

# Maintenance de routes à grand débit en exploitation

Entretien et rénovation des constructions



## Maintenance de routes à grand débit en exploitation

Pour assurer la maintenance du réseau suisse des routes à grand débit (les autoroutes et semi-autoroutes), qui totalise actuellement plus de 1500 km, il est nécessaire d'entreprendre de nombreux et importants travaux d'études et de planification.

L'exécution optimale de mesures de construction sur des routes en exploitation doit être basée sur des connaissances spécifiques en technique et en planification ainsi que sur une mise en œuvre appropriée, adaptée à la situation.

La documentation «Maintenance de routes à grand débit en exploitation» traite de l'établissement du projet et de la préparation de l'exécution de mesures de construction – à savoir les travaux d'entretien, de remise en état et de renouvellement – pour des ouvrages situés sur des axes routiers à trafic dense. Elle s'adresse en premier lieu aux ingénieurs civils mandatés pour de tels projets, mais également aux services de l'administration, maîtres de l'ouvrage, propriétaires et entrepreneurs.

Les bases ayant servi à l'élaboration de la documentation sont constituées par diverses normes SIA et VSS, des mandats de recherche, des publications de l'OCDE ainsi que l'expérience personnelle des membres du groupe de travail PI-BAT «Planification de travaux sur routes à grand débit». Une attention particulière a été vouée à une présentation simple et compréhensible des sujets, tout en essayant de mettre en évidence leurs interdépendances ainsi que les problèmes particuliers en relation avec la présence du trafic.

Pour approfondir les chapitres «Mise en en soumission» et «Exécution», le groupe du secteur génie civil du PI-BAT envisage d'élaborer ultérieurement une deuxième documentation, structurée de manière similaire.

ISBN 3-905234-20-3

1992, 86 pages

N° de commande 724.452 f

Fr. 21.–

# Maintenance de routes à grand débit en exploitation

Le présent manuel a été élaboré par le groupe de travail «Planification de travaux sur les routes à grand débit» du Programme d'impulsion «Entretien et renouvellement des constructions». Les contributions techniques pour les différents chapitres ont été apportées par les personnes mentionnées ci-après. Le groupe de travail a par ailleurs encore été conseillé par un groupe d'experts.

Associations organisatrices et de soutien  
VSS Union des professionnels de la route  
SIA Société suisse des ingénieurs et architectes  
UTS Union technique suisse  
VESTRA Union d'entreprises suisses de construction de routes

Direction du groupe de travail

- J. Frei, du bureau d'ingénieurs A. Aegerter & Dr O. Bosshardt S.A., Bâle

Membres du groupe de travail «Travaux sur routes à grand débit»

- J.P. Boutellier, Centre d'entretien, Bursins
- J. Frei, du bureau d'ingénieurs A. Aegerter & Dr O. Bosshardt S.A., Bâle
- W. Keel, direction des travaux publics du canton de Lucerne
- H. Köstler, du bureau d'ingénieurs Köstler & Borer, Reinach
- P. Studer, A. Marti S.A., Bâle

Collaborateurs du groupe de travail

- B. Bürgin, du bureau d'ingénieurs A. Aegerter & Dr O. Bosshardt S.A., Bâle
- H.D. Hartmann, Holinger S.A., Baden
- B. Ziegler, du bureau d'ingénieurs A. Aegerter & Dr O. Bosshardt S.A., Bâle

Membres du groupe d'experts

- H. U. Frey, Frey & Associés, bureau d'ingénieurs, Lausanne
- M. Gut, direction des constructions du canton de Nidwald, Stans
- P. Linsi, VSS Zurich
- P. Mantovani, direction des travaux publics, Coire
- G. Petersen, Office fédéral des routes, Berne

Rédacteurs

- J. Frei, du bureau d'ingénieurs A. Aegerter & Dr O. Bosshardt S.A., Bâle
- H. D. Hartmann, Holinger S.A., Baden

Suisse romande, édition française

Direction des cours

- H.U. Frey, ingénieur civil dipl. EPF-Z, Frey & Associés, bureau d'ingénieurs, Lausanne

Traduction

- H.U. Frey, Frey & Associés, bureau d'ingénieurs, Lausanne
- O. Blanchard

Mise en page et photocomposition

Consortium DAC / CITY COMP S.A., Lausanne et Morges

ISBN 3-905234-20-3

Copyright © 1992 Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, juin 1992.  
Reproduction d'extraits autorisée avec indication de la source.

Diffusion: Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne (N° de commande 724.452 f).

Form 724.452 f 6.92 1000 60701

---

# Avant-propos

D'une durée totale de 6 ans (1990-1995), le programme d'action «Construction et énergie» se compose des trois Programmes d'impulsions suivants:

PI-BAT – entretien et rénovation des constructions  
RAVEL – utilisation rationnelle de l'électricité  
PACER – énergies renouvelables

Ces trois Programmes d'impulsions sont réalisés en étroite collaboration avec l'économie privée, les écoles et la Confédération. Leur but est de favoriser une croissance économique qualitative. Dans ce sens ils doivent conduire à une plus faible utilisation des matières premières et de l'énergie, avec pour corollaire un plus large recours au savoir-faire et à la matière grise.

Le programme PI-BAT répond à la nécessité d'entretenir correctement les constructions de tous types. Aujourd'hui une partie toujours plus grande des bâtiments et des équipements de génie civil souffrent de défauts techniques et fonctionnels en raison de leur vieillissement ainsi que de l'évolution des besoins et des sollicitations. Si l'on veut conserver la valeur de ces ouvrages, il y a lieu de les rénover, et pour ce faire on ne peut s'appuyer sur l'empirisme. Le Programme d'impulsion PI-BAT ne se limite pas aux aspects techniques et d'organisation, il s'étend également au cadre juridique, qui jusqu'ici était essentiellement tourné vers les constructions neuves. Le programme couvre ainsi les trois domaines suivants: bâtiments, génie civil et problèmes apparentés à la rénovation.

Si l'on veut conserver les qualités techniques et architectoniques de nos bâtiments et si l'on souhaite préserver des quartiers, voire des villages, des connaissances nouvelles doivent être apportées aux nombreuses personnes concernées: propriétaires, autorités, concepteurs, entrepreneurs et collaborateurs de tous niveaux.

Cours, manifestations, publications, vidéos, etc...

Les objectifs de PI-BAT seront poursuivis par l'information, la formation et le perfectionnement des fournisseurs et des demandeurs de prestations dans le domaine de la rénovation. Le transfert de connaissances est axé sur la pratique quotidienne; basé essentiellement sur des manuels et des cours, il comprend également d'autres types de manifes-

tations. Le bulletin «Construction et énergie», qui paraît deux à trois fois l'an, fournit des détails sur toutes ces activités.

Chaque participant à un cours, ou autre manifestation du programme, reçoit une publication spécialement élaborée à cet effet. Toutes ces publications peuvent également être obtenues en s'adressant directement à l'Office central fédéral des imprimés et du matériel à Berne (OCFIM, 3003 BERNE).

## Compétences

Afin de maîtriser cet ambitieux programme de formation, il a été fait appel à des spécialistes des divers domaines concernés; ceux-ci appartiennent au secteur privé, aux écoles, ou aux associations professionnelles. Ces spécialistes sont épaulés par une commission qui comprend des représentants des associations, des écoles et des branches professionnelles concernées.

Ce sont également les associations professionnelles qui prennent en charge l'organisation des cours et des autres activités proposées. Pour la préparation de ces activités une direction de projet a été mise en place; elle se compose de MM. Reto LANG, Andreas BOUVARD, Niklaus KOHLER, Gustave MARCHAND, Ernst MEIER, Dieter SCHMID, Rolf SAEGESSER, Hannes WUEST, et Eric MOSIMANN de l'OFQC. Une très large part des activités est confiée à des groupes de travail.

## Documentation

L'entretien et le renouvellement d'un réseau de plus de 1500 km de routes à grand débit exigent de très nombreuses études.

Un groupe de travail, en collaboration avec un team d'experts, a élaboré la documentation relative au maintien du trafic durant les travaux de réfection de routes à grand débit dans un manuel destiné avant tout aux ingénieurs chargés d'exécuter ce genre de travaux. Il s'est efforcé de rédiger une documentation claire, compréhensible et en rapport avec la pratique, adressée à «l'homme de terrain». Diverses normes SIA et VSS servent de base à ce manuel, ainsi que des mandats de recherche, des rapports de l'OCDE, des concepts élaborés par la SIA et la FMB et des articles spécialisés auxquels il est fait référence dans les différents chapitres. Le groupe

du secteur génie civil de PI-BAT envisage d'approfondir les thèmes «mise en soumission» et «réalisation» en proposant un cours ultérieur.

La présente documentation a été soigneusement revue et corrigée à la suite d'une mise en consultation et d'un test d'application lors d'un cours pilote. Néanmoins, chaque auteur avait la liberté de traiter, selon sa propre expérience, certains aspects particuliers des thèmes étudiés.

Un éventuel remaniement du manuel permettra de combler les lacunes mises en évidence lors de son utilisation. L'Office fédéral des questions conjoncturelles ou le rédacteur/directeur responsable des cours accepte volontiers des suggestions.

Nous remercions vivement toutes les personnes qui, par leur travail précieux, ont contribué à la réalisation de la présente publication.

Dr H. Kneubühler  
Directeur-suppléant de  
l'Office fédéral des questions  
conjoncturelles

# Sommaire

---

|   | page |
|---|------|
| 1. Introduction   | 7    |
| 1.1 Objectif principal et problématique                 | 9    |
| 1.2 Vue d'ensemble du système                           | 10   |
| 1.3 Milieux intéressés et milieux touchés               | 13   |
| 1.4 Déroulement des travaux                             | 14   |
| 1.5 Conception du manuel                                | 16   |
| 1.6 Données de base: documentation/littérature          | 18   |
| <hr/>   |      |
| 2. Bases pour l'étude du projet                         | 19   |
| 2.1 Données de base et conditions préalables            | 21   |
| 2.2 Facteurs d'influence et recherche de solution       | 27   |
| <hr/>   |      |
| 3. Phase du projet                                      | 35   |
| 3.1 Principes de base                                   | 37   |
| 3.2 Gestion de la circulation, sécurité et exploitation | 37   |
| 3.3 Procédés d'exécution                                | 51   |
| 3.4 Déroulement des travaux                             | 67   |
| 3.5 Devis estimatif                                     | 73   |
| <hr/>   |      |
| 4. Phase de préparation de l'exécution                  | 75   |
| 4.1 Mise en soumission                                  | 77   |
| 4.2 Remarques particulières                             | 81   |
| <hr/>   |      |
| 5. Appendice  | 85   |
| Publications PI-BAT                                     | 87   |

---

# 1. Introduction

---

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.1 | Objectif principal et problématique        | 9  |
| 1.2 | Vue d'ensemble du système                  | 10 |
| 1.3 | Milieux intéressés et milieux touchés      | 13 |
| 1.4 | Déroulement des travaux                    | 14 |
| 1.5 | Conception du manuel                       | 16 |
| 1.6 | Données de base: documentation/littérature | 18 |

---

## 1.1 Objectif principal et problématique

L'objectif général du programme PI-BAT est de contribuer à améliorer la qualité des travaux de maintenance et de renouvellement\*) du domaine bâti, c'est-à-dire la sauvegarde de valeurs d'importance pour l'économie publique. En Suisse, la valeur de reconstitution des ouvrages du génie civil est actuellement estimée entre 300 et 400 milliards de francs. La part dévolue à l'infrastructure routière s'élève à environ 57%.

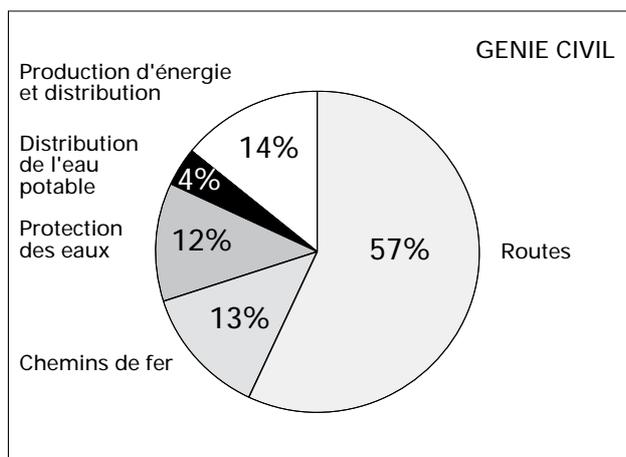


Fig. 1: Part en pour-cent des principales branches liées aux travaux d'infrastructure

Source: Office fédéral des statistiques

L'exécution optimale de mesures nécessite à la base des connaissances appropriées en technique et en planification ainsi qu'une mise en œuvre adaptée à la pratique. Le programme PI-BAT veut en cela donner des impulsions substantielles.

Il s'agit ainsi de transmettre de manière axée sur la pratique, des connaissances fondées dans les domaines de la planification, de l'étude du projet et de l'exécution de mesures de maintenance à réaliser pour des routes à grand débit en exploitation.

Le programme s'adresse en priorité aux ingénieurs mandatés pour des travaux de maintenance et de renouvellement, aux administrations publiques, mais également aux maîtres d'ouvrage, propriétaires et entrepreneurs.

La base juridique pour l'entretien des routes à grand débit est définie dans l'article 49 de la Loi fédérale sur les routes nationales du 9 mars 1960 ainsi que dans l'ordonnance d'application du 24 mars 1964.

**Routes nationales**

725.11 Loi fédérale du 8 mars 1960  
725.111 Ordonnance du 24 mars 1964  
(État le 1<sup>er</sup> juillet 1989)

---

**725.11**

**Loi fédérale sur les routes nationales**  
(Du 8 mars 1960)

*L'Assemblée fédérale de la Confédération suisse,*  
vu les articles 23, 36<sup>bis</sup>, 36<sup>ter</sup> et 37 de la constitution fédérale<sup>1)</sup>;  
vu le message du Conseil fédéral du 3 juillet 1959<sup>2)</sup>,

*arrête :*

**Chapitre premier: Dispositions générales**

**Ordonnance sur les routes nationales<sup>1)</sup>**  
(Du 24 mars 1964)

*Le Conseil fédéral suisse,*  
vu l'article 60 de la loi fédérale du 8 mars 1960<sup>2)</sup> sur les routes nationales,

*arrête :*

**Chapitre premier: Profils en travers type, alignements et éléments des routes nationales**

**Profils en travers type**

**Article premier**  
Le Département fédéral des transports, des communications<sup>3)</sup> fixe les profils en travers type des routes nationales.

Fig. 2: Loi fédérale et ordonnance d'application sur les routes nationales

«Les cantons assurent selon des principes économiques et d'une manière garantissant un trafic sûr et fluide l'entretien des routes nationales et le service des installations techniques et annexes»

Aujourd'hui, la maintenance et le renouvellement\*) ne s'organisent souvent pas d'une façon suffisamment professionnelle alors que de telles interventions sont plus complexes que la réalisation d'une nouvelle construction, aussi bien dans leur déroulement que dans leur planification, et présentent de plus grands risques (par exemple dépassements des coûts).

Une approche globale et une planification systématique aident à maîtriser la complexité des projets et à dégager des solutions efficaces qui prennent en compte les contraintes du trafic.

\*) Remarque: L'OFR utilise en lieu et place de «renouvellement» le terme «entretien»

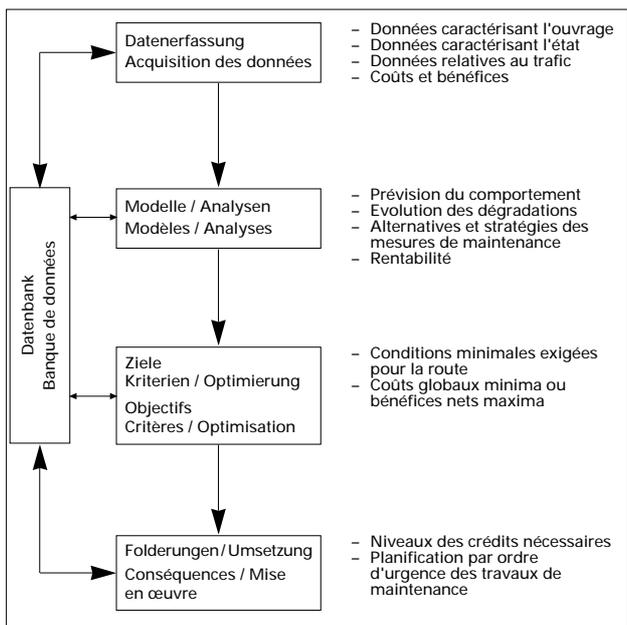


Fig. 3: Etapes dans le management de la maintenance routière (d'après SN 640 900, fig. 3)

## 1.2 Vue d'ensemble du système

Le système «Maintenance routière» constitue un élément du système supérieur «Route».

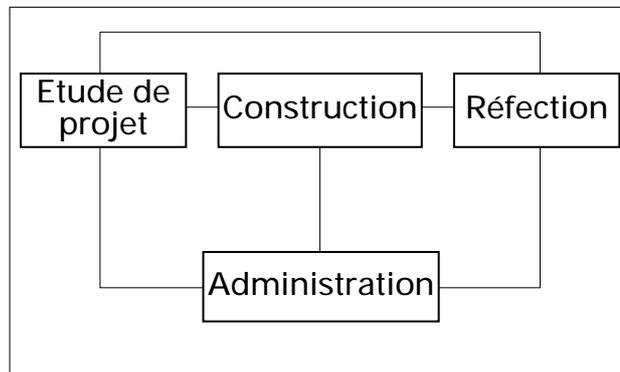


Fig. 4: Eléments du système supérieur «Route»

Pour les routes à grand débit comportant une forte densité de trafic, ceci signifie que les travaux de maintenance doivent en premier lieu être adaptés au trafic et non le trafic aux travaux !

Se référer dans ce contexte à la norme VSS-SN 640 900 qui traite du management de la maintenance routière ainsi qu'à la norme SN 640 901 (Système des objectifs).

Les termes utilisés par la suite en rapport avec les mesures de maintenance, découlent des définitions figurant dans la recommandation SIA 169 – «Maintenance des ouvrages de génie civil».

En général, les activités du management de la maintenance routière sont assurées par les organisations existantes.

Le schéma ci-dessous met en évidence les éléments particuliers du management de la maintenance routière et leurs interactions.

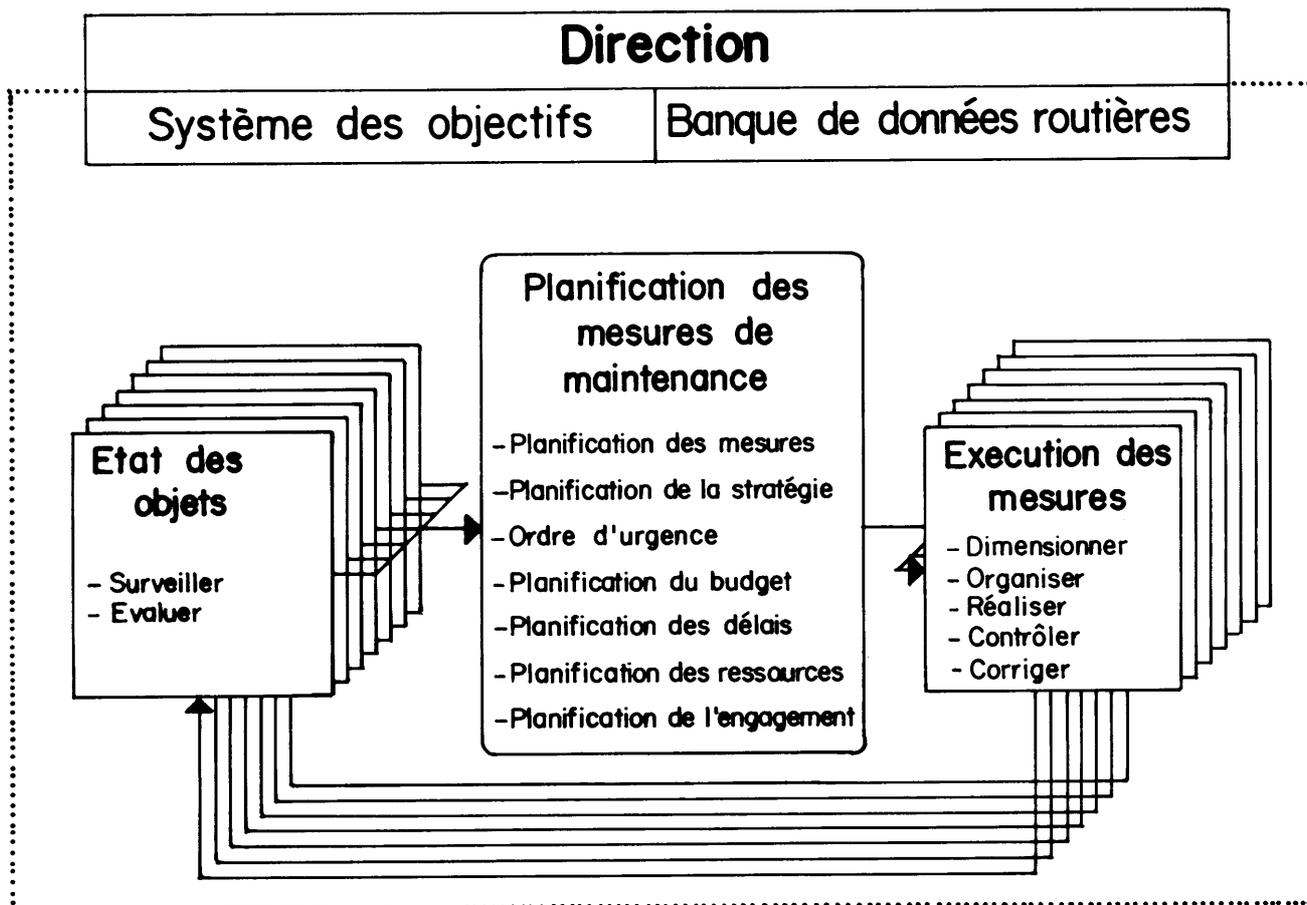
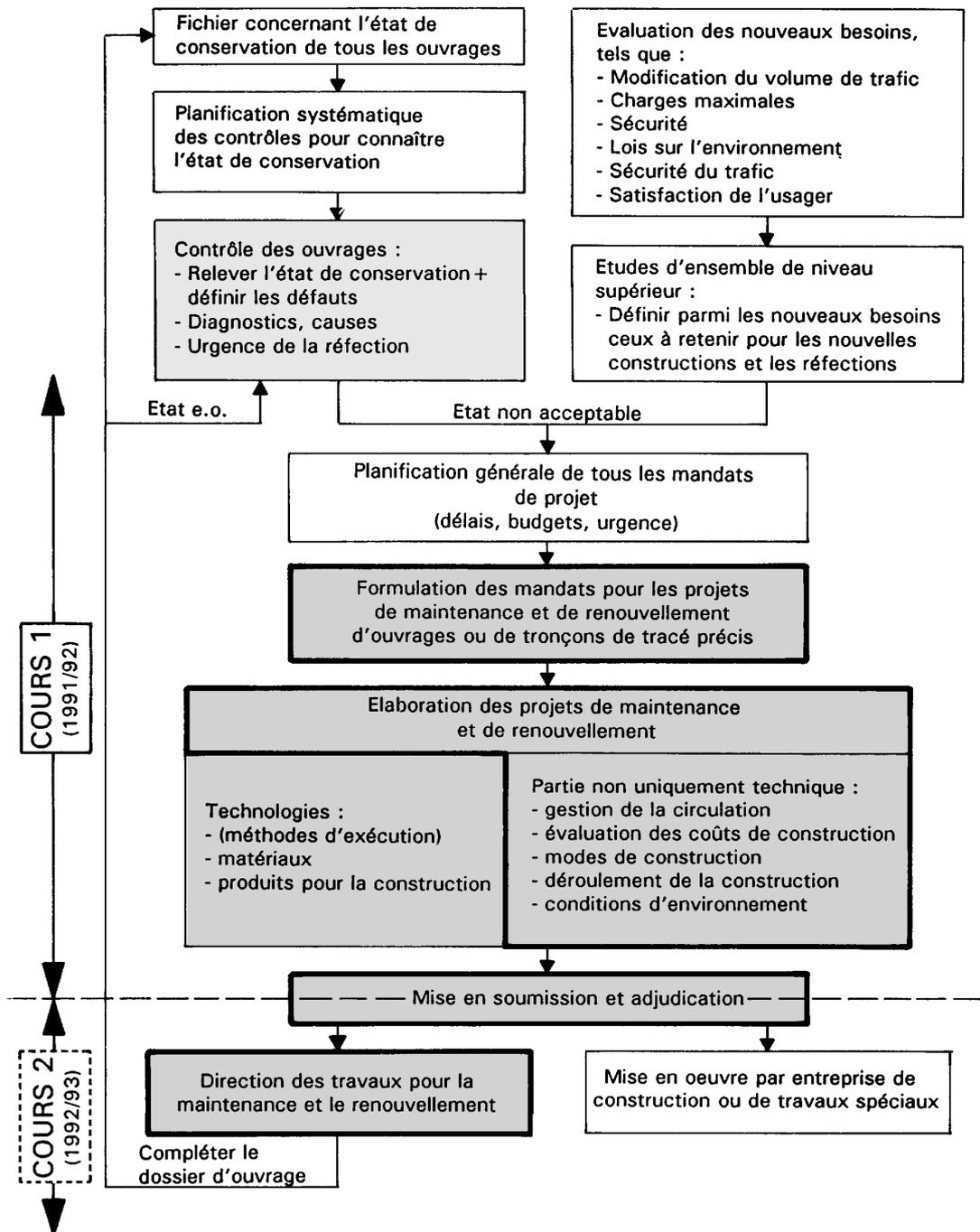


Fig. 5: Organisation de la gestion de la maintenance routière (d'après SN 640 900)

Schéma général de la répartition des tâches et des compétences lors de l'établissement de projets de conservation de substance ou de renouvellement sur des routes à grand débit, ainsi que de leur prise en compte dans le cadre du programme PI-BAT.

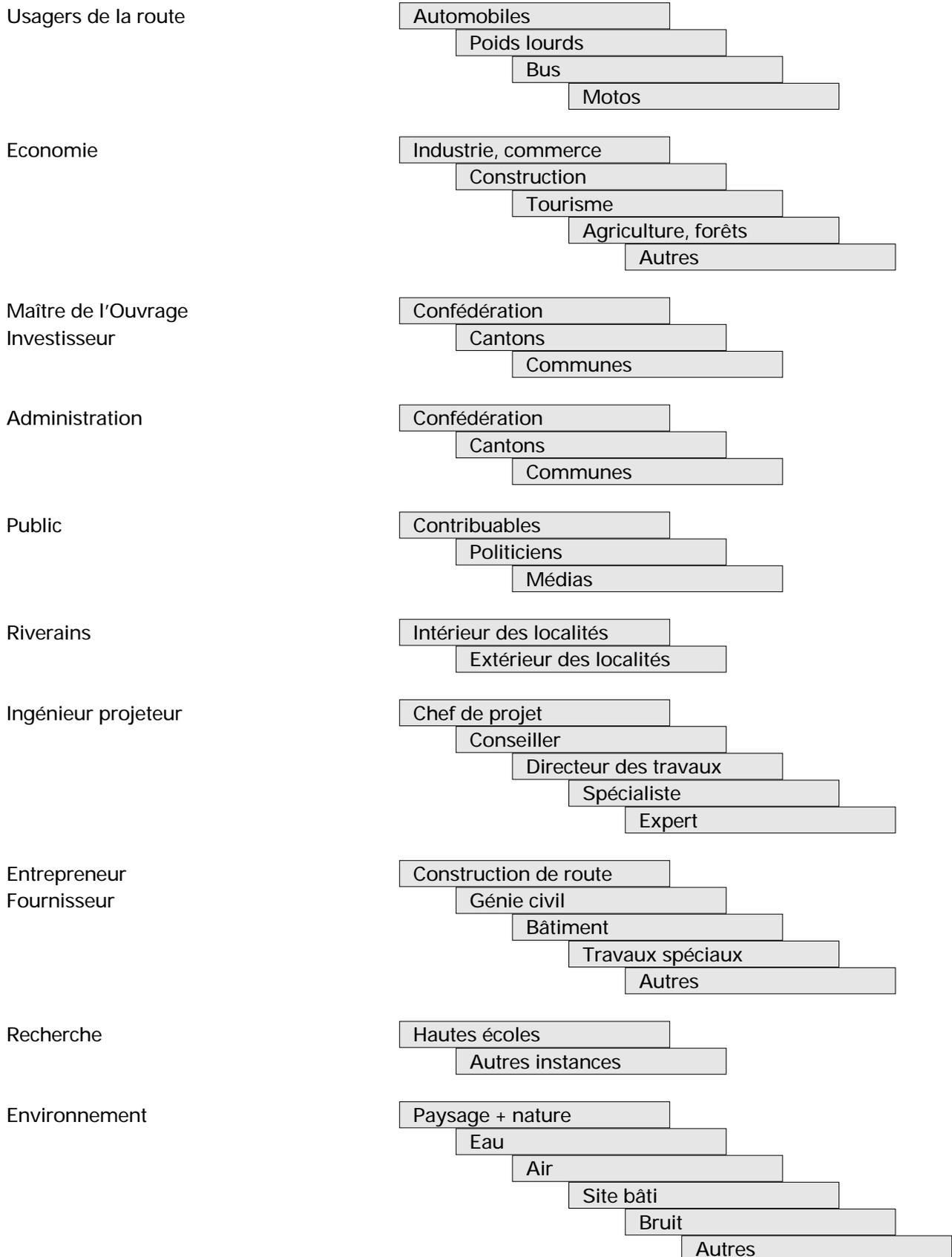


Prise en compte par le programme d'impulsion PI BAT :

- Groupe de travail "Maintenance de routes à grand débit en exploitation"
- Groupe de travail "Techniques d'auscultation des ouvrages de génie civil"
- Groupe de travail "Technologies"

Fig. 6: Répartition des tâches dans le programme PI-BAT, groupe thématique génie civil

### 1.3 Milieux intéressés et milieux touchés



### 1.4 Déroulement des travaux

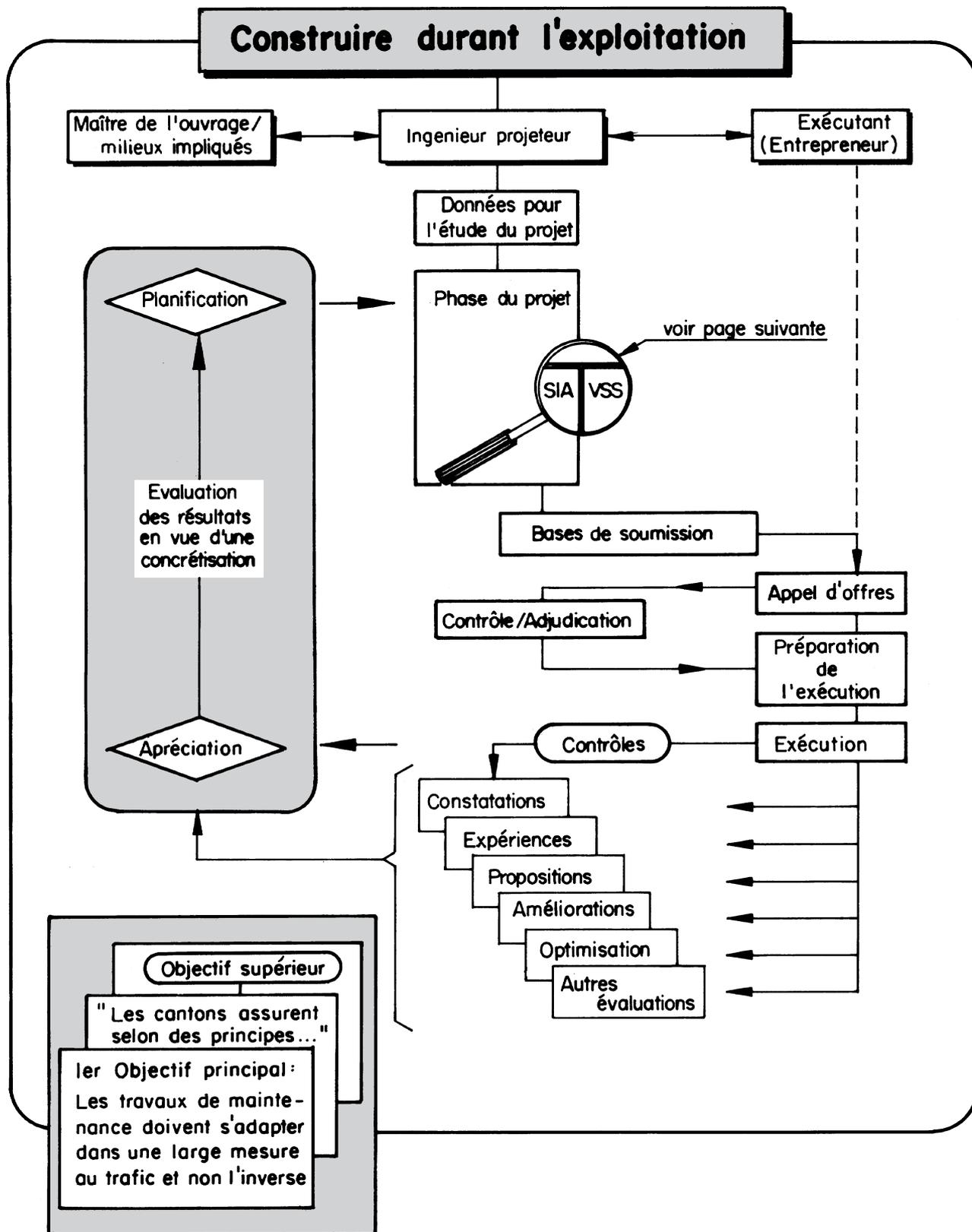


Fig. 7: Schéma de déroulement «Construire durant l'exploitation», établissement du projet de mesures de maintenance et de renouvellement de routes à grand débit

## DEROULEMENT DU PROJET

| SIA  | VSS  | OFR   |
|--|--|---|
| <p><b>SIA 103</b></p> <p>Art. 3, tabl. 3.6<br/>«Suite des prestations (prestations de base)»</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avant-projet</li> <li>• Projet définitif</li> <li>• Appel d’offres et comparaison des offres</li> <li>• Projet d’exécution</li> <li>• Documentation»</li> </ul> <p>(*)</p> | <p><b>SN 640 003</b></p> <p>«Le déroulement complet d’un projet comprend cinq étapes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etude préliminaire</li> <li>• Projet général</li> <li>• Projet définitif</li> <li>• Projet d’exécution</li> <li>• Dossier d’achèvement»</li> </ul> <p>(**)</p>         | <p><b>LRN / ORN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etude préliminaire</li> <li>• Avant-projet</li> <li>• Projet général (1:5000)</li> <li>• Projet d’exécution (1:1000)</li> <li>• Projet de détail</li> <li>• Plans de l’ouvrage exécuté</li> </ul> <p>(***)</p> |
| <p>(*)</p> <p>L’étude préliminaire n’est pas comprise dans les prestations de base. L’art. 4 du règlement 103 définit les prestations. Le tableau 3.6 représente chronologiquement le déroulement usuel des travaux.</p>   | <p>(**)</p> <p>L’étude préliminaire précédant la planification générale n’est pas traitée dans cette norme. Le contenu détaillé de chaque étape est exposé dans des normes particulières, alors que l’enchaînement des activités de chaque étape est expliqué dans la norme «Déroulement des projets».</p> | <p>(***)</p> <p>Le projet général est mis en consultation alors que le projet d’exécution sert à la mise à l’enquête publique.</p>  |

Fig. 8: Définition des phases de travail dans le déroulement du projet

## 1.5 Conception du manuel

Le manuel «Maintenance de routes à grand débit en exploitation» s'appuie sur la définition des étapes de projet indiquée dans la norme SN 640 003 et le règlement SIA 103 et cherche à démontrer des démarches adéquates sur la base d'exemples exécutés.

*SIA 103 (1984)  
Règlement concernant les prestations et honoraires  
des ingénieurs civils*

*SN 640 003  
Elaboration des projets – Définitions des étapes*

Le tableau suivant explique la structure du présent manuel et du cours et met en évidence l'interdépendance entre les diverses phases de projet et une série de sujets pouvant se présenter différemment par rapport à une construction nouvelle.

|                |  | RPH SIA 103 (1984) («Ouvrages complets»)          |                      |                    |              |                  |                                       |                    |                                |                              |                              | DONNEES REQUISES                         |   |  |                                      |
|----------------|--|---|----------------------|--------------------|--------------|------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|---|--|--------------------------------------|
|                |  | DESCRIPTION DES PRESTATIONS+DEROULEMENT (Art. 4)  |                      |                    |              |                  |                                       |                    |                                |                              |                              |  |   |  |                                      |
| COURS          | MANUEL «MAINTENANCE DE ROUTES À GRAND DÉBIT EN EXPLOITATION» | 4.1.1   | 4.1.2                | 4.1.3              | 4.1.4        | 4.1.5            | 4.1.6                                 | 4.1.7              | 4.1.8                          | 4.1.9                        | 4.1.10                       | Documents et plans de l'ouvrage existant | Normes, conditions, prescriptions et directives | Données du maître de l'ouvrage et de tiers |                                      |
|                | Chapitres principaux   | Sous-chapitres principaux                         | Travail préparatoire | Etude préliminaire | Avant-projet | Projet définitif | Appel d'offres + comparaison d'offres | Projet d'exécution | Direction générale des travaux | Direction locale des travaux | Dossier de l'ouvrage terminé |  |   |  | Surveillance des travaux de garantie |
| COURS 1 (1991) | Chapitre 2<br>Base de projet                                 | 2.1 Conditions limites et documents nécessaires   |                      |                    |              |                  |                                       |                    |                                |                              |                              |  |   |  |                                      |
|                |  | 2.2 Facteurs d'influence et recherche de solution |                      |                    |              |                  |                                       |                    |                                |                              |                              |  |   |  |                                      |
|                | Chapitre 3<br>Phase de conception du projet                  | 3.2 Gestion du trafic Sécurité                    |                      |                    |              |                  |                                       |                    |                                |                              |                              |  |   |  |                                      |
|                |  | 3.3 Méthodes de construction                      |                      |                    |              |                  |                                       |                    |                                |                              |                              |  |   |  |                                      |
|                |  | 3.4 Déroulement des travaux                       |                      |                    |              |                  |                                       |                    |                                |                              |                              |  |   |  |                                      |
|                | Chapitre 4<br>Phase de préparation de l'exécution            | 4.1 Soumissions                                   |                      |                    |              |                  |                                       |                    |                                |                              |                              |  |   |  |                                      |
|                |  | 4.2 Indications spéciales                         |                      |                    |              |                  |                                       |                    |                                |                              |                              |  |   |  |                                      |
| COURS 2 (1992) | Mise en soumission, adjudications et exécution               |   |                      |                    |              |                  |                                       |                    |                                |                              |                              |  |   |  |                                      |

Fig. 9: Structure du manuel et des cours

## 1.6 Données de base : documentation/littérature

Littérature consultée:

A. Schmuck, Strassenerhaltung mit System, Grundlagen des Managements, Kirschbaumverlag, Bonn-BRD, 1987.

(Maintenance routière systématique, bases du management).

AJS/Rapp, Massnahmen zur Aufrechterhaltung des Verkehrs im Bereich von Bauarbeiten an Autobahnen- und Strassen, VSS Forschungsauftrag 9/87.

(Mesures pour le maintien du trafic dans la zone de travaux sur les autoroutes et semi-autoroutes).

OCDE, 1987, Systematische Methoden der Massnahmenerhaltung, Strassenforschung Heft 357, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien.

(Méthodes systématiques de la maintenance par mesures, recherche routière, cahier 357).

OCDE, 1989, Verkehrsführung und Sicherheit im Bereich von Baustellen, VSS Nr. 202, 1990.

(Gestion de la circulation et sécurité dans les zones de chantier).

Documents:

Bundesamt für Strassenbau, Administrative Weisungen für den Unterhalt und Betrieb der Nationalstrassen.

(OFR, directives administratives pour l'entretien et l'exploitation des routes nationales).

Stau auf Durchgangssachsen, Auswirkungen von Bauarbeiten auf den Verkehr

Ingenieurbüro SNZ, Zürich, 1988, im Auftrag des Schweizerischen Fonds für Unfallverhütung im Strassenverkehr.

(Bouchons sur des axes de transit, conséquences de travaux de construction sur le trafic).

Leistungsfähigkeit beim Fahrstreifenabbau auf Hochleistungsstrassen,

Ingenieurgesellschaft GSS, Mögerle, Keller (Laufender Forschungsauftrag SVI, 1990).

(Capacités lors de la réduction de voies de circulation sur des routes à grand débit).

Schweizerisches Polizei-Institut, Handbuch für die Autobahnpolizei, (Kantonspolizei Zürich), 1982.

(Institut suisse de Police, manuel pour la police autoroute).

Rudolf Berger, Bauprojektkosten – Ein Indikatorenmodell zur nutzenorientierten Kostenplanung und Kostenbeurteilung, CRB, 1988.

(Coût d'un projet de construction – un modèle par indicateurs pour la planification et l'appréciation des coûts).

Innovative Bauerneuerung, Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Robert Fechtig, ETH-Zürich, J.W. Schregenberger, Zürich, 1991.

Renouvellement des constructions selon des méthodes innovatrices, publication éditée à l'occasion du 60<sup>e</sup> anniversaire du Prof. R. Fechtig, EPF-Z)

Schweizer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Vermeidung und Behebung von Betonbauschäden, SIA D 033, 1988.

(Travaux de recherche et de développement en Suisse dans le domaine de la prévention et de la réparation des dégâts dans les constructions en béton)

Qualitätssicherung im Bauwesen, eine Forderung unserer Zeit, SIA D 062, 1990.

(Assurance de qualité dans la construction, une exigence de notre époque).

Revue et périodiques:

«Strasse und Verkehr»

Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich.

(«Routes et trafic»)

«Strasse und Autobahn»

Forschungsgesellschaft für das Strassen- und Verkehrswesen und Bundesvereinigung der Strassenbau- und Verkehrsingenieure, Kirschbaumverlag, Bonn-Bad Godesberg.

(«Routes et autoroutes», société de recherches pour la route et le trafic et association fédérale allemande des ingénieurs des routes et du trafic).

Normes et directives:

Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), «Schweizer Norm SN».

(Association suisse des professionnels de la route (VSS), normes suisses NS).

Schweizerischer Ingenieur-und Architektenverein (SIA), «Dokumentation».

(Société des Ingénieurs et Architectes (SIA), «documentation»).

---

## 2. Bases pour l'étude du projet

---

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.1   | Données de base et conditions préalables               | 21 |
| 2.1.1 | Documentation du Maître de l'Ouvrage                   | 21 |
| 2.1.2 | Normes, conditions, prescriptions et directives        | 23 |
| 2.1.3 | Autres données du Maître de l'Ouvrage et de tiers      | 24 |
| <hr/> |  |    |
| 2.2   | Facteurs d'influence et recherche de solutions         | 27 |
| 2.2.1 | Introduction   | 27 |
| 2.2.2 | Gestion de la circulation, sécurité du trafic          | 28 |
| 2.2.3 | Etudes de variantes                                    | 31 |
| 2.2.4 | Maintien du fonctionnement des conduites industrielles | 32 |
| 2.2.5 | Estimation des coûts                                   | 32 |
| 2.2.6 | Critères d'évaluation                                  | 33 |

---

## 2.1 Données de base et conditions préalables

Dans un premier temps, le Maître de l'Ouvrage doit fournir à l'ingénieur mandaté les documents existants relatifs aux ouvrages à rénover, sinon ce dernier devra les réclamer.

|   |   |
|---|---|
| Projektbuch<br>Nationalstrasse <b>N2</b><br>Abschnitt: <b>Augst</b><br><b>Sissach</b><br>Art: <b>Unterhalt</b><br>.....<br>.....<br>Objekt: <b>Brücke</b><br><b>Weiherrmatt</b><br>ASB Nr.: <b>2.404</b><br>TBA Nr.: <b>1.404</b> | Projektbuch Planung <b>1</b><br>-----<br>Generelles Projekt <b>2</b><br>-----<br>Projektierung <b>3</b><br>-----<br>Landerwerb <b>4</b><br>-----<br>Bauausführung <b>5</b><br>-----<br>Termine <b>6</b><br>-----<br>Kontrollen <b>7</b><br>-----<br>Abnahmen <b>8</b><br>-----<br>Betrieb (Planverzeichnis) <b>9</b><br>-----<br>Planregister <b>10</b> |
|---|---|

Fig. 10: Exemple d'un dossier de projet (canton de Bâle-Campagne)

Ces documents font souvent défaut dans le cas de constructions anciennes. Le Maître de l'Ouvrage établira dans ces cas-là la marche à suivre avec l'ingénieur. Suivant le type de projet de construction, il sera nécessaire d'élaborer préalablement les données requises ou d'entreprendre des investigations ou analyses. Il s'avère par expérience que ces recherches (plans, calculs, factures, etc.) exigent beaucoup de temps. Quand elles existent, certaines directives telles par exemple des cahiers des charges pour la surveillance, permettent de préciser la suite des opérations.

### 2.1.1 Documentation du Maître de l'Ouvrage

Ces documents sont en général classés dans les archives du Maître de l'Ouvrage ou peuvent être obtenus à partir d'une banque de données. On différencie par exemple les pièces suivantes:

#### Dossiers de construction

On trouve en général ces pièces dans les archives du Maître de l'Ouvrage. Dans le cas d'ouvrages anciens, ces dossiers présentent souvent des lacunes et devront être complétés. On recherchera les documents manquants (plans, calculs statiques, etc.) auprès des différentes instances concernées, par exemple inspectorats des constructions, architectes, ingénieurs, services d'entretien.

#### Banques de données routières

En règle générale, les cantons (offices de la circulation) possèdent de nombreuses données et informations en rapport avec les routes et les ouvrages d'art. Les données routières se réfèrent la plupart du temps à des caractéristiques telles que lieu, date, qualité intrinsèque, coût, etc. La valeur de ces informations reste très variable. Il sera judicieux ici de consulter la nouvelle norme SN 640 909. Elle définit les règles principales pour la création d'une banque de données à l'usage de la gestion des travaux de maintenance. Cette norme précise également la marche à suivre dans l'établissement d'une banque de données routières.

#### Recensement de la circulation

Des stations automatiques de recensement de la circulation existent sur de nombreuses routes à grand débit.

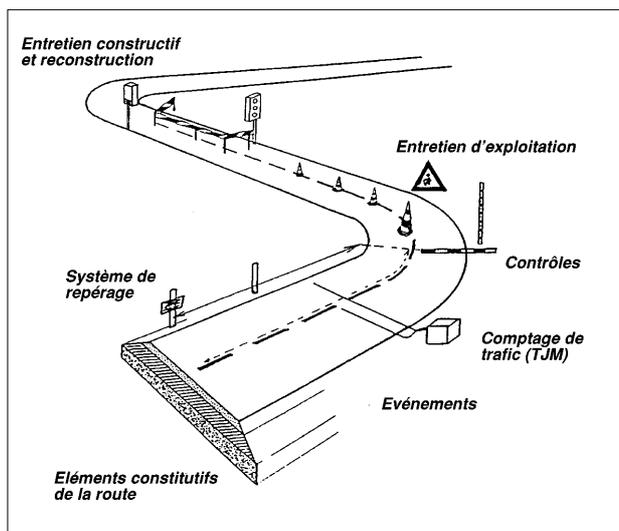


Fig. 11: Les différentes sortes de données routières (selon SN 640 909, fig. 7)

Les résultats de ces recensements s'obtiennent – quand ils existent – auprès des responsables cantonaux (direction des travaux publics, bureau des routes nationales, police des autoroutes) ou auprès des communes. Ces données sont importantes dans l'étude du projet.

Le cas échéant, des recensements complémentaires spécifiques au projet seront nécessaires, ceci au stade de l'avant-projet, du projet définitif et, éventuellement, même durant la phase d'exécution (bouchons, transferts du trafic, etc.).

**Inspections principales des ouvrages d'art**  
Les normes SIA 169 ou SN 640 930 exigent des inspections régulières des ouvrages d'art. Différents Maîtres d'Ouvrage ont déjà procédé à de telles réfections et les résultats peuvent être considérés comme base pour les prochaines phases d'étude.

**Inspections spéciales**  
Suivant les résultats de l'inspection principale, le Maître de l'Ouvrage aura déjà exécuté des investigations supplémentaires et fait vérifier les données statiques.

- *PI-BAT, Entretien et renouvellement dans le domaine du génie civil, groupe de travail «méthodes de diagnostic», techniques d'auscultation des ouvrages de génie civil*
- *Norme VSS (1990) SN 640 925 «Relevé et évaluation de l'état des routes».*

**Relevé de l'état des routes**

La norme SN 640 925 prescrit la marche à suivre pour relever l'état des routes.

**Plan d'utilisation**

La norme SIA 160, édition 1989, exige l'établissement d'un plan d'utilisation pour chaque nouvelle construction.

Le plan d'utilisation récapitule les états d'utilisation (actions) à prendre en compte ainsi que les diverses mesures (détails de construction, dimensionnement, choix de matériaux) qui sont à prévoir afin de répondre au mieux aux exigences du Maître de l'Ouvrage relatives à l'aptitude au service.

Dans le cas de travaux de maintenance ou de renouvellement, ce document devra faire, de cas en cas, l'objet d'une discussion avec le Maître de l'Ouvrage.

Le plan d'utilisation sert également de base pour le plan de contrôle (phase d'exécution) de même que pour les plans de surveillance et d'entretien (phase d'exploitation).

**Prescriptions d'utilisation**

Pour certaines constructions, il s'avère utile d'édicter des prescriptions d'utilisation qui récapitulent toutes les règles à respecter lors de l'exploitation. Dans le cadre de travaux d'assainissement ou de renouvellement, il s'agira de vérifier pour chaque cas si de tels documents existent ou s'il y a lieu de les rédiger spécialement.

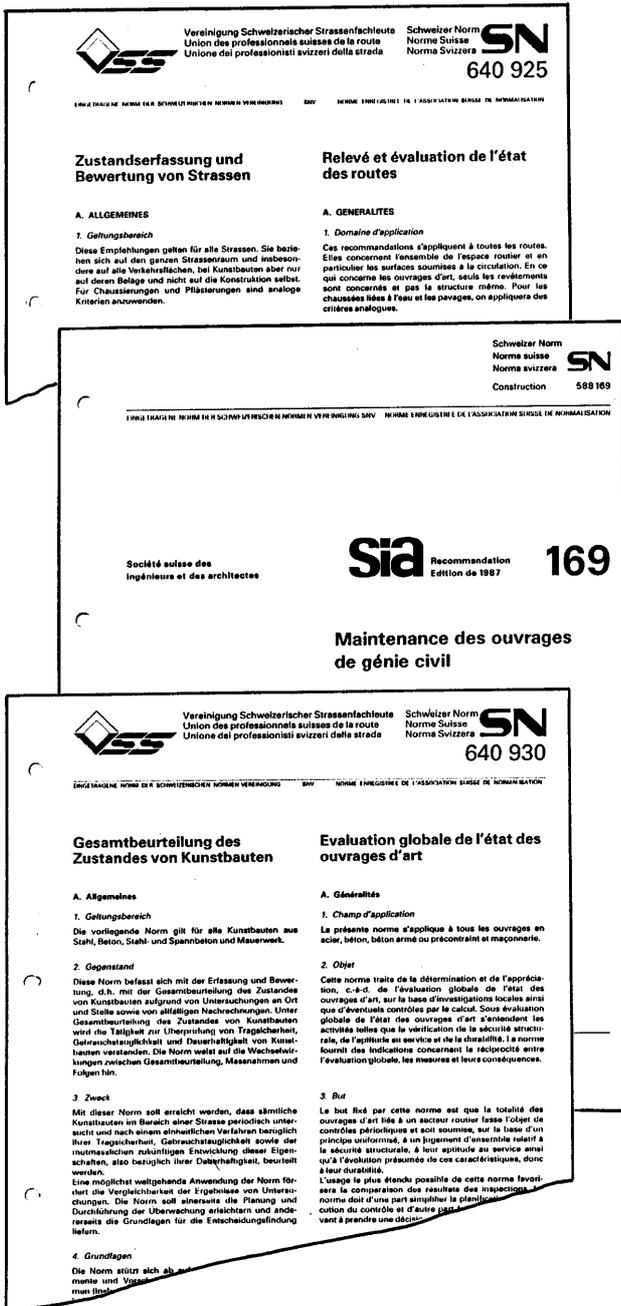


Fig. 12: Prescriptions pour le relevé de l'état des routes et ouvrages d'art

### 2.1.2 Normes, conditions, prescriptions et directives

Certains Maîtres de l'Ouvrage importants, tels l'office fédéral des routes (OFB), les CFF et plusieurs cantons ont édicté leurs propres conditions, prescriptions ou directives. L'ingénieur doit se procurer auprès de chaque mandant les données adéquates en vigueur.

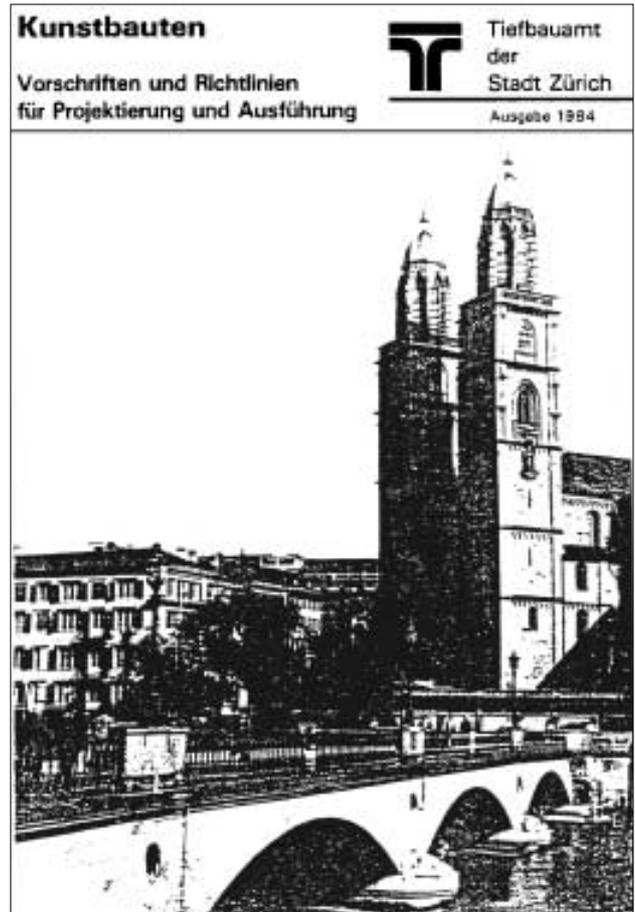


Fig. 13: Exemple de prescriptions et directives pour l'étude de projet et l'exécution d'ouvrages d'art (ville de Zurich)

On utilisera par exemple les documents suivants:

- Normes SIA et VSS.
- Complément OFB aux normes SIA 118 (édition 1977 et 1991) et 169/1 (1988), directives concernant les indications à fournir à l'OFB dans le cadre du projet de détail (1979).
- Directives OFB concernant les détails de construction.
- Directives pour l'étude de projets sous forme de plans-types ou détails standardisés.

- Directives d'exécution par exemple pour:
  - sous-sol, stabilisation;
  - constructions en béton;
  - couche de fondation;
  - asphalte damé;
  - revêtement de ponts;
  - protection des eaux souterraines;
  - directives au sujet de conditions techniques importantes dans la construction des ouvrages d'art, etc.

#### Normes VSS

SN 640 700 – 640 899

«Entretien des routes, exploitation»

SN 640 885 a

«Signalisation temporaire sur autoroutes et semi-autoroutes»

- Diverses prescriptions et ordonnances telles que:
  - ordonnance de la CNA;
  - protection des eaux;
  - ordonnances sur les prescriptions techniques d'exécution concernant la protection contre le bruit.
- Directives concernant le comportement à observer sur les routes à grand débit (par exemple direction des travaux publics du canton de Bâle-Campagne).
- Directives administratives d'ordre général concernant par exemple:
  - la réalisation des plans;
  - la documentation sur les ouvrages réalisés.
- Bases légales telles que code des obligations, loi sur la circulation routière, etc.

### 2.1.3 Autres données du Maître de l'Ouvrage et de tiers

#### Conditions préalables pour le projet

La première opération consiste à définir de manière claire les conditions préalables importantes pour le projet, telles que:

- exposé du problème;
- délais;
- restrictions d'exploitation;

et de formuler les principaux objectifs déterminants pour les travaux d'étude:

- élargissement d'un pont par suite d'absence de bande d'arrêt d'urgence;

- élargissement d'un pont par suite d'une phase particulière de travaux (par exemple 4 pistes sur un seul pont);
- renforcement par suite de modifications des conditions du trafic ou de la méthode de dimensionnement;
- contrôle des calculs statiques à la lumière de nouvelles normes;
- contrôle des calculs statiques existants;
- etc.

#### Contrat d'honoraires

Un contrat doit être établi avec le Maître de l'Ouvrage. Il faudra choisir avec soin la formule qui s'adapte le mieux au genre d'ouvrage projeté, le tarif-coût ou le tarif-temps.

#### Tarif-temps

*Dans le cadre d'un mandat rétribué au tarif-temps, il faudra préciser l'étendue des études de variantes afin d'exclure des mauvaises surprises pour chacun des partenaires.*

L'expérience prouve que le fractionnement des prestations selon le règlement 103 de la SIA sur les honoraires pose problème dans le cadre des travaux de maintenance et de renouvellement.

Lors d'une rémunération au tarif-coût, le degré de difficulté doit être fixé préalablement. Il paraît également difficile d'évaluer à l'avance le coût probable des travaux, vu que l'étendue des dégâts n'est pas suffisamment bien connue lors de l'attribution du mandat. De plus, il faut bien connaître les documents disponibles. Enfin, il faut décider qui assume l'assurance de qualité et les contrôles et comment ces prestations sont rémunérées.

Il s'avère dès lors judicieux de procéder par étapes.

Les expériences avec le tarif-temps se sont avérées jusqu'à ce jour positives dans de nombreux cas.

Les frais pour la direction des travaux se révèlent relativement importants, surtout en cas de petits ouvrages.

### Organisation

L'organigramme du Maître de l'Ouvrage comprenant les services responsables et les collaborateurs devra être demandé.

La structure d'organisation pour le projet est à mettre au point suffisamment tôt avec le Maître de l'Ouvrage.

Il en est de même pour la définition du mandat de l'ingénieur de contrôle et le début de son activité.

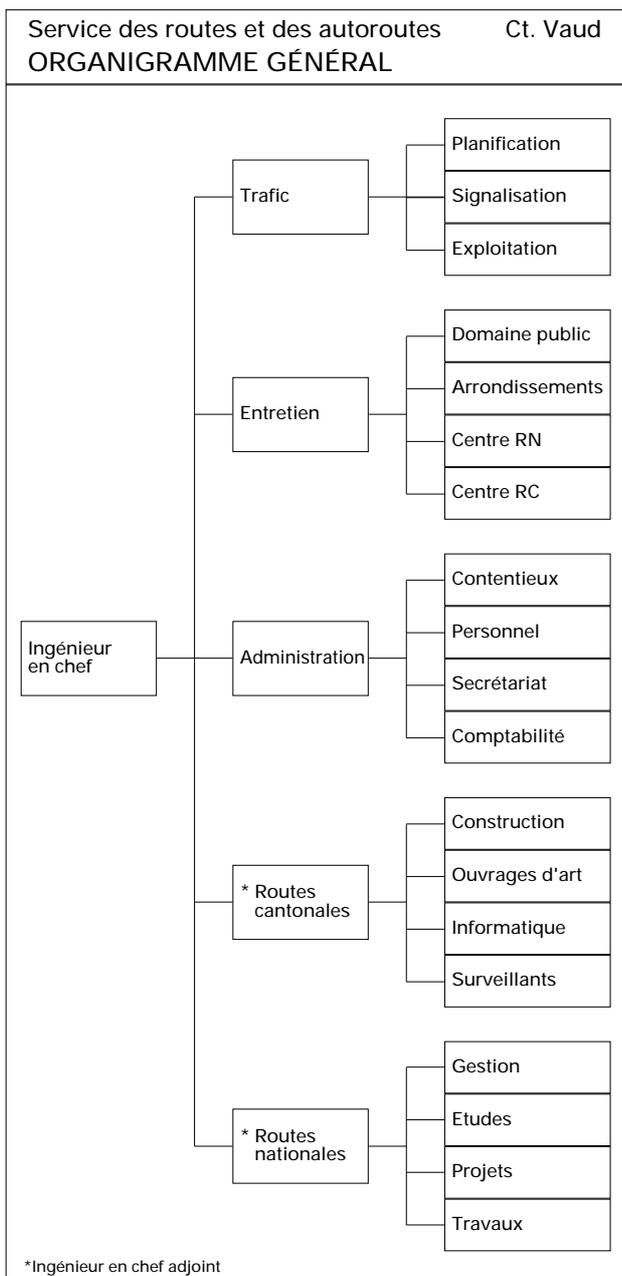


Fig. 14: Organigramme d'une direction des travaux publics

### Gestion de la circulation

D'entente avec le Maître de l'Ouvrage et la police, il faudra fixer les consignes déterminantes pour l'étude du projet, celles du Maître de l'Ouvrage relatives à la signalisation temporaire de même que les directives spéciales à respecter, et nommer les personnes responsables de la sécurité du trafic, de la mise en place et de l'entretien de la signalisation.

|   |  |
|---|--|
| DTP<br>Ct ....  | Instructions pour les travaux sur et aux abords des autoroutes |
| CONTENU   |  |
| 1. RÈGLES GÉNÉRALES DE COMPORTEMENT                               |  |
| 1.1 Risques   |  |
| 1.2 Organisation des travaux                                      |  |
| 1.3 Accès à la chaussée   |  |
| 1.4 Gabarit d'espace libre  |  |
| 1.5 Surfaces vertes   |  |
| 1.6 Compétence pour la signalisation                              |  |
| 1.7 Horaire de travail  |  |
| 1.8 Accès du chantier   |  |
| 1.9 Sécurité du chantier  |  |
| 1.10 Devoir de diligence  |  |
| 1.11 Utilisation des accès de service                             |  |
| 1.12 Habillement  |  |
| 1.13 Information des milieux touchés, responsabilités             |  |
| 2. RÈGLES SPÉCIALES RELATIVES AUX TRAVAUX DANS LES TUNNELS        |  |
| 2.1 Utilisation des galeries latérales sans rabattement du trafic |  |
| 2.2 Travaux dans les canaux de ventilation                        |  |
| 2.3 Sécurité des personnes  |  |
| 2.4 Dépôts de matériel  |  |
| ... ..  |  |
| 2.6 Comportement en cas d'alarme                                  |  |
| 2.7 Ventilation   |  |
| 2.8 Tâches de la direction des travaux                            |  |
| 3. QUESTIONS ADMINISTRATIVES                                      |  |
| 3.1 Principe de base  |  |
| 3.2 Procédure d'autorisations                                     |  |
| 3.3 Annonces  |  |
| 3.4 Divers  |  |
| 4. ANNEXES  |  |
| 4.1 Formulaire pour demande d'autorisation                        |  |
| ... ..  |  |
| ... ..  |  |
| 4.4 Demande pour utilisation de feux clignotants oranges          |  |

Fig. 15: Exemple de directives spéciales

Il faudra également fixer les conditions relatives à la réduction du nombre ou de la largeur des pistes de circulation.

*Voir indications plus détaillées aux chapitres 2.2.2 et 3.2.2*

Planification des délais et contraintes du calendrier

La planification des périodes de travaux doit être clairement établie en fixant le délai le plus tôt pour le début des travaux (déblaiement de la neige) et pour l'évacuation du chantier (températures inadéquates pour la pose du revêtement, déblaiement de la neige).

Il faut connaître suffisamment tôt certaines dates fixes où il s'agit d'éviter un engorgement du trafic tel que foires (Comptoir suisse, Salon de l'auto, etc.), manifestations importantes (concerts, sport), jours fériés (par exemple Ascension), début des vacances (par exemple vacances d'hiver).

Il s'agit également de fixer les «fenêtres» demandant des arrêts de travail, par exemple le matin et le soir lors du trafic pendulaire, durant les vacances d'été, etc.

Enfin, il s'agira de connaître les dates de passage d'éventuels convois spéciaux, ne permettant momentanément aucune réduction de la largeur des bandes de circulation.

Coordination

Les éventuels autres chantiers, situés à proximité ou dans la zone touchée par les travaux demandent une coordination avec les mesures prévues:

- coordination de modification des voies de circulation;
- marquage provisoire commun, etc.

Exigences des services de l'entretien

Le type de collaboration avec les services d'entretien doit être défini.

Quelles sont leurs exigences fondamentales?

Quelles sont les directives applicables lors de travaux sur une autoroute?

Exigences de qualité

Il faut s'enquérir des exigences particulières du Maître de l'Ouvrage (par exemple concernant le béton, les adjuvants, la résistance au gel et aux sels de déverglaçage, les revêtements avec liants modifiés chimiquement, les étanchéités, etc.)

Système d'assurance de qualité

Quelles directives, consignes, etc. faut-il utiliser dans le cadre d'un système d'assurance de qualité?

Quelles exigences de qualité doit-on appliquer?

Conditions pour l'élaboration des plans

Il s'agit de connaître suffisamment tôt les souhaits exprimés par le Maître de l'Ouvrage concernant des pages de titre spéciales, une présentation spéciale, la mise sur micro-film, des directives au sujet des plans de l'ouvrage réalisé et du classement.

Quelles bases existent chez le Maître de l'Ouvrage pour l'établissement des plans d'ensemble?

Où se trouvent ces documents, plans de cadastre, etc.?

Il y a grand avantage à définir avec le Maître de l'Ouvrage la présentation des plans (spécialement les plans d'ensemble). Il faudra également s'entendre sur la mise en œuvre d'applications informatiques particulières ainsi que sur la réalisation des plans par CAD.

## 2.2 Facteurs d'influence et recherche de solutions

### 2.2.1 Introduction

L'analyse de facteurs d'influence et des types de solution est un des instruments de planification dans le système de management «Maintenance des routes durant l'exploitation» (MMR) au moyen desquels des décisions visant la construction ou le renouvellement basées sur des critères rationnels sont prises, de préférence en relation avec:

- choix de mesures optimales sur le plan économique;
- matériaux et méthodes de construction;
- une organisation appropriée des travaux basée sur une appréciation des conséquences qui en découlent.

Objectif supérieur du management de la maintenance routière (MMR)

Atteindre une efficacité maximale dans tous les domaines du management des routes eu égard à:

- la viabilité (VI)
- la capacité (CA)
- la sécurité du trafic (ST)
- la satisfaction de l'utilisateur (SU)
- la conservation (CO)

en tenant compte:

- des coûts pour l'économie générale (CG)
- de la compatibilité avec l'environnement (CE)

dans les meilleures conditions grâce à:

- l'état des connaissances (EC)
- une politique d'information (PI)
- l'exploitation des ressources (ER)

Fig. 16: Définition des objectifs...

L'objectif principal constituant la base pour ces décisions est l'exigence suivante:

«... exploiter et entretenir les routes à grand débit et leurs installations techniques selon des principes économiques et d'une manière garantissant un trafic sûr et fluide»

Les exemples présentés dans ce manuel veulent fournir des impulsions permettant d'obtenir rapidement, pour un problème précis à traiter, des solutions acceptables, orientées sur les objectifs du système.

#### Application au niveau des projets

Lors de la planification, de l'établissement des projets et de l'exécution, il faut évaluer chaque mesure envisagée par rapport aux objectifs du système, c'est-à-dire déterminer le degré de réalisation de ces buts. Sur le plan quantitatif, cette évaluation ne peut se faire qu'à partir du moment où les objectifs du niveau le plus bas (voir fig.1) ont été fixés sous forme de critères mesurables. S'il s'agit en l'occurrence de critères de technique de circulation et de construction routières, ils figurent en grande partie dans les normes détaillées correspondantes de la VSS. Il existe en outre des critères qui découlent obligatoirement des conditions locales dans chaque domaine d'application. Enfin, de nombreux critères doivent être définis en fonction des lois et de la politique.

Fig. 17: ... et application du management de la maintenance routière au niveau des projets (voir SN 640 091, page 13)

Les mesures à comparer comprennent entre autres, par exemple:

- mesures administratives visant à régler le trafic, respectivement à le restreindre;
- mesures de construction et/ou de renouvellement ; elles nécessitent des décisions concernant les méthodes de construction, matériaux et techniques de mise en œuvre, etc.;
- mesures relatives au déroulement de l'exécution (nécessaires pour la réalisation des mesures de construction ou de renouvellement). Elles nécessitent des décisions (par exemple) sur la gestion de la circulation, la grandeur des lots, la planification des délais (horaire journalier, hebdomadaire, etc.).

Par la suite, certains ensembles de problèmes sont décrits brièvement, en montrant diverses interdépendances et conditions limites:

- gestion de la circulation, sécurité du trafic (minimisation de l'entrave à la circulation, critères économiques, sorties et accès, réductions de la vitesse);
- représentation d'idées de projet;
- étude de variantes;
- maintien en service de conduites industrielles;
- estimation grossière des coûts;

- représentation comparative des coûts de construction et d'exploitation;
- création de critères d'appréciation.

A. Schmuck, *Strassenerhaltung mit System, Grundlagen des Managements*, Kirschbaumverlage, Bonn (BRD), 1987  
(Maintenance routière systématique, bases du management).

OCDE, 1987, *Systematische Methoden der Massnahmenerhaltung, Strassenforschung Heft 357, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien.*  
(Méthodes systématiques de la maintenance par mesures, recherche routière, cahier 537).

OCDE, 1989, *Verkehrsführung und Sicherheit im Bereich von Baustellen, VSS Nr. 202, 1990.*  
(Gestion de la circulation et sécurité dans les zones de chantier).

AJS/Rapp, *Massnahmen zur Aufrechterhaltung des Verkehrs im Bereich von Bauarbeiten an Autobahnen und -Strassen, VSS Forschungsauftrag 9/87.*  
(Mesures pour le maintien du trafic dans la zone de travaux sur les autoroutes et semi-autoroutes).

### 2.2.2 Gestion de la circulation, sécurité du trafic

#### Schéma de déroulement

Dans ce schéma interviennent par exemple des études sur le déroulement du trafic et sur les incidences de la planification de l'organisation des travaux.

Lors de la planification de travaux de maintenance durant l'exploitation, on veillera à adapter l'organisation des chantiers aux exigences du trafic. La gestion de la circulation et l'organisation des travaux sont étroitement liées. Les mesures entraînées par un problème peuvent en influencer d'autres. Il est de ce fait nécessaire de les optimiser.

*Les travaux de maintenance doivent s'adapter au trafic et non le trafic aux travaux!*

Pour la phase d'avant-projet, ceci signifie que l'étude de variantes doit avant tout porter sur l'analyse de différentes méthodes de construction afin de respecter au mieux l'exigence prioritaire donnée par le trafic en mouvement. Les bases de l'organisation des travaux sont données par les régimes possibles de circulation, en particulier en ce qui

concerne le programme des travaux, la planification des étapes, l'engagement des machines et engins, de même que les matériaux, techniques d'application, mesures de protection, etc.

L'exemple fictif ci-contre montre la marche à suivre pour évaluer divers régimes de trafic possibles. La variante «feux lumineux» entraîne pour tous les usagers une perte de temps ainsi qu'un risque de danger accru par les bouchons. La variante «déviation» entraîne également une perte de temps et un risque élevé d'accident sur le tronçon de déviation.

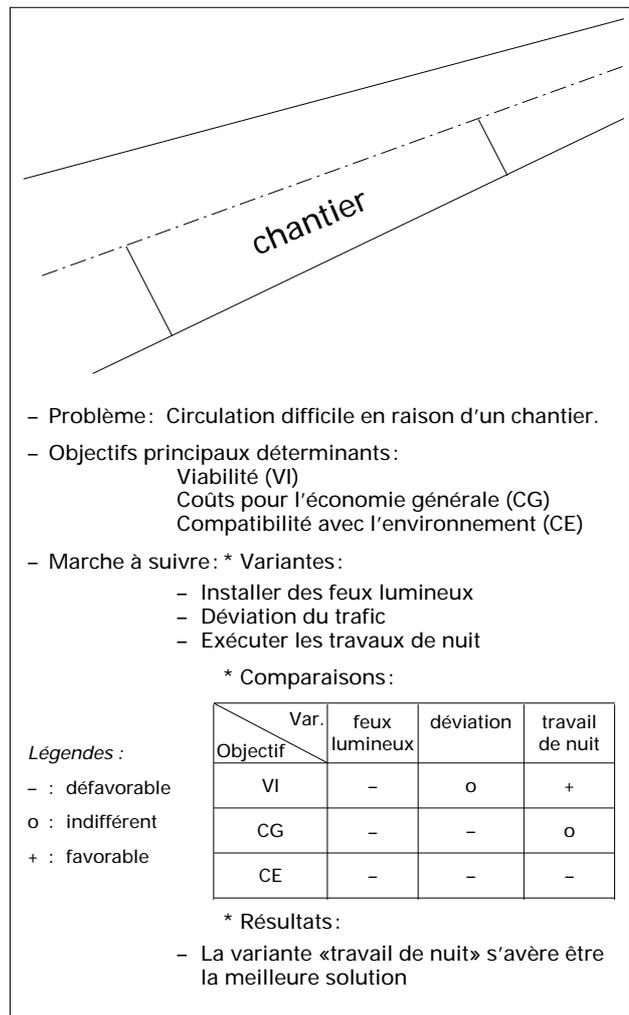


Fig. 18: Appréciation de plusieurs possibilités de régimes de trafic (exemple tiré de SN 640 901)

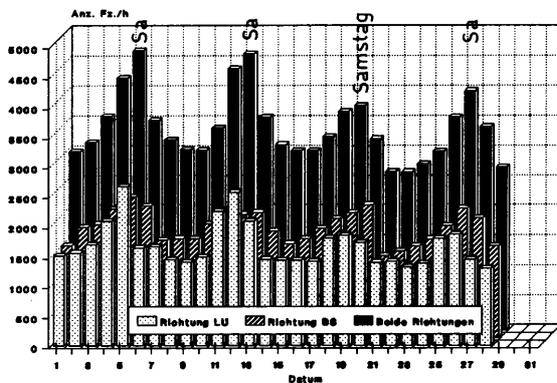
La variante «travail de nuit» entraîne un minimum de perte de temps, par contre les travaux nocturnes peuvent avoir des incidences sur la qualité d'exécution ainsi que sur la sécurité des usagers et des travailleurs.

### Planification des interventions

Les interventions doivent être soigneusement planifiées et entreprises de préférence durant les périodes creuses du trafic. Il faut si possible éviter les travaux durant le trafic de pointe, les vacances et les fins de semaine.

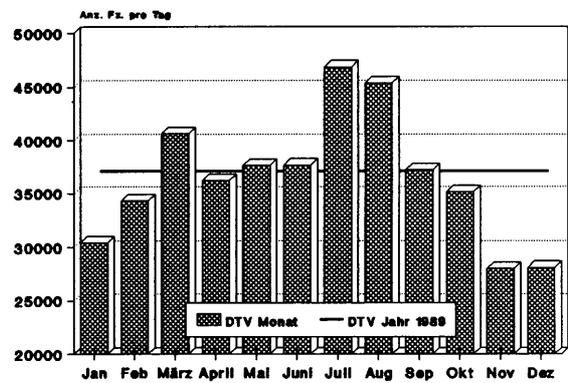
L'interprétation exacte des recensements du trafic fait parfois apparaître, sur certaines routes, de plus faibles fréquentations durant les vacances et les fins de semaine; on pourra les exploiter judicieusement.

Tägliche Spitzen, August 1989  
N2, Zählstelle Belchen



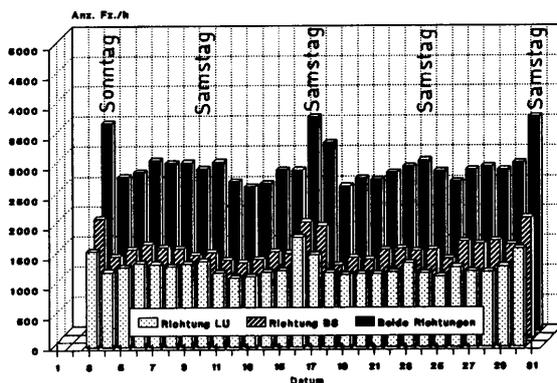
Tägliche Spitzen = Pointes journalières

DTV 1989  
N2, Zählstelle Belchen



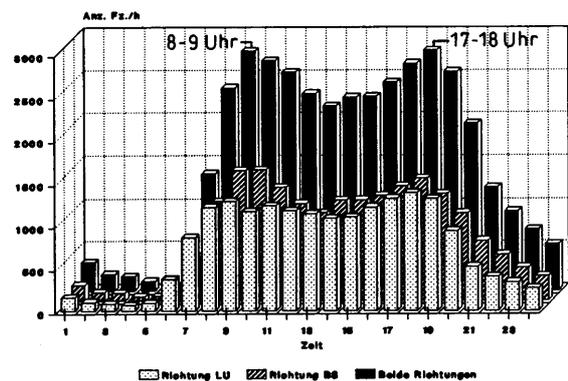
DTV = TJM = Trafic Journalier moyen

Tägliche Spitzen, September 1989  
N2, Zählstelle Belchen



Tägliche Spitzen = Pointes journalières

Tagesganglinie Do, 7.9.89  
N2, Zählstelle Belchen



Tagesganglinie = Courbes caractéristiques de variation journalière

Fig. 19: Représentation de recensements de circulation pour l'évaluation de situations de trafic (exemple poste de comptage Belchen, N2, 1989)

Gestion de la circulation dans la zone de chantier

Il faut comparer les divers types de gestion de la circulation et de sections-type. On différencie entre la gestion du trafic pour les chantiers de courte et de longue durée:

- balisages verticaux (balises de barrage, glissières de sécurité, boute-roues, palissades de chantier, etc.);
- autres installations (barrières, cônes, signaux lumineux et clignotants, etc.);
- installations d'éclairage.

Les mesures de sécurité du trafic dans les zones de chantier doivent être incluses dans les réflexions durant la phase de projet (plans de signalisation). On prendra en compte également les incidences d'ordre psychologique dues aux modifications du

trafic. Les mesures présenteront un caractère global afin d'être mieux perceptibles et assimilables:

- signaux routiers (signaux de danger, de prescription, de priorité, marquage des voies de circulation, etc.).

Buts:

- minimiser les effets négatifs des travaux de réfection sur le trafic et sa sécurité;
- assurer une sécurité optimale des travaux;
- supprimer les incidences sur la qualité des travaux.

*Voir également le rapport de recherche 9/87, VSS, au sujet des mesures pour le maintien du trafic dans les zones de chantier sur les autoroutes et semi-autoroutes.*

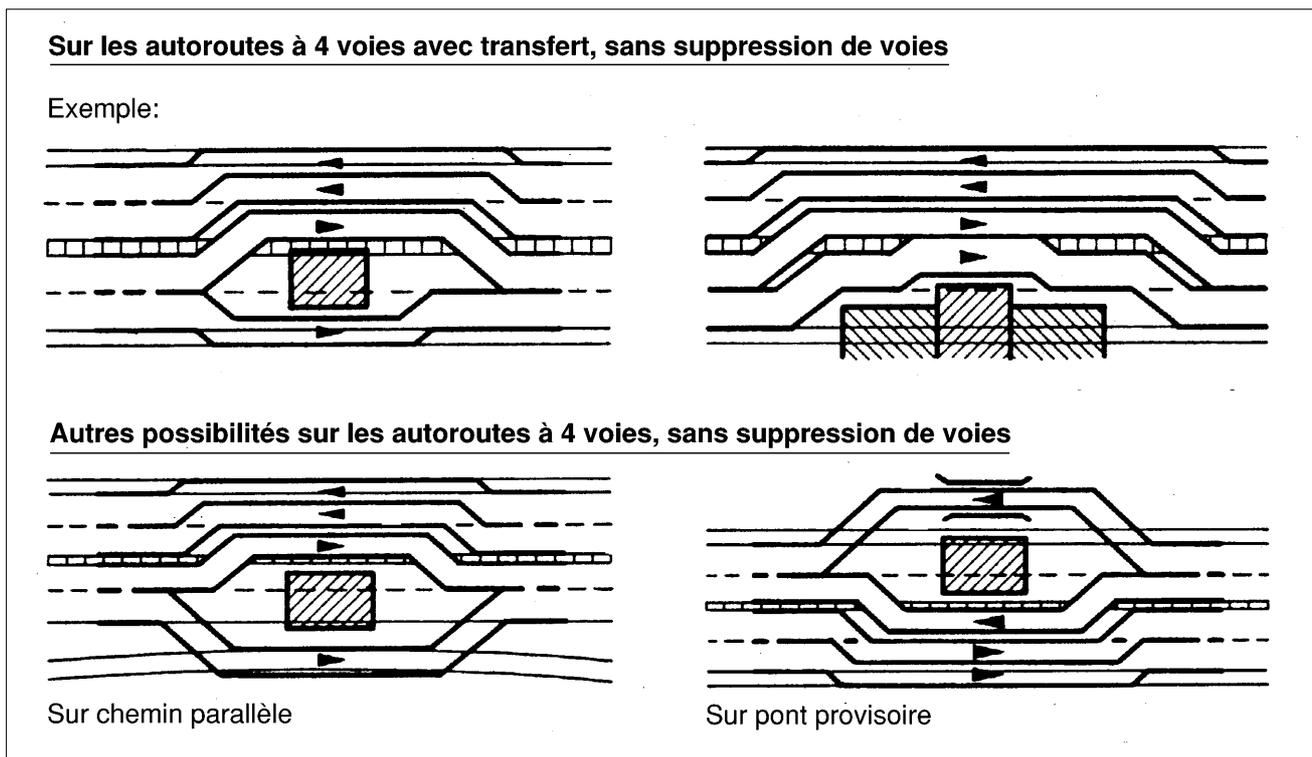


Fig. 20: Présentation schématique de diverses possibilités de gestion de la circulation sur une autoroute (extrait AJS/Rapp, pages 9-10)

### 2.2.3 Etudes de variantes

Le choix des méthodes de construction et du type d'intervention dépend dans un premier temps de critères techniques:

- procédés d'exécution;
- instructions de mise en œuvre;
- instructions de préparation des matériaux.

Lors de l'étude préliminaire de l'organisation des travaux et de l'analyse de la faisabilité des variantes, d'autres éléments peuvent entrer en jeu, tels:

- les critères de sécurité du trafic;
- les coûts directs;
- les coûts à charge des usagers de la route et la consommation d'énergie.

Parmi les facteurs d'influence on trouve par exemple:

- la planification dans le temps des interventions (elle dépend du volume de trafic, des différentes possibilités d'exécution des travaux de maintenance ainsi que des possibilités de gestion de la circulation);
- la capacité des voies de circulation provisoire dans la zone du chantier;
- la gestion de la circulation;
- l'importance des zones et des lots de chantier;
- la disponibilité en personnel et en matériel;
- la durée des travaux;
- la date des travaux.

La figure ci-contre montre sous forme d'exemple deux possibilités de renforcement d'une superstructure techniquement équivalentes, qui sont comparées à une nouvelle construction. La comparaison met clairement en évidence que la solution «réfection en surface» entraîne moins de frais d'assainissement et une moindre charge pour l'environnement que la réfection partielle de la superstructure, cette dernière présentant de nets avantages sur la solution «nouvelle construction».

Exemple (voir figure 21):

- Type de route: deux voies de circulation à double sens.
- Superstructure: béton bitumineux sur coffre de tout-venant.
- Motif de la mise en chantier: renforcement.
- Solutions possibles:
  1. réfection de surface (couche de 7 cm de béton bitumineux);
  2. réfection partielle de la superstructure (fraisage sur 24 cm de profondeur et pose d'un nouveau tapis AB, HMT et HMF);
  3. nouvelle construction (évacuation de la superstructure et nouvelle pose, par exemple tout-venant, HMT et AB = 77 cm).
- Variantes pour la gestion de la circulation:
  - sans rabattement sur la voie opposée;
  - avec rabattement sur la voie opposée;
  - diminution du nombre des voies de circulation en rapport avec le volume du trafic;
  - trafic alterné;

A souligner, pour chaque variante, les différences dans la durée des chantiers et les restrictions plus ou moins importantes du trafic. La solution «réfection en surface» a été retenue pour l'exécution.

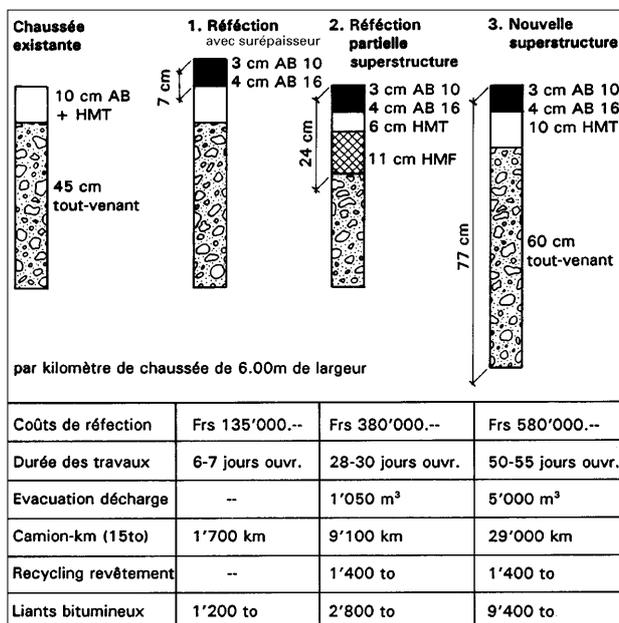


Fig. 21: Variantes possibles pour une réfection de la superstructure

Source: Jules Egli S.A., construction de routes, Wetzikon

### 2.2.4 Maintien du fonctionnement des conduites industrielles

Lors de tous travaux de maintenance, le fonctionnement des conduites industrielles doit être assuré. A cet effet, les étapes de travail s'échelonnent dans un premier temps, comme suit:

- recherche des plans adéquats, détermination des conduites affectées;
- définition des compétences et éclaircissement de la situation juridique;
- coordination des interventions envisagées avec les instances dirigeantes;
- inventaire des souhaits et des exigences;
- prise en compte des possibilités et des limites (Conditions locales).

On choisira dans chaque cas la solution la plus fonctionnelle.

Il faudra coordonner les déplacements de conduites et les reporter sur un plan qui montrera le projet ainsi que les zones adjacentes. Ce plan comprendra:

- les conduites industrielles existantes (situation et niveaux), les câbles de haute tension, les conduites électriques, de gaz, d'eau potable, d'eaux usées, des PTT, de l'armée, etc.;
- les conduites industrielles à déplacer;
- les nouvelles conduites industrielles.

Des sondages s'avèrent nécessaires en cas de doute sur l'emplacement exact d'une canalisation ou conduite. Il est absolument indispensable de s'assurer que les conduites aient été mises hors service avant le début des travaux.

### 2.2.5 Estimation des coûts

Il est à peu près impossible de formuler, à partir de critères économiques, un jugement définitif sur les avantages de telle ou telle méthode de construction. Les coûts de la construction routière (de même que les frais d'exploitation) dépendent de nombreux facteurs d'influence liés au cas à traiter.

Le niveau des coûts d'une construction et les frais d'exploitation dépendent en général:

- du projet, c'est-à-dire du genre, du degré de difficulté et de l'étendue de l'intervention prévue;
- du site respectivement de la région où le projet se réalise, c'est-à-dire des facteurs locaux ou régionaux qui influent sur le coût des travaux;
- de la période durant laquelle le projet se réalise;
- du volume du trafic;
- de la situation conjoncturelle.

La récapitulation des coûts de routes à grand débit projetées ou exécutées facilitent l'élaboration de nouveaux projets; ces récapitulations doivent se référer à des régions représentatives et indiquer les prix de base.

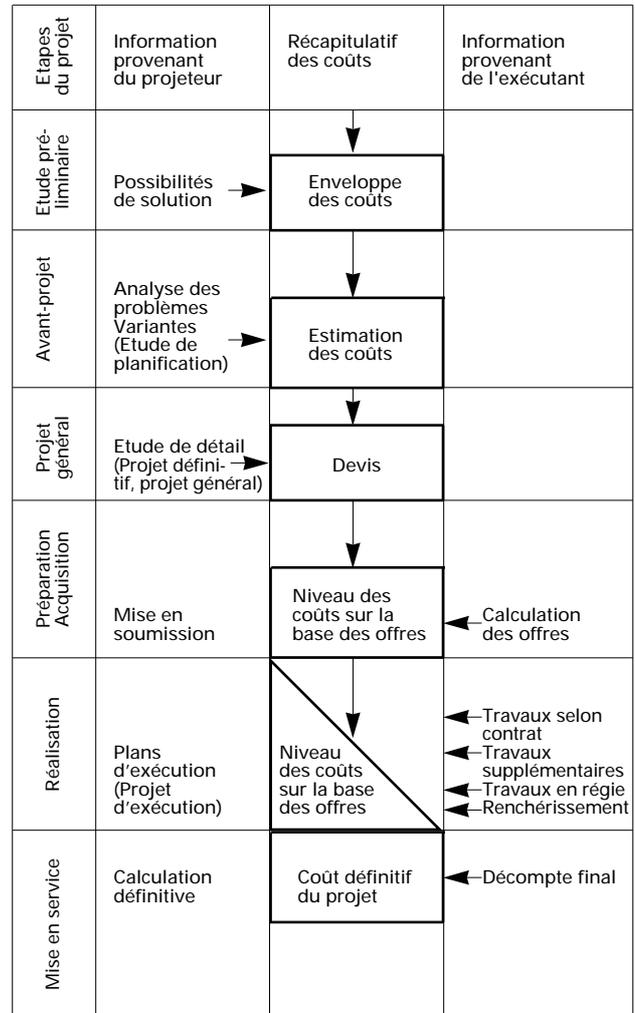


Fig. 22: Récapitulation des coûts dans le déroulement du projet

Source: R. Berger, Coûts des projets de construction, CRB, 1988

Les coûts globaux doivent comprendre la totalité des dépenses, par exemple l'acquisition de terrains, les locations, les raccordements, les déplacements de conduites industrielles, l'éclairage, la signalisation, le marquage, etc.

On pourra, par exemple, ventiler les frais de la construction comme suit:

- coûts de la construction routière;
- ouvrages d'art;

- travaux d'adaptation;
  - installations annexes;
  - installations électro-mécaniques;
- en considérant l'incidence de la méthode de construction, du dimensionnement du corps de la chaussée et du volume du trafic.

Il faudra également considérer les frais subséquents en relation avec la longévité des réfections réalisées.

- trafic agricole;
- etc.

- Environnement
- bruit;
  - hygiène de l'air;
  - eaux usées;
  - décharges;
  - alentours;
  - ressources.

#### 2.2.6 Critères d'évaluation

Les critères suivants aident à l'élaboration d'une stratégie d'intervention:

##### Faisabilité

- chance de réalisation (situation politique favorable).

##### Réalisation

- frais d'investissements (Fr);
- installations de chantier (m<sup>2</sup>);
- bilan de masse (m<sup>3</sup>);
- gestion du trafic durant la phase des travaux (km de chantier parallèle au trafic);
- restrictions de trafic;
- frais entraînés par les bouchons - coûts des accidents.

##### Exploitation

- frais d'exploitation et d'entretien (Fr/année sur la base de valeurs de référence);
- flexibilité de l'exploitation (possibilités de déviations aux jonctions et sur les tronçons).

##### Trafic

- trafic général (TMJ - trafic annuel);
- courbes caractéristiques de variation, annuelles et hebdomadaires;
- trafic journalier sur 24 heures;
- trafic horaire de pointe;
- part du trafic lourd;
- trafic estival;
- vitesses.

##### Trafic individuel

- habitants (THD); charge admissible du tronçon;
- touristes (THP); capacité du tronçon.

##### Trafic mixte

- trafic local;
- trafic de cyclistes;

## 3. Phase de projet

---

|     |                   |    |
|-----|-------------------|----|
| 3.1 | Principes de base | 37 |
|-----|-------------------|----|

---

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.2   | Gestion de la circulation, sécurité et exploitation | 37 |
| 3.2.1 | Généralités   | 37 |
| 3.2.2 | Technique de gestion de la circulation              | 40 |

---

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.3   | Procédés d'exécution                     | 51 |
| 3.3.1 | Procédés                                 | 51 |
| 3.3.2 | Equipements et installations de chantier | 54 |
| 3.3.3 | Nuisances                                | 58 |
| 3.3.4 | Conduites industrielles                  | 60 |
| 3.3.5 | Exigences de qualité                     | 61 |
| 3.3.6 | Assurance de qualité                     | 64 |

---

|       |                                  |    |
|-------|----------------------------------|----|
| 3.4   | Déroulement des travaux          | 67 |
| 3.4.1 | Mesures de sécurité              | 67 |
| 3.4.2 | Exécution des travaux par étapes | 71 |
| 3.4.3 | Horaires de travail              | 72 |

---

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.5   | Devis estimatif   | 73 |
| 3.5.1 | Subdivision d'après CAN 2000                            | 73 |
| 3.5.2 | Plus-values engendrées par les travaux durant le trafic | 74 |
| 3.5.3 | Exactitude  | 74 |
| 3.5.4 | Imprévus  | 74 |

---

### 3.1 Principes de base

Un volume de trafic en constante augmentation et le souci de garantir la viabilité des routes à grand débit requièrent des méthodes de construction et des procédés d'exécution optimaux pour assurer leurs maintenance et renouvellement.

La sécurité du trafic ainsi que celle des travaux et le maintien d'un trafic aussi fluide que possible exigent une attention toute particulière.

Les connaissances esquissées dans le chapitre 2 seront appliquées et étudiées dans le détail durant la phase de projet.

*«Dans la phase de projet, les adaptations et déplacement de pistes de circulation et le cas échéant d'autres moyens de transport sont représentés à une échelle appropriée. Les plans contiennent les éléments essentiels du tracé durant la phase de construction et montrent la gestion de la circulation et les mesures de sécurité prévues. Celles-ci comprennent les panneaux indicateurs, signaux, signaux lumineux, le marquage, les installations de guidage, les clôtures, l'éclairage de même que les accès et sorties du chantier».*

Source: VSS/SN

Le choix des méthodes de construction à utiliser pour les travaux de maintenance et de renouvellement dépend également des informations obtenues lors de la planification; il dépend avant tout de critères d'ordre technique et de technique de sécurité.

On considérera également les aspects économiques et écologiques.

### 3.2 Gestion de la circulation, sécurité et exploitation

#### 3.2.1 Généralités

Le principe majeur qui régit la gestion de la circulation, la sécurité et l'exploitation des chantiers s'énonce comme suit:

Les conséquences négatives engendrées par les travaux de maintenance et de renouvellement sur le trafic et sa sécurité doivent être minimisées.

Lors de l'étude des mesures à envisager, il faut accorder une attention particulière aux points suivants:

- le chantier doit s'adapter aux exigences du trafic;
- la gestion de la circulation et l'organisation des travaux sont étroitement liées. Chaque mesure prévue dans un des domaines aura son influence sur l'autre;
- la sécurité des usagers de la route et des travailleurs doit être assurée de manière optimale par un choix judicieux de la méthode de construction;
- la méthode de construction choisie doit garantir une exécution de qualité irréprochable et selon les règles de l'art;
- la sécurité du trafic et des personnes sur le chantier doit être assurée par des moyens appropriés (barrières de sécurité, passerelles de sécurité, etc.);
- les dispositifs de sécurité et de signalisation doivent permettre à l'utilisateur de la route de les voir et de les reconnaître à temps pour réagir.

*Bases légales relatives aux restrictions de circulation en relation avec l'entretien:*

- *Loi sur la circulation routière (LCR) du 10.5.58, art. 2, 3 et 4*
- *Ordonnance sur la signalisation routière (OSR) du 5.7.79, art. 72 et 107*
- *Loi fédérale sur les routes nationales du 8.3.60, art. 2, 3, 4, 42 et 49*
- *Ordonnance sur les routes nationales du 24.3.63, art. 39, 49, 50 et 51*
- *Ordonnance fédérale sur les routes de grand transit du 6.6.83, art. 1.*

Les principales étapes dans le déroulement du projet de gestion de la circulation sont représentées schématiquement ci-dessous. La figure résume ainsi l'approfondissement spécifique des réflexions basées sur les informations obtenues durant la phase d'avant-projet.

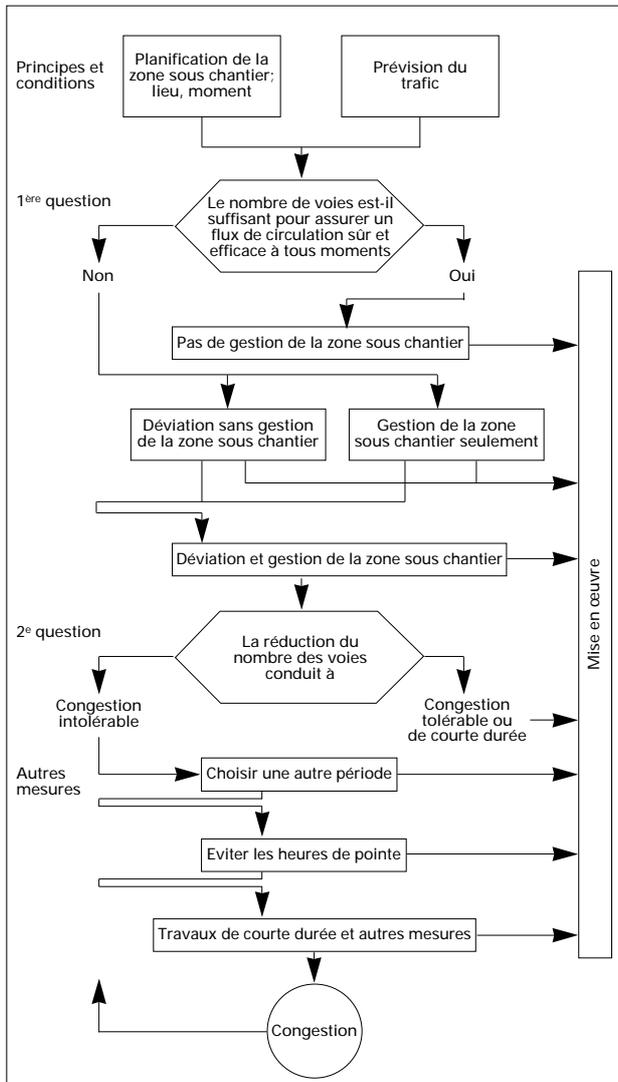


Fig. 23: Schéma sommaire de déroulement d'un projet de gestion de la circulation (d'après OCDE-VSS N° 202, 1990)

De nombreux critères et exigences régissent la préparation et la présentation du dossier de soumission et des documents annexes (par exemples plans spéciaux pour le guidage du trafic et la signalisation):

- Réduire au minimum la durée des chantiers entraînant des entraves au trafic.
- Des installations de balisage insuffisantes créent souvent des accidents aux abords des chantiers.

La sécurité dans la zone de chantier ne dépend pas seulement d'un balisage posé correctement et bien visible, mais également du choix du matériel utilisé.



Fig. 24: Balisage avec sécurité latérale insuffisante



Fig. 25 : Mauvais tracé du marquage de chantier = danger accru d'accident

- Les chantiers de courte durée demandent également une attention particulière. Leur signalisation doit être disposée avec beaucoup de soin, car les conducteurs habitués des lieux sont souvent surpris par de tels chantiers et peuvent réagir brusquement et de façon inattendue.
- Il existe de nombreuses techniques de gestion de la circulation pour des chantiers de longue durée:
  - la suppression des voies de circulation doit être limitée; elle nécessite une longue prépa-

ration, spécialement en ce qui concerne la mise en place de la signalisation;

- on peut créer des voies de circulation supplémentaires sur la voie d'arrêt d'urgence ou sur la berme centrale;
- le rétrécissement des voies de circulation permet de maintenir la capacité de trafic tout en aidant à réduire la vitesse;
- dans le cas de routes avec séparation des sens de circulation, on utilise le plus souvent une voie à contre-sens.

VSS 640 885 a

«Signalisation temporaire sur autoroutes et semi-autoroutes»

- On procède rarement à une déviation du trafic sur le réseau secondaire (entrave, risque d'accident élevé):
  - le trafic alterné sur une seule voie ne peut s'envisager que pour de courtes périodes et en cas de faible circulation;
  - les réductions de vitesse imposées sont souvent exagérées et constituent la principale cause de bouchons. Elles doivent être adaptées au système de gestion de la circulation.
- Les personnes chargées du management de la circulation et de la sécurité du trafic seront nominativement désignées et leurs responsabilités et compétences doivent être clairement définies.
- L'utilisation de nouveaux procédés, équipements et technologies (par exemple éléments préfabriqués) aide à réduire la durée des chantiers. Ceci peut toutefois entraîner une augmentation des coûts qui sera cependant compensée par une diminution du nombre des accidents et de leur conséquences financières.
- Dans le cas d'un important volume de trafic avec risque de bouchons, on a de plus en plus recours au travail de nuit. Celui-ci exige des égards particuliers vis-à-vis des riverains et des travailleurs et nécessite des conventions et arrangements financiers particuliers.
- La coordination de la longueur des chantiers et leur espacement doivent être planifiés avec attention afin d'éviter une accumulation d'entraves sur les axes concernés.
- Mieux vaut réduire dans la mesure du possible la largeur des voies de circulation plutôt que d'en supprimer, afin d'éviter les entraves au trafic et les inconvénients résultant d'un système à sens unique ou d'une déviation.

- Dans tous les cas, les dispositions prises devront être claires pour le conducteur, visibles suffisamment tôt, et adaptées à chaque situation.

Avantages du travail de nuit:

- moins d'entraves et de retards pour les usagers;
- possibilité d'étendre les chantiers et d'exécuter simultanément plusieurs travaux différents;
- horaires de travail plus longs, moins d'interruptions, moins d'interférences avec le trafic, température plus régulière;
- engagement de la capacité totale des installations et meilleur rendement des transports suite à la diminution de bouchons aux accès des chantiers;
- temps d'installation plus court.

Inconvénients du travail de nuit:

- danger accru la nuit à cause des excès de vitesse, de la conduite en état d'ébriété (alcool, drogue), de la fatigue, de l'inattention, de la visibilité réduite et d'obstacles inattendus;
- réduction de la visibilité des travailleurs malgré un éclairage supplémentaire, spécialement pour des travaux exigeant une bonne vision;
- réaction négative des habitants due au bruit dans les zones résidentielles;
- problèmes de personnel, difficultés d'embauche ou d'adaptation au travail de nuit;
- en cas de pannes d'engins, difficultés à les éliminer ou à les réparer;
- problèmes de livraison de matériaux en cas de fermeture nocturne des entreprises et difficultés à solliciter les services publics (eau, gaz, électricité, etc.);
- moins bonne qualité d'exécution, spécialement quand la main d'œuvre est mise sous pression afin de terminer les travaux avant l'afflux du trafic de pointe matinal.

Malgré les nombreux inconvénients cités plus haut, on pense qu'avec davantage d'expérience et grâce à une planification adaptée, le travail de nuit peut représenter une solution valable pour certains travaux. Le travail de nuit s'avère être plus un problème de société que d'organisation et d'exploitation.

Fig. 26: Problématique du travail de nuit (extrait du rapport OCDE 1989)

### 3.2.2 Technique de gestion de la circulation

Les pages suivantes décrivent de façon sommaire les principaux points en relation avec la gestion du trafic et certains exemples de travaux réalisés à l'aide de photos et d'extraits de plans sont présentés.

Déviations, interruptions et limitations du trafic

Il faut convenir à temps avec les services responsables des éventuelles déviations ou interruptions du trafic. On représentera sur les plans d'ensemble les diverses possibilités de déviation et on étudiera de manière approfondie les problèmes créés par exemple par la traversée de zones de protection de la nappe phréatique, les zones industrielles importantes, les hôpitaux (accès, service des urgences, conséquences en cas de bouchon), les transports publics, etc.

Après l'approbation du concept, il s'agira de régler les détails tels les réductions de vitesse et de poids, la signalisation, éventuellement un système d'alarme, les éventuelles demandes d'autorisations spéciales pour la modification de la signalisation existante. En particulier dans le cas d'une modification importante de la signalisation, il faut établir des plans d'ensemble détaillés reproduisant la situation existante et la signalisation projetée et commander à temps le matériel nécessaire.

Si les mesures envisagées empiètent sur un itinéraire de transports spéciaux, il faudra en informer les administrations et entreprises concernées, et si nécessaire, prévoir des itinéraires de remplacement.

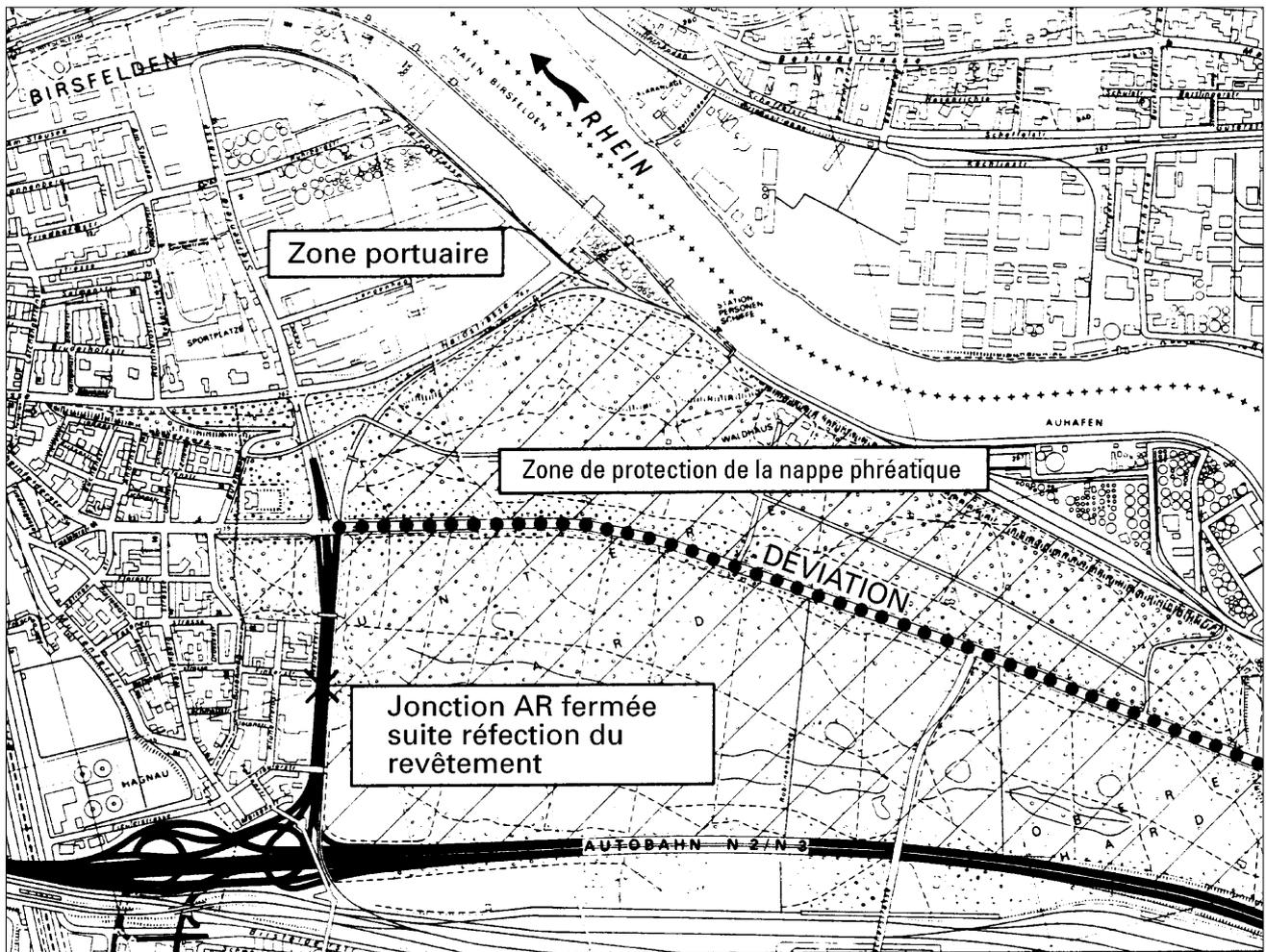


Fig. 27: Déviation pour transports spéciaux suite à des travaux sur la N2



Fig. 28: Panneaux d'indication de déviation pour la modification d'itinéraire représentée à la figure 27

Passages provisoires et définitifs sur la berme centrale

Il faut accorder une importance particulière à la géométrie des passages provisoires sur la berme centrale, aux dévers et à leur emplacement pour assurer la fluidité du trafic.

La traversée sera dimensionnée en fonction de la vitesse de projet prévue et de son emplacement sur le tracé; elle devrait être adaptée à des vitesses de 80 km/h. Les dimensions indiquées dans la littérature spécialisée ont valeur de directives.

Un passage provisoire devrait être réalisé avec un minimum de moyens et dans les plus brefs délais, tout en respectant les conditions limites énoncées, spécialement les dévers et les exigences de sécurité (début et fin des glissières de sécurité).

Les passages provisoires sur la berme centrale seront supprimés à la fin du chantier (planifier les interruptions nécessaires du trafic).

En cas d'établissement d'un passage définitif sur la berme centrale, il faudra étudier avec le plus grand soin les détails tels que l'évacuation des eaux, éventuellement les caniveaux, les bordures, les glissières démontables et leurs raccords, les puits d'écoulement, etc.

Suivant les conditions locales, il faudra agrandir de façon provisoire ou définitive les passages existants en prenant garde à la présence de câbles, de puits, de canalisations d'évacuation d'eau, de mâts. Les dévers existants, les fondations de poteaux, de barrières démontables ou la présence de caniveaux créent souvent des difficultés.

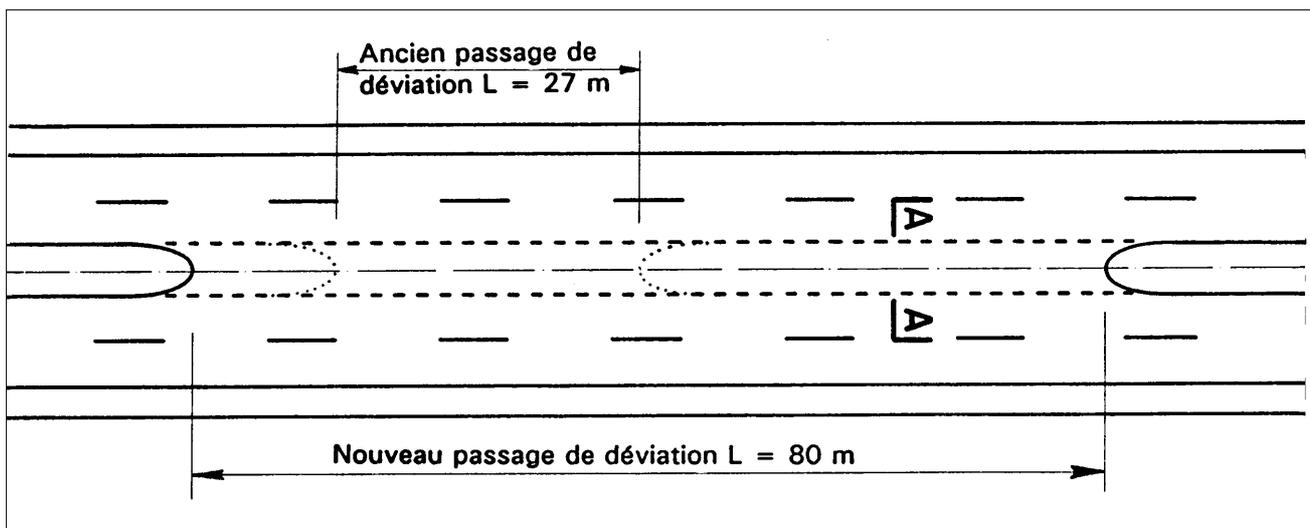


Fig. 29: Adaptation d'un passage sur la berme centrale existant à des vitesses plus élevées

Plans de gestion de la circulation, de signalisation et de marquage

Sur la base des tracés fixés dans l'avant-projet, il faudra, selon leur importance, reporter sur des plans au 1:200 ou au 1:500 les déviations et passages sur la berme centrale envisagés. Toutes les phases d'exécution nécessaires doivent figurer sur ces plans. Les plans de signalisation et de marquage ne seront exécutés qu'une fois les plans de gestion de la circulation définitifs soient disponibles.

Il s'avère judicieux de dessiner des plans à l'échelle, spécialement pour le marquage.

Les plans d'ensemble existants servent de base de travail. Afin d'éviter de mauvaises surprises lors de

l'exécution des travaux, il faut relever sur place l'implantation effective de la signalisation (emplacement, type de construction, texte des panneaux, puisards, raccordements électriques) et du marquage (dimensions exactes, bordures, etc.) par exemple depuis une voiture équipée d'une caméra vidéo. Comme la nouvelle répartition des voies de circulation s'effectue très souvent au centimètre près, le contrôle, tout spécialement des largeurs, acquiert une grande importance. On gagne souvent de précieux espaces supplémentaires en comblant les caniveaux et en faisant les bordures. Cela ne ressort généralement pas des plans et doit être déterminé sur place.

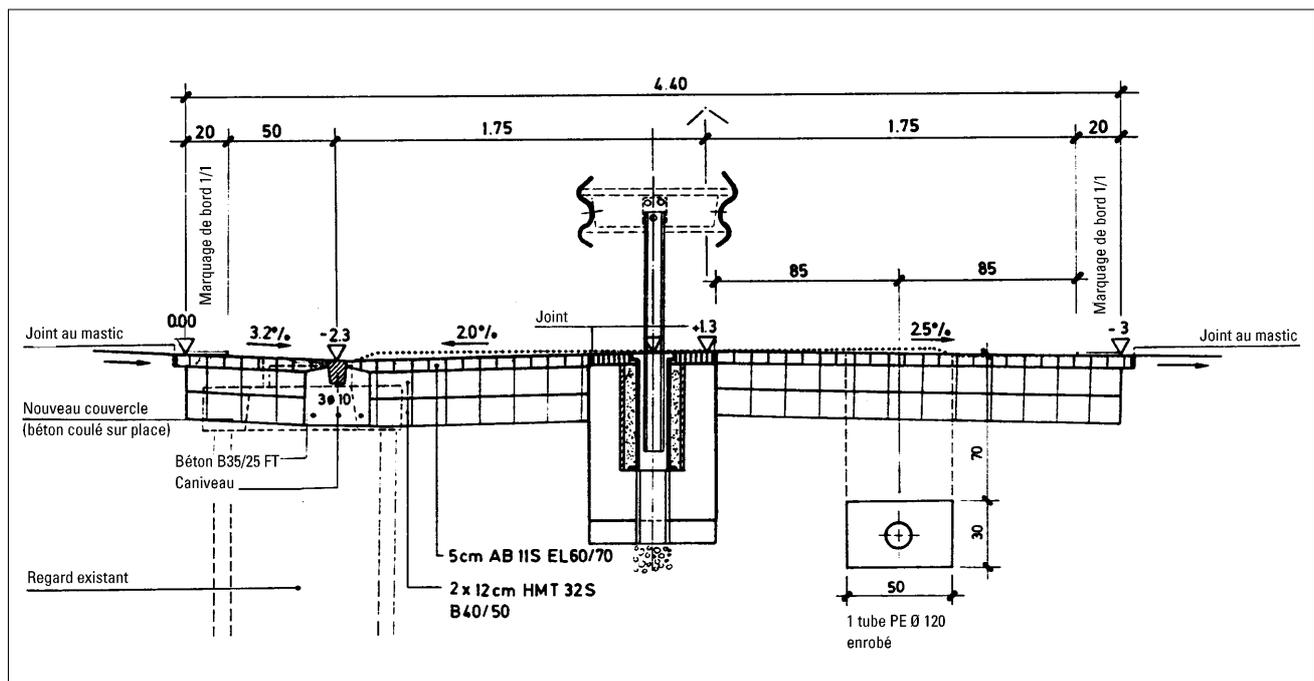
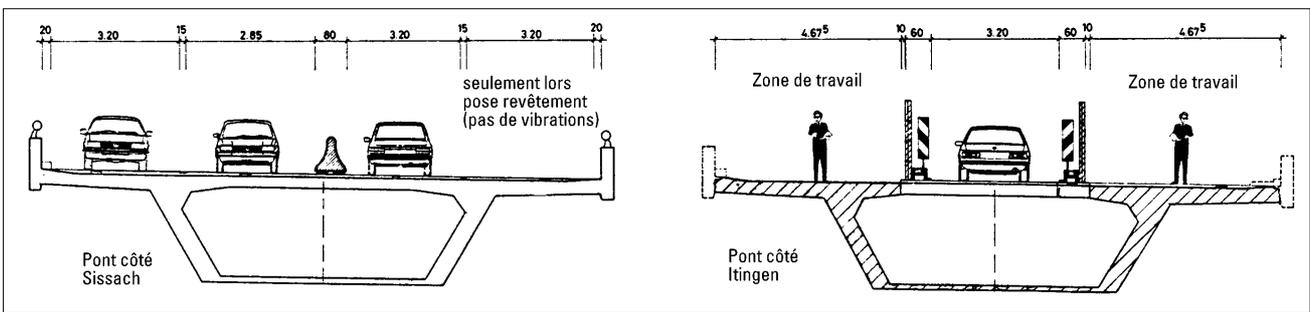
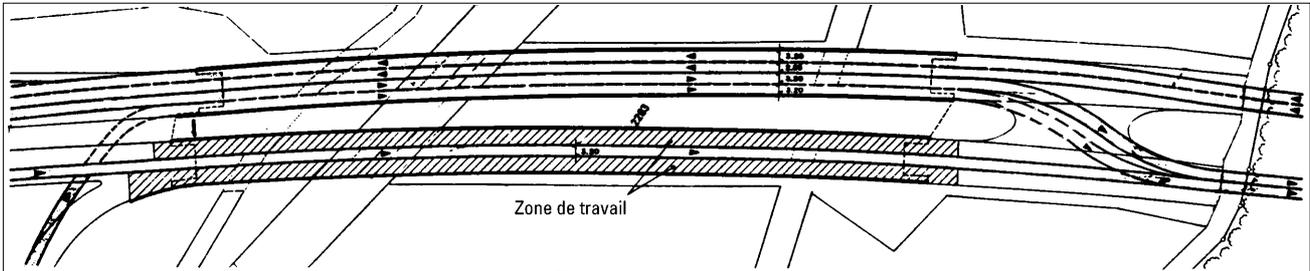


Fig. 30: Coupe en travers (A-A) et détail du nouveau passage définitif sur la berme centrale de la figure 29

Gestion de la circulation  
Phase d'exécution 1



Phase d'exécution 2

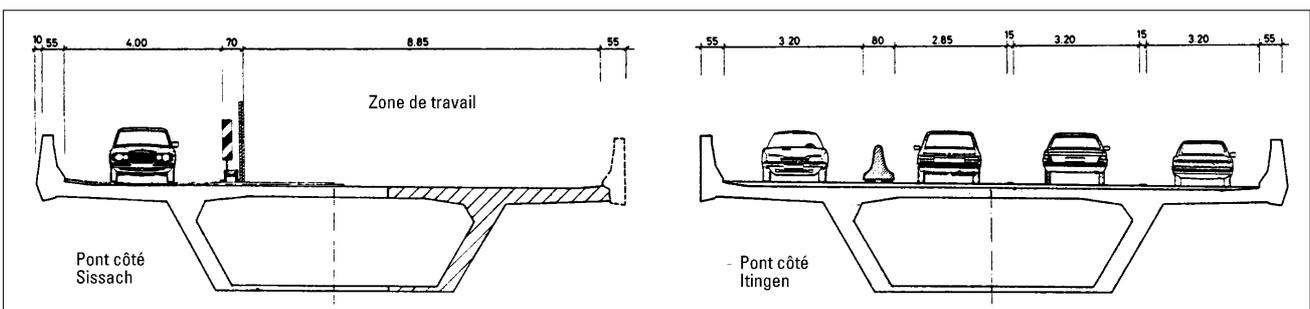
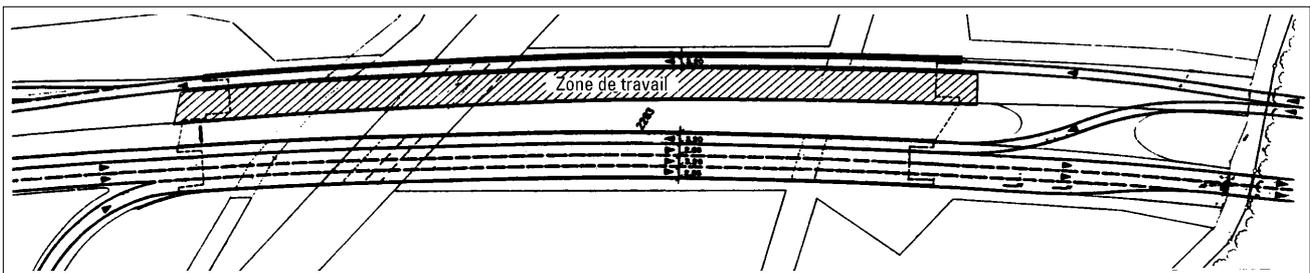


Fig. 31: Représentation de tracés pour différentes phases d'exécution

### Signalisation temporaire des chantiers

La norme VSS SN 640 885a règle la signalisation de restriction et d'obstacles de durée limitée sur les autoroutes et semi-autoroutes; elle s'applique principalement aux chantiers et travaux de réfection. Les principes énoncés dans cette norme, en particulier en ce qui concerne les limitations de vitesse et les distances à respecter entre chaque signal, se réfèrent à l'état des connaissances de 1975.

Depuis lors, on pense de plus en plus à mettre en pratique les expériences acquises lors de la conduite de chantiers sur des routes en exploitation (respect des limitations de vitesse, accidents, etc.).

La norme autorise en principe l'usage d'une signalisation différente de celle définie par la loi. (paragraphe B9, exceptions). Mais il faut s'assurer dans chaque cas de la conformité juridique de telles exceptions, par exemple avec les organes de police compétents.

Dans ce contexte, on se référera aux recherches actuellement en cours (capacité des routes à grand débit en cas de suppression de voies de circulation) ainsi qu'au projet de créer un «guide pour la signalisation des chantiers».

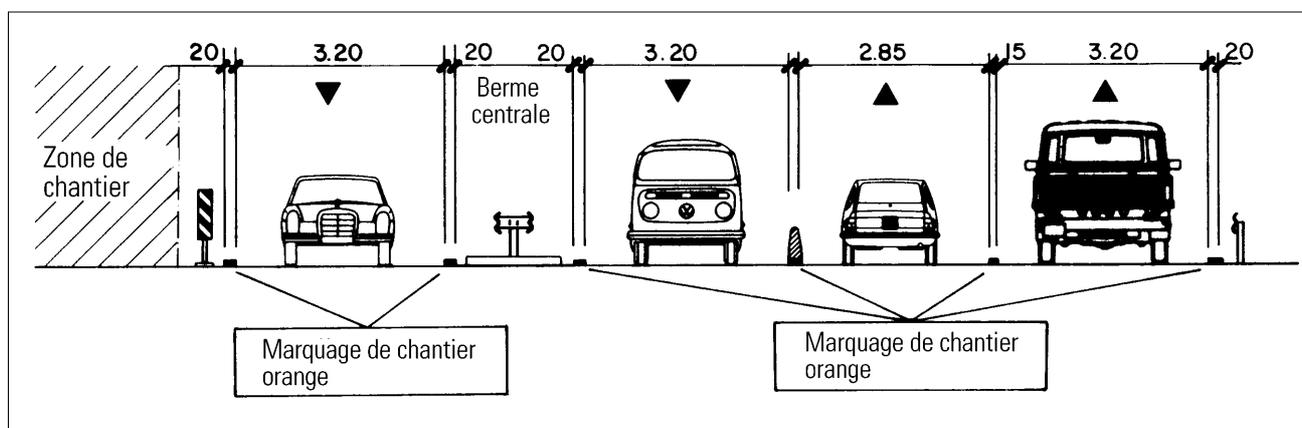


Fig. 32: Signalisation temporaire de chantier, exemple où la signalisation ne correspond pas aux directives de la VSS

Les plans de signalisation et de marquage doivent être approuvés par les instances cantonales responsables.

L'implantation de la nouvelle signalisation doit correspondre aux exigences du Maître de l'Ouvrage ou des normes VSS. Il faudra contrôler les dispositions prises sur le site même ou à l'aide d'un film vidéo pris depuis l'emplacement du conducteur, en ce qui concerne la lisibilité de cette nouvelle signalisation et si elle ne cache pas d'importants panneaux et signaux existants.

Les plans de marquage doivent être établis de manière à permettre une exécution aussi rapide que possible des travaux sur la route en service. Il est dès lors important d'indiquer sur ces plans des points référence aisément repérables (bornes kilométriques, début ou fin de murs de soutènement, etc.) et de donner les indications dans le sens de la largeur par rapport à des éléments visibles dans le terrain.

Ces indications manquent souvent et les peintres rencontrent des difficultés à tracer le marquage sur la chaussée. La direction des travaux doit contrôler le traçage du marquage (contrôle des largeurs) avant d'en autoriser la réalisation (par exemple collage de bandes oranges).

L'implantation effective de la signalisation doit être relevée de manière précise dans un document. Cela peut jouer un rôle important dans l'établissement de preuves et le contrôle d'affirmations lors d'accidents.



Fig. 33: Travaux de marquage durant l'exploitation

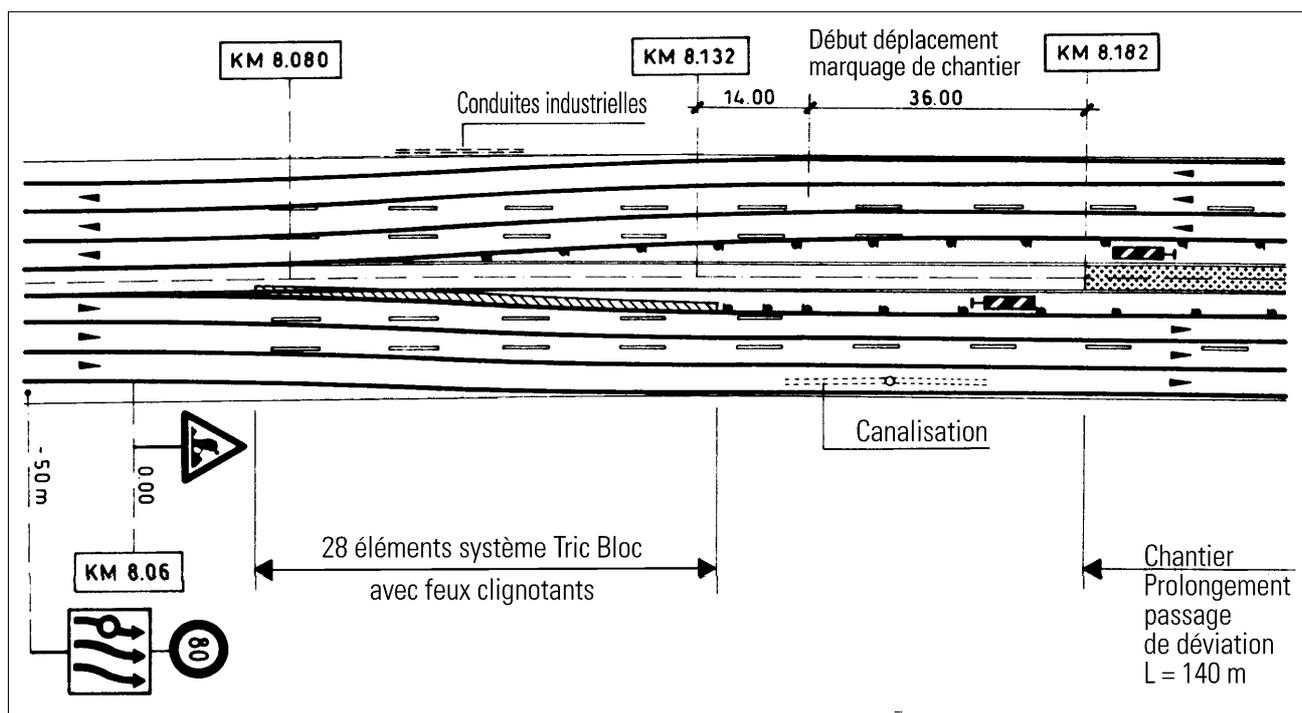


Fig. 34: Plan de signalisation et de marquage pour un chantier protégé par des éléments Tric-Bloc



Fig. 35: Prise de vue du chantier ci-dessus en exploitation

Mise en œuvre de la signalisation et du marquage

En principe la signalisation se réalisera d'après les normes VSS en vigueur. Son installation ne doit pas affecter la sécurité sur l'autoroute, raison pour laquelle les supports de signalisation non protégés par une glissière de sécurité doivent pouvoir être renversés ou se déboîter en cas de choc.

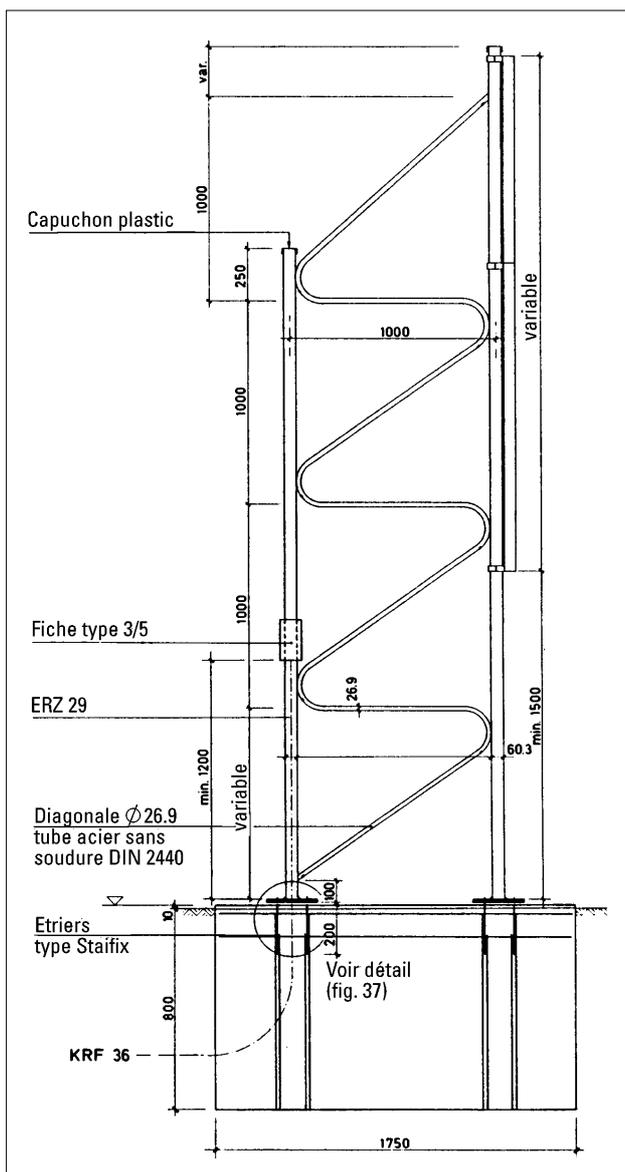


Fig. 36: Support de signalisation renversable

D'autre part, il faut respecter les distances minimales de sécurité par rapport au marquage latéral. Les nouveaux panneaux seront éclairés où cela s'avère nécessaire. Dès lors, il faut prévoir des raccordements en électricité. Il faut également vérifier la largeur des panneaux (par exemple sur la berme centrale).

On décidera du type de fixation des panneaux aux murs de soutènement, glissières de sécurité, parapets de ponts et dans les bermes centrales; il faudra les dimensionner, les dessiner et les commander à temps. Toutes les fixations seront dimensionnées en fonction de la pression du vent. Des constructions mal ancrées ou trop faibles peuvent mettre gravement en danger les usagers de la route.

Dans tous les cas, il faut éviter de submerger l'automobiliste par un trop grand nombre de panneaux et d'informations.

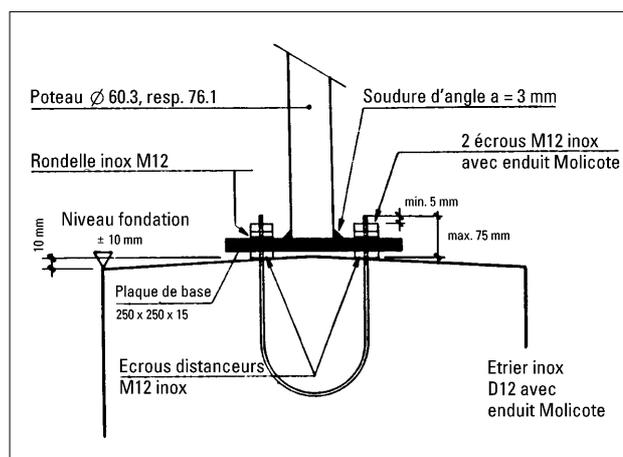


Fig. 37: Détail de fixation dans le sol

### Marquages

Il est d'usage en Suisse de réaliser les marquages provisoires par collage de bandes réfléchissantes oranges ou de boutons de marquage réfléchissants.

Il faut étudier avec soin le marquage dans les zones interdites au trafic, afin de ne pas induire l'automobiliste en erreur. Des flèches oranges sur fond noir aident éventuellement à guider le conducteur.

En Suisse et en Allemagne, on effectue continuellement des essais avec de nouveaux matériaux. Les différents essais montrent qu'il est difficile de satisfaire aux diverses conditions limites importantes telles que:

- visibilité optimale de jour, de nuit et par temps pluvieux;
- bonne adhérence (des réparations étant très compliquées durant l'exploitation);
- enlèvement facile afin d'entraver le trafic le moins possible lors des travaux de repli et d'éviter des dégâts au revêtement;
- fabrication et élimination sans nuisances pour l'environnement.

Dans le canton de Bâle-Campagne ainsi qu'en Allemagne, l'application de petites stries transversales sur les bandes de marquage oranges s'est avérée très avantageuse (meilleure visibilité, perception acoustique lors du passage sur la bande).

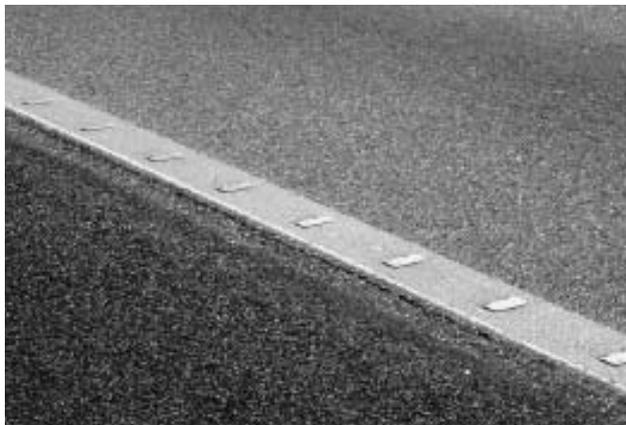


Fig. 38: Bande de marquage orange réfléchissante avec stries transversales

#### Barrières

En plus de la signalisation et du marquage, il faut également planifier les barrières. La largeur nécessaire pour la pose des barrières prévues doit être prise en compte dans le profil en travers. Des goulots trop étroits, par exemple d'une largeur de moins de 3.20 m entre des parois de béton, désécurisent l'automobiliste qui réduira sa vitesse en-dessous de 60 km/h, ce qui entrave à son tour le trafic.



Fig. 39: Variante de balises en cas de trafic bidirectionnel

Il faut réduire l'écartement entre les poteaux quand leur hauteur ne correspond pas à la norme (1.25 m) à cause de la visibilité réduite en cas de trafic en colonnes.

Tous les systèmes actuellement disponibles dans le commerce présentent des avantages et des inconvénients. Les questions suivantes se posent lors du choix d'un système adapté au chantier projeté:

- sécurité nécessaire, respectivement désirée;
- vitesse fixée;
- durée du chantier;
- visibilité;
- poids des éléments et principe de montage;
- nombre de manipulations (montage/démontage);
- entretien;
- prix d'acquisition;
- possibilité de réparation;
- stockage en cas de non-utilisation (place nécessaire).

Si la planification est réalisée suffisamment tôt, il sera possible d'emprunter par exemple des éléments en béton auprès d'autres entreprises ou administrations cantonales.

Dans le chapitre 3.2.3, différents systèmes sont présentés.



Fig. 40: Barrière réalisée avec des éléments Tric-Bloc

Places d'évitement provisoires pour véhicules en panne

Il faut prévoir des places d'évitement pour les véhicules en panne le long des déviations d'une certaine importance, surtout si elles sont étroites.

Ponts provisoires

La mise en place de ponts provisoires peut se révéler nécessaire en cas de chantier de longue durée, lorsque le maintien de deux voies de circulation dans chaque sens s'avère impossible (par exemple absence de voie d'arrêt d'urgence sur un pont). Une telle disposition demande une étude et une planification approfondie.

L'installation de ponts provisoires peut se révéler très onéreuse (fondations, adaptation, entretien, etc.) et doit pour cette raison figurer de manière précise dans la calculation des coûts.



Fig. 41: Pont provisoire sur une route à grand débit

Certains travaux spéciaux ne tolèrent aucune vibration; un pont provisoire peut dans ce cas se révéler nécessaire.



Fig. 42: Pont provisoire sur un chantier de la N2

La décision d'installer un pont provisoire sera prise d'entente avec le Maître de l'Ouvrage en considérant les éléments suivants:

- entraves au trafic admissibles (durée des bouchons, frais engendrés par les bouchons);
- assurance de qualité et procédé d'exécution;
- durée du chantier;
- possibilités éventuelles de déviation du trafic;
- possibilités techniques et places disponibles.

### 3.3 Procédés d'exécution

#### 3.3.1 Procédés

##### Bases

Les nombreux procédés d'exécution se répartissent selon les trois catégories suivantes:

- 1) constructions réalisées sur place;
- 2) constructions préfabriquées;
- 3) constructions mixtes.



Fig. 43: Utilisation d'éléments préfabriqués (paroi anti-bruit placée sur des éléments New-Jersey)

Durant ces dernières années, on assiste à un important développement des techniques de réfection et de renouvellement, spécialement dans le domaine des superstructures. Il faut souligner dans ce domaine l'efficacité des procédés de dégrappage de grandes surfaces de revêtement, de repose du nouveau tapis et surtout de recyclage de l'asphalte et du béton. Il existe de nombreuses publications sur ces procédés. Une description des méthodes d'intervention dans le renouvellement des routes n'entre pas dans le cadre de ce manuel. Il existe en général plusieurs mesures alternatives pour l'entretien des chaussées asphaltées.

Il faut prendre spécialement en considération les entrées et sorties de chantiers. Le trafic supplémentaire causé par un chantier crée des problèmes

dans les zones habitées. Il faut toujours évaluer dans quelle mesure on aura besoin d'installer des dépôts de matériaux et comment ils seront utilisés.

Le choix d'un procédé d'exécution est fait sur la base d'une étude de projet et d'une planification de la construction et des travaux efficace, sûres et correspondant aux prescriptions. En plus des thèmes liés au déroulement du trafic traités dans les chapitres 2.2 et 3.2, les connaissances suivantes sont importantes:

Conditions de trafic

- courbes moyennes de trafic annuelles et hebdomadaires;
- trafic journalier (sur 24 heures);
- part du trafic de poids lourds;
- volume du trafic de pointe (vacances, trafic pendulaire, foires, manifestations sportives, jours fériés, etc.);
- vitesse.

La gestion de la circulation joue un rôle prioritaire pour le procédé d'exécution.

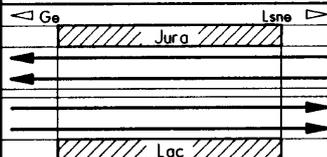
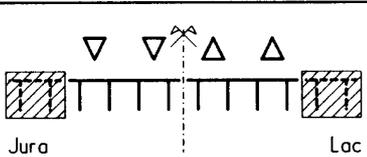
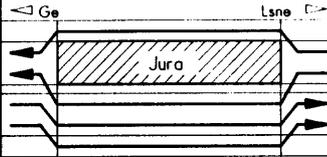
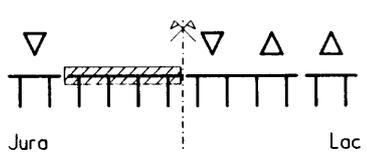
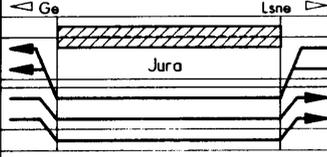
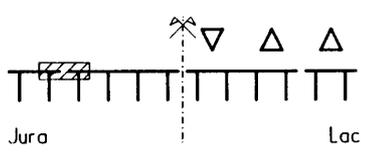
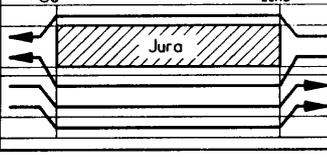
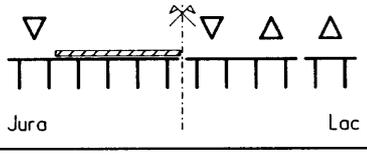
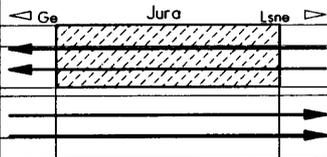
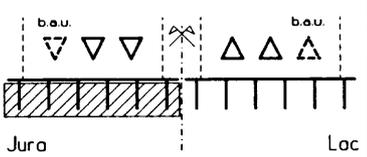
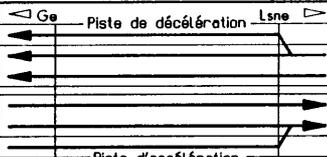
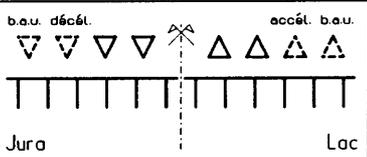
| Phases                       | Travaux  | Gestion + canalisation du trafic  |  |
|------------------------------|--|---|--|
|                              |  | Vue en plan   | Sens transversal   |
| 1                            | <b>Construction des nouveaux tabliers :</b><br>- élargissement culées;<br>- nouvelles fondations + piles;<br>- nouvelles superstructures «Jura» + «Lac»;<br>- étanchéité + revêtement sur nouvelles chaussées.   |    |    |
| 2                            | <b>Réfection pont existant «Jura» :</b><br>- rabotage revêtement + étanchéité;<br>- démolition porte-à-faux amont;<br>- précontrainte additionnelle : travaux préparatoires (forages, pose + bétonnage têtes d'ancrage);<br>- réfection des articulations «Gerber» : levage travée centrale, réfection des surfaces dégradées, repose, solidarisation par bétonnage;<br>- précontrainte additionnelle : pose câbles + mise en tension 1 <sup>re</sup> étape;<br>- réfection + transformation partie supérieure culées existantes (banc de culée, couloir de visite, appuis);<br>- mise en place surbéton dalle + bordure centrale;<br>- mise en tension définitive précontrainte additionnelle;<br>- préparation clavage avec nouveau tablier. |   |   |
| 3                            | <b>Clavage pont «Jura» :</b><br>- exécution clavage entre ancien et nouvel ouvrage;<br>- pose et scellement des joints de chaussée sur culées.   |  |  |
| 4                            | <b>Etanchéité + revêtement pont «Jura» :</b><br>- pose étanchéité + revêtement sur tablier existant et raccord avec nouvelle chaussée.   |  |  |
| 5,6,7 = idem pour pont «Lac» |  |   |  |
| 8                            | <b>Réfection des faces inférieures pont «Jura» :</b><br>- balisage longitudinal pistes provisoires tenant compte de l'échafaudage mobile;<br>- mise en place échafaudage mobile pour travaux sous le tablier;<br>- réfection des surfaces de béton dégradées (piquage, ragréage au mortier, gunitage, évtl., etc.);<br>- diverses finitions sous nouveau tablier «Jura».   |  |  |
| 9 = idem pour pont «Lac»     |  |   |  |
| 10                           | <b>Mise en service définitive de l'ouvrage élargi :</b><br>- par sens de circulation :<br>- 2 pistes de circulation 4.00 m<br>- 1 piste d'accélération/décélé. 3.62 m<br>- 1 bande d'arrêt d'urgence 2.50 m  |  |  |

Fig. 44: Gestion de la circulation lors de travaux de réfection et d'élargissement d'un pont (Ponts sur l'Aubonne - N1)

Les objectifs prioritaires à atteindre lors de travaux sur les routes à grand débit se résument comme suit:

- capacité;
- sécurité;
- qualité.

Conditions locales

- relations avec les propriétaires riverains;
- accès;
- possibilités locales de déviation;
- situation du chantier;
- type de superstructure;
- gestion de la circulation;
- canalisations industrielles.

Travaux de construction

- travaux à exécuter (genre et volume);
- répartition en différents lots (possibilités d'exécution par étapes);
- subdivision entre travaux sur place et préfabrication (travaux de montage);
- assurance de qualité;
- méthodes de construction possibles;
- travail de jour et/ou de nuit, travail en équipe.

Ouvrages voisins

Autres chantiers planifiés et conduits simultanément qui peuvent influencer les travaux en cours.

Exigences concernant la protection de l'environnement

- nuisances;
- émissions polluantes (causées par le chantier et le trafic).

Gestion de la circulation

Le choix du procédé d'exécution et la durée des interventions peuvent influencer la gestion de la circulation. Il faut par exemple s'assurer de cas en cas, si la mise en œuvre d'une traversée de la berme centrale se justifie pour conserver deux voies de circulation ou s'il s'avère plus avantageux de circuler sur une seule voie dans la zone du chantier, dans la mesure où il n'existe aucun risque de bouchon.

L'installation d'un passage sur la berme centrale représente une intervention constructive qui entraîne souvent un rétrécissement temporaire des voies de circulation.

Il faut tout particulièrement tenir compte des points suivants lors de l'étude du projet:

- Dépendance et influence entre trafic de chantier et gestion du trafic ordinaire

- Gestion du trafic de chantier:
  - sur voie de circulation normale, c'est-à-dire avec le trafic ordinaire;
  - sur des voies de circulation propres:
- Marquages spéciaux, panneaux d'indications, etc.
- Différenciation entre trafic uni-directionnel et trafic à contre-sens.
- Sorties spéciales.

Organisation des travaux

L'organisation des travaux résulte de la gestion de la circulation retenue et de la méthode de construction qui en dépend dans une certaine mesure.

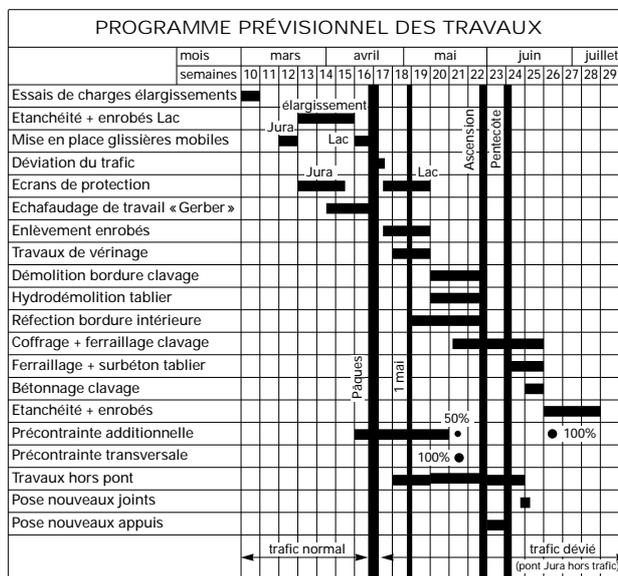


Fig. 45: Programme d'exécution

On distingue en général deux types de chantiers:

Chantiers ou travaux de courte durée ≤ 1 jour  
Ce type d'intervention concerne tous les travaux mobiles qui avancent lentement dans le sens du trafic, par exemple:

- travaux de nettoyage;
- travaux sur la voie d'arrêt d'urgence et les talus;
- travaux de marquage;

et les travaux stationnaires, par exemple:

- réfection de la couche d'usure;
- nettoyage de salissures sur la chaussée;
- travaux d'entretien;
- travaux sur des canalisations industrielles;
- travaux de mensuration.

Chantiers ou travaux de plus longue durée > 1 jour

Ces chantiers ou travaux sont en général stationnaires, c'est-à-dire restent durant de plus longues périodes au même endroit par exemple pour:

- la construction d'une bande d'arrêt d'urgence;
- la réfection des surfaces de roulement;
- le renouvellement du corps de la chaussée;
- l'assainissement de ponts;
- la construction de parois anti-bruits;
- la protection de la nappe phréatique;
- etc.

Il faut examiner les possibilités d'exécuter des travaux sur place ou d'une préfabrication suivie de travaux de montage.

Les accès au chantier se feront depuis l'artère concernée dans la mesure où il n'est pas possible d'utiliser des routes cantonales ou communales.

Il faut préciser de quelles manières les travaux seront effectués: travaux de jour ou de nuit, ou par équipes.

Les connaissances actuelles incitent plutôt à éviter le travail de nuit pur (inconvenients au niveau de la qualité et de la sécurité). Il faut profiter des conditions de visibilité diurne. En cas de nécessité, on programmera un travail comportant deux équipes journalières, par exemple de 5h00 à 22h00.

### Conséquences

Le choix d'un procédé d'exécution devrait intervenir aussitôt que possible, c'est-à-dire lors de la phase d'avant-projet pour être fixé définitivement dans la phase de projet.



Fig. 46: Exécution par étapes cadencées

Le choix d'une méthode de travail optimale exige des connaissances de base spéciales qui sont récapitulées encore une fois ci-après:

- conditions de trafic;
- conditions locales;
- travaux de construction;
- chantiers voisins;
- exigences de la protection de l'environnement;
- connaissances des différentes possibilités de gestion de la circulation;
- connaissances de l'organisation et de la durée des chantiers prévue;
- garantie de la sécurité des usagers;
- garantie de la sécurité des travailleurs;
- assurance de qualité.

En outre, le choix d'un procédé d'exécution résulte des réflexions sur les questions suivantes:

- Les méthodes de construction possibles correspondent-elles aux exigences?
- Les machines et engins prévus pour la réalisation des travaux sont-ils réellement appropriés? Il est impossible d'effectuer des tests d'aptitude sur des chantiers soumis à des délais précis et situés sur les routes en exploitation.
- Quels machines et engins permettent d'exécuter les travaux?
- Le personnel nécessaire à l'exécution des travaux est-il formé et instruit de la tâche à accomplir?

### 3.3.2 Equipements et installations de chantier

#### Bases

Les critères pour les installations de chantier sont donnés par le type de construction, le genre de travaux prévus, le procédé d'exécution, la durée des travaux, les conditions locales, l'environnement.

L'entrepreneur planifie et met en œuvre les installations de chantier pour la phase d'exécution. Les bases sont énoncées par l'auteur du projet dans les documents de soumission. Plus les informations seront détaillées dans la soumission, plus l'entrepreneur pourra agir efficacement (sur les plans de la qualité et des coûts).

#### Procédés d'exécution

Chaque procédé d'exécution et la structure d'organisation qui en dépend requièrent un espace approprié au matériel d'exploitation, des engins et machines et du personnel. Il est dès lors judicieux de réfléchir dès l'étude du projet sur les méthodes

de construction envisageables et les possibilités d'équipement qui en résultent, telles que:

- l'évacuation de couches de revêtement;
- l'évacuation de grandes surfaces de corps de chaussée;
- la préfabrication;
- procédés d'exécution par montage;
- le recyclage de l'asphalte et du béton.

Les dégâts et les défauts constatés sur les ouvrages déterminent en priorité le choix d'un procédé d'exécution, les mesures de construction et les tech-

niques requises. Ce choix dépend également de l'analyse des causes des dégâts. On distingue principalement:

- des dégâts purement superficiels et/ou
- des dégâts touchant à la structure;
- l'augmentation du nombre de voies de circulation, leur élargissement.

On se déterminera pour un type d'installation de chantier en fonction des dégâts et défauts constatés, de leurs causes et de la méthode à utiliser pour les éliminer.



Fig. 47: Renouvellement d'une voie de circulation

### Installations

En règle générale, la mise en place des équipements de chantier s'effectue dans le sens du trafic. Les places d'installation sont mises à disposition en fonction des conditions liées à la topographie locale et à la circulation.

En général, des surfaces disponibles se trouvent dans:

- la zone de transition avant le chantier (zone d'accès);
- la zone d'activité (zone du chantier);
- la zone terminale après le chantier (zone de sortie).

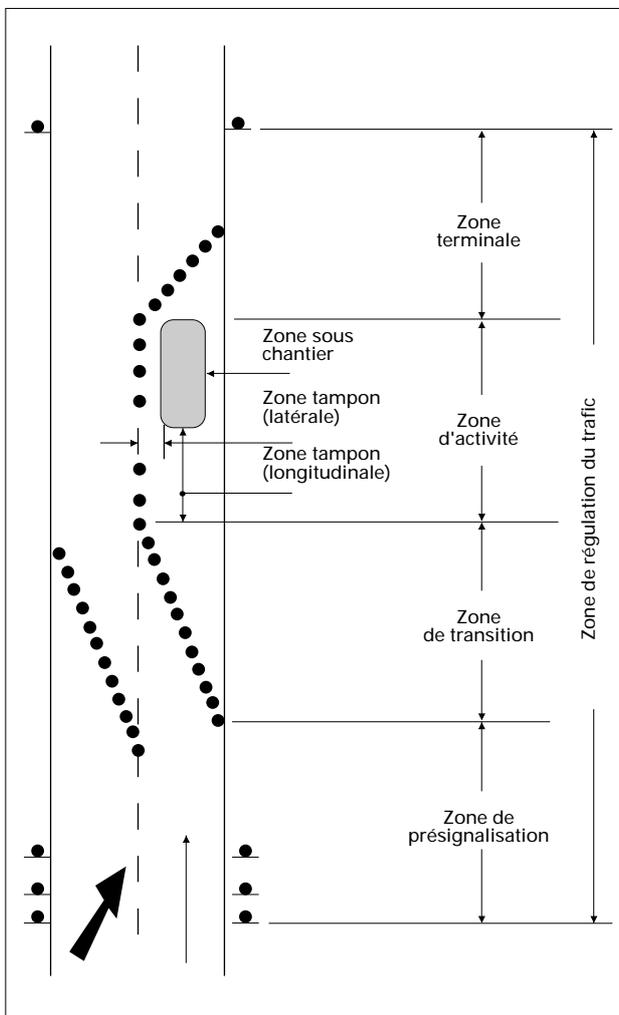


Fig. 48: Gestion de la circulation aux abords d'un chantier (schéma de principe)

Les places disponibles sont le plus souvent exigües et difficiles d'accès pour des raisons de technique de trafic.

Les possibilités d'installation découlent du choix du procédé d'exécution:

- accès au chantier par des routes ou chemins cantonaux ou communaux provisoirement améliorés;
- installation de ponts et passerelles de service pour le personnel, les machines et engins;
- aménagement des accotements;
- aménagement de la berme centrale;
- aménagement de passages de la berme centrale.

Les méthodes d'installation se différencient en fonction des exigences de la planification:

- équipements temporaires;
- équipements stationnaires;

et des exigences techniques:

- équipements fixes;
- équipements mobiles.



Fig. 49: Utilisation d'une nacelle pour l'inspection d'un pont

Les engins, machines et le matériel d'exploitation ainsi que les équipements nécessaires pour le personnel doivent également être adaptés aux conditions particulières:

- engins de levage sans dispositif de pivotage latéral (par exemple ponts roulants);
- engins de chargement spéciaux (par exemple rétro-chargeurs);
- passerelles de transport pour l'acheminement de matériaux depuis l'extérieur de la chaussée;
- trains de chantier pour le transport des matériaux;

- utilisation d'échafaudages pour l'exécution de travaux sous les tabliers de pont;
- utilisation d'échafaudages mobiles pour effectuer des travaux sur les parapets ou les glissières latérales, etc.;
- utilisation de finisseuses de revêtement sans débordement latéral;
- toitures de protection pour travaux à l'abri des intempéries;
- parois de protection;
- locaux de séjour et installation de toilettes chimiques sur le chantier même;
- éclairage performant et fonctionnel des chantiers, particulièrement pour les travaux de nuit;
- possibilités de communications performantes à l'intérieur et à l'extérieur du chantier avec des appareils de transmission (par exemple Natel);
- signalisations et véhicules-barrières;
- organisation d'alarme en cas d'accidents et de pannes de véhicules.

#### Conséquences

L'ingénieur devrait examiner et apprécier chaque installation et équipement de chantier. Le choix judicieux et planifié préalablement d'un type d'installation approprié joue un rôle déterminant dans le respect des délais et des coûts de réalisation de l'ouvrage.

L'accès au chantier doit s'effectuer si possible depuis l'extérieur, à savoir par des chemins latéraux, des passerelles ou des escaliers.

Dans le cas d'entrées et de sorties de chantiers s'effectuant dans le courant du trafic, il s'agira de prévoir des pistes de décélération et d'accélération suffisamment longues.

Les engins, machines, matériel d'exploitation ainsi que le personnel devront dans tous les cas être adaptés au procédé d'exécution et au type d'installation choisis.

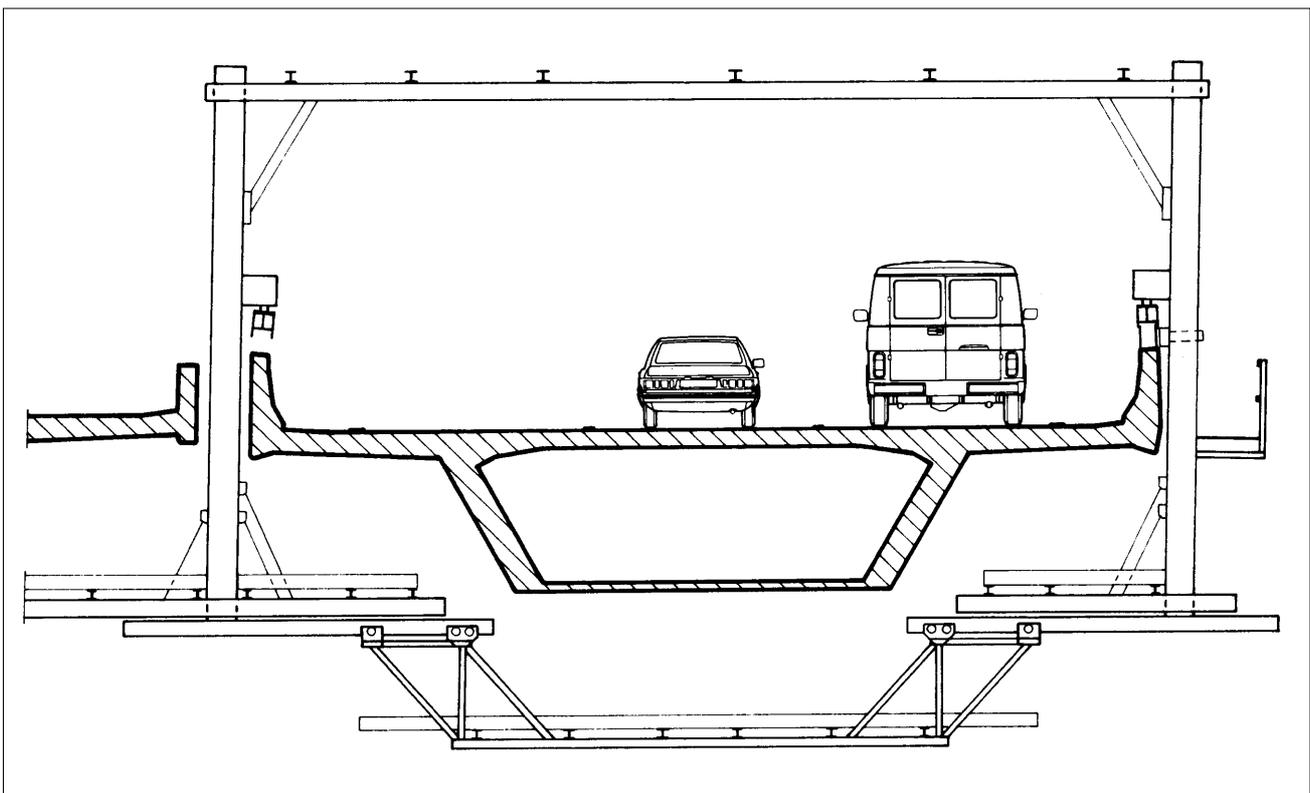


Fig. 50: Disposition d'un échafaudage mobile

### 3.3.3 Nuisances

#### Bases

Les lois, ordonnances et directives de la Confédération et des cantons fixent les bases de la planification, de l'étude de projet et de l'exécution de routes à grand débit en regard des influences et atteintes du milieu et de l'environnement. Les travaux de maintenance et de rénovation sont soumis aux mêmes exigences que les nouvelles constructions.

- Prescriptions sur la protection de l'air selon les lois et ordonnances fédérales et cantonales (Ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air (OPair))
- Ordonnance du 15 décembre 1986 sur la protection contre le bruit (OPB)
- Ordonnance sur la protection contre le bruit dans la construction, l'industrie et l'artisanat, ainsi que les prescriptions techniques d'exécution (BS du 29.11.77)
- Loi fédérale du 8 octobre 1971 sur la protection des eaux contre la pollution (loi sur la protection des eaux et ordonnance sur la protection eaux)
- Mesures de protection des eaux dans la construction des routes (27.5.1968)
- Mesures de protection des eaux et prescription centrales
- Ordonnances du 9 juin 1986 sur les polluants du sol (Osol)
- Ordonnance du 9 juin 1986 sur les substances dangereuses pour l'environnement (Osubst)
- Ordonnance technique du 1.12.1981 sur les déchets
- Lois cantonales en matière de constructions, police et protection de l'environnement
- Mesures de protection des travailleurs suivant les lois et ordonnances fédérales ainsi que les directives et consignes de la CNA

#### Prescriptions

#### Procédés d'exécution

Lors de l'étude et de la réalisation de travaux de maintenance et de renouvellement de routes à grand débit, on tiendra compte autant que possible du milieu et de l'environnement. Toutes les améliorations et dispositions concernant les méthodes classiques de construction qui vont dans ce sens sont à appliquer et à prescrire (machines de chantier, installations de pilotage, abattage de rocher à l'explosif, etc.).

Lors du choix de la méthode de construction dans la phase de projet, les procédés d'exécution, l'engagement des machines et engins ainsi que les

moyens de transport sont à examiner et à définir. Les décharges pour les matériaux excédentaires doivent être connues en priorité. On tiendra compte de leur état et de leur capacité.

Ces mesures doivent figurer dans les «Conditions particulières» du cahier des charges de l'entrepreneur et les travaux ainsi nécessités seront libellés dans la série de prix dans le chapitre «Installations» à l'aide des articles de réserve «R».

#### Mesures de protection de l'air

L'exécution de mesures de construction peut entraîner des conséquences déterminantes sur la pollution de l'air.

Les mesures nécessaires seront planifiées au niveau du projet déjà et doivent correspondre à l'ordonnance sur la protection de l'air.

#### Mesures de protection contre le bruit

Comme pour l'ordonnance sur la protection de l'air, il existe dans l'ordonnance sur la protection contre le bruit des prescriptions concernant l'étude du projet et l'exécution qu'il faut impérativement respecter. Il est en particulier rendu attentif aux mesures supplémentaires à prévoir pour les zones habitées.

Ces mesures doivent figurer dans les bases de soumission.

#### Mesures de protection des eaux

En plus des prescriptions légales pour la protection des eaux en surface, il faut appliquer les prescriptions spéciales pour la protection des nappes phréatiques.

Il faut respecter la classification des zones de protection des nappes phréatiques et la communiquer aux personnes responsables et aux entrepreneurs.

*Travaux dans les zones de protection de la nappe phréatique I et II.  
Travaux dans la zone de protection de la nappe phréatique III.*

#### Mesures de protection des travailleurs

Il faut consacrer une attention particulière aux mesures de protection des travailleurs lors de l'étude et de l'exécution de projets de maintenance et de renouvellement.

La norme SIA 118 (1977) stipule à l'art. 104 la prise en considération des problèmes de sécurité des personnes occupées à la construction lors de l'établis-

sement du projet, de la fixation du déroulement des travaux et de leur échelonnement et enfin de l'exécution. Durant l'exécution, la direction des travaux tout comme l'entrepreneur sont tenus d'assurer la sécurité des travailleurs.

- *Loi fédérale du 20 mars 1981 sur l'assurance-accidents (LAA)*
- *Ordonnance du 20 décembre 1982 sur l'assurance-accidents (OLAA)*
- *Ordonnance du 19 décembre 1983 sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles (OPA)*
- *Loi fédérale du 13 mars 1964 sur le travail dans l'industrie, l'artisanat et le commerce (Loi sur le travail)*
- *Loi fédérale du 19 mars 1976 sur la sécurité d'installations et d'appareils techniques*
- *Ordonnance du 21 décembre 1976 sur la sécurité d'installations et d'appareils techniques*
- *Loi fédérale du 25 mars 1977 sur les substances explosibles (loi sur les explosifs)*
- *Loi fédérale du 21 mars 1969 sur le commerce des toxiques (loi sur les toxiques)*
- *Ordonnance du 19 septembre 1983 sur les toxiques*
- *Loi fédérale du 22 mars 1974 concernant les installations électriques à faible et à fort courant*

Dans le cas de chantiers situés sur des routes en exploitation, les mesures de protection des personnes occupées à la construction doivent être renforcées et sont de ce fait à contrôler continuellement afin de les améliorer ou de les corriger si nécessaire.



Fig. 51: Utilisation d'un toit de protection lors de l'assainissement d'un tablier de pont

Les travaux de construction concernent non seulement la réalisation de nouveaux ouvrages, mais simultanément des travaux de démolition et de reconstruction. Les prescriptions sur l'utilisation des

machines de chantiers et engins, des carburants et autres matériaux ainsi que celles concernant le personnel se retrouvent dans les lois, ordonnances et directives.

#### Conséquences

Les nuisances causées par les travaux de maintenance et de renouvellement jouent un rôle toujours plus important dans l'étude d'un projet et lors de sa réalisation. Les exigences liées à l'environnement s'appliquent autant aux travaux de maintenance et de renouvellement qu'aux nouvelles constructions. Les lois, ordonnances et directives en vigueur doivent être appliquées dans tous les cas.

Il faudra examiner la possibilité de les améliorer lors de l'étude du projet et de la préparation de l'exécution et mettre en pratique ces améliorations lors des travaux. Les thèmes de réflexion ci-dessous doivent être traités dans l'étude du projet et les solutions proposées doivent figurer dans les cahiers de soumissions:

- compatibilité de l'ouvrage avec le milieu et l'environnement;
- application de mesures supplémentaires pour la protection de l'environnement;
- indications concernant les nuisances dans le dossier de projet et dans les formulaires de soumission;
- prise en compte des ordonnances à respecter;
- utilisation de machines, engins et agents énergétiques adéquats;
- choix de matériaux appropriés;
- mise à disposition de personnel qualifié.

### 3.3.4 Conduites industrielles

#### Bases

Il faut accorder une grande importance dans le déroulement d'un projet à la présence de conduites industrielles et assurer leur exploitation durant l'exécution des travaux.

On différencie dans l'étude du projet:

- les conduites industrielles existantes;
- les conduites industrielles projetées;

et

- les conduites d'alimentation;
- les conduites d'évacuation.

Les conduites industrielles existantes figurent dans les plans des propriétaires concernés (services industriels, etc.). Ces plans doivent représenter la situation actuelle et sont en règle générale remis à jour.

Si les plans souffrent de lacunes ou d'imprécisions quant à l'implantation et aux niveaux des conduites existantes, on procédera à des sondages pour les corriger en conséquence.

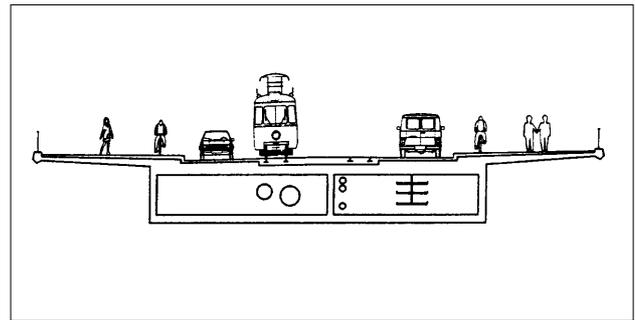


Fig. 53: Conduites industrielles, coupe en travers

Selon la norme SIA 118, art. 5, al. 3, le Maître de l'Ouvrage doit signaler l'existence de telles conduites

Le Maître de l'Ouvrage doit également se préoccuper des diverses contingences locales en relation avec le projet, telles que constructions riveraines, aménagements routiers et autres installations, présence d'une nappe phréatique ou de sources.

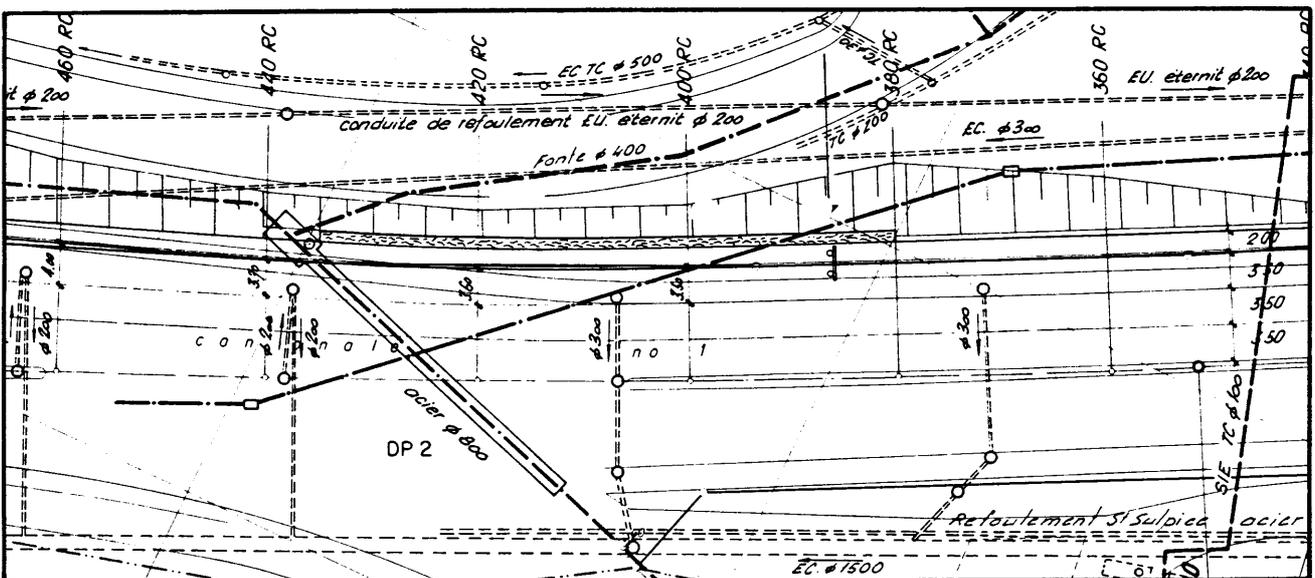


Fig. 52: Plan de situation de canalisations et de conduites industrielles

Les conduites industrielles suivantes peuvent exister:

- électricité;
- gaz;
- eau;
- eaux claires et eaux usées;
- téléphone;
- câbles TV;
- chauffage à distance.

Les propriétaires (services industriels, etc.) ont édicté en général leurs propres directives de planification et d'exécution pour la construction et l'entretien des conduites.

#### Procédés d'exécution

Les procédés d'exécution pour la maintenance et le renouvellement de conduites industrielles sont aussi variés que pour les réalisations nouvelles.

*Le choix d'un procédé d'exécution dépend:*

- de la gestion de la circulation;
- du tracé des conduites en situation et profondeur;
- des conditions techniques;
- des constructions riveraines;
- des possibilités d'interruption;
- des installations de chantier;
- des nuisances.

Deux procédés de construction interviennent principalement:

- travaux à ciel ouvert = réparation et pose de nouvelles conduites;
- travaux en milieu fermé = réparation et amélioration, respectivement rhabillage à l'intérieur des conduites existantes.

*Travail à ciel ouvert:*

- tranchées de canalisation avec talus;
- tranchées de canalisation sans blindage;
- tranchées de canalisation avec blindage partiel;
- tranchées de canalisation avec blindage complet.

Il faut examiner ces procédés de construction en fonction des possibilités techniques de réalisation (pousse-tube, etc.). On pose en règle générale les conduites d'alimentation et d'évacuation à l'extérieur de la chaussée. Le croisement de conduites avec les routes à grand débit est cependant inévitable.

Mesures pour le maintien de l'exploitation

Il faut régler avec les propriétaires des installations le maintien de l'exploitation des conduites avant les travaux et les consigner par écrit.

Si une interruption n'est pas envisageable (par exemple téléphone, chauffage à distance), il faut prévoir des déviations de conduites ou des raccords provisoires. Ces déviations et installations provisoires peuvent, suivant les circonstances, influencer sensiblement le déroulement général des travaux, le choix de la méthode de construction et entraîner des frais en conséquence.

Il y a lieu d'y vouer une attention toute particulière lors de l'étude du projet et de l'analyse des procédés d'exécution.

S'il s'avère nécessaire de creuser des tranchées pour la pose provisoire ou le renouvellement de conduites, il faudra s'assurer de la stabilité géo-

technique des parois de tranchée. Le procédé d'exécution et les mesures à prendre (blindage total ou partiel, talus, etc.) seront définis dans les dossiers de projet et de soumission et figureront dans les prescriptions d'exécution correspondantes.

Sur le plan technique, les différents types de tranchées et les canalisations industrielles à poser sont à traiter séparément.

Conséquences

Le Maître de l'Ouvrage doit clarifier préalablement les contingences locales et la situation effective en ce qui concerne les conduites industrielles.

Il faut tenir à jour régulièrement et de manière précise les plans de situation des canalisations industrielles. A cet effet on procédera, le cas échéant, à des relevés topographiques et à des nivellements.

Dans la mesure du possible, on tentera de poser les nouvelles canalisations à l'extérieur des chaussées. Les croisements de conduites sont à éviter.

Les procédés d'exécution à mettre en œuvre doivent figurer dans le projet.

Les réflexions durant la phase de projet porteront en priorité sur la maintenance du fonctionnement des conduites d'alimentation et d'évacuation.

Les possibilités d'interruption doivent être examinées durant la phase de projet et d'exécution.

### 3.3.5 Exigences de qualité

Bases

Dans le langage technique, les notions de qualité, assurance de qualité et contrôle de qualité sont soumises en permanence à de nouvelles interprétations significatives et déclenchent des discussions multiples.

Durant longtemps, l'assurance de la qualité (AQ) se résumait à un contrôle soigneux d'un produit (par exemple, une construction) juste avant sa finition et sa réception; les défauts constatés devaient être améliorés, souvent à grands frais.

Le développement d'exigences de qualité modernes découle de l'idée que les contrôles traditionnels à la fin des travaux ne pouvaient plus rien changer à la bienfaisance de l'ensemble d'un ouvrage. Le «contrôle final» fait place à une surveillance planifiée tout au long des travaux qui tend à éviter les erreurs plutôt qu'à les corriger en fin de parcours.

La qualité ne représente pas une valeur ou une propriété fixée d'avance pour un projet, une partie d'ouvrage ou un matériau de construction; elle doit être à chaque fois définie par rapport à un objet spécifique.

Dans le domaine de la construction, les exigences générales de qualité sont fondées sur des procédés d'exécution et de fabrication éprouvés et, dans le cas de matériaux, sur l'état des connaissances scientifiques et de l'expérience pratique.

La norme ISO 8402 définit en résumé la notion de qualité comme suit:

«Par qualité, on comprend l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou d'un service qui se rapportent à leur aptitude à répondre à des exigences définies ou supposées».

Des défauts de qualité ne doivent simplement pas apparaître. Ce principe n'est pas nouveau; nouvelle par contre, son application rigoureuse à tous les niveaux, étude de projet, direction des travaux, conduite de tous les processus de construction y compris les services.

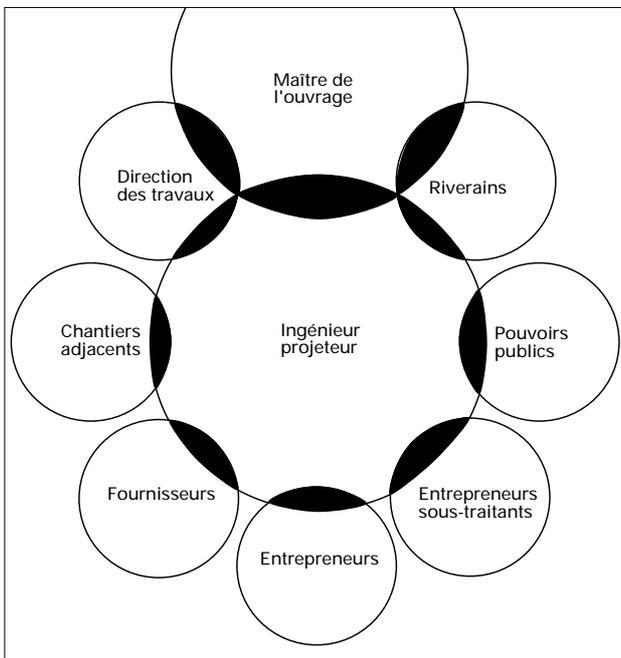


Fig. 54: Ensemble des personnes concernées dans la phase de projet

Dans cette hypothèse, qui va fixer les propriétés (exigences de qualité) devant être atteintes? Ici, non seulement le Maître de l'Ouvrage, le projeteur et l'entrepreneur mais aussi l'utilisateur, seront les partenaires appelés à définir en commun les exigences souhaitées.

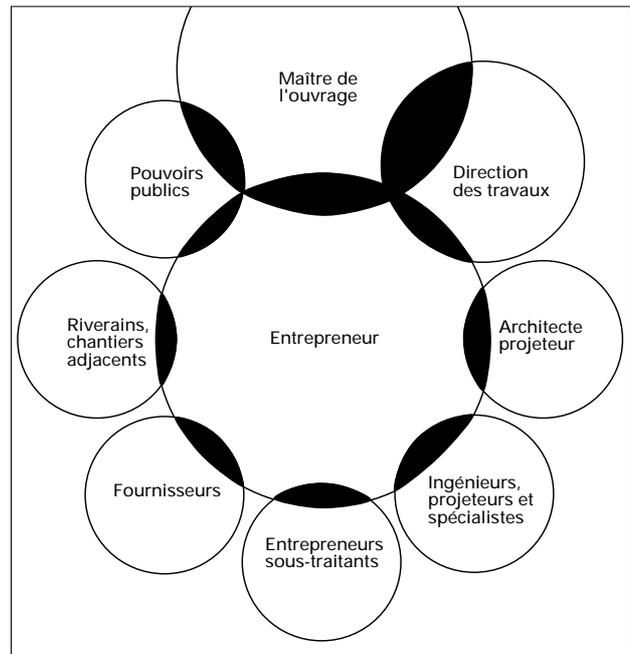


Fig. 55: Ensemble des personnes concernées dans la phase d'exécution

- On ne dispose souvent que d'une expérience limitée au sujet de l'application réussie de procédé, système ou produit de construction.
- Il faut la plupart du temps prendre en compte des conditions-limites aggravantes lors de travaux: trafic, vibrations, appels d'air, humidité, pluie, sels, etc. Il faut choisir les procédés, méthodes et produits en fonction de ces conditions limites. Les contrôles s'adapteront à ces conditions limites spécifiques.
- Il faut considérer dans un ouvrage les différences d'âges d'une structure: application de produits neufs sur d'anciens éléments.
- Les connaissances techniques concernant le patrimoine bâti sont dans tous les cas fragmentaires. Des indications détaillées au sujet de la fabrication des produits utilisés dans la construction manquent en général (composition chimique, etc.).

Conditions-limites pour les exigences de qualité

### Mesures d'assurance de qualité

Le Maître de l'Ouvrage doit définir les exigences de qualité déjà au niveau du processus de planification et mettre en place aussitôt que possible les mesures d'assurance de qualité.

Ces mesures font partie inhérente des études d'avant-projet, de projet et de l'exécution de l'ouvrage.

La réalisation d'un ouvrage exige spécialement dans le domaine de la qualité la collaboration de nombreuses personnes concernées.

On se trouve ainsi toujours dans un système complexe. Chaque ouvrage doit être considéré comme étant un prototype au sens strict du terme qui requiert de ce fait une attention particulière sur le plan des exigences de qualité et, par conséquent, en ce qui concerne les mesures à prendre. On peut atteindre l'objectif «qualité» par divers chemins tout en respectant une systématique correspondante. Le système qui est à employer doit être défini de manière claire.

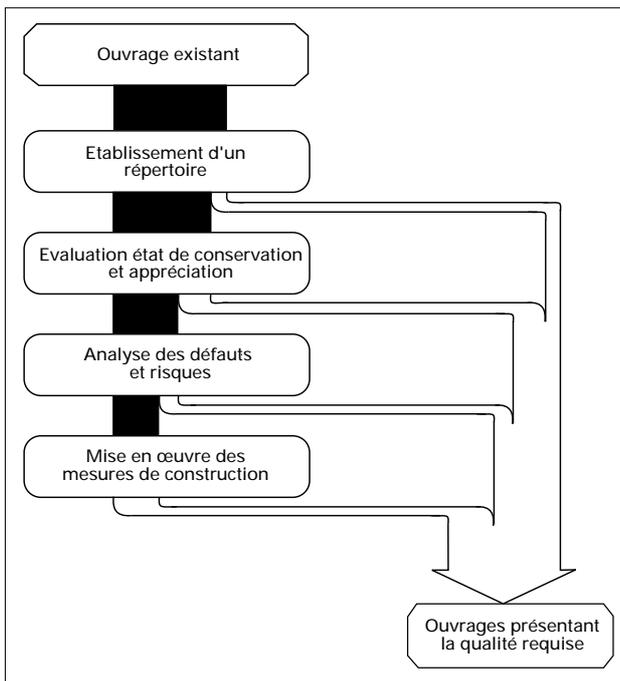


Fig. 56: Démarche pour atteindre...

Au vu des conditions particulières de travaux à réaliser durant l'exploitation, les exigences demandées pour la qualité d'exécution d'un ouvrage sont particulièrement élevées. C'est pourquoi la qualité doit toujours être placée dans un contexte économique global. Une solution apparemment onéreuse peut

se révéler avantageuse sur le plan économique, c'est-à-dire être finalement meilleur marché.

Les travaux de maintenance et de renouvellement demandent des exigences de qualité nettement différentes de celles prévues pour la construction de nouvelles installations routières et posent des problèmes spécifiques sur le plan de la qualité.

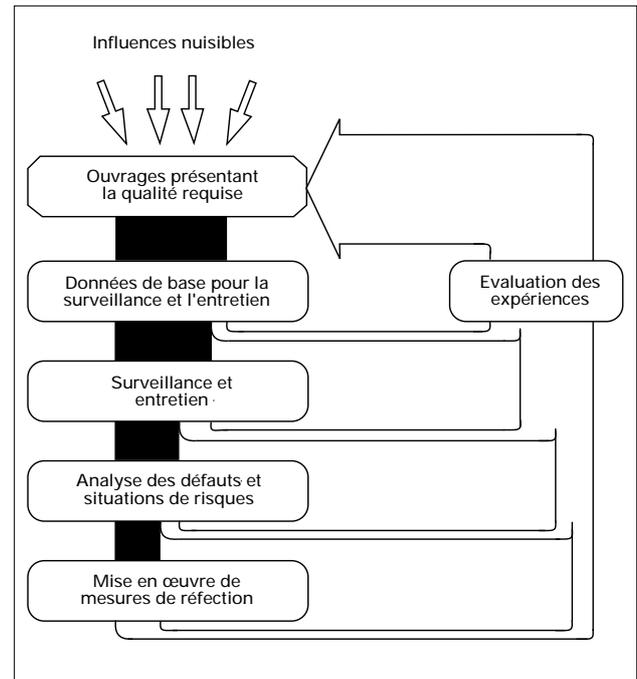


Fig. 57: ... et pour maintenir la qualité d'une construction

Partant de l'objectif fixé, qui est d'atteindre également dans le cas de travaux de maintenance et de renouvellement un niveau de qualité élevé et par là-même une bonne durabilité des travaux prévus, on examinera les mesures suivantes découlant des conditions susmentionnées:

- investigation approfondie concernant les choix des procédés, systèmes et produits à effectuer déjà au cours de la phase de planification et de projet. Les conditions doivent être consignées et au besoin vérifiées lors de l'exécution;
- examen du type de construction et des détails mis au point durant les phases d'études antérieures;
- définition des principales exigences de qualité dans le dossier d'exécution;
- évaluation minutieuse et définition précise des fournitures et prestations;
- exécution systématique des contrôles de qualité et autres examens (plan de contrôle);

- élaboration d'un concept de surveillance de la qualité. Le niveau de qualité à atteindre doit figurer de manière précise au plus tard dans la soumission. Une délimitation claire des responsabilités s'impose pour répondre aux objectifs de qualité visés;
- impacts et conséquences typiquement liés au trafic, (éboulements, vibrations, limitations de la visibilité et la place disponible).

#### Conséquences

Il faut définir en priorité les exigences de qualité et les considérer comme bases pour chaque phase de projet et d'exécution.

Le Maître de l'Ouvrage, l'auteur du projet, les entrepreneurs et les sous-traitants doivent toujours chercher à atteindre le degré maximum de sécurité structurale et d'aptitude au service dans la réalisation d'un ouvrage.

#### Thèse 1

La qualité ne constitue pas une propriété fixée a priori; elle se définit spécifiquement pour chaque objet

#### Thèse 2

L'exigence de qualité prend effet dès l'attribution du mandat et prend fin à la réception de l'ouvrage

#### Thèse 3

Il existe différentes possibilités de s'assurer du respect des objectifs de qualité à atteindre

Fig. 58: Trois thèses au sujet des notions de qualité et d'exigences de qualité

Ces thèses peuvent se concrétiser par:

- le choix judicieux des personnes responsables;
- des types et des méthodes de construction éprouvés;
- des matériaux appropriés et des fournisseurs reconnus;
- des entrepreneurs et des sous-traitants expérimentés et réputés;
- des exigences de qualité fixées contractuellement;
- des contrôles de qualité et autres examens;
- des systèmes d'assurance de qualité;
- les contrôles finaux.

### 3.3.6 Assurance de qualité

#### Bases

On différencie fondamentalement entre assurance de qualité pour l'exécution de travaux et assurance de qualité pour la qualité des produits. On a déjà traité dans ce manuel de la problématique liée à l'exécution irréprochable de travaux effectués dans les conditions aggravées par le maintien optimal du trafic; on se réfère en outre au cours 2, «Exécution des travaux». Dans les lignes qui suivent, on traitera des caractéristiques de la qualité des produits et de leur assurance de qualité.

L'idée de base de l'assurance de qualité consiste à éliminer des produits défectueux ou impropres avant leur apparition sur le chantier.

Les normes ISO de la série 9000 définissent la notion d'assurance de qualité. Cette série comprend les normes ISO 8402, 9000, 9001, 9002, 9003 et 9004.

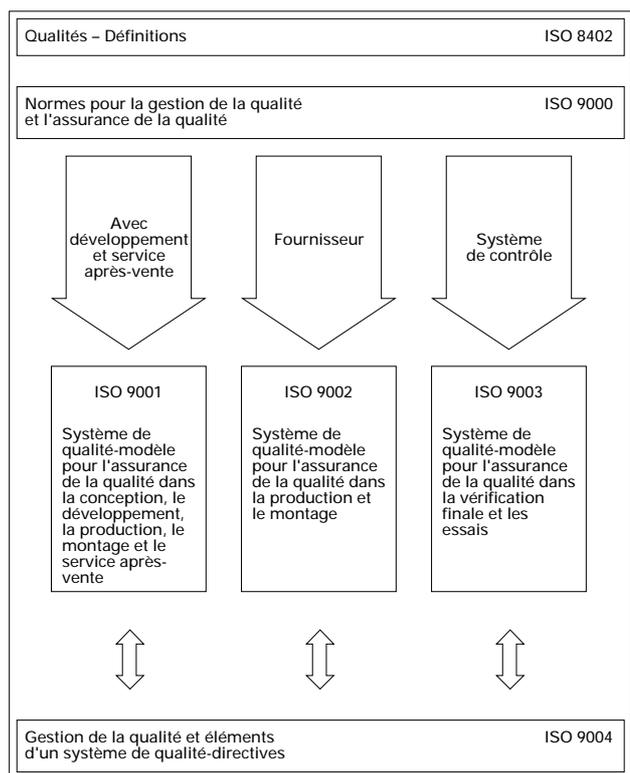


Fig. 59: Aperçu de la série 9000 des normes ISO

L'assurance de qualité constitue une action planifiée et exécutée systématiquement. L'assurance de qualité s'avère nécessaire pour atteindre, avec une marge de sécurité convenable, le niveau de qualité prévu contractuellement entre le commettant et les entrepreneurs. L'assurance de qualité est nécessaire et doit être garantie en tous temps dans le déroulement d'un projet.

Le concept d'assurance de qualité des ouvrages vit un développement rapide. Les dégâts aux constructions et les travaux de renouvellement qui en résultent ont amené ces dernières années certains progrès dans l'assurance de qualité.

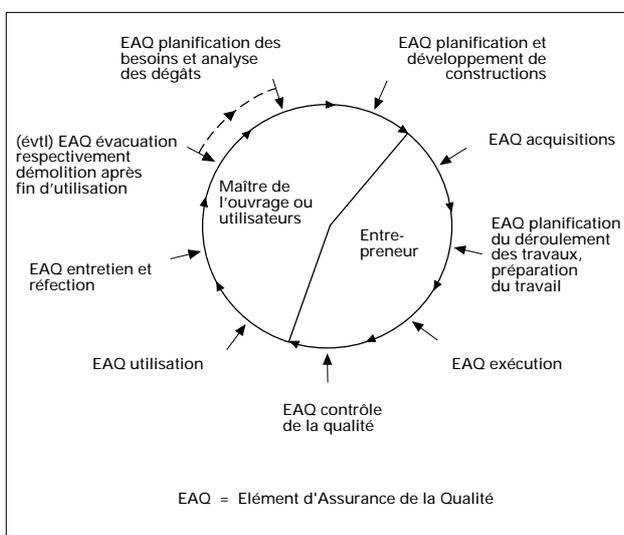


Fig. 60: Cercle de qualité pour l'industrie du bâtiment

Un autre développement de l'assurance de qualité se concrétise, par exemple, dans les normes sur la construction métallique (norme SIA 161/1, 1991) et la norme SN 555 001 (1990) sur la protection des surfaces métalliques (B3).

### Systèmes d'assurance de qualité

On comprend sous «système d'assurance de qualité» (SAQ) une collaboration organisée entre tous les responsables de l'exécution d'un ouvrage qui mettront en commun leurs compétences, responsabilités et moyens afin d'assurer le niveau de qualité prévu.

Le système d'assurance de qualité (SAQ) se compose pour l'essentiel d'une «organisation de mise en place» et d'une «organisation du suivi des travaux» qui sont réunies dans un «document AQ».

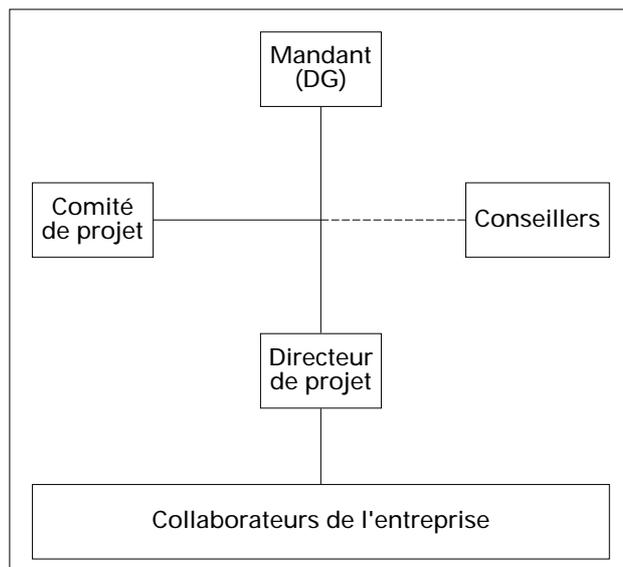


Fig 61: Organisation de l'assurance de qualité

La norme ISO 9000 décrit trois niveaux d'exigence du système d'assurance de qualité, fixés en fonction du degré de difficulté nécessaire pour garantir la qualité d'un produit lors de sa fabrication.

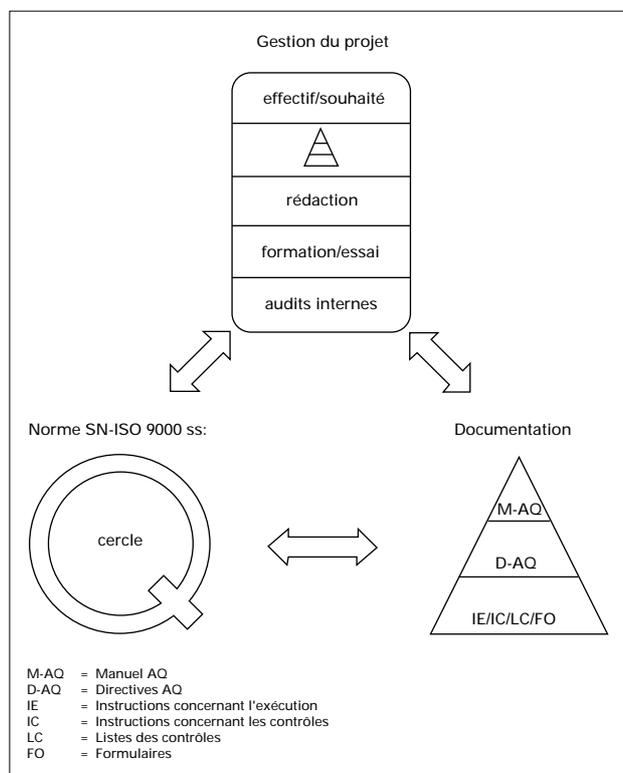


Fig. 62: Organisation de projet lors de la mise sur pied d'un système d'assurance de qualité (SAQ)

Source: B. Schuler, Berne  
Gestion efficace de la qualité (SIA D 062)

### Organisation de l'assurance de qualité

Mettre sur pied, respectivement développer un système d'assurance de qualité signifie appliquer exactement à chaque niveau les mesures exigées par les normes grâce à une gestion systématique du projet et à les consigner dans les documents. Le niveau de compétence de la direction de projet joue un rôle capital dans le succès d'une telle opération. La direction de projet doit répondre aux exigences suivantes:

- expérience dans le domaine de l'assurance de qualité;
- expérience dans la gestion des projets;
- expérience dans la constitution des dossiers.

### Conséquences

Afin d'atteindre le degré de qualité d'une prestation exigée par les commettants et les exécutants, il faut mettre sur pied une organisation adéquate, un système d'assurance de qualité (SAQ).

Le système SAQ qui englobe toutes les instances concernées, du Maître de l'Ouvrage à l'entrepreneur, constitue un outil de travail servant à assurer la qualité. Il contribue d'autre part de manière importante à la réalisation efficace des objectifs fixés.

La construction et le renouvellement des routes à grand débit dépendent particulièrement d'une qualité irréprochable.

Parallèlement à l'organisation et aux méthodes d'application d'un système d'assurance de qualité, la formation du personnel joue un rôle prépondérant.

Le Maître de l'Ouvrage, les planificateurs, les auteurs du projet et l'entrepreneur doivent imposer systématiquement l'assurance de qualité. La qualité, les coûts et les délais représentent des objectifs interdépendants et doivent être poursuivis de pair.

Dans la pratique, l'assurance de la qualité doit être définie et mise sur pied en commun par les responsables de la construction (par exemple par des «check-lists», documentations, etc.). Pour le projet et l'exécution, les exigences relatives à l'assurance de la qualité et les systèmes y relatifs sont à formuler et à mettre en œuvre de manière aussi efficace que possible.

Le cours 2 «Exécution des travaux» prévu comme suite au présent document mettra l'accent sur l'élaboration des bases et leur application pratique.

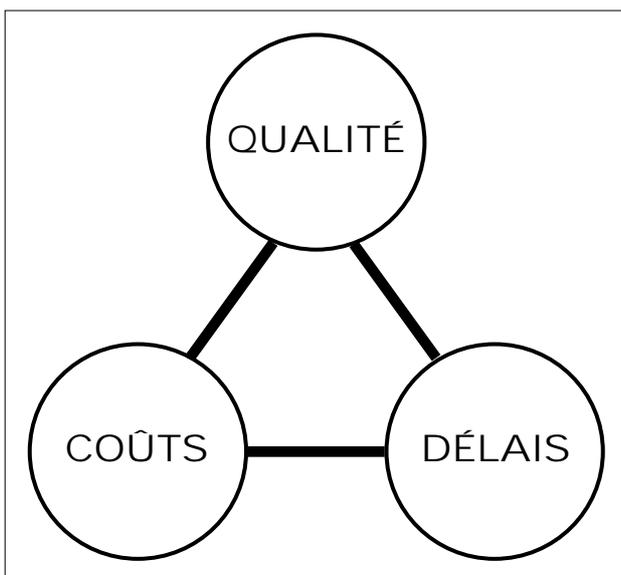


Fig. 63: Les trois objectifs interdépendants de l'assurance de qualité

Source: M. Matousek, Zurich. Assurance de qualité dans la construction en regard des nouvelles normes ISO et SIA (SIA D62)

## 3.4 Déroulement des travaux

### 3.4.1 Mesures de sécurité

#### Sécurité des usagers

Le type de gestion de la circulation dans les zones de chantier influence de manière décisive le comportement des automobilistes. Des dispositifs de balisage insuffisants sont souvent la cause d'accidents dans ces zones.

Il est important de planifier avec soin, depuis le début des études et jusqu'à son exécution, la signalisation des chantiers ainsi que les dispositifs de balisage, et de vérifier sur place après l'implantation leur efficacité optique, surtout de nuit. Les défauts constatés devront être corrigés de suite.

Il faut toutefois se référer dans ce contexte à l'interdiction de la publicité sur les autoroutes (OSR, art. 99, al. 1). Les panneaux ne doivent arborer aucune indication au sujet du genre des travaux en cours ni de logos d'entreprises (voir également chapitre 4.2.2).

Des panneaux ou signaux spéciaux destinés à l'information du conducteur contribuent également à réduire le risque d'accident. Les expériences faites à ce sujet permettent de constater une attitude des automobilistes plus attentive et tolérante face au trafic dans les zones de chantier.

Dans le cas de chantiers de longue durée, la zone des travaux devrait être séparée du trafic par une paroi de protection. Ces parois masquent les travaux en cours à la vue du conducteur et évitent ainsi de le distraire. La fréquence des collisions en chaîne s'en trouve ainsi fortement réduite.

Ces parois peuvent également servir de protection contre les chocs en cas d'accidents (par exemple glissières Tric-Bloc surmontées d'une paroi de protection).



Fig. 64: Montage d'éléments Tric-Bloc

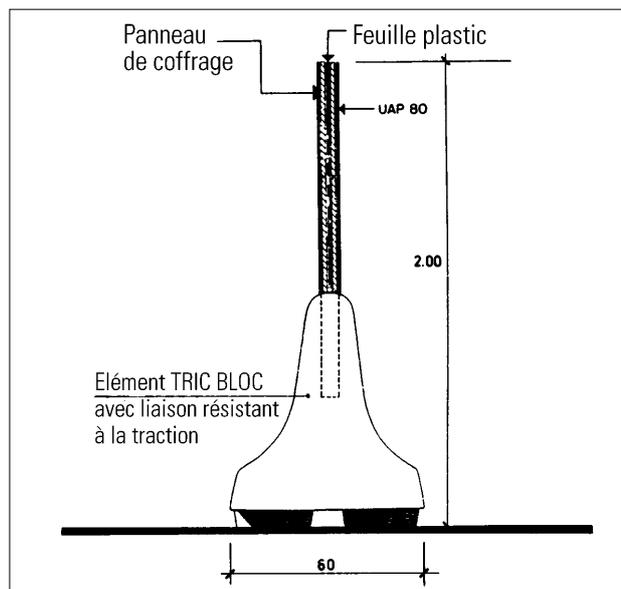


Fig. 65: Élément Tric-Bloc surmonté d'une paroi de protection

### Sécurité du personnel

La pose et l'évacuation des installations de balisage présentent souvent un danger plus important que l'exécution proprement dite des travaux de construction. Une préparation adéquate touchant tous les intéressés permet d'effectuer les travaux de montage et de démontage de ces installations de balisage en toute sécurité. La durée, respectivement le genre de travaux prévus, déterminent le choix des installations de balisage à poser.

Dans le cas de chantiers de longue durée, il faut prendre des dispositions en vue de pouvoir accéder en toute sécurité à chaque zone de travail ou tronçon en exécution. On peut prévoir les mesures suivantes:

- accès par des échafaudages munis d'escaliers;
- accès depuis les culées au moyen d'escaliers et de plateformes;
- passerelles piétonnières au-dessus des voies de circulation;
- galerie de protection au-dessus des voies de circulation;
- passerelles fixées latéralement aux parapets.

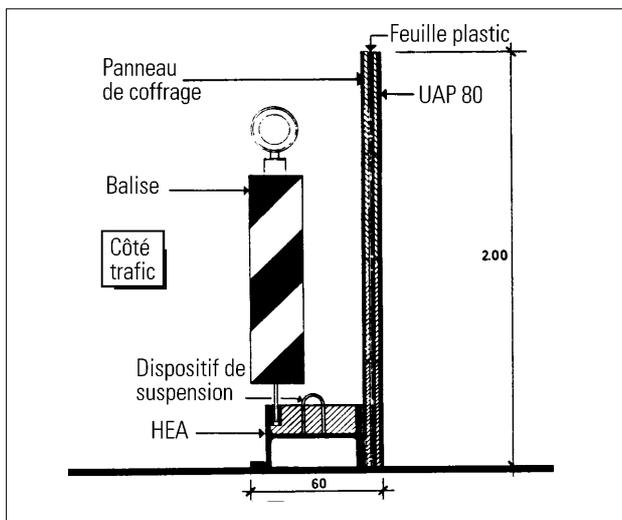


Fig. 66: Parois de protection simple munie d'un balisage

Les parois de protection citées plus haut, d'une hauteur de 2 m environ, montées le long des chantiers de longue durée sur les autoroutes, protègent le travailleur des nuisances du trafic, telles:

- le bruit;
- les gaz d'échappement;
- les éclaboussures;

et garantissent une nette séparation entre le chantier et le trafic.

Les directives visant à garantir la sécurité des travailleurs et l'application des prescriptions légales doivent figurer dans le dossier de soumission, le cas échéant sous forme d'article de type «R» ou «Z» de la série de prix.

Les ouvriers doivent porter pour tous les travaux une tenue de protection orange (selon la norme VSS).

Ci-dessous, quelques directives importantes relatives à la sécurité des employés:

- Directives de la CNA (au sujet des émissions de bruit, de gaz d'échappement, de poussière).
- Directives cantonales (instructions au sujet du comportement de tiers dans le cadre de travaux sur les routes à grand débit, loi sur les émissions de bruit, loi sur le travail).
- Autres directives légales cantonales.
- Directives légales pour les travailleurs.

## Exemples de mesures

*Parois de protection et glissières de sécurité*

Pour les chantiers de moyenne ou longue durée il faut, dans la mesure du possible, établir une séparation entre le trafic et la surface occupée par les travaux. Une telle séparation augmente notablement la protection des travailleurs et en même temps, elle réduit les nuisances et masque la vue du chantier aux usagers de la route.

Il faut, par le choix du système employé, garantir la protection optimale tant des usagers que des travailleurs. Actuellement on trouve, entre autres, les parois de protection suivantes sur le marché:

- système de barrière de sécurité Tric-Bloc (montage jusqu'à 1 m de hauteur);
- glissières de sécurité en acier Vecu-Sec;
- Vario-Guard;
- Mini-Guard;
- VD-SEROC.

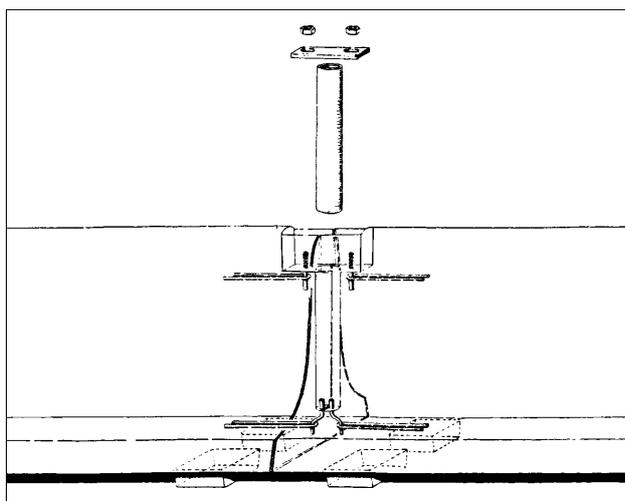


Fig. 67: Système de liaison des éléments Tric-Bloc

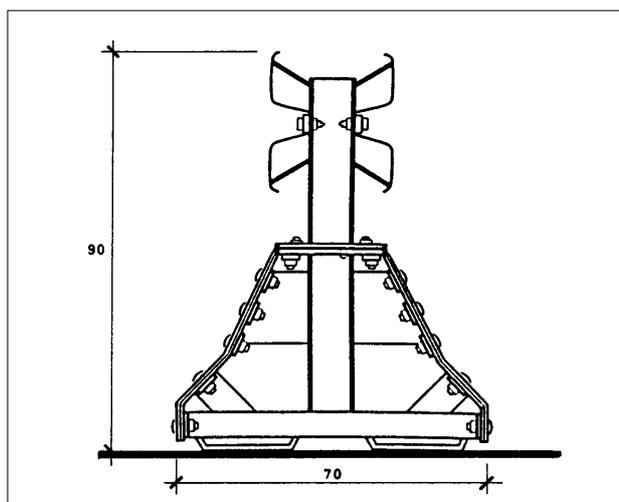


Fig. 68: Coupe en travers d'une glissière de sécurité en acier Vecu-Sec

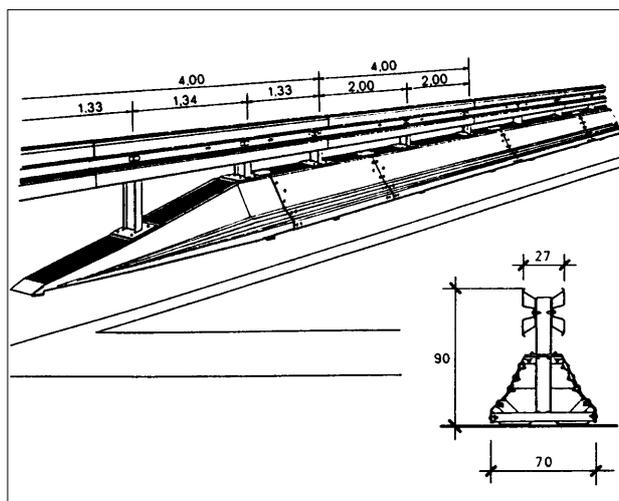


Fig. 69: Système de glissières de sécurité en acier Vecu-Sec

*Tunnels et échafaudages de protection*

Dans le cadre de chantiers sur des routes à grand débit, on se retrouve très souvent confronté à la présence de lignes à haute tension de chemins de fer ou de tramways, ce qui nécessite des mesures de protection tant pour assurer l'exploitation des installations que pour les travailleurs et les machines engagés (Les CFF ont édicté leurs propres prescriptions concernant le trafic ferroviaire et les installations et lignes sous tension – par exemple les gabarits CFF, les distances de sécurité à respecter vis-à-vis d'un tunnel, respectivement d'un échafaudage de protection).

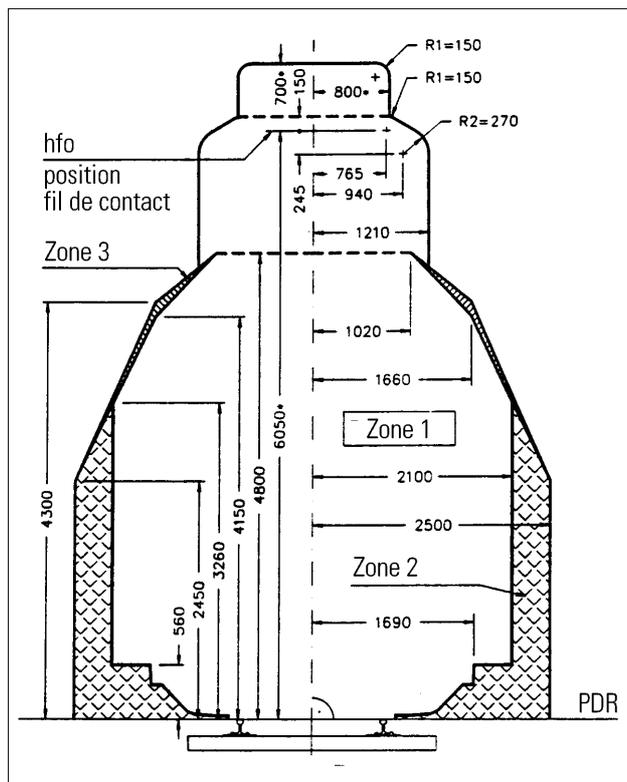


Fig. 70: Esquisse d'un gabarit CFF (type II)

Des tunnels et échafaudages de protection doivent être prévus pour tout ouvrage à réaliser ou à assainir situé à proximité immédiate d'une installation de chemin de fer. On peut également prévoir des tunnels de protection au-dessus des voies de circulation.

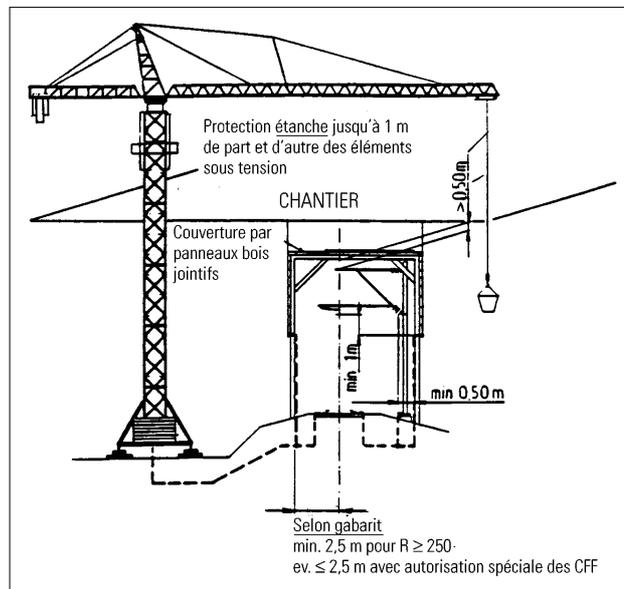


Fig. 71: Exemples d'implantation...

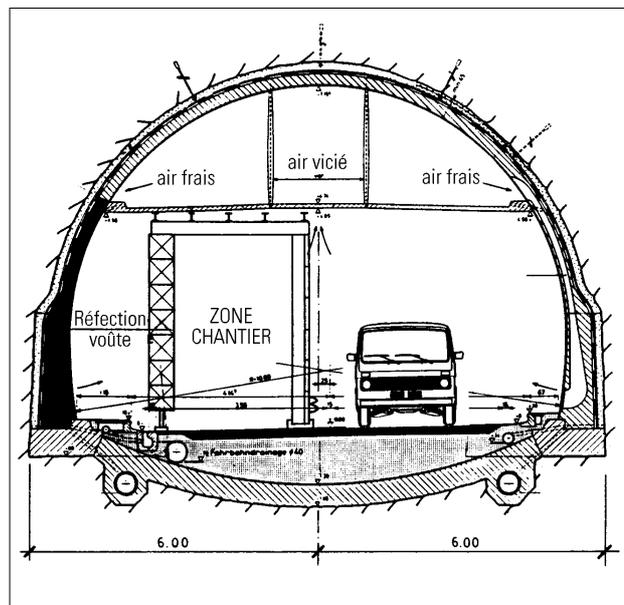


Fig. 72: ... d'échafaudages de protection

Les exigences liées à ce genre d'installation doivent être définies avec les organes responsables. Les fondations situées près des voies de circulation et devant encaisser des chocs de véhicules, doivent être dimensionnées et exécutées avec soin.

Il faut relier à la terre tous les appareils et constructions métalliques aux abords d'installations à haute tension. Ces mesures de protection devront faire l'objet d'articles distincts dans la série de prix.

Il est important de définir exactement ces exigences et de les compléter par des plans ou des esquisses et d'y adjoindre des indications sur les délais de montage et de démontage en-dehors des horaires de travail habituels.

Les instances compétentes doivent approuver ces plans avant leur mise en exécution.

L'entrepreneur peut ainsi étudier les informations qui lui sont fournies et offrir un échafaudage ou tunnel de protection techniquement irréprochable.

débit, (bruits, odeurs, dangers) l'utilisation de procédés d'exécution par préfabrication en usine ou sur un chantier aménagé à proximité, s'est avérée avantageuse. Des expériences concluantes ont été faites avec l'utilisation d'éléments préfabriqués pour la pose de parapets de type New Jersey, surmontés de parois anti-bruit. On a pu réduire ainsi d'environ 30% le temps de travail passé sur la route par rapport à un bétonnage sur place. On peut également mieux répondre aux exigences de qualité en préfabrication et mieux les contrôler (qualité du béton, recouvrement des armatures, etc.).

### 3.4.2 Exécution des travaux par étapes

Le déroulement de l'exécution des travaux doit déjà faire l'objet de réflexions durant la phase de projet.

Dans le cas de travaux complexes, il paraît judicieux d'associer, dès la genèse du projet, des spécialistes issus des entreprises. Les étapes sont à planifier de telle sorte que les travaux entravent le moins possible le trafic sur l'autoroute. En conséquence, les étapes se succéderont soit dans le sens de la largeur (éviter si possible la réduction du nombre de voies de circulation), soit dans le sens de la longueur (succession optimale des étapes). Les possibilités d'accès aux chantiers dans le sens du trafic déterminent très souvent le choix des étapes. Il est par exemple impossible d'exécuter sur un pont simultanément le bétonnage de parapets et l'application à chaud de couches d'étanchéité.

Le déroulement et l'échelonnement des travaux sont déterminants pour le programme des travaux. Des équipes qui se gênent mutuellement dans leurs activités nuisent à la qualité finale de l'exécution et au rendement de l'entreprise de construction.

Si l'ingénieur simplifie par trop son travail et néglige d'étudier à fond la suite des étapes, des discussions au sujet des coûts ou des délais à respecter s'ensuivront inmanquablement lors de l'adjudication ou de l'exécution des travaux .

Afin d'épargner à tous les intéressés le plus possible de devoir exécuter des travaux exigeants et le plus souvent désagréables le long des routes à grand

### 3.4.3 Horaires de travail

Certains politiciens exigent de plus en plus souvent des travaux de nuit. L'expérience des CFF et de certains cantons démontre cependant une nette diminution du rendement lors de travaux nocturnes. De plus, il n'est presque pas possible de répondre aux exigences de qualité requises pour certains travaux. Il s'avère que des travaux simples, tels que la démolition au marteau et à l'hydrojet, le sablage, le nettoyage de canalisations ou de parois de tunnels, s'effectuent parfaitement de nuit. Par contre, des travaux compliqués telles que la pose de tapis (planéité), la mise en place de béton (qualité, pervibration, transport), etc. s'accommodent difficilement des conditions nocturnes et doivent être évités autant que possible.



Fig. 73: Travaux de nuit

Le travail de nuit entraîne très souvent des problèmes avec les transports de matériaux à travers les localités (autorisations spéciales pour les fournisseurs et les transporteurs), le bruit occasionné dans les parages des maisons (vibrations, marteaux pneumatiques, hydrojets), l'éclairage (très souvent gênant ou aveuglant pour le trafic), et avec le personnel (syndicats, autorisations, paiement des suppléments, contingences familiales, nourriture, santé). Un échange d'expériences entre divers spécialistes des CFF et des cantons a démontré très clairement l'importance grandissante de ces problèmes. Les CFF ont avoué rencontrer ces dernières années de très grandes difficultés à recruter en nombre suffisant du personnel qualifié pour réaliser des travaux de nuit.

Il faut dès lors prendre très au sérieux ces expériences au niveau de la planification et déterminer avec soin les travaux à réaliser impérativement de nuit.

En ce qui concerne les dossiers de soumission, il s'agit de définir exactement les conditions-limites correspondantes et de préciser également quelles prestations supplémentaires seront ou ne seront pas dédommagées.

Dans le dossier de soumission, il faut éviter des phrases telles que «toutes les sujétions sont à prévoir par l'entrepreneur et seront comprises dans l'offre».

L'entrepreneur est en principe libre de remettre avec son offre ses propres variantes d'horaire de travail et de les chiffrer.

### 3.5. Devis estimatif

#### 3.5.1 Subdivision d'après CAN 2000

Le devis estimatif sert à quantifier tous les éléments du projet afin d'obtenir un aperçu des coûts prévisibles d'un ouvrage. En plus des coûts liés aux travaux de construction, il faut saisir tous les autres frais tels les dédommagements à des tiers, les honoraires, etc., sans toutefois pouvoir se référer à une série de prix ou à des offres. Le devis sert de base pour l'approbation du projet.

Un bon devis estimatif s'établit sur la base de chiffres acquis avec l'expérience. Les sources suivantes peuvent être utilisées:

- Manuel de la construction (associations de soutien: BSA, SSE, SIA).
- Ouvrages déjà réalisés.
- Plan comptable de l'OFR.

Le renchérissement par rapport à des ouvrages déjà réalisés peut se calculer sur la base de l'indice des frais de production (ICP-SSE) pour les nouvelles constructions, publié chaque trimestre par la SSE.

*Remarque*

*Une standardisation et indexation des coûts sur le plan fédéral concernant des travaux typiques de renouvellement faciliteraient grandement le travail d'évaluation et augmenteraient son degré d'exactitude.*

Pour des raisons de commodité, la structure des devis sera basée sur celle du CAN 2000. Ceci facilitera la comparaison de prix indicatifs se trouvant dans les mêmes chapitres ou articles.

| Construction 2000   |  |
|---|--|
|  |  |
|  |  |
| <b>230</b>  | <b>Assainissements, canalisations et travaux de pose de câbles pour tracés</b> |
| 237   | Assainissements  |
| 238   | Canalisations  |
| <b>240</b>  | <b>Travaux de gros oeuvre pour ouvrages d'art</b>                              |
| 241   | Ouvrages en béton coulé sur place  |
| 242   | Éléments préfabriqués en béton   |
| 243   | Ouvrages métalliques   |
| 244   | Appuis et joints de chaussée   |
| 245   | Étanchéités et revêtements de ponts  |
| <b>280</b>  | <b>Travaux de second oeuvre, tracés, ouvrages d'art, ouvrages souterrains</b>  |
| 281   | Dispositifs de retenue (glissières et barrières)                               |
| <b>CRB VSS SIA</b>  |  |

Fig. 74: CAN 2000, génie civil

Le devis estimatif ne doit pas comprendre tous les détails qui seraient à prévoir dans une série de prix complète. Sous le titre des articles principaux figurent les quantités les plus importantes et les prix unitaires englobent également le coût de travaux moins importantes (plus-values, etc.) qui peuvent être intégrés à la prestation principale. (Le prix du béton doit, par exemple, comprendre le coût des adjuvants, des traitements de surface et de la cure).

Les installations de chantier, les honoraires et les imprévus sont pris en compte par un pourcentage. Le montant du devis établi selon la méthode exposée ci-dessus pourra être comparé avec des chiffres basés sur l'expérience éventuellement disponible (prix au m<sup>2</sup> par exemple).

Quand le devis est établi d'après le CAN 2000, il peut rendre de précieux services dans le contrôle des coûts de construction durant les phases de soumission et de décompte.

Si le devis est complété à la fin des travaux par les coûts effectifs, il pourra servir de référence pour de futurs projets.

### 3.5.2 Plus-values engendrées par les travaux durant le trafic

Ces plus-values dépendent essentiellement des facteurs suivants:

- accessibilité du chantier;
- conditions de travail;
- allocations supplémentaires pour travail de nuit ou en équipe;
- horaire spécial (très court) de travail journalier;
- déroulement des travaux;
- constructions provisoires, sécurité, environnement;
- incertitude dans le choix des hypothèses durant l'étude du projet.

Les facteurs peuvent se cumuler et leur appréciation individuelle est soumise à de grandes fluctuations.

Les sujétions et complications pouvant se présenter doivent être prises en compte au niveau des articles correspondants du devis et sont à majorer d'un pourcentage approprié.

### 3.5.3 Exactitude

L'exactitude du devis estimatif dépend en première ligne des éventuelles imprécisions dans le projet (par exemple à cause d'une partie de construction soustraite à l'inspection).

Il faut d'abord mettre en relation l'exactitude du devis avec les offres des entrepreneurs. Par expérience, on constate d'importantes différences d'une offre à l'autre, alors que les entrepreneurs recevaient la même série de prix. L'évaluation individuelle des causes de plus-values, les règles de l'offre et de la demande, de même que des propositions intelligentes de procédés d'exécution expliquent ces différences.

Cette première impression met, d'autre part, en évidence la quasi-impossibilité d'atteindre le degré d'exactitude indiqué dans le règlement SIA 103, art. 3.7 et qui représente déjà pour de nouvelles constructions un niveau de précision élevé.

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| <i>Etude de planification</i> | $\pm 25 \%$ |
| <i>Avant-projet</i>           | $\pm 20 \%$ |
| <i>Projet définitif</i>       | $\pm 10 \%$ |

L'exactitude du devis dépend en outre de la qualité du projet. Même dans le cas d'études sérieuses et de bons relevés de l'état existant, des inconnues subsistent qui entraînent des modifications du volume des travaux et, par là-même, des différences par rapport au devis initial.

### 3.5.4 Imprévus

Le poste «Imprévus», compte tenu des remarques précédentes, mérite une grande attention, car il peut représenter une des sommes les plus importantes du devis. On compte en général dans la construction des routes nationales 15% de charges supplémentaires pour des difficultés, des travaux en régie, de renchérissement, etc. Ce chiffre peut être massivement dépassé lors de travaux de remise en état ou de renouvellement.

---

## 4. Phases de préparation de l'exécution

---

|       |                          |    |
|-------|--------------------------|----|
| 4.1   | Mise en soumission       | 77 |
| 4.1.1 | Conditions particulières | 78 |
| 4.1.2 | Base de calcul des coûts | 78 |
| 4.1.3 | Série de prix            | 78 |
| <hr/> |                          |    |
| 4.2   | Remarques particulières  | 81 |
| 4.2.1 | Personnes responsables   | 81 |
| 4.2.2 | Information              | 81 |

---

*Le chapitre 4 donne quelques indications concernant la phase de préparation de l'exécution.*

*Ces remarques devraient être prises en compte dans la mesure du possible lors de la préparation des devis et des dossiers de soumission.*

*Le cours 2, prévu comme suite éventuelle au présent cours, traitera des documents détaillés relatifs aux soumissions (conditions particulières et cahiers des charges), ainsi que de l'adjudication et de l'exécution des travaux.*

## 4.1 Mise en soumission

La mise en soumission de travaux de construction pour la maintenance ou le renouvellement de routes à grand débit en exploitation ne diffère en principe en rien de celle pour la construction à neuf d'un tronçon de route ou d'un ouvrage d'art. L'outil à utiliser pour la mise en soumission de constructions nouvelles, de travaux de maintenance ou de réfection est en général donné par le catalogue des articles normalisés de l'industrie suisse de la construction, qui est à disposition dans sa plus récente version sous la dénomination «CAN 2000».

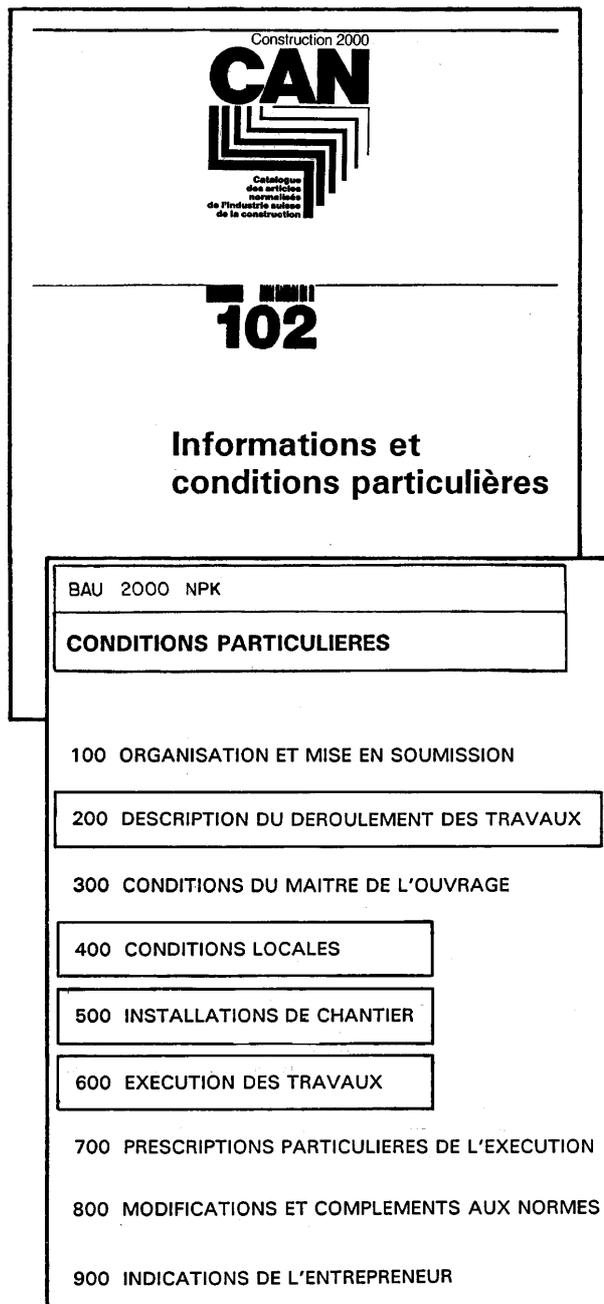


Fig. 75: Structuration des «Conditions particulières» du CAN 2000

Le CAN contient tous les éléments qui sont nécessaires pour la mise en soumission de travaux de maintenance ou de renouvellement. Il paraît important que toutes les conditions à respecter dans le cas de travaux sur un ouvrage en exploitation soient contenues dans les bases de soumission et qu'elles puissent être perçues clairement par l'entrepreneur. Il s'agit en particulier des indications spécifiques élaborées dans la phase de projet concernant la gestion de la circulation, les mesures de sécurité, les installations de chantier et le déroulement prévu des travaux.

Ces données constituent la base pour le choix d'installations appropriées, la planification de l'engagement du personnel, ainsi que la mise à disposition de machines et d'engins appropriés et nécessaires.

#### 4.1.1 Conditions particulières

Les «Conditions particulières» constituent une partie du dossier de soumission. Elles contiennent des informations administratives et techniques d'ordre général ainsi que des prescriptions concernant l'établissement des offres. A souligner que des spécifications au sujet de certains articles particuliers de la série de prix doivent figurer à cet endroit-là et non dans les «Conditions particulières».

Le catalogue CRB No 102, «Informations et Conditions particulières» sert de base pour l'articulation de cette partie du dossier de soumission.

#### Calendrier des délais

Divers points fixes et enchaînements résultent des études de projet. Ces données forment le canevas pour la démarche de l'entrepreneur durant la phase de mise en soumission. Le calendrier des délais qui en découle, après d'éventuelles retouches, deviendra partie intégrante du contrat d'entreprise.

Normalement, le déroulement de l'exécution est représenté par un programme à barres. Les éventuels travaux par équipes ou de nuit et l'engagement correspondant de personnel devraient en ressortir clairement. Cela signifie qu'il faut également prendre en considération, en plus du déroulement des travaux, les conditions saisonnières et les dates particulières (jours fériés, foires, etc.).

#### Aires d'installation

Leur définition dépend des conditions locales et des besoins liés au procédé d'exécution. Une partie de ces surfaces peut éventuellement être aménagée sur le tronçon de route en chantier. Dans le cas d'une exécution par étapes, il faudra tenir compte des besoins d'espace variables.

Une attention particulière doit être vouée aux possibilités d'accès au chantier. D'autre part, il faut dé-

signer les raccordements pour le courant électrique, l'eau potable et les eaux usées et signaler les mesures découlant des prescriptions pour la protection des eaux.

#### Soumissions préalables

Les soumissions préalables servent de base de décision pour la suite de l'étude de projet (par exemple concernant le choix d'un système de précontrainte, d'un échafaudage, de travaux d'étanchéité et de revêtement).

L'entrepreneur, choisi sur la base d'une soumission préalable pour l'exécution de certains travaux partiels, sera désigné comme sous-traitant lors de la mise en soumission des travaux principaux. Il faut dans ce cas se préoccuper des problèmes suivants:

- caractère obligatoire de l'offre envers l'entrepreneur principal;
- garantie et durée de garantie;
- conditions de paiement;
- partenaires contractuels et voies de service;
- contact entre le maître de l'ouvrage (direction des travaux) et l'entrepreneur sous-traitant.

Il faut de ce fait mentionner la collaboration prévue dans le dossier de soumission.

#### 4.1.2 Bases de calcul des coûts

Celles-ci contiennent les salaires de base et les prix de base des matériaux, ainsi que les majorations de l'entrepreneur. Le catalogue CRB no 103, «Bases de calcul» sert de référence. Les «bases de calcul» servent de référence pour les éventuelles variations de prix, de même que la calcul de prix complémentaires. Par conséquent, on demandera par exemple les prix des matériaux et prestations intéressant le projet.

#### 4.1.3 Série de prix

Les «Conditions particulières» et les «bases de calcul» décrites auparavant font partie intégrante de la série de prix; suivant leur importance, elles feront l'objet d'un cahier séparé.

Les bases pour l'établissement de la série de prix sont données, d'une part, par le projet approuvé et, d'autre part, par le CAN 2000 du CRB.

La rédaction de la série de prix sera réalisée de préférence par un directeur des travaux expérimenté, en étroite collaboration avec l'auteur du projet.

Le temps investi dans la préparation soignée de la série de prix se révèle payant à plus d'un titre. Des

articles manquants ou incomplets entraînent, lors de l'exécution, un surcroît de travail administratif et des plus-values. Des incertitudes ne doivent toutefois pas conduire à copier la «moitié du catalogue». Trop d'articles affectés d'une quantité 1 ou «par» entraînent des offres spéculatives.

Préparation de la série de prix avec le CAN 2000

Le catalogue des articles normalisés de l'Industrie suisse de la construction est publié par la Centrale suisse d'études pour la rationalisation de la construction (CRB), avec comme organisation de soutien, la VSS et la SIA. Le CAN s'utilise de façon universelle dans le bâtiment et le génie civil.

un concept pour le choix et l'articulation des chapitres et des articles comme, par exemple, dans le paragraphe suivant.

Réflexions concernant la définition d'un concept

La réfection d'une route est souvent liée à celle d'un ouvrage d'art, ou inversément; la réfection d'un pont entraîne normalement des adaptations au niveau de la route ou du revêtement. Il en résulte dans les deux cas des séries de prix largement similaires.

L'entrepreneur principal peut être une entreprise de construction de routes ou une entreprise de génie civil. Il faut souvent encore faire appel à des entreprises spécialisées.

Il est judicieux, dans l'établissement des formulaires d'offres, de se réserver la liberté de faire participer des entreprises spécialisées, soit en tant que sous-traitant ou, dans le cadre d'une adjudication séparée, en tant qu'entreprise secondaire. Dans ce cas, la répartition des installations doit être réglementée.

Articulation et choix des chapitres du CAN (exemple)

Partie générale:

- 102 Information et conditions particulières
- 103 Bases de calcul
- 111 Prix de régie
- 113 Installations générales de chantier.

L'entrepreneur principal comprend dans son offre ces installations et les met aussi à la disposition des entreprises spécialisées (autres installations voir chapitres 141 et suivants\*):

- barrières;
- glissières de sécurité provisoires;
- parois de protection;
- installations de feux lumineux;
- ponts provisoires;
- toitures de protection;
- échafaudages;
- démontages éventuels;
- engins de levage;
- eau, électricité et téléphone;
- baraquements;
- déviations éventuelles sous forme d'articles forfaitaires (articles détaillés voir chapitres 142 et 223);
- etc.

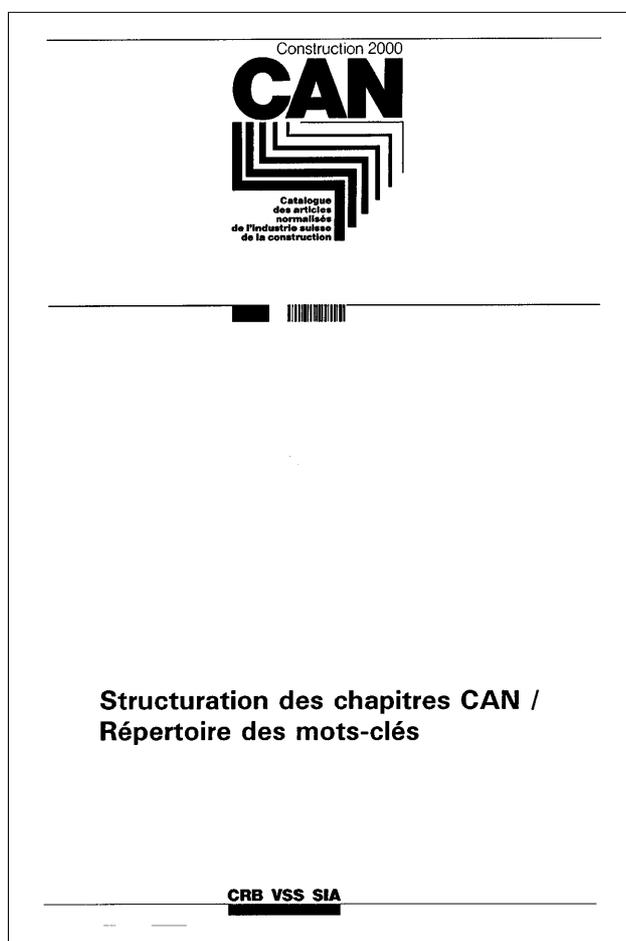


Fig. 76: CAN 2000, Répertoire des mots-clefs

L'utilisation du système s'avère simple dans le cas de la mise en soumission d'une seule catégorie de travaux (par exemple travaux de revêtement). Dans le cas de travaux plus complexes, il s'agira de définir

Autres chapitres (utilisables également pour des offres particulières):

- 141\* Petits travaux de béton
- 131\* Réparation et protection du béton
- 132+ Forages et coupes dans le béton
- 133+ Réfections et maçonnerie
- 222\* Bordures et pavages
- 223\* Pose et réfection de revêtements ou éventuellement 142, petits travaux de revêtement
- 238\* Conduites par tuyaux
- 244\* Appuis et joints de dilatation
- 235\* Etanchéité et revêtement de ponts
- 281\* Glissières de sécurité et barrières
- 282\* Marquage
- ...\* Travaux de peinture
- ...\* Etc.

L'établissement de la série de prix s'effectue normalement par des moyens informatiques. Le brouillon peut s'étudier à l'aide de formulaires spéciaux, mais le travail à l'écran se révèle plus efficace. La recommandation SIA 451 définit les formats des données.

De cette façon, on pourra mettre à disposition des entrepreneurs la série de prix imprimée sur papier et, de plus, enregistrée sur un support de données (par exemple disquette). La remise des offres doit s'effectuer pour des raisons juridiques sous forme écrite; la transmission des données sur disquettes facilitera, par contre, la comparaison des offres.

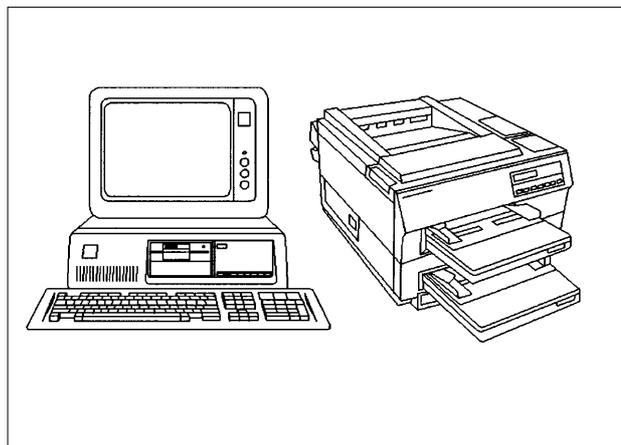


Fig. 78: Utilisation de l'informatique pour la préparation (et l'évaluation) des séries de prix

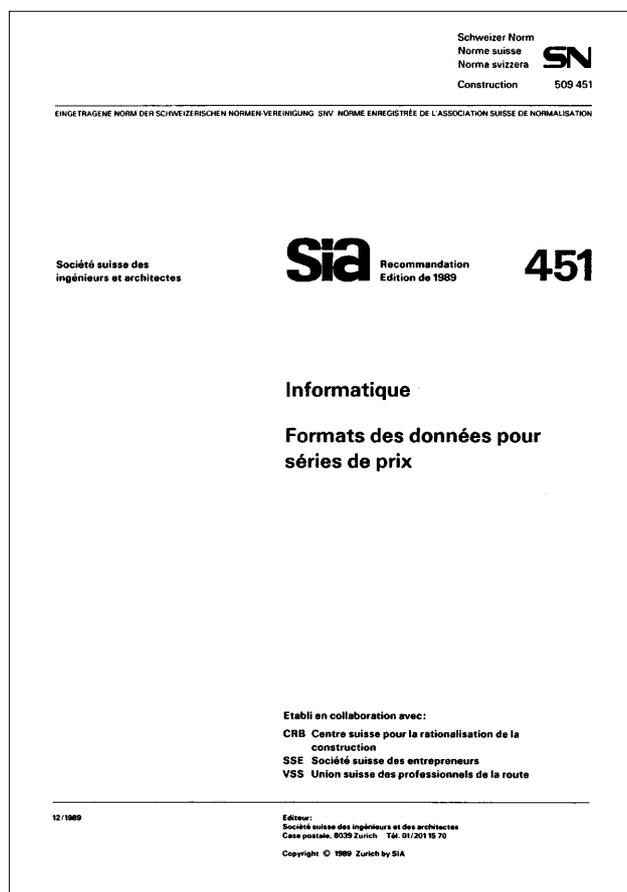


Fig. 77: Recommandation SIA 451

## 4.2 Remarques particulières

Il faut considérer lors de la préparation de l'exécution deux aspects qui revêtent une importance particulière dans le domaine de la construction durant l'exploitation:

### 4.2.1 Personnes responsables

La construction sur des routes en exploitation pose des exigences élevées à toutes les personnes concernées, spécialement dans le cas de travaux de maintenance et de renouvellement particuliers et compliqués.

Les conditions de travail et les délais serrés requis par ce genre d'interventions provoquent des charges supplémentaires. Une maîtrise déficiente des interventions se remarque et un prolongement de la durée des chantiers entraîne un prolongement de la durée des entraves causées au trafic et des inconvénients au niveau de l'économie publique. Il faut, afin d'éviter de tels échecs, préparer les travaux consciencieusement et assurer une mise en œuvre rapide et sans fautes. Le coût de la direction des travaux et la conduite du chantier se révèlent beaucoup plus importants dans le cas de travaux d'entretien sur des routes en exploitation que dans le cas de nouvelles constructions. Il n'est pas toujours facile, mais néanmoins impératif pour les bureaux d'ingénieurs et les entreprises, d'engager sur ces chantiers souvent peu attrayants du personnel qualifié et suffisamment motivé.

### 4.2.2 Information

L'information représente une activité de première importance dans la préparation de l'exécution. C'est en général aux cantons, maîtres de l'ouvrage des routes à grand débit, qu'incombe la responsabilité d'informer à temps tous les milieux touchés par l'ouverture d'un chantier. Ces informations doivent être concises, complètes et claires. Elles doivent indiquer le genre de chantier, le début des travaux et leur durée et, si nécessaire, les conséquences entraînées.



Fig. 79: Panneau d'information concernant des travaux – bonne lisibilité pour les automobilistes

Une bonne lisibilité et perception des panneaux d'information doit être impérativement garantie. L'utilisation de lettres majuscules et minuscules facilite la lecture des textes.



# Associations organisatrices et de soutien



Union des professionnels  
de la route



Société suisse  
des Ingénieurs et des Architectes



Union technique suisse



Union d'entreprises suisses  
de construction de routes