

**Zeitschrift:** IABSE structures = Constructions AIPC = IVBH Bauwerke  
**Band:** 10 (1986)  
**Heft:** C-37: Protective structures: Part I

**Artikel:** Protection contre les chutes de pierres au bord du lac du Bourget (France)  
**Autor:** Tonello, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-19867>

### **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:** 29.04.2026

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

## 8. Protection contre les chutes de pierres au bord du lac du Bourget (France)

**Maître d'ouvrage:** Direction Départementale de l'Équipement de la Savoie

**Études:** Tonello Ingénieurs-Conseils

**Entreprise:** Fougerolle

L'élargissement par encorbellement au-dessus d'un lac d'une route étroite, a conduit les concepteurs du projet à un constat presque paradoxal : le risque d'impact de blocs provenant de la falaise calcaire très fracturée de 80 m de hauteur est plus grand que dans l'état initial de la chaussée étroite, les trajectoires fréquentes de blocs rocheux «arrosant» beaucoup plus la zone acquise par encorbellement au-dessus du plan d'eau (figure 1).

La protection des usagers devient dès lors une donnée du problème plus sensible qu'auparavant et le contexte de l'encorbellement impose que la conception des ouvrages de protection passe par la recherche du minimum d'action permanente et d'actions variables.

D'une manière générale les ingénieurs résistent à des actions dynamiques en tolérant des structures à grands déplacements réversibles ou irréversibles tels que :

- défenses d'accostage élastiques,
- filets susceptibles de grandes courses avec efforts plafonnés,
- remblais non compacts,
- etc....

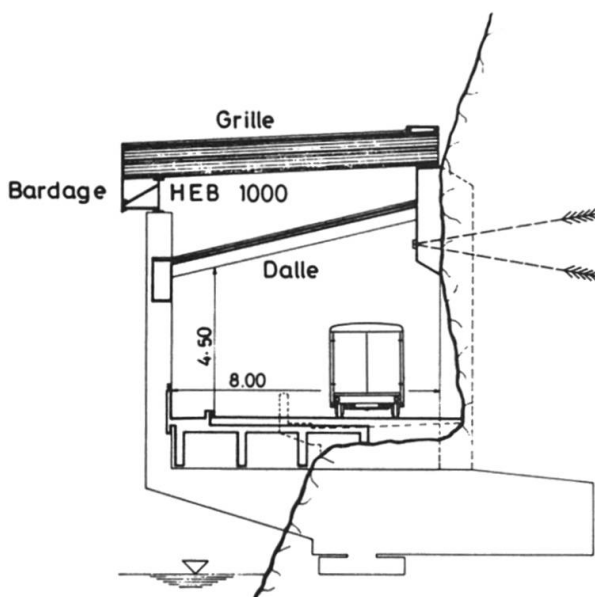


Fig. 1 Coupe

On constate toutefois que l'analyse est rarement globale et on peut le regretter. L'ingénieur civil plus staticien que dynamique en général, attend d'un «spécialiste» la connaissance d'un effort statique équivalent qui par définition n'intégrera pas toutes les données de la structure puisque celle-ci n'est pas encore dimensionnée. A titre d'exemple le poinçonnement par un bloc d'un remblai couvrant une dalle, intègre les seules données géotechniques en posant que l'épaisseur de remblai sera suffisante pour que précisément le calcul soit représentatif. Or le support de ce remblai dissipateur va connaître une mise en vitesse d'une part et une énergie de déformation d'autre part, qui sont des termes importants de l'équation d'Énergie.

Confrontés à cette question lors de l'étude des ouvrages évoqués ci-dessus dans un contexte de recherche de charges permanentes raisonnables nous avons essayé de conduire l'analyse globale en se rappelant qu'une structure dissipe de l'énergie si elle fonctionne plastiquement ce qui conduit à des états irréversibles et à son entretien.

C'est le rôle attribué à une grille supérieure formée de troncs d'arbres, matériau rustique et léger présentant un couple «module élastique/résistance» intéressant, et se comportant bien au niveau des impacts (un profil métallique perd rapidement son inertie si ses ailes se rabattent).

Cette grille résiste élastiquement à des «actions limites de service» dues à des impacts de petits blocs fréquents. Elle est portée à un état limite irréversible sous les impacts de gros blocs rares de fréquence annuelle.

Elle repose côté montagne sur un appui dur (il n'y a pas d'impact au ras de la falaise) et côté lac sur un HEB de grande portée (15,0 m) qu'elle protège et qui participe aux impacts par sa souplesse et par la mise en vitesse de tout le champ de grille qu'il supporte.

Sous la grille et à une distance autorisant les grandes déformations une dalle récupère les éléments de grille rompus. Elle joue un rôle statique et repose sur une série de supports qui lui sont spécifiques (figure 2).

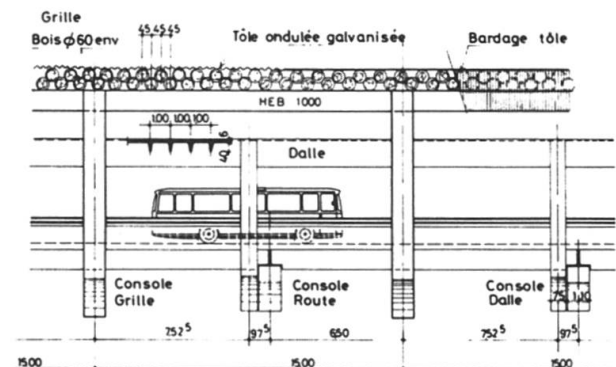


Fig. 2 Elévation



Photo 1 Essai élastique

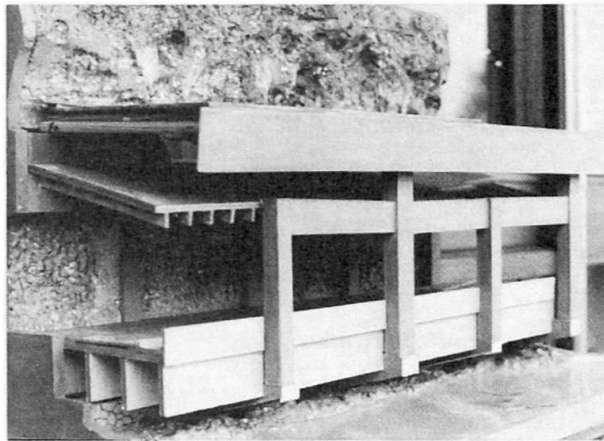


Photo 3 Aspect général



Photo 2 Rupture

Le problème des supports du HEB de 15,0 m porteur de la grille est particulier. En effet, en cas d'impact sur ceux-ci on ne dispose plus de l'énergie de déformation de la grille. On dispose toutefois de la mise en vitesse du champ de grille sur 30,0 m, du champ de dalle sur 15,0 m, de l'énergie de déformation de la console support et de la mise en vitesse de celle-ci. Cette dernière console se comportera en Etat Limite de Service sous l'impact du gros bloc rare. Elle est volontairement très indépendante des autres consoles, en particulier des infrastructures routières proprement dites, et l'on conçoit bien pourquoi.

Pour vérifier les énergies de rupture de la grille nous avons procédé à des essais vraie grandeur sur appuis fixes. Les photos 1 et 2 montrent successivement un état réversible sous l'impact d'un bloc de 1,0 t avec rebond et l'état ultime sous l'impact d'un bloc de 2 t tombant de 25 m de hauteur.

Ces essais nous ont confirmé qu'il était nécessaire de ligaturer les troncs entre eux pour éviter de projeter les troncs du lit inférieur, que les rotations d'extrémités des éléments de grille sont grandes et qu'il faut éviter que ces derniers échappent à leurs appuis.

Cette structure bicouche (photo 3) «grille et dalle» pèse moins de 1 500 Kg/m<sup>2</sup>. Elle tolère un gros bloc rare de 1,0 t tombant de 25 m, entraînant en extrémité des consoles un effort statique équivalent vertical de 1,5 MN.

La structure routière a été réalisée en 1978 ainsi que les différents supports de grille et de dalle, ces dernières restant à l'état de projet. Une surveillance et des purges de falaise constituent la réponse actuelle au problème.

(J. Tonello)