

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 96 (1970)  
**Heft:** 24

## Sonstiges

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

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

naturellement que les deux résultats soient identiques. S'ils se superposent exactement, c'est que le diagramme est vraisemblable, en ce sens qu'il ne viole pas le principe de causalité physique.

Ce calcul a été fait (par un ordinateur) pour notre exemple. La superposition des deux courbes obtenues (fig. 5) est très satisfaisante : elles diffèrent entre elles essentiellement par une petite dentelure qui provient de ce que le relevé du diagramme a été brusquement interrompu à 121 Hz, ce qui viole les conditions de réalisabilité physique. Nous avons donc dans la coïncidence de ces deux courbes une vérification expérimentale d'un théorème général sur les transducteurs linéaires, et cela peut nous inspirer confiance dans la valeur de la méthode et le bon fonctionnement du dispositif.

Regardons ces courbes de plus près : elles correspondent bien à un choc violent suivi d'oscillations amorties ; c'est la vitesse qui est mesurée, c'est-à-dire la dérivée du déplacement : ce dernier atteint son maximum au moment où la vitesse s'annule en changeant brusquement de signe, et ce changement brusque de signe de la vitesse se produit environ à la 10<sup>e</sup> milliseconde ; ce retard est en accord avec le fait que le diagramme de Nyquist tourne, à partir de 50 Hz, d'environ 0,01 tour par Hz. Puisque la distance *d* est de 2 m, nous en déduisons une célérité d'onde de 200 m/s.

Un autre théorème, fondé également sur le principe de causalité physique, affirme que lorsque la phase est connue en fonction de la fréquence, le comportement de l'amplitude peut en être déduit, à un facteur près. Théoriquement donc, la connaissance de l'amplitude est superflue lorsqu'on connaît la phase : il en serait bien ainsi si les mesures de phase étaient absolument exactes, et s'étendaient sur tout le domaine des fréquences ; mais pratiquement, toute mesure n'est qu'approximative et ne s'étend qu'à un intervalle limité de fréquences. La connaissance de l'amplitude n'est donc pas une pure *redondance*. Nous avons observé que dans des conditions données, il pouvait arriver que la variation de certains facteurs, tels que la température, entraîne une variation sensible d'amplitude, alors que les variations de phase restaient imperceptibles. Il semble donc que les mesures de phase doivent nous renseigner sur les traits généraux d'une structure, existence de couches, d'inhomogénéités, etc., et que des variations de l'amplitude d'un essai à l'autre dans un site donné indique l'évolution de certains paramètres physiques.

Pour terminer, je reviens sur la réserve que j'ai faite au sujet de l'équivalence de l'information fournie par l'auscultation par choc et par l'auscultation sinusoïdale. Cette équivalence résulte d'un théorème qui suppose explicitement un comportement linéaire du système étudié. Or un choc est le plus souvent une excitation violente, qui fait sortir du domaine linéaire au moins un certain voisinage du point d'attaque. Au contraire, l'amplitude d'une exci-

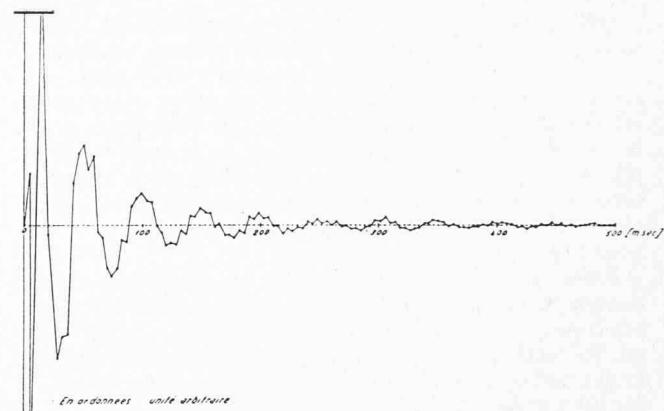


Fig. 5a. — Réponse indicielle, déduite de la partie réelle du diagramme de Nyquist par la transformation *cosinus*.

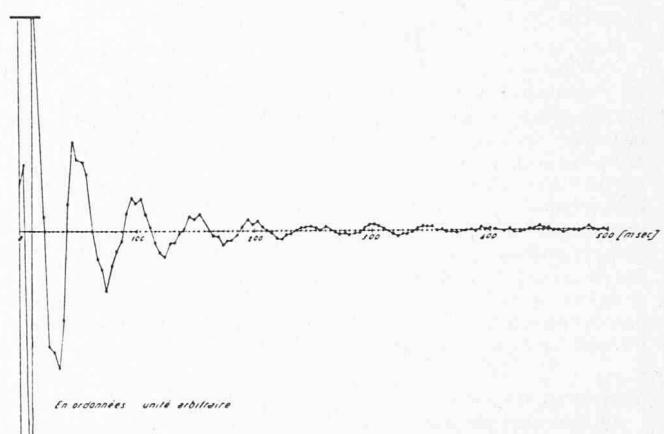


Fig. 5b. — Réponse indicielle, déduite de la partie imaginaire du diagramme de Nyquist par la transformation *sinus*.

tation sinusoïdale peut être choisie très faible, grâce à la détection extrêmement sélective du signal opérée par le wattmètre. La méthode sinusoïdale permet donc de maintenir le système étudié dans des conditions de comportement linéaire, ce qui est un avantage, à moins qu'on ne s'intéresse précisément aux propriétés non linéaires. Dans ce cas, il peut être intéressant de comparer les résultats d'une auscultation sinusoïdale et d'une auscultation par choc, au moyen d'une transformation de Fourier. L'étude des divergences constatées est un moyen d'investigation des propriétés non linéaires du système.

Adresse de l'auteur :  
D. Bovet, Laboratoire de géotechnique de l'Ecole polytechnique fédérale, 67, rue de Genève, 1004 Lausanne

## Bibliographie

**Comportement inélastique des structures porteuses**, par J.-O. Smith, A.M., et O.-M. Sidebottom, M.S., professeurs de mécanique théorique et appliquée à l'Université de l'Illinois. Traduit de l'américain par R. Goldschild. Paris, Dunod, 1970. — Un volume 16×25 cm, xi + 467 pages, 177 figures. Prix : relié, 115 F.

Consacré à des problèmes relevant à la fois de la résistance des matériaux et de la mécanique des solides, le présent ouvrage traite du comportement non élastique des membrures chargées dans deux cas très différents :

— d'une part, lorsque dans des conditions d'environne-

ment données, concernant notamment la température et le taux de charge, le facteur temps n'intervient pas ;

— d'autre part, lorsque ce comportement élastique devient dépendant du temps, du fait de la nature du matériau et de sa réaction aux conditions d'environnement, ainsi qu'à la durée d'application de la charge.

Grâce à une nouvelle méthode mise au point par les auteurs, les deux phénomènes sont traités en même temps dans chacun des chapitres de ce livre et en utilisant les mêmes opérations.

Cette méthode permet de passer d'un type de comportement inélastique à l'autre en transformant uniquement le

diagramme contrainte-déformation indépendant du temps en diagramme contrainte-déformation dépendant du temps.

A noter que, dans cette étude, l'accent est mis aussi bien sur la relation charge-déformation maximale que sur la relation charge-contrainte maximale. En effet, au-delà de la limite élastique, les contraintes et les charges ne sont plus proportionnelles et l'on ne peut plus utiliser efficacement la relation charge-contrainte maximale pour déterminer, avec sécurité, la plus grande déformation possible pour une charge donnée.

Enfin, de par leur nature même, les problèmes traités dans le domaine de l'inélasticité ne sont plus linéaires. La résolution de tels problèmes étant généralement difficile par les méthodes ordinaires, des courbes, des diagrammes et des tableaux ont été présentés pour tenter de simplifier les calculs dans la pratique.

Ce livre sera utile aux ingénieurs et spécialistes qu'intéressent les problèmes de plasticité, de fluage et de mécanique des solides. Ils y trouveront, en dehors des cas classiques, des notions supplémentaires sur les membrures hyperstatiques, les poutres courbes et les cylindres creux à parois épaisses.

#### Sommaire :

1. Relations entre les contraintes et les déformations dans les membrures chargées selon leur axe.
2. Esquisse d'une théorie générale pour un élément de volume.
3. Flexion non élastique des poutres.
4. Colonnes, poutres-colonnes et membrures chargées excentriquement en traction.
5. Analyse parfaitement plastique de barres et de structures statiquement indéterminées.
6. Effet des petites déformations non élastiques dans des barres chargées selon leur axe et dans des poutres droites : principe du gradient de contrainte.
7. Influence des petites déformations non élastiques sur la résistance et sur la déformation des poutres courbes.
8. Torsion des barres prismatiques.
9. Barre de section circulaire en torsion traction.
10. Cylindres à paroi épaisse.

**Mémoires de l'Association internationale des Ponts et Charpentes (Volume 29-II de 1969)**, publiés par le Secrétariat général à Zurich. — Un volume 17×26 cm, VIII + 254 pages, 151 figures. Prix : broché, 50 fr.

Ce volume contient quinze contributions : huit en anglais, cinq en français, deux en allemand. Ces études correspondent aux principales préoccupations actuelles des ingénieurs des ponts et charpentes et témoignent de leur souci de dépasser un niveau normal de prestation. Les principaux thèmes abordés sont : sécurité, matériaux, retrait, structures hautes, problèmes spéciaux de tabliers de pont, méthodes de calcul, liaison entre statique et mathématiques, stabilité, problèmes de dynamique appliquée et d'optimisation.

Voici les titres des études présentées :

- Etude des matériaux de type plastique (P. F. Adams, T. V. Galambos, Canada/USA).
- Facteurs de sécurité pour des contraintes variables (D. E. Allen, Canada).
- Recherches concernant le calcul et le comportement des structures de grande hauteur en cadres-refends, réalisées en béton armé et soumises à des charges horizontales (C. Avram, D. Anastasescu, O. Mirsu, I. Munteanu, Roumanie).
- Calcul des tabliers de ponts courbes à orthotropie circulaire (Y. K. Cheung, Canada).
- Analyse statique et dynamique des contreventements par consoles élémentaires solidarisées par des milieux élastiques (J. Despeyroux, France).
- Recherches expérimentales sur les nœuds d'ossatures acier-béton (A. Dobruszkes, J. Janss, Ch. Massonet, Belgique).
- Effet du dressage à froid des profilés laminés en double té sur leur force portante (F. Frey, Belgique).
- Précision de la méthode des éléments finis dans le plan des tensions (A. Hrennikoff, Canada).
- La répartition des charges concentrées (rectangulaires) sur les tabliers orthotropes des ponts pour routes principales (R. P. Pama, A. R. Cusens, Grande-Bretagne).
- Le problème du poids minimum d'armature des plaques en béton armé (G. Sacchi, M. Save, Belgique).
- Application de la théorie de flexion aux coques en forme de paraboloïdes hyperboliques avec bords droits. Solutions de la différence finie (J. Stageboe, Norvège).

— Amélioration de la méthode du polygone funiculaire pour la résolution numérique des équations différentielles du second ordre (F. Stüssi, Zurich).

— Analyse approximative de la stabilité des structures en voiles prismatiques unicellulaires (S. E. Swartz, S. A. Guralnick, U.S.A.).

— L'influence favorable du retrait sur le fluage (J. Szalai, Hongrie).

— Analyse dynamique d'un pont de chemin de fer en fonction de mouvements sismiques (W. R. Walpole, R. Shepherd, Nouvelle-Zélande).

**Introduction à l'analyse impulsionale. Principe et application**, par M. A. Cuénod, ingénieur diplômé EPF, Zurich, docteur ès sciences techniques. Paris, Dunod, 1970.

— Un volume 11×17 cm. xxiv - 151 pages, 29 figures. Prix : relié, 28 F.

Deux raisons justifient l'intérêt que suscite actuellement la méthode des mathématiques appliquées, que l'on peut désigner sous le nom d'« analyse impulsionale ».

D'une part, elle permet d'analyser, à partir d'observations statistiques ou de résultats expérimentaux, le comportement dynamique de systèmes qui échappent à un formalisme mathématique. L'on trouve notamment de tels systèmes en économie, en biologie, en hydrologie, en recherche opérationnelle ou en génie industriel. D'autre part, elle représente une méthode de calcul bien adaptée à l'emploi de plus en plus fréquent des calculateurs numériques comme instrument de recherche.

Le premier chapitre de l'ouvrage cité expose les concepts de base de cette méthode d'analyse, ainsi que sa relation avec les méthodes basées sur les transformées en E et en Z.

Les chapitres suivants montrent comment utiliser cette méthode pour effectuer un certain nombre d'opérations fonctionnelles (intégration, dérivation, convolution, déconvolution, décalage, etc.) et comment elle permet de résoudre différents types d'équations différentielles linéaires, non linéaires à coefficients variables ou aux dérivées partielles.

L'auteur traite ensuite de l'utilisation de l'analyse impulsionale pour l'étude des systèmes.

Illustré de nombreux exemples d'application, ce livre présente cette méthode de calcul comme un outil de travail dont l'emploi ne nécessite pas de connaissances mathématiques avancées et dont l'efficacité a déjà fait ses preuves. Il intéressera les ingénieurs, économistes, biologistes, chercheurs et étudiants.

**Comptabilité analytique**, par A. Cibert, professeur à l'Ecole des HEC, secrétaire général du Conseil national de la comptabilité. Paris, Dunod, 1968. — Un volume 15×24 cm, ix-282 pages, 70 figures.

Dans cet ouvrage, l'auteur propose un enchaînement de réflexions destinées à faciliter une double prise de conscience :

- celle de l'objet : les problèmes de l'entreprise ;
- celle du moyen : les informations indispensables à la solution de ces problèmes.

Ne pouvant traiter toutes les questions, il a choisi d'évoquer les plus exemplaires ou, plus exactement, d'identifier les principales difficultés :

- les unes sont liées aux particularités et à la diversité des entreprises et de leur activité ;
- les autres tiennent aux conditions générales d'utilité de toute observation quantitative, et d'abord à la nécessité d'un moyen de mesure.

C'est cette recherche qui a paru à l'auteur la plus apte à aider ceux qui abordent l'étude ou la pratique de la comptabilité analytique.

#### Sommaire :

*I. Méthode d'analyse et gestion* : Le domaine observé : l'entreprise. — L'organisation de l'analyse. — La collecte des données.

*II. Les applications de la comptabilité analytique* : La constatation pure et simple. — La constatation corrigée : l'incidence du niveau d'activité. — La constatation contrôlée : coûts pré-établis et standards. — Prévision, budget et contrôle budgétaire.

## Divers

### Mise en service de l'autoroute Vevey-Rennaz

Le 10 novembre 1970 a été inauguré et mis en service le tronçon Vevey-Rennaz de l'autoroute du Léman. Longue de 15,5 km, cette partie de la N 9 compte un nombre important d'ouvrages d'art : ponts sur la Veveyse (330 m), sur les Bayes de Clarens et de Montreux, viaducs de Chillon (2160 m) et de la plaine du Rhône (1160 m), tunnel de Montreux-Glion (1350 m).

Le *Bulletin technique* publiera prochainement une série d'articles traitant des problèmes de conception et d'exécution qu'a soulevés cette réalisation.

### L'aménagement hydro-électrique d'Electra-Massa

En octobre 1970, a été inauguré en Valais le nouvel aménagement hydro-électrique d'Electra-Massa, qui utilise les eaux de la Massa, rivière se jetant dans le Rhône près de Brigue.

Cet aménagement comporte un barrage de 120 m de hauteur, formant une retenue artificielle de 8 millions de m<sup>3</sup> d'eau, une centrale souterraine édifiée à Bitsch, d'une puissance de 200 MW, une galerie d'amenée et un puits blindé amenant l'eau du lac artificiel jusqu'à la centrale, sur une dénivellation d'environ 740 m.

Huit sociétés suisses ont participé au financement de ces travaux entrepris en 1963, qui ont coûté 148 millions de francs. Ce sont, avec les pourcentages respectifs d'actions : S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS), Lausanne, 20 % ; canton de Bâle-Ville, 14 % ; Forces Motrices Bernoises,

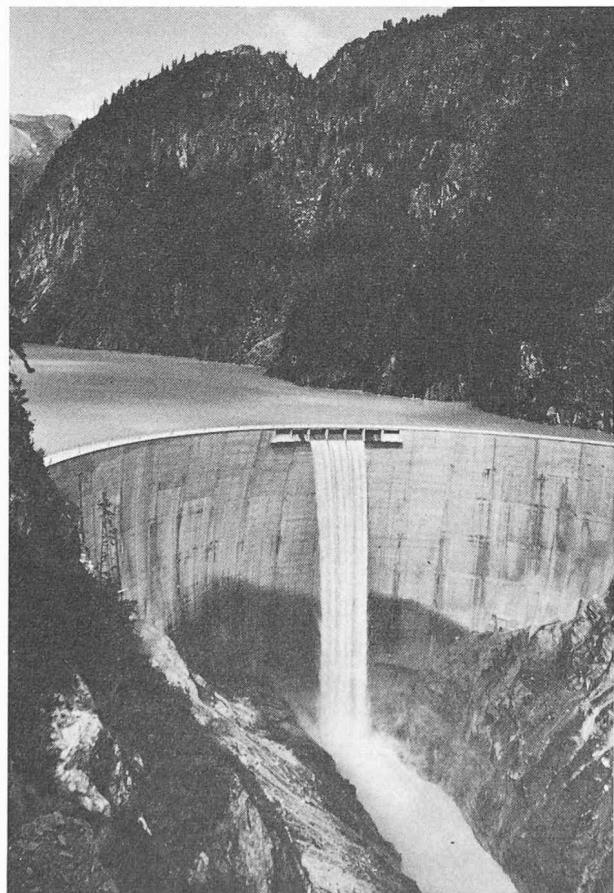


Fig. 1. — Vue du barrage édifié au lieu-dit « Gebidem », sur le cours de la Massa près de Brigue.

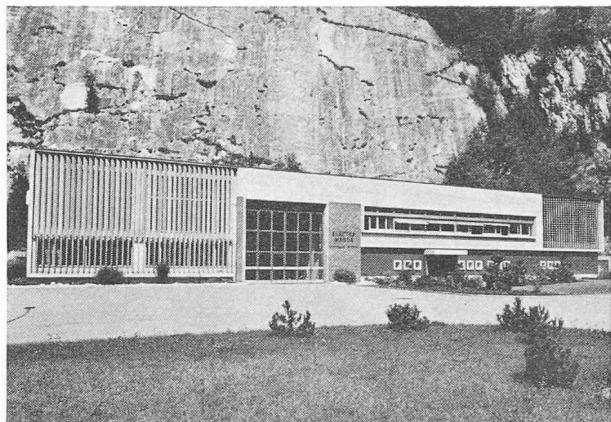


Fig. 2. — Vue du bâtiment de commande de la centrale. La halle des machines est située dans le rocher, à l'extrémité d'un tunnel de quelque 700 mètres de long.

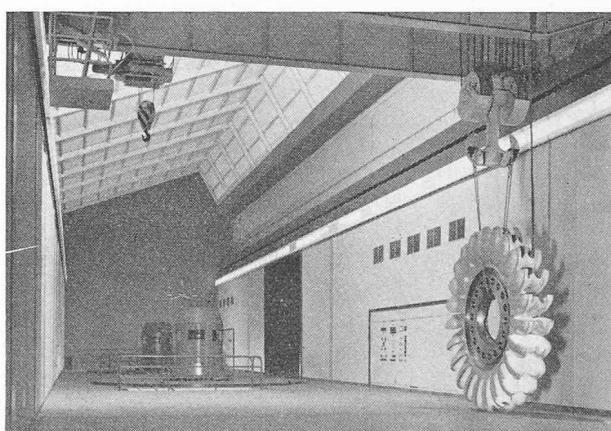


Fig. 3. — Vue de la halle des machines avec, au fond, les excitatrices des deux groupes turbo-alternateurs.

Société de participation, 14 % ; Forces Motrices du Nord-Est de la Suisse S. A. (NOK), Baden, 12 % ; Aar et Tessin, Société Anonyme d'Électricité (ATEL), Olten, 10 % ; Forces Motrices Neuchâteloises S. A. (FMN), 10 % ; Forces Motrices Valaisannes S. A. (FMV), 10 % ; Chemins de fer fédéraux (CFF), 10 %.

La centrale de Bitsch peut produire en moyenne 400 millions de kWh par année, dont 20 seulement en hiver et 380 en été. En évaluant la petite quantité d'énergie produite en hiver à 5 ct. le kWh, le prix de revient de l'énergie produite en été ressort à environ 2,7 ct par kWh. Lors de la décision de construire, ce prix avait été calculé à 2,35 ct le kWh. L'augmentation à 2,7 ct est due uniquement à la hausse du taux d'intérêt.

L'élaboration des projets et la direction des travaux, ainsi que la gestion administrative d'Electra-Massa pendant la construction, ont été confiées à la Société Générale pour l'Industrie, ingénieurs-conseils, à Genève, qui s'est assuré pour l'étude du barrage le concours de MM. Henri Gicot, ingénieur-conseil à Fribourg, et Alfred Falconnier, géologue-conseil à Nyon.

L'exploitation de l'aménagement ainsi que l'administration de la société dès le 1<sup>er</sup> octobre 1969 sont assurées par la S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS), à Lausanne.

Cet aménagement a eu et aura encore une importance non négligeable dans l'économie du canton du Valais. Pendant les années de construction, de grandes commandes ont pu être placées auprès des industries et des corps de métiers valaisans.

## Les congrès

### XIII<sup>e</sup> Congrès international du froid

Du 27 août au 3 septembre 1971 se tiendra à Washington le XIII<sup>e</sup> Congrès international du froid, qui aura pour thème général *Le froid et la climatisation au service de l'humanité*. En même temps, mais de façon indépendante, la Cryogenic Society of America présentera une exposition de matériel destiné aux réalisations cryogéniques et organisera une série de colloques sur le même sujet.

## Carnet des concours

### N 9 - Autoroute du Léman

#### Concours-soumission des ponts sur la Lutrive

Le Département des travaux publics du canton de Vaud, par l'intermédiaire du Bureau de construction des autoroutes, a ouvert un concours-soumission entre six entreprises de travaux publics pour l'établissement du projet et la remise d'une offre pour l'exécution des ponts sur la Lutrive.

Ceux-ci sont destinés à assurer le passage de la N 9 sur les vallons de la Lutrive et du Macheret, dans des terrains instables.

Les caractéristiques techniques de l'autoroute sont les suivantes :

En situation : rayon de 1000 m.  
En profil en long : raccordement vertical concave de 12 500 m de rayon.  
Pente longitudinale : variable de 2 % à 4 %.  
Longueur des ponts : environ 400 m.  
Largeur des ponts : 13 m pour chaque ouvrage.  
Hauteur maximum de la chaussée au-dessus du terrain : 50 m.

Compte tenu de l'importance des ouvrages et des méthodes d'exécution, le maître de l'ouvrage a jugé opportun, dans ce cas particulier, de choisir la voie du concours-soumission.

Le maître de l'ouvrage a fait examiner les projets présentés par un groupe d'experts, qui a pris en considération les critères suivants pour en établir le classement :

- Economie de l'ouvrage
- Construction (cette notion comprend en particulier la conception générale de l'ouvrage, les fondations, le système statique, la superstructure)
- Risques (entre dans cette notion la sécurité de l'ouvrage pendant et après l'exécution)
- Calculs statiques
- Esthétique

Le groupe d'experts était composé comme il suit :

MM. Dr R. Ruckli, directeur du Service fédéral des routes et des digues  
Suppléant : E. Rey, adjoint au Service fédéral des routes et des digues  
H. Hauri, vice-président du Conseil des écoles polytechniques, Zurich  
Dr C. Menn, Coire  
J.-C. Piguet, professeur à l'EPF, Lausanne  
W. Kollros, ingénieur, Lucerne  
P. Preisig, ingénieur, Vevey  
H.-B. de Cérenville, ingénieur, Lausanne  
J.-P. Vouga, architecte cantonal, Lausanne  
H. Vonlanthen, ingénieur en chef adjoint au Bureau de construction des autoroutes, Lausanne  
Suppléant : R. Dubray, ingénieur au Bureau de construction des autoroutes, Lausanne

Le groupe d'experts a recommandé au maître de l'ouvrage d'adjudiquer les travaux au consortium d'entreprises Induni - H. R. Schmalz, Genève.

Il a en outre décerné les prix suivants :

Rang	Entreprise	Bureaux d'ingénieurs	Prix Fr.
1.	Induni et Cie et H. R. Schmalz S.A.	E. et A. Schmidt	40 000
2.	Ed. Züblin & Cie S.A.	G. de Kalbermatten et F. Burri	32 000
3.	Losinger et Co S.A.	B. Bernardi	30 000
4.	Association Murer S.A. et Evéquoz & Cie S.A.	L. Gianadda et U. Guglielmetti, J.-P. Carroz et W. Küng, H. Weisz	21 000
5.	S.A. Conrad Zschokke	C. Zschokke S.A., J.-P. Schopfer et I. Karakas ; B. Calame et J. Schlaeppi, archit.	19 000
6.	Communauté des entreprises Giovanola Frères S.A. et Zwahlen & Mayr S.A., Nibbio S.A.	A. Jaquet	18 000

Le public est informé que les projets seront exposés dans le Hall central de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, du 7 au 21 décembre 1970, chaque jour, de 9 h. à 12 h. et de 14 h. à 17 h.

Rédacteur : F. VERMEILLE, ingénieur

### DOCUMENTATION GÉNÉRALE

(Voir page 13 des annonces)

### DOCUMENTATION DU BÂTIMENT

(Voir page 16 des annonces)

## Informations diverses

### Pose d'une canalisation en plastique sous l'eau

(Voir photographie page de couverture)

La pose du collecteur d'eaux usées de la Grand-Rue de Ville-neuve n'allait pas sans poser quelques problèmes inhérents à la qualité du terrain (limon fluant) et à la présence de la nappe phréatique. En effet, il était impossible de pomper l'eau de la fouille sans risquer des affaissements.

L'emploi des tuyaux en PVC a permis d'apporter une solution sûre et rationnelle à ce problème.

L'eau de la fouille n'est pas pompée et la pose s'effectue par scaphandrier sous environ 3 m d'eau. L'emboîtement avec anneau de caoutchouc dont chaque tuyau est muni à une extrémité permet leur raccordement dans ces conditions tout en assurant une étanchéité parfaite.

Les tuyaux sont aussi partiellement enrobés de béton sous l'eau, le contrôle s'effectuant toujours par scaphandrier. L'armature du lit de béton était préalablement fixée sur chaque tuyau, avant sa descente dans la fouille.

Enfin le réglage de la pente a pu être assuré avec précision de l'extérieur, au moyen de deux tubes métalliques fixés sur chaque tuyau et sortant du niveau de l'eau. Ces tubes étaient fixés au moyen de colliers de serrage, également posés sur les tuyaux avant leur descente dans l'eau.

Les tuyaux PVC adoptés pour ce projet sont des tuyaux CHEMIDUS,  $\varnothing 450 \times 11$  mm, en longueurs de 6 m. Longueur de la canalisation : 350 m.

Bureau d'ingénieurs : Jaquet - Bernoux - Cherbuin, Montreux et Aigle

Entreprise : Entreprise Générale de Travaux publics, Puidoux

Fournisseur des tuyaux CHEMIDUS et GRESINTEX : Canalisations Plastiques S.A., Lausanne