

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 124 (1998)
Heft: 25

Artikel: L'optique du chef de projet
Autor: Huber, Heribert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79420>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ment menée sur deux ans. S'il n'a pas été possible d'éviter toute restriction de trafic durant les travaux, celles-ci sont toutefois demeurées très limitées, et la libre circulation a été assurée durant les périodes de pointe estivales.

Divers éléments expliquent l'importance de la réfection qui a dû être entreprise. On citera notamment l'évolution des connaissances et des normes en vigueur, ainsi que certains défauts ou insuffisances des constructions et matériaux en place, parfois aggravés par un manque de soin lors de l'exécution. Cela dit, le principal

facteur de déprédation fut sans conteste le sel: une autoroute de montagne ne saurait en effet être ouverte au trafic sans un dégagement complet de la neige ou de la glace présentes sur la chaussée, ce qui nécessite un apport massif de sel. Or un ouvrage d'art n'est pas plus en mesure de résister aux attaques salines à long terme, qu'une armure ne protège contre un tir de mitrailleuse.

Commencés en 1990 sur le tronçon Amsteg-Meitschligen (groupe 3a), les travaux de remise en état ont connu une interruption due à des raisons financières en 1993,

avant de reprendre en 1995 sur les tronçons Meitschligen-Gurt-nellen (3b) et Gurt-nellen-Wassen (3c), pour être achevés en été 1998.

Grâce aux méthodes appliquées, décrites dans la série d'articles qui suivent, nous espérons ne plus avoir à exécuter de grands travaux d'entretien durant les vingt-cinq années à venir et la prochaine révision générale ne devrait pas s'avérer nécessaire avant cinquante ans. Les responsables qui nous succéderont dans nos fonctions seront à même de juger si nos calculs étaient justes.

L'optique du chef de projet

Par Heribert Huber,
Altdorf

Aux erreurs de conception et aux lacunes dans l'exécution qui ont entaché la réalisation de la route nationale A2 dans le canton d'Uri, sont venues s'ajouter les dégradations dues à un quart de siècle d'exploitation, si bien qu'une importante rénovation de l'ouvrage a dû être entreprise. Celle-ci a été menée dans le double but d'exclure toute intervention sur les éléments d'usure durant les vingt-cinq prochaines années et de neutraliser les effets des erreurs initiales sur la durée d'utilisation restante de l'ouvrage fixée à cinquante ans, pour une durée d'utilisation totale de septante-cinq ans.

qui en font partie) doivent être pris en considération pour englober l'ensemble des éléments constituant l'équipement routier d'un tronçon donné. Or ces ouvrages, qui ont déjà un quart de siècle d'exploitation derrière eux, en portent évidemment les traces sous forme d'usure. Les effets du trafic, des intempéries et surtout de l'apport de sel en hiver se font sentir. C'est donc un ensemble de dommages imputables aux deux groupes de causes évoquées (soit les choix ayant présidé à la construction ainsi que l'usure due aux années de service) qui doivent être éliminés par une rénovation. Nous donnons à ces opérations le nom d'intervention. Tous les éléments de l'ouvrage y seront tour à tour soumis, de manière à garantir une nouvelle période de vingt-cinq ans sans intervention. Quant aux erreurs de construction affectant l'ouvrage à la base, elles doivent être éliminées pour la durée d'utilisation restante de cinquante ans. Comme on l'a dit, de sérieux dommages sont en outre imputables aux épandages de sel, tant il est vrai que le béton armé ne l'est guère pour lutter contre les chlorures: il se corrode, les barres d'armature rouillent ou subissent des

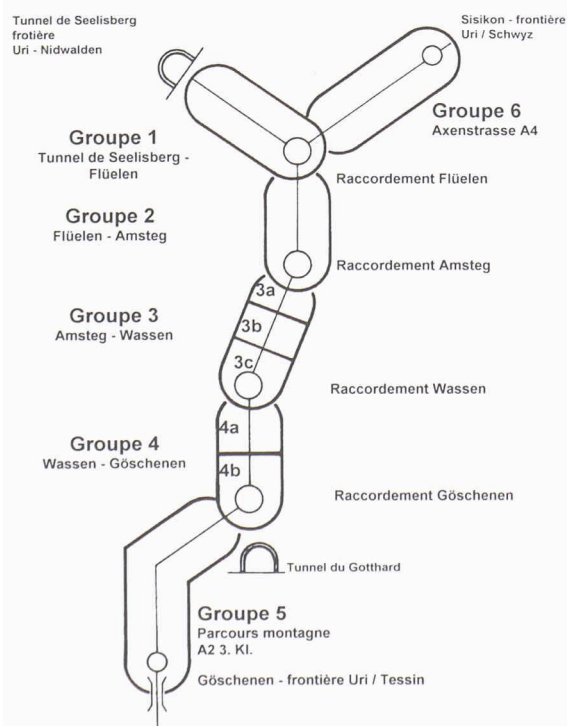


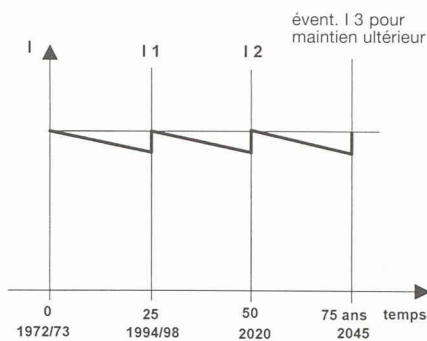
Fig. 1. - Répartition du travail sur les ouvrages en six groupes

A ce jour, seule une infime partie du public, mais aussi étonnamment peu de spécialistes comprennent pourquoi les ouvrages d'art nécessitent des rénovations périodiques et la question qui revient toujours est: «A quelles erreurs faut-il attribuer le piètre état de l'ouvrage?». Tout le problème est ainsi ramené aux éventuelles lacunes datant de l'époque de la construction de l'ouvrage. Cette optique est non seulement partielle, mais elle dénote une attitude inadéquate, même si des erreurs ont effectivement été commises lors de la conception et de la mise au point des projets. Rappelons en outre que les ouvrages d'art ne sont pas les seuls objets concernés: les tunnels ainsi que toute l'infrastructure annexe (avec les éléments électromécaniques, les protections antibruit et les mesures contre les désastres naturels

Interventions

Catégorie A, 25 ans

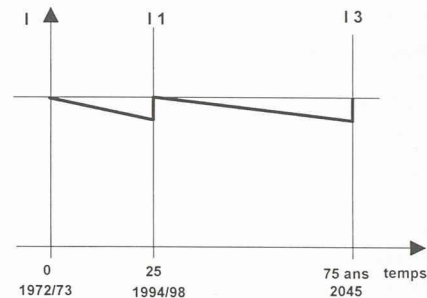
Routes:	Revêtement et couches supérieures
Ouvrages d'art:	Pièces d'usure telles que têtes de console, appuis, joints de chaussées, étanchéité et revêtements
Équipement:	Systèmes électroméc., galeries, glissières de sécurité, etc.
Installations auxiliaires:	Blocs de protection des rives, filets de protection contre les chutes de pierres



Interventions

Catégorie B, 75 ans

Routes:	Couche porteuse, couche de fondation, évacuation des eaux
Ouvrages d'art:	Structures portantes, murs de soutènement, galeries, ouvrages de protection, revêtements de tunnels



Catégorie C, nouveau

Nouveaux équipements

Fig. 2. – Catégories d'intervention

piqûres de corrosion. Il s'agit donc à la fois de réparer les dégâts dus au sel et d'empêcher à l'avenir sa pénétration dans la structure principale des ouvrages.

Lorsque des corrections importantes sont apportées à des éléments de construction, ces derniers doivent du même coup être modifiés ou complétés pour répondre aux normes actuelles.

Les mesures de défense contre les phénomènes naturels doivent également être contrôlées lors de l'intervention et adaptées aux standards techniques les plus récents. Bien que certaines précautions aient déjà été prises lors de la construction de l'autoroute, de nouveaux systèmes de protection contre les chutes de pierres, tels que les filets flexibles notamment, doivent être étudiés dans le cadre d'un processus appelé à se poursuivre. Le perfectionnement des installations de protection contre les chutes de pierres devient en effet un objectif permanent tant que l'ouvrage demeure en service, comme cela se fait pour les chemins de fer depuis une centaine d'années déjà.

Enfin, à la suite des expériences décollant des crues de 1987, un renforcement des mesures de protection contre les inondations s'im-

pose. Si les fondations des piliers du pont sur la Reuss à Felli, ont été épargnées par l'érosion en 1987, ce danger menaçant la sécurité d'ouvrages d'importance vitale en cas de crues encore plus importantes doit – conformément aux objectifs de protection du canton d'Uri – être contré par des mesures adéquates contre une érosion du sol de fondation des ponts.

La systématique appliquée à une remise en état globale

Les sections ouvertes des routes nationales A2/A4 dans le canton d'Uri ont été réparties en six groupes (fig.1).

Cela permet de mieux gérer le grand nombre d'ouvrages d'art et de constructions routières concernés. Le groupe 3, qui correspond à la section Amsteg-Wassen, a lui-même été subdivisé en trois segments (3a, 3b et 3c), afin de conserver la maîtrise du grand nombre d'ouvrages touchés par le déroulement du projet. Le présent article s'attache en particulier à la remise en état des groupes 3b, Meitschligen-Gurtellen et 3c, Gurtellen-Wassen.

Il revient au maître de l'ouvrage de formuler ses objectifs quant au relevé de l'état des ouvrages et à leur rénovation. Pour ce faire, les

éléments d'ouvrages à remettre en état ont été classés en deux catégories A et B (fig. 2), une troisième catégorie C étant réservée à de nouveaux équipements.

Catégorie A: 25 ans

Cette catégorie comprend tous les éléments d'usure des ouvrages, qui doivent être remis en état pour une durée d'utilisation de 25 ans excluant toute intervention supplémentaire. Sur les ouvrages d'art, cette catégorie d'éléments englobe, entre autres, les têtes de console (bordures), les joints de chaussées, les appareils d'appui, l'étanchéité et les revêtements. Dans le rétablissement des chaussées, elle concerne les recouvrements et les couches supérieures des revêtements. Enfin, les balustrades et glissières, ainsi que les installations électromécaniques entrent aussi dans cette catégorie.

Catégorie B: 75 ans

La catégorie B réunit les éléments de la structure portante, soit le sol sur lequel les ouvrages sont implantés, les fondations, piles, culées et superstructures des ponts et galeries, les murs de soutènement, les tunnels et l'infrastructure des routes, à l'exception des couches de revêtement supérieures. Ces éléments de structure doivent être mis en état pour une durée d'utilisation de 50 ans sans intervention, soit jusqu'à la fin de la durée totale d'utilisation prévue pour 75 ans. Il s'agit ici de remédier aux détériorations imputables à des erreurs au moment de la réalisation initiale (qu'elles soient le résultat d'une conception erronée ou d'une exécution défectueuse), de réparer les dégâts dus au sel, ou, encore, de procéder à des renforcements pour répondre à de nouvelles exigences ou à des extensions du domaine d'utilisation.

Catégorie C:

nouveaux équipements

Une troisième catégorie comprend des équipements dits complémentaires, ainsi que de nouveaux élé-

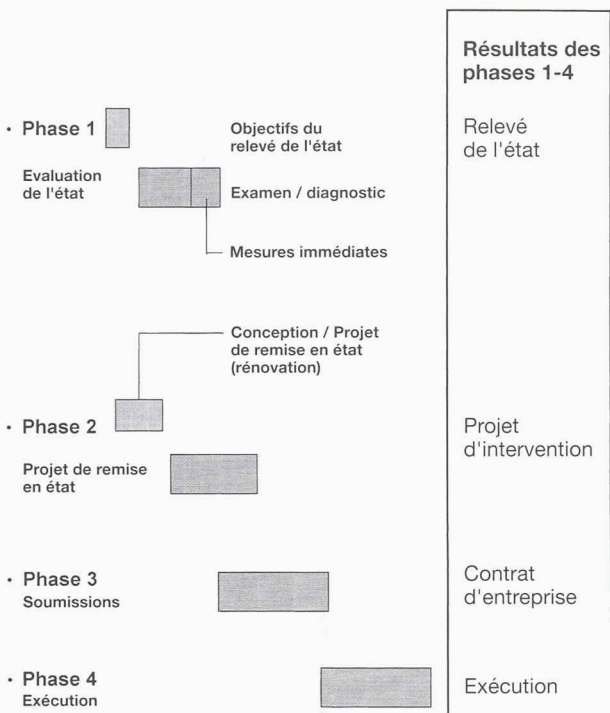


Fig. 3. – Déroulement du projet de rénovation des ouvrages

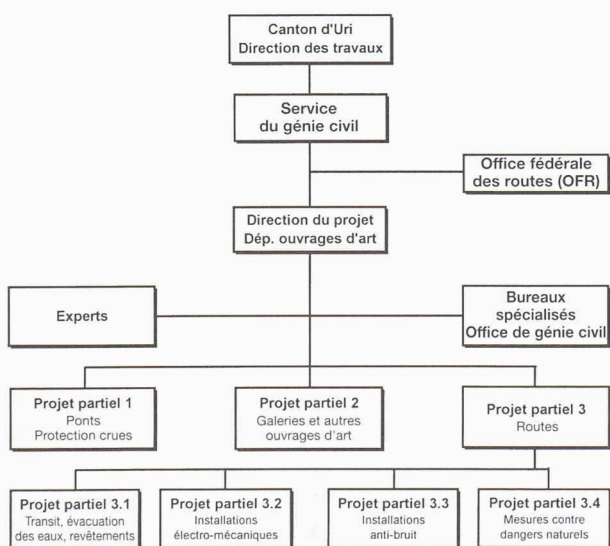


Fig. 4. – Organigramme du projet « Rénovation de la route nationale A2, groupe 3b, Meitschligen-Gurtellen »

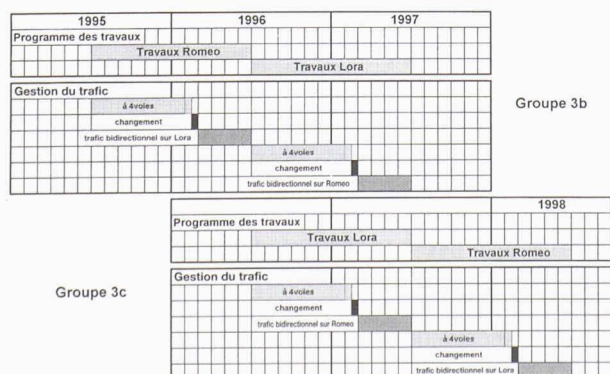


Fig. 5. – Programme des travaux et conduite du trafic Meitschligen-Wassen. Groupes 3b et 3c

ments, destinés par exemple à l'évacuation des eaux, que l'on a décidé de mettre en place à la faveur de la remise en état complète. Ainsi, les eaux de ruissellement provenant des routes doivent-elles être recueillies conformément à la loi sur la protection des eaux et conduites par l'intermédiaire de doubles séparateurs d'huile au collecteur de la Reuss. Quant aux mesures de réduction du bruit et de protection contre les dangers naturels, elles doivent également être mises en oeuvre dans la foulée.

Cette répartition catégorielle des opérations, munie des cycles d'intervention correspondants, a parfaitement fait ses preuves dans la pratique. C'était en effet le seul moyen d'assigner des mandats clairs et complets aux ingénieurs de projet.

Organisation, direction, déroulement du projet et projets partiels

Une direction générale de projet a été mise en place pour chaque section définie. Le chef de projet est responsable du déroulement d'un projet, qui est toujours articulé en quatre phases identiques présentées sur un axe temporel. La fonction de cet axe peut être comparée à celle d'une crémaillère: l'avancement du projet est garanti et l'enlisement exclu (fig. 3).

La phase 1 englobe le relevé et l'évaluation de l'état de l'ouvrage ainsi que des recommandations d'intervention immédiate. La phase 2 correspond à une première définition du projet de remise en état.

Cette phase de conception est la plus délicate pour l'ingénieur et il importe que les meilleurs talents soient alors mis à profit. C'est en effet à ce moment-là que se dessinent les options qui aiguilleront tout le déroulement du projet, et qu'une réflexion détaillée doit avoir lieu afin de retenir la thérapie la plus appropriée. La conception arrêtée doit définir les moyens de remettre l'ouvrage en état.

A ce stade, les connaissances des ingénieurs en physique appliquée à la construction s'avèrent d'une importance primordiale. En l'absence de publications de référence en la matière, seule une solide maîtrise des propriétés physiques des matériaux de construction permet en effet de développer un paquet de mesures efficace.

Relevons qu'il existe une étroite interdépendance des deux premières phases de projet: il faut en effet bien connaître les exigences propres au développement d'une conception d'intervention pour planifier correctement et mener à bien le relevé de l'état. L'appel à des experts des Hautes écoles ou des écoles d'ingénieurs est ici essentiel: d'une part, le savoir des spécialistes est injecté dans le projet qu'ils accompagnent et, en retour, les problèmes traités enrichissent la recherche et l'enseignement. Dans la formation des étudiants, la physique appliquée à la construction doit en effet être encouragée au même titre que la statique des structures et leurs détails de construction.

Une fois franchi l'obstacle de la conception, un projet d'exécution doit être élaboré. Cette étape revient à définir la mise en oeuvre des mesures retenues. Complété par un devis, un bon projet d'exécution – appelé projet d'intervention – constitue le point de départ optimal pour aborder les phases 3 et 4, soit les soumissions, puis l'exécution elle-même.

En fonction de l'ouvrage auxquels ils s'appliquent, les travaux sont subdivisés en trois catégories distinguant les ponts, les galeries et autres ouvrages d'art, et les équipements routiers (fig. 4). Ces derniers sont à leur tour répartis en quatre sections: la route et l'évacuation des eaux, les équipements électromécaniques, les systèmes de protection contre le bruit, ainsi que les dispositifs contre les dangers naturels.

Subordonné à l'ingénieur cantonal, le chef de projet bénéficie de

l'appui des experts mandatés et des spécialistes en génie civil employés par l'Office cantonal. Quant à l'Office fédéral des routes (OFR), organe de surveillance de la Confédération, il exerce son contrôle tout en participant activement au développement des projets.

Programme des travaux et gestion du trafic

En principe, la remise en état est programmée sur une année, qui débute en juillet (i) et se termine à fin juin de l'année suivante (i + 1). La libre circulation est maintenue durant les sept premiers mois, les travaux sur les ouvrages pouvant être menés sans perturber le trafic (bloc d'automne). En février de l'année (i + 1), on passe à un trafic bidirectionnel sur une voie durant quatre mois (bloc du printemps). Les usagers doivent être guidés en toute sécurité par des chicanes de signalisation et les expériences accumulées (aucune collision frontale) montrent que le dispositif mis en place est bien compris.

Coût de la remise en état

Les coûts d'investissement détaillés ci-dessous (base de prix 1995) comprennent les dépenses pour le relevé de l'état, la conception et la planification des mesures de réfection à engager, les expertises, les travaux de construction et leur direction, ainsi que les coûts d'organisation (coûts auxiliaires) du maître de l'ouvrage.

<i>Lot d'ouvrage 1 : ponts</i>	<i>36,2 mio.</i>
Pont sur la Reuss à Felli	16,2 mio.
Viaduc à flanc de coteau de Gurtellen	11,4 mio.
Pont sur la Reuss à Wassen	7,1 mio.
Protection contre les crues du pont sur la Reuss à Felli	1,5 mio.
 <i>Lot d'ouvrage 2 : galeries, ouvrages d'art</i>	 <i>49,8 mio.</i>
Galerie Gütli et autres ouvrages d'art	13,0 mio.
Galerie Wilerplanggen et autres ouvrages d'art	13,3 mio.
Galerie Ripplistal et autres ouvrages d'art	13,3 mio.
Galerie Pfaffensprung et autres ouvrages d'art	10,2 mio.
 <i>Lot d'ouvrage 3 : équipements routiers</i>	 <i>38,0 mio.</i>
3.1 Chaussées courantes	
Conduite transitoire, drainages, revêtements	24,7 mio.
Constructions pour éléments électromécaniques	2,5 mio.
3.2 Installations électromécaniques	2,6 mio.
3.3 Mesures de protection contre le bruit	2,7 mio.
3.4 Dispositifs contre les dangers naturels	5,5 mio.
 <i>Total des investissements</i>	 <i>124,0 mio.</i>

Ces coûts se répartissent sur les années 1995 à 1998, avec un pic d'investissements de 56 millions de francs en 1997. Ramenée au coût par kilomètre, la remise en état totale des 6 km de la section d'autoroute Meitschligen-Wassen se monte ainsi à 20,7 millions de francs.

Pendant les mois de mars, avril et mai, tous les travaux de construction doivent être exécutés, à l'exception des revêtements qui seront réalisés au mois de juin sur les ponts et tronçons ouverts. La coordination de l'ensemble des travaux constitue un exercice extrêmement exigeant. Ainsi, en 1997, la remise

en état de la voie « Lora » (direction Lucerne), a réuni neuf consortiums travaillant en ligne pour les groupes 3b et 3c. Cela implique que sur chaque chantier – pont, galerie ou chaussée – le trafic devait être assuré pour les huit autres consortiums par une voie de chantier demeurant ouverte en tout temps.

Lot d'ouvrage 1: les ponts

Par Rudolf Vögeli,
Hugo Moretti et
Manuel Schmid,
Effretikon

L'état des ouvrages avant l'intervention, ainsi que les objectifs assignés à leur réfection sont traités ici à l'exemple de divers ponts représentatifs de l'ensemble des ouvrages d'art inclus dans les groupes 3b et 3c.

En tout, trois ouvrages seront abordés dans cet article: l'ouvrage 407 (pont sur la Reuss à Felli), l'ouvrage 409 (viaduc à flanc de coteau de Gurtellen) et l'ouvrage 412 (pont sur la Reuss à Wassen). Une courte introduction est consacrée à chacun d'eux.

Pont sur la Reuss à Felli

De cet exemple, nous détaillerons plus particulièrement les mesures de maintenance des appuis aux extrémités, les renforcements des poutres longitudinales, ainsi que l'étanchéité et le revêtement appliqués au pont.

Il s'agit en fait de ponts jumeaux à quatre travées, qui enjambent

deux fois la Reuss avec une portée maximale de 90 m à une hauteur maximale de 40 m environ. Dans la partie sud, ils passent encore au dessus de la route cantonale (hauteur libre minimale de 5,40 m). Sur le flanc droit de la vallée, la culée Nord s'appuie sur une corniche rocheuse relativement abrupte, tandis que les culées Sud sont implantées de manière décalée, sur un sol rocheux également. Les piles septentrionales et médianes du pont reposent sur la rive gauche de la vallée et seule la paire de piles méridionale est située immédiatement à droite de la Reuss (fig. 1 et 2).

Caractéristiques de l'ouvrage

De sections identiques et d'une largeur de 10,07 m, les tabliers sont constitués de poutres en double T, d'une hauteur constante de 3,60 m pour une largeur d'âme de 60 cm, et de dalles de roulement de 20 à 30 cm d'épaisseur. Les bordures sont des cornières de 0,56 m de large, bétonnées ultérieurement. Dans les zones des piles, se trouvent des dalles de compression de 25, resp. 40 cm d'épaisseur et de 10 à 12 m de longueur. Dans les travées et les zones d'appui, ce sont des entretoises de 0,50 m, resp. 1,20 m, dont la partie supérieure est solidement liée au tablier par des goussets. Quant à l'écart entre les ponts jumeaux, il est d'environ un mètre.