

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 119 (1993)
Heft: 21

Artikel: Plan d'utilisation, plan de sécurité, plan de contrôle: passage supérieur sur la N1
Autor: Frey, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78081>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 22.05.2025

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

Plan d'utilisation, plan de sécurité, plan de contrôle

Par Hans Frey
Ing. civil dipl. EPFZ/SIA
Ch. Pottelaz 38
1030 Bussigny

Passage supérieur sur la N1

Introduction

Le présent article décrit, pour un ouvrage d'art simple, l'application des plans d'utilisation et de sécurité selon la norme SIA 160, édition 1989.

Le passage supérieur choisi comme exemple se situe au sud-est de Morat. Le projet a été approuvé par l'OFR en automne 1992 et les bases de soumission sont prêtes pour les appels d'offres.

Description du projet

Le passage supérieur du chemin AF est situé au km 138.260 de la N1 dans la région de Löwenberg-Morat.

Selon une étude d'impact élaborée pour ce tronçon de la N1, cet ouvrage devra également pouvoir servir de passage pour la faune. A cet effet, la chaussée sera réalisée avec un revêtement naturel, composé de plusieurs couches de matériaux graveleux et terreux, totalisant une épaisseur de 50 cm environ.

L'ouvrage forme une poutre continue à 2 travées d'une portée proche de 30 m chacune (fig. 1). Les piles intermédiaires ainsi que les pieux formant appui sur culées sont liés de façon monolithique à la superstructure.

La situation géologique dans la zone de la future construction a été relevée par deux sondages carottés, pratiqués dans l'axe de l'ouvrage au droit des futures culées. Ceux-ci ont montré que de la molasse gréseuse se trouve à environ 5 à 7 m en dessous du terrain naturel et que les couches la recouvrant sont constituées de sols limoneux et argileux de provenance morainique et alluviale. En fonction de la conception des culées et dans le but d'obtenir des conditions d'appui similaires pour toutes les fondations, il a été choisi de fonder les extrémités du tablier sur des pieux forés de 600 mm de diamètre, fichés dans la molasse.

Les piles intermédiaires sont également fondées sur des pieux forés, par l'intermédiaire d'une semelle de répartition. Bien que les pieux prévus soient très courts, ce type de fondation a été choisi suite à la présence d'une importante canalisation exécutée préalablement dans le terre-plein central lors des travaux d'infrastructure. On arrive ainsi à appuyer les piles médianes sur la molasse sans terrassements importants pouvant nuire à cette conduite.

En fonction de l'utilisation prévue, la section transversale du tablier a été conçue comme une auge avec deux poutres longitudinales disposées latéralement. Ses dimensions principales sont les suivantes (fig. 2).

Hauteur des poutres:	1,85 m
Largeur hors tout:	7,90 m
Épaisseur de la dalle (variable):	0,35-0,45 m
Épaisseur des âmes:	0,65 m
Aile de compression supérieure:	0,95 × 0,60 m.

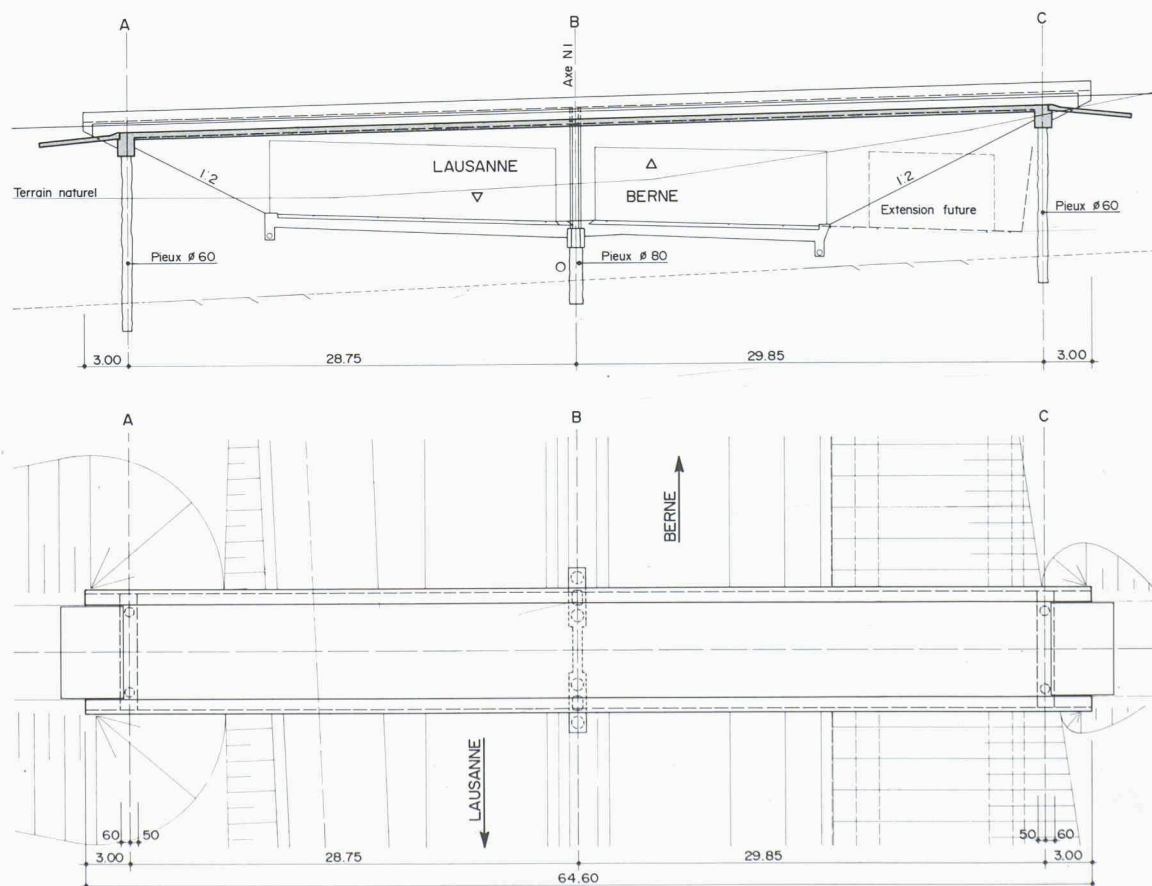


Fig. 1. — Dimensions principales du passage supérieur «Aderahubel» au km 138,260 de la N1

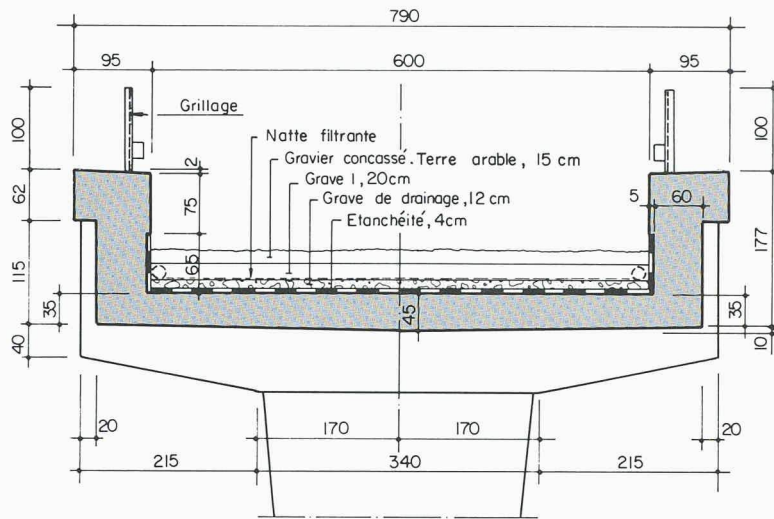


Fig. 2. - Coupe sur pile

Partie d'ouvrage	No	Action prépondérante			Action concomitante variable		Actions concomitantes permanentes		Mesures pour garantir la sécurité
		Type	Action	γ_a	Action	ψ, ψ_{ecc}	Action	ψ, ψ_{ecc}	
- Tablier sens longitudinal - Poutres longitudinales - Dalle de roulement	1	Q	Trafic routier	1.5	Neige (qr = s)	0.8	Charge de terre + gravier avec épaisseur supplémentaire 10 cm	1.3	• Dimensionnement des éléments de structure
	2	Q	Charge de terre + gravier avec épaisseur supplémentaire 10 cm	1.5	Trafic routier (modèles 1 + 3)	0.8	-----		• Dimensionnement • Mesures à prescrire dans le plan de surveillance pour garantir l'épaisseur
	3	Q _{acc}	Choc de véhicule perpendiculaire à la poutre	1.0	Trafic routier (modèle 1)	0.5	Charge de terre + gravier avec épaisseur supplémentaire 10 cm	1.0	• Dimensionnement des éléments de structure
- Piles intermédiaire + fondations	4	Q	Trafic routier centré ou excentré	1.5	Vent transversal avec bande de trafic	0.8	Charge de terre + gravier avec épaisseur supplémentaire 10 cm	1.3	• Dimensionnement des éléments de structure • Vérification de la stabilité d'ensemble
	5	Q	Vent transversal avec bande de trafic	1.5	Trafic routier excentré (modèles 1 + 3)	0.8	↓	1.3	↓
	6	Q	Freinage	1.5	Trafic routier (modèles 1 + 3)	0.8	↓	1.3	↓
	7	Q _{acc}	Séisme sens longitudinal (Z1/COII)	1.0	Trafic routier (modèle 1)	0.5	↓	1.0	↓
	8	Q _{acc}	Choc de véhicule frontal ou transversal sur pile	1.0	↓	0.5	↓	1.0	• Dimensionnement • Relier bases des piles par une longrine • Evtl. glissières renforcées contre AR

Fig. 3. - Plan de sécurité selon norme SIA 160 (1989)

Partie d'ouvrage	Utilisation prévue	Exigences requises pour l'aptitude au service	Etats d'utilisation	Mesures prévues pour garantir l'aptitude au service
TABLIER Poutres + dalles + entretoises	• Utilisation comme passage pour la faune Notte filtrante Terre arable, Gravier concassé 15 cm Grave I 20 cm Grave de drainage 12 cm Etanchéité 4 cm Etanchéité 40 mm 1.0 kN/m² Grave de drainage 120 mm 2.2 kN/m² Grave I 200 mm 4.2 kN/m² Terre arable + gravier concassé 150 mm 2.7 kN/m² • Utilisation pour trafic routier selon norme SIA 160 art 4 09 - largeur de chaussée 6.0 m - pas de réduction selon art 4 09 106 - majoration dynamique $\phi = 1.8$ - Modèle de charge 1: $Q_r = 4 \times 75$ kN - Modèle de charge 2: $q_r = 5.0$ kN/m² - Modèle de charge 3: $q_r = 3.5$ kN/m²	Durabilité • Durée de service prévue pour la structure porteuse : 80 ans • Exigences élevées selon SIA 162, art 3 33 22 pour la fissuration • Béton résistant au gel et aux sels de déverglaçage	qser, long : g + gperm + P + pertes différées + tassements différentiels AS = 10 mm	1) Conception + dimensionnement de la précontrainte : - Etat de précontrainte totale avec réserve de compression pour qser, long : $\sigma_{cm} \geq 1.0$ N/mm² - Mise en oeuvre de gaines de précontrainte en polyéthylène (gaines selon système «PT plus») 2) Enrobage des aciers : - Toutes les faces min 40 mm 3) Technologie béton : - Adjuvants + essais préliminaires - Rapport E/C ≤ 0.40 4) Contrôle de la fissuration : - Vérification par calcul selon SIA 162 art 3 33 5 - Armature minimale augmentée selon SIA 162 art 3 33 32
		Durabilité : • Protection durable des surfaces de béton non contrôlables à l'intérieur de l'auge contre l'eau et l'humidité	qser, long : (influences climatiques)	1) Mise en place d'une étanchéité en lés bitumineux LBP avec protection en GA et remontées latérales de 12 cm au dessus du niveau de la chaussée : - Durée de service prévue : 20 ans - Choix d'un système offrant une qualité élevée

Fig. 4. - Plan d'utilisation selon norme SIA 160 (1989): 1^{re} partie

La largeur libre entre poutres est de 6,00 m. L'éclatement du tablier, donné par le rapport portée/hauteur de construction, est de $S = L/h = 16,2$

La précontrainte longitudinale des poutres est constituée par 2×3 câbles paraboliques totalisant au temps $t = 0$ un effort de 3×4050 kN = 12 150 kN par côté. Cet effort crée une précontrainte centrée de $\sigma_c = 4,7$ N/mm². (Cette précontrainte relativement élevée provient d'une part du type de section statiquement peu favorable, mais surtout de la très importante charge permanente de la superstructure.) Les câbles seront mis en tension en deux étapes depuis les deux extrémités (env. 65% à 7 jours et 100% à 21 jours).

Les faces intérieures horizontales et verticales de l'auge en contact avec les matériaux de remplissage sont recouvertes d'une étanchéité de type à lés en bitume-polymère avec une couche de protection en asphalte coulé. Dans le but d'éviter un dessèchement trop rapide des matériaux de remplissage, la surface de la dalle comprend, à espacements réguliers, de petits seuils transversaux formant barrage pour l'eau s'écoulant à l'intérieur de l'auge par gravité.

Le couronnement des poutres est équipé d'une glissière de sécurité surmontée d'un grillage à effet anti-éblouissant.

Plans d'utilisation et de sécurité

En fonction de l'état d'avancement du projet, nous n'avons actuellement élaboré que le plan d'utilisation et le plan de sécurité. Avant l'établissement du projet définitif, ces deux documents avaient été soumis pour approbation au maître de l'ouvrage et leur contenu avait pu être analysé et complété lors d'une discussion commune, à laquelle avait également été associé l'ingénieur de contrôle. Les deux plans avaient par la suite été joints au rapport technique faisant partie du dossier remis à l'OFR.

Le plan d'utilisation (voir fig. 3) constitue en effet un des éléments de projet les plus importants: il indique quelles sont les «charges utiles» permanentes ou variables et les autres actions ou influences (selon l'utilisation prévue)

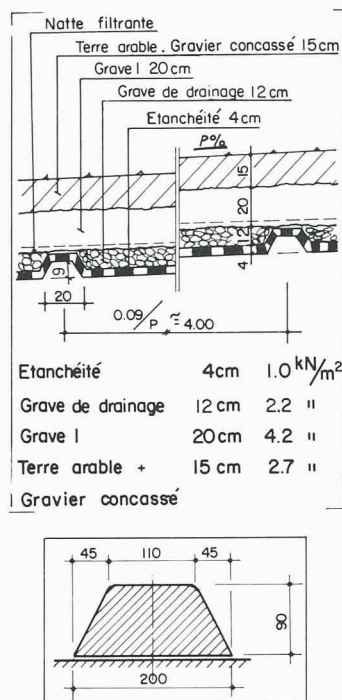
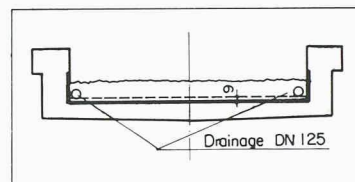
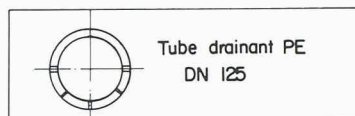
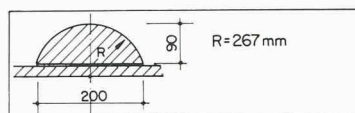


Fig. 5. - Etanchéité de l'auge

pour lesquelles l'ouvrage sera conçu et dimensionné. Il montre les mesures prévues par l'auteur du projet pour atteindre le niveau d'aptitude au service convenu avec le maître de l'ouvrage ou celles définies par les normes de construction. De ce fait, les diverses dispositions constructives qui constituent des mesures visant à garantir l'aptitude au service doivent également être mentionnées dans le plan d'utilisation.

Quant au plan de sécurité (fig. 4), il constitue un inventaire des diverses actions qui peuvent, en position et en intensité extrêmes, mettre en péril l'ensemble ou une partie de l'ouvrage. A ces situations de risque sont juxtaposées les mesures prévues pour maîtriser ou écarter le danger. L'analyse des diverses situations de risque est d'une part basée sur les actions données par l'utilisation prévue (donc sur le plan d'utilisation), mais doit également tenir compte des autres influences présentant un risque pour la structure, telles que le vent, la neige, le freinage, les séismes ou le choc d'un véhicule sur la pile.

Pour l'établissement de ces deux documents, il nous a paru judicieux d'utiliser une présentation sous forme de tableau. Celle-ci apporte l'avantage de constituer une approche relativement systématique du problème tout en restant claire et facilement compréhensible. Dans tous les cas et indépendamment du genre de présentation utilisé, il paraît important de



structurer ces plans de manière à ce qu'ils soient en premier lieu axés sur les mesures à prendre.

La présentation sous forme de tableau permet, d'autre part, d'adapter facilement le contenu des plans aux éventuels changements d'utilisation ou à de nouvelles exigences pour l'aptitude au service ou la sécurité structurale. Dans le tableau pour le plan d'utilisation, une colonne a été prévue permettant de spécifier les états d'utilisation (anciennement les « combinaisons de charges », par exemple $q_{ser,long}$ ou $q_{ser,court}$) qui sont déterminants pour la vérification par calcul des diverses exigences requises pour l'aptitude au service, telles que la limitation des déformations, respectivement de la fissuration pour $q_{ser,long}$ ou $q_{ser,court}$.

Le dimensionnement de la précontrainte en fonction des exigences d'aptitude au service constitue une des principales mesures à réaliser par l'auteur du projet dans le cas d'un ouvrage en béton précontraint. Dans notre cas, la précontrainte doit au moins assurer à l'état permanent une réserve de compression de 1,0 N/mm², compte tenu des pertes différées et d'un tassement différentiel de 10 mm, mais également compenser les déformations sous charges permanentes et ce, en considérant les différences d'âge de béton lors de l'application des charges.

Le tableau prévu pour le plan de sécurité permet également d'indiquer directement les différents facteurs de charge à

prendre en compte. Vu que chaque situation de risque peut être décrite par une seule ligne du tableau, celui-ci pourra être utilisé directement dans la note de calculs statiques lors de la vérification de la sécurité structurale.

Certaines mesures à prendre durant l'exécution (par exemple, dans notre cas, les exigences particulières pour les bétons ou l'exigence de mettre en place les matériaux de remplissage de l'auge moins de trois mois après la mise en tension définitive de la précontrainte), devront être reprises dans le plan de contrôle à établir avant le début de l'exécution.

La mesure consistant à utiliser des gaines en polyéthylène (PE) pour augmenter la durabilité des câbles de précontrainte a rencontré l'intérêt du maître de l'ouvrage, qui a décidé de tester cette application relativement récente sous forme de chantier pilote. Il en est de même avec l'utilisation de barres d'armature revêtues de résine époxy pour les piles, dans le but d'augmenter leur résistance aux effets des chlorures contenus dans les sels de déverglaçage.

Commentaires

Les moyens « plan d'utilisation » et « plan de sécurité », tels qu'ils sont prévus par la nouvelle norme SIA 160, constituent une aide efficace et appropriée lors de l'établissement du projet d'une structure porteuse.

- Dans un premier temps, l'établissement des plans d'utilisation et de sécurité amène l'ingénieur à réfléchir et à faire amplement connaissance avec « son » projet.
- Non seulement le plan d'utilisation, mais également le plan de sécurité sont des moyens importants pour dialoguer avec le maître de l'ouvrage, même si à l'heure actuelle encore, il est certainement plus aisé et simple de discuter de ce sujet avec un autre ingénieur (par exemple l'ingénieur des ponts du Bureau des autoroutes) qu'avec un maître de l'ouvrage qui ne connaît (malheureusement) peu ou pas encore les nouvelles normes SIA 160 et 162.
- Les plans d'utilisation et de sécurité constituent d'autre part un

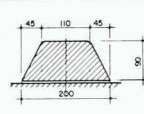
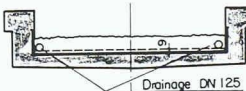
Partie d'ouvrage	Utilisation prévue	Exigences requises pour l'aptitude au service	Etats d'utilisation	Mesures prévues pour garantir l'aptitude au service
TABLIER Poutres + dalles + entretoises (suite)		Aspect de la structure • Déformations : - Valeurs selon SIA 160, art 3 33 4 : $W_2 + W_3 < L/700$	qser, long : $g + g_{perm} + P$ + pertes différées	1) Dimensionnement précontrainte : $W(P_{act}) + W(g + q_{perm}) \approx 0$ 2) Nécessité de mettre en place le remplissage de l'auge < 3 mois après la mise en tension définitive de la précontrainte (travaux faisant partie du lot, à inclure dans la série de prix)
		Aptitude au fonctionnement : • Confort de l'utilisateur : - Valeurs selon SIA 160, art 3 33 4 : $W_d < L/600$ - Eviter nuisances physiques pour les piétons	qser, court $Q_1 + q_3$	1) Choix d'une rigidité EJ suffisante de la superstructure 2) Vérification fréquence propre et respect des valeurs selon SIA 160, art 3 34 : $2,5 \text{ Hz} \leq f_0 \leq 3,4 \text{ Hz}$, $f_0 > 4,6 \text{ Hz}$
		Aptitude au fonctionnement : • Entraver la dessiccation trop rapide du revêtement naturel en ralentissant l'écoulement de l'eau au fond de l'auge • Eviter que la pluie ne puisse détrempier les matériaux de remplissage	influences climatiques	1) Placer des éléments en béton, collés sur la dalle sous l'étanchéité  2) Mise en place de tuyaux de drainage DN 125 en PE avec orifices vers le bas au-dessus des barrages transversaux  Drainage DN 125
				 Tube drainant PE DN 125
INFRAS-STRUCTURE Piles intermédiaires	• Transmission des efforts de la superstructure sur les fondations • Stabilisation longitudinale + transversale du tablier	Durabilité + aptitude au fonctionnement • Entretien minimum de l'ouvrage (appareils d'appui et joints de dilatation)	qser, long qser, court	1) Conception de l'ouvrage : - Suppression des appareils d'appui sur piles intermédiaires - Suppression des appareils de dilatation de chaussée et des appareils d'appui sur culée - Fondations sur pieux forés avec limitation des tassements totaux à $\Delta = 20 \text{ mm}$
		Durabilité • Piles intermédiaires classées en catégorie de risque 2 selon directive OFR (nov. 91) • Béton résistant au gel et aux sels de déverglaçage • Exigences élevées selon SIA 162, art 3 33 32 concernant la fissuration	qser, long	1) Utilisation de barres d'armature avec protection par couche de résine époxy (barres longitudinales + étriers) 2) Enrobage des aciers : toutes les faces min. 40 mm 3) Technologie béton : - Adjuvants + essais préliminaires - Rapport E/C $\leq 0,45$ 4) Contrôle de la fissuration : - Vérification par calcul selon SIA 162, art 3 33 5 - Armature minimale augmentée selon SIA 162, art 3 33 32
INFRAS-STRUCTURE Pieux	• Transmission des efforts de la structure porteuse sur la molasse saine • Absorption des variations de longueur du tablier (pieux sur culées)	Durabilité • Exigences élevées selon SIA 162, art 3 33 32 concernant la fissuration • Bétonnage des pieux partiellement sous l'eau • Limitation des tassements totaux à $\Delta = 20 \text{ mm}$	qser, long qser, court	1) Contrôle de la fissuration : - Vérification par calcul selon SIA 162, art 3 33 5 - Armature minimale augmentée selon SIA 162, art 3 33 32 2) Exécution de pieux forés entièrement tubés 3) Pieux fichés dans la molasse saine $l = (2,5 - 3,0) \times \text{diamètre}$ 4) Augmentation du dosage de ciment à $CP \geq 400 \text{ kg/m}^3$ selon SIA 162, art 5 34 2

Fig. 4. – Plan d'utilisation selon norme SIA 160 (1989): 2^e partie

moyen de communication non négligeable à l'intérieur du bureau mandaté pour le projet: ils peuvent être établis par le chef de projet sur la base des échanges d'information avec le maître de l'ouvrage

ou l'architecte, pour servir par la suite au collaborateur travaillant sur le projet comme base pour le dimensionnement, la construction ainsi que l'élaboration des bases de soumission (conditions particu-

lières, spécifications des qualités de matériaux, articles particuliers de la série de prix, etc.).

Il est évident qu'au début, l'établissement d'un plan d'utilisation ou de sécurité nécessitera du temps. Nous pouvons cependant affirmer que la suite du déroulement d'un projet en est nettement facilitée, ce qui compense amplement cet investissement initial.

L'expérience faite avec l'ouvrage décrit ici a montré qu'il est important d'établir les plans d'utilisation et de sécurité suffisamment tôt. De cette manière, il est d'emblée possible de prendre en compte des mesures qui demandent des adaptations au niveau de la conception de l'ouvrage. Pour notre exemple du PS, le souhait du maître de l'ouvrage de supprimer les appareils d'appui, pour des raisons de simplification de l'entretien, avait amené au choix d'une conception d'ouvrage sans culées.

Pour conclure, on peut ajouter que l'application des plans d'utilisation, de sécurité et de contrôle au travail quotidien de l'ingénieur (mais aussi de l'architecte et de l'entrepreneur) ne constitue pas encore une pratique très courante. Cela ne nous semble cependant pas constituer un grand problème, car ces mêmes professionnels ont certainement, sur la base de leur expérience et à peu de choses près, pratiqué jusqu'ici les mêmes raisonnements que ceux maintenant stipulés par la nouvelle norme SIA 160, avec la différence qu'ils étaient menés de manière moins systématique et, suivant le cas, pas directement au début d'un projet. En fait, il paraît simple de franchir ce pas.

Auteurs du projet
 Bureaux d'ingénieurs A. Schiess (IGM)
 3280 Morat + Frey & Associés,
 1004 Lausanne

Maître de l'ouvrage
 Bureau des autoroutes
 du canton de Fribourg

Ingénieur de contrôle
 Peter Matt, ing. civil dipl. EPF
 3063 Ittigen