

Les bisses et l'évolution de leur technique de construction

Lukas HÖGL

Traduction Bertrand DUBUIS

Evolution historique d'un ouvrage – évolution des techniques

Les systèmes d'irrigation de la région alpine ont une tradition très ancienne remontant peut-être jusqu'à l'époque romaine, voire au-delà. A ma connaissance, leur plus ancienne mention écrite concerne la Suisse orientale et date du VIII^e siècle. On ne peut dire aujourd'hui si des canaux d'irrigation remontant à cette époque sont conservés ou non. Leur construction a connu une apogée vers la fin du Moyen Age (XIV^e/XV^e s.) et nombre de bisses construits à l'époque sont encore en service de nos jours, après six siècles ou plus.

L'archéologue sait d'expérience qu'une construction aussi ancienne, et de plus continuellement utilisée, subit de nombreuses transformations. De certains bisses valaisans, on connaît ainsi d'importantes modifications de tracé, que ce soit par les sources historiques, ou par les traces existant encore dans le terrain. La plupart, sinon l'ensemble, des plus anciens de ces ouvrages ont aussi connu au cours du temps des modifications au niveau de certains détails de construction. Cela est particulièrement vrai pour leurs parties les plus techniques, les passages à flanc de rocher, dont il sera principalement question ci-après. Les réparations, de faible ampleur ou plus importantes, ont toujours été l'occasion de procéder à des améliorations. Un bisse ancien est donc rarement un ouvrage d'un seul jet; il montre bien, au contraire, diverses phases de construction et porte la marque d'une histoire individuelle.

Si, comme cela a notamment été le cas en Valais mais aussi dans d'autres régions, la construction et l'entretien des canalisations d'eau a été pendant longtemps une des tâches constructives importantes, le savoir-faire des constructeurs s'est amélioré, les techniques évoluant et se perfectionnant. Par ailleurs, les développements techniques qu'a connus l'ensemble de l'Europe, p. ex. l'amélioration et l'extension du traitement du fer ou l'introduction des techniques de minage ont été rapidement reprises et appliquées. L'ensemble des bisses mais aussi l'histoire individuelle de chacun d'entre eux reflètent ainsi le développement technique de la région.

Les bisses sont par conséquent des documents archéologiques exceptionnels. Considérés correctement et mis en parallèle avec les sources écrites, ils nous permettent d'accéder à de nouvelles connaissances sur l'histoire des techniques, domaine essentiel de l'histoire culturelle régionale. C'est ce que nous entendons illustrer par l'exemple de l'aqueduc de Sils im Domleschg (Grisons).

L'aqueduc de Sils i.D.

Le projet de construction de la route nationale N 13 dans la région de Sils/Thusis prévoyait la destruction partielle de l'aqueduc de Sils, déjà désaffecté à l'époque; le président de la commune de Sils, Rudolf Künzler, s'était toutefois engagé en faveur d'une documentation sur l'état des parties à détruire, soulignant l'importance de l'ouvrage sur le plan de l'histoire culturelle de la région. Le département des travaux publics du canton des Grisons attribua en 1982 à l'auteur un mandat de documentation en ce sens¹. Dans le cadre d'un projet de suivi de l'*Institut für Denkmalpflege* de l'EPF Zurich, cette étude a pu être étendue à l'ensemble de l'ouvrage².

La prise d'eau de l'aqueduc était installée sur le Rhin, en aval du «Verloren Loch». Pour qu'à la sortie de la gorge, l'amenée d'eau arrivât à l'altitude nécessaire à l'irrigation des prés et à l'exploitation d'une scierie à entraînement hydraulique, l'aqueduc dut être construit, sur un kilomètre environ, dans un terrain difficile, le long de la paroi de la gorge. Le passage le plus difficile techniquement était celui des dernières falaises, constituées de Bündnerschiefer très sujet à érosion, au lieu-dit «Gierner Crest» (fig. 1). C'est à cet endroit qu'en raison des diverses modifications constructives apportées avec le temps on peut le mieux observer l'évolution historique et technique de l'ouvrage.

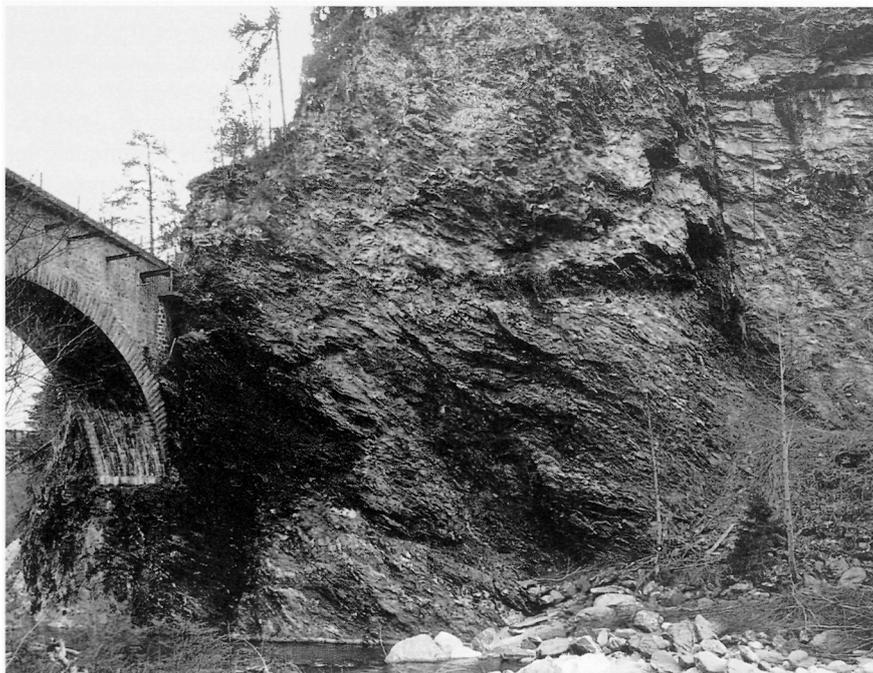


Fig. 1a – Partie nord de la falaise au lieu-dit «Gierner Crest» (état 1983). A gauche, pont de la route construit en 1868.

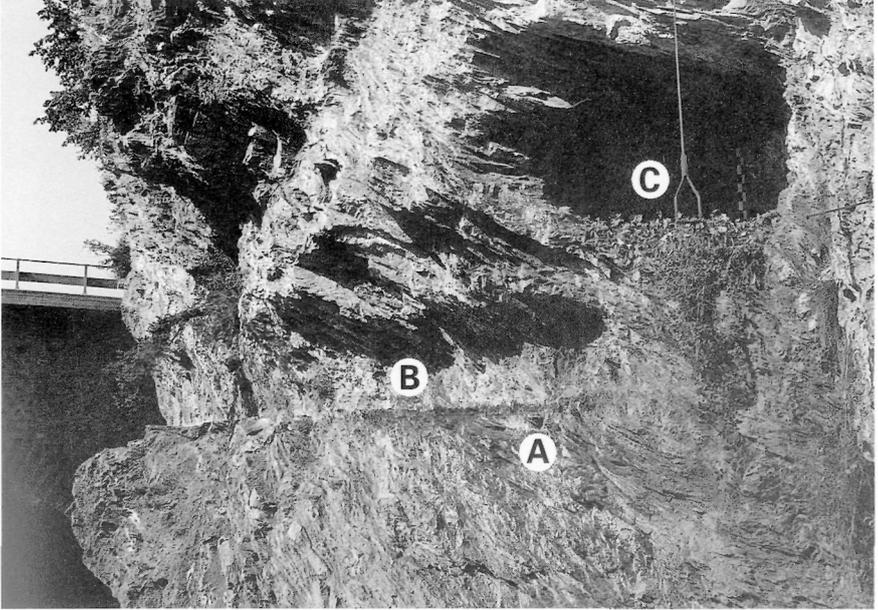


Fig. 1b – Détail de la falaise au «Gierner Crest» (état 1983). – A : trou pour console, indice de la phase de construction 1. – B: tracé de la phase de construction 2, miné et taillé dans le rocher. - C: entrée amont de la galerie de la phase de construction 4; en avant: suspension en fer du chenal d'amenée d'eau disparu.

1) La présence de quelques trous grands et profonds, creusés horizontalement dans le rocher, sont un indice de la présence d'une première canalisation boisée qui devait longer la falaise verticale, portée par des consoles simples³ (phase de construction 1, fig. 2,3). Sur un plateau, dans la partie supérieure du parcours, on discerne le bisse sous la forme d'un simple fossé creusé dans le matériau meuble, sans revêtement particulier.

Aucune datation n'est connue pour cette phase. Le recours à des consoles correspond à la technique utilisée pour un autre bisse dans la localité peu éloignée de Trin, cité en 1534, ainsi que pour les bisse suspendus du Valais, région d'où doit du reste provenir la technique de construction sur consoles. Il est donc parfaitement pensable que la construction de Sils date de l'époque médiévale encore.

2) Au cours d'une première étape de perfectionnement, un travail considérable a permis d'améliorer les passages à flanc de rocher: en quatre endroits au moins, une terrasse a été creusée dans le rocher, minée sur toute sa largeur, avec finition manuelle (fig. 4,5). On put ainsi rectifier le parcours du bisse, le chenal boisé reposant dès lors sur un replat artificiel aux endroits les plus exposés. Les parties intermédiaires du bisse étaient portées par des travées en bois (phase de construction 2, fig. 6,7).

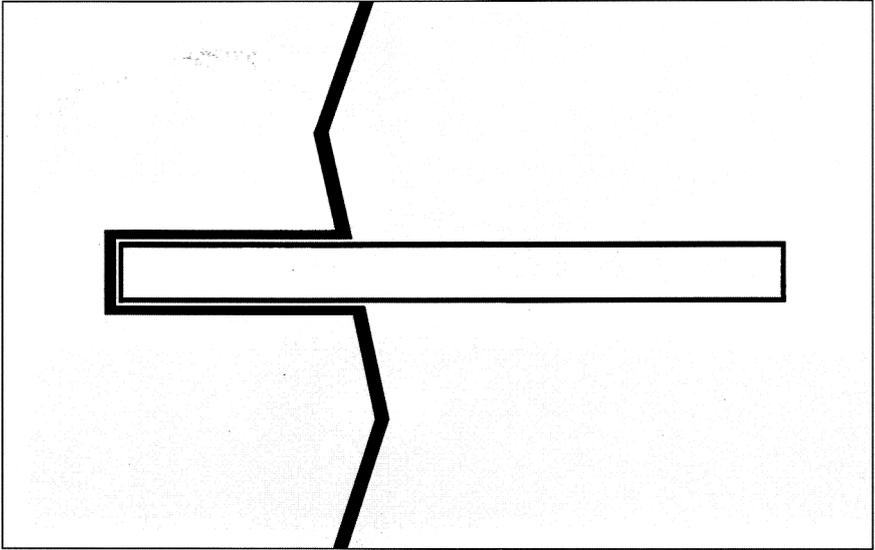


Fig. 2 – Schéma de console simple dans la phase de construction 1.

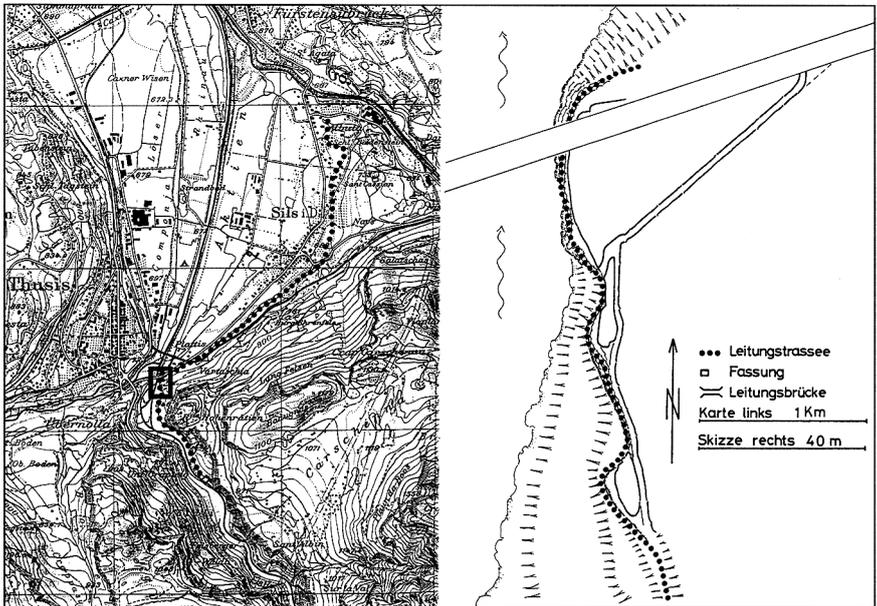


Fig. 3 – Tracé du canal dans la phase de construction 1. Vue d'ensemble à gauche et détail («Gierner Crest») à droite. Ici et dans les cartes suivantes, on présente, pour la partie inférieure, le tracé le plus récent du canal, car les traces plus anciennes font défaut. (Autorisation de reproduction par le Service fédéral de topographie le 29 août 1983).

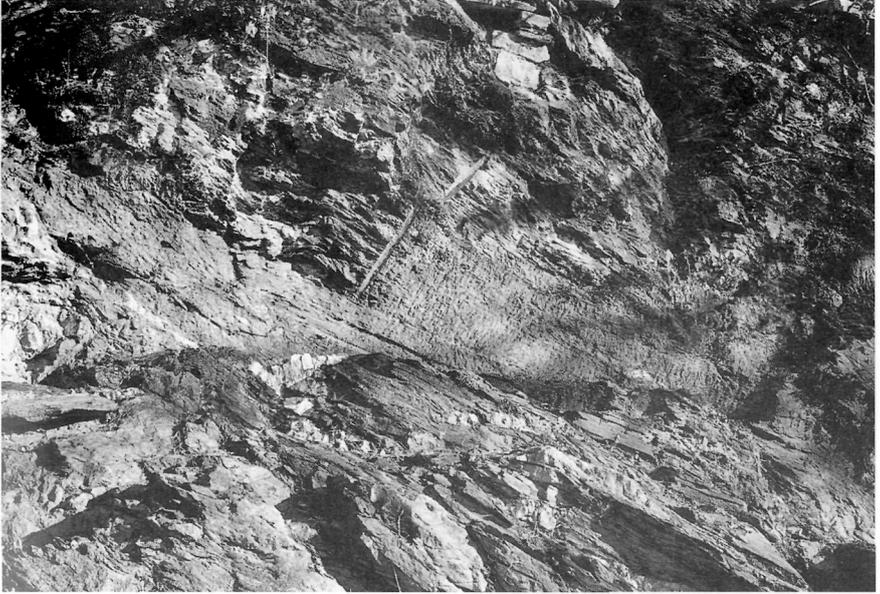


Fig. 4 – Phase de construction 2 : deux traces de minage autour desquelles la surface du rocher a été taillée à la main.

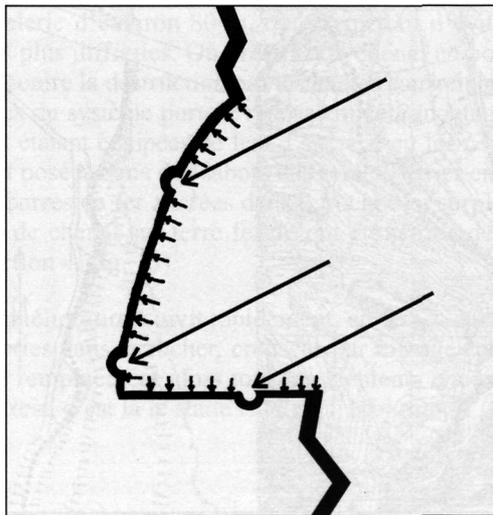


Fig. 5 – Schéma de terrasse creusée dans le rocher dans la phase de construction 2 : minage et taille à la main.

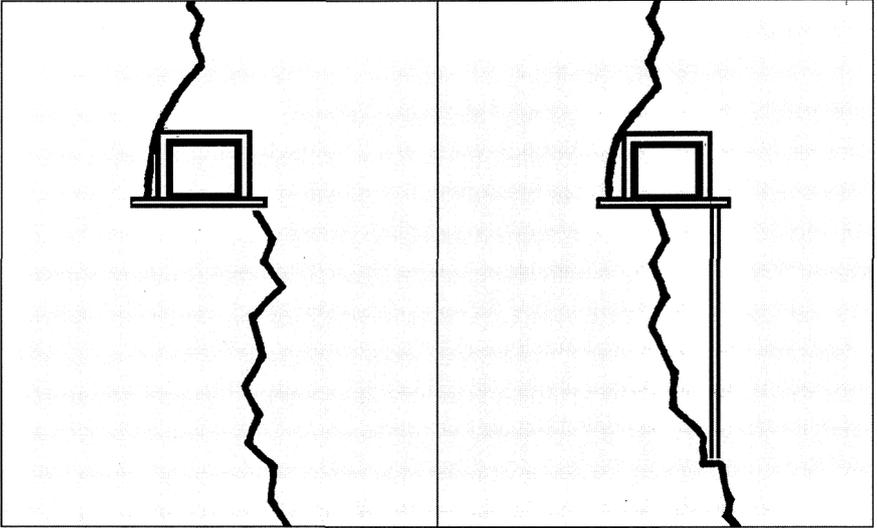


Fig. 6 – Schéma de deux manières de poser le canal sur une terrasse creusée dans le rocher dans la phase de construction 2.

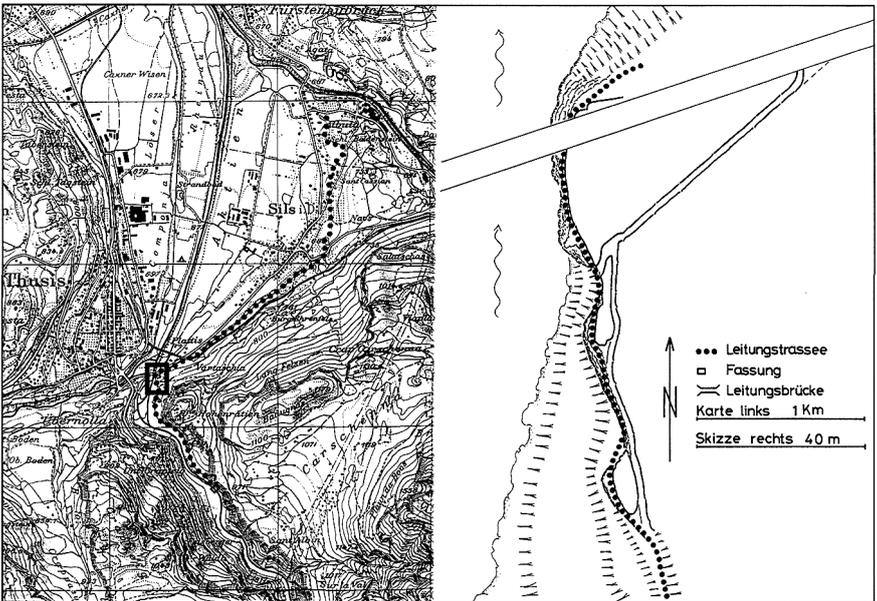


Fig. 7 – Tracé du canal dans la phase de construction 2. Vue d'ensemble à gauche et détail (« Gierner Crest ») à droite.

Les débuts de la technique de minage dans les Grisons remontent probablement au milieu ou à la fin du XVII^e s.⁴. Le fait qu'un important travail de façonnage manuel du rocher accompagne le minage du nouveau tracé de l'aqueduc de Sils peut indiquer qu'il s'agit d'un exemple de minage particulièrement précoce.

Dans un acte de vente de Sils datant de 1687, on cite un ancien et un nouveau fossé⁵. Cette mention la plus ancienne de l'aqueduc de Sils pourrait donc se rapporter (nouveau fossé) à la réfection de la phase 2.

3) On abandonna plus tard la partie de l'ouvrage sise dans la gorge même ; une montée des eaux dans le Rhin postérieur semble l'avoir entièrement détruite. Sur le côté nord du pont routier plus tardif, on observe dans la falaise du Gierner Crest les traces d'une pile de pont en bois (fig. 8) ; ce pont amenait l'eau du torrent de Nolla depuis Thusis, par dessus le Rhin, alimentant la partie inférieure de l'aqueduc, maintenue (phase de construction 3, fig. 10). On connaît en effet un accord temporaire du XIX^e s. entre les autorités de Thusis et de Sils concernant le prélèvement d'eau dans le torrent de Nolla.

Il semble que l'amenée d'eau du torrent de Nolla se soit faite dans des conduits en bois installés à cet effet le long des gorges de ce torrent. La solution retenue pour les supports a été celle de consoles (de manière analogue à la phase de construction 1). Les trous d'ancrage ont été creusés dans le rocher à l'aide d'une nouvelle méthode : des trous forés aux angles de la future alvéole facilitaient l'enlèvement de la roche entre eux (fig.9).

4) Certaines parties d'un projet de 1870⁶ nous sont connues, qui permettent de dater la phase suivante : l'amenée d'eau de la gorge du Rhin a été à cette occasion rétablie sous forme d'un ouvrage en grande partie, voire totalement refait à neuf. A cette fin, le tracé fut légèrement surélevé et le cœur de l'ouvrage consiste en une galerie d'environ 80 m, qui permettait d'éviter les passages à flanc de rocher les plus difficiles. On protégea le chenal en bois dans les autres passages rocheux contre la destruction par les hautes eaux en les suspendant : les poutres horizontales du système porteur reposaient côté montagne dans des trous creusés au burin et étaient équipées de fers d'ancrage en forme de crochets ; côté fleuve elles étaient posées dans des sabots en forme d'étrier en fer plat, pendant eux-mêmes à des barres en fer ancrées dans le rocher en surplomb (fig. 11,12). Tous les tronçons de chenal sur terre ferme ont été garnis de pierres et crépis (phase de construction 4, fig. 13).

5) Une autre amélioration suivit rapidement, en 1887 : des galeries ouvertes et trois autres galeries dans le rocher, creusées par minage (phase de construction 5, fig. 14,15) remplacèrent alors tous les éléments encore boisés ; dans la zone du Gierner Crest, c'est là le stade final de l'évolution.

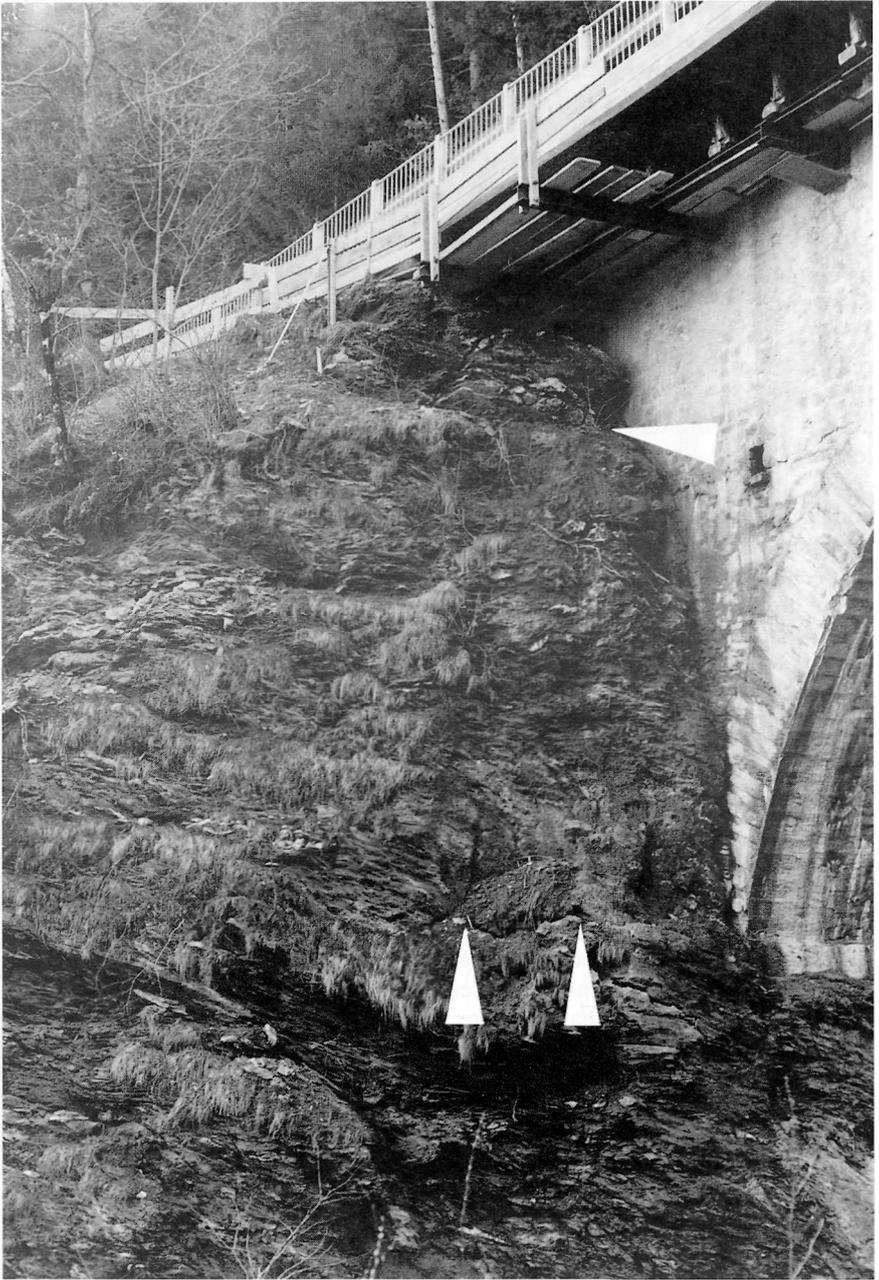


Fig. 8 - Traces de pile du pont sur le Rhin pour le passage de l'aqueduc dans la phase de construction 3 (les 2 flèches du bas) et tracé du canal dans la phase de construction 2 (la flèche du haut), état 1983.

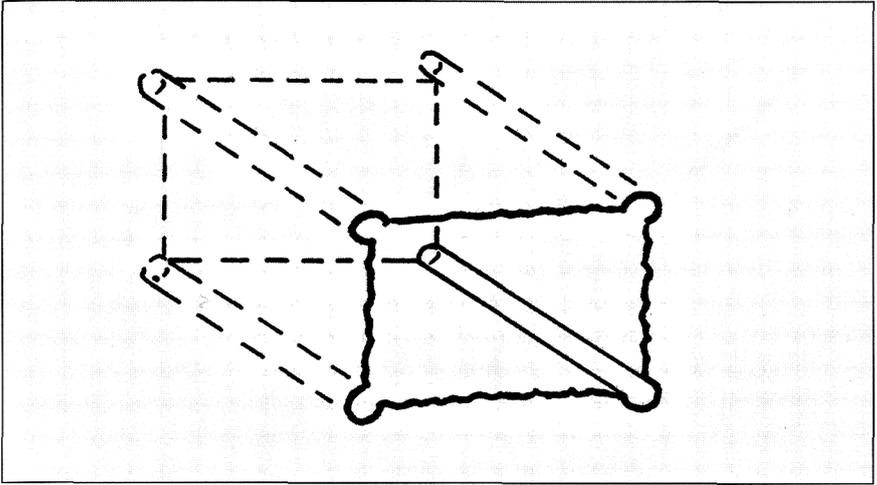


Fig. 9 – Schéma illustrant la nouvelle méthode de creusement des trous d’ancrage des consoles dans la phase de construction 3.

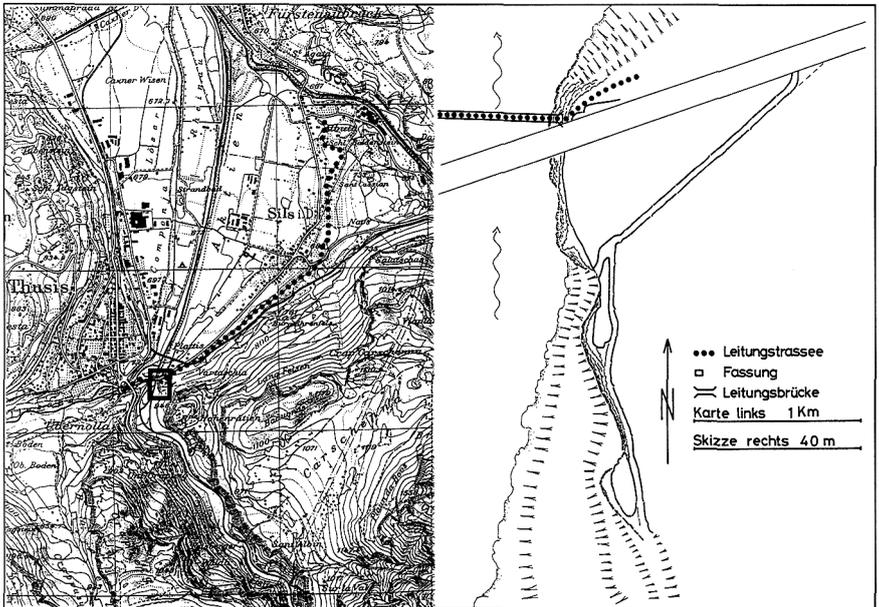


Fig. 10 – Tracé du canal dans la phase de construction 3. Vue d’ensemble à gauche et détail (« Gierner Crest ») à droite.

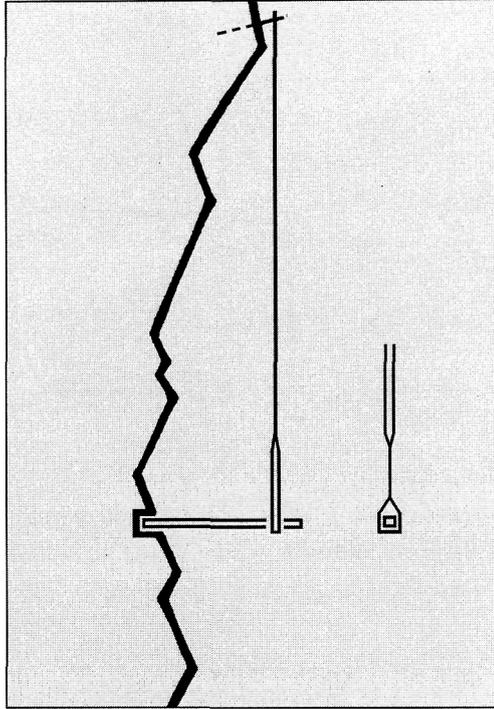


Fig. 11 – Suspension de la console en surplomb dans la phase de construction 4.

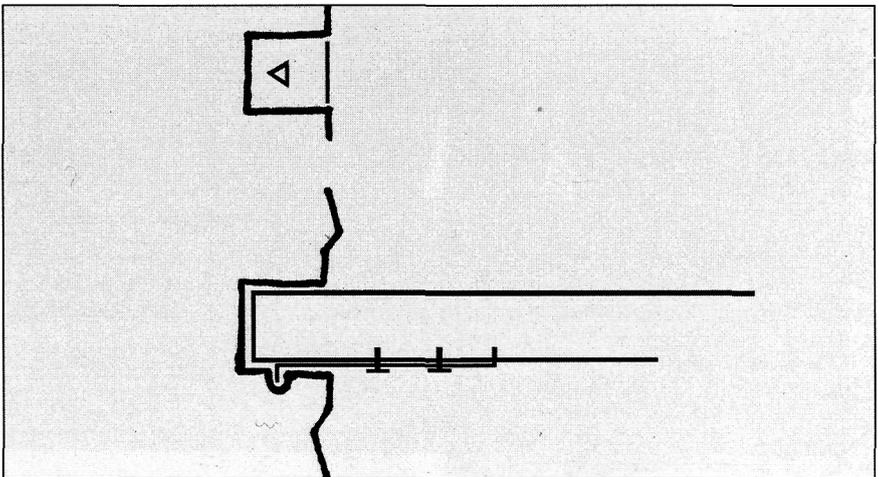


Fig. 12 – Ancrage en surplomb : fixation de la console dans le rocher par un crochet de fer dans la phase de construction 4.

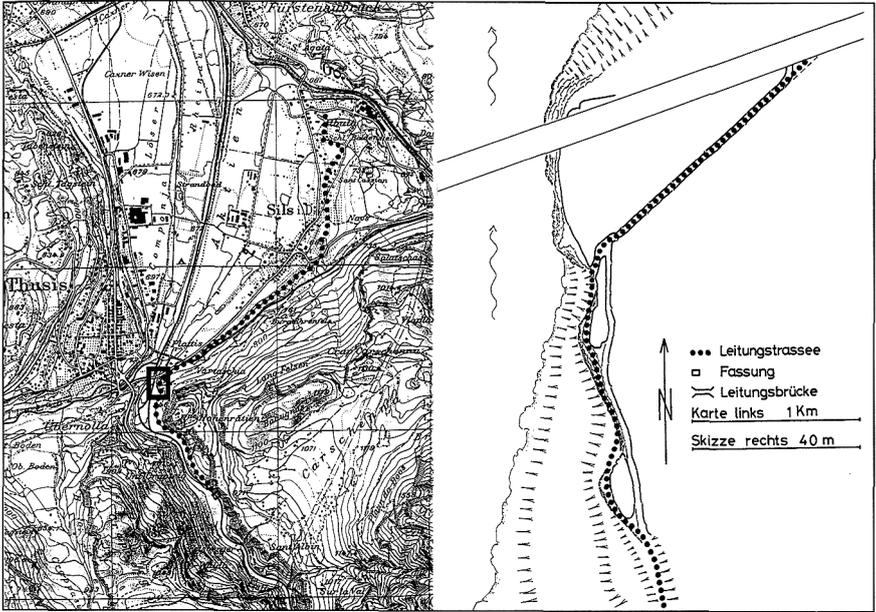


Fig. 13 - Tracé du canal dans la phase de construction 4. Vue d'ensemble à gauche et détail (« Gierner Crest ») à droite.

6) Il y eut cependant encore d'autres modifications. En 1899, on construisit sur la rive opposée l'usine hydroélectrique de Thuisis, pour laquelle il fallut détourner l'eau du Rhin en amont de la prise d'eau de l'aqueduc de Sils. Afin que ce dernier soit tout de même suffisamment alimenté, même en période de sécheresse, l'usine dut construire un pont-conduite traversant le Rhin et amenant en cas de besoin de l'eau dans la partie encore existante du bisse. Le niveau d'eau étant dorénavant en permanence trop bas, il fallut déplacer la prise d'eau vers l'amont et construire à cette fin une nouvelle galerie d'environ 100 mètres, avec passage de service parallèle (phase de construction 6, fig. 16).

Cependant ce ne fut pas semble-t-il la fin des démêlés entre les ayants droit du bisse de Sils et l'usine hydroélectrique. Dans une première phase, ceux de Sils obtinrent que toute leur eau provienne de l'usine ; ils purent ainsi désaffecter le tronçon supérieur du bisse⁷. Dans une seconde phase apparemment liée à l'abandon de l'irrigation des prés dans les années 30, on renonça à l'eau en contrepartie de la fourniture de courant électrique pour l'exploitation de la scierie, ce qui entraîna la mise hors service définitive du bisse de Sils.

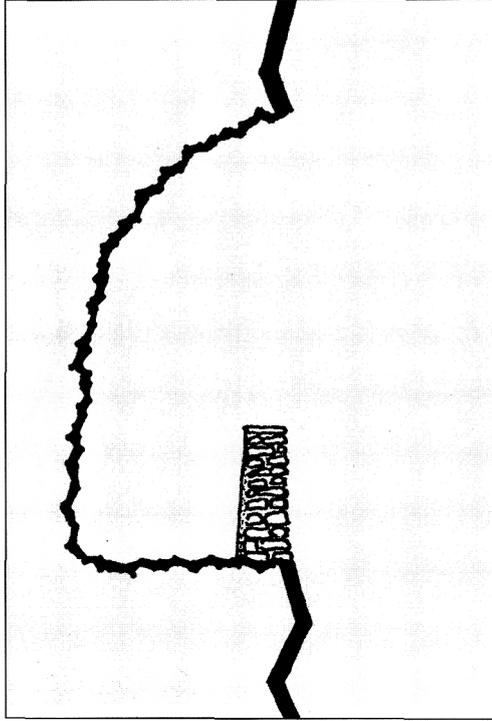


Fig. 14 – Travaux de minage et terrasses murées remplaçant les conduits en bois, en 1887, dans la phase de construction 5.

L'étude de l'aqueduc de Sils permet de distinguer 6 étapes de construction qui se différencient par de petites et grandes modifications du tracé, ainsi que par leurs différentes techniques de construction. Cette étude a aussi livré un ensemble de relevés de détail de ces techniques de construction. Outre les variantes constructives, on peut mentionner à titre d'exemple les observations faites dans les différentes galeries : le décompte, la mesure et l'observation de l'orientation des trous de forage, ont permis de définir la direction d'avancement des galeries et de différencier entre l'utilisation des anciens explosifs et celle des explosifs plus récents. Dans un cas (la grande galerie du Gierner Crest) certains indices montrent comment avait été résolue la question du respect de la pente (de manière très pragmatique). Dans l'ensemble, on constate que les parties les plus anciennes sont construites à l'aide de techniques autochtones, mais à la mesure des possibilités de l'époque, tandis que les parties les plus récentes ne représentent plus que des applications secondaires de techniques modernes.

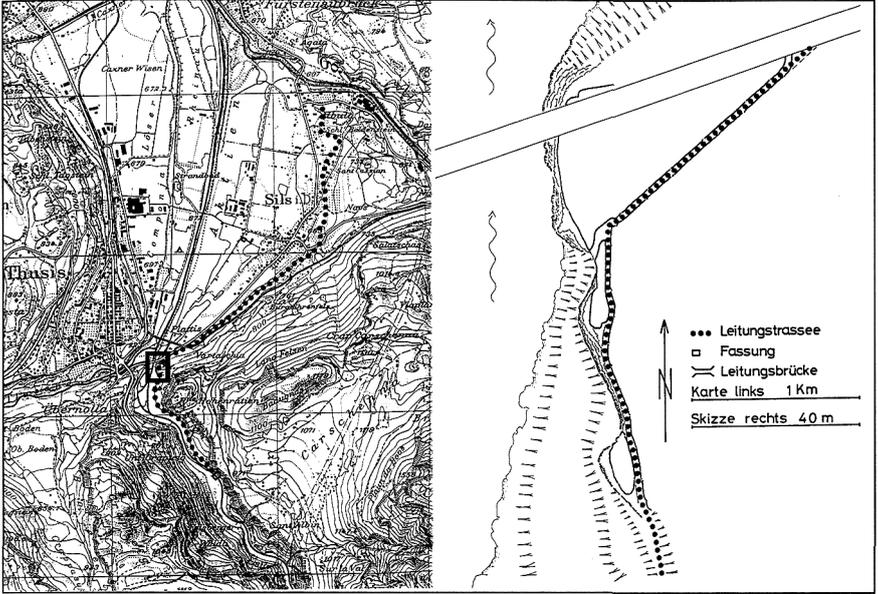


Fig. 15 – Tracé du canal dans la phase de construction 5. Vue d'ensemble à gauche et détail («Gierner Crest») à droite.

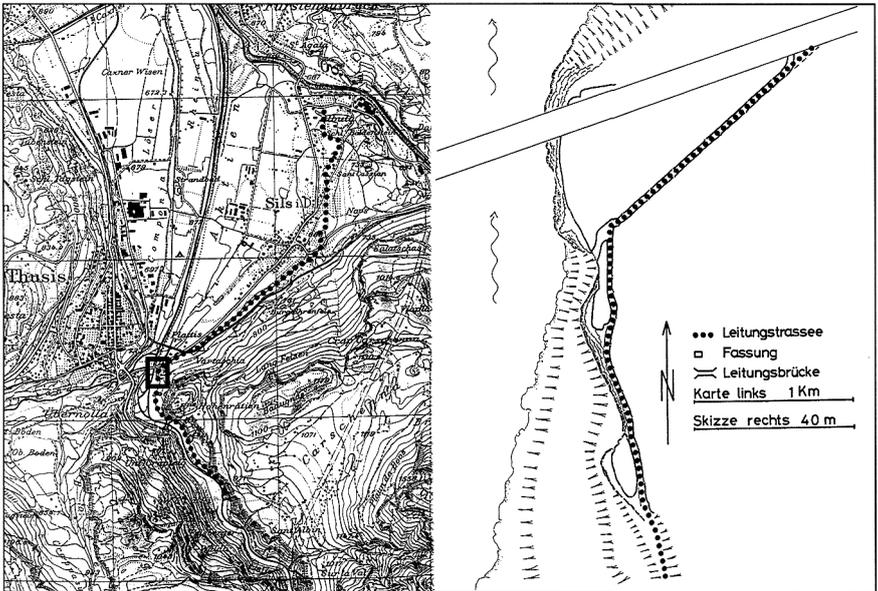


Fig. 16 – Tracé du canal dans la phase de construction 6. Vue d'ensemble à gauche et détail («Gierner Crest») à droite.

Développement de quelques détails techniques en Valais

Comme nous l'avons signalé, l'aqueduc de Sils n'est pas le seul ouvrage de ce genre dans les Grisons. Toutefois, c'est sans doute en Valais et dans la vallée voisine d'Aoste qu'il y a, et de loin, le plus grand nombre de bisses. Du seul fait de la multiplication de nouveaux ouvrages et de la nécessité d'entretenir régulièrement les anciens, on peut supposer que c'est certainement dans cette région qu'ont été élaborés les développements techniques majeurs. Il n'existe malheureusement pour ainsi dire pas d'étude traitant de ce thème dans toute sa profondeur diachronique. L'image conventionnelle des techniques valaisannes de construction des bisses est en grande partie basée sur des descriptions de la fin du XIXe et du début du XXe, juste avant l'irruption de l'«ère moderne». En une formule quelque peu outrée, l'hypothèse de départ implicite est le fait que le mode de construction traditionnel de ces ouvrages serait une simple application inchangée de techniques et de méthodes «antiques». Si dans le cas de l'aqueduc de Sils, nous avons pu montrer la fausseté d'une telle idée, celle-ci sera encore bien moins valable pour le Valais.

Pour illustrer l'évolution des techniques, je choisis à dessein un problème particulier: l'insertion horizontale et à l'épreuve des tensions d'une poutre dans le rocher. Il existe de nombreuses solutions possibles, dont les 6 suivantes (fig. 17):

1. Un support oblique garantit qu'une des composantes de force créées par la charge applique l'élément porteur contre le rocher.

2. La tension est transmise au rocher par une ancre en forme de crochet.

- 3, 4 et 5. Des coins en bois apposés de différentes manières bloquent la poutre dans son alvéole.

6. La tension est transmise au rocher par un crochet en fer (le système de Sils, phase 4).

En l'absence d'études importantes, on ne peut déterminer actuellement les facteurs dont dépendait à l'époque le choix technique. Si on est en droit de supposer que la topographie du terrain, voire la qualité de la roche étaient déterminantes pour le choix des variantes 1, 2 et 6, une autre hypothèse voudrait que cette série de techniques corresponde en fait à une évolution chronologique. Cette dernière solution serait intéressante car elle permettrait des datations. On n'en est pour l'heure qu'aux suppositions, stade qu'on ne pourra dépasser sans des observations archéologiques détaillées.

La construction à base de consoles et son contexte en Valais

Afin de donner une idée de la complexité du contexte entourant les questions de technique des constructions, je choisis un élément sur l'origine duquel il existe au moins actuellement une hypothèse valable: la console bloquée⁸. C'est l'élément porteur fixé horizontalement dans le rocher, que l'on a utilisé à des milliers d'exemplaires pour porter les bisses.

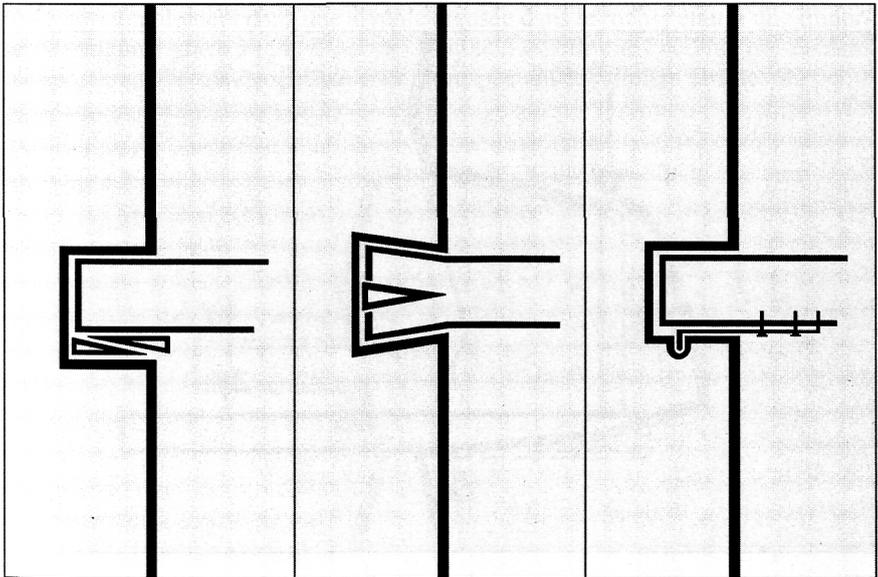
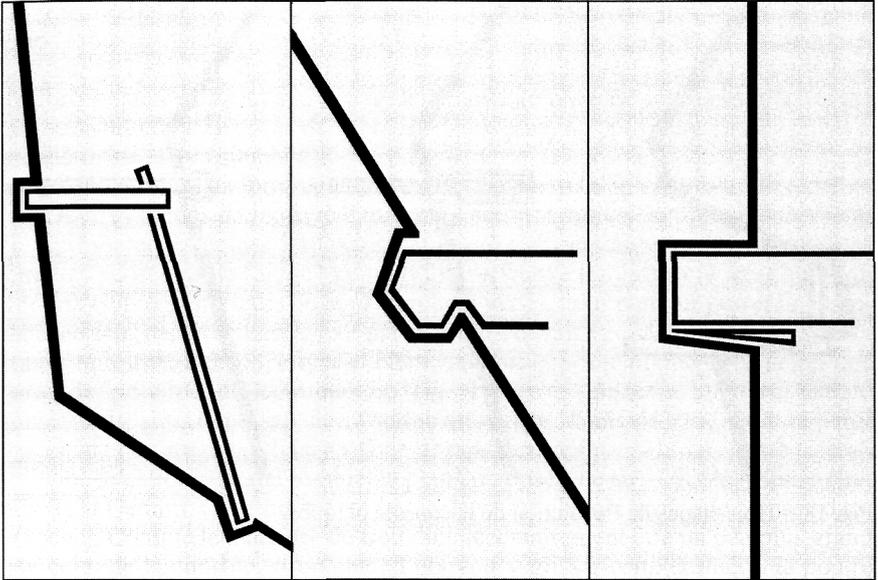


Fig. 17 – Six types d'insertion d'une poutre bloquée dans le rocher.

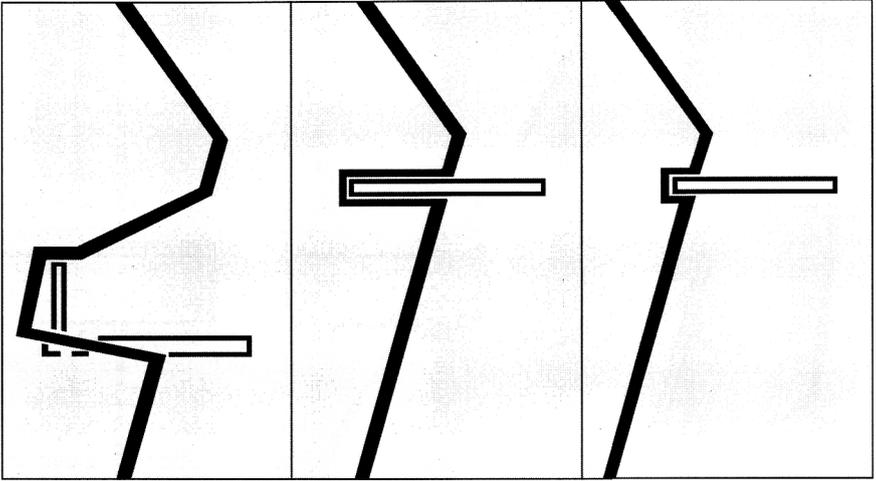


Fig. 18 – Trois étapes de l'évolution de la console bloquée.

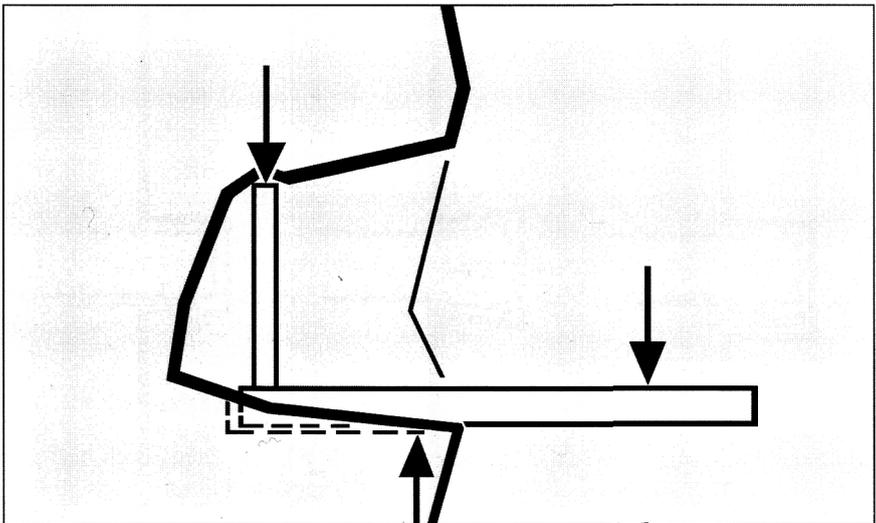


Fig. 19 – Schéma d'une poutre portante avec indication des forces qui s'exercent sur elle (entrée du refuge de Mollens 2).

La profondeur du trou d'ancrage n'est généralement pas beaucoup plus grande que le diamètre du madrier. Etant donné que le poids de la construction en bois, de l'eau et d'éventuels êtres humains appuie sur le long bras du levier, les forces qui s'exercent sur la tête de la console bloquée sont énormes, forces qui, sans les connaissances de la statique moderne, ne pouvaient être évaluées à première vue. Aussi simple soit-elle en apparence, la console bloquée n'en est pas moins un des tours de force de la technique de construction en bois traditionnelle.

Deux systèmes de blocage apparentés peuvent, au niveau du raisonnement, en représenter les étapes initiales (fig. 18) : à l'entrée du refuge en falaise Les Cinglos, au-dessus de Miège (Mollens 2)⁹, on trouve les traces creusées au burin de deux éléments porteurs de la passerelle d'accès. Pour pouvoir porter la passerelle sur leur partie saillante, leur partie arrière devait être bloquée par un rondin contre le toit de l'abri. Ce type d'éléments porteurs fonctionne donc selon une sorte de principe de contrepoids (fig. 19). Un troisième support, encore conservé in situ, dépassait de la paroi du refuge. Dans ce cas, c'est la paroi maçonnée du refuge qui faisait office de contrepoids¹⁰.

Une situation statique semblable peut être observée au « Chlofe », sur le chemin de la Gemmi. Cette poutre est posée dans une alvéole profonde creusée dans le rocher. Comme le diamètre du trou doit nécessairement être un peu plus grand que celui de la console, si on entend pouvoir y glisser cette dernière, la poutre n'est pas bloquée mais les forces sont transmises au rocher aux extrémités avant et arrière (fig. 20). Cette poutre se présente de la même manière que celle bloquée dans la maçonnerie des Cinglos et correspond sur le plan statique à celle qui était bloquée contre le toit de l'abri rocheux.

Ces trois techniques de fixation horizontale d'une poutre se basent sur des représentations et des lois très simples. Pour la construction des bisces, la poutre fixée horizontalement dans une alvéole creusée dans le rocher était d'une importance majeure : grâce à elle, il devint possible d'établir une conduite boisée dans n'importe quelle zone rocheuse tout en respectant les limites étroites de pente qui assurent l'écoulement de l'eau.

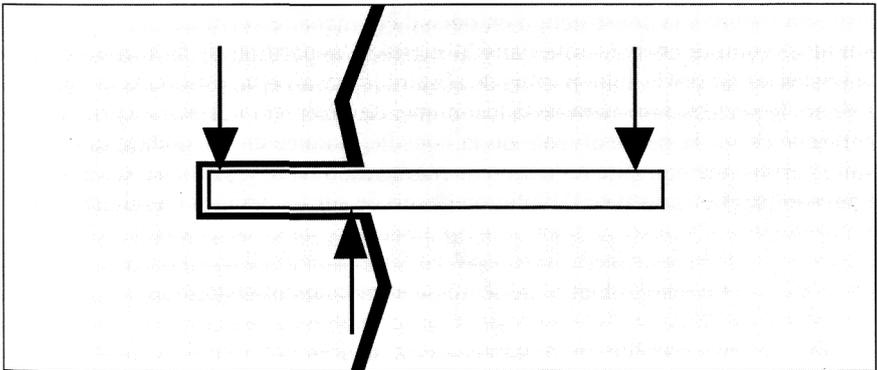


Fig. 20 – Schéma de la poutre dite « Chlofe » avec indication des forces qui s'exercent sur elle (sur le chemin de la Gemmi).

Dans la pratique cependant, le creusement au burin des alvéoles des poutrelles représentait un travail long et pénible. Au vu du grand nombre de trous qu'il fallait creuser, il doit très rapidement être apparu avantageux de réduire leur profondeur, ce qui conduisit à la console bloquée et aux techniques de blocage raffinées qu'elle exigeait (cf. fig. 17, parties 3, 4, 5).

L'évolution décrite ici (cf. fig. 18) n'est en fait qu'hypothétique. Les quelques observations faites et les datations obtenues l'étaient pour l'instant : le refuge de falaise «Les Cinglos» a été construit avant 1200; de par son contexte, on peut dater la poutre de la Gemmi d'avant 1330; pour autant qu'on le sache, l'épanouissement de la construction des bisces valaisans débute au XIVe s. On ne pourra être plus affirmatif sur le sujet avant de disposer d'études détaillées en nombre suffisant. Indépendamment de leur utilité dans ce cadre, de telles études présentent deux autres intérêts :

1. Dans mon étude des refuges de falaise en Valais¹¹, il m'a été possible d'observer une évolution technique entre la fin du XIIe et le XVe s., le bois passant progressivement du rang de matériel accessoire de la construction à celui d'élément porteur effectif de celle-ci (fig. 21). Si, dans le cas de la console, l'évolution proposée plus haut se confirme, passant de l'utilisation du simple-principe de contrepoids à celui plus complexe de la mise sous tension, il s'agirait alors d'un bon parallélisme, susceptible de projeter un éclairage nouveau sur les débuts de la tradition très sophistiquée de la construction en bois dans le Valais.

2. Déjà dans l'état actuel de nos connaissances, il est presque certain qu'il existe une évolution technique (fig. 22) allant du chenal, en général étroit et taillé dans le rocher uniquement à la main, au tracé miné avec finition manuelle (comme Sils, phase 2) et, enfin, à celui entièrement excavé par minage (comme Sils, phase 5). La question qui se pose est celle de la place qu'occupe la construction avec poutrelles-consoles dans cette évolution : d'une part, on est en droit de penser à un développement progressif, la construction boisée étant placée en début d'évolution et les trois phases de développement de la technique de taille de la roche citées ci-dessus suivant chronologiquement. Il est cependant aussi possible qu'avant l'introduction du minage, une évolution ait conduit de la taille du rocher à la construction en bois, de la manière suivante : au départ, il y aurait un simple chenal taillé dans la pierre. L'apparition de la technique des consoles aurait par la suite permis de réduire le travail à investir dans la taille du rocher ; le perfectionnement de la technique, de l'élément porteur à «principe de contrepoids» à la petite alvéole de la console bloquée en tension, aurait par la suite permis une nouvelle réduction de moitié du travail de la roche. Ce serait un nouveau parallélisme avec l'évolution observée sur les refuges en falaise.

Le bisse, objet d'archéologie et monument historique

De ce qui précède, il apparaît assez clairement que l'évolution de la construction des bisces en Valais et dans d'autres régions pose davantage de questions qu'elle ne fournit de réponses. Il importe donc d'acquérir suffisamment de données de base par le biais d'études monographiques et par la documentation

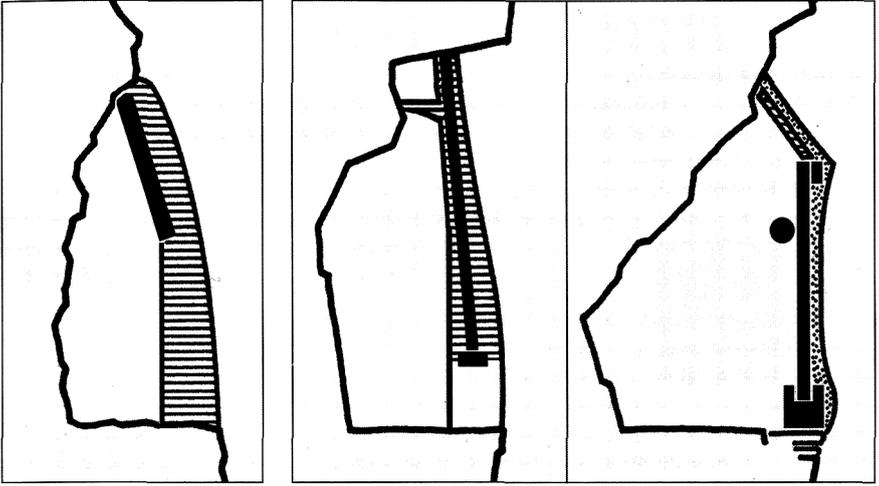


Fig. 21 – Evolution du rôle du bois qui, d'élément accessoire devient élément principal, dans la construction des refuges de falaise en Valais (Mollens 1; Hérémece, construction supérieure; Hérémece, construction en bois).

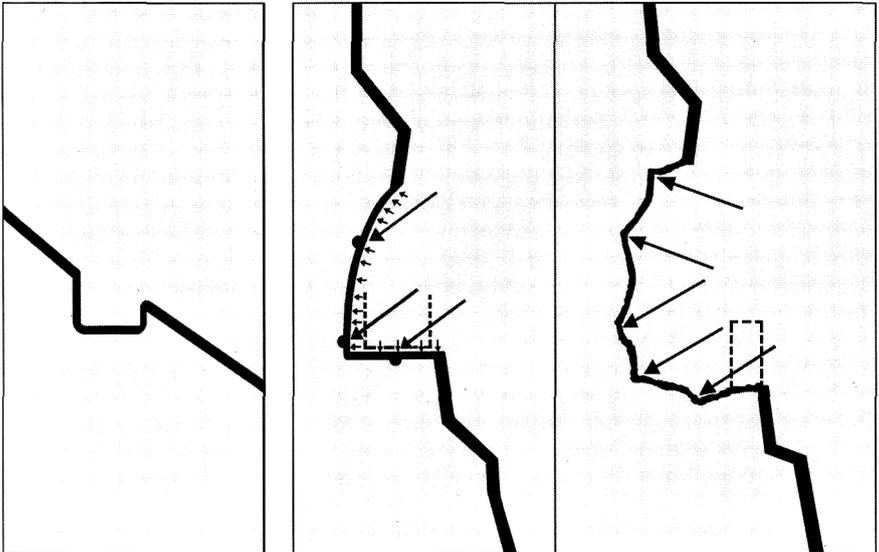


Fig. 22 – Schéma de trois étapes de l'évolution du travail dans le rocher: taille à la main; minage et finition à la main; minage seul.

aux normes actuelles, tout en tenant compte des nouveaux résultats des recherches historiques¹². C'est sur cette base seulement que l'on pourra espérer résoudre les questions encore non résolues. Les bisses doivent être considérés comme objets de recherche archéologique, avec toute l'attention qui leur est due, et le colloque de Sion a permis de franchir un pas important dans cette direction !

A cette demande se joint obligatoirement la suivante : les éléments représentant des phases anciennes et les vestiges encore existants de bisses entièrement désaffectés (fig. 23), seuls objets sur lesquels les études demandées peuvent être menées, subissent diverses destructions ; au vieillissement naturel s'ajoutent les utilisations actuelles. Les améliorations apportées au niveau des conduites d'eau, dans le cas de bisses encore en activité, ou les modifications introduites à des fins touristiques, présentent toujours le danger de faire disparaître définitivement de vieux éléments et les dernières traces visibles. Depuis quelque temps on constate même l'œuvre de chasseurs de souvenirs, qui enlèvent des éléments en bois¹³. Relevons enfin la problématique des études dendrochronologiques¹⁴. De l'ensemble de cette situation, il découle une grande responsabilité pour les représentants de la protection des monuments historiques.



Fig. 23 – Les vestiges originels des bisses sont des témoins archéologiques soumis à des dégradations ou à des destructions du fait de l'action des hommes et des phénomènes naturels. Ici, une des dernières parties conservées du Torrent Neuf de Savièse (état 1991).

Les bisces, ce dont personne ne doutera sérieusement, sont des monuments importants au plan de l'histoire culturelle et doivent donc être traités en fonction des principes de la conservation des monuments. Il faut donc accorder aux organes de la protection des monuments historiques les moyens politiques, administratifs et techniques qui leur permettent de répondre à leur tâche de protection et d'entretien. Une chose serait particulièrement importante, l'établissement d'un inventaire fouillé et le classement au point de vue de l'archéologie et de celui de la conservation des monuments. En Valais, les inventaires en la matière du Service de l'Aménagement du territoire sont à cet effet une base de travail très utile. J'espère que dans cette direction aussi, le colloque de Sion sera le point de départ d'une évolution à entreprendre d'urgence.

NOTES

¹ Rapport préliminaire de Lukas HÖGL sur les résultats obtenus à l'époque : « Die Rheinwasserleitung von Sils im Domleschg. » dans *Strasse und Verkehr* (Route et trafic) 10/1983, pp. 344-348.

² Directeurs du projet : Ing.dipl.EPFZ Rudolf Glutz, Dr.Brigitt Sigel.

Collaborateurs : Dominik Arkuszewsky, Lukas Högl, Christoph Kübler, Reto Locher, Katharina Schoch, Ernst Strebel.

³ Seules quelques traces en subsistent, et on ne peut donc prétendre que cette première phase est absolument prouvée.

⁴ Eduard BRUN, « Die Anfänge der Sprengtechnik im Bergbau der Schweiz », dans *Bergknappe. Zeitschrift über Bergbau in Graubünden und der übrigen Schweiz* 53, 3/1990, pp.15-21.

⁵ Aimablement communiqué par Rudolf Künzler, Sils i.D.

⁶ Communication et mise à disposition sous forme de copie par † Dr. Thomas Conrad, Sils i.D.

⁷ Aimablement communiqué par † Dr. Thomas Conrad, Sils i.D.

⁸ Lukas HÖGL : « Eine Besonderheit der walliser Holzbautechnik », dans *Blätter aus der Walliser Geschichte* 1987, pp.287-296.

⁹ Lukas HÖGL, *Burgen im Fels*, Olten et Fribourg i.Br. 1986, p.136 (Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters 12).

¹⁰ Les consoles en bois à base noyée dans la maçonnerie ont existé partout et très probablement de tout temps.

¹¹ HÖGL, *op. cit.*, p. 143,144.

¹² Il faudra aussi inclure dans l'étude d'autres ouvrages techniques, tels les ponts et les routes, pour lesquels on a en partie fait appel aux mêmes techniques de construction.

¹³ Communication orale d'Armand Dussex, Ayent.

¹⁴ L'archéologue ne peut espérer éviter des pertes d'information irréparables à l'occasion du prélèvement d'éléments de construction qu'à la stricte condition d'établir et de rendre publique une documentation minutieuse de l'état initial. Dans le cadre du travail scientifique de conservation des monuments, il faudrait toujours se limiter au prélèvement d'échantillons par forage et renoncer à tout enlèvement de pièces entières.



Bisse de la Lienne, 1903