EQUIPEMENT Canyon

Les scellements chimiques

GOLA Olivier

Cahier N°3
(15/02/2008)

MEMENTO
Équipement des canyons

Cahier n°3/12 :
Les scellements chimiques

Version n°1 du 15/02/2008 (modifié le 10/11/2021)
La liste des douze cahiers figure à l'avant-dernière page

Réalisation : Olivier GOLA
- Moniteur de spéléologie
- Instructeur canyon FFS et FFCAM
- BEES spéléologie/canyon
- DEJEPS canyonisme

Contact : gola.olivier@gmail.com

Relecture :

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

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

Contexte historique de la publication.

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

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

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

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

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

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

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

Table des matières

Les scellements chimiques

• **Presentation** 7
- conditionnement des résines 8
- scellement ou collage 9
- incidence des empreintes sur la tige 15
- les résines et l'eau en général 23

• **Homologation** 29

• **Composition des résines de scellement** 37
- qualité des résines en général 40
- comparatif 47

• **Utilisation des résines en cartouches** 51
- mise en oeuvre 54
- température d'utilisation 60
- limites d'utilisation 63
- stockage 65

• **Utilisation des résines en ampoules** 67
- les différents types d'ampoules 67
- conservation des ampoules 72

• **Cartouches ou ampoules comparatif** 73

• **La résine conditionnée en pot** 83

• **Pose des scellements chimiques** 87
- préparation du support 87
- diamètre, axe et profondeur de perçage 90
- préparation des broches 97

• **Scellement au pistolet** 98

• **Scellement avec les ampoules** 107

• **Delais d'attente** 112

• **Pieces à sceller** 116

Avertissement

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

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

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

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

GOLA Olivier

Les scellements chimiques

PRESENTATION

Le scellement chimique consiste à fixer un point d'ancrage artificiel (en général une broche) au moyen d'une résine synthétique (ou mortier de synthèse), dans un orifice rocheux réalisé au perforateur (fig. 1 et 2).

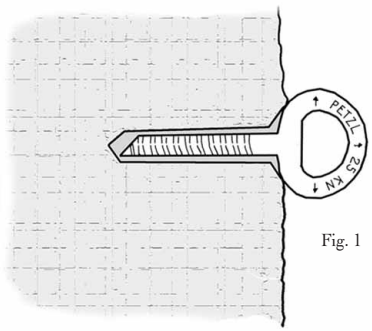


Fig. 1

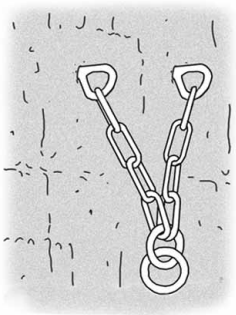


Fig. 2

Par rapport aux ancrages à expansion, ce mode de fixation offre plusieurs avantages :

- absence de contrainte d'expansion dans la roche autorisant la fixation de broches à entre-axes réduits, en bordure de dalle, sur une partie bombée ou dans un rocher peu résistant ;
- scellement en partie étanche insensible à l'humidité et au gel;
- ancrage insensible aux vibrations et aux à-coups (pas de descellement progressif) ;
- principe du collage colle/broche/rocher permettant une répartition optimale des efforts dans un grand volume de roche;
- possibilité de sceller des pièces métalliques très longues pour obtenir un ancrage profond et résistant dans les roches très fragiles.

voir également comportement des ancrages cahier N°5

Ainsi, le scellement chimique est susceptible de constituer le mode d'ancrage le plus fiable et robuste à long terme d'autant qu'il est inviolable. Cette technique est particulièrement bien adaptée pour l'équipement permanent des sites très fréquentés et dans les roches de très faibles résistances.
Cependant, à diamètre de broche identique, la résistance initiale d'un scellement chimique, peut varier dans un rapport de 1 à 7 en fonction de la résine et de la broche utilisées.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Conditionnement des résines de scellement

Les résines permettant de fixer des ancrages en canyon peuvent être conditionnées sous trois formes différentes :

- sous la forme de double boite résine/durcisseur à mélanger à la main, dans un récipient à part (colle Sikadur). Ce type de conditionnement est proposé par Sika. C'est de loin, la formule la moins pratique à utiliser pour l'équipement en canyon. Son usage tend à disparaitre également en escalade ;

- les doubles cartouches renfermant les deux composants chimiques qui se mélangent automatiquement dans la buse d'injection et qui s'utilisent soit avec un pistolet à injection soit directement lorsqu'elle dispose d'un manchon poussoir muni d'un pas de vis. Cette formule relativement encombrante à cause du pistolet, nécessite de l'organisation, mais elle est économique lorsqu'il est possible d'enchaîner les séries de scellements ;

- les ampoules chimiques en verre ou en berlingot plastique incluant la dose de résine et de durcisseur qui se mélangent à l'intérieur du trou lors de la mise en place de la broche. Elles sont plus ou moins commodes à utiliser suivant le modèle de broche et le type d'ampoule. C'est la formule la plus simple et la mieux adaptée pour les scellements isolés ou peu nombreux.

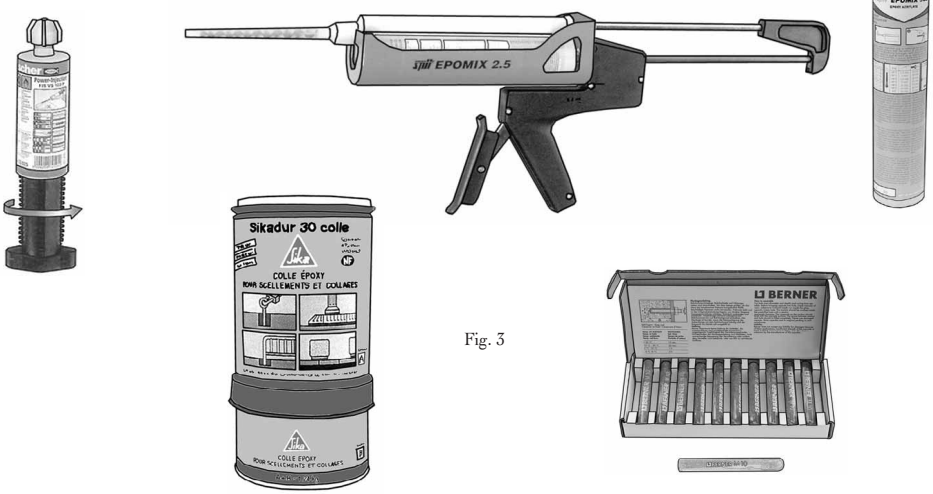


Fig. 3

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Scellement ou collage, explication :

Le scellement d'un objet dans un trou peut se faire en laissant durcir un mortier même s'il ne colle ni à l'objet ni au support ; il suffit d'immobiliser l'objet (fig. 4) en réalisant un verrouillage de forme entre la pièce et un logement conique par exemple . Lorsque l'objet et le trou sont rectilignes et complètement lisses, le scellement peut se faire uniquement par collage. Il suffit que la colle adhère suffisamment à l'objet ainsi qu'au support et qu'elle soit assez résistante (fig. 5).

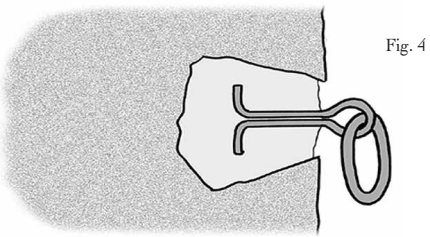


Fig. 4

scellement par verrouillage de forme

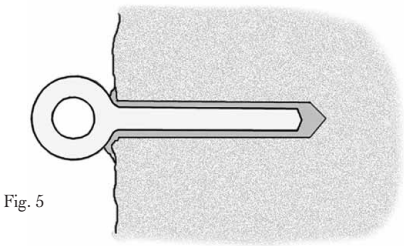


Fig. 5

scellement par collage

Qu'en est-il des résines de scellement ?

Les résines de scellement utilisées pour l'équipement en canyon, sont très résistantes à la compression 50 à 90 Mpa. Bien que leur capacité d'adhérence puisse varier considérablement suivant la nature du support (rocher sec, mouillé, nettoyé ou surface métallique), à priori, elles s'apparentent toutes à de la colle. Au niveau d'un ancrage, dans un rocher dur et compact, le coefficient d'adhérence des résines est généralement très performant au niveau de la liaison colle/roche dont la surface en contact est la plus grande. Les irrégularités de la paroi du trou : rayures occasionnées lors du perçage, structure de la roche (cristalline, microporeuse) y contribuent également. Par contre, la liaison colle/roche peut-être moins performante dans une roche de faible résistance, friable, ou simplement lorsque la paroi du trou est mouillée suivant le type de résine utilisé. La liaison colle/broche est un sujet plus délicat car elle dépend de la surface de la pièce métallique et la capacité d'adhérence des résines sur l'inox lisse notamment. Cela est plus aléatoire et davantage sujet aux modifications avec l'effet du temps (mais rarement en bien malheureusement).

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Tests d'adhérence des résines sur l'inox

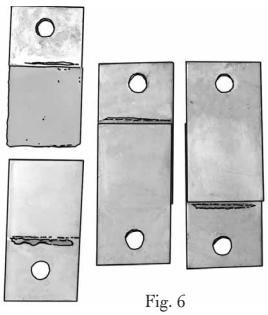
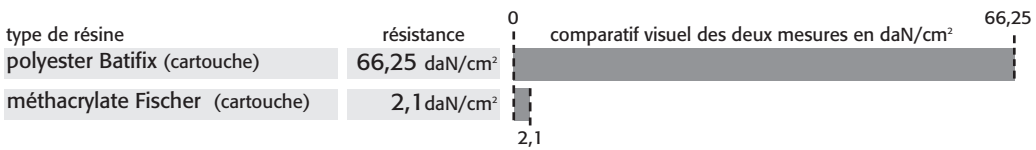
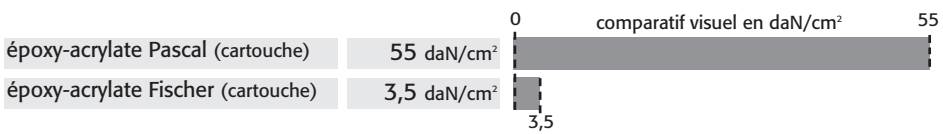


Fig. 6

Par curiosité, quelques essais de résistance en adhérence de différentes résines essentiellement en cartouche, ont été réalisés de façon très rudimentaire au moyen de plaques d'inox lisses (fig. 6) dont la surface de collage est de 36 cm², dépolies à la toile abrasive fine, nettoyées avec de l'acétone. Les tests ont été entrepris après une période de séchage de 48 heures, le débordement de la résine ayant été recoupé à la disqueuse. Les moyennes de ces tests réalisés de façon rigoureusement identiques, ont néanmoins été faites sur 3 tests seulement. Compte tenu des fluctuations inhérentes à ce type d'essai Ils n'avaient donc pas la prétention d'aboutir à des moyennes fiables. Cela dit, les résultats ne manquent pas d'intérêt. Toutes les ruptures ont été provoquées par un défaut d'adhérence sur l'une des deux plaques uniquement ; aucune rupture de résine au cisaillement n'a été observé. Alors que les valeurs de ruptures mesurées pour chaque résines sont dans l'ensemble plutôt homogènes, ces tests ont mis en évidence les écarts importants qui séparent les résines en terme de capacité d'adhérence sur l'acier inoxydable (de 2,1 à 66,25 daN/cm²).



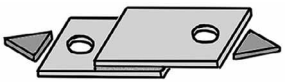
Ils nous permettent également de constater que le coefficient d'adhérence d'une résine ne dépend pas systématiquement de sa nature mais plutôt de sa formulation. Ainsi, deux résines de même nature peuvent présenter des capacités d'adhérence sur l'acier inox très différentes (de 3,5 à 55 daN/cm²).



Remarque : *il est très difficile de coller deux plaques d'acier avec les résines conditionnées en ampoules surtout lorsqu'elles comportent des grains de quartz et des débris de verres ; la consistance finale de la résine ne lui permettant pas de s'étaler. La résine Wurth en ampoule, dépourvue de quartz a pu être testée sans débris de verre.*

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Tableau récapitulatif des tests de résistance en adhérence des résines en cartouches sur l'acier inoxydable dépoli.



type de résine utilisée	valeur moyenne sur 3 tests	comparatif visuel des mesures en daN/cm² (0 – 66,25)
polyester Batifix (cartouche)	66,25 daN/cm²	
polyester Mungo (cartouche)	60 daN/cm²	
epoxy-acrylate Pascal (cartouche)	55 daN/cm²	
epoxy-acrylate Spit (cartouche)	54,66 daN/cm²	
polyester Wurth (ampoule à frapper)	30 daN/cm²	
metyl methacrylate Spit (ampoule)	25 daN/cm²	valeur approximative
ester métacrylate Wurth (cart.)	22,6 daN/cm²	
polyester Simes (cartouche)	20,59 daN/cm²	
epoxy-acrylate Berner (cartouche)	15,65daN/cm²	
epoxy-acrylate Wurth (cartouche)	14,46 daN/cm²	
epoxy Hilti RE 500 (cartouche)	13,09 daN/cm²	
epoxy 100% Batifix (cartouche)	9,8 daN/cm²	
polyester Spit (cartouche)	9,44 daN/cm²	
epoxy-acrylate Mungo (cartouche)	8,98 daN/cm²	
epoxy 100% Sika (cartouche)	8,1 daN/cm²	
métacrylate Pascal-MKT (cartouche)	6,6 daN/cm²	
métacrylate HY150 Hilti (cartouche)	5,98 daN/cm²	
epoxy-acrylate Batifix (cartouche)	5,3 daN/cm²	
epoxy-acrylate Simes (cartouche)	4,51daN/cm²	
epoxy-acrylate Fischer (cartouche)	3,5 daN/cm²	
époxy 100% Spit (cartouche)	3,46 daN/cm²	
méthacrylate Fischer (cartouche)	2,1daN/cm²	

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Cependant, la capacité d'adhérence des résines (en cartouches) sur l'inox lisse n'est finalement pas une information très utile, car il n'existe plus de broche complètement lisse. Du reste, même avec les premiers modèles de broches Fixe dont le fût plutôt lisse est justement propice à la rupture colle/broche, la capacité d'adhérence d'une résine d'après le test réalisé, ne permet pas d'évaluer à l'avance la résistance de la liaison colle/broche. En effet, si l'on ramène la capacité d'adhérence des résines proportionnellement à la surface (26 cm^2 environ) de la tige d'une broche Fixe ancienne version (en faisant abstraction des huit encoches qui se trouvent sur la tige, on s'aperçoit que ce n'est pas si simple :

• avec la résine époxy 100% Spit, la résistance colle/broche devrait se situer aux alentours de 110 daN alors que la broche résiste à 3450 daN en moyenne. Toutefois, il convient de préciser que les broches Fixe, ne sont pas complètement lisses ; et que les empreintes en creux qui marquent leurs tiges, même si elles sont extrêmement réduites, jouent un rôle d'autant plus important que la résistance mécanique de la résine est élevée ;

• avec la résine polyester Batifix, la résistance colle/broche devrait en théorie atteindre au moins 1665 daN alors qu'elle est d'environ 1178 daN en moyenne.

Chaque type de résine voire même parfois chaque marque de résine, lors des tests d'arrachement se comporte différemment. Paradoxalement, ce sont bien souvent les résines (en cartouche) qui adhèrent le moins qui s'avèrent les plus performantes comparativement aux tests d'adhérence (fig. 7). Ainsi, si, d'après les tests réalisés pour ces cahiers l'écart de résistance au cisaillement entre la résine qui adhère le plus et celle qui adhère le moins sur l'inox lisse est très important, le résultat à l'arrachement, sur broche Fixe inox a souvent tendance à s'inverser.

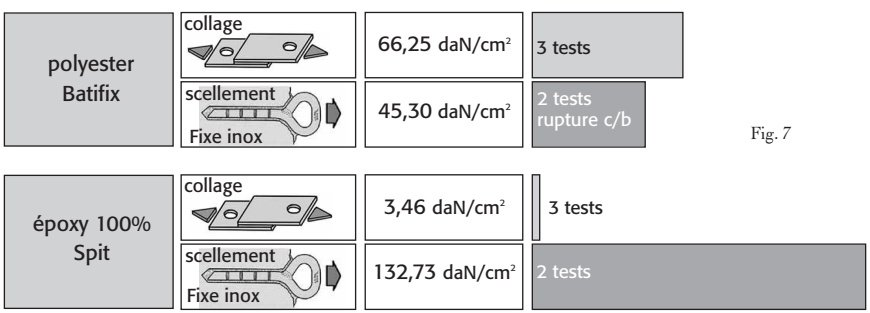


Fig. 7

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Il existe également (fig. 8) des résines dont les performances lors des tests d'adhérence et lors des tests d'arrachement avec les broches Fixe se sont avérées réduites ; tout comme il existe des résines dont la capacité d'adhérence sur l'inox lisse, et la résistance pour le scellement des broches Fixe sont élevées.

HY 150 Hilti	collage	5,98 daN/cm²	3 tests
	scellement Fixe inox	37,57 daN/cm²	2 tests rupt. c/b
époxyacrylate Pascal	collage	55 daN/cm²	3 tests
	scellement Fixe inox	94,23 daN/cm²	2 tests 2 ruptures colle/broche

Fig. 8

Remarque : *le fabriquant Upat a obtenu un agrément technique par le DIBt pour des produits de scellement chimique en béton fissuré constitués d'une ampoule de résine et d'une tige à sceller* (fig. 9). *Nous remarquons que la surface des tiges à sceller est traitée pour éviter que la résine n'y adhère ce qui lui permet de bouger en cas de fissuration du support. Ces tiges sont enveloppées dans un fourreau de protection pour éviter que ce traitement de surface ne soit altéré au cours des manipulations qui précèdent son installation.*

Dibt
voir
homologation
pages 31

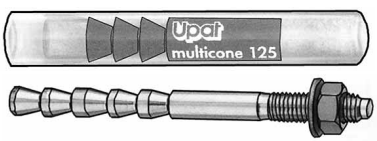


Fig.9

Bref, l'efficacité d'une résine de scellement ne dépend pas forcément ni uniquement de son pouvoir d'adhérence sur l'inox lisse d'autant que la plupart des broches ont des empreintes très marquées, et que parfois ça change tout (fig. 10).

HY 150 Hilti	collage	5,98 daN/cm²	3 tests
	scellement Fixe inox	977 daN. 37,57 daN/cm²	2 tests rupt. c/b
	Raumer	4849 daN. 186,5 daN/cm²	2 tests 2 ruptures colle/roche et colle/cisaillement

Fig. 10

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Dans une roche résistante, (la plupart des canyons sont situés dans des roches très résistantes), lorsqu'une défaillance de collage se produit c'est rarement la liaison colle/roche qui lâche. D'autant que, contrairement aux conditions des tests présentées dans ces cahiers, le trou n'est pas toujours mouillé lors de la pose, (ce qui peut affaiblir la liaison colle/roche). Ainsi, lors d'essais d'arrachements, lorsqu'une broche est soumise à un effort de traction important (ou même de cisaillement dès lors que la limite de flexion de la broche est dépassée et qu'elle a tendance à s'extraire), c'est la résistance de la résine au cisaillement et en particulier sa capacité à retenir la tige de la broche qui détermine en grande partie la solidité de l'ancrage.
Pour éviter de retenir la broche simplement par adhérence avec la résine, toutes les broches récentes utilisées pour l'équipement des sites sportifs ont une tige qui est soit cannelée, crénelée, moletée (striée) ou encore, marquée de plusieurs coups de poinçons ou d'encoches plus ou moins profondes (fig. 11)) . Ce relief qui augmente aussi la surface de collage est destiné à bloquer mécaniquement la broche dans la résine (principe du scellement par verrouillage de forme).

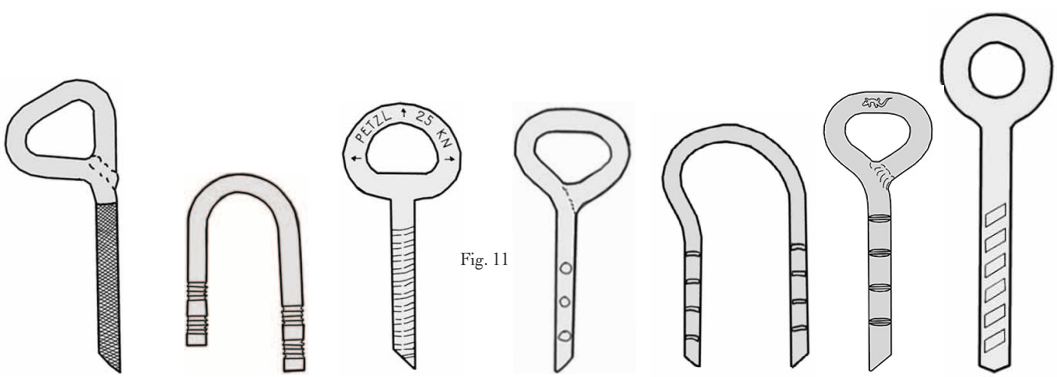


Fig. 11

tige striée tige cannelée tige crénelée tige poinçonnée tige munie d'encoches

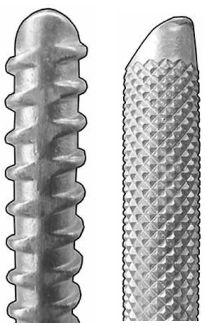
Cette précaution garantit une bonne accroche dans le temps même si la capacité d'adhérence de la résine sur l'acier lisse est faible initialement ou que cette capacité d'adhérence venait à faiblir dans le temps (choc violent, cycle gel/chaleur).
Toutes les broches récentes sont donc maintenues, en partie par adhérence de la résine sur la tige mais surtout par verrouillage mécanique grâce aux empreintes qu'elle comporte.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Mais, ces empreintes n'ont pas toutes la même efficacité.

Les empreintes en relief (d'une broche Collinox de Petzl par exemple) qui dépassent à la surface de la tige (tel le fer à béton) sont très efficaces. Ces aspérités en acier extrêmement résistantes se verrouillent profondément dans la résine (fig. 12). Même si dans l'absolu, la résine ne colle pas au métal, dans la mesure où la liaison colle/roche tient, il faut briser mécaniquement une grande quantité de résine pour déchausser la broche. Les broches filetées, striées ou moletées comme la broche Superstar de Raumer (fig. 13) sont également très efficaces. La faible profondeur des rayures est compensée par le fait qu'elles recouvrent presque toute la surface de la tige ; ce qui rend la tige rugueuse telle une râpe.

Fig. 12 Fig. 13



Collinox Superstar

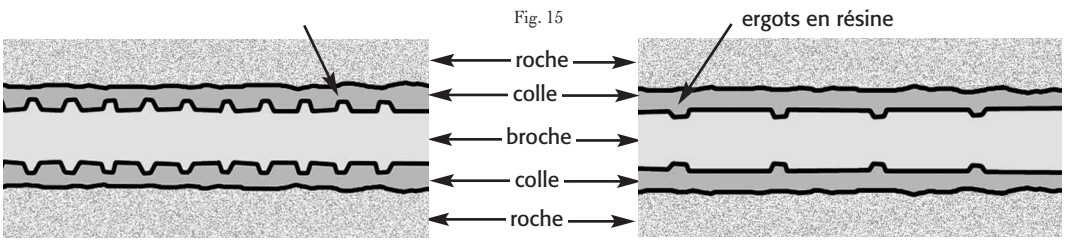
En revanche, les tiges munies de quelques coups de poinçon ou de quelques encoches (fig. 14) peu profondes (anciennes versions de la broche Fixe) sont de ce point de vue moins efficaces. Si la capacité d'adhérence de la résine sur la broche venait à faillir, il suffit de rompre les quelques tétons de résine pour que la broche puisse se déchausser par glissement (fig. 15). Ainsi, les tests d'arrachement en traction réalisés avec les différentes résines présentées dans le cahier n°11 laissent apparaître une différence de résistance importante entre la broche Raumer et la broche Fixe pourtant de longueurs équivalentes. A noter qu'entre les tests d'arrachement et la publication de ce cahier, il s'est écoulé quelques années et on s'aperçoit à ce propos que Fixe, conscient du problème a modifié ce produit. Désormais les tiges des broches Fixe sont pourvues de six encoches plus profondes.

voir comparatif des résistances page 74

broche Fixe
Fig. 14

Pour se faire une idée de l'efficacité des empreintes d'une broche, il suffit de faire glisser un doigt sur la tige en appuyant. Plus cela accroche, plus cela fait mal et mieux cela tient...

Fig. 15



broche Collinox broche Fixe (ancien modèle)

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Remarque : *lorsque la tige d'une broche est recouverte d'empreintes en relief, il n'est plus possible d'obtenir de rupture colle/broche car systématiquement, la tige après extraction est presque entièrement recouverte par la résine qui forcément, occupe chaque partie creuse.*
Souvent, notamment avec les broches Collinox dont les empreintes sont espacées, la résine, ébranlée par la rupture, ne colle plus à la tige ; elle est simplement coincée dans les empreintes qui affleurent et s'effrite au toucher. Il y a donc bien rupture de la colle au cisaillement puisqu'on retrouve celle-ci à la fois sur la paroi du trou et sur la surface de la tige. Avec les broches Collinox (fig. 16)*, à moitié lisse et à moitié crénelée dans le sens de la longueur, le phénomène est bien marqué puisque très souvent on obtient une rupture colle/broche sur la partie lisse alors que sur la partie crénelée on obtient soit une rupture de la résine au cisaillement ou une rupture colle/roche (très souvent les deux à la fois).*
Ce genre d'observation est moins facile avec les résines en ampoule comportant des grains de quartz.

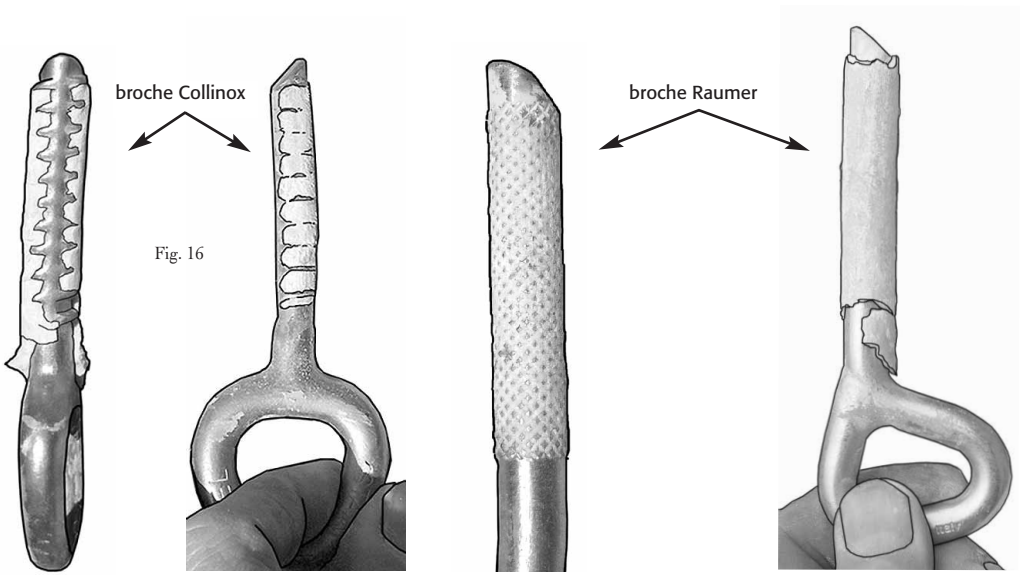


Fig. 16

rupture colle/broche en partie lisse et colle/roche sur la partie crénelée

rupture colle/broche en partie lisse et rupture colle au cisaillement sur la partie crénelée

rupture de la colle au cisaillement sur la partie striée et rupture colle/broche sur la partie lisse.

rupture colle/roche pour comparaison

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Résine et broche mariées pour le meilleur et pour.....

Comme on a pu commencer à s'en rendre compte dans les pages précédentes, une broche scellée ne se comporte donc pas uniquement comme un simple collage dont on peut facilement prévoir la tenue sans l'avoir testée. Chaque association colle/broche/roche une fois en place donne un résultat spécifique.

Concrètement, si on fait abstraction des cas de figure où la broche casse, il est très rare dans une roche dure et compacte de parvenir à arracher une broche d'un seul coup, brutalement. Néanmoins, lorsque cela se produit, les efforts mesurés avant la rupture sont toujours extrêmement élevés. Le plus souvent, parvenue à la limite de résistance, soit le scellement émet un craquement en sortant par saccades soit la broche commence à sortir en glissant sans bruit. D'une manière générale, toutes les broches, après rupture du scellement (c'est-à-dire choc résultant d'une rupture et extraction partielle de la broche ou début de glissement), présentent des valeurs de résistance encore importantes (voir cahier N°11).
Cette résistance s'explique par le simple coincement de la broche dans la résine même lorsque celle-ci s'est déplacée et que l'emboîtement des formes a été rompu. En fait, c'est lors des tests d'arrachement que l'on réalise à quel point, le "mariage forcé" évoqué auparavant, "coince" tout le monde.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Lors des essais d'arrachement en traction, il est fréquent d'observer des broches s'extraire par saccades (succession de points de rupture dont l'amplitude de l'effort décroît au fur et à mesure que la broche sort) ; notamment avec les broches Raumer et Collinox par comparaison avec les broches Fixes qui ont davantage tendance à glisser dans la résine. Parfois, ces points de ruptures secondaires se produisent lors d'effort d'intensité proche de la rupture initiale et peuvent se répéter ainsi plusieurs fois avant que la résistance de la broche (qui à chaque fois, s'extrait en partie de son logement) ne décroisse de façon significative (fig. 17).

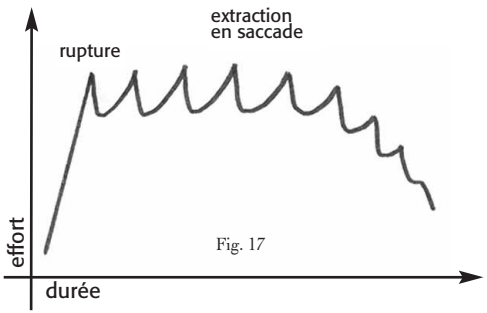


Fig. 17

Il peut même arriver (fig. 18) qu'une broche soit plus résistante après rupture du collage (cela s'explique par le fait que le déplacement de la broche lorsque celle-ci est pourvue d'empreinte en saillie provoque un arrachement partiel de la colle qui par phénomène de bourrage se tasse et accentue le blocage de la broche par coincement).

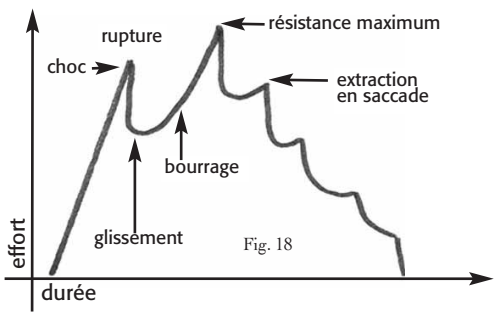


Fig. 18

Ce phénomène de blocage par coincement est tellement efficace qu'il a été possible d'observer en traction :

• une broche Raumer (fig. 19) scellée à la résine époxy-acrylate Batifix, dont la rupture colle/roche s'est produite à 2432 daN (extraction de la broche sur un cm) et qui ensuite a vu sa résistance augmenter de 760 daN en passant à 3192 daN.

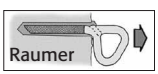


Fig. 19

rupture c/r	2432
résistance après rupture	3192

• une broche Raumer (fig. 20) dont il ne reste que 3 cm de tige dans le trou qui pouvait encore résister à plus de 3654 daN.

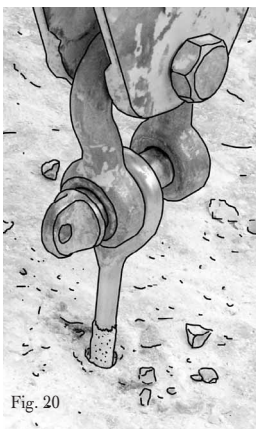


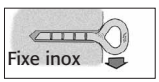
Fig. 20

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

L'augmentation de la résistance d'un scellement en cours d'arrachement est fréquente lors des efforts de cisaillement. Cela peut être observé avec les broches Collinox et même Fixe qui pourtant ont tendance à glisser dans la résine.

• Lors des essais d'arrachement au cisaillement une broche Fixe inox (fig. 21) scellée à la résine époxyacrylate Wurth a commencé à s'extraire à 2372 daN puis la résistance du scellement s'est élevée à 2977 daN.

Fig. 21



rupt. c/b	2372
résistance après rupture	2977

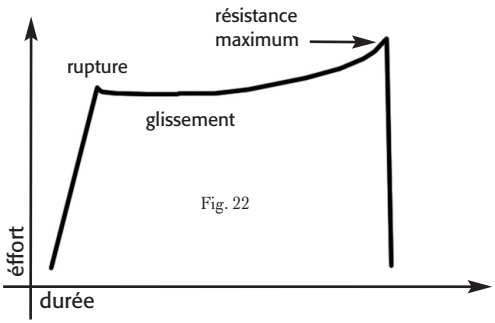


Fig. 22

L'augmentation de la résistance au cisaillement s'explique par le fait que la broche exerce un bras de levier de coincement qui retient mécaniquement la broche et qui augmente au fur et mesure qu'elle sort. C'est souvent les derniers cm de la broche encore prisonniers de la résine qui sont les plus résistants (fig. 22).

voir également comportement cahier N°5

• ainsi, pour exemple, une broche Fixe inox (fig. 23) scellée à la résine époxyacrylate Spit dont la rupture colle/broche a cédé à 3144 daN a résisté encore par coincement à 3654 daN alors qu'il restait deux cm de tige dans la résine (fig. 24)

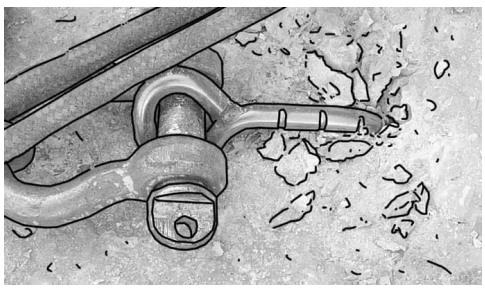
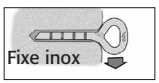


Fig. 24

Fig. 23



rupt. c/b	3144
résistance après rupture	3653

Remarque : *les analyses sont formulées d'après les observations faites lors des tests réalisés pour le cahier n°11 ; le domaine de recherche se limite donc à un seul type de roche.*

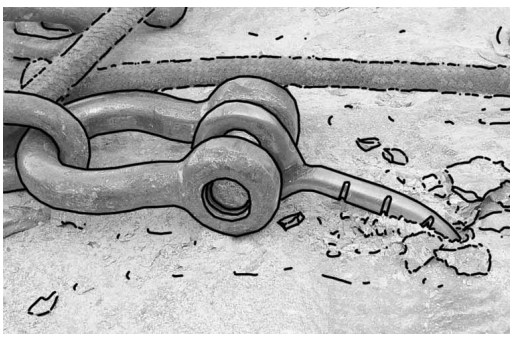
Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Par curiosité, on peut aussi évaluer l'efficacité des résines, en comparant la résistance au cisaillement des broches scellées chimiquement (voir cahier n°11) avec la résistance d'une broche identique placée dans un trou sans résine et maintenue uniquement par la rigidité de la tige. Une broche Fixe inox placée dans un trou de 10 mm sans résine, commence à s'extraire à partir de 1100 daN environ (fig. 25) et finit par sortir entièrement (fig. 26) à 2602 daN par augmentation du bras de levier. En présence de résine, le seuil de 1100 daN (début d'extraction sans résine) est toujours dépassé ; parfois de peu (400 daN observé à minima) et cette augmentation de résistance est en moyenne comprise entre 976 daN et 3433 daN.

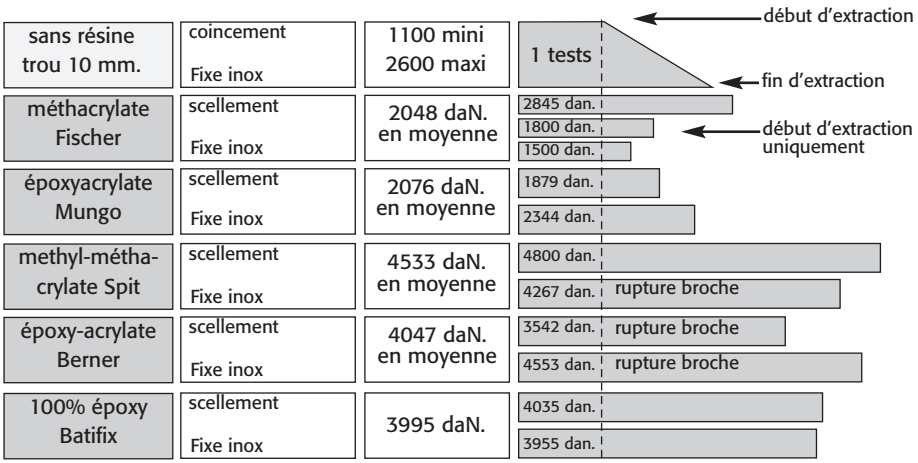
Fig. 25

Fixe inox en début d'extraction : 1100 daN. (sans résine)

Fig. 26



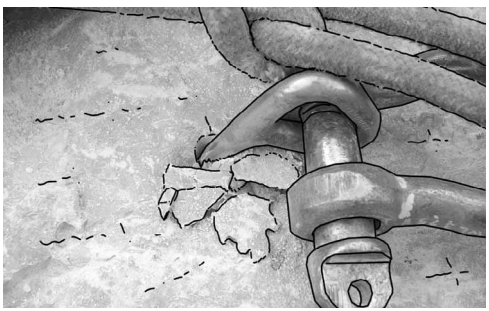
Fixe inox en fin d'extraction : 2602 daN. (sans résine)



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

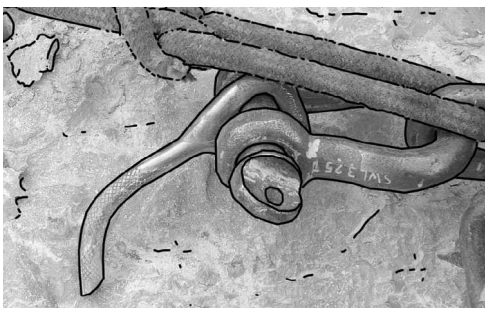
Avec les broches Raumer, le résultat est différent car la liaison colle/broche est bien plus performante quel que soit la résine. Bénéficiant d'un appui grâce à la forme de l'oeil, une broche Raumer (fig. 27) placée dans un trou de 10 mm sans résine commence à s'extraire au cisaillement à 1500 daN et finit par sortir complètement (fig. 28) à 2077 daN. Or, les stries présentes sur la tige change complètement la donne car la valeur de résistance au cisaillement la plus faible sur 50 tests est de 5341 daN. En effet, pour extraire une broche Superstar Raumer, il faut cisailler la quasi-totalité de la résine (au moins sur toute la surface des stries).

Fig. 27



Raumer éffort : 1611 daN. (sans résine)

Fig. 28



Raumer extraction complète : 2077 daN. (sans résine)

Raumer

sans résine trou 10 mm.	coincement	1500 mini 2077 maxi
méthyl-méthacrylate Spit	scellement	5341 daN.

Remarque : *Par curiosité, le même type d'essai a également été réalisé sur une broche Fixe en acier galvanisé. Elle commence à s'extraire (sans résine) à partir de 1300 daN environ. Il n'a pas été possible de la sortir car la soudure* (fig. 29) *a lâché à 2260 daN. Celle-ci se trouvant fortement coincée s'est finalement sectionnée en deux !!!! au moment de la redresser pour lui permettre de sortir librement.*

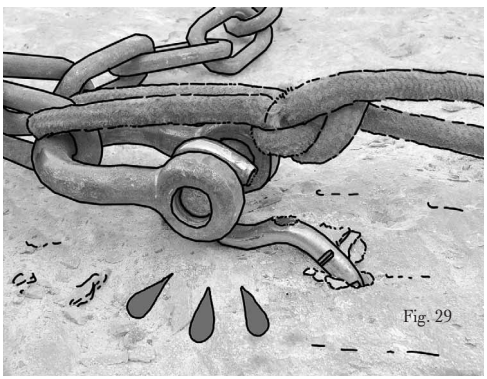


Fig. 29

Fixe galvanisée rupture soudure : 2260 daN. (sans résine)

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Pour conclure : les observations faites précédemment, confirment bien en tout cas que le coefficient d'adhérence d'une résine sur l'acier inox lisse est limité et que les empreintes figurant sur la tige de la broche jouent un rôle primordial. Certaines résines permettent d'obtenir des scellements robustes avec tous les modèles de broches récentes ; d'autres, uniquement avec les broches dont la tige est très marquée. D'un certain point de vue, on peut donc dire qu'aucune résine n'est vraiment mauvaise ; il suffit de l'associer avec la bonne broche (et inversement). La fiabilité d'un ancrage scellé ne se limite donc pas seulement à la qualité de la résine et parfois c'est le couple colle/broche qui fait la différence. Mais attention, maintenir une broche à long terme n'est pas simplement une question de résistance ; encore faut-il que cette capacité de résistance puisse perdurer dans le temps compte tenu des contraintes de l'équipement en canyon (présence d'eau, cycle gel/dégel).

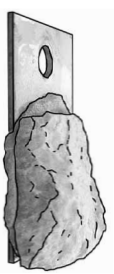


Fig. 30

Quelques essais de vieillissement accéléré de collages réalisés avec différents types de résines, sur des échantillons de calcaires compacts plats préalablement mouillés et des plaques d'inox lisses, dépolies à la toile abrasive fine (fig. 30) ; soumis à des cycles ordonnés d'exposition à la chaleur du soleil, au gel (dans un congélateur) et à l'eau ont montré qu'il est souvent possible d'obtenir à la longue, des ruptures d'adhérence colle/roche ou colle/plaque. Il a même été observé (fig. 31) une rupture complète plaque/colle/roche. A noter que la résine RE 500 Hilti faisant partie des quelques résines testées n'a pas cédé. Si on admet que ce genre de "petites" expériences ne prouvent rien, on ne peut s'empêcher de penser à certaines broches BIS complètement lisses, collées par le passé, qui apparemment avaient été testées avec succès et qui ont, après une dizaine d'années d'utilisation, présenté des défaillances de collage et des valeurs de résistance à l'arrachement très faibles (quelques centaines de Kg). En présence d'une broche carrément lisse telle que la broche Adriana (fig. 32) ou comme l'ont été les premiers modèles de broche Bis (fig. 33 et 34), et à défaut de verrouillage de forme, seule la capacité de collage de la résine et sa tenue dans le temps peuvent garantir la fiabilité de l'ancrage...

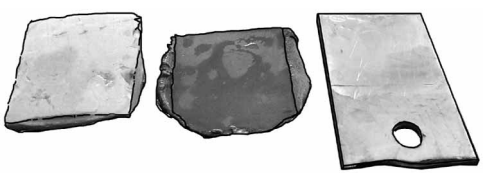


Fig. 31

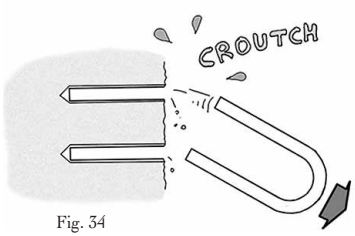


Fig. 34

Fig. 33

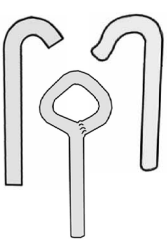


Fig. 32

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

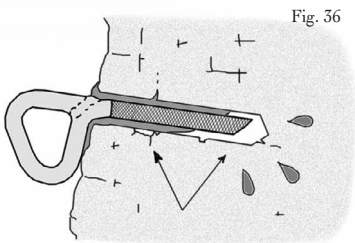
Les résines et l'eau en général

D'une façon générale, les résines tolèrent la présence d'humidité et la plupart sont utilisables sur rocher mouillé comme c'est souvent le cas en canyon (fig. 35). Certaines sont même utilisables sous l'eau en prenant quelques précautions mais nous ne sommes pas concernés puisqu'a priori on n'équipe pas les canyons en dessous du niveau de l'eau..... S'il est vrai que l'eau n'altère pas la polymérisation des résines (toutes les résines présentées polymérisent sous l'eau ; cela a été vérifié), il n'empêche que l'eau est plus un inconvénient qu'autre chose et qu'elle n'a jamais contribué à améliorer la résistance d'un scellement ; bien au contraire. Plusieurs inconvénients sont à craindre en présence d'eau. Tout d'abord, le perçage et le nettoyage d'un trou exposé à l'eau est plus délicat que celui entrepris sur une paroi sèche. L'eau et la poussière de roche forment de la boue qui est beaucoup plus difficile à évacuer que la poussière sèche. Les particules de boue, tel un enduit de lissage ont tendance à combler les micro-infractuosités de la roche ; sans parler des difficultés de perçage causées par la boue qui colle à la mèche. Donc si on a le choix, il vaut mieux percer là où c'est sec.

Fig. 35

Sur paroi ruisselante ou exposée aux embruns, le risque d'infiltration d'eau est d'autant plus critique que le trou est incliné vers le bas et qu'il a tendance à se remplir naturellement ; l'angle de perçage étant le plus souvent imposé par la forme de l'oeil de la broche il n'est pas forcément horizontal. La réalisation du scellement est dans ce cas plus délicat la résine sera en contact direct avec de l'eau (fond du trou notamment) qui n'aurait pas pu être chassée, par la soufflette ou par la résine (utilisation d'ampoule par exemple) il se produira un défaut d'adhérence qui réduira d'autant la résistance du scellement (fig. 36). De plus, en période hivernale cette eau si elle reste prisonnière peut geler (la nuit par exemple) et détériorer l'ancrage.

Fig. 36



présence d'eau

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Toutefois, Il est possible de chasser l'eau qui se trouve au fond d'un trou lorsque l'on utilise une résine de scellement en cartouche. Il faut dans ce cas prendre le soin de remplir le trou méticuleusement, au trois quarts, en partant bien du fond ; la mise en place de la broche en expulsant l'excédent de résine vers la surface finit de chasser l'eau.

Pour finir, plus le degré d'humidité de la roche est important plus le pouvoir mouillant et la pénétration des capillaires du support par la résine sont susceptibles d'être contrariés, au risque d'affaiblir la liaison colle/roche.

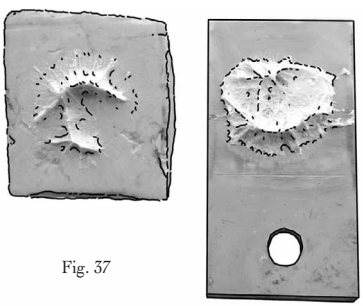
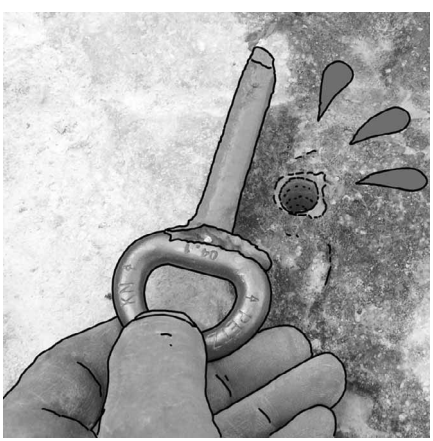


Fig. 37

La comparaison des empreintes laissées par différentes résines disposées sur des plaques d'inox lisses puis écrasées sur des échantillons de roches plates, les uns secs les autres sortis de l'eau ont permis d'observer le phénomène. D'une manière générale, la plupart des résines semblent plus ou moins contrariées par la pellicule d'eau. Les résines contrariées par l'eau, une fois écrasées, laissent apparaître (fig. 37) une empreinte dont le volume et la répartition de la résine sur la surface mouillé sont nettement moins dense et moins homogène que celle laissée par la même résine sur l'échantillon de roche sèche. Les résines 100% époxy Sika et Spit ainsi que la résine méthacrylate Fischer ont du mal à adhérer sur la roche mouillée. La plupart du temps, la résine reste collée uniquement sur la plaque d'inox et n'adhère pas du tout au rocher ; à moins d'insister plusieurs fois. Les résines RE 500 Hilti et 100% époxy Batifix sont également contrariées par l'eau. Sur le terrain, cela a pu se vérifier de différentes manières : en retirant une broche Collinox qui vient tout juste d'être scellée avec la résine 100% époxy Sika par exemple avant qu'elle ne durcisse, dans un trou mouillé, on s'aperçoit que la totalité de la résine accompagne la broche et qu'il ne reste aucune trace de résine sur la paroi du trou (fig. 38).

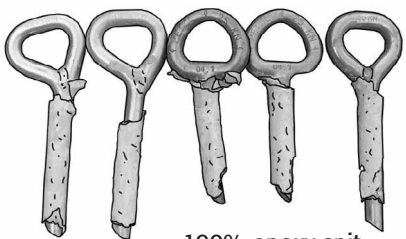
Fig. 38



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

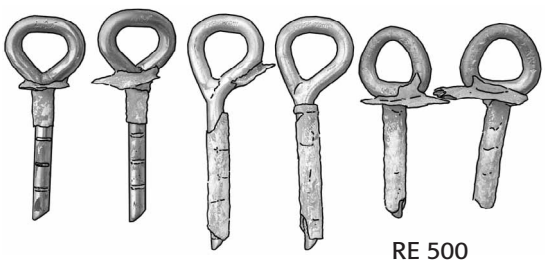
Les essais d'arrachement à la traction des broches sont également révélateurs. Avec les résines qui ont eu du mal à adhérer sur la roche mouillée, on obtient majoritairement des ruptures de liaisons colle/roche. Exemples : (fig. 39) résine 100°% époxy Spit ou encore RE 500 Hilti (fig. 40). A savoir qu'il est très rare d'observer une rupture colle/roche avec les broches Fixe inox car elles sont plutôt lisses et c'est bien souvent la liaison colle/broche qui cède en premier.

Fig. 39



100% epoxy spit

Fig. 40



RE 500

Quelques essais complémentaires réalisés dans des trous secs, avec quelques-unes des résines concernées nous permettent de comparer l'affaiblissement de l'ancrage lié à la présence d'eau.

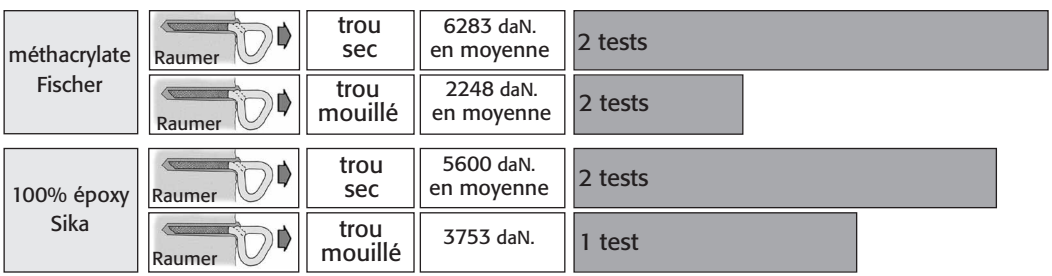
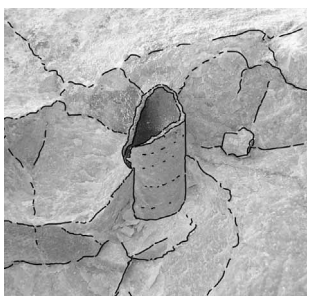


Fig. 41

Remarque : *lors d'un test d'arrachement, une rupture du rocher fortuite s'est produite à proximité d'un scellement. Cela a permis de dégager en partie, la gangue de résine* (fig. 41) *qui demeurait dans un trou à la suite d'une rupture colle/broche provoquée précédemment lors d'un test sur d'arrachement d'une broche Fixe. De toute évidence, comme le montre la photo, si la résine a pu rester en place c'est bien parce qu'elle n'était pas collée à la paroi du trou préalablement mouillé.*



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Cela dit, il faut relativiser le problème car les conséquences en termes de résistance pour les résines 100% époxy par exemple sont minimes et il serait vraiment dommage de se priver des qualités de ce type de résine au vu de ce détail. En effet, le trou de perçage n'est jamais complètement rectiligne et lisse. On peut y observer de nombreuses micro-infractuosités (fig. 42) qui varient selon la nature de la roche. Ce relief va faire corps avec la résine durcie. Dans la mesure où la résistance mécanique de la résine est élevée, ce verrouillage de forme peut être extrêmement efficace.

Fig. 42

Au final, les résines 100% époxy pénalisées par la présence de l'eau mais dont la résistance mécanique est élevée, peut s'avèrer dans certains cas bien plus performantes que les autres résines en cartouches qui adhèrent mieux sur rocher mouillé mais qui sont mécaniquement plus fragiles. Exemple avec les résines en cartouches (fig. 43).

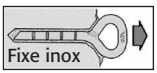
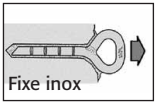
100% epoxy Spit, Batifix et RE500	 Fixe inox	trou mouillé	3185Kg. en moyenne	6 tests
époxyacrylate	 Fixe inox	trou mouillé	1805 Kg.	16 tests
polyester			1564 Kg.	9 tests
methacrylate			1820 Kg.	10 tests

Fig. 43

Par ailleurs, contrairement aux protocoles des essais, il est rare de devoir sceller dans un trou préalablement rempli d'eau et il y a toujours moyen de minimiser ce problème ponctuellement en protégeant le trou avec un chiffon ; or si le rocher est sec ou simplement humide, ça change tout.

Dans tous les cas de figure, l'affaiblissement de certains ancrages consécutif à un défaut de liaison colle/roche disparaît dès lors que la broche est sollicitée au cisaillement. En effet, l'ensemble résine/broche forme un bloc qui se verrouille mécaniquement dans son logement à l'image d'un coinceur et il devient alors beaucoup plus difficile de les déloger. D'ailleurs, la majeure partie de la résine reste dans le trou (exemple fig. 44).

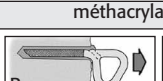
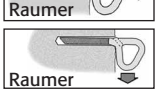
méthacrylate Fischer				
traction	 Raumer	trou mouillé	2248 daN. en moyenne	2 tests
cisaillement	 Raumer	trou mouillé	6164 daN. en moyenne	2 tests

Fig. 44

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

En guise de conclusion sur le sujet ; on peut dire que globalement (d'après les essais réalisés dans un calcaire dur), il n'y a pas de contre indication à sceller des broches dans des trous mouillés mais qu'il vaut mieux privilégier les perçages au sec autant que possible (fig. 45).

Fig. 45

Si on est obligé de devoir équiper en zone arrosée, on peut soit choisir le couple broche/résine qui va bien d'après les tests effectués soit s'assurer auprès du fabricant que la résine, si elle est nouvelle, est bien prévue pour cet usage. De plus, les résines qui sont le plus contrariées par l'eau (hormis la résine méthacrylate Ficher) sont les résines de type 100% époxy ou RE 500 Hilti qui finalement sont les plus résistantes sachant que la plupart des autres résines ne semblent pas vraiment poser de problème. L'étude des causes de rupture des broches Collinox en traction est souvent un bon repère pour déceler les liaisons colle/roche affectées par la présence d'eau.

Exemple de mesures observées avec la résine époxyacrylate Wurth et Spit :

époxy acrylate Wurth	collinox	trou sec	3215 daN.	1 test
	collinox	trou mouillé	3256 daN. en moyenne	2 tests
époxy acrylate Spit	collinox	trou sec	3774 daN. en moyenne	2 tests
	collinox	trou mouillé	3244 daN.	1 test

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

HOMOLOGATION

Pour l'équipement des canyons, on a recours à des produits industriels destinés à différents domaines d'utilisation :

- les produits de scellement (fig. 46) conçus pour l'ancrage d'armature pour béton armé (domaine des bétons armés) ;
- les produits de scellement (fig. 47) conçus pour la fixation des tiges filetées et douilles taraudées (domaine des ancrages). Certains de ces produits pouvant également servir pour la fixation d'objet dans les corps creux (fig. 48) ;
- les produits de collage (fig. 49) de structures (domaine du génie civil).

En France, il existe un référentiel de certification permettant de classer ces produits (ex: NFP 18-822 produits de calage et de scellement à base de résine synthétique ou NFP 18-870 produits de collage structural). A noter qu'un produit peut être conforme dans plusieurs domaines d'utilisation (ex : colle Sika). La constitution d'un produit peut aussi se présenter différemment suivant le domaine d'utilisation auquel il est destiné ; exemple avec la résine polyester qui peut être liquide (ampoule pour scellement en corps plein) ou thixotrope (cartouches pour scellement en corps creux). Les caractéristiques de ces deux produits de même nature n'étant pas du tout les mêmes.

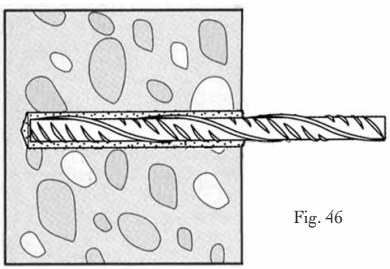


Fig. 46

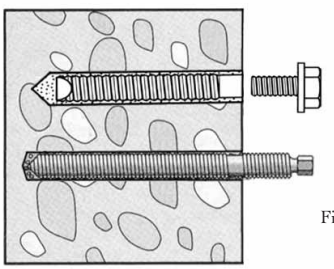


Fig. 47

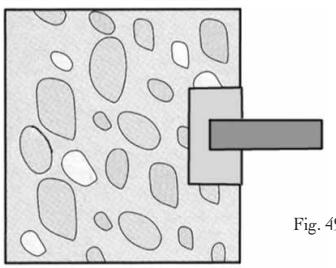


Fig. 49

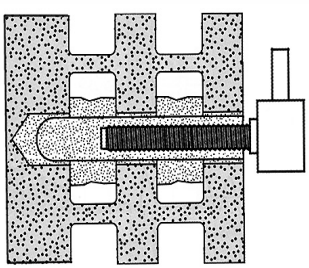


Fig. 48

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Ces résines synthétiques, issues du milieu industriel pour le bâtiment qui s'apparentent toutes à de la colle pour l'équipeur en montagne, font néanmoins, pour la plupart, l'objet d'homologations rigoureuses. Elles sont classées par catégories en fonction de leurs caractéristiques, et de l'usage auxquels elles sont destinées.
Jusqu'à présent, l'homologation et les performances d'une cheville de fixation chimique à expansion ou d'une résine de scellement s'établissaient d'après un cahier des charges d'emploi et de mise en oeuvre approuvé par un bureau de contrôle tel que la société de contrôle technique (SOCOTEC) pour la France. Par ailleurs, des normes françaises spécifiques fixées par l'association française de Normalisation (AFNOR) permettant depuis de nombreuses années de déterminer expérimentalement la résistance des ancrages (essai d'arrachement et interprétation des résultats, essai d'aptitude à l'emploi). Ces normes servent la plupart du temps de référentiel technique pour la délivrance des cahiers des charges SOCOTEC et l'homologation du matériel. Chaque année, l'AFNOR édite la liste de tous les produits ayant le droit d'usage de la marque NF.

Ne pas confondre
un produit conforme à une norme NF
et ayant le droit d'usage du logo NF.
Seul la présence du logo NF garantit la
conformité du produit .

Parmi les différents essais utilisés pour tester les résines de scellement, deux normes d'essai qui vont souvent de pair nous intéressent plus particulièrement car on les retrouve très souvent sur les cahiers des charges d'emploi et de mise en oeuvre ; elles se nomment : NFP 18 831et NF P18-836.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

NFP 18 831et NF P18-836 c'est quoi ?

-NFP 18 831: essai statique d'arrachement axial d'une barre de fer à béton de diamètre 12 mm scellée (en l'occurrence à la résine de synthèse) verticalement au sol dans un trou de diamètre 22mm par 120 mm de profondeur dans un bloc de béton. L'ancrage doit résister à 45 kN et le déplacement de la barre doit être inférieur à 0,6 mm.

- NF P18-836 : essai de fluage en traction : il consiste à appliquer un effort permanent de traction, à une température constante de +23° ou +50°, sur une barre en acier scellée (en l'occurence à la résine synthétique) dans un bloc de béton et à mesurer le déplacement dans le temps de la barre par rapport au support. Sous une charge de 30 kN, elle doit être stable avec un déplacement inférieur à 0,6 mm.

A noter que ces deux normes s'appliquent à tous les produits de scellement à base de résine synthétique quelles que soient leur nature (le polyester en fait donc partie). Lorsque la résine de synthèse est utilisable en milieu humide (c'est le cas de la plupart des résines) les essais s'effectuent de surcroît sur des blocs de béton saturés en humidité, après avoir séjourné 28 jours dans l'eau ou dans une salle maintenue à une humidité relative supérieure ou égale à 95 % . Une fois le scellement en place, le bloc est à nouveau immergé sous l'eau pour les essais d'arrachement.

Lors des tests d'arrachement réalisés pour s'assurer de la conformité d'une résine de scellement, les efforts de traction effectués sur le fer à béton sont poussés au-delà de 45 kN jusqu'à rupture.
En général, les barres de fer à béton finissent par se rompre en partie courante libre sans éclatement du support béton en surface à des valeurs comprises entre 70 et 75 kN (fig. 50).

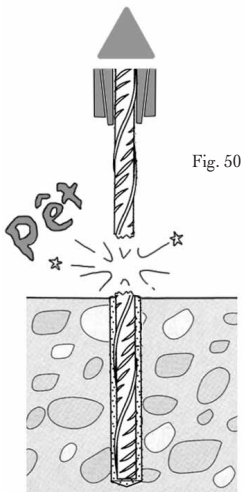


Fig. 50

Cela démontre que la valeur ultime de la contrainte d'adhérence entre la résine de scellement et le support en béton est au moins égale à celle de la barre d'armature haute adhérence dans le béton.
En d'autres termes les performances du scellement sont supérieurs à la résistance de la barre en acier.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Prudence et réalisme

Les informations relatives à la résistance des scellements, qu'elles soient issues de tests spécifiques du fabricant ou de tests de normalisation, sont une source d'information très intéressante. Mais il ne faut pas pour autant en tirer de conclusions hâtives.
De même, les valeurs de résistance figurant sur les catalogues de vente ou les cahiers des charges d'emplois doivent être considérées avec recul et ne peuvent servir de comparatif entre les différentes marques. En effet, les chiffres annoncés par les fabricants ne sont pas forcément établis suivant les mêmes critères (charge limite ultime, charge limite de service, charge de ruine, résistance caractéristique). Le type d'effort pris en compte est quelquefois différent (traction, cisaillement, oblique). Ces chiffres peuvent également varier suivant le domaine d'utilisation et les coefficients de sécurité tels que : la classe de risque (risque élevé, modéré, sans risque) l'état du support (résistance du béton, état de fissuration) ou encore, la nature de la pièce à sceller (nature et qualité de l'acier).

Fig. 51

Bref, on l'aura compris, l'équipeur de canyon occasionnel qui n'est pas du métier, surtout s'il se fie uniquement aux notices et catalogues de vente des fabricants (fig. 51) aura bien du mal à s'y retrouver .
En canyon, le contexte est complètement différent, les roches de par leurs diversités sont bien plus complexes à cerner qu'un béton minutieusement calibré. Les broches, en termes de qualité d'acier et de profil, ne ressemblent pas vraiment à de la tige filetée ou du fer à béton ; et enfin, les conditions d'équipement sur site naturel n'ont pas la rigueur de celles effectuées en laboratoire lors des tests.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Il convient également de noter que ces produits industriels qui, s'ils peuvent être parfaitement adaptés à la pose d'équipement en millieu naturel, n'ont pas forcément été conçus dans cette optique. Ainsi, on peut être amené à utiliser une résine de scellement homologuée et ayant obtenu un agrément pour une application dans le bâtiment ainsi qu'une broche conforme à la norme CE et aux exigences UIAA sans pour autant avoir, à défaut de test spécifique, d'indication sur le degré de fiabilité de l'assemblage in situ..... Les essais réalisés sur le terrain sont parfois surprenants et ce, en bien comme en mal....

Dans tous les cas, les essais réalisés in situ (fig. 52) ou en laboratoire avec différents échantillons de roche, le plus souvent à l'initiative des fédérations sportives ou encore de l'ENSA sont essentiels. Car même si ces différentes essais ne pourront jamais fournir des résultats exhaustifs et précis compte tenue de la diversité des roches, des broches, des résines, et de l'effet du temps qui est difficilement mesurable, ils constituent néanmoins une source d'information idéale pour le pratiquant et les conclusions des protagonistes sont souvent de bons conseils...

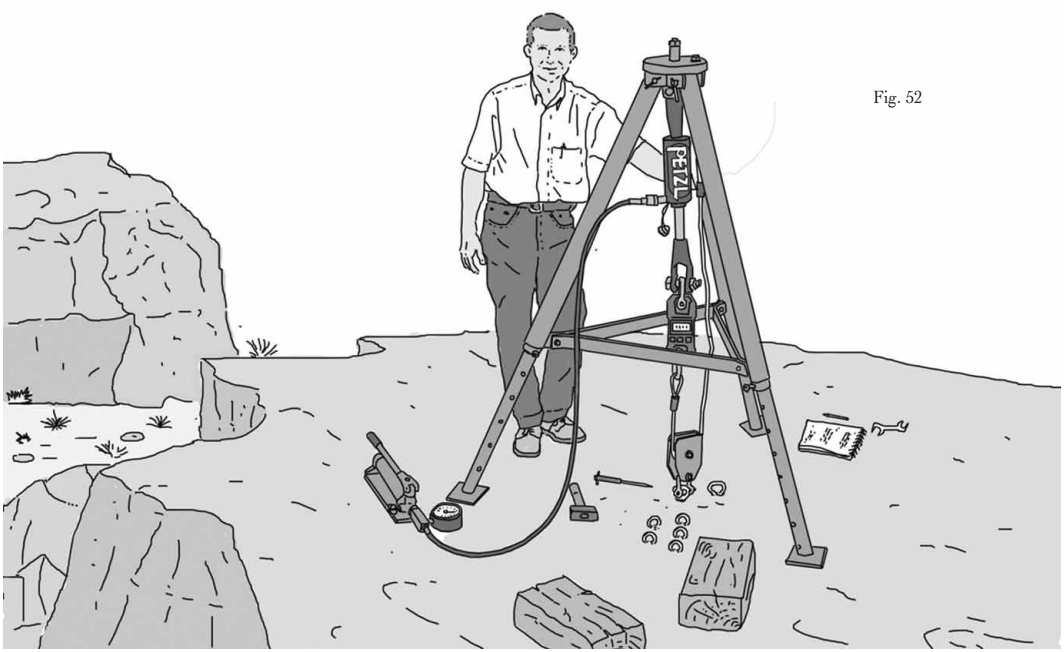


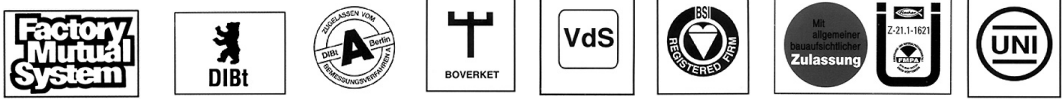
Fig. 52

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Homologation suite

Actuellement, on peut également se procurer des produits de fabrications étrangères faisant l'objet de certifications et d'homologations spécifiques à chaque pays ce qui multiplie d'autant les logos d'identifications (exemple fig. 53).

Fig. 53



L'homologation des ancrages dont dépend la sécurité publique, la vie et la santé des personnes est obligatoire. Elle entre également en ligne de compte pour l'établissement des normes d'équipement en canyon.

voir également normes d'équipement cahier N°9

Avec l'ouverture des frontières en Europe, l'homologation des produits s'uniformise et ils devront porter le marquage CE attestant que le produit est conforme à l'agrément technique Européen (ATE fig. 54), délivré en France par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB fig. 55). Le CSTB est un organisme membre de l'Organisation Européene pour l'Agrément Technique (EOTA fig. 56) habilité par la commission européenne à délivrer des agréments techniques européens et par le gouvernement pour les avis techniques et les appréciations techniques expérimentales (ATEX). L'EOTA regroupe les organismes habilités dans les états membres de la Communauté Européene pour délivrer l'agrément Technique Européen (le CSTB en France, le DIBt en Allemagne, le BBA en Angleterre).

Fig. 54

Fig. 56

Fig. 55

Le marquage CE permet la libre circulation des produits au sein des pays de la Communauté Européenne; sa mise en place est entrée en vigueur pour les goujons d'ancrage par exemple depuis le début de l'année 2004 et 2005 en principe pour les résines de scellement .

A court terme, l'AET va placer les fabricants des pays de l'union Européene sur le même plan en terme de qualité de production. Pour nous utilisateurs de produits de fixation entre autres, cela va clarifier pas mal de choses et nous garantir des produits de meilleure qualité, donc plus sûr.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

En effet, les critères retenus pour la mise en place de l'AET sont plutôt sévères avec comme principale nouveauté : la prise en compte des bétons fissurés. Tous les fabricants des pays concernés sont tenus de se mettre à niveau. Les fabricants qui ne peuvent prétendre (ou financer) l'AET seront, certainement, écartés du marché (tout du moins des marchés d'état pour lesquels le cahier des charges est rigoureux, ou des marchés du bâtiment dont le contrôle technique est assuré par des bureaux de contrôle indépendants qui ne prendront pas le risque d'engager leur responsabilité en choisissant du matériel non conforme).
Espérons que ces dispositions qui, si elles risquent de pénaliser les petits fabricants, permettront aussi d'écarter plus facilement le mauvais matériel du marché. En tout cas, l'AET, en matière de produits de fixation impose aux fabricants de fournir un cahier des charges et de mise en oeuvre rigoureux (fig. 56), ce qui à l'heure actuelle est loin d'être le cas. Certains fabricants qui se contentent de ne fournir que les indications qui les arrangent. L'utilisateur pourra donc être mieux informé. On remarque cependant que les agréments Socotec avaient le mérite d'être parmi les plus rigoureux et proches des réalités de terrain contrairement aux critères d'obtentions de l'AET qui ont une approche plus théoricienne donc souvent plus formaliste. Il n'en demeure pas moins que l'AET est d'abord un enjeu commercial et que les conditions de test dans lesquels les produits obtiennent leur agrément spécifique sont très éloignées de la réalité de terrain qui nous concerne.

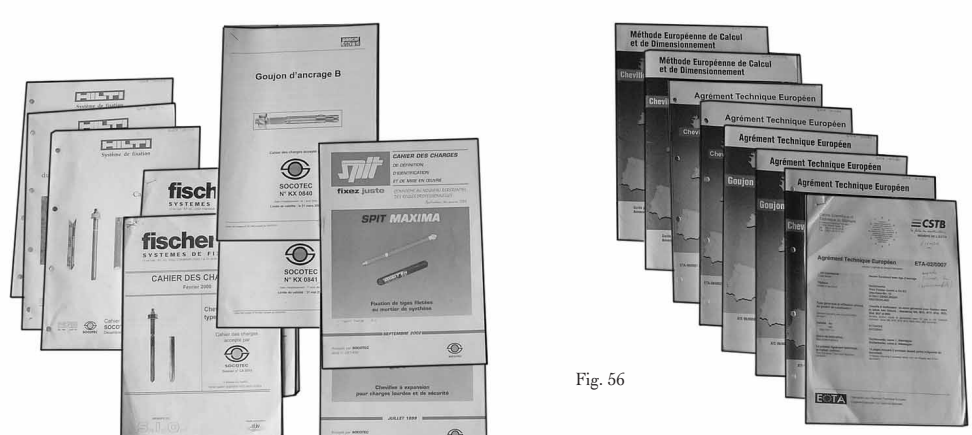


Fig. 56

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Application progressive

Quoi qu'il en soit, afin de permettre une application progressive de l'Agrément Technique Européen en évitant une rupture brutale avec la situation antérieure, les états membres de la Communauté Européenne prévoient, avant de rendre le marquage CE obligatoire, une période transitoire correspondant au délai nécessaire pour que les fabricants et distributeurs puissent prendre les dispositions nécessaires pour mettre sur le marché des produits CE. Pendant cette période se côtoieront des produits marqués CE évalués suivant le référentiel européen (ATE) et des produits (fig. 57)non marqués et toujours évalués selon le référentiel normatif français (cahiers des charges).

Fig. 57

Pour le pratiquant, équipeur occasionnel, les normes et certifications sont surtout un gage de qualité. Elles permettent d'avoir l'assurance que le produit a été approuvé par des organismes indépendants et compétents. La normalisation garantit surtout une constance dans la qualité de production. Cela ne veut pas dire pour autant que les produits dépourvus d'agrément sont mauvais ; simplement on ne dispose d'aucune autre garantie que celle du fabricant.
L'approbation d'un cahier des charges ou d'un agrément technique est une opération particulièrement onéreuse pour les fabricants. Ce type d'investissement dépend aussi de la place occupée par le produit dans la gamme du fabricant et de sa stratégie de vente. Obtenir le droit d'usage du logo NF sur un produit par exemple est à la fois une démarche de qualité, mais surtout commerciale dont le coût n'est pas forcément rentable ni à la portée de tous les fabricants. Cela peut également expliquer pourquoi il existe parfois des différences de prix importantes entre certaines catégories de produit; voire même entre deux produits apparemment identiques.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

COMPOSITION DES RÉSINES DE SCELLEMENT

Fig. 58

Les résines de synthèse utilisées pour les scellements de broche (exemple fig. 58), sont toutes constituées de deux composants : un monomère couramment appelé résine de type vinylester ou polyester et un polymère couramment appelé durcisseur ou générateur de prise de la famille des péroxydes tel que le styrène, le metylacrylate ou encore le méthacrylate (par exemple). Chaque fabricant ajoute la plupart du temps d'autres adjuvants soit de nature chimique, soit des granulats fins (charge de silice, de quartz) en vue d'améliorer certaines caractéristiques de la résine. Chaque fabricant élabore donc sa propre recette ; les différences chimiques d'un polymère à l'autre sont certes sensibles mais très difficilement exploitables pour un non initié car elles influencent les chaînes de réaction chimique lors de la polymérisation (phase de durcissement).

Cela dit, pour simplifier au maximum les choses, on peut classer les résines en trois catégories :

- les résines de type pure Epoxy, (cartouche uniquement)
- les résines de type vinylester
  - les résines Epoxyacrylate (cartouche et ampoule)
  - les résines méthacrylate (cartouche)
  - methyl-méthacrylate (ampoule Spit)
  - uréthane-méthacrylate (cartouche et ampoule)
  - ester-méthacrylate(cartouche Wurth)
- les résines de type polyester (ampoule et cartouche)

Remarque : l'appellation des résines n'est pas rigoureusement identique d'un fabricant à un autre notamment en ce qui concerne les résines méthacrylate, époxyacrylate et vinylester. Pour simplifier, on peut dire que l'appellation vinylester englobe toutes les résines de type époxy qu'elles soient époxyacrylate, métacrylate, métyl-métacrylate ou encore uréthane-méthacrylate. Toutes ces nuances sont à prendre "au second degré" car elles font souvent apparaître la confusion entre les monomères et polymères qui constituent les produits (les formules chimiques permettant aussi de jouer facilement sur les mots pour identifier un produit). Les curieux remarqueront à ce propos que sur la composition de la résine époxyacrylate Fischer il a été mentionné : résine époxyacrylate, méthacrylate...

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Fig. 59

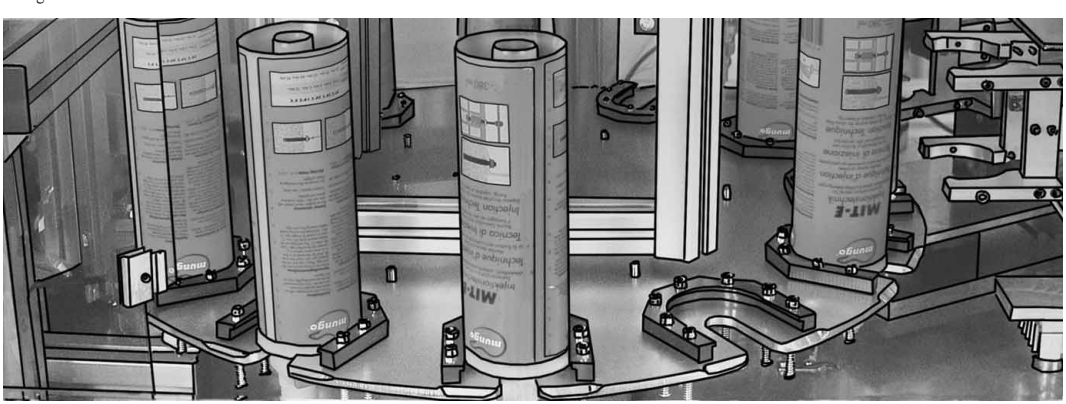
Il arrive même parfois que sur certaines cartouches, la nature de la résine ne soit pas spécifiée; en général on peut y lire : résine bi-composant....; alors que paradoxalement (exemple fig. 59) il est bien précisé (car c'est un argument de vente) qu'elle ne contient pas de styrène.

Toutefois, il faut relativiser la diversité des produits car les usines chimiques qui fabriquent les composants des résines sont nettement moins nombreuses que les professionnels qui conçoivent les produits (fig. 60) ou qui se contentent de les vendre. On dénombre principalement six usines en Europe dont une en Espagne, une en Angleterre et deux en France. Certaines usines chimiques jouent sur plusieurs tableaux ; elles conçoivent les bases chimiques sur commande, pour des grands groupes industriels, fournissent directement les produits de certaines marques tout en commercialisant leurs propres résines de scellement sous une marque indépendante.

Le problème se complique très vite dans la mesure où certaines marques différentes appartiennent en fait au même groupe industriel (avec souvent les mêmes fournisseurs mais cela nous l'avions déjà compris). Ce phénomène s'applique aussi pour les ancrages à expansion.

Ainsi, curieusement il est possible par exemple d'acheter une résine de scellement de marque Carrefour made in Europe ou encore de se procurer trois boîtes d'ampoules chimiques de marque différente pour un produit identique, conditionné dans un emballage identique; seules les inscriptions ou la couleur de la boîte changent. Apparemment donc, on ne s'en cache pas mais on ne peut pas non plus dire pour autant que ce sujet, même s'il n'est pas tabou, soit facile à aborder.

Fig. 60



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

A savoir également que chaque société de commercialisation a sa propre stratégie de vente ; la notoriété d'un produit, tout comme son prix, ne dépendent pas uniquement de ses qualités. Elle est aussi en partie (nous en avons déjà parlé auparavant), à l'image des moyens mis en jeux pour parvenir à son élaboration, son homologation et sa commercialisation (domaine du marketing). Si, par exemple, les résines 100% époxy sont en principe les plus chères dans la gamme d'un même fabricant les autres types de résine ne sont pas forcément positionnés dans le même ordre en termes de prix d'un fabricant à un autre. De même il peut exister des différences de prix très importantes (plus du double) entre deux produits de même nature telle que la résine 100% époxy par exemple suivant l'entreprise qui la commercialise.
Voilà qui n'est pas fait pour simplifier les choses d'autant que, face à la concurrence, les arguments de vente de certains vendeurs ne sont pas toujours très objectifs ; c'est inévitable. D'où l'intérêt, encore une fois, pour l'équipeur de canyon, de disposer d'éléments de jugement plus simples et plus pragmatiques issus soit des cahiers des charges ou mieux, de tests de résistances in situ (fig. 61 et 62).

Fig. 61

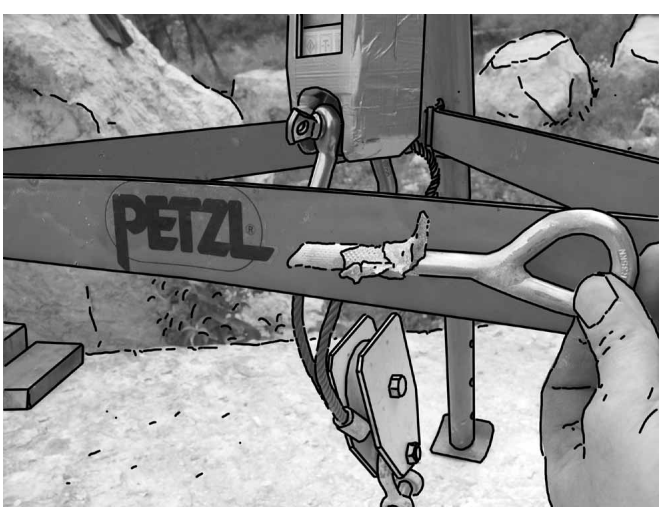


Fig. 62

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Fig. 63

La qualité des résines en général

Les résines de type 100% Epoxy : en cartouche uniquement (fig. 63) sont les plus chères mais ce sont, tout du moins sur rocher sec, les plus performantes (d'après les fabricants et selon les critères du bâtiment). Ces résines ont surtout la particularité d'avoir des résistances mécaniques élevées et de ne présenter aucun phénomène de retrait après polymérisation. Ces avantages leur confèrent une capacité d'adhérence maximale sur le support même lorsque la pièce à sceller est beaucoup plus petite que le diamètre du trou. Avec ce type de résine, il serait possible par exemple de sceller une broche dans un trou trois fois plus gros (il faut bien reconnaître toutefois que cela ne nous est pas vraiment utile). Les résines 100% époxy offrent des valeurs de résistance qui, aux tests (fabricants), sont statistiquement immuables dans le temps. Ces résines haut de gamme sont parmi les rares résines de synthèse qui, en France ont pu obtenir le droit d'usage du logo NF.

En revanche, les résines 100% époxy sont souvent difficiles à extruder par temps froid. En dehors de cet inconvénient, elles sont d'une consistance particulière, dépourvues de grains, à l'image du chewing-gum mou, plutôt agréables à utiliser. Jusqu'a l'apparition de la résine Hilti RE500 et Spit C8 elles étaient particulièrement contraignantes ; la polymérisation ne s'obtenait qu'à la condition de mélanger les deux produits en quantité très précise car il n'y avait pas de réaction en chaîne comme pour les autres types. Le dosage était donc extrêmement rigoureux d'où la forme particulière (fig. 63) des cartouches à doubles compartiments symétriques de même contenance ; placés côte à côte. En effet, ce type de cartouches contribue à une mise en pression précise, et parfaitement équilibrée même lorsque la résine devient difficile à extruder. Les autres modèles de cartouches étaient moins bien adaptés. Avec les modèles à doubles compartiments coaxiaux par exemple (fig. 59), une déformation du compartiment central en cas de forte pression, se répercutait sur le volume du compartiment voisin. Désormais ces produits ont évolué et même si les contraintes moins rigoureuses autorisent d'autres types de contenants, Il faut impérativement les utiliser avec la buse d'origine (comportant une quantité d'ailettes de malaxage adapté).

En canyon, la présence éventuelle de l'eau dans les trous avant scèllement, vient troubler quelque peu la suprématie des résines pures époxy lors des tests d'arrachement.

voir comparatif des valeurs de résistances par type de résines page 45 et 46

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Les résines vinylester : par rapport aux résines 100% époxy, elles sont plus souples d'utilisation et généralement plus économique. Le but recherché avec les familles des résines polyester et vinylester (exemple fig. 64 et 65) est d'avoir une plage de tolérance dans le ratio monomère/polymère la plus grande possible pour pallier les contraintes de pose sur chantier tout en garantissant la polymérisation et la capacité de charge de l'ancrage. Cette tolérance est marginale avec des produits 100% époxy qui de ce fait sont plus difficiles à utiliser dans des conditions "chantier" (variation de température, d'humidité).

Fig. 64

Cela dit, certaines résines vinylester affichent lors des tests de résistances sur broche, réalisés dans des trous mouillés, des valeurs de résistance identiques aux résines 100% époxy. D'une manière générale, par rapport aux résines 100% époxy, et compte tenu de la diversité importante des produits il peut apparaître, avec certaines résines vinylester, des comportements hétérogènes en termes de constance dans les valeurs de résistance soit encore, des valeurs de résistance mécanique au cisaillement moindre. En outre, on peut aussi observer et c'est la principale différence, des phénomènes de retrait sur des épaisseurs importantes qui dans tous les cas, imposent de réduire soit la quantité de résine entre le support et la pièce à sceller soit de diminuer les valeurs de charge . Cela dit, pour l'équipement des canyons, les trous ne sont guère plus gros que de quelques millimètres par rapport à la broche ; nous ne sommes donc pas concernés par les phénomènes de retrait.

Fig. 65

On retiendra que comparativement aux résines 100% époxy, les cartouches de résine de type vinylester (et polyester) en général sont plus sensibles aux aléas de fonctionnement (évaporation d'une partie des produits volatils, fuite de liquide, défaut de polymérisation consécutif à un début d'extrusion aléatoire). Il faut être encore plus vigilant et éviter de les conserver longtemps une fois entamées.

Remarque : *la résine* (fig. 66) *Hilti HY150 (uréthane-méthacrylate) dont la formule contient de l'eau est facilement miscible dans l'eau. Dans un contexte d'équipement en canyon cela peut présenter un inconvénient supplémentaire si le trou est exposé à l'eau au moment du scellement.*

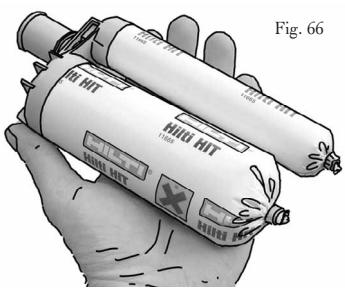


Fig. 66

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Les résines polyester : déclinées dans une large gamme de produits généralement économiques, on distingue trois types de résine polyester.

Fig. 67

Fig. 70

- Les résines polyester en cartouche pour corps creux (fig. 67) , vendues exclusivement pour la fixation de base dans le domaine du bâtiment et de la construction (fixation des gongs de volets ou les mâts d'antenne placés dans les supports alvéolés comme la brique par exemple).

- Les résines polyester en cartouche (fig. 68) destinées à la fixation de tiges filetées et douilles taraudées dans le béton ou la pierre naturelle (domaine des ancrages).

- Les résines polyester en ampoule (fig. 69), destinées uniquement à la fixation de tiges filetées et reprises de fer à béton dans le béton ou la pierre naturelle (domaine des ancrages).

Fig. 69

Les résines polyester en cartouche pour corps creux ou pleins sont à peu près équivalentes. Celles pour corps creux ont simplement une texture adaptée leur permettant de se diffuser de façon homogène autour des tamis perforés en plastique (fig. 70) ou en grilles métalliques, placés à l'intérieur des parties creuses. Pour que la diffusion de la résine soit uniforme sa consistance doit être ni trop fluide car elle aurait tendance à tomber à l'intérieur du corps creux ni trop épaisse car elle aurait tendance à ressortir du tamis au lieu de le traverser.

Fig. 68

Fig. 71

Il est probable que la résistance d'une broche scellée avec l'une ou l'autre de ces résines soit à peu près équivalente. Certaines cartouches polyester sont d'ailleurs polyvalentes et peuvent s'utiliser aussi bien dans les corps pleins ou creux (fig. 71).
Toutefois, les résines destinées aux corps creux n'ont pas fonction d'être utilisées en corps pleins ; elles n'ont pas été conçues pour cet usage. Rien ne garantit en effet que ces résines polyester puissent convenir pour le scellement des broches ; le calcul de leur charge admissible étant en grande partie tributaire de celle du support (agglo, brique creuse) qui en général est plutôt de nature fragile.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Cela dit, il faut bien reconnaître que même les résines polyester destinées aux scellements d'ancrage dans la roche naturelle, n'ont pas une très bonne réputation en matière d'équipement de sites. Le problème avec les ancrages scellés avec la résine en général, c'est que bien souvent, avant que l'on s'aperçoive qu'ils ne résistent pas bien dans le temps, il s'est écoulé au moins plus de 15 ans et généralement, les produits utilisés ont évolué ou n'existent plus....

Cette méfiance pour la résine polyester s'explique en partie par le fait que le polyester employé comme résine de scellement a connu quelques déboires a ses débuts (Il y a plus de vingt ans). A l'époque, certains scellements réalisés avec de la résine polyester ont présenté des déficiences (dégradation de la résine par phénomène de saponification au contact de l'eau). Mais Il s'agissait en l'occurrence de cas isolés liés davantage à un problème de formulation plutôt qu'un problème de nature de résine. Cela a sans doute favorisé l'élaboration d'autres types de résine, permettant aussi aux fabricants d'élargir leur gamme de produits et tous n'ont pas pris les mêmes orientations.....

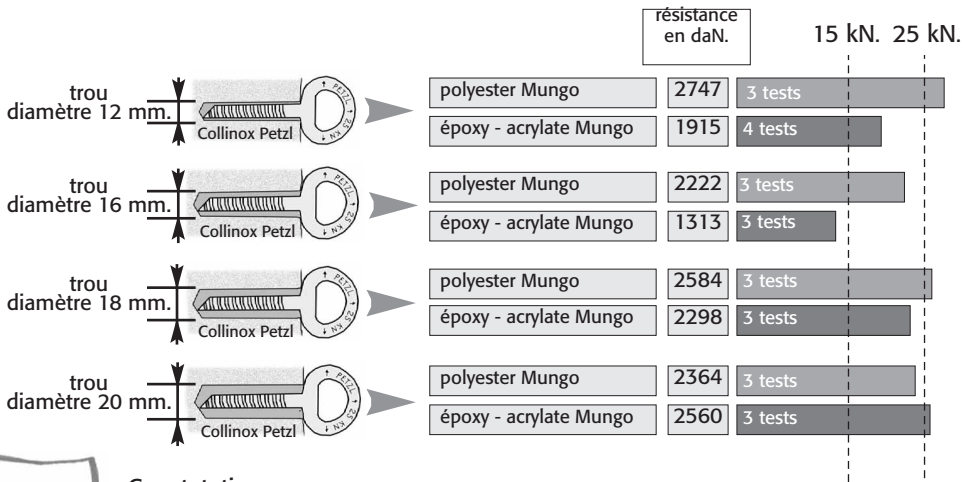
Depuis, les résines polyester ont évolué; quasiment toutes les marques qui proposent du polyester ont désormais des formules compatibles en corps pleins et les a priori qui demeurent à l'égard de ces résines ne sont plus justifiés. En Angleterre par exemple le polyester est couramment utilisé comme résine de scellement depuis très longtemps, en extérieur, en milieu humide et même salin (bord de mer) sans soucis particulier. Pourtant, curieusement, les avis des spécialistes des différentes marques sont toujours partagés et il est difficile de faire la part des choses sur l'impact réel des inconvénients liés à ce type de résine ; ceux qui n'en proposent pas à la vente ont tendance à la critiquer alors que d'autres en commercialisent depuis longtemps et sont au contraire très confiants pour le genre d'application qui nous concerne.

On remarque par ailleurs que les valeurs de ruptures moyennes les plus élevées obtenues en traction avec les broches Collinox et Raumer ont été observées avec les résines polyester (voir comparatif pages 72 à 77).

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Il n'en reste pas moins que sous forme de résine en cartouche, les résines polyester ne sont pas les meilleures tout du moins sur le très long terme ; (il n'est pas dit non plus que comparativement à la famille des résines de types vinylester ce soient les moins bonnes). A savoir que les résines polyester en cartouche sont très dures donc cassantes et subissent au durcissement un phénomène de retrait de l'ordre de 1% qui est susceptible de favoriser à long terme des défauts d'adhérence problématiques dans la mesure où le fût de la broche est totalement lisse. Pour des très gros scellements en support plein, il est probable que ce soit rédhibitoire ; pour le scellement d'une broche Raumer de diamètre 10,2 dans un trou de 12, le phénomène de retrait de l'ordre de 0,008 mm en périphérie est négligeable et à priori (d'après les essais réalisés) ne semble pas affecter la résistance à la traction dans un support rocheux percé au perforateur puisque les valeurs de rupture sont même parfois supérieures comparativement à une résine époxyacrylate par exemple (tout du moins initialement et dans des trous mouillés).

Comparatif de résistance moyenne de la résine époxy-acrylate et polyester Mungo utilisées avec les broches Collinox dans des trous de différents diamètres



mesures détaillées visibles dans le cahier n°11

Constatation :
les valeurs mesurées sont bien plus homogènes dans les trous les plus petits. La diminution de la résistance moyenne des ancrages polyester avec l'augmentation du diamètre des trous semble réduite. La plus forte valeur de rupture des ancrages polyester s'est produite dans un trou de diamètre 18 mm.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Test de vieillissement (tentative): ce type d'étude n'est pas facile à appréhender pour un particulier, et la méthode choisie est pour le moins artisanale. Un essais de vieillissement accéléré entrepris par l'auteur, avec la résine polyester Spit, sur des scellements de broche Collinox, soumis à des cycles plus ou moins réguliers (de un à plusieurs jours) d'exposition au soleil, puis au gel à -18° (dans un congélateur) et à l'immersion sous l'eau ont montré après 36 mois de vieillissement accéléré aucune différence notable de résistance par rapport aux tests initiaux. Même si cela ne prouve rien (d'autant que l'essai a été réalisé avec seulement deux échantillons), cela n'a pas permis non plus d'observer une altération du scellement. Il faudrait étendre les essais avec plusieurs résines et pousser la durée des tests sur plusieurs années..... pas facile surtout qu'à force de "trimballer" tous les jours des échantillons de collage et un bloc (fig. 72) de calcaire "embroché", du congélateur à la terrasse de la maison au soleil, après trempage dans l'eau, on finit par passer pour un "fada".

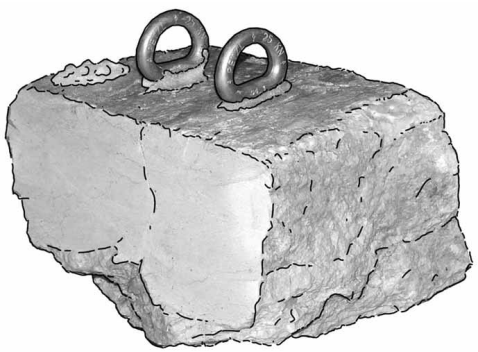
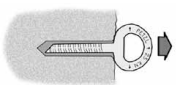
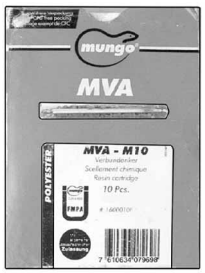


Fig. 72

traction		polyester Spit	
 Collinox	résistance initiale 1487 daN. 2 rupt. c/r	1087 daN.	
		1886 daN.	
	après vieillissement 1456 daN. 2 rupt. c/r	1248 daN.	
		1764 daN.	

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Les résines polyester en ampoule, (wurth, Mungo, Berner UPAT) destinées uniquement aux scellements de tiges filetées et de fer à béton en corps pleins sont plus performantes et toutes compatibles avec un environnement humide.



Les ampoules polyester UPAT destinées au scellement d'ancrage en extérieur ont un agrément SOCOTEC et DIBT (équivalent du CSTB en France); les ampoules de résine polyester commercialisées par Wurth, Pascal MKT (fig. 73) ou Berner par exemple ont fait l'objet d'un agrément technique par le DIBT en Allemagne .

Toutes ces résines (il faut toutefois relativiser, car les fabricants sont moins nombreux que les commerçants) ont donc montré leur aptitude à l'emploi dans le domaine des ancrages pour béton non fissuré en environnement constamment humide, en atmosphère marine et industrielle. En général, lorsque restriction il y a, elle concerne la pièce à sceller et non la résine. Il semblerait par ailleurs que Wurth est en passe de demander un agrément Technique Européen pour cette même résine de scellement polyester... En outre, la plupart des résines polyester comme celles commercialisées par Mungo sont prévues pour le milieu humide et les résines polyester en cartouche Wurth, Fischer ont un agrément SOCOTEC pour le scellement de tiges d'ancrage en milieu humide. Tous les essais réalisés avec les résines polyester dans cet ouvrage ont été entrepris dans des trous remplis d'eau puis soufflés à la bouche avec un tuyau (ils étaient donc tous non pas humides mais bien mouillés).

Fig. 73

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Comparatif des résines par types

Les mesures moyennes observées (voir pages suivantes) lors des tests d'arrachement effectués pour chaque résine, permettent en classant les résines par type, de se faire une idée générale sur leur possibilité (suivant le cadre spécifique dans lequel elles ont été testées calcaire 82 Mpa, trou mouillé).
Les tableaux présentés dans les deux pages suivantes donnent un aperçu global des valeurs de résistance minimale, moyenne et maximale obtenues d'après les valeurs moyennes de résistance pour chaque résine. Ils ne permettent pas d'établir un classement précis par type de résine car le nombre d'essais pour chaque marque n'est pas du tout suffisant (fig. 74). De plus il existe souvent des différences de mesure importante pour un même type de résine, suivant la marque testée. En outre, les ruptures de broche ou de soudure des broches peuvent influencer le résultat car elles ne sont pas de résistance homogène.

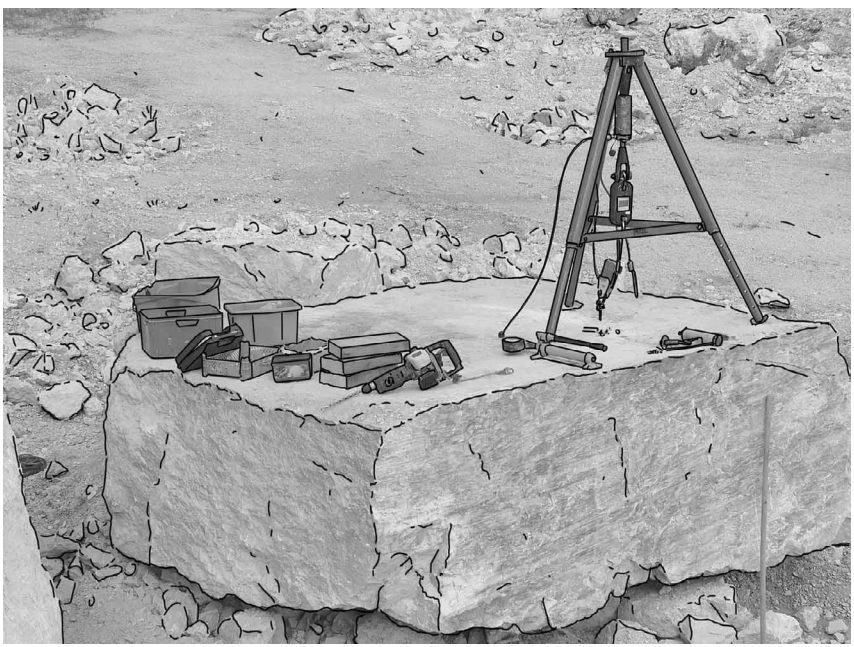
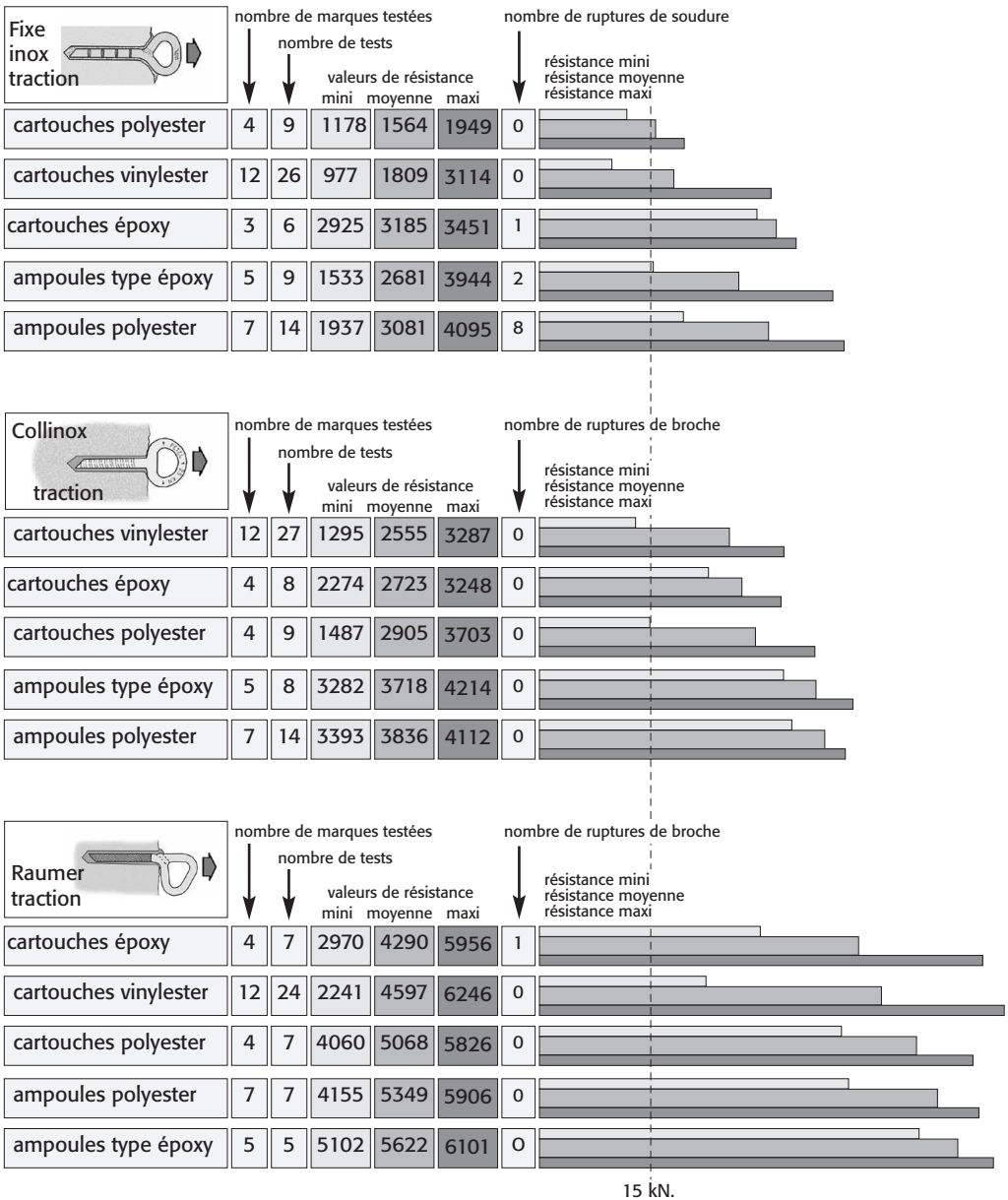


Fig. 74

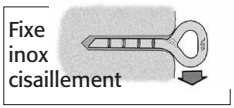
Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Comparatif des résistances par type de résine et de broche en traction (sauf : trous secs et cas particuliers).



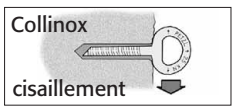
Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Comparatif des résistances par type de résine et de broche au cisaillement (sauf : trous secs et cas particuliers).



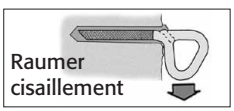
Fixe inox cisaillement

	nombre de marques testées	nombre de tests	valeurs de résistance mini	valeurs de résistance moyenne	valeurs de résistance maxi	nombre de ruptures de soudure
cartouches polyester	4	7	1819	2750	3351	3
cartouches vinylester	11	22	2112	2969	4047	8
cartouches époxy	4	8	3482	3731	3995	1
ampoules type époxy	5	9	2076	2854	4533	6
ampoules polyester	7	14	2461	3231	3769	8



Collinox cisaillement

	nombre de marques testées	nombre de tests	valeurs de résistance mini	valeurs de résistance moyenne	valeurs de résistance maxi	nombre de ruptures de broche
cartouches époxy	4	8	3210	3339	3538	0
cartouches vinylester	11	21	2658	3436	4181	0
cartouches polyester	4	8	3550	3853	4191	0
ampoules type époxy	5	9	2688	3350	4221	0
ampoules polyester	7	14	3218	3902	5162	1



Raumer cisaillement

	nombre de marques testées	nombre de tests	valeurs de résistance mini	valeurs de résistance moyenne	valeurs de résistance maxi	nombre de ruptures de broche
cartouches époxy	4	8	5431	6025	6505	4
cartouches polyester	4	8	5837	6059	6554	4
cartouches vinylester	11	22	5462	6117	6851	18
ampoules type époxy	5	5	4485	5565	6240	5
ampoules polyester	7	7	5396	5993	6431	7

résistance mini
résistance moyenne
résistance maxi

25 kN.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

UTILISATION DES RÉSINES EN CARTOUCHES

En France, une quinzaine de sociétés commercialisent des résines de scellement en cartouche. Dans le cadre de ce cahier, toutes les marques n'ont pas été testées ni présentées; mais les principales s'y trouvent. La plupart proposent différents types de résines conditionnées dans plusieurs modèles de cartouches de tailles variées (soit plus de 70 modèles de cartouches). Une partie de ces cartouches ne nous intéresse pas soit parce que la résine contenue n'est pas spécifiquement destinée à la pose d'ancrage en corps plein, soit parce que les cartouches sont trop volumineuses et leur utilisation inadaptée pour l'équipement des canyons. Finalement, il ne reste plus d'une cinquantaine de cartouches (exemple fig. 75) susceptibles d'être utilisables pour l'équipement.

Fig. 75

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Présentation

La plupart des cartouches, hormis certaines cartouches Hilti, sont conditionnées dans une double cartouche en polyamide rigide. Résine et durcisseur sont stockés soit dans deux compartiments rigides séparés (fig. 76 et 77) soit dans une double poche souple contenue dans une cartouche rigide (fig. 78) soit pour Hilti (fig. 79) dans deux poches souples séparées (le pistolet étant muni d'un porte-cartouche). Lors de l'extrusion, la mise en pression simultanée des deux réservoirs dont la taille est adaptée, assure le bon dosage des composants.

Fig. 79

Fig. 76

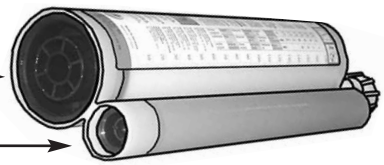


Fig. 78

Fig. 77

Fig. 80

825ml. 380ml. 350ml. 300ml. 150ml.

Différentes cartouches Mungo

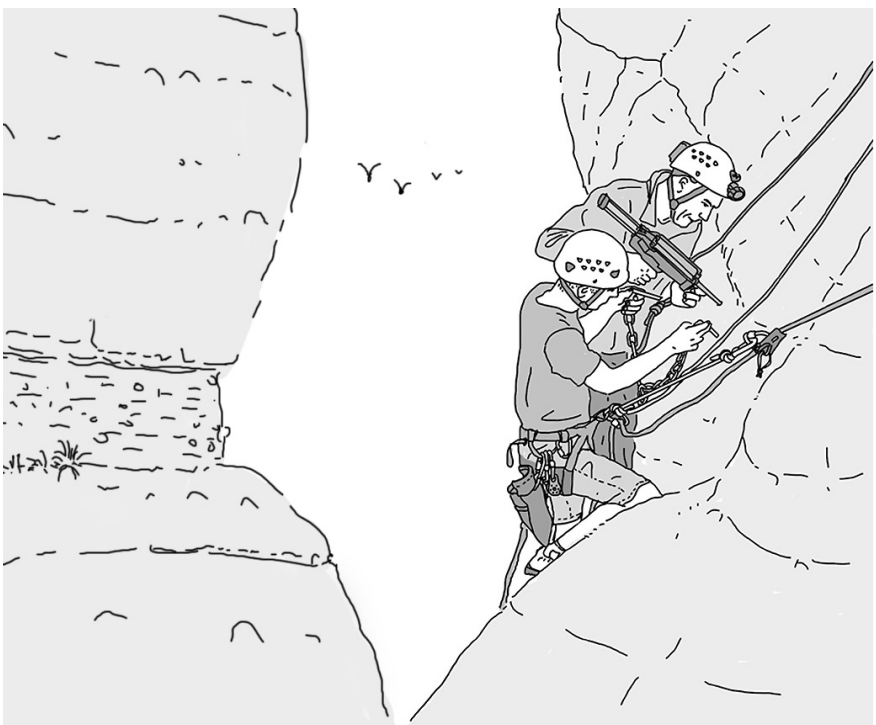
Volume des cartouches

La plupart des fabricants proposent différents modèles de cartouches qui peuvent aller de 150 ml. à 1400 ml en terme de volume. Chez Mungo par exemple, on trouve (toutes catégories confondues) pas moins de cinq modèles de cartouches dont le volume est différent (fig. 80). Si chaque modèle de cartouche fait appel à un pistolet différent, il faut aussi voir le bon côté des choses : si on possède déjà un pistolet standard, il existe forcément une cartouche compatible.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Les plus petites cartouches contiennent 150ml de résine ce qui permet (en théorie) de sceller environ 10 broches en étant méticuleux (dans la pratique, à moins d'être vraiment bien organisé et dans la mesure où les points d'ancrage sont rapprochés, il est difficile d'équiper plus d'une tête de cascade avec main-courante). Destinées pour une opération de scellement ponctuelle , elles ne sont donc pas vraiment économiques.
Les modèles de tailles moyennes ayant une contenance comprise entre 280 et 400 ml sont les plus utiles (fig. 81). Avec une cartouche de 380 ml de résine par exemple on peut espérer sceller environ 30 broches Fixe en moyenne en changeant trois fois de canule ou une vingtaine de broche Fixe en moyenne si on change cinq fois de canule. Il existe également des cartouches de résine beaucoup plus volumineuses; elles s'utilisent en général avec des pistolets pneumatiques ou électriques et sont destinées uniquement pour le bâtiment et le scellement en série de fers à béton notamment.

Fig. 81



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Mise en oeuvre

Les doubles cartouches (fig. 82) fonctionnent toutes selon le même principe. Le mélange résine/durcisseur s'effectue dans la canule de sortie au moment de l'injection ; celle-ci est pourvue d'un dispositif de mélange à ailettes qui assure au passage, le malaxage des produits. Pour le remplissage des trous profonds (scellement de tige filetée inox munie d'une plaquette par exemple), il existe des canules rectilignes qui s'emboîtent à l'extrémité de la canule de malaxage

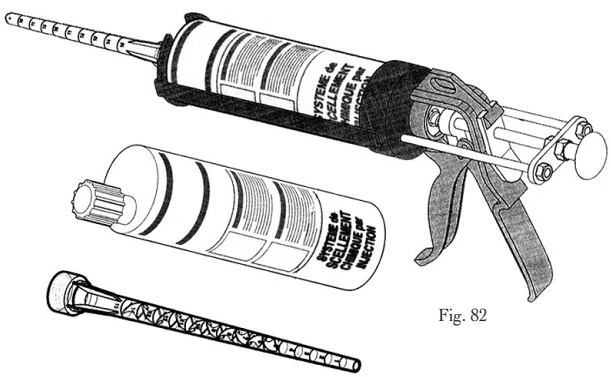


Fig. 82

Attention : *la géométrie des mélangeurs* (fig. 83) *est adaptée à la réaction du mortier c'est pourquoi il ne faut effectuer aucune réduction de la longueur de la buse ni retirer le système à ailettes qui se trouve à l'intérieur (avec certaines résines qui deviennent difficiles à extruder par temps froids, on pourrait être tenté de retirer le système à ailettes qui freine considérablement le passage des produits et d'effecteur le mélange dans le trou avec la broche; c'est une mauvaise idée). De plus, les embouts mélangeurs sont adaptés à la viscosité et aux contraintes de mélange de la résine (nombre d'ailettes, disposition des ailettes). Les embouts, dans la mesure où ils peuvent se visser sur d'autres cartouches, ne sont donc pas forcément interchangeables d'une marque à l'autre même pour une résine de même type et a fortiori entre deux résines de types différents. Hilti par exemple, a pris le soin de différencier la taille des filetages des cartouches RE500 afin que l'on ne puisse pas y visser un embout autre que celui prévu. S'assurer également que le système à ailettes est bien présent car sur certains modèles, il peut s'échapper du tube lorsque celui-ci n'est pas vissé sur la cartouche.*

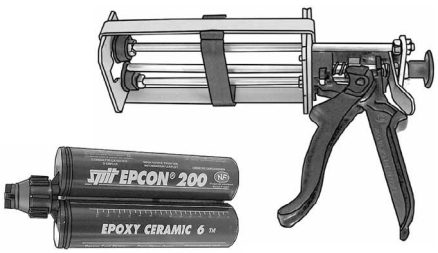
Fig. 83

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

A propos des pistolets presseurs

Tous les vendeurs de résine proposent au moins un modèle de pistolet manuel pour l'utilisation des cartouches de tailles modestes. Cela dit, pour l'utilisation des cartouches de gabarits standards, Il est fréquent de trouver le même pistolet presseur commun à plusieurs marques de résines ; soit parce que les marques ont le même fournisseur ; soit parce que bon nombre de cartouches ayant des gabarits standards, il existe des fabricants de cartouches vides ou de pistolets qui ne sont pas vendeurs de résine. Par contre, les cartouches Epcon de Spit ou les cartouches souples Hilti (fig. 84) ne peuvent s'utiliser qu'avec le pistolet presseur spécifique au fabricant. A noter que pour ces deux marques, il existe un modèle de pistolet long compatible avec deux tailles de cartouche.

Fig. 84



Pour le reste, on distingue cinq gabarits de cartouche :

Les cartouches 100% époxy (fig. 85) à deux compartiments symétriques placés côte à côte Sika, Batifix, I.N.G. notamment peuvent s'utiliser avec le même pistolet presseur. Il en existe plusieurs modèles mais ils sont tous spécifiques à ce type de cartouche.

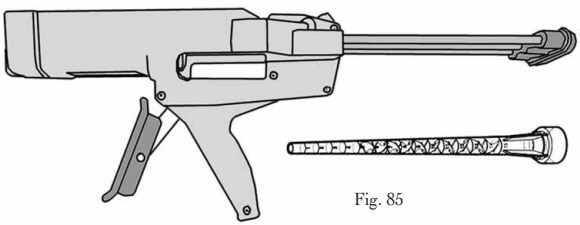
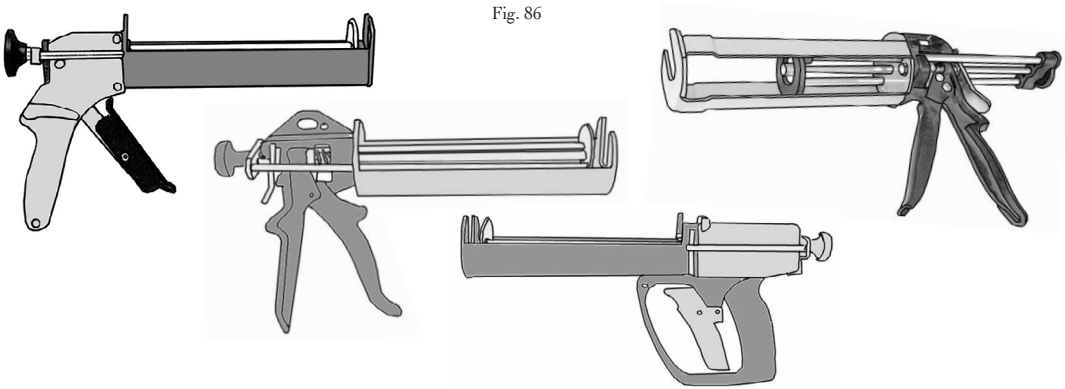


Fig. 85

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Les cartouches monoblocs courtes à doubles compartiments coaxiaux (fig. 86) sont très répandues (Spit, Wurth, Pascal MKT, Berner, Mungo, Liebig, Batifix, I.N.G. Simes). Elles peuvent s'utiliser indifféremment avec les pistolets proposés par les différentes marques, et avec un pistolet standard vendu seul.

Fig. 86



Les cartouches monoblocs longues à doubles compartiments coaxiaux sont rares ; on en trouve notamment chez Batifix et Berner ; elles ont le même gabarit. En général, on est contraint d'acheter le pistolet (fig. 87) vendu avec les cartouches car il est spécifique. Cela dit ce type de pistolet n'en demeure pas moins intéressant car il est polyvalent et peut aussi être utilisé avec les cartouches à doubles poches souples, avec toutes les cartouches de type silicone ou mastic ainsi qu'avec les petites cartouches accompagnées d'un manchon poussoir.

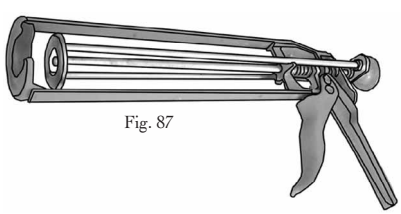


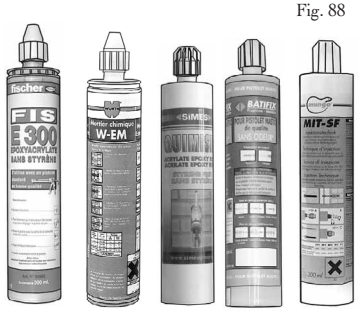
Fig. 87

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Les cartouches monoblocs munies d'une double poche souple dont notamment (fig. 88) : les résines époxyacrylates Fischer et Batifix 300 ml Fischer polyester 300 ml, Wurth ester-méthacrylate 300 ml , époxy acrylate Simes ou Mungo époxyacrylate 300 ml peuvent s'utiliser avec un grand nombre de pistolets différents :

- le pistolet standard de type cartouche à silicone (fig. 89) ;
- le pistolet spécifique pour ce type de cartouche (fig. 90), qui est souvent de meilleure qualité ;
- le pistolet prévu pour les cartouches longues à doubles pistons coaxiaux présents chez Berner ou Batifix par exemple (fig. 91) ;
- le pistolet prévu pour les cartouches vinylesters à doubles compartiments parallèles (fig. 92).

Fig. 88



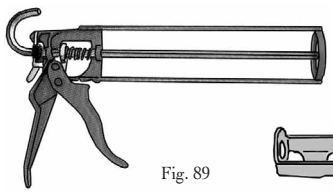


Fig. 89

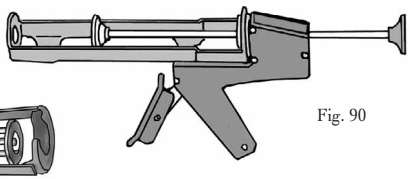


Fig. 90

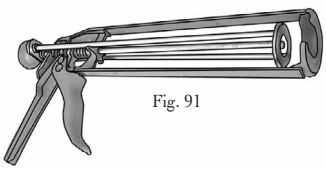


Fig. 91

Les cartouches à doubles compartiments parallèles telles que Spit époxyacrylate 360 ml, Fischer méthacrylate et polyester 330 ml, Mungo époxyacrylate 350 ml (fig. 93) ne peuvent s'utiliser qu'avec le pistolet adéquat (fig. 92); il en existe plusieurs modèles et généralement ils sont interchangeables.

Fig. 93

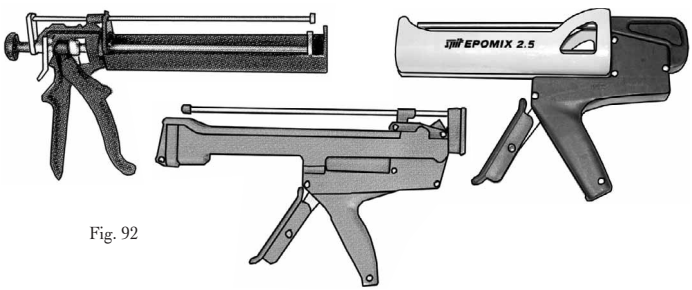


Fig. 92

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Les cartouches de petite contenance, accompagnées d'un poussoir séparé (fig. 94) sont très faciles à utiliser puisqu'on peut s'en servir avec quasiment tous les pistolets (hormis les pistolets Hilti et ceux prévus pour les cartouches 100% époxy courtes) ; il suffit que la cartouche pleine et son manchon poussoir puissent se loger dans le pistolet.

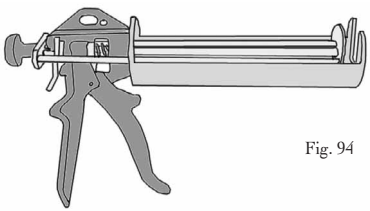
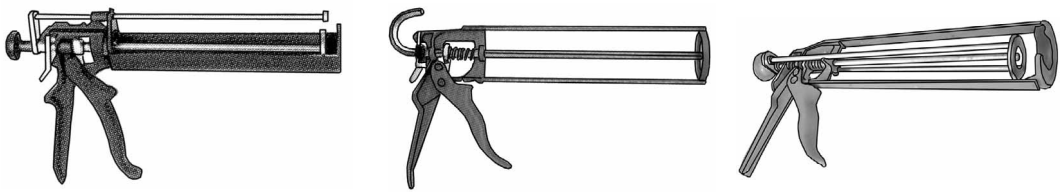


Fig. 94



Remarque : *les pistolets standards* (fig. 95) *pour cartouches de mastic par exemple n'ont pas forcement le même confort d'utilisation que le modèle conçu à l'origine pour comprimer les cartouches de résine de scellement. Bien souvent les pistolets d'origine* (fig. 96) *sont pourvus d'un système de démultiplication adapté et bien plus efficace (plus de 300 Kg de poussée d'une seule main pour la plupart des modèles). Sans pistolet presseur, il est quasiment impossible de faire sortir à la main les deux produits de la cartouche, en forçant sur le manchon poussoir par exemple, d'autant que les ailettes de la canule d'injection freinent considérablement la sortie des produits.*

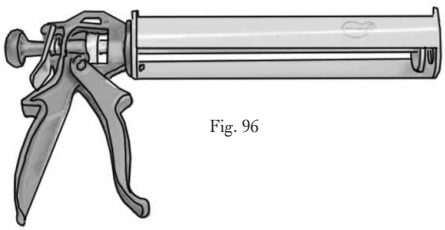


Fig. 96

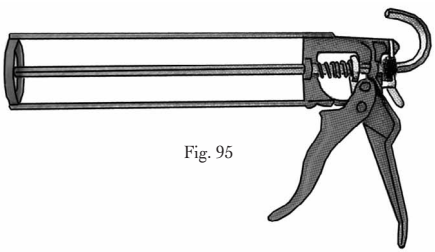


Fig. 95

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Par ailleurs, Il existe également des cartouches de résine vinylester disposant (fig. 97) soit d'un poussoir fileté qui se visse dans le corps de la cartouche (exemple cartouche fischer méthacrylate) soit d'un dispositif à vis indépendant, à peu près équivalent, qui se fixe à l'arrière de la cartouche. Dans les deux cas Il suffit de visser le poussoir à la main, pour extruder la résine. Ces modèles de cartouche destinés essentiellement aux scellements des gongs de volets, de portails ou de supports d'antennes s'utilisent donc sans pistolet. Dommage que ce principe ne soit pas plus répandu car pour l'instant l'intérêt pour l'équipement en canyon est limité en raison de la taille réduite des cartouches et du coût de celles-ci qui n'est pas très avantageux, surtout si on dispose déjà d'un pistolet.

Fig. 97

En général, notamment avec les grandes marques, il est souvent possible d'emprunter un pistolet ou de l'obtenir gracieusement pour l'achat d'un certain nombre de cartouches de résine. Avant de choisir son fournisseur, il est utile d'y réfléchir et de se renseigner d'autant que certains modèles de pistolets sont particulièrement onéreux. Dans tous les cas, si l'on veut faire l'économie du pistolet, la négociation vaut la peine d'être tentée.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Température d'utilisation des résines en cartouche

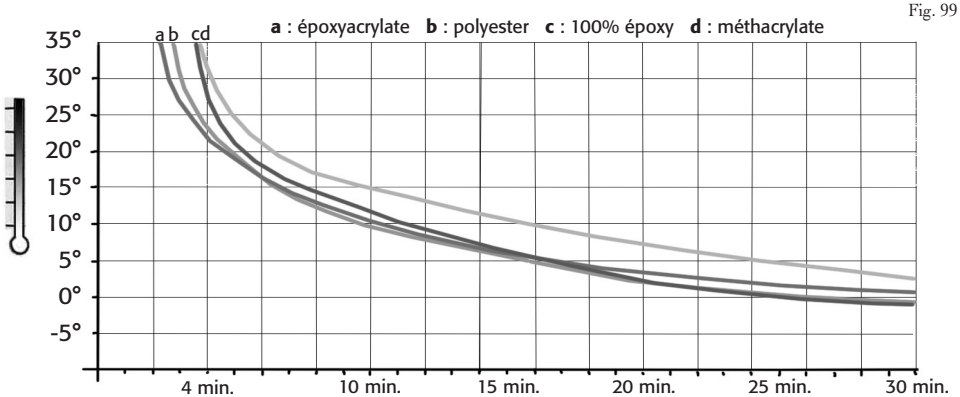
Fig. 98

Le principal inconvénient des résines en cartouche se manifeste dès que le pistolet entre en action : la résine que l'on vient d'injecter dans le trou, comme celle qui se trouve dans la canule, durcit irrémédiablement (fig. 98). Le compte à rebours, plus ou moins rapide suivant la marque et le type de résine utilisé, est irrémédiable et il n'y a plus un instant à perdre. Sachant que le laps de temps durant lequel il est possible de placer la broche est compté et que le pistolet doit impérativement fonctionner dans un temps encore plus court, si l'on veut optimiser la cartouche et éviter de changer de buse, l'équipeur a intérêt à être bien organisé. Attention, suivant la saison, l'exposition et l'heure à laquelle on équipe, la température de l'air et du rocher peuvent être très différentes dans un sens comme dans l'autre.

Globalement le temps de manipulation de la plupart des résines est relativement court (environ 5 minutes à 20°) et même si l'équipeur a pris la peine de préparer un grand nombre de trous, il n'est jamais facile de se déplacer rapidement dans un canyon. Par temps chaud, on a intérêt à utiliser une résine à polymérisation lente (environ 30 minutes à 20° pour la résine RE 500 Hilti ; la plus lente des résines testées); mais si les zones à équiper sont espacées il faut, même dans ce cas, s'attendre à devoir changer de canule à chaque équipement de cascade.

Aperçu schématique (fig. 99) du délai moyen de manipulation des résines (en général) :

Fig. 99



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Avec les résines en cartouche, on a donc intérêt à équiper par temps frais. S'il fait trop froid, ce n'est pas forcément bien non plus car, d'une part, le moral des équipeurs sera mis à rude épreuve, d'autre part, il faut garder à l'esprit que si on doit utiliser une résine de type 100% époxy (fig. 100), elle risque d'être difficile à extruder lorsque la température ambiante descend en dessous de 10°. A noter que si les températures minimales d'utilisation figurant sur les cartouches prennent en compte des valeurs très basses (23 min de délai de manipulation à 2° pour la résine Sika scellement par exemple) c'est uniquement dans la mesure où l'on respecte les températures de conservation de la résine qui elles ne sont pas prévues en dessous de 15 °. Or, on se doute bien qu'en canyon la résine se mettra rapidement à température ambiante et il semble difficile de faire autrement.

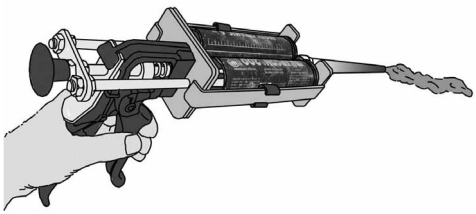


Fig. 100

Pour connaître la température minimale à laquelle il est encore possible d'utiliser la résine 100% époxy, il faut donc se référer aux températures de conservation.

Dans tous les cas, contrairement aux résines en ampoule, le scellement des broches au pistolet occasionne des pertes de résine inévitables. Ce gaspillage est plus ou moins important suivant le nombre de canules d'injection utilisées ; à savoir :

- 5 ml environ : perte de résine lors de la mise en service de la cartouche. La vérification de la sortie simultanée des produits concerne toutes les résines ;
- 10 à 15 ml en moyenne : correspondant au volume de la canule d'injection ou à chaque changement de canule (cela concerne toutes les résines).
- 5 à 10 ml supplémentaires: perte de résine lors du remplissage de la canule d'injection ou lors de son remplacement pour les résines autres que 100% époxy en cartouche symétrique, car une portion de résine sort de la canule sans avoir été mélangée au durcisseur ;
- 2 à 3 ml : perte de résine afin de laisser sur place un échantillon test avant de débuter la première injection pour toutes les résines et après chaque remplacement de canule avec les résines autres que 100% époxy ;

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Pour calculer approximativement le nombre des broches qu'il sera possible de sceller en fonction du nombre des canules d'injection utilisé (fig. 101), on peut considérer en gros que, dans le meilleur des cas, la mise en service d'une cartouche consomme environ 35 ml au minimum de résine et que le remplacement de la canule occasionne environ 25 ml au moins de pertes de résine. A cela s'ajoute la dose de résine injectée dans le trou dont le volume varie entre 5 et 10 ml pour un trou de diamètre 12 x 80 mm. L'excès de résine est fréquent pour différentes raisons : manque de précision dans le dosage, excès de précautions, aléas, manque d'habitude, etc..... Plus la cartouche est petite plus on a intérêt à être méticuleux pour minimiser le gaspillage de résine lors du remplissage du trou.

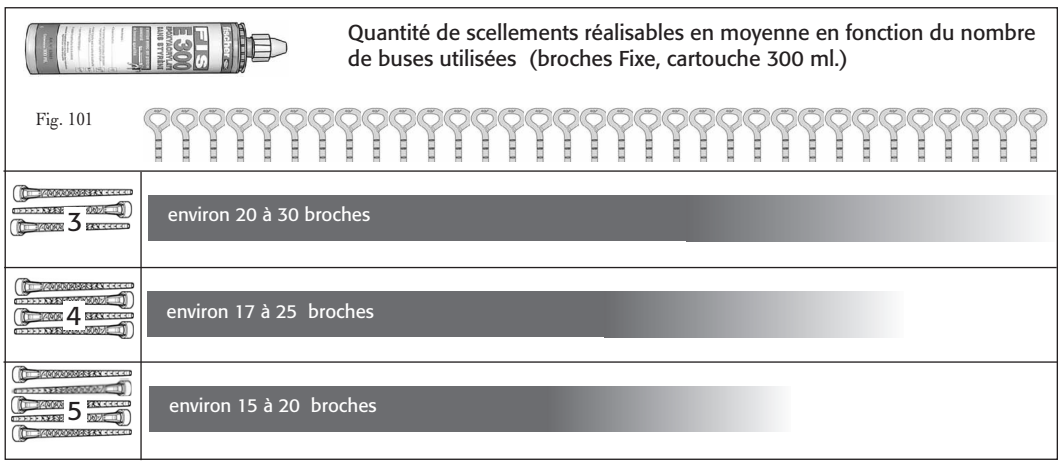


Fig. 101

Malgré le gaspillage de résine, inévitable, les cartouches sont généralement plus économiques que les résines en ampoule. Comparatif du coût du matériel en moyenne (fig. 102) :

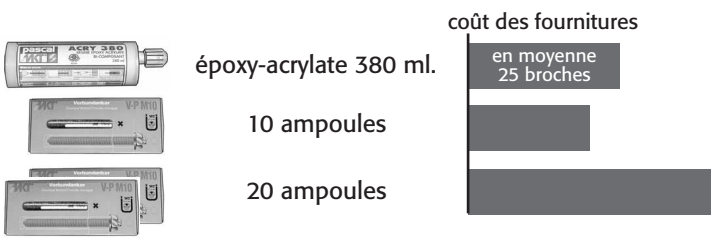


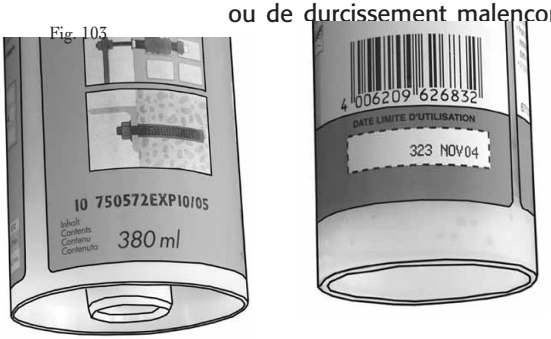
Fig. 102

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Limite d'utilisation

Les cartouches 100 époxy (hormis la résine Hilti RE 500) sont celles qui se conservent le plus longtemps (jusqu'à 36 mois suivant le fabricant voire même 3 ans pour la résine Spit) et sont beaucoup moins sujettes aux problèmes de fuite, d'évaporation ou de durcissement malencontreux des produits susceptibles d'obstruer l'embut de la cartouche.

Fig. 103



Les cartouches vinylester et polyester ont une durée de conservation comprise entre 9 et 18 mois suivant le modèle de cartouche ; le plus souvent cette durée est limitée à 12 mois et figure sur la cartouche (fig. 103).

voir également : utilisation d'une cartouche entamée, page 96

La durée de conservation des résines en cartouche est limitée dans le temps car, avec les cartouches à pistons mobiles notamment, une partie des produits volatils contenus surtout dans le durcisseur, peut, à la longue, finir par s'évaporer. Dans ce cas, le mélange risque d'être, au mieux, plus difficile à extruder car il devient moins fluide, au pire, la polymérisation sera incomplète ou nulle car le durcisseur formera des grumeaux, aura du mal à sortir et à se mélanger à la résine. Le problème peut s'aggraver d'autant plus vite que la cartouche a été entamée, exposée à la chaleur ou au soleil. Il peut même arriver (avec les cartouches usagées) qu'une partie des produits durcisse et obstrue complètement ou partiellement les orifices d'évacuation de la cartouche. Il est donc important de respecter les conditions de conservation mentionnées.

Les cartouches longues (fig. 104), de type époxyacrylate, bien que constituées d'une double poche plastique souple (a priori plus étanche) ne sont pas épargnées pour autant. Dès lors qu'elles ont été utilisées puis stockées durant un laps de temps important (quelques mois), il faut être extrêmement vigilant car il se peut que le durcisseur ait considérablement réduit de volume et qu'une partie importante de la résine soit devenue inutilisable (expérience vécue à deux reprises durant les tests).

Fig. 104

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Dans tous les cas, on peut, dans la mesure où l'encombrement de la canule ne pose pas de problème, minimiser le risque d'obstruction de cartouche en laissant la canule de malaxage en place (fig. 105), ce qui évite aux produits de s'éventer et de prendre le risque de mélanger les produits lors de la manoeuvre de dévissage de l'embout et de vissage du bouchon. A défaut, il faut absolument prendre le soin de nettoyer méticuleusement l'embout de la cartouche au moyen d'un chiffon avant de la reboucher afin d'éviter que les deux produits n'entrent en contact même si cela devait être superficiellement.

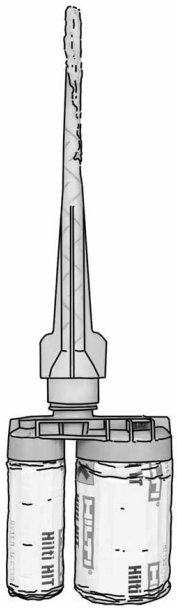


Fig. 105

Fig. 106

Résine Hilti RE 500 durée d'utilisation : 9 mois

Cela dit, sans pour autant contredire les propos précédents, on peut aussi préciser que le respect des dates de péremption des résines de scellement (exemple fig. 106) est moins draconien que celles des yaourts (par exemple!). Dans la mesure où la cartouche n'a pas été entamée, qu'elle a été stockée dans de bonnes conditions, il est probable qu'elle puisse encore rendre service même si la date fatidique vient juste d'être dépassée. Sachant que les fabricants se fixent bien souvent des limites en fonction des cas de figure les moins favorables tout en s'accordant une marge de sécurité pour ne pas être pris en défaut.

Remarque : *par curiosité, (cela n'en reste pas moins une simple anecdote et surtout pas un exemple à suivre en dehors du domaine de l'expérimentation), des essais de résistance de broches ont été réalisés au moyen d'une cartouche de résine polyester Mungo, ancienne formule, préconisée pour corps creux uniquement, dont la cartouche était périmée depuis au moins 6 ans* (fig. 107)*. La consistance de la résine, bien que moins fluide que les cartouches neuves actuelles, permettait néanmoins d'extruder cette résine au travers d'une canule de malaxage en forçant un peu plus sur la gâchette du pistolet. Les résultats obtenus (dans des conditions de test similaires) ont montré, avec la cartouche périmée, des valeurs de résistance pour l'arrachement de broches souvent meilleures que celles observées avec une cartouche neuve, actuelle .....*

Fig. 107

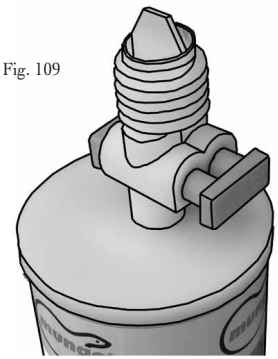
Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Stockage

Les résines de scellement doivent être stockées au sec dans des conditions de températures comprises entre 10° et 25° à l'abri du soleil. Par ailleurs, il arrive parfois que les cartouches vinylester à doubles pistons, entamées, présentent des fuites. Il est donc prudent de les stocker dans un carton par exemple, et de les transporter dans un chiffon. Pour améliorer la durée de conservation et les conditions de stockage en évitant les fuites et le contact direct avec l'air ambiant, certains fabricants de résine utilisent (fig. 108) un couvercle supplémentaire (cartouche 380 ml. époxyacrylate Wurth, Mungo et Berner par exemple). Plus particulièrement adaptés à un usage répété, d'autres, comme Inglese ou Mungo, commercialisent des cartouches pourvues d'une vanne (fig. 109) ou d'un robinet permettant de fermer efficacement la sortie de la cartouche entre deux utilisations espacées.

Fig. 108

Fig. 109



A savoir également que les cartouches de résine Hilti souples telles que les cartouches RE 500 (fig. 110) de 330 ml et 500 ml (les plus utilisées) sont délicates à manipuler, d'une manière générale, et à stocker lorsqu'on les utilise en plusieurs fois. En effet, les deux poches souples initialement fermées hermétiquement à chaque extrémité, sont simplement collées sur le socle en plastique dur. Ces poches s'auto-perforent lors de la première mise en pression.

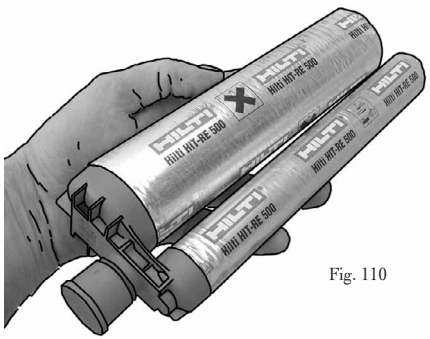


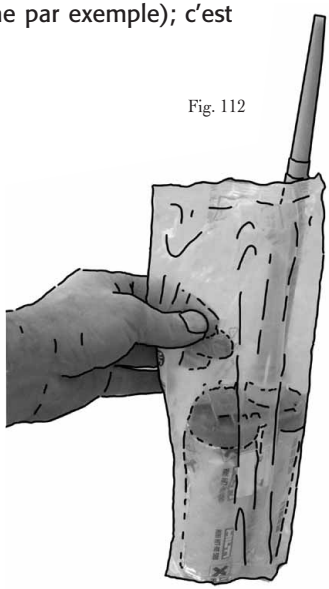
Fig. 110

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Dès qu'on la sort de son support, la cartouche peut se déformer et risque d'être écrasée ou percée. Pour le transport, il vaut donc mieux (fig. 111) laisser cette cartouche dans le pistolet; c'est le meilleur moyen de la protéger. Une fois entamée, la cartouche doit être stockée verticalement, faute de quoi elle risque de fuir. Si on doit retirer la cartouche du porte-cartouche, elle doit être manipulée avec précaution car il ne faut surtout pas risquer de décoller la poche souple de l'embout collecteur en plastique dur faute de quoi elle fuira. Dans tous les cas, prévoir (fig. 112) une pochette en plastique (celle d'origine par exemple); c'est plus prudent.

Fig. 111

Fig. 112



En conclusion , compte tenu des différents problèmes rencontrés avec l'utilisation des cartouches testées pour la réalisation de ces cahiers sur une période comprise entre trois et huit mois, on ne peut que conseiller :

- d'utiliser entièrement ou de finir rapidement une cartouche entamée (surtout vinylester). Cela évite ensuite les mauvaises surprises ;
- de respecter les dates de péremption des produits surtout lorsqu'ils sont entamés ;
- d'être particulièrement vigilant et méfiant lorsqu'on remet en service une cartouche usagée après une période de stockage.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

UTILISATION DES RESINES EN AMPOULES

Fig. 113

Fig. 114

Ces résines, de type polyester ou époxy, ont la particularité d'être conditionnées à l'intérieur d'une ampoule en verre (fig. 113) ou d'un berlingot en plastique souple pour le modèle Hilti (fig. 114). Chaque ampoule, ou capsule, possède sa propre dose de résine et de durcisseur permettant de réaliser un scellement. Certaines ampoules renferment également des grains de quartz. Une fois que l'ampoule est brisée à l'intérieur du trou, le mélange obtenu forme un mortier synthétique à prise rapide adhérant fortement à la paroi. Les ampoules chimiques ont été conçues pour les besoins du bâtiment, dans le domaine des ancrages comme le scellement des tiges filetées et douilles taraudées (fig. 115) placées dans des corps pleins tels que la roche ou le béton ainsi que pour le scellement de fers à béton (fig. 116).

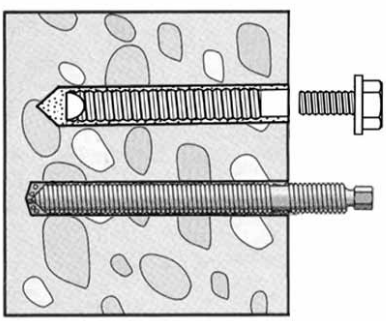


Fig. 115

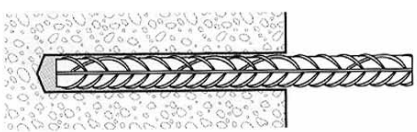


Fig. 116

<u>On trouve essentiellement trois types d'ampoules</u>

- les ampoules dont le durcisseur est situé dans un compartiment souple ou en verre qui enveloppe la résine (fig. 117 et 118);
- celles dont le durcisseur se trouve dans une fine capsule en verre de forme allongée, placée dans la résine(fig. 119);
- les ampoules en verre dont le durcisseur est stocké à une extrémité (fig. 120).

Fig. 117

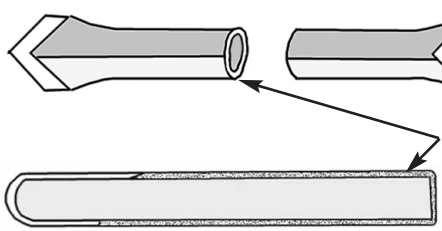


Fig. 118

Fig. 119

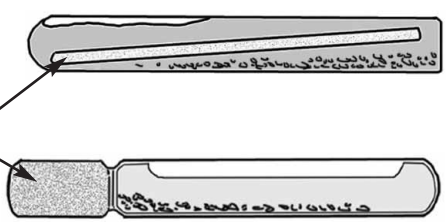


Fig. 120

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Les ampoules dont le durcisseur se trouve dans une fine capsule en verre de forme allongée (sf. hilti)

Couramment appelées ampoules à tourner (fig. 121), ce sont les plus répandues et on les retrouve chez la plupart des sociétés qui commercialisent des résines de scellement en cartouche.

Fig. 121

Fischer Upat Hilti Mungo MKT Wurth Berner Spit Liebig Index

Ces ampoules sont prévues pour être utilisées avec des tiges filetées ou des douilles taraudées dont l'embout est soit biseauté (fig. 122) soit muni d'un dispositif de malaxage (fig. 123).

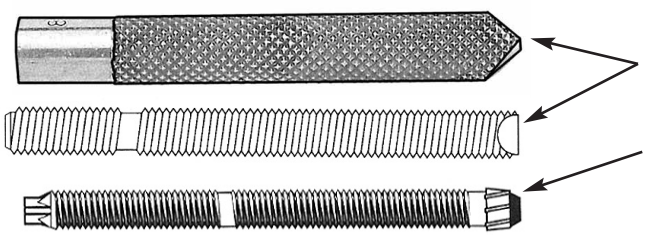


Fig. 122

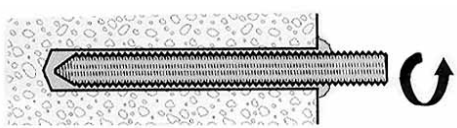
embout biseauté

tiges à sceller Spit munies d'ailettes de malaxage

Fig. 123

L'installation de ces pièces est prévue au moyen d'un perforateur ou d'une perceuse à percussion afin d'assurer la rotation/percution de la pièce à sceller (fig. 124). A noter que la position percussion ainsi que le filetage facilitent la pose avec les ampoules comportant des grains de quartz .

Fig. 124



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Exemple de mode d'installation prévu dans le bâtiment (fig. 125)

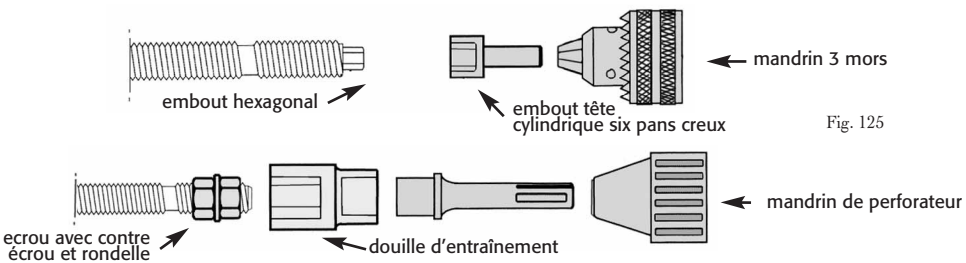


Fig. 125

Pour l'équipement des canyons, ces ampoules sont utilisables avec toutes les broches dont l'embout est biseauté (fig.126a) et dont la mise en place se fait par percutions au marteau, accompagnées d'un mouvement rapide de rotation à la main (au moins vingt tours complets). Ce mouvement de rotation, qui est loin d'être aussi efficace qu'une installation au perforateur, permet néanmoins de mélanger de façon homogène la résine et le durcisseur en même temps que les résidus de l'ampoule ou de la capsule en plastique qui sont broyés. A noter cependant que certains fabricants comme Raumer commercialisent des adaptateurs de pose des broches au perforateur (fig. 126).

Fig. 126

Les ampoules comportant des grains de quartz sont moins faciles à installer ; ces grains ayant tendance à coincer la tige de la broche contre la paroi du trou. L'utilisation d'une massette est indispensable ; un marteau de 2 Kg est plus efficace ; il est également mieux approprié lorsqu'il est nécessaire de rectifier le support rocheux au moyen d'un burin. Par ailleurs, si les grains de quartz contenus dans certaines ampoules rendent l'installation des broches plus difficile, ils ont aussi l'avantage de rayer et de racler la surface du trou. Cela permet d'accroître le coefficient d'adhérence de la résine sur le rocher et contribue à décoller les poussières restantes sur les parois qui seront plus facilement mélangées dans la résine.

Fig. 126a

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Index

Mungo

Fig. 127

I.N.G.

Les ampoules en verre dont le durcisseur est stocké à une extrémité

Elles (exemple. fig. 127)sont conçues pour être utilisées avec des pièces à sceller (tige filetée ou fer à béton) dont l'extrémité est coupée à angle droit. Lors de l'installation qui peut se faire uniquement par percussion, l'extrémité plate de la pièce à sceller chasse le durcisseur en profondeur (fig. 128) qui se propage jusqu'au fond du trou, provoquant la polymérisation de la résine.

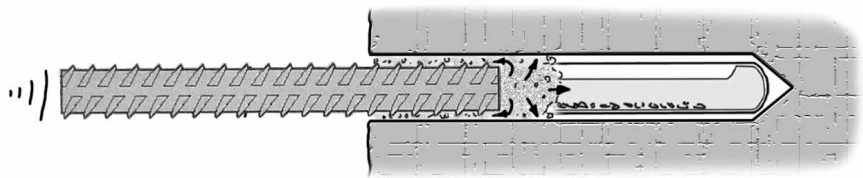


Fig. 128

La plupart des broches ont une tige biseautée mal adaptée pour ce type d'ampoule ; le durcisseur, au lieu d'être chassé et diffusé harmonieusement jusqu'au fond du trou, à tendance à être repoussé sur un côté. On peut atténuer cet inconvénient en faisant tourner la broche en même temps qu'on l'enfonce ; mais dans ce cas, l'ampoule perd de son utilité. De plus, il est probable que le mélange soit moins bon comparativement à une ampoule dont le durcisseur est réparti sur toute la longueur. D'autre part, le fait que le durcisseur se trouve uniquement sur une extrémité, nécessite des précautions lors de la mise en place. Il faut veiller à positionner l'ampoule dans le bon sens et à prendre garde à ne pas perdre une partie du durcisseur qui peut facilement s'échapper puisqu'il se trouve à proximité du bord du trou. Bien entendu, pour les mêmes raisons, l'usage de ces ampoules est à proscrire en plafond.
A noter enfin que les ampoules à frapper sont également prévues pour être utilisées avec des pièces à sceller suffisamment longues pour s'enfoncer sur toute la longueur de l'ampoule. Les broches Collinox, par exemple, indépendamment du fait qu'elles sont biseautées, sont nettement plus courtes que l'ampoule. La résine située au fond du trou risque de ne pas être correctement mélangée au durcisseur et ce mélange partiel peut contribuer à réduire la résistance du scellement. Cela ne veut pas dire que le produit n'est pas bon. Il est même possible d'obtenir de très bons résultats ; simplement il n'est pas vraiment pratique pour la pose des broches en canyon.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Les ampoules (verre) dont le durcisseur enveloppe la résine

Appelées également "ampoules à frapper" elles sont en fait polyvalentes (fig. 129). Elles peuvent aussi bien être utilisées avec des pièces à sceller à section plate introduites uniquement par percussion et , puisque le durcisseur est réparti sur toute la longueur de l'ampoule, elles peuvent aussi être utilisées avec des pièces à sceller biseautées introduites par percussion ou rotation/percussion.

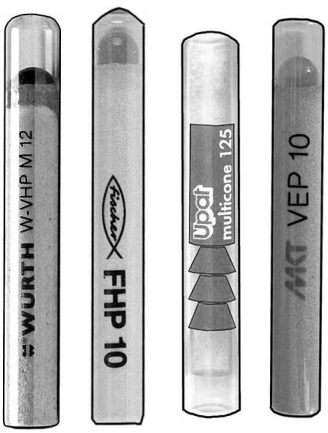


Fig. 129

Pour l'équipement des canyons , ce type d'ampoule s'avère un peu moins performant (la formulation de la résine a été adaptée pour permettre la polymérisation dans des conditions de mélange non homogène). Ces ampoules sont surtout utiles pour le scellement de la deuxième broche d'un double amarrage relié. Prévoir néanmoins suffisamment de jeu entre les deux broches pour permettre un mouvement de rotation alterné de droite à gauche ; cela améliore l'enrobage de la tige et le mélange des composants chimiques. Dans tous les cas, chaque fois que c'est possible, il vaut mieux introduire la broche accompagnée d'un mouvement de rotation. A noter que ce type d'ampoule ne comporte pas de grains de quartz. Elles sont très agréables à utiliser. Il est quasiment possible d'introduire tous les modèles de broches sans avoir à les marteler. Les broches Collinox de Petzl par exemple, se "vissent" sans aucune difficulté à la main grâce à leur crénelage hélicoïdal (fig. 130).

Fig. 130

Remarque : *quel que soit le modèle d'ampoule, le chiffre mentionné sur les ampoules et sur la boite concerne toujours le diamètre de la pièce à sceller. Les ampoules sont légèrement plus grosses* (fig. 131) *que le diamètre de la pièce à sceller pour justement éviter de le confondre avec le diamètre de perçage.*

Fig. 131

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Conservation des ampoules.

Les ampoules chimiques sont complètement étanches à l'air, pas de risque de fuite ni de durcissement d'une partie des produits. Elles se conservent donc bien plus longtemps que les cartouches et sont plus fiables dans la mesure où elles ne servent qu'une seule fois (fig. 132). Tant que la résine reste fluide à l'intérieur (identique à la consistance du miel liquide) et que le durcisseur n'a pas migré vers la résine, elles sont utilisables. Certaines boites d'ampoules ne comportent pas de date limite d'utilisation !

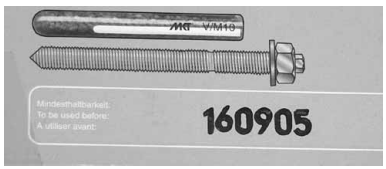


Fig. 132

Remarque : *sur le cahier des charges et d'emploi Hilti, on peut y lire que des essais réalisés par Hilti avec leurs capsules (époxyacrylate) ayant subit 50 cycles de 8 heures à des températures variant de -23°C à +40°C n'ont révélé aucune sensibilité de la résine aux variations importantes de températures.*

Pour finir, les ampoules en verre sont fragiles. Eviter de les transporter sans protection dans les poches, ou dans le bidon étanche avec l'appareil photo..... Les boites d'origine sont généralement prévues en conséquence. Les boites Mungo, par exemple, de formats réduits, en polystyrène (fig. 133), sont excellentes. On peut également se procurer dans le commerce des boîtiers prévus à cet usage (fig. 134). A savoir que les berlingots de résine Hilti (fig. 135) sont aussi moins sensibles au risque de casse, à condition bien sûr de ne pas les écraser.

Fig. 134

Fig. 135

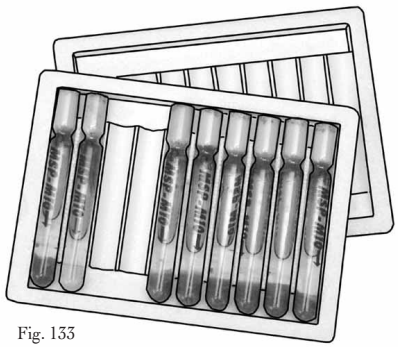


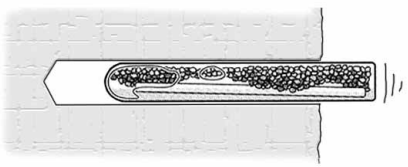
Fig. 133

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

CARTOUCHE OU AMPOULE ; COMPARATIF

Les ampoules (fig. 136) de par leurs tailles réduites et le fait qu'elles dispensent d'utiliser un pistolet, constituent le mode de scellement chimique le plus simple et le plus pratique à mettre en oeuvre en canyon. N'étant pas concernées par les aléas de fonctionnement propres aux cartouches, elles sont plus sûres pour l'équipeur novice. Elles sont également idéales pour le scellement de quelques broches ou de points d'ancrage éloignés les uns des autres, car les ampoules n'occasionnent aucun gaspillage de résine et permettent d'équiper rapidement (aucune contrainte de mise en service). Elles sont (à priori) toutes compatibles avec le milieu humide et moins sensibles aux basses températures que certaines résines en cartouche.

Fig. 136



Par contre, même s'il est possible d'utiliser en théorie deux ampoules l'une derrière l'autre dans le même trou, elles sont mal adaptées pour la réalisation des scellements profonds (surtout avec les ampoules qui comportent des grains de quartz) ou lorsque la roche risque de comporter des fissures ou des vides dissimulés. A noter également que le prédosage des produits est une garantie mais qu'en contrepartie, il n'est pas possible de laisser un échantillon de résine permettant de vérifier la bonne polymérisation.

Comparativement aux résines conditionnées en ampoule, l'utilisation des résines en cartouche (fig. 137) est moins simple. Elle est plus délicate sur le plan de la mise en oeuvre (la préparation des trous et l'enchaînement des scellements demandent de l'organisation). Il faut quasiment, cela dépend bien sûr de la résine utilisée et de la topographie du canyon à équiper, prévoir une canule d'injection de rechange pour chaque équipement de cascades si elles sont espacées.

Fig. 137

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

L'utilisation des résines en cartouche est plus contraignante sur le plan des précautions à prendre (vérification du fonctionnement des cartouches, du mélange des produits). De plus, la durée de conservation des résines vinylester en cartouche est réduite. Elle est également plus contraignante car il faut disposer du pistolet adéquat et le transporter. A moins de pouvoir l'emprunter ou le louer, le prix d'achat de certains pistolets représente un investissement non négligeable.
Par contre, les résines conditionnées en cartouche suivant le type de résine, la marque et le nombre de canules d'injection utilisées, peuvent s'avérer nettement plus économiques que les ampoules. Elles sont, d'une manière générale, beaucoup plus agréables à utiliser de par leur consistance (absence de quartz ou de débris de verre). L'injection au pistolet permet surtout de doser la résine à volonté ; c'est rassurant et cela permet aussi d'effectuer des collages volumineux ou profonds (avec des rallonges de canules) pour la pose des équipements dans des roches fragiles telles que les Schistes (au moyen de broches très longues ou de longues vis ou tiges filetées munies de plaquettes (fig. 138).

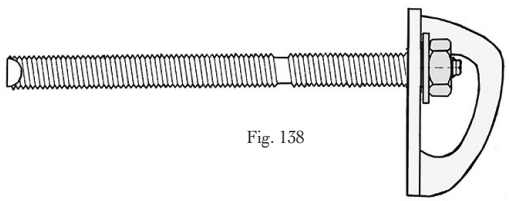


Fig. 138

En outre, le mélange des composants s'effectuant automatiquement, toutes les résines en cartouches permettent de placer des broches en U ou reliées (fig. 139); un simple mouvement de rotation de droite à gauche lors de l'enfoncement de la broche suffit pour répartir harmonieusement la résine autour de la tige.
A noter enfin que les résines en cartouche permettent de sceller toutes sortes de pièces métalliques dans la roche pour un équipement particulier ou pour aménager un site (pose d'une jauge, rampe, pancarte, etc...).

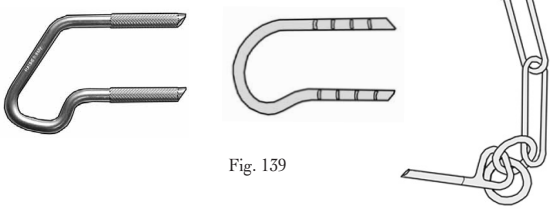
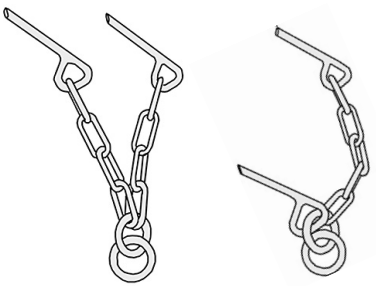


Fig. 139



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

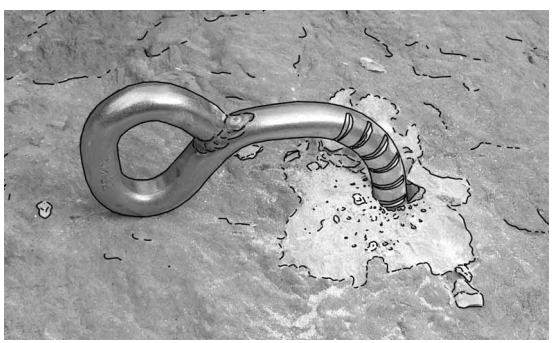
Comparatif des valeurs moyennes de rupture

Les tableaux des mesures des valeurs des résistances moyennes présentés dans les pages suivantes, pour chaque modèle de broche, doivent être considérés avec prudence.
Les conditions d'essai, et surtout le nombre de tests réalisés pour chaque produit, ne permettent pas d'établir des valeurs moyennes de rupture fiables d'autant plus que parfois il n'a été réalisé qu'un seul essai, que la résistance du rocher n'est pas homogène, ou que les causes de rupture sont multiples.
Parfois, c'est la broche qui casse sachant qu'il peut exister dans ce cas des variations importantes de résistances, notamment avec les broches Fixe, au cisaillement, suivant l'orientation de la soudure. Dès lors on peut simplement en déduire que la résistance du scellement est supérieure à celui de la broche.

Effort de cisaillement, broche Collinox ampoule polyester à tourner Mungo, rupture de la broche : 5297 daN.

A noter que quelques essais ont été réalisés sur rocher sec, ce qui peut changer complètement les données du problème ; mais dans ce cas c'est précisé.

Dans tous les cas, même si les tests détaillés dans le cahier n°11 nous donnent la possibilité de se faire une idée assez précise de chaque produit, les tableaux des mesures des valeurs des résistances moyennes présentés dans les pages suivantes pour chaque modèle de broche, sont organisés en fonction du résultat observé aux tests d'arrachement. Ils ne permettent pas d'établir un comparatif entre les différentes marques.

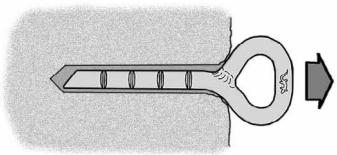


Effort de cisaillement, broche Fixe inox, ampoule polyester polyvalente Wurth, rupture colle/broche : 2718 daN.

Effort de cisaillement, broche Raumer, résine Hilti RE 500, rupture de la broche : 5807 daN.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

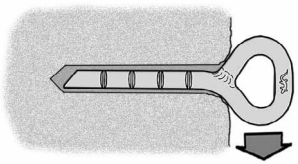
Les scellements *chimiques*



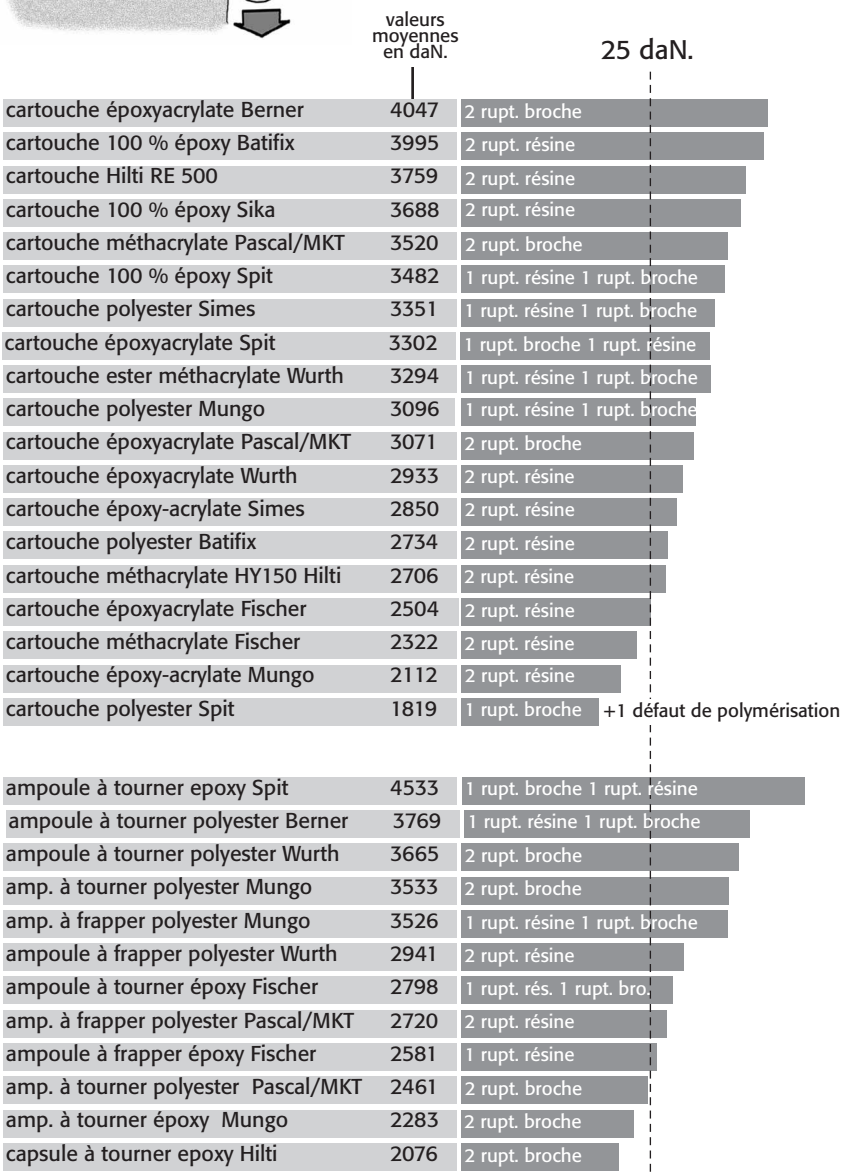
Valeurs des résistances moyennes obtenues d'après les essais réalisés en traction sur des broches Fixe inox ; trous mouillés (sauf indication contraire).

	valeurs moyennes en daN.	15 kN
cartouche 100 % époxy Sika	3500	2 rupt. résine (trous secs)
cartouche 100 % époxy Spit	3451	1 rupt broche et 1 rupt. résine
cartouche RE 500 Hilti	3180	2 rupt. résine
cartouche méthacrylate Pascal/MKT	3114	2 rupt. résine
cartouche 100 % époxy Batifix	2925	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Pascal/MKT	2450	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Berner	2396	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Wurth	2118	2 rupt. résine
cartouche époxy-acrylate Simes	1992	2 rupt. résine
cartouche polyester Mungo	1949	3 rupt. résine
cartouche polyester Spit	1684	2 rupt. résine
cartouche méthacrylate Fischer	1615	4 rupt. résine dont 2 broches Fixe version poinçonnées
cartouche ester méthacrylate Wurth	1575	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Fischer	1574	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Batifix	1510	2 rupt. résine
cartouche polyester Simes	1447	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Spit	1237	2 rupt. rés.
cartouche polyester Batifix	1178	2 rupt. rés.
cartouche époxy-acrylate Mungo	1148	2 rupt. rés
cartouche méthacrylate HY150 Hilti	977	2 r. rés.
ampoule à tourner polyester Wurth	4095	2 rupt. broche
ampoule à tourner polyester Berner	3965	2 rupt. broche
ampoule à tourner époxy Mungo	3944	1 rupt. broche 1 rupt. résine
ampoule à tourner polyester Mungo	3858	2 rupt. broche
ampoule à tourner polyes. Pascal/MKT	3695	2 rupt. broche
capsule à tourner époxy Hilti	3323	1 rupt. résine
ampoule à tourner époxy Spit	3039	1 rupt. broche 1 rupt. rés.
ampoule à frapper polyester Mungo	2058	2 rupt. résine
ampoule à frapper polyes. Pascal/MKT	1959	2 rupt. résine
ampoule à frapper polyester Wurth	1937	2 rupt. résine
ampoule à tourner époxy Fischer	1568	2 rupt. rés.
ampoule à frapper époxy Fischer	1533	2 rupt. rés.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

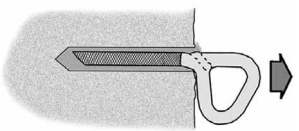


Valeurs des résistances moyennes obtenues d'après les essais réalisés au cisaillement sur des broches Fixe inox ; trous mouillés.



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

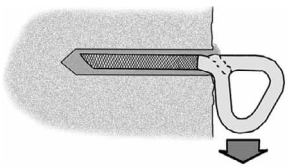
Les scellements *chimiques*



Valeurs des résistances moyennes obtenues d'après les essais réalisés en traction sur des broches Superstar Raumer ; trous mouillés (sauf indication contraire).

	valeurs moyennes en daN.	15 kN.
cartouche méthacrylate Fischer	6283	2 rupt. résine trous secs
cartouche époxyacrylate Wurth	6246	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Berner	5988	2 rupt. résine
cartouche 100 % époxy Batifix	5956	1 rupt. broche 1 rupt. résine
cartouche polyester Batifix	5826	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Spit	5815	1 rupt. résine trou sec
cartouche 100 % époxy Sika	5600	2 rupt. résine, trous secs
cartouche époxyacrylate Spit	5486	2 rupt. résine
cartouche polyester Mungo	5300	1 rupt.résine +1 rupt. rocher 2196 daN. et 1 défaut de polymérisation
cartouche époxyacrylate Pascal/MKT	5237	2 rupt. résine
cartouche époxy-acrylate Mungo	5089	2 rupt. résine
cartouche polyester Simes	5086	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Fischer	5012	2 rupt. résine +1 défaut de polymérisation
cartouche ester méthacrylate Wurth	4867	2 rupt. résine
cartouche méthacrylate HY150 Hilti	4849	2 rupt. résine
cartouche méthacrylate Pascal/MKT	4488	2 rupt. résine
cartouche RE 500 Hilti	4483	2 rupt. résine
cartouche polyester Spit	4060	2 rupt. résine
cartouche 100 % époxy Sika	3753	1 rupt. résine
cartouche 100 % époxy Spit	2970	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Batifix	2852	2 rupt. résine
cartouche époxy-acrylate Simes	2816	2 rupt. résine
cartouche méthacrylate Fischer	2241	2 rupt. résine
amp. à tourner époxy Spit	6101	1 rupt. résine
ampoule à tourner polyester Mungo	5906	1 rupt. résine
ampoule à frapper époxy Fischer	5839	1 rupt. résine
ampoule à tourner polyester Berner	5811	1 rupt. résine
amp. à tourner époxy Fischer	5671	1 rupt. résine
ampoule à frapper polyester Mungo	5667	1 rupt. résine
amp. à tourner polyester Pascal/MKT	5636	1 rupt. résine
ampoule à tourner époxy Mungo	5397	1 rupt. résine
amp. à tourner polyester Wurth	5258	1 rupt. résine
capsule à tourner époxy Hilti	5102	1 rupt. résine
amp. à frapper polyester Pascal/MKT	5007	1 rupt. résine
ampoule à frapper polyester Wurth	4155	1 rupt. résine

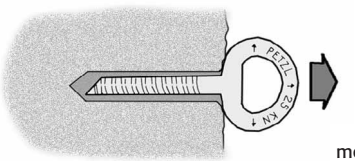
Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays



Valeurs des résistances moyennes obtenues d'après les essais réalisés au cisaillement sur des Superstar Raumer ; trous mouillés.

	valeurs moyennes en daN.	25 kN.
cartouche époxy-acrylate Mungo	6851	2 rupt. broche
cartouche époxyacrylate Fischer	6610	2 rupt. broche
cartouche polyester Spit	6554	2 rupt. broche
cartouche 100 % époxy Sika	6505	2 rupt. résine
cartouche ester méthacrylate Wurth	6340	1 rupt. broche 1 rupt. résine
cartouche 100 % époxy Spit	6334	2 rupt. broche
cartouche époxyacrylate Berner	6187	2 rupt. broche
cartouche méthacrylate Fischer	6163	2 rupt. broche
cartouche époxyacrylate Spit	6125	2 rupt. broche
cartouche époxy-acrylate Simes	6025	2 rupt. broche
cartouche méthacrylate Pascal/MKT	5996	2 rupt. broche
cartouche polyester Mungo	5958	2 rupt. résine
cartouche polyester Batifix	5888	1 rupt. broche 1 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Pascal/MKT	5872	1 rupt. broche 1 rupt. résine
cartouche polyester Simes	5837	1 rupt. broche 1 rupt. résine
cartouche 100 % époxy Batifix	5830	1 rupt. broche 1 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Wurth	5663	2 rupt. broche
cartouche méthacrylate HY150 Hilti	5462	2 rupt. résine
cartouche RE 500 Hilti	5431	1 rupt. broche 1 rupt. résine
ampoule à tourner polyester Berner	6431	1 rupt. broche
amp. à tourner polyester Pascal/MKT	6292	1 rupt. broche
ampoule à tourner époxy Fischer	6240	1 rupt. broche
ampoule. à frapper polyester Wurth	6197	1 rupt. broche
ampoule à frapper polyester Mungo	6054	1 rupt. broche
ampoule. à frapper époxy Fischer	5986	1 rupt. broche
ampoule à tourner polyester Mungo	5820	1 rupt. broche
capsule à tourner époxy Hilti	5771	1 rupt. broche
amp. à frapper polyester Pascal/MKT	5763	1 rupt. broche
ampoule à tourner polyester Wurth	5396	1 rupt. broche
ampoule à tourner époxy Spit	5341	1 rupt. broche
ampoule à tourner époxy Mungo	4485	1 rupt. broche

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

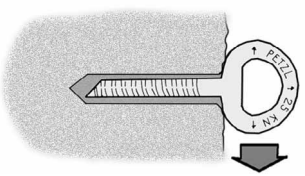


Valeurs des résistances moyennes obtenues d'après les essais réalisés en traction sur des broches Collinox Petzl; trous mouillés (sauf indication contraire).

	valeurs moyennes en daN.	15 kN.
cartouche époxyacrylate Spit	3773	2 rupt. résine trous secs
cartouche polyester Simes	3703	2 rupt. résine
cartouche polyester Batifix	3680	2 rupt. résine
cartouche. époxyacrylate Berner	3287	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Wurth	3255	2 rupt. résine
cartouche 100 % époxy Batifix	3248	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Spit	3244	1 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Wurth	3215	1 rupt. résine trou sec
cartouche époxyacrylate Pascal/MKT	3077	2 rupt. résine
cartouche ester méthacrylate Wurth	2908	2 rupt. résine
cartouche 100 % époxy Sika	2892	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Fischer	2794	2 rupt. résine
cartouche polyester Mungo	2748	3 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Batifix	2592	2 rupt. résine
cartouche méthacrylate Pascal/MKT	2587	2 rupt. résine
cartouche. RE 500 Hilti	2479	2 rupt. résine
cartouche. 100 % époxy Spit	2274	2 rupt. résine
cartouche époxy-acrylate Simes	2172	2 rupt. résine
cartouche époxy-acrylate Mungo	1915	4 rupt. résine
cartouche méthacrylate Fischer	1531	4 rupt. résine
cartouche polyester Spit	1487	2 rupt. résine
cartouche méthacrylate HY150 Hilti	1295	2 rupt. rés.
ampoule à tourner époxy Fischer	4214	1 rupt. résine
ampoule à frapper époxy Fischer	4183	1 rupt. résine
ampoule à tourner Mungo polyester	4112	2 rupt. résine
ampoule à tourner polyester Wurth	4029	1 rupt. broche 1 rupt. résine
amp. à tourner polyester Pascal/MKT	3988	2 rupt. résine
ampoule à tourner polyester Berner	3939	2 rupt. résine
ampoule à frapper polyester Mungo	3738	2 rupt. résine
am. à frapper polyester Pascal/MKT	3654	2 rupt. résine
ampoule à tourner époxy Mungo	3611	2 rupt. résine
ampoule à frapper polyester Wurth	3393	2 rupt. résine
ampoule à tourner époxy Spit	3299	2 rupt. résine
capsule à tourner époxy Hilti	3282	2 rupt. résine

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Les scellements *chimiques*



Valeurs des résistances moyennes obtenues d'après les essais réalisés au cisaillement sur des broches Collinox Petzl; trous mouillés.

	valeurs moyennes en daN.	25 kN.
cartouche polyester Spit	4191	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Berner	4181	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Wurth	4181	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Spit	4059	2 rupt. résine
cartouche polyester Batifix	3858	2 rupt. résine
cartouche polyester Simes	3815	2 rupt. résine
cartouche époxy-acrylate Mungo	3618	1 rupt. résine + 1 rupture 1716 roche fisurée
cartouche époxy-acrylate Simes	3588	2 rupt. résine
cartouche polyester Mungo	3550	2 rupt. résine
cartouche 100 % époxy Batifix	3538	2 rupt. résine
cartouche. méthacrylate Pascal/MKT	3496	2 rupt. résine
cartouche 100 % époxy Spit	3333	2 rupt. résine
cartouche 100 % époxy Sika	3277	2 rupt. résine + 1 rupture 2262 roche fisurée
cartouche ester méthacrylate Wurth	3249	2 rupt. résine
cartouche RE 500 Hilti	3210	2 rupt. résine
cartouche époxyacrylate Fischer	3186	2 rupt. résine + 1 défaut de polymérisation
cartouche époxyacrylate Pascal/MKT	2822	2 rupt. résine
cartouche méthacrylate Fischer	2755	2 rupt. résine
cartouche méthacrylate HY150 Hilti	2658	2 rupt. résine
ampoule à tourner Mungo polyester	5162	2 rupt. résine
amp. à frapper polyester Pascal/MKT	4443	2 rupt. résine
ampoule à tourner époxy Spit	4221	2 rupt. résine
ampoule à tourner époxy Mungo	4031	2 rupt. résine
amp. à tourner polyester Pascal/MKT	3915	2 rupt. résine
ampoule à frapper polyester Wurth	3652	2 rupt. résine
ampoule à tourner polyester Berner	3650	2 rupt. résine
ampoule à frapper polyester Mungo	3273	2 rupt. résine
ampoule à tourner polyester Wurth	3218	1 rupt. résine 1 rupt. broche
ampoule à tourner époxy Fischer	3092	1 rupt. résine
ampoule à frapper époxy Fischer	2719	2 rupt. résine
ampoule à tourner époxy Hilti	2688	2 rupt. résine

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

LES RÉSINES CONDITIONNÉES EN POT

La colle époxidique SIKADUR 31

Vendue en boîtes de 1,24 kg. (fig. 140) ou 6 Kg cette colle thixotrope (qui ne coule pas) possède une très forte adhérence sur le support rocheux et l'acier en général. La résine Sika était autrefois fréquemment utilisée pour l'équipement des sites d'escalade ; elle figure parmi les résines les plus économiques.

Il existe deux versions de colle Sikadur :

- La colle Sikadur 30 destinée essentiellement aux supports secs (sa valeur d'adhérence est deux fois moins importante sur béton humide).
- La colle Sikadur 31 qui nous intéresse davantage en canyon, car son pouvoir mouillant lui permet de pénétrer mieux les porosités et capillaires de la roche, ce qui rend cette résine compatible au rocher humide. Les essais d'adhérence sur béton sec et humide réalisés par le fabricant ne laissent apparaître aucune différence.

Fig. 140

Valeurs d'adhérence à la traction fournies par le fabricant :

- sur béton sec : 4 à 5 MPa : rupture du support
- sur béton humide : 4 à 5 MPa : rupture du support
- sur acier meulé : 10 à13 MPa

(*1 Mpa = 102 grammes/force au mm²*).

Aujourd'hui, la résine Sikadur en pot n'est plus utilisée car elle est remplacée avantageusement par les doubles cartouches beaucoup plus répandues et bien que plus onéreuses, nettement plus pratiques à utiliser.
En effet, le dosage et le mélange de la résine Sikadur avec son durcisseur s'effectuent manuellement dans un récipient séparé. il faut donc prévoir du matériel en conséquence (boîte, spatule et se fabriquer un gabarit en fonction de la quantité de résine à préparer (réglette graduée en alu en forme de V plus raclette par exemple). La préparation du mélange doit être soignée. Le respect rigoureux des proportions du mélange est contraignant ; il est d'autant moins précis que la quantité de résine préparée est petite. Un mauvais dosage peut provoquer un défaut de polymérisation. A éviter donc pour des scellements mettant en oeuvre une quantité réduite de colle.

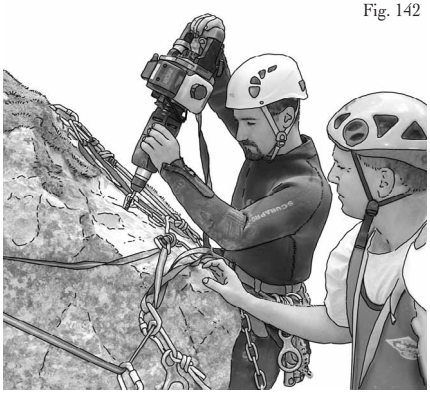
Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Pour le scellement de broche, le problème se complique encore davantage car il faut trouver un moyen pour injecter le mélange au fond des trous et s'organiser, sachant que tout le matériel ayant servi à la préparation, cartouche à remplir, boîte, sont perdues dès que la résine commence à durcir. De plus, en canyon, se pose le problème de l'espacement des zones à équiper occasionnant des contraintes de transport du matériel et des délais d'acheminement.

Cela dit, même si elle n'est pas du tout pratique à utiliser pour l'équipement en canyon, la résine Sikadur peut s'avérer utile dans le cadre d'un aménagement spécifique (fig. 141 et 142) nécessitant une grande quantité de résine en vue de procéder à des collages d'éléments métalliques ou des scellements particuliers (jauge, échappatoire) sachant que l'absence totale de phénomène de retrait permet de sceller des pièces métalliques dans des trous beaucoup plus gros.

Fig. 141

Fig. 142



Mise en oeuvre

Le collage doit être effectué pendant que la colle est encore poisseuse ; la température optimale d'utilisation doit être comprise entre 10° et 30°, celle de la roche doit être supérieure à 5°. S'il fait trop froid, la résine mettra très longtemps pour durcir. A l'inverse, s'il fait vraiment chaud, la réaction chimique risque de s'emballer et la résine peut durcir avant d'être utilisée. Il faut donc non seulement bien choisir son jour, mais également s'assurer de la température prévue pour les prochaines 24 heures.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Une fois le mélange prêt, il demeure malléable pendant environ 20 minutes à 1 heure (fig. 143). Il est donc important de préparer le support et de pouvoir transporter facilement le mélange si l'opération de collage doit se faire sur plusieurs zones pour minimiser le temps entre chaque collage et éviter d'avoir à refaire sans cesse une nouvelle préparation, qui plus est en petite quantité, pour les raisons évoquées plus haut. Dans tous les cas de figure et pour éviter tout risque de défaillance du scellement, il vaut mieux toujours être sûr que la quantité de durcisseur est suffisante. Déposer à proximité un échantillon témoin permettant de vérifier ultérieurement la bonne polymérisation de la résine. Pour nettoyer la résine, avant durcissement, prendre un chiffon imbibé de solvant (de type Xylène par exemple).

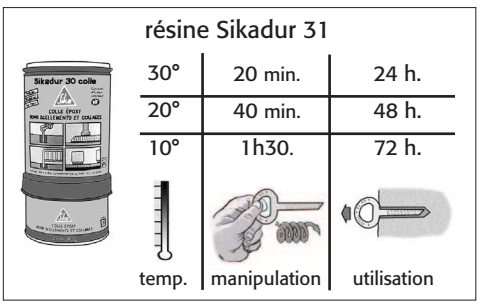


Fig. 143

Pour les collages éventuels des broches ou pour des collages profonds (tige filetée en rocher peu résistant), on peut utiliser un pistolet et une cartouche type silicone vide (fig. 144). A défaut de trouver des cartouches vides à la vente, on peut aussi utiliser des cartouches usagées, préalablement vidées de leur contenu, et dans laquelle on introduit le mélange par l'arrière. Pour des scellements en profondeur, on peut aussi rallonger la buse de la cartouche avec un bout de tuyau (fig. 145).

Fig. 144

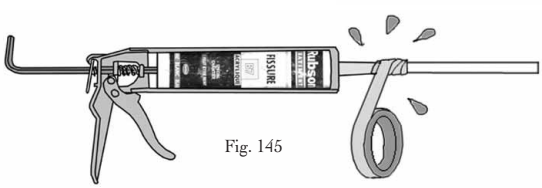


Fig. 145

Astuce : *Pour finir de vider une cartouche de silicone , il suffit de retirer le piston arrière en plastique, de planter un bâton dans le restant de produit qui pourra être retiré lorsqu'il aura durci.*

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

POSE DES SCELLEMENTS CHIMIQUES

Préparation du support

Le caractère définitif des scellements chimiques impose, plus que jamais, de la réflexion et de la rigueur dans le choix de l'emplacement. Une des phases les plus importantes dans la recherche de l'emplacement le mieux approprié pour l'implantation d'un ancrage, consiste notamment à s'assurer que la roche est saine et que les abords immédiats ne présentent pas de pierres instables qui pourraient se décrocher. Il convient donc de la sonder systématiquement (fig. 146) au moyen d'un marteau. Cette précaution est très importante ; elle permet de vérifier que la roche est compacte, suffisamment homogène et qu'elle ne dissimule pas de micro fissure ou d'écaille dont on ne peut soupçonner la présence de visu. De plus, le rocher n'est pas toujours compact et lisse comme on aimerait qu'il le soit. Parfois, les recherches sont laborieuses et il est souvent nécessaire de rectifier la surface du rocher ou de retirer une écaille avec le marteau et un burin. Se méfier tout particulièrement des bords de dalle, des zones présentant des couches superposées ou des angles rocheux vifs (propices aux fissures). Se méfier surtout des apparences. Le rocher doit rendre un son clair. Les zones recouvertes d'une pellicule de calcite, de tuf ou de mousse (il arrive parfois qu'on n'ait pas vraiment le choix) doivent être décapées et nettoyées pour offrir au mieux une surface propre et saine avant d'entreprendre le forage.

Fig. 146

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Organisation et utilisation du perforateur

Pour poser un ancrage dans de bonnes conditions, quelques précautions et un peu d'organisation sont nécessaires :

Avant de mettre en marche le perforateur à essence ou d'entamer le forage, on commence par préparer et par placer à portée de main tout le matériel nécessaire à l'installation de l'ancrage. On gagne ainsi du temps et on évite les déplacements inutiles (surtout s'ils doivent se faire dans des conditions acrobatiques). Tout ce qui est précieux et qui va être utilisé au-dessus du vide (fig. 147) doit être soit attaché par une longe soit transporté dans une sacoche qui ferme (ampoule, tuyau, écouvillon). Un coéquipier est souvent indispensable pour fournir et récupérer le matériel au cours de l'installation. Indépendamment des ancrages, on a généralement besoin de:

- perforateur avec trousse d'entretien ;
- écouvillon, tuyau à souffler et/ou pompe à air ;
- marteau, burin ;
- pistolet, résine, étiquette avec ficelle et marqueur ;
- chiffon, solvant pour nettoyer les broches ;
- tournevis pour nettoyer l'embout des cartouches ;
- éventuellement des allumettes pour coincer les broches inclinées vers le bas ;
- une brosse métallique et une balayette ;
- gants de protection pour éviter le contact avec la résine ;
- lunettes de protection pour se protéger des éclats de roche.

Fig. 147

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Fig. 148

Plus le perforateur est lourd, plus on à intérrêt à se positionner confortablement. On évite ainsi de se faire mal au dos ou d'être contraint par la fatigue ou une crampe (fig. 148), de s'y reprendre en plusieurs fois. Tenir un perforateur thermique de plusieurs kilos, à bout de bras, est vite éprouvant. Eviter également les appuis peu sûrs ; il serait dommage de glisser au risque de se cogner et de se blesser ou encore de devoir se retenir au perforateur au risque de casser la mèche ou de le laisser tomber.
La stabilisation de l'équipeur, lorsqu'il est suspendu en bout de corde, est importante pour que le perforateur puisse travailler dans de bonnes conditions. La précision dans le maintien de l'axe de perçage et la justesse de la pression sur la machine, sont gages d'efficacité.
Rappelons que les crochets "goutte d'eau" sont parfois utiles lorsqu'on se trouve suspendu à une corde pour se maintenir décalé par rapport à la verticale de l'amarrage par exemple. Il existe (fig. 149) différents modèles simples à petit bec ou à gros bec permettant de s'adapter à la forme du rocher et des modèles polyvalents (fig. 150) à trois branches qui de surcroît sont plus stables.

Fig. 149

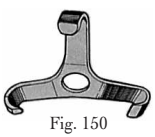
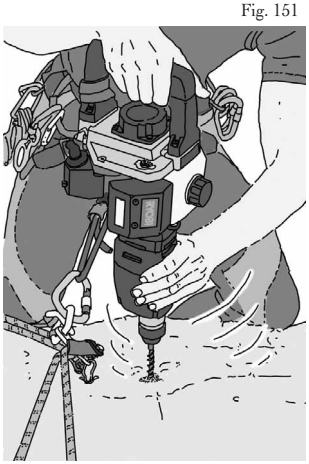


Fig. 150

Lorsque le perçage devient profond, il est prudent de faire ressortir complètement la mèche de temps à autre (fig. 151) pour évacuer la poussière et prévenir les phénomènes de bourrage et de coincement de la mèche. Si le trou a tendance à se remplir d'eau, la formation de boue peut augmenter ce risque.
Certains perforateurs disposent d'une marche arrière ; c'est utile lorsque la mèche se coince ; à défaut, on peut tenter de la débloquer en donnant des impulsions grâce au débattement du système de percussion ; on peut également passer en mode burinage pour frapper la mèche. Dans tous les cas, la patience est de rigueur.

Fig. 151


Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Diamètre de perçage

Les broches utilisées le plus souvent pour l'équipement en canyon ont quasiment toutes une tige de diamètre 10 mm. Cependant, leur diamètre (fig. 152) n'est pas rigoureusement identique. La tige d'une broche Collinox, par exemple, n'est pas cylindrique (ce qui, d'ailleurs, facilite la pénétration dans la résine et l'enrobage de la tige). Autre exemple, les stries qui ont été réalisées sur les tiges de diamètre 10 mm des broches Raumer, ont eu pour effet d'augmenter leur diamètre. En outre, on utilise parfois des broches de diamètre 12 mm, voire même 14 mm comme la broche Batinox de Petzl. Le diamètre de perçage habituel est au moins supérieur de deux millimètres. La plupart du temps on perce donc à 12 mm. Le respect du diamètre de perçage est important pour que la résine puisse se répartir correctement entre la tige et la paroi et enserrer parfaitement la broche. Deux millimètres c'est aussi la côte minimum à respecter avec les ampoules comportant des grains de quartz, faute de quoi, il devient impossible d'introduire la broche.

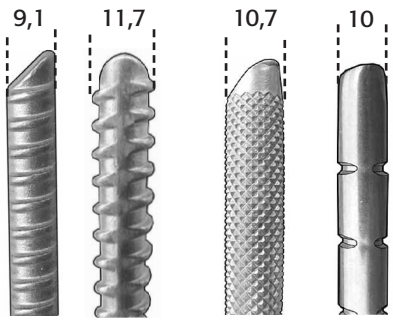


Fig. 152

S'il est vrai que les grains de quartz gênent la mise en place des broches (Raumer notamment), leur présence est également bénéfique car en se répartissant autour de la tige, ils garantissent le bon centrage de la broche dans le trou et donc un enrobage parfait de la tige. Pour facilter l'installation de ces broches en présence d'ampoules avec grains de quartz Raumer a conçu un dispositif à utiliser avec les perceuses et perforateurs SDS Plus (fig. 153).

Fig. 153

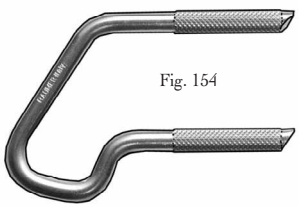


Fig. 154

Avec l'utilisation de résines en cartouches, on peut augmenter légèrement le diamètre de perçage puisqu'on peut doser la quantité de résine. C'est plus pratique pour garantir un bon enrobage des tiges des broches en formes de U (fig. 154) pour lesquelles, même si on utilise une plaque prépercée en guise de gabarit, il est difficile d'orienter parfaitement les axes de perçage.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

voir également: comportement des amarrages cahier n°5

Axe de perçage

Petit rappel : les broches, comme la plupart des ancrages artificiels, sont conçues pour travailler sur un plan perpendiculaire à la surface de la paroi quelque soit l'orientation (fig. 155). Cette orientation est définie par la forme de l'oeil. En fonction de la géométrie de l'oeil et des appuis sur la paroi, la broche peut être sollicitée sur ce même plan, suivant un angle compris en gros entre 0° et 90° (fig. 156). On peut aussi s'en servir autrement (dans toutes les autres directions) mais à défaut d'appui, la broche est moins résistante à la déformation.

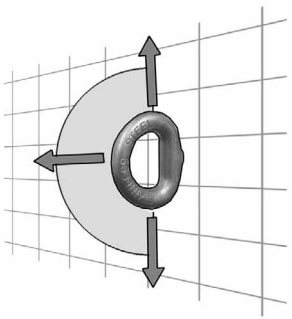


Fig. 156

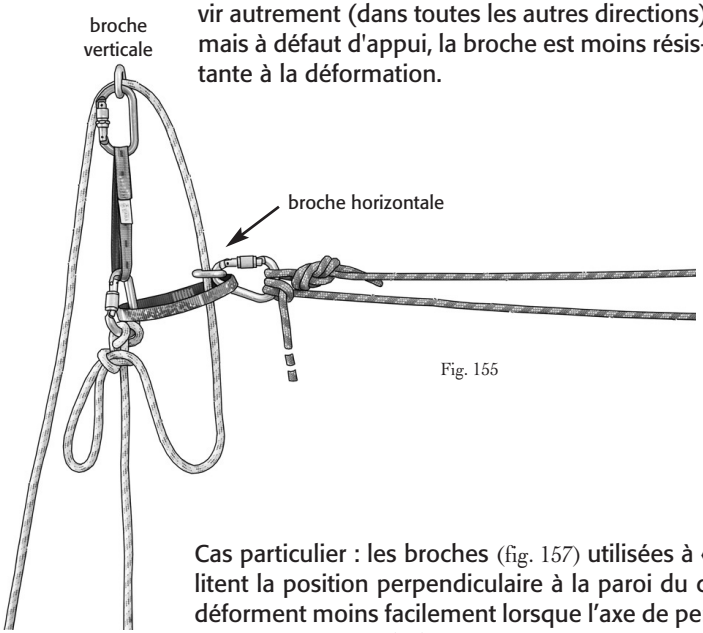
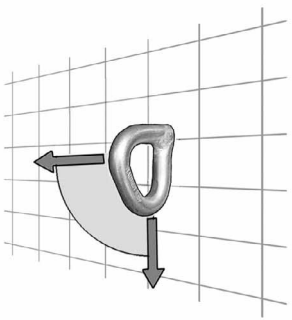


Fig. 155



Cas particulier : les broches (fig. 157) utilisées à «l'équerre» facilitent la position perpendiculaire à la paroi du connecteur et se déforment moins facilement lorsque l'axe de perçage est légèrement orienté vers le haut (fig. 158). Dans ce cas, on veillera plus particulièrement à ce que la broche ne ressorte pas durant la phase de polymérisation de la résine.

Fig. 157

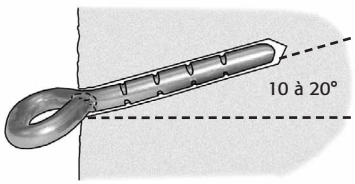
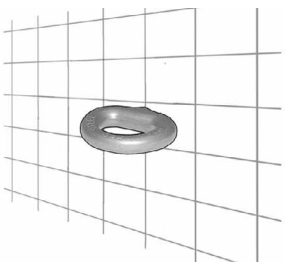


Fig. 158



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Profondeur du trou

Pour les scellements réalisés avec un pistolet à injection, le plus simple consiste à percer un trou légèrement plus profond que la longueur de la pièce à sceller en tenant compte le cas échéant de la profondeur de perçage supplémentaire utile pour pouvoir encastrer l'oeil des broches Fixe (fig. 159). Cette marge permet d'être sûr que la broche ne butera pas au fond du trou. L'espace libre inoccupé par la broche ne doit pas être non plus trop important car on gaspille de la résine.

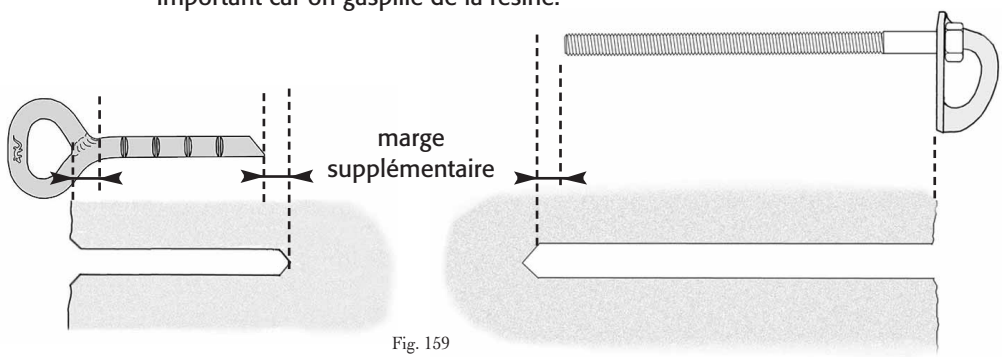


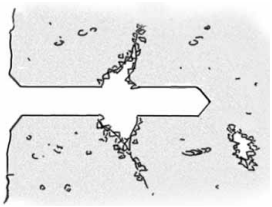
Fig. 159

Lorsqu'on entreprend une série de scellements, la quantité de résine injectée n'étant pas évidente à doser avec un pistolet, on gagnera en précision et on minimisera le gaspillage de résine en perçant exactement tous les trous à la même profondeur.

Astuce : *En canyon, le plus simple et le plus pratique pour limiter la profondeur des trous, consiste à matérialiser la limite de perçage sur le foret au moyen d'un repère réalisé avec un ruban adhésif ou de la peinture blanche (correcteur blanc).*

Attention : *tout changement de résistance lors du perçage (malgré un sondage minutieux de la roche) indique une modification interne du rocher ou la présence d'une fissure ou d'un vide dissimulé* (fig. 160). *S'il se produit après plusieurs cm. de roche saine, on peut envisager de conserver l'emplacement à condition de prévoir dans ce cas une quantité de résine supplémentaire pour tenter de combler au mieux le trou (valable uniquement pour les colles injectées). S'assurer dans ce cas qu'une partie de la colle reflue effectivement vers l'extérieur après la pose de la broche.*

Fig. 160



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Pour le scellement des broches avec ampoule dont la longueur (de la broche et de l'ampoule) varie suivant la marque, la profondeur de perçage doit être plus précise.

Si le trou (fig. 161) est ajusté à la longueur d'une broche courte, l'ampoule va dépasser. Une partie des produits risque de s'écouler au moment de briser l'ampoule surtout si le trou est incliné vers le bas. Pire : s'il s'agit d'une ampoule à frapper dont le durcisseur est stocké à l'arrière (fig. 162) on risque d'avoir un défaut de polymérisation.

La profondeur du trou (fig. 163) doit donc être légèrement supérieure (d'environ 3 à 5 mm) que la longueur de l'ampoule sans être inférieure à la longueur de la tige. Attention à l'orientation des ampoules dont le durcisseur est stocké à l'arrière (fig. 164).

Si le trou est vraiment trop profond (fig. 165) ou trop gros par rapport à l'ampoule (fig. 166), on risque de ne pas avoir assez de résine. On peut aussi d'avoir un mauvais mélange des produits avec les ampoules dont le durcisseur se trouve à l'arrière de l'ampoule puisqu'une partie de la résine ne se mélangera pas.

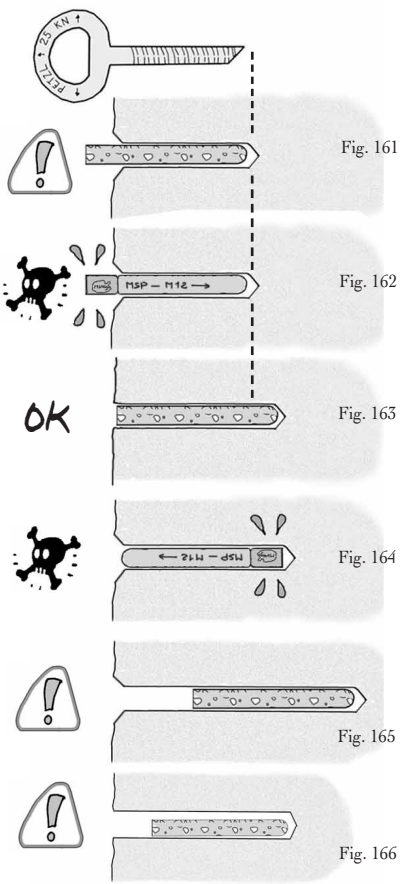


Fig. 161
Fig. 162
Fig. 163
Fig. 164
Fig. 165
Fig. 166

En clair : avec une broche courte, on perce à peine plus que la longueur de l'ampoule (fig. 163). Avec une broche légèrement plus longue que l'ampoule (fig. 167), on perce à la longueur de la tige. Avec les broches très longues, le plus simple est d'utiliser de la résine en cartouches.

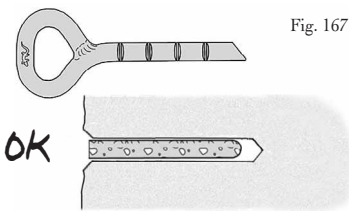


Fig. 167

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Aménagement du trou

Lorsque le forage du trou est terminé, commencer par débarrasser la poussière de roche autour du trou. Présenter la broche pour s'assurer d'une part que le trou est suffisamment profond et, d'autre part, pour vérifier qu'aucune aspérité rocheuse ne gène les appuis de l'oeil. Parfois, il est nécessaire (fig. 168) de rectifier légèrement les abords du trou. Une fois le rocher rectifié, vérifier également que sa profondeur demeure toujours suffisante. Avec les broches Fixes, la rectification s'impose dans la mesure où on souhaite que l'oeil de la broche soit incrusté dans la roche (fig. 169).

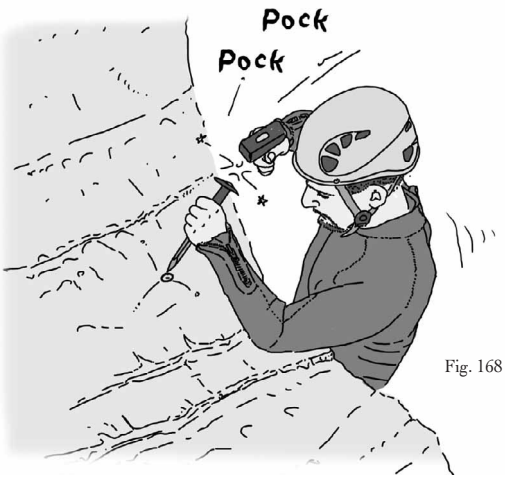
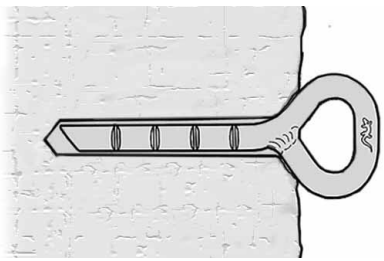


Fig. 168

Fig. 169



Nettoyage du trou

La résistance d'un scellement est en grande partie tributaire du soin apporté au nettoyage du trou. En effet, la liaison colle/roche se réalise par adhésion de la résine sur la surface de la roche et par des blocages mécaniques rendus possibles grâce aux irrégularités de la surface du trou. Cette liaison peut être considérablement réduite par la présence de débris de roche, de poussière ou de boue. Qu'elle soit mouillée ou sèche, la surface du trou doit donc être le plus propre possible. Un test de résistance comparatif entre un scellement réalisé dans un trou sec, soufflé et brossé normalement, avec un autre réalisé dans un trou laissé tel quel (fig. 170) permet de mesurer l'importance du nettoyage.

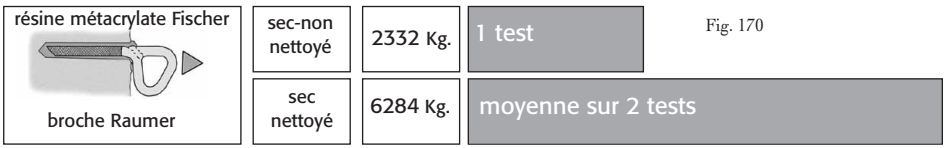
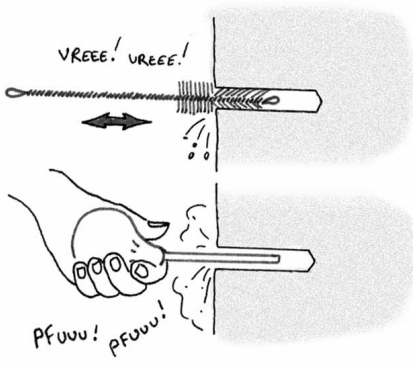


Fig. 170

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Sur rocher sec, le nettoyage du trou s'effectue par soufflage et brossage de la cavité (fig. 171). Le soufflage permet de chasser les poussières et les débris accumulés. Il peut être réalisé au moyen d'une soufflette (pour chasser l'eau, ce n'est pas très efficace), à la bouche au moyen d'un tuyau souple (fig. 173) ou avec l'aide d'une pompe à air proposée par les vendeurs de résine (fig. 172). La pompe à air est nettement plus volumineuse et onéreuse qu'un bout de tuyau mais elle est surtout carrément plus efficace. Bien que cela puisse paraître évident, on ne se méfie jamais assez des projections de poussière au moment de souffler le trou; or, la poussière dans les yeux, c'est extrêmement désagréable. Le brossage réalisé, au moyen d'un écouvillon, permet de décoller la poussière qui serait restée collée sur la paroi du trou. Les séquences de soufflage et de brossage sont alternées jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucune poussière qui s'en échappe.

Fig. 171



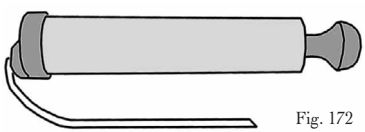


Fig. 172

Astuce : *A défaut de pompe à air, un tuyau souple d'environ 40 cm* (fig. 173) *est un accessoire bien pratique. En outre, Il permet de souffler un trou peu accessible ou de se décaler pour ne pas recevoir les poussières expulsées en plein visage. Le tuyau permet également d'aspirer de l'eau par la bouche pour l'injecter dans les trous boueux. Cet accessoire est léger, économique et peu encombrant.*
Un tuyau de soufflage perdu peut éventuellement se remplacer par une canule d'injection de cartouche de résine d'où l'on aura retiré le système à ailettes ou sa rallonge.

Fig. 173

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Lorsque le forage (fig. 174) s'effectue dans des conditions humides (ruissellement, embruns importants) et que la poussière accumulée dans le trou est imprégnée d'eau, elle forme de la boue qui s'agglutine sur le foret et qui est difficile à évacuer. Cette boue a tendance à rester collée dans les pores et micro-infractuosités de la roche, tapissant la paroi du trou tel un enduit sur lequel aucune résine n'adhère. Le nettoyage est dans ce cas moins facile ; il s'effectue en pulvérisant de l'eau sous pression dans le trou (avec un tuyau souple par exemple...) puis en le brossant méticuleusement avec l'écouvillon qui sera systématiquement rincé dans l'eau courante. Une fois que l'eau de rinçage est parfaitement claire, il faut souffler minutieusement (avec la pompe à air c'est mieux) l'eau qui pourrait s'être accumulée dans le trou afin de la chasser au mieux avant d'injecter la résine.
Pour finir, lorsque le scellement est placé à l'abri des crues et de la pluie, ceux qui aiment le travail bien fait prennent le temps de chasser la poussière de perçage accumulée aux abords du trou avec de l'eau ou en la soufflant. Elle forme une traînée peu esthétique qui risque de rester en place longtemps.

Fig. 174

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Préparation des broches

Avant d'être scellées, les broches doivent être propres. Les broches à fûts plutôt lisses telles que les broches Fixe doivent être de surcroît soigneusement dégraissées à l'aide d'un chiffon (fig. 175) et d'un dissolvant (trychlo, acétone, etc...). Prendre ensuite le soin de les manipuler en les tenant par l'oeil.

Avec les broches crénelées telles que les broches Collinox ou Batinox (fig. 176) le dégraissage n'est pas primordial mais toujours utile puisqu'une partie de la tige est lisse. Le plus souvent, on se contente de l'essuyer méticuleusement avec un chiffon propre.

Par contre, avec les broches Raumer à tige striée ou Fixe à tige filetée (fig. 177 et 178), le dégraissage de la tige est inutile; c'est un peu comme vouloir nettoyer avec un chiffon une lime à métaux ; ce n'est pas commode et ça ne sert à rien.

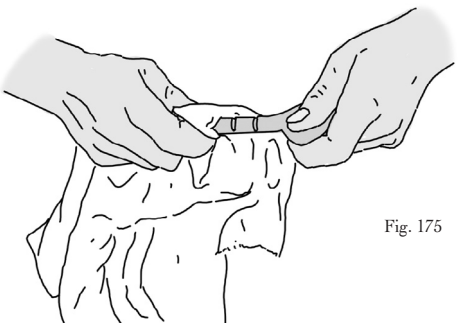


Fig. 175

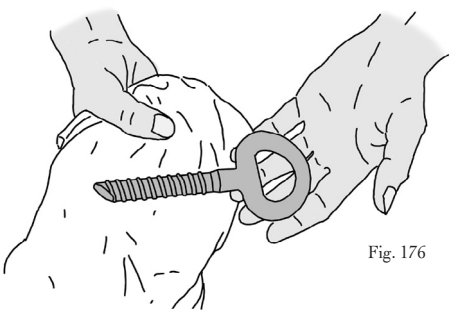


Fig. 176

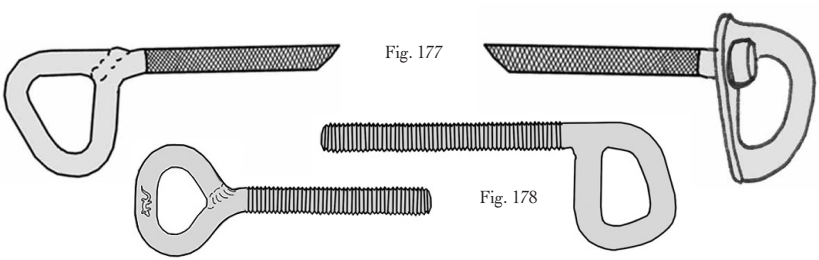


Fig. 177

Fig. 178

Astuce : *à défaut de dissolvant, on peut néanmoins nettoyer les broches à fûts lisses avec les moyens du bord. Il suffit de placer sur une partie du chiffon de la poussière (sèche !!!) provenant du trou et de frotter la tige de la broche. Rapidement, le chiffon imprégné de cette poudre abrasive noircit en absorbant toutes les traces de graisse. Un petit coup de chiffon propre et sec finit le travail.*

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

SCELLEMENT ÉFFECTUÉ AU PISTOLET INJECTEUR

Utilisation d'une cartouche neuve

Une fois ouverte et avant de visser la canule d'injection, il convient de vérifier le bon fonctionnement de la cartouche en la mettant sous pression pour s'assurer que les deux produits se présentent simultanément à la sortie de la cartouche (fig. 179). Cette précaution est d'autant plus importante que certaines résines ont presque la même teinte que le durcisseur qui les accompagne, ce qui complique davantage le contrôle du mélange final. Sachant qu'il peut arriver, notamment avec les résines vinylester, que l'un des produits sorte en quantité conséquente avant que l'autre ne se présente.

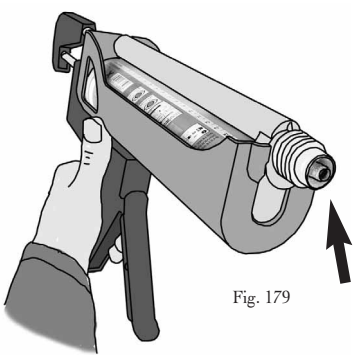


Fig. 179

Cela permet également de pouvoir comparer ultérieurement la couleur du mélange qui sort de la canule avec celle de la résine seule lorsque les produits sont de couleurs contrastées.

Fig. 180

Il se peut également (fig. 180) qu'une faible quantité de produit liquide résultant de la fabrication soit évacuée en premier avant la résine. Ce n'est qu'après cette première vérification, que l'on peut visser la canule d'injection. Il reste ensuite à s'assurer que les deux produits sont correctement mélangés à la sortie de la canule d'injection avant de pouvoir utiliser le pistolet pour le scellement de broche. Résine et durcisseur des cartouches autres que 100% époxy, n'étant pas stockés dans des proportions identiques, la résine plus volumineuse sera donc expulsée plus rapidement hors de la cartouche que le durcisseur. Lors de la première mise en pression, la vitesse de progression dans la canule n'étant pas la même pour les deux produits, une partie de la résine remplira donc seule la canule avant que le durcisseur ne s'en mêle. Il faut impérativement identifier cette portion de résine pour être sûr de ne pas l'utiliser. Toutefois, ayant pris le soin de vérifier que les deux produits et rien d'autre ne sortaient préalablement de la cartouche, on a écarté une partie des risques d'erreur puisqu'il ne reste à gérer que le remplissage de la canule.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Pour identifier la portion de résine inutilisable lors de la mise en service de la cartouche, on commence très souvent par suivre la progression des deux produits à travers la canule par transparence, ainsi que le changement progressif de la couleur de la résine qui se rapproche de l'embout ; c'est facile dans la mesure où les deux produits ont des couleurs bien différentes ce qui n'est pas toujours le cas. On peut également constater l'harmonisation de la couleur du produit à la sortie de la canule; l'un n'empêche pas l'autre. Dans tous les cas de figure même si les produits sont de couleurs bien différentes et surtout lorsque ce n'est pas le cas, il faut impérativement extruder quelques cm^2 de résine (volume compris entre une noix et une petite mandarine) qui n'ont rien à voir avec l'échantillon témoin et qui correspondent approximativement au volume des petites canules, pour avoir l'assurance que le mélange qui suit est homogène (dans la mesure où les vérifications indiquées au début de ce paragraphe ont été respectées).

Avec les cartouches de résine 100% époxy de formes symétriques (Sika, Spit, Batifix, Englese), c'est plus simple. D'une part parce que ce type de cartouche est globalement plus fiable (fig. 181) et vu que la consistance de la résine pose moins de problèmes. D'autre part parce que les deux produits occupent le même volume, et qu'à partir du moment où le bon fonctionnement de la cartouche a été vérifié, le risque lié à un mauvais mélange au départ est nettement plus réduit. En effet, résine et durcisseur se propagent simultanément dans la canule à la même vitesse; la teinte résultant de leur mélange s'harmonise (fig. 182) en même temps que la résine se rapproche du bout et le mélange est quasiment parfait dès les premiers cm^3; (tout du moins en principe) ; il y a donc moins de gaspillage.

Fig. 181

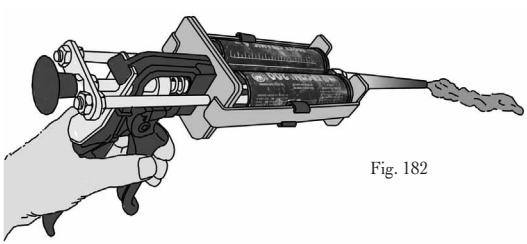


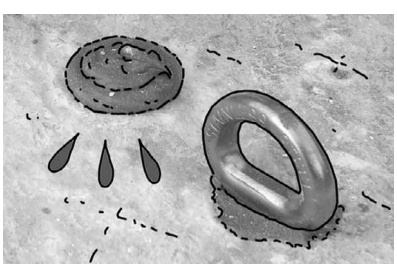
Fig. 182

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

De plus, la couleur des deux produits constituant les résines 100% époxy est généralement très contrastée, du style noir et blanc, si bien que l'on peut juger facilement de la qualité du mélange à sa couleur finale. Quoi qu'il en soit, même si on est sûr du mélange, on doit sacrifier quelques ml de résine par précaution.

Attention : *le défaut de polymérisation, en début d'injection, constitue le risque le plus grave qui puisse exister lorsqu'on entreprend un scellement chimique. En effet, contrairement à un goujon qui, une fois dans son trou, ne peut plus ressortir même si on ne le serre pas, la probabilité de voir un scellement "foirer" et bien plus grande et impose des règles et des précautions rigoureuses. Lors des séances d'essais sur plus de 400 scellements réalisés avec des cartouches neuves ou déjà utilisées, il s'est produit 5 défauts de polymérisation (avec des cartouches autres que 100% époxy de type symétrique). Pour la plupart, il y avait une explication logique résultant d'un manque de précaution, ou d'aléas qui, une fois identifiés, forgent l'expérience de l'équipeur. Cependant, un ou deux défauts de polymérisation liés de toute évidence à un mauvais mélange, n'ont pas pu être expliqués de façon évidente et démontrent à quel point il faut être prudent et ne pas hésiter à perdre, sans regret, une quantité significative de résine lors de la mise en service d'une cartouche neuve. Dans tous les cas, il vaut mieux perdre un peu trop de résine que découvrir un échantillon témoin à moitié durci. L'échantillon témoin est prélevé avant le début d'injection pour s'assurer que la résine, qui se trouve au fond du premier trou, a bien durci. On peut déposer cet échantillon à proximité de la première broche scellée* (fig. 183) *ou l'emporter dans une petite boîte répertoriée, ce qui permet de vérifier l'état de la résine dès la sortie du canyon.*

Fig. 183



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Attention : *les cartouches Hilti sont fragiles et délicates à utiliser. Tant qu'elles ne sont pas en place dans le porte-cartouche* (fig. 184)*, elles risquent de s'écraser, de se percer, ou de se désolidariser de leur socle porte-canule en plastique dur, ce qui risque de provoquer ensuite des fuites. Il faut donc les manipuler avec précaution en prenant soin de maintenir* (fig. 185) *les deux poches. De plus, de part leur conception, le risque de fuite est plus important qu'avec les cartouches rigides.*
Si on doit partir en canyon avec plusieurs cartouches hilti le mieux est de se munir de plusieurs portes cartouches (dans la mesure ou il est possible de les acheter au détail) et de les transporter chacune dans son porte cartouche.

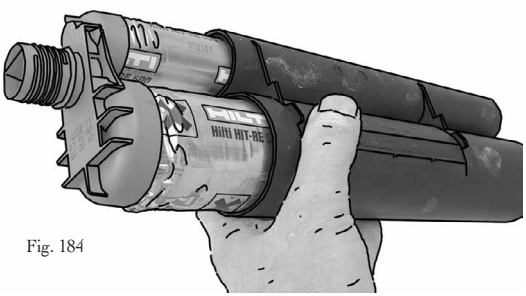


Fig. 184

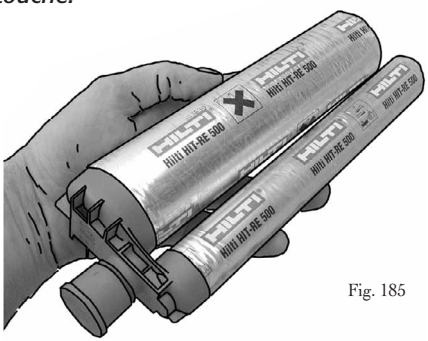


Fig. 185

Si l'une des poches venait à se désolidariser (fig. 186) avant d'être utilisée, la cartouche n'est pas inutilisable pour autant. Mais il faut impérativement la recoller sur son socle en plastique afin de refaire l'étanchéité de la cartouche avec le socle, en espérant qu'il n'y ait pas de fuite de résine...

Fig. 186

Attention : *sur le système de cartouche Hilti, pour dévisser une canule d'injection usagée ou un bouchon (souvent plus ou moins coincé), il faut la placer et la maintenir appuyée dans son porte-cartouche rigide faute de quoi, on risque fort de désolidariser les poches souples de leur socle rigide.*

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Utilisation d'une cartouche entamée

Vérifier tout d'abord que la date limite d'utilisation n'est pas dépassée. C'est important si la cartouche a déjà été utilisée car, une fois entamée, elle se conserve moins longtemps qu'une cartouche neuve et il faut la passer rapidement. Plus le laps de temps qui sépare de la dernière utilisation est éloigné, plus il faut être vigilant, surtout avec les cartouches de type époxyacrylate, notamment en doubles poches souples.

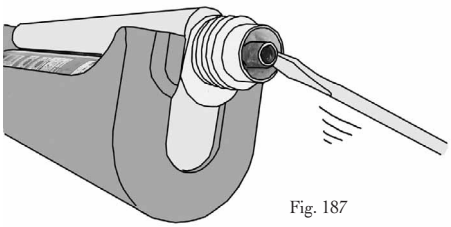


Fig. 187

Nettoyer méticuleusement la sortie de la cartouche (fig. 187) avec une lame fine (un petit tournevis plat convient parfaitement) et s'assurer (cette fois c'est vraiment indispensable) que les deux produits sortent facilement et sans encombre avant de visser la buse de malaxage.

La plupart du temps, tout se passe bien et la cartouche peut reprendre du service. Toutefois, il faut à nouveau rééquilibrer la pression des deux contenants (peut-être parce qu'une partie des produits est volatil) et, comme cela se produit fréquemment lors de la première utilisation, l'un des produits peut sortir en premier avant que l'autre (le durcisseur) ne se présente.
Il se peut aussi, qu'une partie de la résine située à proximité de l'embout, ayant été, en contact avec l'air lors du retrait de la canule, ait durci et forme un bouchon qui obstrue partiellement ou complètement la sortie des produits. Cela arrive fréquemment si on n'a pas pris le soin de bien nettoyer l'embout avant de mettre le bouchon, lors de l'utilisation précédente. Or si l'un des produits a du mal à sortir, la cartouche ne fonctionnera pas correctement et le mélange sera mauvais. Le nettoyage est parfois délicat car nécessitant des essais de mise en pression successifs pour chasser les grumeaux de résine durcie qui pourraient obstruer la canule d'injection. Le gaspillage est alors inévitable. Dans les pires cas, une partie des solvants contenue dans les produits s'est en plus, évaporé (cartouche stockée au chaud ou au soleil) et la résine n'a plus la fluidité requise pour que le mélange puisse se faire dans de bonnes conditions. Aussi, lorsque la gâchette du pistolet devient trop dure à manoeuvrer, inutile d'insister davantage ; de plus, on risque de faire sortir le produit sur les cotés des pistons ; il faut réformer la cartouche sans état d'âme.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Remplissage du trou

L'introduction de la résine (fig. 188) s'effectue en prenant bien soin de commencer par le fond du trou (en ressortant progressivement) pour ne pas emprisonner d'air et chasser l'eau qui pourrait encore se trouver au fond. Le retrait progressif de la canule demande un peu de doigté pour être synchronisé avec l'extrusion de la résine. Si la canule est retirée trop hâtivement, le remplissage au fond du trou sera incomplet et on risque d'emprisonner de l'air en plaçant la broche ou d'avoir un mauvais enrobage de la tige. Si la canule n'est pas retirée assez vite, la résine déborde sur le coté autour de la canule ; il faudra la nettoyer mais surtout, l'air aura du mal à sortir, il n'est plus possible ensuite d'évaluer de visu le remplissage du trou.

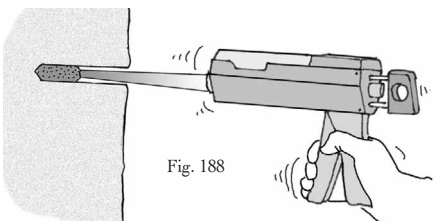


Fig. 188

Dosage

En principe, 6 ou 7 ml de résine suffisent pour sceller une broche de 10 x 80 mm dans un trou de diamètre 12 mm ajusté en profondeur. Toutefois, au début, on a souvent tendance à avoir la main un peu lourde car d'une part, on a du mal à se faire une idée de la quantité de résine utile ; il n'est pas toujours évident non plus de voir ni d'évaluer avec précision la quantité de résine injectée. D'autre part, on aime avoir l'assurance que le trou est correctement rempli en voyant ressortir la résine (fig. 189) une fois la broche introduite complètement quitte à surdoser un peu. Il est vrai que cela évite aussi, dans le doute, d'avoir à retirer la broche pour remettre de la résine, avec le risque d'emprisonner à ce moment là de l'air dans le fond du trou. Cet air sera ensuite délicat à expulser sans générer un gaspillage important de résine. Pour doser la quantité de résine, on peut surveiller le remplissage du trou. Il suffit que celle-çi occupe la moitié du trou pour que la dose soit largement suffisante. Cela dit, ce n'est pas toujours si simple car certaines canules d'injection de forme cônique, une fois introduites dans le trou, ont une section presque aussi grosse que celle du trou (fig. 190) et il n'est plus possible de voir à l'intérieur ce qui s'y passe tant que l'on n'a pas commencé à injecter la résine et fait reculer la canule.

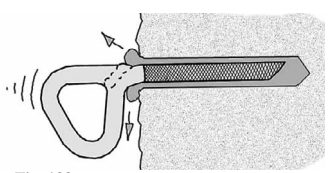
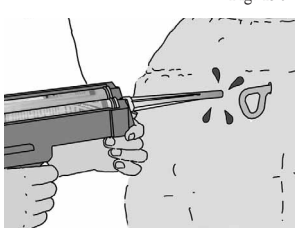


Fig. 189

Fig. 190

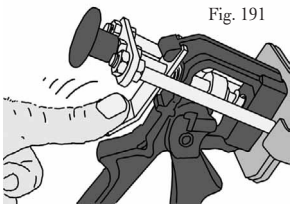


Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Dans tous les cas, la visibilité est réduite et quand on finit par apercevoir la résine, c'est qu'il est grand temps d'interrompre le remplissage faute de quoi, la dose risque d'être vraiment trop importante.

Remarque : *Une fois le remplissage des trous terminé, prendre la précaution de décomprimer la cartouche en désamorçant le piston du pistolet* (fig. 191)*. Cela évite qu'une partie de la résine continue à sortir.*

Fig. 191



Pour éviter de gaspiller trop de résine, on peut aussi doser le volume en se familiarisant avec le pistolet. Chaque pression sur la gâchette (fig. 192) extrude un volume de résine bien précis (entre 5 et 10 ml) ; cette information figure parfois sur le cahier des charges du fabricant dans la mesure où on utilise le pistolet d'origine (exemple : le pistolet Hilti extrude 8 ml de résine à chaque pression complète) ; à défaut, on peut soit se renseigner auprès du fabricant lors de l'achat ou tout simplement se faire la main lors des premiers scellements. Par la suite, si on utilise fréquemment le même matériel, le dosage, avec l'habitude, n'en devient que plus précis. Eviter de tenir le pistolet fermement ; certaines résines plus épaisses que d'autres (comme la résine Sika), ont tendance à chasser le pistolet en même temps que le trou se remplit; c'est bien pratique.

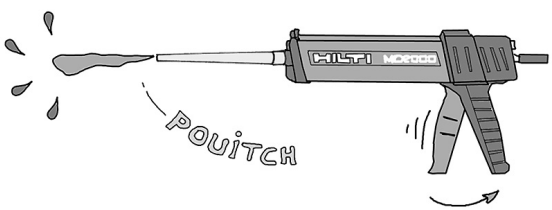


Fig. 192

Fig. 193

Avec les cartouches munies d'un système de poussoir à vis, il est facile d'étalonner le dosage. Pour les petites cartouches à vis Fischer de 100 ml (fig. 193) par exemple, l'appréciation de la quantité du produit extrudé est simple puisqu'un tour de manchon à visser extrude environ 5,5 ml de résine.

A noter également que certaines cartouches (Berner, Wurth, Batifix, Fischer) comportent sur le coté, une partie transparente graduée (fig. 194) qui permet de suivre la progression du piston. Toutefois, n'espérez pas doser le remplissage du trou par ce biais surtout pour le scellement d'une broche ; la quantité de résine utile est trop petite ; tout au plus, cela permet d'apprécier précisément la quantité de résine qu'il reste dans la cartouche car on peut également distinguer l'épaisseur exacte du piston.

Fig. 194

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Lorsque, au bout d'un certain temps d'inutilisation, la résine commence à durcir dans la canule, inutile de forcer sur le pistolet, on risque d'endommager le matériel. De toute façon, le produit n'est plus apte pour le scellement et on n'aura pas le temps de placer la broche. D'où une perte équivalente de deux à quatre broches suivant le modèle (une canule de malaxage contient 10 à 20 ml de résine, les canules de cartouche 100% époxy sont en général les plus volumineuses).

Cela dit, hormis le fait que la canule et la résine qu'elle contient sont à chaque fois irrémédiablement perdues, le fait de laisser la résine durcir dans la canule, notamment en fin de séance, n'est pas problématique. Les cartouches disposent d'une languette qui sépare les deux produits et évite qu'elles soit bouchées par la polymérisation de la résine. Canule et résine durcie forment un bouchon (plutôt encombrant tout de même) qui ferme hermétiquement la cartouche jusqu'à la prochaine utilisation. On évite ainsi d'éventer la résine le temps de remplacer la canule par un bouchon d'obturation et surtout, on évite qu'une petite partie de produit en contact avec le bouchon ne se mélange au cours du vissage/dévissage des éléments amovibles et ne bloque ultérieurement la sortie de la cartouche ou le filetage du bouchon. C'est sérieux car un bouchon bloqué par de la résine peu devenir impossible à ouvrir à la main et il faut parfois avoir recours à une pince pour le débloquer.

De plus, certaines cartouches sont constituées de deux parties emboîtées (fig. 195). Si le bouchon est vraiment coincé, inutile de bloquer la cartouche en la maintenant à pleines mains par l'enveloppe extérieure ; les deux parties de la cartouche vont se désolidariser et le bouchon accompagne le mouvement de rotation au risque de déchirer la double poche en plastique souple qui se trouve à l'intérieur. Il faut dans ce cas bloquer la partie haute de la cartouche sous le bouchon au moyen d'une grosse pince multiprise pour la maintenir.
Pour les mêmes raisons, lorsqu'on remplace la canule d'injection par un bouchon à vis, en vue de la stocker, il est impératif de nettoyer méticuleusement l'embout de la cartouche avec un chiffon pour retirer toute la résine qui se trouve à la sortie de la cartouche.

Fig. 195

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Mise en place de la broche

Utilisation d'une résine en cartouche

A l'issue du remplissage, la broche est introduite dans le trou en effectuant un mouvement de rotation (fig. 196) afin de chasser l'air et en évitant les mouvements latéraux afin de répartir harmonieusement la résine autour de la broche. S'il s'agit de la deuxième broche d'un relais solidarisé par une chaîne dont le mouvement de rotation est limité, il convient d'être encore plus méticuleux.
En général, les broches se mettent en place à la main assez facilement et il est exceptionnel de devoir utiliser un marteau pour finir de les plaquer contre le rocher.

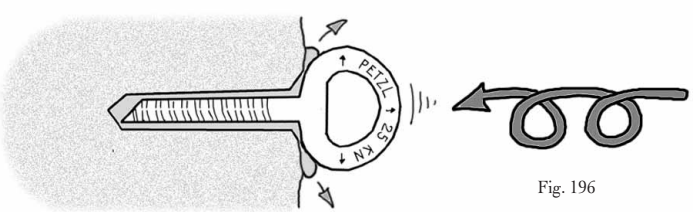


Fig. 196

Si, exceptionnellement, on doit retirer une broche (pour remettre de la résine par exemple), il vaut mieux l'essuyer avec un chiffon et remplir à nouveau le trou en recommençant par le fond ; le gaspillage est important mais on a l'assurance de ne pas avoir emprisonné une bulle d'air. Avec les broches Collinox ou Batinox dont les empreintes sont très marquées, on peut préalablement (fig. 197)garnir du bout du doigt les parties creuses avec de la résine. On aura ainsi l'assurance que la tige sera parfaitement enrobée. Attention toutefois à réduire d'autant le remplissage du trou et à ne pas occasionner une surépaisseur de résine sur la tige pour permettre à l'air de ressortir en même temps que la broche pénètre la résine. Il ne s'agit pas d'enduire la tige de la broche mais uniquement de boucher les parties creuses. A noter que le contact des résines avec la peau est à éviter. Utiliser autant que possible, des gants de protection.

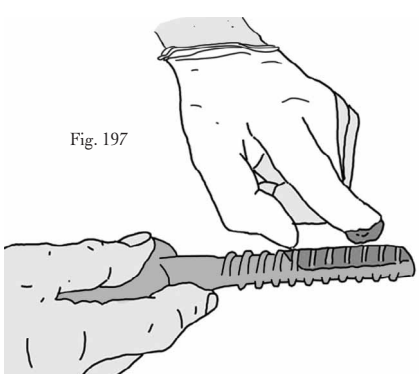


Fig. 197

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Une fois la broche en place, la résine doit légèrement refluer vers l'extérieur ce qui permet de vérifier que le remplissage est complet. Essuyer minutieusement l'excédent de résine autour de la broche, avec le bout d'un doigt (fig. 198). Ce surplus peut ensuite être utilisé pour garnir (fig. 197) les parties creuses de la broche suivante. À noter que l'utilisation de l'excédent de résine pour bloquer le filetage des maillons a` vis utilisés pour la confection des relais (fig. 199) en vue d'empêcher leur démontage malveillant est illusoire car les résines sont cassantes et faciles à briser.

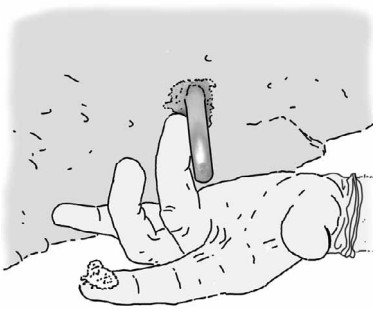


Fig. 198

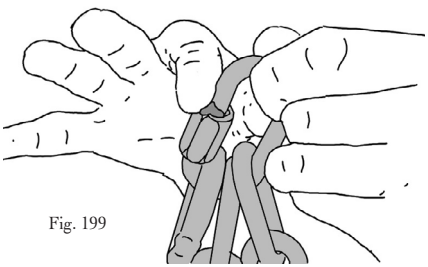


Fig. 199

UTILISATION DES RÉSINES EN AMPOULES

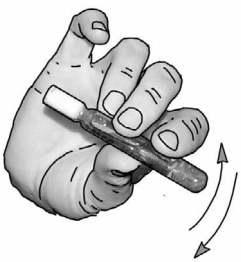
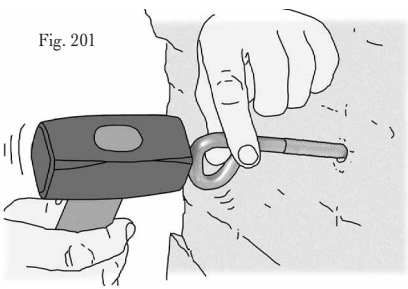


Fig. 200

Avant d'utiliser une ampoule, on commence par vérifier que la résine est bien visqueuse en l'inclinant (fig. 200) et que le durcisseur n'a pas migré à l'extérieur de son enveloppe. Par temps froid le fait de la réchauffer améliore la fluidité de la résine. Avec les ampoules munies de grains de quartz, on vérifie qu'ils ne se trouvent pas agglutinés au bout de l'ampoule car ils risquent de bloquer la broche sur le dernier centimètre. Et enfin , avant d'introduire l'ampoule, il faut s'assurer que la bulle d'air est positionnée, au mieux, vers l'extérieur du trou. Une fois en place dans le trou, il suffit d'introduire la broche d'un petit coup de marteau (fig. 201) pour briser l'ampoule. Dès que l'ampoule est brisée, il ne faut pas s'attarder car la résine a tendance à couler plus ou moins hors du trou en fonction de son inclinaison et Il faut rapidement procéder au mélange des produits.

Fig. 201



Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

La consistance de la résine, bien que mielleuse au départ, une fois mélangée aux débris de verre et au durcisseur en poudre est ensuite moins liquide. Elle est un peu moins agréable à travailler comparativement aux résines vinylester en cartouches plus fluides ou aux résines 100% époxy totalement dépourvues de grains et qui ont un peu la consistance du Nutella (en beaucoup moins bon). Les grains de quartz ou de silice contenus dans certaines ampoules (fig. 203) occasionnent une gêne supplémentaire .

Avec les ampoules polyvalentes (fig. 204), dépourvues de grain de quartz, il est possible de placer la plupart des broches biseautées à la main. Tout au plus, un ou deux coups de marteau sont parfois utiles, à la fin, pour plaquer parfaitement la broche contre la paroi.

Fig. 202

Avec les ampoules contenant des grains de quartz, c'est tout de même moins commode et la plupart des broches doivent être accompagnées de coups de marteau durant toute la phase de mise en place. Inutile de la frapper violemment d'emblée ; il vaut mieux enchaîner les mouvements de rotation (fig. 202) et de frappe pour répartir les débris solides autour de la tige et être sûr d'enfoncer la broche complètement.

Indépendamment du fait que le mouvement de rotation permet à la broche de s'enfoncer plus facilement dans la résine grâce à sa tige biseautée, ce mouvement de rotation est aussi primordial avec les ampoules "à tourner" (fig. 205) car il est nécessaire pour assurer le mélange des produits (10 tours complets sont un minimum). Rappelons que ce type d'ampoule n'est pas compatible avec les broches dont le mouvement de rotation est entravé (relais pré-monté) ou ceux en forme de U.

Fig. 204

Fig. 203

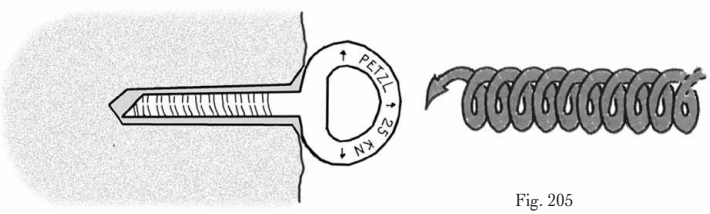


Fig. 205

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

A noter, toujours dans le cas d'utilisation d'ampoule "à tourner," que dans un trou de diamètre 12 mm les broches Raumer, à défaut de pose au perforateur, sont les plus difficiles à placer à la main et une massette lourde (2Kg) est souvent indispensable. Par contre, les broches Collinox qui disposent d'ailettes en formes hélicoïdales (fig. 206) sont bien plus faciles à installer ; elles se vissent à la main quel que soit le type de résine employé. Dans tous les cas de figure, avec les ampoules comportant des grains de quartz, prendre le soin de frapper la broche pour avoir l'assurance qu'elle plaque bien contre la paroi. Une fois en place, une partie de la résine doit refluer vers l'extérieur. De part sa consistance, l'excédent de résine qui se trouve à l'extérieur est inutilisable.

Fig. 206

Attention, à force de tourner la broche à la main en lui donnant des coups de marteau, on multiplie d'autant le risque de se taper sur les doigts.... Contrairement à ce que certains pensent, cela n'arrive pas qu'aux autres et toujours plus vite qu'on ne l'imagine. Les équipeurs maladroits ou fatigués qui ne veulent pas prendre ce risque, n'ont qu'à lacher la broche avant chaque coup de marteau (fig. 207). Concernant les broches batinox et collinox on peut également préciser que le crénelage hélicoïdal peut s'avèrer extrèmement utile lorsqu'il est nécéssaire de retirer la broche, car avec un bras de levier important, on finit par la dévisser.

Fig. 207

Remarque : *il se peut, avec les résines comportant des grains de quartz, que l'on ne parvienne pas à enfoncer la broche complètement durant le laps de temps où il est encore possible de la manipuler (le cas de figure est néanmoins très rare). Lorsque cela se produit, inutile d'insister trop longtemps à force de faire tourner la broche. En même temps que la résine polymérise, elle finit par perdre de sa cohésion et ne pourra plus être fiable. Il vaut mieux carrément retirer la broche* (fig. 208)*, laisser durcir les traces de résine dans le trou, puis rechambrer ce trou au moyen du perforateur, quitte à l'approfondir de quelques millimètres. On peut ensuite sceller une nouvelle broche.*

Fig. 208

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Précautions

Durant la phase de polymérisation et avant de quitter les lieux, vérifier que les broches n'ont pas bougées malencontreusement par inadvertance (passage à proximité, contact avec une corde qui se tend lors du rappel, etc). S'assurer également qu'elles n'ont pas bougées sous l'effet de la pesanteur lorsque le trou est incliné vers le bas, lorsque la broche est positionnée sur une paroi surplombante (fig. 209) ou encore lorsqu'une broche asymétrique est positionnée à l'horizontale. Les broches Batinox, de part leur poids plus important, sont davantage concernées.

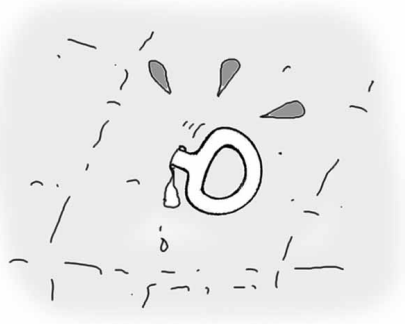


Fig. 209

Les résines en ampoules comportant des grains de quartz ont l'avantage de coincer les broches dans le trou, si bien qu'une fois enfoncées à grands coups de marteau, elles ne bougent plus. Les résines en doubles cartouches testées dans le cahier n°11 sont toutes thixotropes (ne coulent pas) ; c'est bien commode pour le scellement dans les trous inclinés vers le bas qui, en plus, ont l'avantage de ne pas se remplir d'eau au moment du forage. Par temps chaud, les résines 100% époxy, notamment plus "élastiques" que les résines vinylester, ont parfois tendance à rejeter légèrement la broche vers l'extérieur du trou. Ce phénomène de rejet peut aussi se produire lorsqu'on a emprisonné une bulle d'air mais, dans ce cas, le problème est différent. Il faut donc parfois maintenir les broches en place quelques instants le temps que la polymérisation s'opère. Tant que le délai de manipulation n'est pas dépassé, il est encore temps de les repositionner.

Astuce : *Il est possible d'immobiliser une broche en la coinçant avec des allumettes placées de part et d'autre de la tige* (fig. 210)*. On peut également utiliser des clous ou des cures dents.*

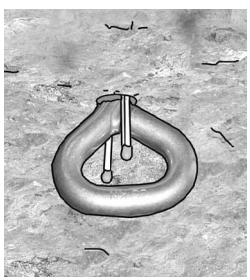


Fig. 210

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

A noter également que les berlingots de résine Hilti sont d'une part plus pratiques dans la mesure où ils ne craignent pas les chocs ou les chutes malencontreuses au sol et par le fait qu'ils sont pourvus de languettes (fig. 211) leur permettant de se bloquer automatiquement dans les trous même en position plafond. Cela permet d'avoir les mains libres pour la mise en place de la broche, contrairement (fig. 212) aux ampoules en verre qu'il faut maintenir (fig. 213) jusqu'à l'introduction de la broche.

languettes

Fig. 211

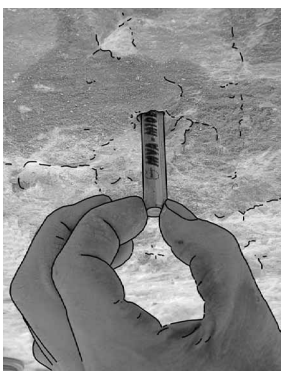


Fig. 212

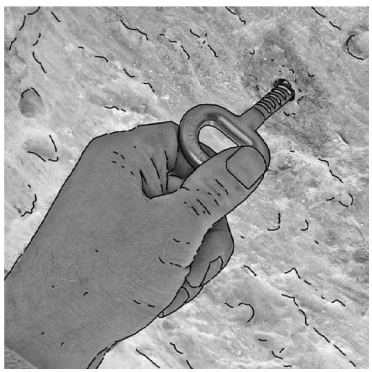
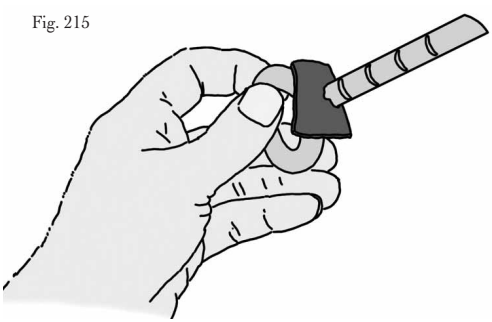


Fig. 213

Concernant le risque de fuite de résine, il est surtout présent au moment où l'on brise l'ampoule et dans la mesure où le trou est incliné vers le bas. Les ampoules dont le durcisseur est réparti sur tout leur pourtour (fig. 214) ne posent pas trop de problèmes car, une fois mélangée, la résine n'est plus vraiment liquide. Avec les autres modèles d'ampoule par contre, le risque de fuite peut se produire si l'orientation du trou est vraiment très inclinée, ce qui est plutôt rare pour les équipements en canyon. Si le cas se présente, on peut anticiper le problème en intercalant une rondelle de chambre à air (éventuellement rigidifiée par une rondelle de plastique dur) qui sera maintenue plaquée contre la paroi en même temps que l'on enfonce la broche (fig. 215).

Fig. 214

Fig. 215

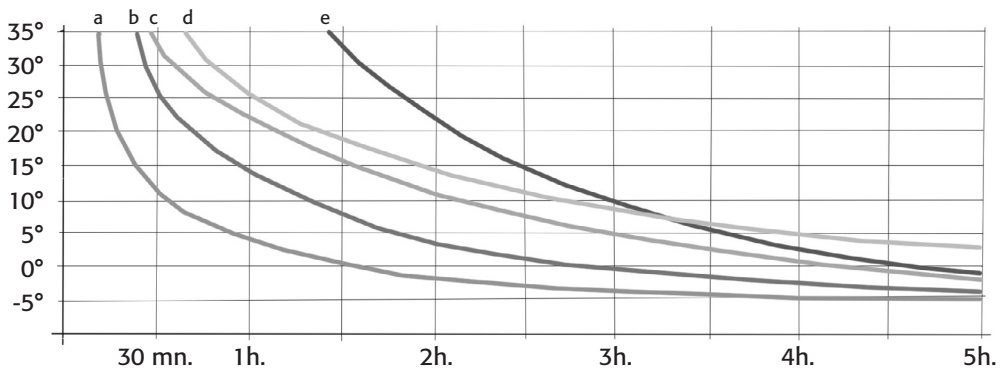


Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

DELAIS D'ATTENTE

Tous les scellements chimiques nécessitent un temps d'attente plus ou moins long suivant la température ambiante pour que la résine puisse durcir en masse et soit suffisamment résistante avant que les broches soient utilisables. C'est une contrainte supplémentaire propre à ce mode d'ancrage. Attention, ce délai d'utilisation, correspond au délai minimum pour que la résine puisse supporter la charge d'utilisation. Le durcissement complet de la résine nécessite parfois beaucoup plus de temps et il n'est pas forcément indiqué sur le produit ; c'est le cas notamment avec les résines 100% époxy. De même, le délai avant utilisation de deux produits de même nature peut varier notablement d'une marque à l'autre.

Délais moyens d'utilisation des scellements en fonction du type de résine (visualisation schématique)
a : amp. polyester et époxy **b** : cart. époxyacrylate **c** : cart. méthacrylate **d** : cart. polyester **e** : cart. 100% époxy



Aussi, même si ce délai peut paraître court par temps chaud, il vaut mieux par prudence s'accorder une marge supplémentaire et ne pas utiliser les broches le jour de leur pose. En général, la pose de scellement s'effectuant sur des sites déjà équipés, la progression se fait avec le matériel en place. Pour éviter qu'ils ne soient utilisés par une équipe suivante engagée le même jour, prévoir pour chaque broche ou relais, un étiquetage (fig. 216) approprié stipulant la date d'utilisation possible (carré de toile enduite de PVC avec inscription au feutre indélébile à retirer ultérieurement pour les relais exposés aux embruns ou étiquetage biodégradable dans les autres cas).

Fig. 216

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Exemple de délai d'installation et d'attente avant utilisation des principales résines testées dans cet ouvrage

cartouche RE 500 Hilti

temp.	installation	utilisation
40°	12 min.	4 h.
30°	20 min.	8 h.
20°	30 min.	12 h.
10°	2 h.	24 h.
0°	3 h.	50 h.
-5°	4 h.	72 h.

cartouche Spit Epcon C8
pure époxy

temp.	installation	utilisation
40°	5 min.	6 h.
30°	8 min.	8 h.
20°	14 min.	12 h.
10°	20 min.	23 h.
5°	26 min.	26 h.

cartouche Spit Epcon C6
pure époxy (support humide)

temp.	installation	utilisation
32°	5 min.	24 h.
21°	7 min.	24 h.
16°	10 min.	24 h.
10°	20 min.	36 h.
4°	45 min.	48 h.

cartouche Sikadur scellement

temp.	installation	utilisation
32°	3 min.	90 min.
20°	5 min.	2 h.
10°	15 min.	3 h.
2°	23 min.	5 h.

cartouche 100° époxy Batifix

temp.	installation	utilisation
15°	12 min.	5 h.
10°	15 min.	6 h.30
5°	30 min.	8 h.

cart. époxy-acrylate MIT-COOL

temp.	installation	utilisation
11 à 20°	3 min.	30 min.
6 à 10°	8 min.	60 min.
1 à 5°	11 min.	120 min.
-4 à 0°	16 min.	180 min.
-9 à -5°	35 min.	12 h.
-18 à-10°	115 min.	24 h.

cart. Epoxy-acrylate Mungo

temp.	installation	utilisation
26-30°	2 min.	23 min.
26-30°	3 min.	27 min.
21-25°	4 min.	32 min.
16-20°	5 min.	40 min.
11-15°	7 min.	50 min.
6-10°	11min.	65 min.
0-5°	18 min.	90 min.

cartouche méthacrylate Pascal/MKT

temp.	installation	utilisation
35°	3 min.	30 min.
30°	4 min.	45 min.
20°	6 min.	1 h.
5°	20 min.	3 h.

cartouche époxy-acrylate Berner

temp.	installation	utilisation
35°	2 min.	40 min.
30°	4 min.	50 min.
20°	6 min.	60 min.
10°	12 min.	90 min.
5°	20 min.	150 min.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

cartouche époxy-acrylate Pascal/MKT

temp.	installation	utilisation
30°	3 min.	25 min.
20°	4 min.	45 min.
10°	10 min.	1,3 h.
5°	12 min.	1,5 h.

cartouche epomax Spit

temp.	installation	utilisation
40°	1 min.	60 min.
30°	3 min.	70 min.
20°	6 min.	80 min.
10°	11 min.	2 h.
5°	17 min.	4 h.
0°	22 min.	7 h.

cartouche époxy-acrylate Batifix

temp.	installation	utilisation
30°	2 min.	15 min.
20°	4 min.	20 min.
5°	20 min.	50 min.

cartouche FIS V 360 S (méthacrylate)

temp.	installation	utilisation
30°	6 min.	30 min.
20°	10 min.	60 min.
10°	20 min.	2 h.
5°	30 min.	3 h.
0°	40 min.	6 h.

cartouche ester-méthacrylate Wurth

temp.	installation	utilisation
30°	3 min.	25 min.
20°	7 min.	50 min.
10°	22 min.	150 min.
5°	30 min.	200 min.

cartouche époxy-acrylate Wurth

temp.	installation	utilisation
30°	3 min.	20 min.
25°	5 min.	30 min.
15°	10 min.	60 min.
5°	20 min.	120 min.

cartouche polyester Mungo

temp.	installation	utilisation
31-35°	2 min.	20 min.
26-30°	3 min.	25 min.
21-25°	4 min.	30 min.
16-20°	6 min.	40 min.
11-15°	8 min.	60 min.
5-10°	12 min.	80 min.

cartouche polyester Batifix

temp.	installation	utilisation
30°	3 min.	25 min.
20°	6 min.	45 min.
5°	20 min.	120 min.

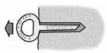
cartouche HY 150 Hilti

temp.	installation	utilisation
40°	2 min.	30 min.
30°	4 min.	40 min.
20°	6 min.	50 min.
5°	25 min.	90 min.
0°	45 min.	3 h.
-5°	90 min.	6 h.

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

ampoule Spit Maxima
(support humide)

25°	40mn.
20°	60 mn.
10°	2 h.
0°	10 h.



temp. utilisation

ampoule polyester à tourner Pascal/MKT

+ 20°	10 min.
10 à 20°	20 min.
0 à 10°	1 h.

temp. utilisation

ampoule à tourner époxy-acrylate Fischer

20°	20 min.
10°	30 min.
0°	1h.
-5°	5 h.

temp. utilisation

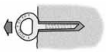
ampoule époxy à frapper Fischer

+ de 20°	20 min.
10° à 20°	30 min.
0° à 10°	1h.
-5° à 0°	5 h.

temp. utilisation

ampoule à frapper polyester Mungo

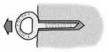
+ de 20°	1 h.
10 à 20°	2 h.
0 à 10°	5 h.
-5 à 0°	10 h.



temp. utilisation

ampoule polyester à frapper Pascal/MKT

+ 20°	10 min.
10 à 20°	20 min.
0 à 10°	1h.
-5 à 0°	5 h.



temp. utilisation

ampoule MVA-E et MVA-P Mungo

+ de 20°	10 mn.
10 à 20°	20 mn.
0 à 10°	1 h.
-5 à 0°	5 h.

temp. utilisation

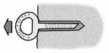
ampoule polyester Wurth

30°	10 min.
20°	20 min.
10°	1h.
0°	5 h.

temp. utilisation

ampoule à tourner polyester Berner

30°	10 min.
20°	20 min.
10°	1h.
0°	5 h.

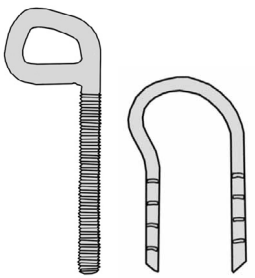


temp. utilisation

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

Les pièces à sceller

Parmi les pièces à sceller susceptibles d'être utilisées pour l'équipement permanent des canyons on retrouve principalement trois fabricants : Fixe, Raumer et Petzl.



FIXE 12x100 inox

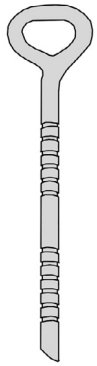
FIXE 10x70 inox

FIXE 12x 80 inox

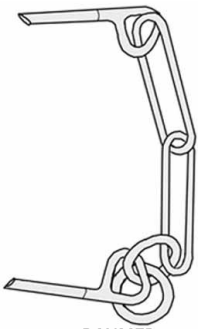
FIXE 10x80 inox nouveau modèle

FIXE 10x80 inox FIXE 10x80 inox

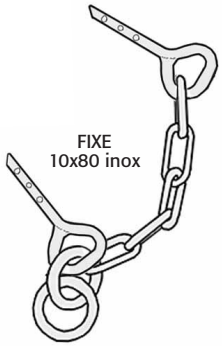
FIXE 10x80 inox



FIXE 10x150 inox

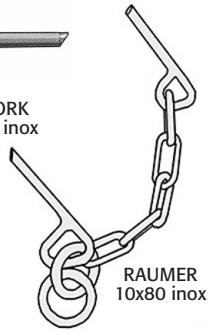


RAUMER 10x80 inox

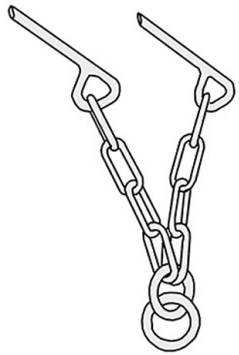


FIXE 10x80 inox

RAUMER FORK 10x80 à 120 inox



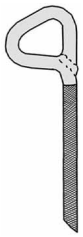
RAUMER 10x80 inox



RAUMER 10x80 inox

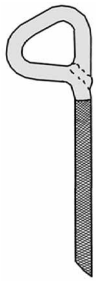
RAUMER 10x70 inox

RAUMER 10x80 inox

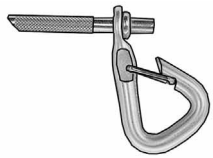


RAUMER 10x100 inox

RAUMER 12x100 inox



RAUMER 12x120 inox



RAUMER EUROPE inox

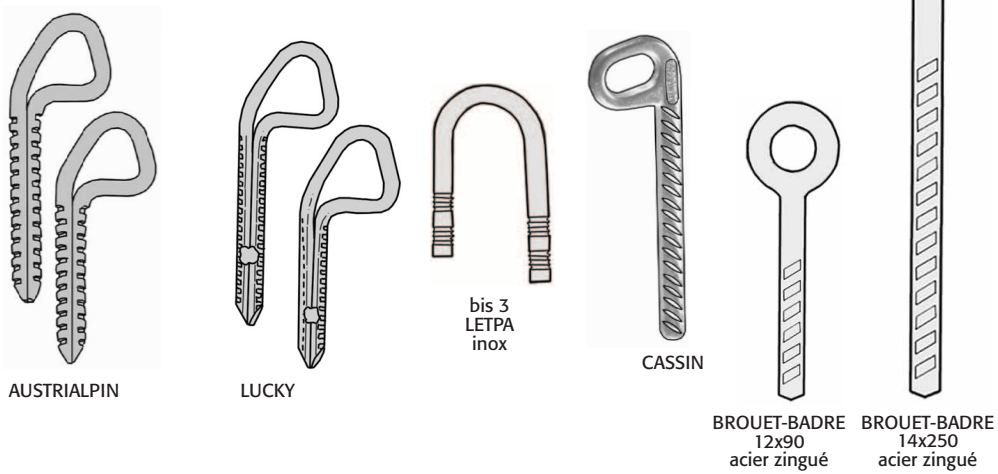
PETZL 14x100 inox

PETZL 10x70 inox

Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays

On peut également citer les marques Austrialpin et Lucky ainsi que les broches Brouet-Badré réalisées pour la FFME et les broches Bis toujours (à priori) disponibles sur commande auprès du Lycée d'Enseignement Technique et Professionnel d'Astier à Aubenas. Par ailleurs, l'intérêt du scellement chimique est qu'il ne se limite pas uniquement aux broches. Ce mode d'ancrage permet également :

- de sceller des douilles femelles et des tiges filetées permettant de boulonner ou de visser des plaquettes amovibles (fig. 217) ;
- de sceller, avec des boulons, toutes les plaquettes dépourvues de vis (fig. 218) ;
- de sceller toutes sortes de pièces métalliques dans le but d'un aménagement particulier (pose d'une jauge, pancarte, barreaux de sortie de réchappe etc).



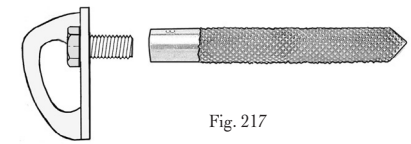
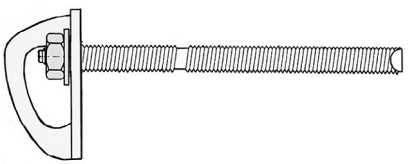


Fig. 217



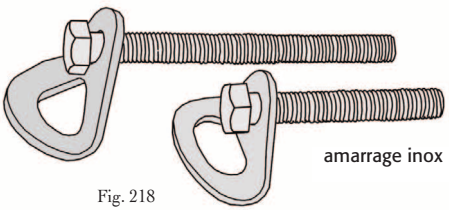
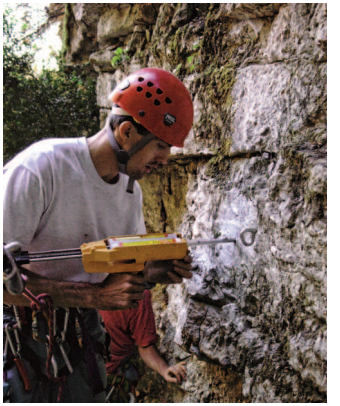


Fig. 218

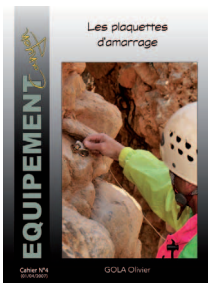
Copyright © GOLA Olivier
Tous droits de reproduction, traduction et adaptation, réservés pour tous pays



Cahier n°1

Cahier n°2

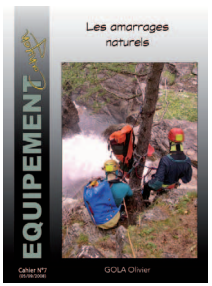
Cahier n°3



Cahier n°4

Cahier n°5

Cahier n°6



Cahier n°7

Cahier n°8

Cahier n°9

Cahier n°10

Cahier n°11

Cahier n°12

Liste des cahiers

Cahier n°1
Choisir le matériel d'équipement

Cahier n°2
Les ancrages mécaniques

Cahier n°3
Les scellements chimiques

Cahier n°4
Les plaquettes d'amarrage

Cahier n°5
Comportement des amarrages

Cahier n°6
Cordes et noeuds

Cahier n°7
Les amarrages naturels

Cahier n°8
Conception d'un amarrage

Cahier n°9
Equipement des sites

Cahier n°10
Les fournisseurs de matériel d'ancrage

Cahier n°11
402 tests de résistance de scellements chimiques

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

Bibliographie

- **Cahier de l'EFS n°11 :** Mémento équipement permanent de cavités en ancrages permanents (Gérard CAZES, Nicolas CLEMENT, Pierre Bernard LAUSSAC)

- **Technique de la spéléologie alpine** (MARBACH Georges)

- **Les amarrages en plafond** GET – FFS (Gérard CAZES, Nicolas CLEMENT, Pierre Bernard LAUSSAC)

- **Aménagement et équipement d'un site naturel d'escalade** Daniel TAIPIN, Jean Pierre VERDIER – COSIROC FFME

EQUIPEMENT Connect

Les scellements chimiques