en place de scellements doit donc être particulièrement soignée.**



Dans du "bon" rocher, compte tenu des résistances mesurées, le sens de traction importe peu : pour un usage en spéléologie les résultats sont bons si la mise en place a été soignée (résistance supérieure à 2000 daN). La résistance des scellements varie un peu en fonction de l'angle de la traction qui leur a été appliquée :

Si la traction se fait dans l'axe du scellement (à l'arrachement), la résistance est maximale. C'est donc la configuration à privilégier dans un rocher de qualité moyenne.

Plus la traction se fait au cisaillement, plus la résistance décroît. (C.F. tests en annexe, traction à 0, 45 et 90°), mais les valeurs restent de toutes façons très élevées.

C'est donc (en bon rocher) les contraintes de l'équipement qui détermineront la position de la broche.

**Attention à ne pas poser des scellements trop près du bord d'une dalle (moins de 10 cm), ou sur une arête (si le rocher n'est pas irréprochable).**

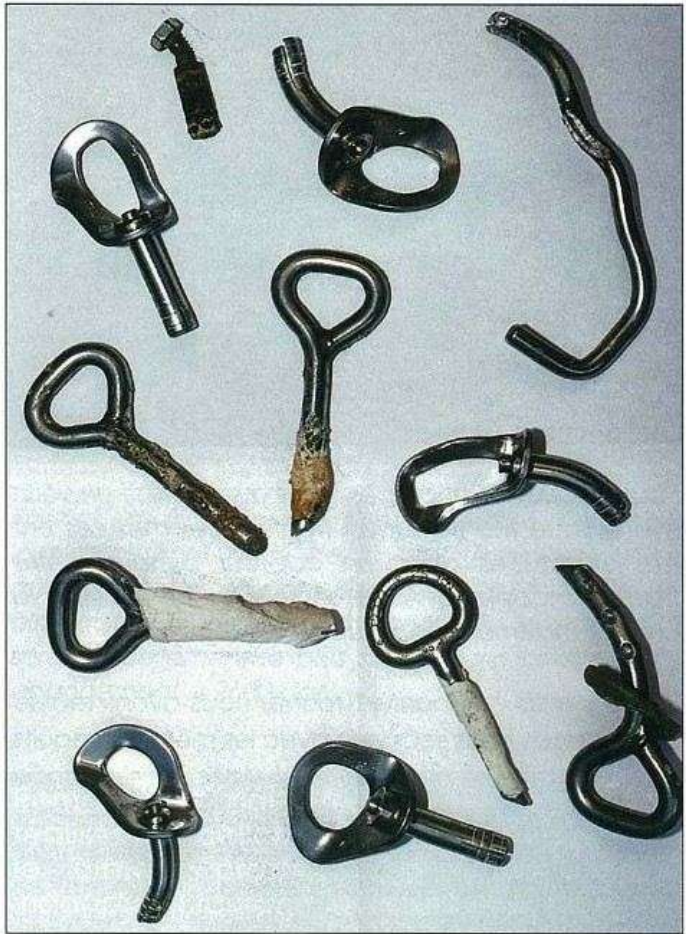
Pour des broches sollicitées à l'arrachement à 10 cm d'un angle rocheux, nous n'avons constaté aucune différence avec des arrachements effectués en pleine dalle.

Concernant les ancrages à expansion de type inviolable, leur résistance en roche saine est tout à fait correcte et conforme à ce qui est annoncé par les fabricants. Il subsiste toutefois un doute quant à leur comportement à long terme après des cycles "d'ébranlement" suite aux contraintes infligées à un ancrage par des spéléologues remontant aux bloqueurs. C'est pour cela qu'il vaut mieux réserver leur usage à des situations où ils seront moins sollicités : départ de main courante, déviation.

### Conclusions :

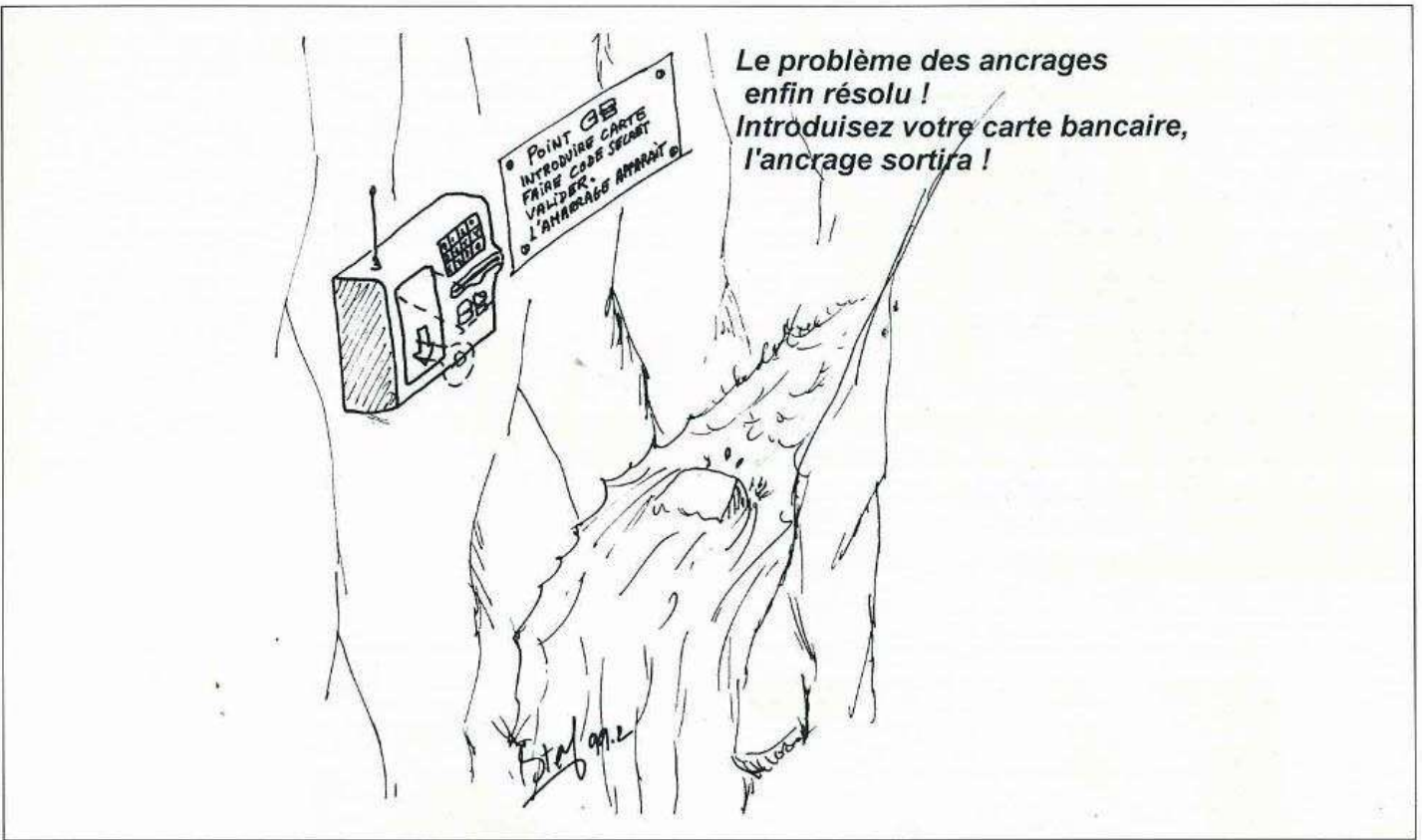
- Les ancrages à expansion inox ont des résistances suffisantes en roche saine. Il faut les utiliser quand ils sont nécessaires à la progression immédiatement après la pose, dans des situations acrobatiques.
- Les ancrages scellés à la résine sont très résistants en roche saine, et sont les seuls efficaces dans les roches médiocres. Ils sont aussi, à priori, les plus fiables dans le temps.

- Toutes les broches commercialisées citées, ont une résistance satisfaisante si elles sont correctement posées, chacune ayant ses propres spécificités.
- De même, toutes les colles citées, (en cartouches ou en ampoules), permettent de réaliser des scellements suffisamment solides, à condition de respecter toutes les précautions d'emploi.
- La meilleure résistance des ancrages scellés à la résine est la plupart du temps obtenue quand ils travaillent à l'arrachement.
- Quand la roche est de très mauvaise qualité, les scellements au ciment prompt sollicitant une grande épaisseur de roche sont actuellement une des meilleures solutions



Tous ces ancrages ont résistés à des efforts supérieurs à 1 500daN, sauf..... le spit en haut et à gauche qui à lâché à 500 daN !

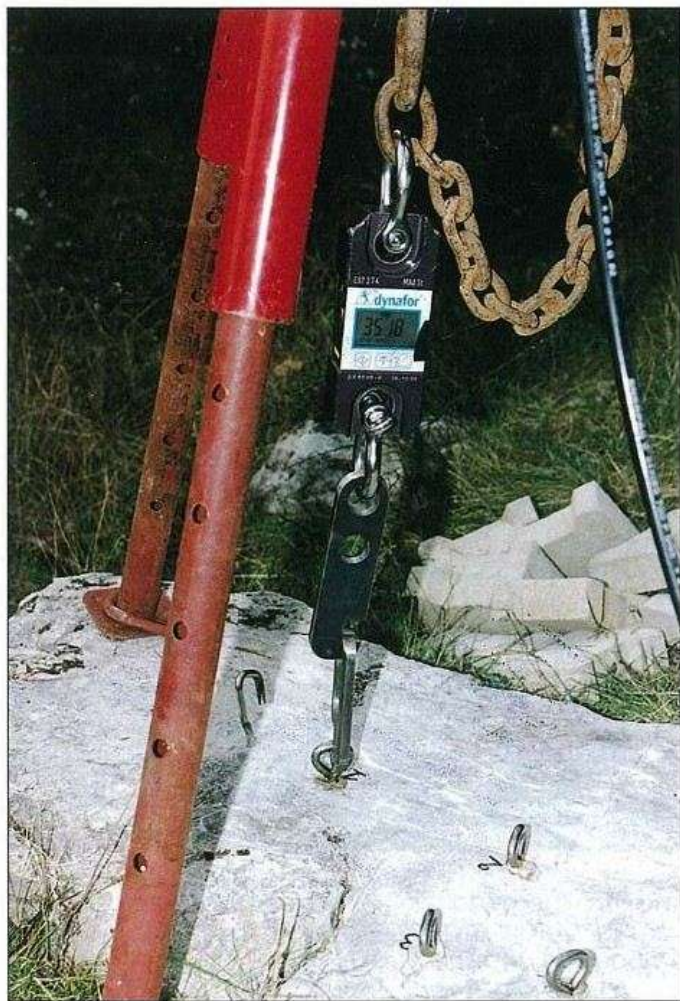




Une solution d'avenir : le distributeur d'ancrage  
en haut de chaque puits !  
" Introduisez votre carte bleue, faites votre code, validez et  
l'ancrage sortira ! "







Test à l'arrachement en calcaire dur. Certains collages ont été fait à sec, d'autres en trous mouillés. Le dynamomètre indique 3 518 daN.



Tests à l'arrachement sur un plancher de calcite. Tous les trous ont été gorgés d'eau puis vidés avant collage.



Broche après arrachement à 1774 daN en vieille calcite poreuse. Dans les roches tendres, on constate en général l'arrachement du rocher, (ici partie de cône, resté sur la broche) alors qu'en roche dure, c'est la liaison résine broche qui lâche.



Starfix sollicité au cisaillement en calcite dure jusqu'à 1750 daN. Rupture de la soudure fermant l'anneau.



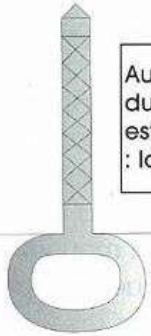
Test de résistance au cisaillement d'une broche scellée en calcite



## Dans quelle position une broche a t-elle la meilleure résistance ?

Les valeurs données ci dessous sont les valeurs moyennes en roche dure sur des collages à l'ampoule.  
La seule variable était la position de la broche

### Arrachement



Aucune déformation, ni de la broche, ni du rocher n'est possible. Ainsi le collage est sollicité jusqu'à l'extrême, c'est à dire : la rupture de la liaison broche colle.

3280 daN : moyenne sur 46 collages

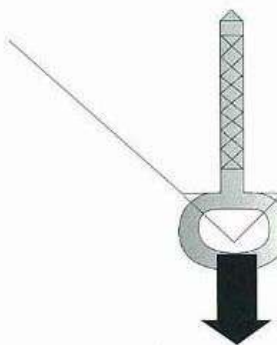
### Cisaillement anneau horizontal



L'anneau fléchit à 650 daN et ensuite il n'y a plus aucune déformation jusqu'à l'arrachement total à cause de la détérioration du rocher au bord du trou.

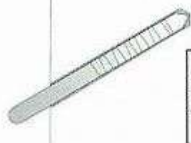
3086 daN

### Cas particulier



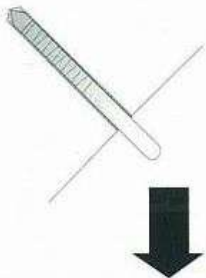
Arrachement sur un angle : très solide, à condition que la broche soit sollicitée à l'arrachement uniquement.

3000 daN



Effort mixte à 45° : cas du fractionnement en paroi

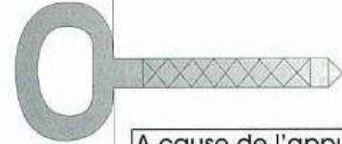
3000 daN



Effort mixte : cas du surplomb incliné à 45°

3000 daN

### Cisaillement anneau vertical



A cause de l'appui de l'anneau sur la roche, la tige se tord par effet de levier et la liaison métal résine lâche plus tôt.

2714 daN

### Conclusion :

1 - Il ne faut donc pas hésiter à positionner les broches en plafond, **c'est là qu'elles sont les plus solides.**  
2 - Dans le cas le plus défavorable, 2714 daN, broche travaillant au cisaillement avec l'anneau vertical, on constate que les résistances restent très élevées. **Il ne faut donc pas hésiter à utiliser cette position quand c'est nécessaire !**



# 7 LES PRINCIPES D'EQUIPEMENT

La spéléologie ne se résume pas à la recherche d'une ligne de chevilles pour visser des plaquettes et poser une corde. C'est seulement la partie "mécanique" de l'activité.

De même, ce n'est pas parce que des ancrages en inox seront parfois mis en place sous terre que la spéléologie aura perdu son âme...

La technique n'est, et ne sera jamais, qu'un moyen de progresser en toute sécurité. D'où la volonté de poser des ancrages plus fiables que les chevilles habituelles, lorsque c'est nécessaire.

L'équipement des cavités en ancrages permanents vient en complément des principes recommandés par l'École Française de Spéléologie. Bien que les broches permettent d'élargir le choix des emplacements (parties bombées, arêtes larges, rocher moins résistant), que se soit sur un Spit ou une broche scellée, l'emplacement idéal pour attacher la corde sera toujours le même !

## 7.1 Les principes en général

Il faudra respecter plusieurs principes :

### 7.1.1 Les amarrages naturels

Lorsqu'il en existe, bien placés, il n'est pas nécessaire de les remplacer par un ancrage artificiel... On trouve parfois des Spits dans des stalagmites, mais ce n'est pas une raison...

Il est possible de faire un amarrage naturel en faisant un trou au travers d'une lame de rocher.

On l'utilise en passant la corde directement en premier amarrage ou en passant un anneau de corde pour un amarrage intermédiaire.



*Un trou percé dans la roche peut constituer un AN.*

### 7.1.2 Éviter le "suréquipement"

Il ne faut placer que les amarrages strictement nécessaires. A l'inverse, il n'est pas question de détruire les Spits en bon état qui peuvent servir pour équiper en double, ou en cas de secours.

### 7.1.3 Le confort de progression

La mise en place d'ancrages scellés nécessite une logistique plus lourde que pour poser une cheville auto foreuse. Mettre en œuvre ces moyens, doit être rentable et l'équipement réalisé doit permettre une progression confortable, d'autant qu'on est moins limité dans des lieux de pose : ancrages fixés en hauteur mais que tout un chacun puisse atteindre, présence de margelles en sortie de puits...

Il est possible de poser des scellements en des lieux où il serait difficile de mettre un Spit manuellement. Dans certains grands puits, lorsque des pendules importants sont nécessaires pour la mise en place d'agrès, la pose d'un amarrage du type broche est un plus pour faciliter l'équipement en permettant de se longer à la volée.

### 7.1.4 Lisibilité de l'équipement

Quand on choisit d'équiper une même difficulté avec deux lignes d'équipement (cavité école, classique très fréquentée...), il faut que ces deux lignes soient bien distinctes et ne se croisent pas. Seuls les deux premiers amarrages peuvent être communs.

### 7.1.5 Traversées

- Prévoir les ancrages de main courantes rappelables
- Prévoir l'usure

Quand l'amarrage risque de subir une usure rapide (départ de rappel) à cause de l'abrasion due à la présence d'argile sur les cordes, il faut prévoir de pouvoir facilement changer la partie qui s'use, par exemple : placer deux amarrages en ligne avec un maillon rapide remplaçable pour le rappel.

### 7.1.6 Polyvalence

Il faut placer des amarrages qui satisfassent tous les utilisateurs et tous les types de pratique : clubs avec de l'équipement classique, clubs avec de la corde de type L, professionnels...

C'est la raison pour laquelle la mise en place d'ancrages permanents dans une cavité doit être une réalisation collective.

### 7.1.6 L'équipement sans connecteurs

Lors de la mise en place de broches, il faut garder à l'esprit la possibilité d'équiper directement sur l'amarrage en se passant de connecteur.

Ceci est intéressant si des cordes doivent rester en place, dans le cas d'une traversée ou d'une remontée, en réduisant les risques d'emprunt de matériel.



## 7.2 Exemples d'équipements

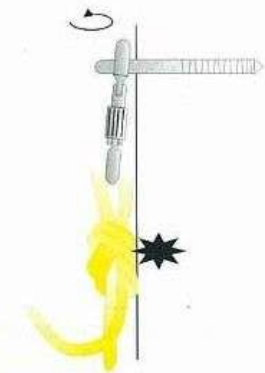
Cas de la broche scellée en position d'ancrage de fractionnement sur une paroi verticale



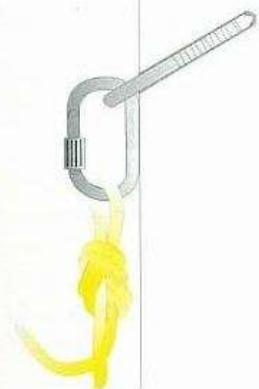
En équipement traditionnel, l'utilisation d'une plaquette coudée permet le positionnement du mousqueton perpendiculairement à la paroi.  
En général cela supprime tout risque de frottement du nœud sur la roche.



Une broche scellée horizontalement dont on a placé l'anneau à l'horizontale permet à première vue d'obtenir le même résultat.



Hélas non, il y a toutes les chances pour que le mousqueton, ou le maillon tourne et vienne se plaquer contre la roche, provoquant ainsi le frottement du nœud.

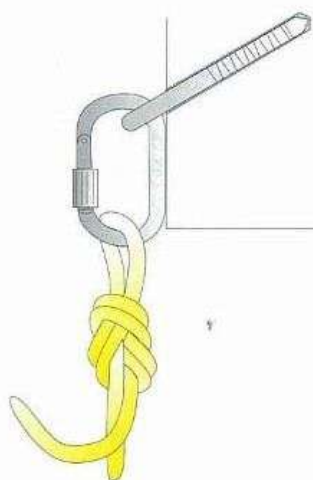


La solution, c'est de réaliser le collage de la broche dans un trou remontant à 30 ou 45°. Le mousqueton reviendra toujours se positionner perpendiculairement à la paroi dès que la corde sera sollicitée en traction.

Remarque : Une broche n'autorise pas cette possibilité, c'est la "superstar" Raumer, car elle possède un anneau asymétrique.



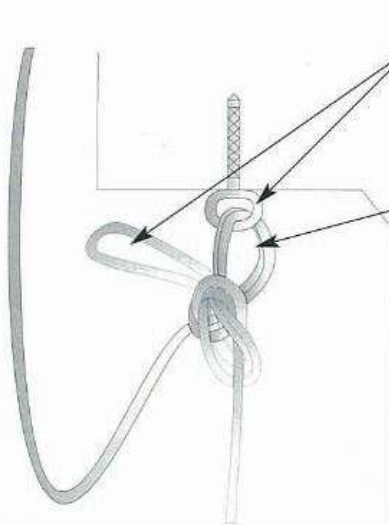
## Comment équiper un surplomb ?



**Solution correcte mais moyenne** : le trou est percé à 10 cm de l'arête (c'est la hauteur d'un mousqueton standard) donc la solidité de l'ancrage est optimum.

Un équipement sur maillon sans qu'il y ait frottement du nœud est plus aléatoire.

Un équipement sans connecteur est impossible.

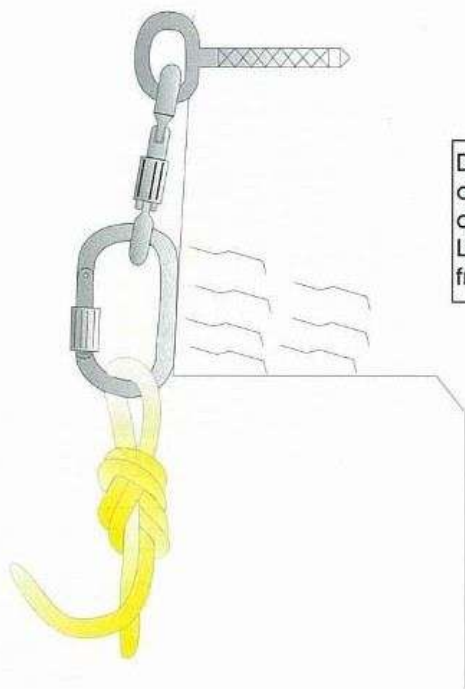


Se longer dans l'anneau de la broche ou dans la clé de longage, non représentée ici (voir page 32).

Attention ne pas se longer dans la boucle du nœud.

**Solution idéale** : solidité maximum de l'ancrage, tout type de connecteur utilisable.

Équipement sans connecteur possible, ici avec nœud de chaise en double, et clé de longage non représentée ici (voir page 32).

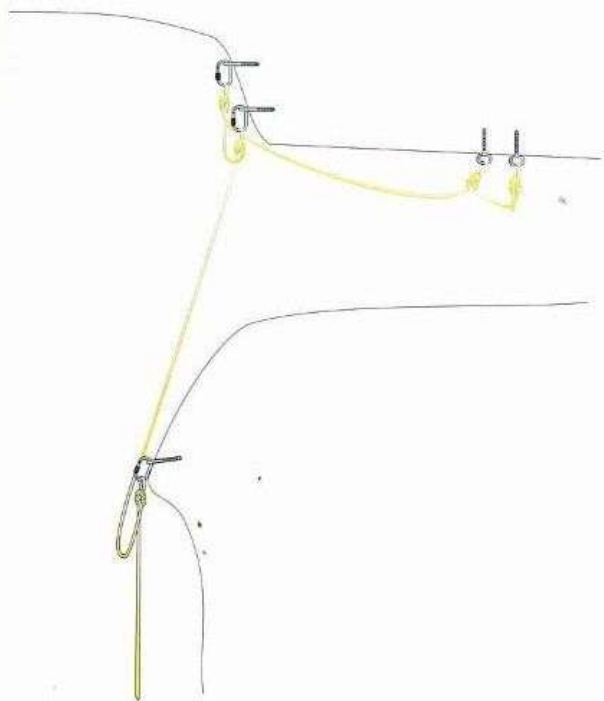


Dans le cas où la qualité de la roche de part et d'autre de l'arête est fragile ou douteuse, il n'y a pas d'autre solution que de placer la broche à 10 cm au dessus de cette zone.

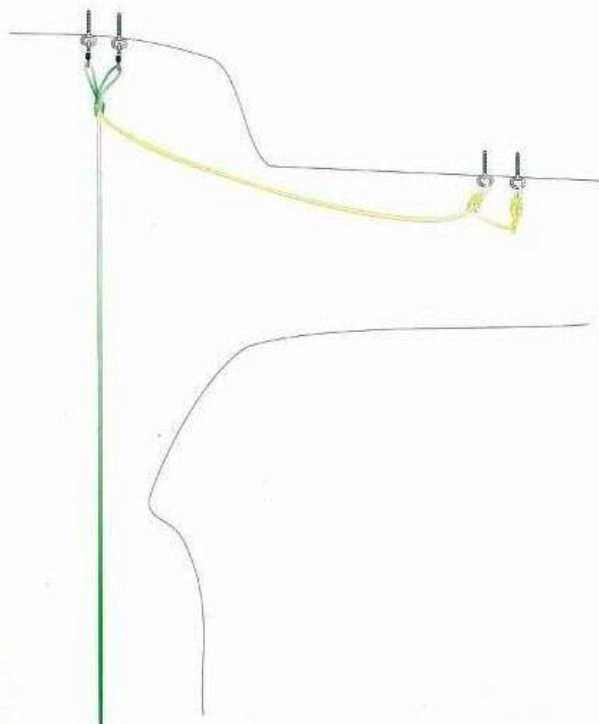
L'emploi d'une chaîne de connecteurs, de sangle ou d'anneau "dyneema" à frotter sera obligatoire.



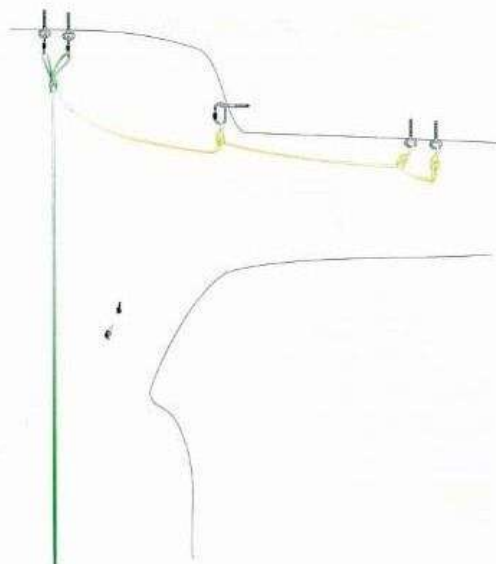
## Cas d'équipement classique



*Solution 1 : Équipement correct mais peu confortable pour le départ ou la sortie de puits. Fractionnement obligatoire.*



*Solution 2 : Équipement confortable, avec un nombre d'ancrages réduit. Départ et sortie de puits facile en progression pour les équipiers. Mais le double ancrage en plafond reste difficile et exposé à atteindre pour un équipier de petite taille ou peu expérimenté.*



*Solution 3 : Un point intermédiaire sur la main courante permet à l'équipier de se longer pour atteindre facilement le double ancrage de plafond.*

### 7.3 Éthique de l'équipement

L'emplacement de l'ancrage (et donc de l'amarrage) est déterminé par :

#### - Son rôle :

Main courante (départ et intermédiaire).  
Protection de l'équipier pour atteindre les équipements de puits aériens. (voir fig. précédentes).  
Départ de puits.  
Fractionnement.  
Déviation.  
Rappel (traversées).  
Remontée.

#### - Les risques :

Frottements, crues, chutes de pierres.

#### - Le confort de progression.

#### - Les règles de sécurité :

Amarrage artificiel doublé en départ de main courante et tête de puits.  
Équipement tendant vers le facteur de chute 0.

#### - Les règles de l'éthique :

Équipement cohérent et clair.  
Équipement "lisible" (le double amarrage hors crue, caché et lointain, sera suggéré par un ou plusieurs points intermédiaires).



# 8 LA MÉTHODOLOGIE

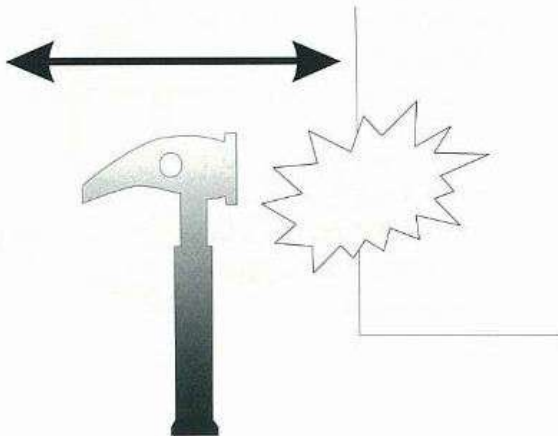
Chronologie de la mise en place d'un ancrage scellé

## 8.1 La caisse à outil du G E (gentil équipeur) :

- perforateur + énergie,
- forets (Hilti TECX) à double rampe. Ils sont plus chers, mais plus performants, et donc plus économes en énergie.
- soufflette.
- écouvillon.
- 1 marteau à tête inox (en effet, si on utilise un marteau à tête acier, à chaque coup porté sur la broche, se déposeront des particules qui seront à l'origine de points de rouille).
- chiffon avec dégraissant (acétone, essence C ou F, trichlo,..).
- éventuellement, jeu de frappe pour dater la pose du scellement sur la broche.
- mètre.
- pistolet à colle et ses buses ou ampoules avec leur boîte de transport.
- chiffons pour essuyer le surplus de résine.
- morceaux de plastique découpés dans une bouteille d'eau minérale et morceaux de chambre à air dans le cas de la pose de collages en plafond pour éviter la perte de colle ou de résine.
- quelques clous pour maintenir les scellements en plafond pendant la polymérisation.
- Une brosse ou une soufflette puissante pour le nettoyage du rocher après perçage.

## 8.2 Le sondage :

Pour tous les types d'ancrages, l'emplacement choisi doit être sondé au marteau et sa surface travaillée si nécessaire avant perçage. Il faut s'assurer de la compacité de la roche et être attentif aux écailles décollées et aux micro-fissurations de la roche.



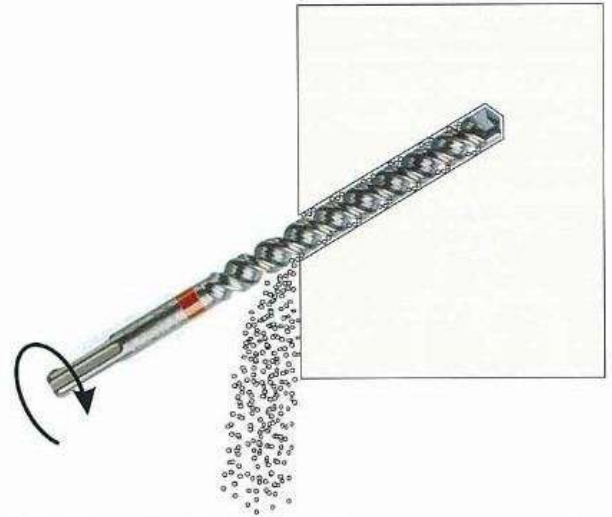
Un son clair est une garantie de la compacité de la roche.

## 8.3 Le perçage :

Il doit être adapté à l'ancrage qui sera implanté :

- La profondeur de perçage :

Dans tous les cas et pour tous les types de broches, elle doit être au moins équivalente à la longueur de la partie à sceller de l'ancrage utilisé.



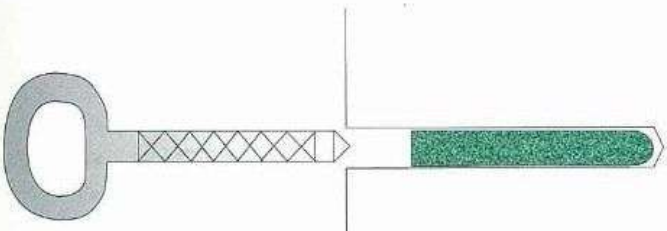
L'utilisation de forets double rampe permet une importante économie d'accus.

En cas d'utilisation de colle conditionnée en cartouche (pose avec pistolet), la profondeur du perçage doit bien sûr être supérieure à la longueur de la partie à sceller de l'ancrage choisi : à 5 à 10mm. Si on perce plus profond, cela a peu d'importance, on compensera par davantage de résine.

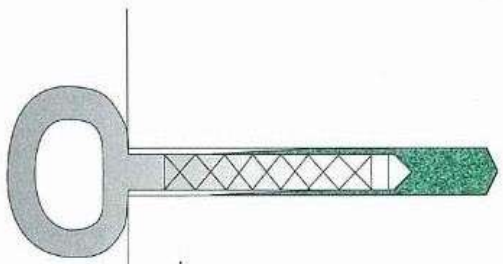
Par contre avec l'utilisation des ampoules (plastique, ou verre), la profondeur maximum de perçage doit être impérativement adaptée à la longueur de la partie à sceller de la broche bien sûr, mais surtout à la dimension des ampoules utilisées à 5mm :

un perçage trop long va immobiliser une partie de résine au fond du trou, résine qui ne sera pas disponible pour le scellement et le mélange des différents composants ne sera pas parfait. Dans tous les cas où nous avons percé trop profond, les résistances ont diminué de façon significative.



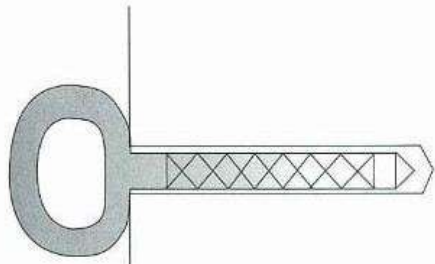


Si le trou est trop profond, l'ampoule y disparaît !

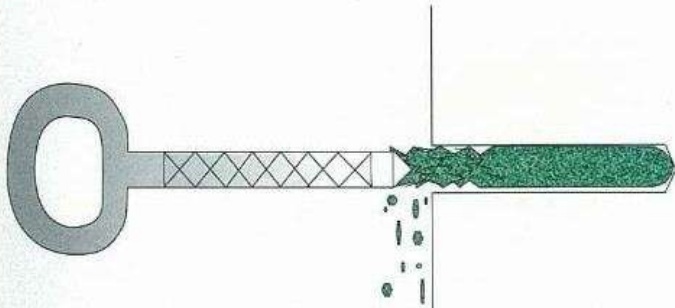


La conséquence sera un collage mal mélangé, réalisé sur la moitié de la broche ! Résistance insuffisante.

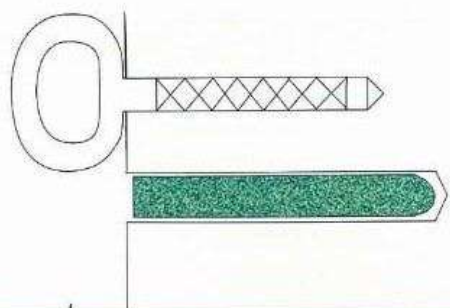
- un perçage trop court va réduire la surface du scellement et donc sa résistance. Avec un trou trop court, l'extrémité de l'ampoule sera encore à l'extérieur au moment de la percuter avec la broche. Le risque de perdre du produit n'est pas négligeable, surtout avec des ampoules en verre.



A priori, on serait tenté d'ajuster la longueur du trou à la longueur de la broche



Erreur, pour certains types de broches plus courtes, l'ampoule va dépasser et on aura une perte de matière à l'introduction de la broche. Là encore perte de résistance



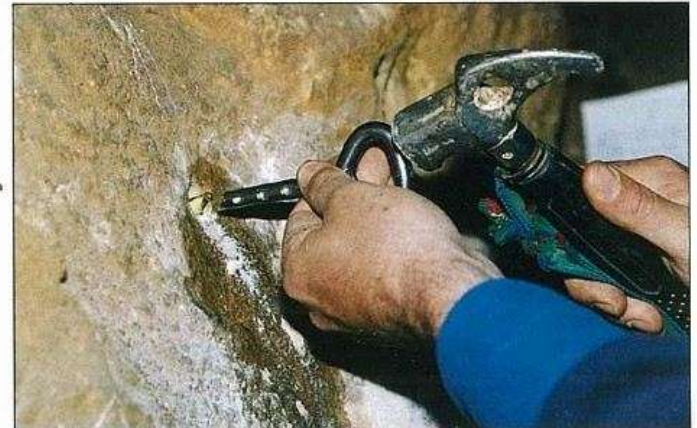
**Conclusion :** pour les collages à l'ampoule la profondeur du trou doit être à peu près égale à la longueur de l'ampoule + 5mm et la partie à sceller de la broche, bien sur, plus courte que cette longueur.

Il est donc important d'effectuer un repère de profondeur sur la mèche (à l'aide d'un stylo peinture, avec du tipex en pinceau...). Il existe aussi des butées de profondeur adaptables sur les mèches.

L'angle de perçage: il varie en fonction de la configuration de la paroi et de l'angle de traction qui va s'exercer sur l'ancrage. Au regard des tests effectués il semble que la résistance d'un ancrage est supérieure quand celui-ci travaille à l'arrachement.

**Remarque :** Si au cours du perçage, malgré un aspect superficiel de la roche satisfaisant et un bon sondage au marteau, on sent des variations brutales de résistance dans la roche, c'est que celle-ci est fissurée ou présente des micro cavités.

**Remarque :** Dans ce cas, le collage n'est pas impossible, mais il faut anticiper. Le trou fera une "consommation" de colle supérieure à la normale. En cas de collage au pistolet pas de problème, on remplit abondamment le trou. Si on utilise des ampoules il faudra certainement en utiliser 2 pour un même trou jusqu'à ce que l'on constate un léger reflux de résine à la fin de la pose.



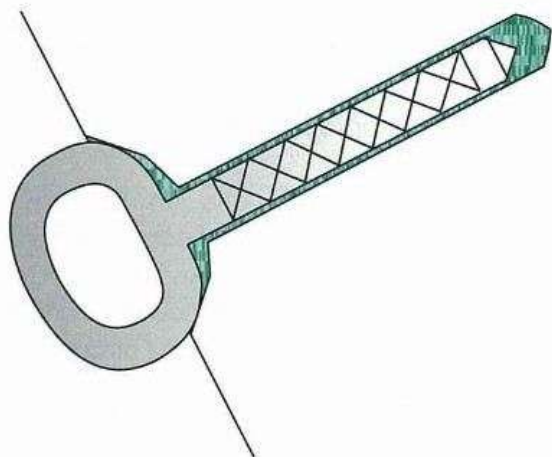
Collage à l'ampoule. Le trou est percé trop court. L'ampoule dépassait de l'orifice. A la cassure de l'ampoule une partie du produit est perdu. Le collage risque de perdre en résistance.



## 8.4 Le "noyage" des têtes de broches

Pour certains types de broches (Fixe, EMS) on peut tailler (avec la perforatrice ou au marteau et au burin) un épaulement (chanfrein) dans lequel la tête de la broche va s'encaster de sorte que l'œil soit juste à la surface du rocher. La broche sera ainsi plus résistante, moins apparente et moins sensible aux chutes de pierres qui pourraient l'endommager. Cela donnera au collage un aspect plus discret et plus esthétique.

Notons que les broches Collinox et Raumer ne nécessitent pas cette précaution puisque leur forme permet l'appui de l'anneau sur le rocher.



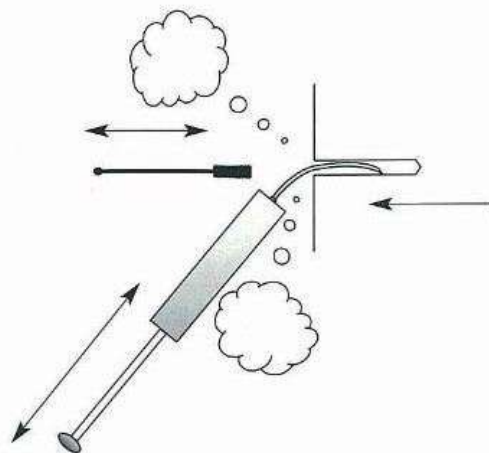
*On peut noyer les anneaux de broches.  
On obtient un léger gain en résistance et un collage un peu plus esthétique.*

## 8.5 Le nettoyage du trou:

Il est très important, pour la pose d'un scellement chimique :

1. la soufflette évacue les poussières du trou ( la pompe de vélo avec un embout souple, c'est un peu insuffisant). Beaucoup mieux la soufflette HILTI, qui grâce à sa puissance de soufflage, permet aussi de nettoyer les abords du trou après le perçage.
2. le brossage qui permet de décoller toute la poussière de la paroi du trou : l'écouvillon est ici indispensable.

Recommencer brossage et soufflage autant de fois que nécessaire, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de poussière sortant du trou au soufflage.



*La résistance du collage est largement déterminée par la qualité du nettoyage du trou.*

3. La présence d'eau dans le perçage ? Globalement les scellements effectués dans des roches humides ont une résistance inférieure à ce qui est obtenu dans une roche sèche, mais les valeurs ne présentent pas des écarts très significatifs (à condition bien sûr de bien évacuer l'eau avant de coller). Il peut être nécessaire d'utiliser l'eau pour parfaire le nettoyage du trou, notamment en cas de perçage du rocher très mouillé ou arrosé.

## 8.6 Les broches à coller, préparation :

La Collinox de Petzl: diamètre 10 mm, longueur de la tige 70 mm.

Le piton inox de Fixe : diamètre 10 mm, longueur de la tige 80 mm.

Le modèle Superstar de Raumer : diamètre 10 mm, longueur de la tige 80 mm.

Le modèle Adriana EMS : diamètre 10 mm, longueur de la tige 75 mm.

Il est important de dégraisser les broches avant scellement (sauf Collinox et Superstar, très crantées) pour que la colle ait une adhérence correcte sur le métal. Un solvant et un chiffon seront employés. Il faudra ensuite éviter de mettre les doigts sur la partie à sceller et manipuler les broches en les tenant par les anneaux.



*Dégraisser les broches avec un solvant ou un produit dégraissant avant la séance de pose.*



Une broche à sceller peut être datée, la date de pose se met sur l'œil de la broche à l'aide de chiffres à frapper (avant la pose), ceci afin d'avoir une idée de l'évolution du scellement dans le temps. La Collinox possède déjà le marquage de sa date de fabrication, qui bien qu'antérieure à sa pose sera une indication suffisante. Sinon, le rééquipement fera toujours l'objet d'une publication avec nouvelle fiche d'équipement qui sera datée.

## 8.7 L'injection de la colle :

Il existe deux formes de conditionnement pour les résines servant à réaliser des scellements:

- **Les ampoules autocassables** conditionnées, soit sous forme de tube en verre, soit sous enveloppe plastique, qui glissées dans le trou (dans le bon sens), seront éclatées par implantation de l'ancrage au marteau, et dont les différents composants seront mélangés par une rotation de la broche (20 tours minimum).

**Dans les cavités froides (température inférieure à 10°), il est conseillé de garder les ampoules sous la combinaison (25°) dans une boîte solide, la résine restera plus fluide, se mélangera mieux et le temps de prise plus court.**

La longueur des ampoules verre SPIT ET MUNGO (90mm) et ampoules plastique HILTI (80 mm) est bien adaptée à l'utilisation des broches Fixe, Raumer et EMS.

Par contre il est préférable d'utiliser des ampoules plastiques HILTI avec les broches Collinox qui sont plus courtes, (voir détails en page 27).

### Remarque :

Il peut apparaître sur la broche des taches de rouille au bout d'un laps de temps assez court, à l'endroit où l'on a frappé au marteau. Ces taches de rouille sont dues à la présence de micro particules de fer qui se sont détachées de la tête du marteau et qui sont restées sur la broche. **Pour prévenir cela IL FAUT employer un marteau à tête inox.**

- **Les cartouches à deux réservoirs**, délivrant deux composants se mélangeant automatiquement dans la buse terminale. Elles peuvent délivrer une plus grande quantité de colle (exemple : cartouche Hilti HY-150 : 330 ml). L'injection commence par le fond du trou puis vers l'extérieur jusqu'à un centimètre environ de l'orifice du trou.

Il est conseillé d'avoir plusieurs buses, en effet elles se bouchent parce que la résine restant à l'intérieur polymérise quand le temps de séchage est atteint.

2 précautions importantes qui évitent de rater des collages :

**1) Avant de visser la première buse sur une cartouche neuve, il faut impérativement vérifier par une petite pression qu'une des 2 cartouches n'est pas bouchée.**

**2) Ensuite jeter les 2 ou 3 premières pressions pour être sûr d'avoir un mélange homogène qui arrive au bout de la buse et donc une polymérisation efficace.**

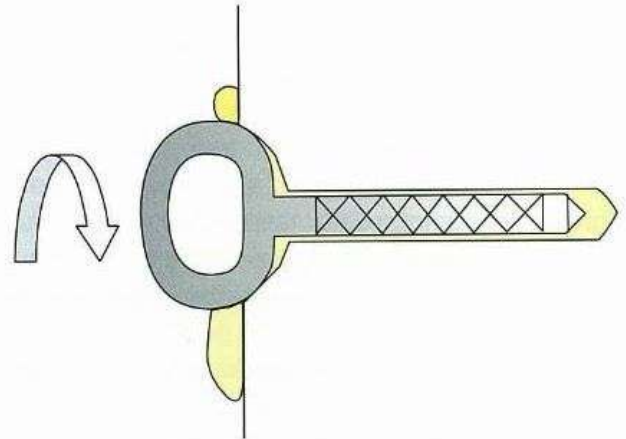
Enfin, il vaut mieux laisser une noisette de colle proche du scellement, afin de pouvoir vérifier la qualité du collage lors de la séance de contrôle.

## 8.8 La mise en place de la broche :

Un reflux de résine doit apparaître après la pose de la broche afin de s'assurer que la quantité de colle est suffisante. Pendant sa mise en place à la main **(ou au marteau dans le cas d'un collage à l'ampoule)** il faut la faire tourner.

Cette rotation de la broche est indispensable pour assurer un bon mélange des différents composants de la résine. De plus, c'est le seul moyen d'assurer l'homogénéité du mélange résine - fragments de l'ampoule (verre ou plastique).

Après la mise en place, il est important de nettoyer les bavures de colle au niveau du bord du trou et de la tête de la broche pour éviter l'usure des connecteurs ou de la corde.



*Collage aux ampoules ou collage à la résine en cartouches, il faut tourner la broche, pour mélanger les composants et pour évacuer les bulles d'air.*

La position de l'œil de la broche (vertical ou horizontal) est sans importance quant à la solidité de l'ancrage.

Pour que la corde et le nœud soient décollés de la paroi, l'œil horizontal est la bonne solution, mais il faut que l'anneau soit incliné vers le bas pour que le connecteur ne se place pas parallèlement à la paroi. (cf page 23). Dans ce cas, faire un perçage montant à 45°, et utiliser la procédure de collage en plafond ou, plus facile, une ampoule plastique.



## 8.9 Le nettoyage des abords du scellement.

Important : L'impact visuel des broches n'est pas différent de celui des spits à condition de supprimer toute trace des travaux de perçage !

Il faudra donc, soit à la fin du collage, ou soit pendant la séance de contrôle des ancrages, nettoyer à la brosse et à la soufflette les abords du trou pour retirer les traces de poussière blanche produites par le perçage.



La traditionnelle pompe à vélo pour nettoyer les trous nous à semblé inefficace comparée à la soufflette HILTI (ci dessus) qui sert en outre à assurer le nettoyage du rocher autour de la zone de perçage après la pose.

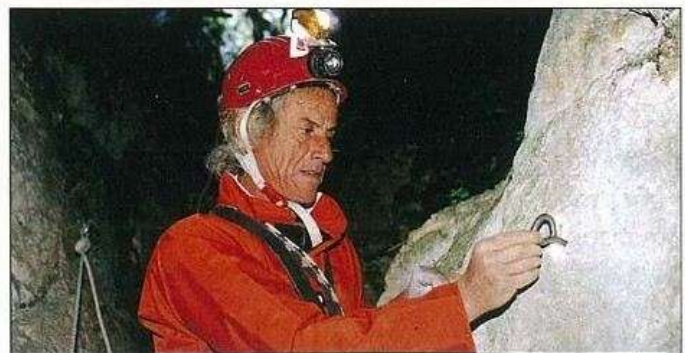
## 8.10 Les scellements au ciment prompt

Dans le cas où on a affaire à une roche de très mauvaise qualité, le scellement d'une tige filetée de 300 millimètres de longueur peut constituer un ancrage excellent.

Il suffira d'implanter une tige inox filetée de 10 x 300, supportant une plaquette, elle aussi en inox.

Après perçage et nettoyage du trou, il faudra le remplir d'un coulis de ciment prompt préparé dans un flacon plastique. L'avantage du ciment prompt, c'est sa fluidité. En effet, en présence d'un rocher poreux ou fissuré, il remplira tous les espaces, améliorant ainsi la solidité du support !

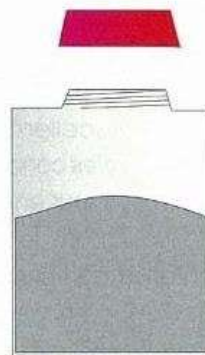
La proportion du mélange est de deux tiers de ciment mis dans le flacon, auxquels il suffit d'ajouter un tiers d'eau au dernier moment pour réaliser le scellement. Il faut alors introduire la partie filetée de la vis en la faisant tourner pour éviter la présence de bulles d'air.



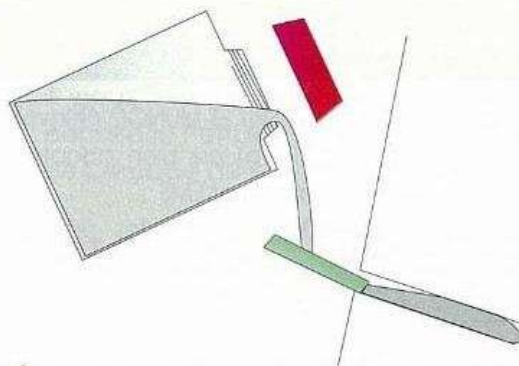
Collage au pistolet + cartouche de colle : Après remplissage au 2/3 du trou, une broche collée à la cartouche est mise en place et tournée à la main.

## Limites d'utilisation du ciment prompt :

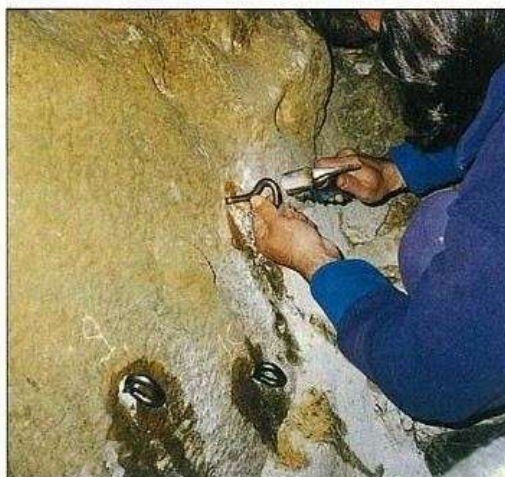
Comme déjà évoqué en page 16, en cas de scellement grande longueur dans un trou remontant ou en plafond, le ciment prompt, trop fluide, est inadapté. Il faut revenir à la résine fluide en cartouche en utilisant une buse avec rallonge.



A la maison on prépare autant de petits flacons que l'on prévoit de scellements, en les remplissant de 2/3 de ciment prompt.



Sur place il n'y a plus qu'à compléter avec 1/3 d'eau ou moins si on souhaite un mélange moins fluide, bien agiter et remplir le trou en utilisant un petit entonnoir ou une goulotte bricolée.

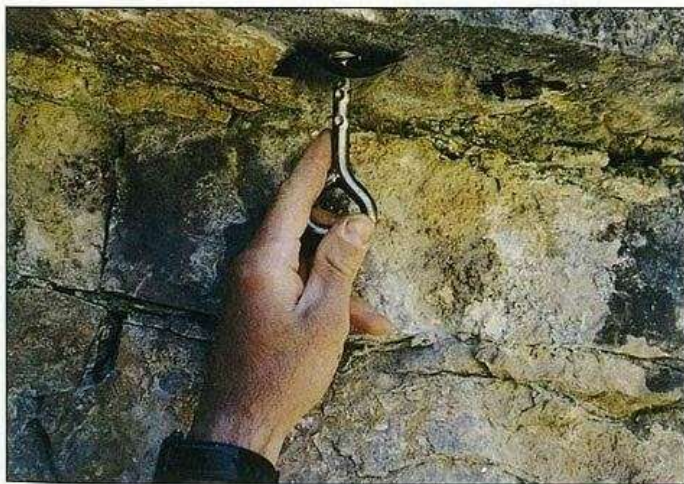
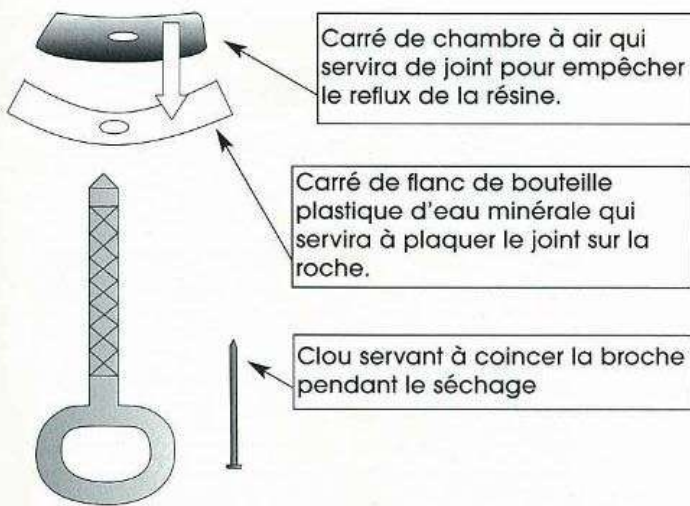


Collage à l'ampoule. Après introduction de l'ampoule dans le trou, il faut à l'aide de la broche et du marteau, briser l'ampoule. Ensuite il faut alternativement frapper la broche au marteau puis la tourner jusqu'à introduction complète, en ayant fait au moins 20 tours.



## 8.11 Cas du collage des broches en plafond :

1. - Pas de problème particulier si on utilise des ampoules plastiques HILTI. En effet le serrage est tel que la broche tient la tête en bas sans problème. Attention néanmoins aux petites fuites de résine.
2. - En revanche si on procède à des collages au pistolet à résine en cartouches :  
il faut utiliser un dispositif anti perte de matière, une rondelle taillée dans un flanc de bouteille d'eau minérale associée à une rondelle de chambre à air et pour éviter que la broche ne ressorte sous l'effet de la gravité, il faut utiliser un clou pour la coincer.  
*Le tout sera retiré après la période de séchage*  
- lors de la séance de contrôle des ancrages !



*Quand le trou est rempli de colle, on introduit la broche munie de son carré de plastique et de chambre à air.*



*Pour empêcher la broche de ressortir sous l'effet de son poids, on la bloque avec un clou.*

## 8.12 La séance de contrôle.

A la fin de la séance de pose, il est indispensable de laisser à l'entrée de la cavité un panneau indiquant aux visiteurs éventuels de ne pas utiliser les broches avant une date définie.

Le temps de prise des collages doit bien évidemment être conforme aux données du fabricant en tenant compte de l'humidité, même si les durées de prise des résines en ampoules sont assez courtes (quelques heures).

Une vérification minutieuse de la tenue des ancrages est indispensable : il arrive, (très rarement heureusement), que des collages soient ratés et que la broche s'enlève à la main...

Cette vérification se fera donc à l'occasion de la séance de déséquipement de la cavité, un jour ou deux après la pose. A la descente en faisant " passer " la corde des spits sur les nouvelles broches scellées, chaque broche sera contrôlée.

Si on a utilisé une colle en cartouche, la noisette de colle qui sert de témoin sera particulièrement utile pour juger de la qualité de la prise.

Pour vérifier la solidité de la broche, enfilez le bec du marteau dans l'anneau et essayez de la tourner.

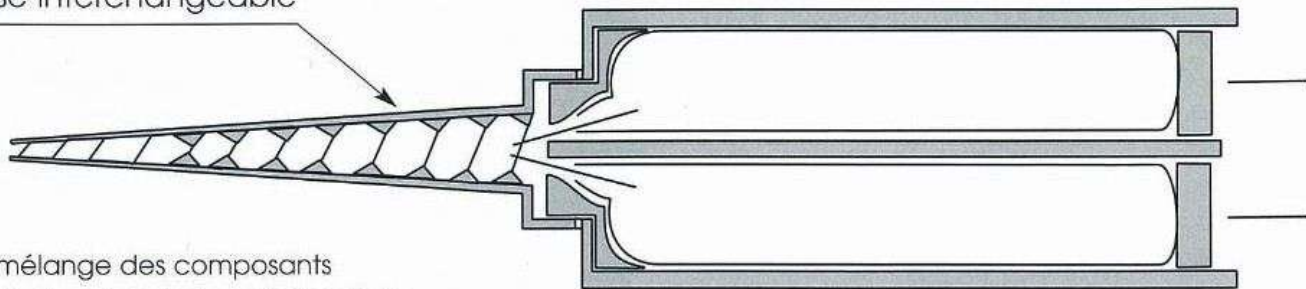
La remontée sur les broches sera l'occasion de vérifier la qualité des emplacements et éventuellement d'envisager des corrections :

- déviation si un frottement léger est identifié.
- replanter une autre broche et scier l'ancienne si l'erreur d'emplacement est vraiment très grossière.



## Pistolet à résine rechargeable à double cartouche souple

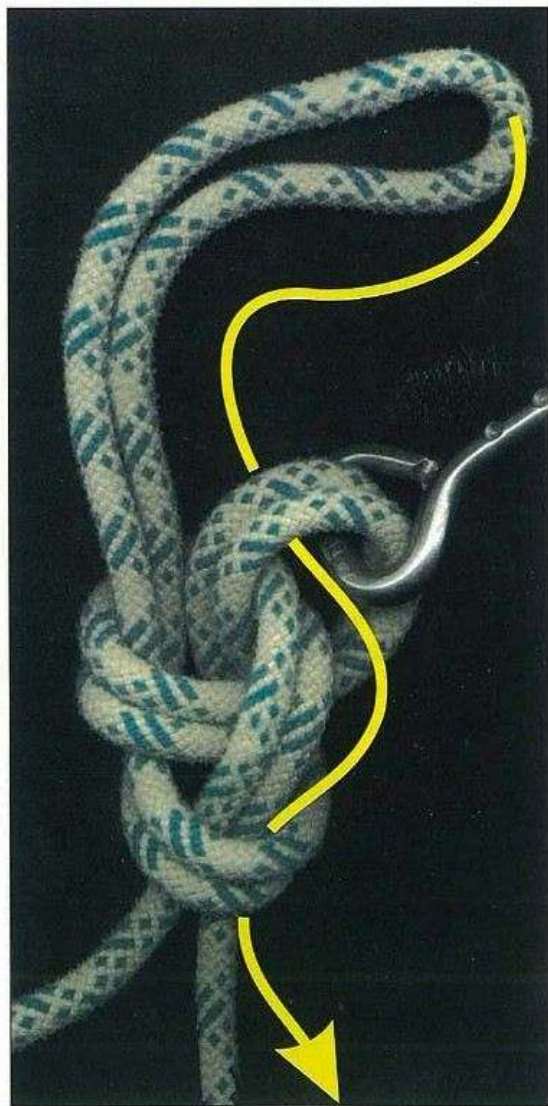
Buse interchangeable



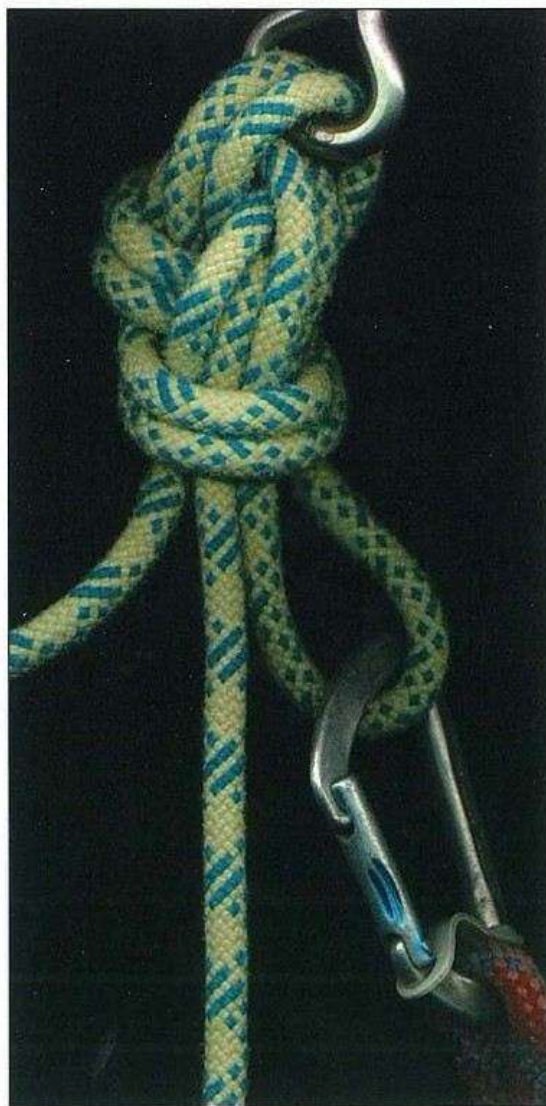
Le mélange des composants s'effectue dans la buse hélicoïdale

Problème éventuel : pour des raisons diverses, le débit des cartouches, ou la fluidité des 2 résines peuvent être différentes. (L'enveloppe souple d'une cartouche, ralentit le débit d'un composant, obstruction par une particule, trop basse température, etc...)

Dans les 2 cas le mélange n'est pas conforme, la polymérisation incomplète, la résistance est diminuée ou nulle. Une seule parade : laisser à côté de chaque injection une petite noisette de colle à l'extérieur qui servira de témoin quand on viendra vérifier les collages !



**Fractionnement sans connecteur :** 1- à l'aide d'un nœud de chaise en double et d'une clé d'arrêt.



S'il n'y pas d'espace pour se longer dans l'anneau de la broche, on peut se longer dans la boucle de la clé d'arrêt : c'est une clé de longage.



# 9 LES CAS D'UTILISATION

## 9.1 Les cavités très fréquentées : classiques ou cavités écoles

Dans ce type de cavités, il faudra trouver une alternative aux Spits et privilégier la fiabilité. Si la roche est de bonne qualité, des expansions peuvent être utilisés pour les amarrages qui ne sont pas sollicités en permanence (départ de main courante, déviations, points d'aide à la progression pour des équipements aériens...), mais les scellements sont la meilleure solution pour tous les types d'ancrages à réaliser.

## 9.2 Les cavités à roche fragile

Les seuls ancres qui offrent une résistance suffisante dans ce type de roches (calcite, dolomie...) sont les scellements. Ils permettent de réaliser des amarrages fiables là où les Spits laissent planer un (gros) doute... CF tests.

Si le rocher support est vraiment de mauvaise qualité, le scellement au ciment, ou avec une résine fluide d'une tige filetée de 300 mm sera la meilleure solution.

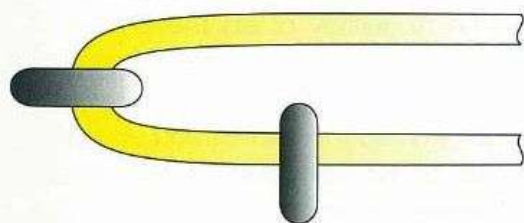
## 9.3 Les traversées

La mise en place d'amarrages sur le parcours d'une traversée relève de la même logique que l'équipement d'un canyon. On va poser des départs de main courante et des têtes de puits.

### 9.3.1 Les mains courantes.

Si la main courante n'est pas posée en fixe, on va suivre la logique de l'équipement canyon : deux points non reliés permettant la mise en place d'une main courante rappelable permettant d'accéder à la tête de puits. Cette dernière sera constituée de deux points reliés. On supprime ainsi les risques de confusion entre les divers relais.

Ce type d'équipement doit aussi permettre une progression classique, le premier posant sa main courante, le dernier du groupe la déséquipant en allant vers la tête du puits.



Départ de main courante rappelable : 2 points non reliés, pas de confusion avec la tête de puits.

Si la configuration des lieux l'impose, une main courante pourra être posée en fixe. **Dans tous les cas, si une corde est posée en fixe, on doit pouvoir progresser à vue en contrôlant son état d'un amarrage à l'autre.**

Il sera bon de dissocier la ligne de progression des points d'assurance, ou au moins de prévoir ces points pour que les utilisateurs puissent, s'ils le désirent, ajouter une corde de sécurité à la corde de progression, en fixe.

Si une corde est posée en fixe, il est préférable de la mettre en place sans connecteurs, en tricotant directement les nœuds sur les anneaux des broches. Pour réaliser des points d'assurance, il est possible de placer des ancres supplémentaires, ou alors prévoir sur quelques uns des amarrages de la main courante des maillons rapides qu'il sera possible de mousquetonner pour s'assurer lors de passages ultérieurs.

### 9.3.2 Les têtes de puits.

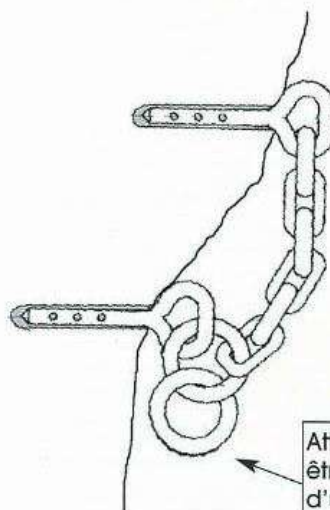
Il s'agit d'un relais, il doit être constitué de deux ancres reliés pour qu'il n'y ait pas de confusion possible avec un départ de main courante.

On peut avoir les deux ancres en ligne ou en Y, en fonction de la configuration des lieux.

Pour les relier, plusieurs solutions existent : les chaînes, les cordes ou les sangles.

Les chaînes ont plusieurs inconvénients :

- leur poids.
- si on utilise les ensembles relais chaînes plus broches du commerce, on est limité dans l'espacement des points.

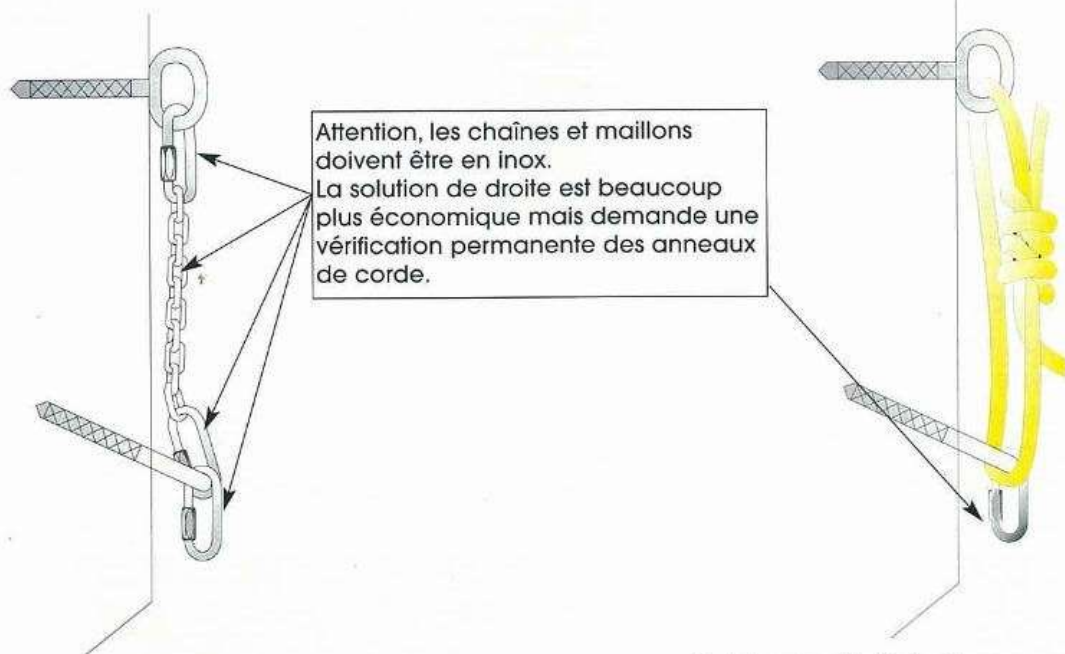


Relais inox complet type " Fixe " vendu dans le commerce. Seul inconvénient, pas de choix dans l'écartement des broches.



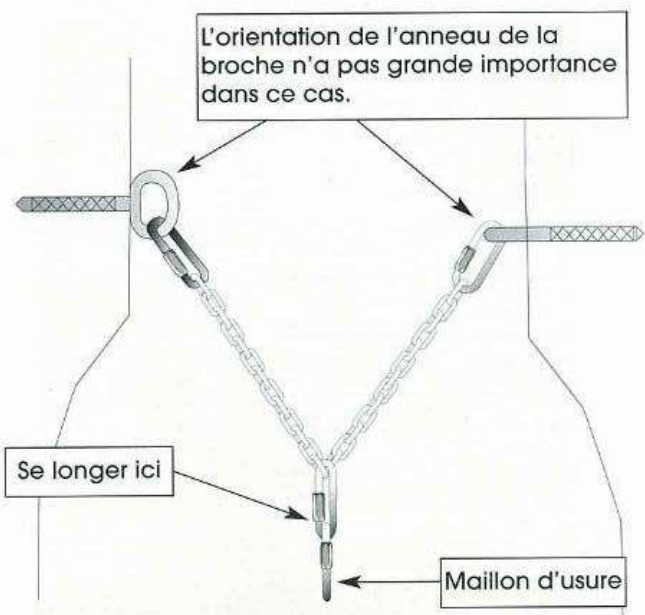
Sinon il faut équiper en transportant un coupe boulon sous terre... Leur remplacement est difficile, et de plus, il est fréquent de constater que des équipes tirent les rappels directement sur la chaîne, ce qui endommage rapidement celle-ci.

parcourant l'équipement soit capable de les remplacer, et ait donc avec elle de quoi effectuer ce remplacement !



Relais constitué de 2 ancrages en ligne.  
Couper la chaîne à la longueur, utiliser 2 maillons pour relier.  
Rajouter un maillon d'usure sur la broche.

Relais constitué de 2 ancrages en ligne reliés par un anneau de corde.  
Rajouter un maillon d'usure sur la broche.



Relais en Y sur chaînes et maillons inox. Rajouter un maillon d'usure, le maillon supérieur servant à se longer.

Les liaisons en corde ou en sangle sont plus faciles à mettre en place, mais leur usure est aussi plus rapide, leur présence implique que chaque équipe

C'est en fonction du type de pratique, de la morphologie des lieux que l'on choisira.

La tête de puits doit être plein vide, hors crue, et autoriser tous les types de pratique : traversées bien sûr, mais aussi progression classique. Elle comporte un point de rappel qui est une pièce d'usure, donc facilement interchangeable. Le plus simple est le maillon rapide inox.

Si le point de rappel est aérien, il sera bon de prévoir deux points : un pour se longer, un pour poser le rappel. Deux maillons rapides constituent une bonne solution : on se longer dans celui du haut et on rappelle dans celui du bas.





Relais pour un départ de rappel en sommet de puits étroit.

#### 9.4 Les vires, les remontées.

Les points décrits au paragraphe précédent (main courante en fixe) sont bien évidemment valables ici. Dans tous les cas, si une corde est posée, on doit pouvoir progresser à vue en contrôlant son état d'un amarrage à l'autre (CF paragraphe précédent et Manuel Technique EFS).

S'il s'agit d'une remontée dans un grand puits, il est indispensable de le fractionner pour que d'un fractionnement, on puisse contrôler au moins le suivant...

Il faut être conscient qu'un agrès en fixe sous terre n'est qu'un point d'aide à la progression, et que l'utilisateur doit assurer sa sécurité lorsqu'il s'en sert pour sa progression.

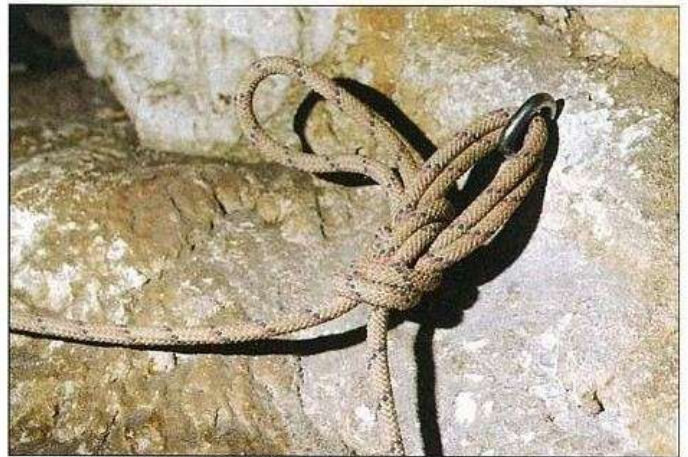
Il faut donc dissocier la ligne de progression (corde ou câble) de celle d'assurance (points que l'on peut mousquetonner), et laisser la possibilité de poser une corde d'assurance.

La mise en place d'une corde fixe comme point d'aide à la progression, que ce soit pour une viro ou une remontée, pose la question de son entretien. Il faudra que chacune des équipes qui l'utilise se donne les moyens de la vérifier, et n'hésite pas à faire le nécessaire...

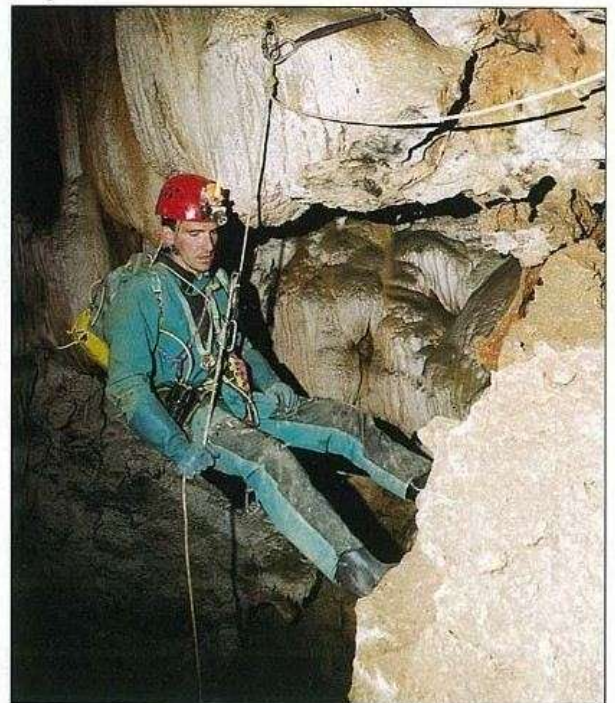
Remarque : le positionnement des ancrages destinés à recevoir des cordes fixes devra permettre un équipement sans connecteurs, éliminant ainsi les problèmes de corrosion par électrolyse des mousquetons ou maillons !



Équipement sans connecteurs en départ de main courante : 2 nœuds de huit.



Équipement sans connecteurs : sur un point intermédiaire de main courante, un nœud de chaise en double réalisé sur de la corde de diamètre 10,5 mm.



éviter le suréquipement : ici une broche dans une coulée de calcite est doublée par une sangle sur AN.



# 10 L'ÉQUIPEMENT PERMANENT : UN PROJET COLLECTIF

Pour certaines cavités classiques, il est important de remplacer les bonnes vieilles chevilles en bout de course au filetage usé ou placées dans un rocher mal adapté à l'expansion.

Le club découvreur de la cavité ou un utilisateur responsable, peuvent parfaitement mettre en place quelques amarrages permanents en respectant les règles de l'art.

**Par contre quand il s'agit d'équiper complètement une cavité, il est indispensable que tous les utilisateurs de la cavité soient consultés : le ou les clubs découvreurs, les clubs locaux utilisateurs, les professionnels et les structures de loisirs de proximité.**

La décision de l'équipement permanent d'une cavité doit être un choix collectif respectant toutes les formes de pratiques.

De même que le choix du matériel utilisé, sa mise en place doit être décidée collectivement en fonction des utilisateurs et des caractéristiques de la cavité. (rivière, puits concrétionné etc.)

Malheureusement dans certains départements

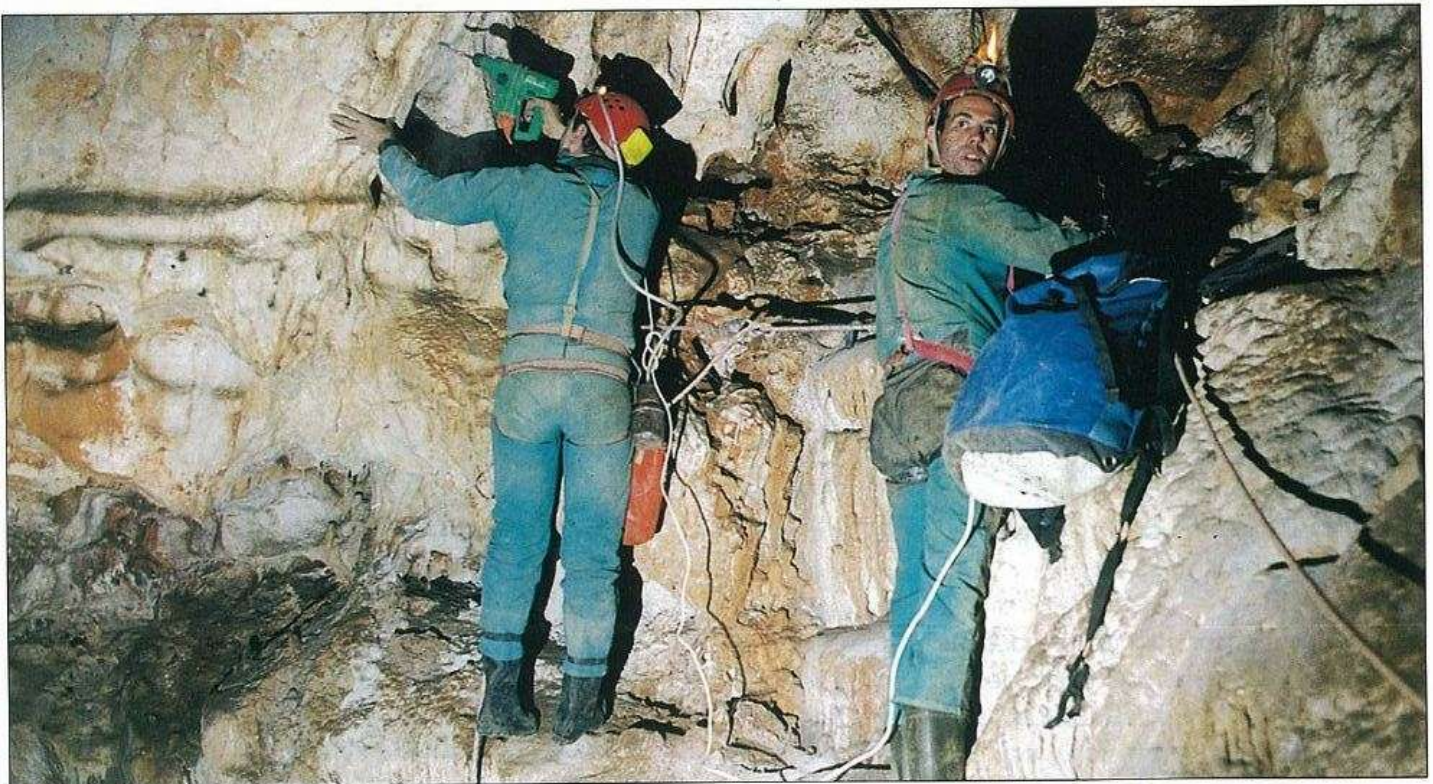
beaucoup d'énergies ont été gaspillées dans des conflits qui auraient parfaitement pu être évités par des discussions et prises de décisions préalables à tout équipement.

C'est au Comité Départemental de réunir tous les spéléologues, afin de mener à bien cette action, pour l'intégrer et pour la gérer dans un plan départemental d'équipement ayant une vision à long terme de l'activité.

Ce sont des actions qui coûtent cher, le budget doit être envisagé collectivement et pris en charge par toutes les parties.

L'achat de matériel en quantité importante peut donner lieu à des négociations avec les fabricants pour réduire les coûts. Ces opérations peuvent donner lieu à des demandes de subventions exceptionnelles.

L'équipement d'une cavité en ancrages permanents, est un travail concerté entre tous les " utilisateurs " potentiels, pour déterminer les itinéraires de descente, le choix de l'emplacement des points d'ancrages.



*L'équipement d'une cavité en ancrages permanents, est un travail concerté entre tous les " utilisateurs " potentiels, pour déterminer les itinéraires de descente, le choix de l'emplacement des points d'ancrages.*



Manuel Technique Initiateur et Moniteur FFS.  
Edition EFS 28 rue Delandine 69002 Lyon

Manuel Technique de Descente de Canyon  
Editions EFC Spélunca Librairie 28 rue Delandine 69002 Lyon

Dossier Etudes et Recherches du Spéléo Secours Français  
SSF - FFS

Compte rendu tests de résistance d'amarrages  
Comité Départemental FFME du Var. Philippe Bugada

Aménagement et équipement d'un site naturel d'escalade.  
Edition Cosiroc. F.F.M.E 8.10 quai de la Marne 75019 Paris

Catalogue Petzl 38 920 Crolles

Catalogue Expé: BP 5 38680 Pont en Royans

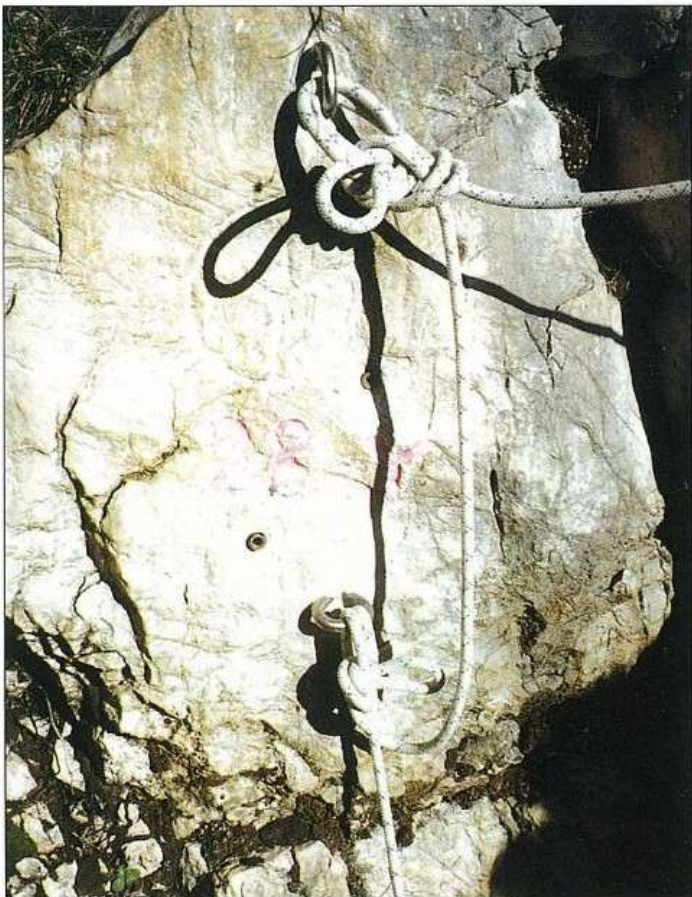
Catalogue Spelemat : 62 rue Boileau 69006 Lyon

Fiches techniques matériaux :

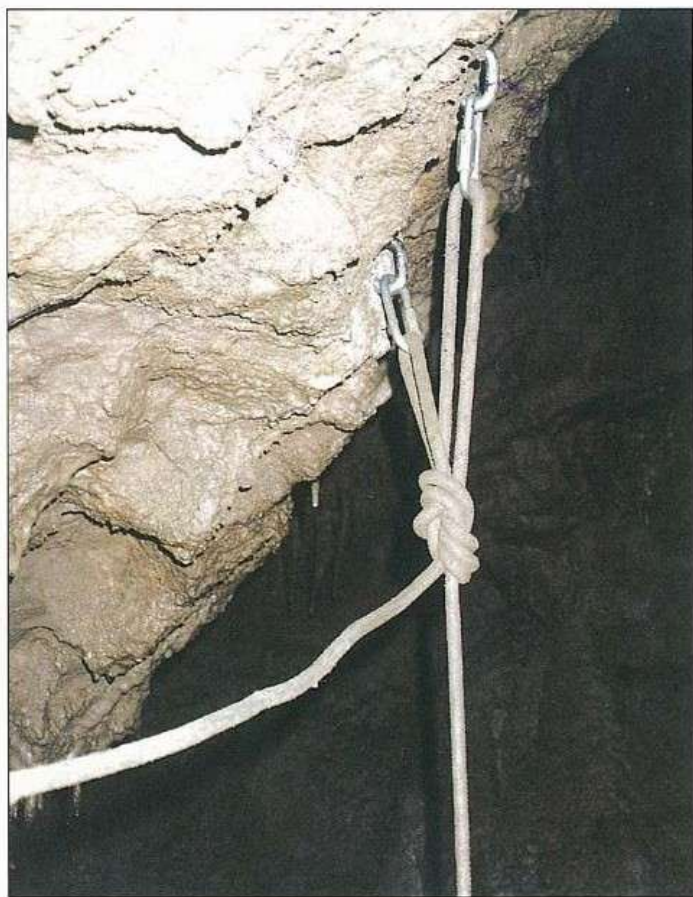
Hilti 1 rue Jean Mermoz rond point Mérantais  
78778 Magny les Hameaux cedex

Spit route de Lyon BP 104 26501 Bourg les Valence.

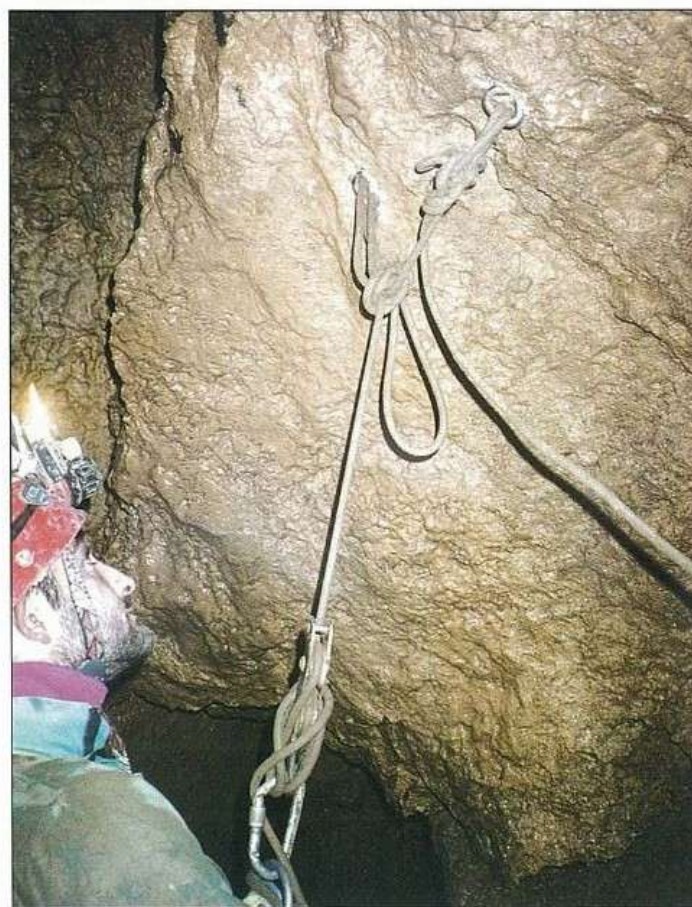




Équipement sans connecteurs au départ de puits :  
2 nœuds de chaise en double.



Équipement longue durée :  
amarrages en Y sur nœud Mickey et 2 maillons inox



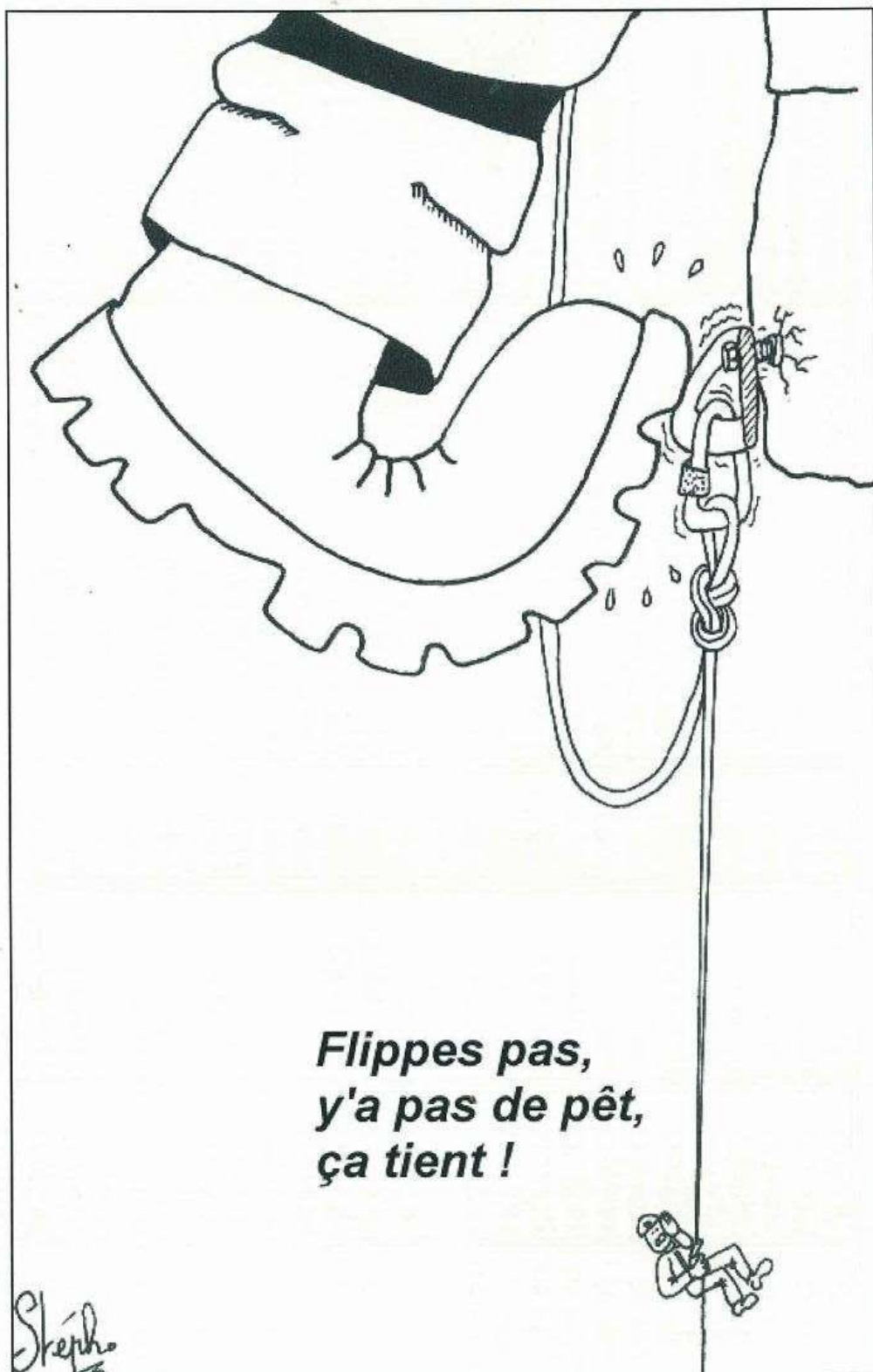
Équipement sans connecteurs : 2 nœuds de chaise  
en double, en serie. Consommation de corde  
importante.



**Autre solution :** 1 seul nœud de chaise en double  
passant les 2 ancrages. Consommation de corde  
moins importante. Amarrage plus clair. Dans les 2  
cas, on peut se longer dans la ganse du nœud de  
chaise (meilleure solution, clé de longéage p.32).



# ANNEXES ET RÉSULTATS





## Tableau récapitulatif des 86 tests réalisés.

Type de test	Colle	Broche	Rupture	Commentaire / rupture	Type de roche
effort mixte 45 °	MUNGO	COLLINOX	780	colle / rocher colle non polymérisée	urgonien
effort mixte 45 °	MUNGO	Collinox	1350	Rupture arête	jurassique compact
effort mixte 45 °	MUNGO	Collinox	1670	Rupture arête	jurassique compact
effort mixte 45 °	MUNGO	Collinox	942	Rupture arête	jurassique compact
effort mixte 45 °	MUNGO	Collinox	802	Rupture arête	jurassique compact
effort mixte 45 °	MUNGO	COLLINOX	1230	colle / rocher non polymérisée	urgonien
effort mixte 45 °	MUNGO	Fixe	3212	Rupture liaison broche	jurassique compact
effort mixte 45 °	MUNGO	Fixe	2786	Rupture liaison broche	jurassique compact
cisaillement 90°	MUNGO	ADRIANA	2814	soudure	urgonien
cisaillement 90°	MUNGO	ADRIANA	3714	soudure	urgonien
cisaillement 90°	MUNGO	Collinox	1856	Rupture liaison rocher	jurassique compact
cisaillement 90°	MUNGO	Collinox	2492	Rupture liaison rocher	jurassique compact
cisaillement 90°	MUNGO	Collinox	1214	Pliée à 90°	jurassique compact
cisaillement 90°	MUNGO	Collinox	932	Rupture arête	jurassique compact
cisaillement 90°	MUNGO	COLLINOX	4362	colle / rocher broche pliée	urgonien
cisaillement 90°	MUNGO	COLLINOX	3030	colle / rocher broche pliée	urgonien
cisaillement 90°	MUNGO	Fixe	1560	Rupture rocher	jurassique compact
cisaillement 90°	MUNGO	Fixe	1714	Rupture du rocher	jurassique compact
cisaillement 90°	MUNGO	Fixe	2714	Rupture liaison broche	jurassique compact
cisaillement 90°	MUNGO	Fixe	3478	Rupture liaison broche	jurassique compact
cisaillement 90°	MUNGO	Fixe	1714	Rupture du rocher	calcite dure
cisaillement 90°	MUNGO	Fixe	1948	Rupture du rocher	calcite dure
cisaillement 90°	MUNGO	Fixe	2740	Pliée à 90°	jurassique compact
cisaillement 90°	MUNGO	RAUMER	3134	rupture rocher (10 cm d'un angle)	urgonien
cisaillement 90°	MUNGO	RAUMER	4988	arrêt du test, limite capacité dynamo	urgonien
cisaillement 90°	MUNGO	ADRIANA	2082	colle / broche	urgonien
cisaillement 90°	MUNGO	ADRIANA	2938	colle / broche	urgonien
arrachement	MUNGO	Collinox	2734	Rupture liaison rocher	jurassique compact
arrachement	MUNGO	Collinox	3826	Rupture liaison rocher	jurassique compact
arrachement	Hilti	Collinox	1666	Rupture liaison rocher	jurassique compact

## Tableau récapitulatif des 86 tests réalisés

Type de test	Colle	Broche	Rupture	Commentaire / rupture	Type de roche
arrachement	Hilti	Collinox	2830	Rupture liaison rocher	jurassique compact
arrachement	Hilti	Collinox	2260	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	HY50	Collinox	1870	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	HILTI	Collinox	1690		jurassique compact
arrachement	SPIT	Collinox	1938	Rupture rocher	jurassique compact
arrachement	MUNGO	COLLINOX	3740	colle / rocher	urgonien (gorges de la Bourne - Vercors)
arrachement	MUNGO	COLLINOX	2758	colle / rocher	urgonien (gorges de la Bourne - Vercors)
arrachement	MUNGO	Fixe	4048	Rupture soudure broche	jurassique compact
arrachement	MUNGO	Fixe	4306	Rupture soudure broche	jurassique compact
arrachement	Hilti	Fixe	3150	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	Hilti	Fixe	3960	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	Hilti	Fixe	4230	Rupture maillon rapide	jurassique compact
arrachement	C100	Fixe	3518	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	Hilti	Fixe	3470	Rupture soudure broche	jurassique compact
arrachement	HY50	Fixe	3390	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	HY50	Fixe	3142	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	HY150	Fixe	2406	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	C100	Fixe	2252	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	HY150	Fixe	2184	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	Mungo	Fixe	2032	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	Mungo	Fixe	2016	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	HY50	Fixe	2006	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	C100	Fixe	1120	Rupture liaison broche	calcite poreuse
arrachement	HY50	Fixe	1084	Rupture liaison broche	calcite poreuse
arrachement	Hilti	Fixe	782	Rupture liaison broche	calcite poreuse
arrachement	MUNGO	Fixe	1664	Rupture du rocher	calcite poreuse
arrachement	HILTI	Fixe	3658	Rupture soudure broche	jurassique compact
arrachement	SPIT	Fixe	1580	Défaut de polymérisation	jurassique compact
arrachement	MUNGO	Fixe	3134	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	MUNGO	Fixe	2968	Rupture liaison broche	jurassique compact

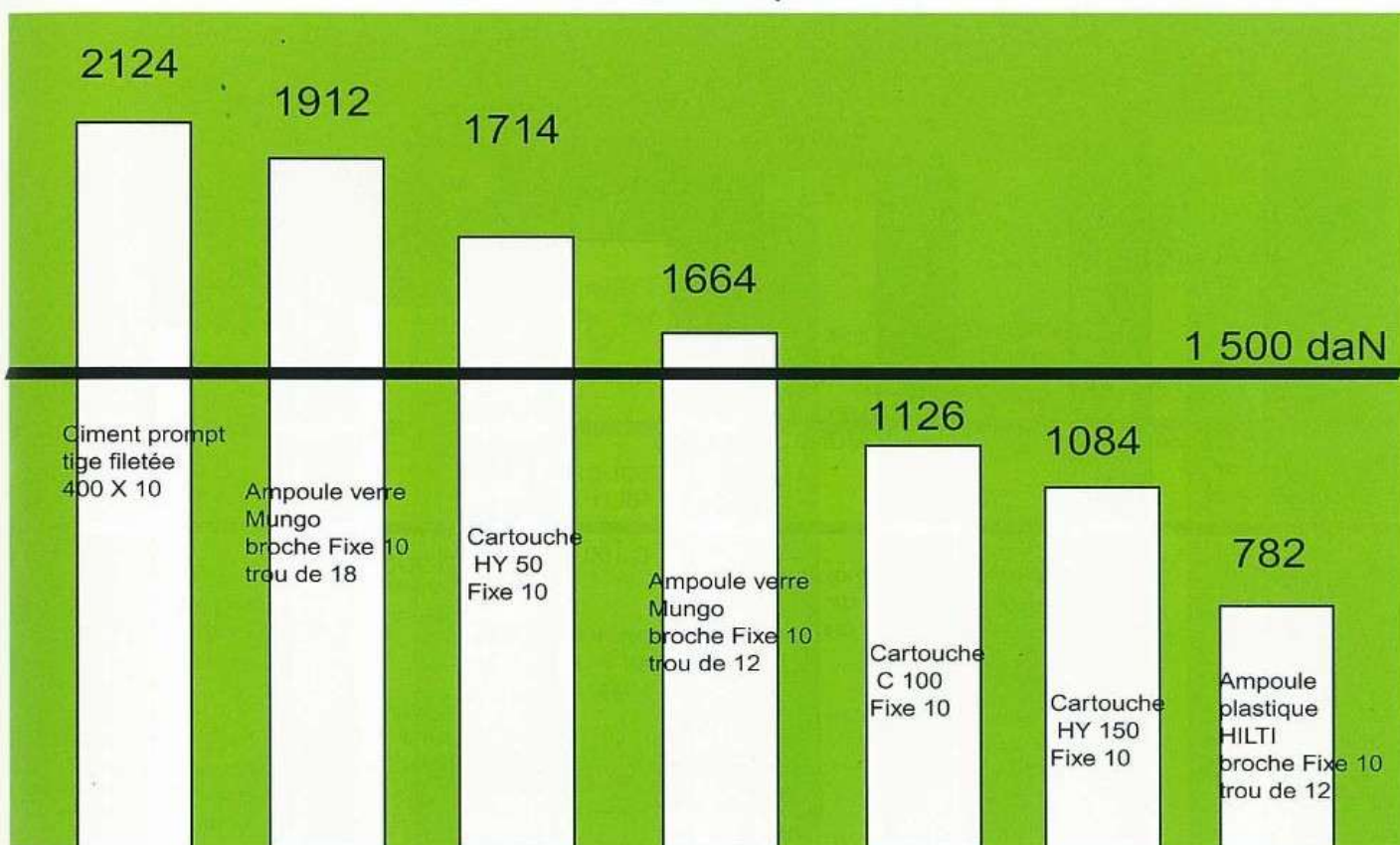


# Tableau récapitulatif des 86 tests réalisés

Type de test	Colle	Broche	Rupture	Commentaire / rupture	Type de roche
arrachement	MUNGO	Fixe	2184	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	MUNGO	Fixe	3126	Rupture soudure broche	jurassique compact
arrachement	MUNGO	RAUMER	4512	colle / rocher	urgonien (gorges de la Bourne - Vercors)
arrachement	MUNGO	Superstar	4272	Rupture liaison rocher	jurassique compact
arrachement	MUNGO	Superstar	4548	Rupture goupille trepied	jurassique compact
arrachement	Hilti	Superstar	4600	Rupture liaison rocher	jurassique compact
arrachement	Hilti	Superstar	3648	Rupture liaison rocher	jurassique compact
arrachement	HILTI	Superstar	2988	Rupture rocher	jurassique compact
arrachement	SPIT	Superstar	3236		jurassique compact
arrachement	MUNGO	Superstar	4780		jurassique compact
arrachement	MUNGO	Superstar	4930	trou avec un peu d'eau	jurassique compact
arrachement	MUNGO	Superstar	3608	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	MUNGO	Superstar	3756	Rupture liaison broche	jurassique compact
arrachement	SPIT	Superstar	4950		jurassique compact
arrachement	SPIT	Superstar	4900	trou plein d'eau	jurassique compact
arrachement	SPIT	Superstar	1150	mauvaise polymérisation	jurassique compact
arrachement	SPIT	Superstar	308	mauvaise polymérisation	jurassique compact
arrachement	ciment	Ilge filetée	2124	Rupture tige	calcite poreuse
arrachement	prompt	COLLINOX	3444	colle / rocher cône en surf.	urgonien (gorges de la Bourne - Vercors)
arrachement	MUNGO	COLLINOX	3806	colle / rocher	urgonien (gorges de la Bourne - Vercors)
arrachement/ angle	MUNGO	COLLINOX	2812	colle / rocher cône en surf.	urgonien (gorges de la Bourne - Vercors)
arrachement/ angle	MUNGO	COLLINOX	3194	100% traction	urgonien (gorges de la Bourne - Vercors)
cisaillement 90°	MUNGO	Spit	574	Rupture du rocher	calcite dure
cisaillement 90°	Expansion	Spit	716	Rupture du rocher	calcite dure
cisaillement 90°	Expansion	Starfix 9	1606	Rupture soudure broche	calcite dure
cisaillement 90°	Expansion	Longlife 12	1990	Rupture du rocher	calcite dure
cisaillement 90°	Expansion	Longlife 13	3126		calcaire jurassique dur
cisaillement 90°	Expansion	Fulltime raumer	2690		calcaire jurassique dur
cisaillement 90°	Expansion	12	2264		calcaire jurassique dur
cisaillement 90°	Expansion	Starfix 9	2232		calcaire jurassique dur
cisaillement 90°	Expansion	Fulltime raumer 9	2186		calcaire jurassique dur
arrachement	Expansion	Spit	2532		calcaire jurassique dur
arrachement	Expansion	Fulltime raumer	2410		calcaire jurassique dur
arrachement	Expansion	12	1746		calcaire jurassique dur
arrachement	Expansion	Longlife 12	1582		calcaire jurassique dur
arrachement	Expansion	Spit			
		Fulltime raumer 9			

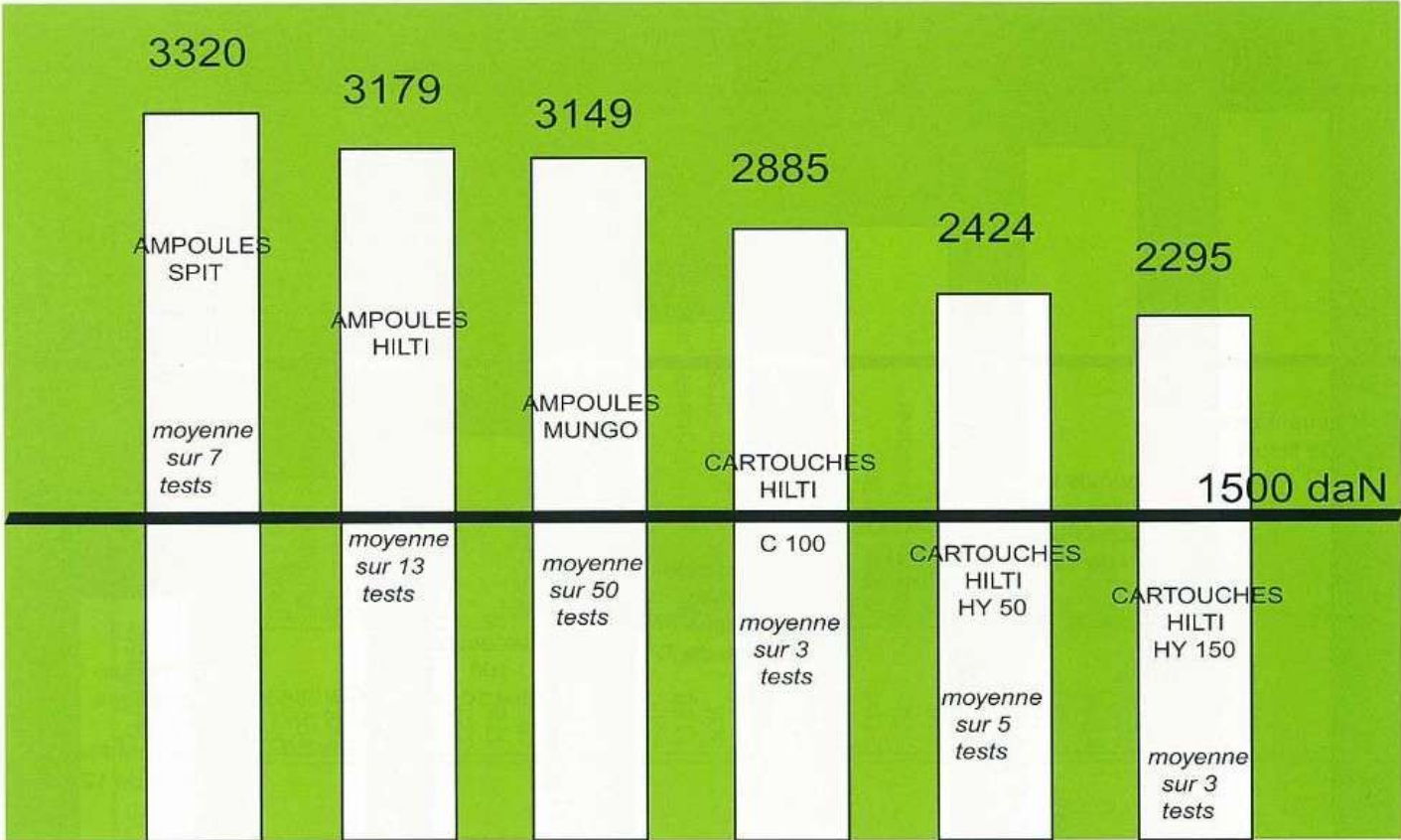


## Exemples de charges de rupture à l'arrachement en vieille calcite poreuse





Charges de rupture moyennes en daN en fonction de la colle utilisée



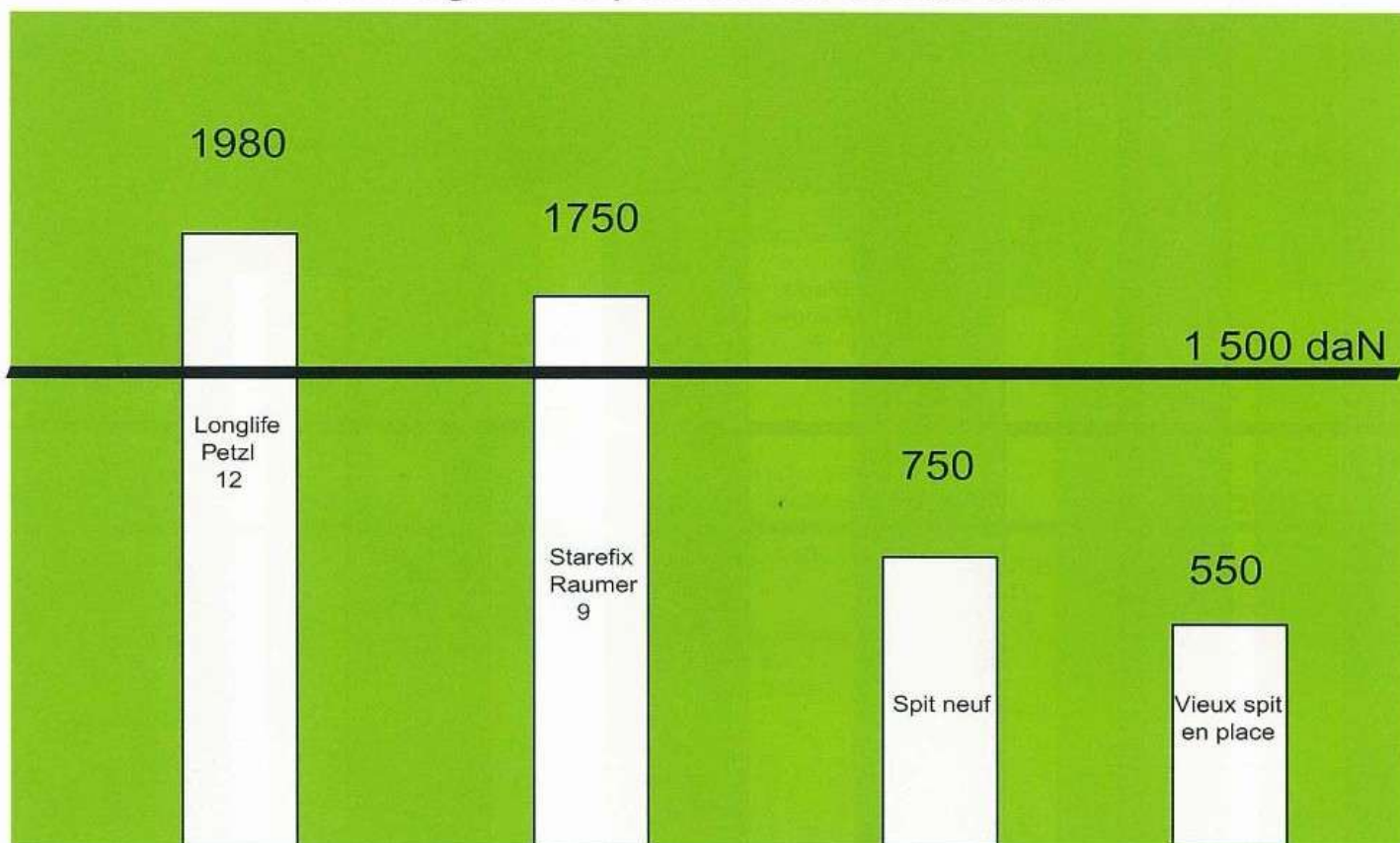


Exemples de charges de rupture en daN au cisaillement  
d'ancrages à expansion en calcaire dur



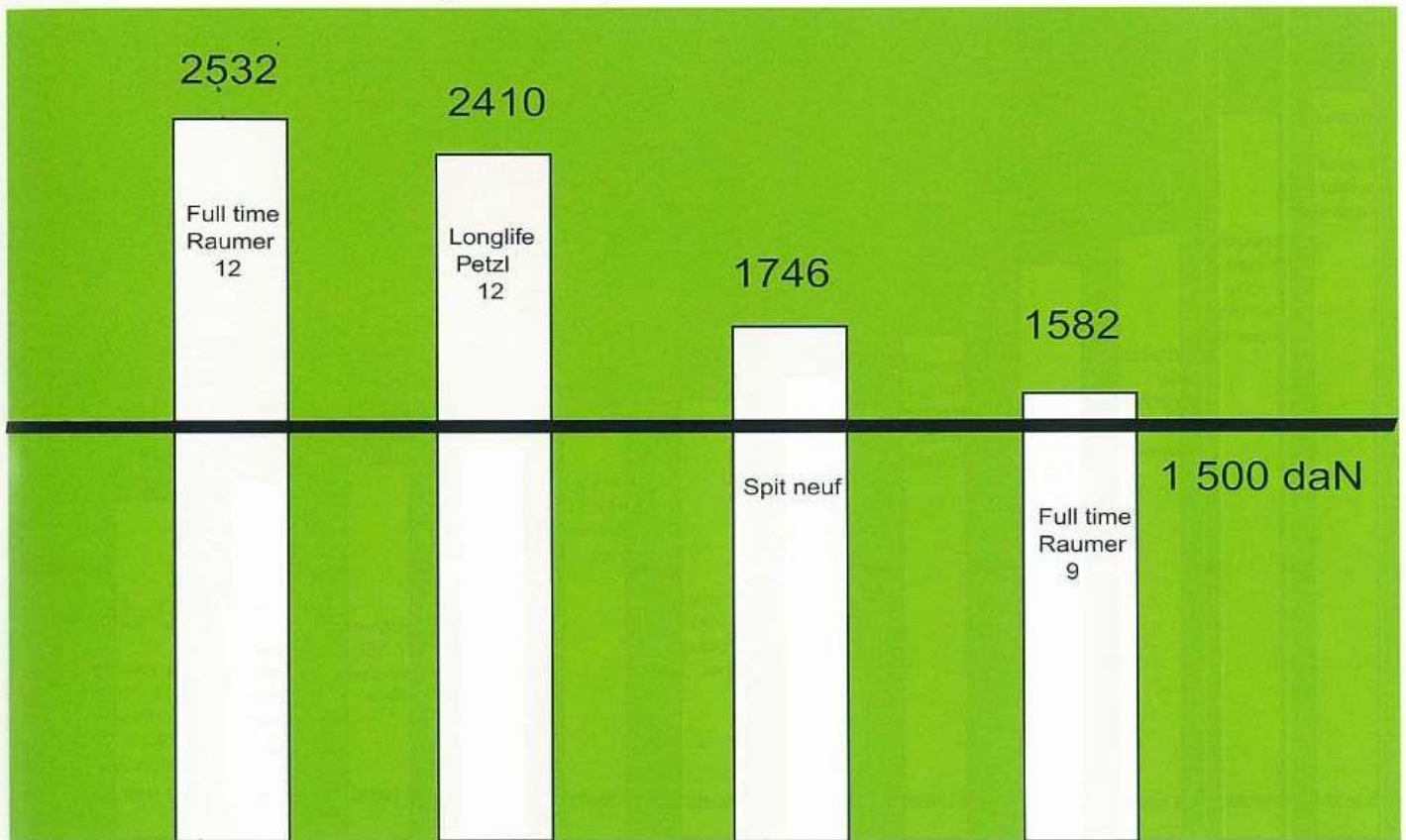


Exemples de charges de rupture en daN au cisaillement  
d'ancrages à expansion en calcite dure





Exemples de charges de rupture en daN à l'arrachement d'ancrages à expansion en calcaire dur





## Exemples de charges de rupture moyenne en daN en fonction de la combinaison broche-colle

