

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 99 (1973)  
**Heft:** 26

**Artikel:** Ouvrages de protection contre le bruit: vérification de la similitude: original-modèle réduit  
**Autor:** Stryjenski, J. / Lançon, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-71713>

### **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:** 26.01.2026

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

## Ouvrages de protection contre le bruit Vérification de la similitude: original - modèle réduit

par J. STRYJENSKI et M. LANÇON

Face aux problèmes de nuisances, le besoin de plus en plus pressant se fait sentir de concevoir des ouvrages de génie civil (routes, viaducs, pistes d'avions, ouvrages industriels) présentant le minimum d'inconvénients. D'autre part, nous assistons à la naissance d'un nouveau type d'ouvrages, destinés particulièrement à la protection contre le bruit, tels que buttes, écrans, murs, etc... Les connaissances théoriques sont suffisamment nombreuses pour permettre le dimensionnement de tels ouvrages dans les cas simples. Dans les cas complexes — ce qui est courant — il faut recourir aux modèles mathématiques et calculatrice, ou au modèle réduit acoustique. Une route courbe est en soi déjà un cas complexe, du point de vue de dispersion de l'énergie acoustique des voitures. Les obstacles, la topographie et la végétation rendent le calcul encore plus complexe. Le tablier d'un viaduc, les ouvertures d'une couverture de protection, etc., sont, du point de vue mathématique, de vrais casse-tête. Le modèle acoustique permet de résoudre ce problème avec une relative facilité. Les similitudes doivent être respectées en ce qui concerne :

- la longueur d'onde sonore,
- la forme,
- la masse,
- l'absorption des surfaces,
- l'absorption dans l'air.

Nous ne voulons pas entrer dans les détails de ce domaine particulier et nouveau, mais il nous paraît intéressant de signaler une expérience qui nous a permis de vérifier la similitude sur le modèle réduit et sur l'original d'un ouvrage de protection contre les avalanches. Nous avons fait ce travail afin de vérifier l'équipement spécial de notre laboratoire, équipement destiné à l'étude de ce type de problèmes.

Lors d'une excursion à la montagne, nous avons repéré un ouvrage de protection contre les avalanches — galerie de la Sasse, en Valais — qui présentait quelque ressemblance avec nos recherches, et par ses divers aspects, se prêtait bien aux comparaisons entre le modèle à l'échelle réduite et la nature.

Il s'agit d'un ouvrage en béton armé, long de 120 m, de section  $8,30 \times 5,80$  m<sup>2</sup>, formant un tunnel dont une paroi latérale est pourvue d'ouvertures longitudinales sur toute la longueur de la galerie. Les ouvertures sont destinées à l'éclairage naturel de la chaussée. Dans le but d'adaptation de l'œil, elles sont plus grandes à chaque extrémité de la galerie et diminuent vers le centre. Sur le tronçon central de 70 m, elles sont de section constante et présentent un taux de transparence (horizontal) de 4,43 % par rapport à la surface du sol. Mises à part les ouvertures, la construction massive de cet ouvrage assure une excellente isolation acoustique.

Nous avons dû attendre l'hiver pour ne pas être gênés par le bruit du torrent, qui rend impossibles les mesures à

une certaine distance. Les mesures ont été effectuées les 30 et 31 mars 1973, dans des conditions atmosphériques favorables. Entre-temps, un modèle à l'échelle 1 : 50 avait été confectionné et un programme de mesures mis au point.

Deux types de mesures ont pu être exécutés :

1. *Avec une source fixe :*
  - haut-parleur, bruit blanc, bande 1/1 octave, f 500 Hz et f 1000 Hz ;
  - générateur de courant à moteur quatre temps fixe.
2. *Avec les voitures :*
  - passages à vitesse constante, avec la même voiture ;
  - passage de diverses voitures.

Les mesures ont été en partie enregistrées, en partie obtenues par lecture directe.

Les mesures avec la source fixe ont été reproduites en modèle réduit à l'échelle, c'est-à-dire en 25 000 Hz et 50 000 Hz.

### Description du modèle

Le modèle à l'échelle 1 : 50 a été confectionné en matériaux durs et lisses, afin de réfléchir le son d'une manière suffisante, comparable à la réflexion dans le vrai tunnel. Le coefficient d'absorption du béton pour 500 Hz est d'environ 0,02. Nous ne connaissons pas avec précision le coefficient d'absorption pour 25 000 Hz des matériaux utilisés pour la maquette. Nous avons choisi, en raison de la similitude avec d'autres matières testées par Brebeck [1]<sup>1</sup>, du Novopan surfacé et du Pavatex dur dont le coefficient

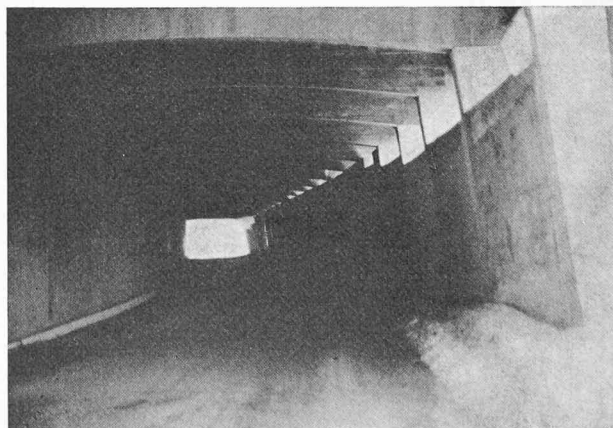


Fig. 1. — Galerie de la Sasse. Vue intérieure.

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.



Fig. 2. — Modèle 1 : 50. Vue intérieure.

d'absorption est légèrement plus grand. Le fait d'avoir utilisé des matières un peu plus absorbantes que dans la réalité compense la simplification dans la reproduction des détails, simplification inhérente à l'échelle réduite du modèle.

Le croquis ci-joint (fig. 7) montre le profil type. Les photos (fig. 1 et 2) montrent l'intérieur de l'ouvrage en réalité et sur le modèle.

Le haut-parleur et le micro utilisés sur le modèle étaient relativement plus grands que ceux utilisés *in situ* ; dans les deux cas, les haut-parleurs étaient dirigés vers le sol, afin d'obtenir une meilleure distribution du champ acoustique.

Les épaisseurs de matériaux utilisés étaient choisies afin de satisfaire amplement à la « loi de masse » et assurer une isolation suffisante.

La topographie du terrain extérieur n'était reconstituée approximativement que pour certaines mesures, à distance élevée. En nature, le terrain était enneigé et accidenté, présentant une absorption assez élevée. Dans le laboratoire, les mesures étaient faites en champ libre. Nous avons constaté qu'il n'y a pas de modification sensible due à la présence du terrain.

### Les résultats

Nous ne montrons ici que les résultats de comparaison entre l'ouvrage vrai et sa maquette, obtenus avec des sources fixes. Les mesures sur les voitures n'ont pas été reproduites sur le modèle réduit, elles ne seront donc pas commentées ici. Elles avaient surtout un caractère d'information.

Le graphique (fig. 3 a et b) montre la décroissance du niveau sonore à l'intérieur de l'ouvrage, dans l'axe et à 1,50 m du sol. Lors de cette expérience, la source a été placée à 27,5 m du bout aval et les points de mesure sur l'axe tous les 5 m. Comme source, nous avons utilisé un générateur de courant électrique avec un moteur quatre temps. La mesure était faite à travers un filtre 1/1 octave dans la bande de 500 Hz. Sur la maquette, le bruit blanc d'un générateur était envoyé sur un haut-parleur, et la mesure effectuée à travers un filtre 1/3 octave, 25 kHz.

Une expérience similaire a été répétée en plaçant la source au centre de la galerie. Comme source nous avons utilisé, cette fois, le haut-parleur alimenté avec un bruit blanc 1/1 octave, 500 Hz, les mesures étant faites comme auparavant.

A proximité de la source, la décroissance est très rapide, car nous nous trouvons dans le champ sonore direct. Ensuite, une proportionnalité simple s'établit entre la distance et la diminution du niveau sonore, comme cela est le cas dans les gaines de ventilation partiellement absorbantes. En dehors de la galerie, le niveau décroît rapide-

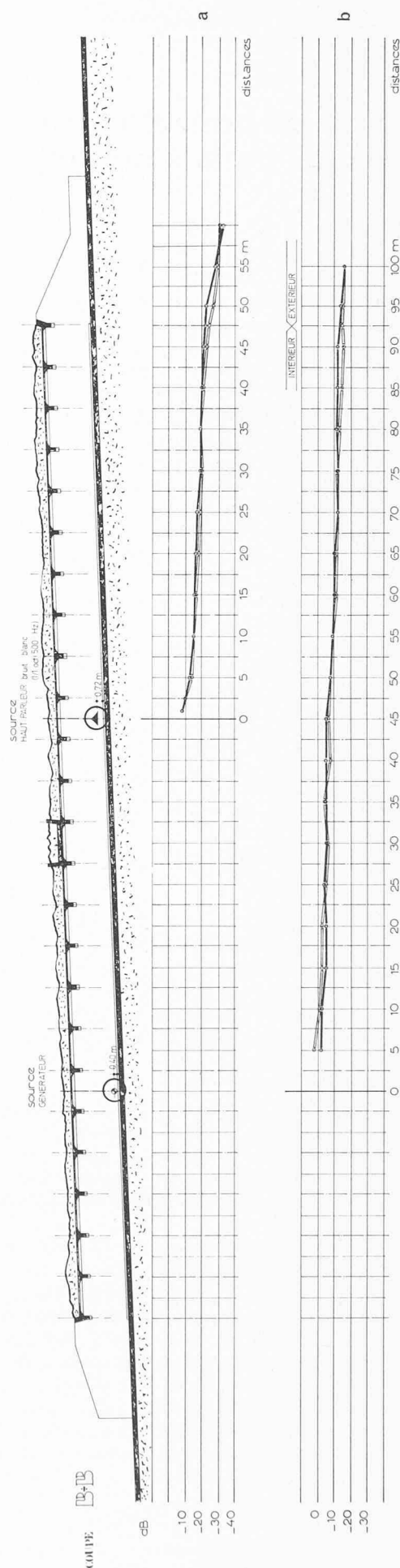


Fig. 3. — Décroissance du niveau sonore à l'intérieur de l'ouvrage, dans l'axe et à 1,50 m du sol. La source : bruit blanc 500 Hz *in situ* 25 000 Hz sur le modèle.

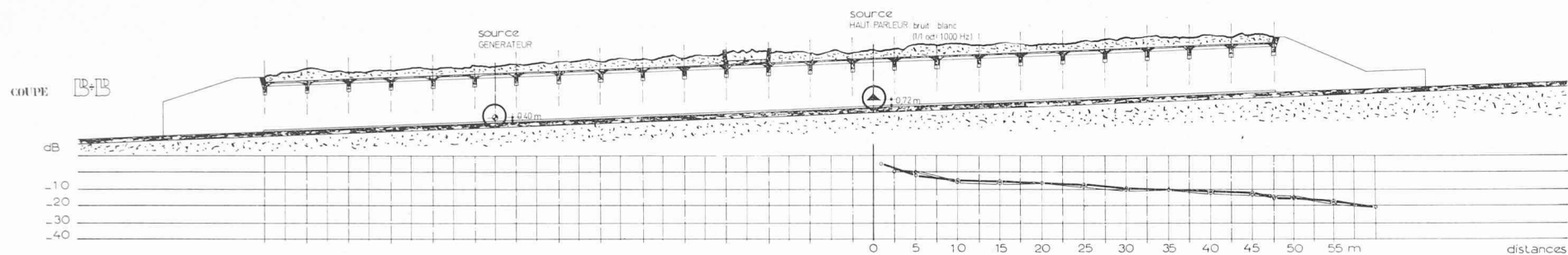


Fig. 4. — Décroissance du niveau sonore à l'intérieur de l'ouvrage, dans l'axe et à 1,50 m du sol. La source : bruit blanc 1000 Hz, *in situ* 50 000 Hz, sur le modèle.

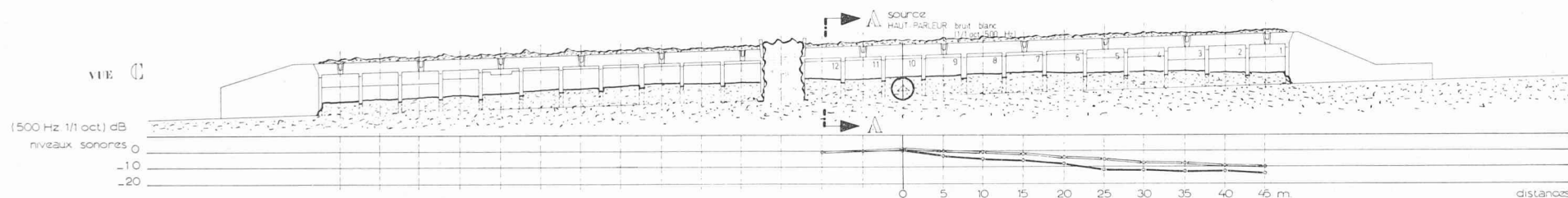


Fig. 5. — Vue extérieure de la galerie avec une coulée de glace. Les mesures ont été prises depuis l'extérieur, au centre des ouvertures 1 à 12. La source : bruit blanc 500 Hz *in situ* 25 000 Hz sur le modèle, placé à l'intérieur de la galerie.

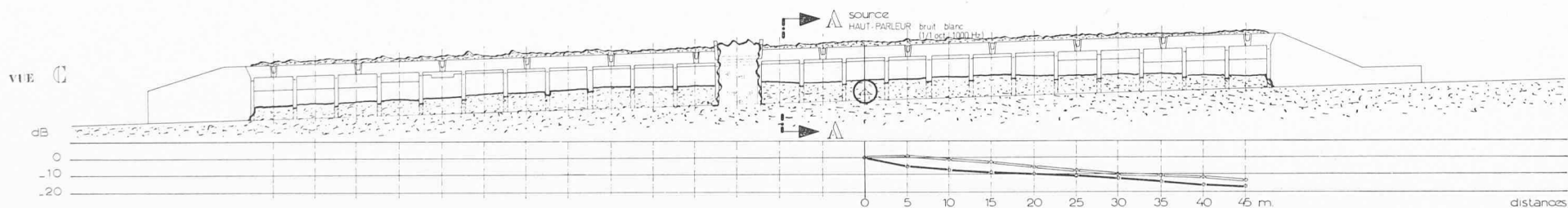


Fig. 6. — Vue extérieure de la galerie avec une coulée de glace. Les mesures ont été prises depuis l'extérieur, au centre des ouvertures 1 à 12. La source : bruit blanc 1000 Hz *in situ* 50 000 Hz sur le modèle, placé à l'intérieur de la galerie.

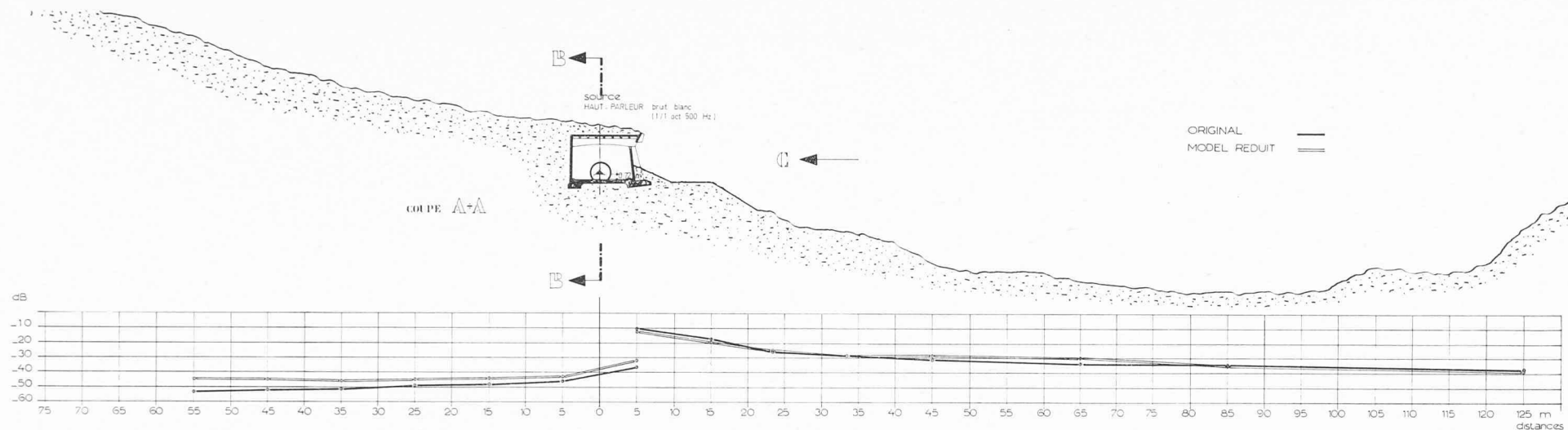


Fig. 7. — Coupe en travers type. Décroissance du bruit avec l'éloignement, côté couloir d'avalanches (à gauche) et côté torrent (à droite). La source : bruit blanc 500 Hz *in situ* 25 000 Hz sur le modèle.

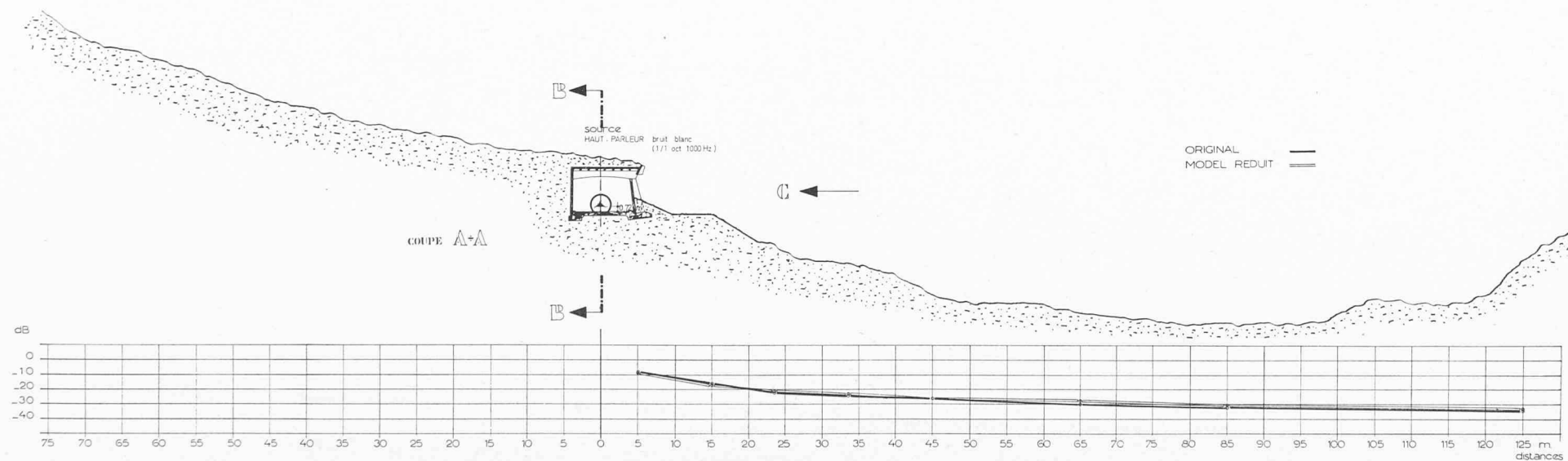


Fig. 8. — Décroissance avec l'éloignement côté torrent. La source : bruit blanc 1000 Hz *in situ* 50 000 Hz sur le modèle.



ment. Cette expérience est illustrée par le graphique (fig. 3b).

La concordance des résultats est satisfaisante. La pente générale de la décroissance est semblable et les écarts maxima sont de 3 dB à 500 Hz et de 2 dB à 1000 Hz (fig. 4).

Une autre expérience de vérification a été faite sur l'ouvrage original et sur le modèle, de la façon suivante : la source (haut-parleur) était placée au centre de la galerie et les mesures ont été prises depuis l'extérieur au centre de chaque ouverture, au nu intérieur de la paroi.

On remarque que sur le modèle, la décroissance est moins rapide que sur l'ouvrage réel (l'écart maximum étant de 3 dB). Nous n'avons pas pu éclaircir si ceci provient d'une absorption plus grande des surfaces internes de l'ouvrage réel ou d'une répartition légèrement différente du champ sonore à l'intérieur de l'ouvrage, ou encore si cela est dû à une autre cause (grandeur de la source ou du microphone). Nous pouvons toutefois relever que la maquette semble donner des résultats moins favorables que la nature quant à l'atténuation du son émis à l'extérieur (fig. 5 et 6).

Les deux autres expériences qui seront décrites ici concernent les mesures dans le plan vertical, perpendiculaire à l'axe de la galerie (profil en travers) posé au milieu de l'ouvrage.

Les résultats obtenus côté torrent sont très concordants. Par contre, les résultats trouvés côté montagne (couloir d'avalanches) diffèrent systématiquement avec l'éloignement alors qu'à proximité du bord supérieur de l'ouvrage, ils sont concordants. Nous supposons que cette différence est due à la configuration du terrain masquant totalement les deux extrémités de la galerie par les lèvres du couloir d'avalanches, ainsi que par les murs du soutènement prolongeant la galerie côté montagne. Il se peut aussi que cette différence provienne de la réverbération résiduelle du laboratoire. L'atténuation du niveau sonore sur place est supérieure à celle obtenue sur le modèle. Pour des raisons matérielles, il ne nous a pas été possible de reconstituer le terrain en laboratoire. Quelques essais partiels ont bien montré que ceci joue un rôle.

Les figures 7 et 8 montrent les résultats de ces mesures.

Comme sources ont été utilisés, *in situ*, le haut-parleur émettant le bruit blanc 1/1 octave 500 Hz et un haut-parleur dynamique émettant 25 et 50 kHz octave ou 1/3 octave, sur le modèle.

L'appareillage de mesure utilisé était l'appareillage de précision, selon la fiche technique ci-jointe.

## Conclusions

L'essai sur ce modèle réduit a donné des résultats satisfaisants et confirme la similitude entre la maquette et la réalité. La plus grande précision dans la confection du modèle pourrait sans doute augmenter la concordance des résultats. Toutefois, ceci demanderait une augmentation des dépenses au-delà de nos possibilités, aussi bien en ce qui concerne le temps que les frais.

## DONNÉES TECHNIQUES

*Ouvrage original* : Sol goudronné, plafond : dalle b. a. brute, nervurée. Mur c/terre b. a. brut, mur côté torrent en plots crépi toloché.

*Modèle 1 : 50* : Sol en bois aggloméré surfacé blanc mat lisse. Mur côté terre dito, mur côté ouvertures (torrent) et plafond, Pavatex dur, lisse.

*Appareils* : Générateur B + K bruit blanc 20-60 000 Hz. Spectromètre B + K n° 2113 avec filtres 1/1 et 1/3 octave — 20-80 000 Hz. Micros B + K 1/4" — 2 sonomètres n° 2203 — Micros 1" — Pistophone — Enregistreur Uher Reporter 4200.

[1] D. BREBECK : *Die Schall- und Ultraschallabsorption*. Technische Hochschule München.

Adresse des auteurs :

J. Stryjenski, professeur à l'EAG  
M. Lançon, étudiant à l'Institut de physique  
Atelier d'Acoustique du Bâtiment  
32, rue des Noirettes  
1227 Carouge/Genève

## Bibliographie

**Recherche industrielle et marketing. Une symbiose indispensable au progrès de l'entreprise**, par Charles Zviak, ingénieur chimiste ENSCP. Paris, Eyrolles, 1973. — Un volume 16x25 cm, 136 pages, 12 figures, cartonné. Prix : 40 F.

Cet ouvrage inaugure la « Collection du CEPRIG » (Centre de perfectionnement pour la recherche industrielle et sa gestion), dont le but est de stimuler les échanges constructifs dans l'analyse et le développement de la recherche industrielle.

L'auteur, vice-président de l'Oréal, chargé de la recherche appliquée et du développement, analyse les relations et les interactions entre la recherche et le marketing.

Cette réflexion et les conclusions qu'en tire l'auteur sont d'une importance vitale au moment où les entreprises sont confrontées à une ascension inexorable des coûts de la recherche. Il ne peut être question que cette escalade mette en cause le principe de l'innovation, qui est un élément important de la concurrence entre les entreprises. Le chef d'entreprise a besoin de critères pour apprécier les probabilités de rentabilité des fonds investis dans la recherche et inversement doit être à même d'évaluer les possibilités potentielles du marché pour orienter cette recherche. L'interaction Recherche/Marketing est l'une des fonctions de progrès de l'entreprise novatrice, mais son succès condi-

tionne l'avenir de l'entreprise, et par son incertitude constitue un facteur de doute pour les responsables.

Le livre de M. Zviak ne livre pas les solutions de ce dilemme, mais contribue à en permettre une analyse systématique et à susciter une meilleure compréhension entre les chercheurs, les responsables du marketing et les chefs d'entreprise qui en sont les protagonistes.

Il est complété par un texte de M. Jean Bounine-Cabalé : « Les incertitudes de l'innovation », ainsi que par un exemple numérique d'appréciation du lancement d'un nouveau produit.

Un ouvrage utile aux chefs d'entreprise et aux cadres à qui incombe d'orienter la recherche industrielle.

*Extrait de la table des matières :*

Recherche et développement : finalité industrielle. Définitions. Marketing : méthode + imagination. Marketing prospectif et marketing opérationnel. Filière normale et filière inversée. Le produit n'est pas tout. Les stratégies de la firme : désengagement, diversification, développement. Sélection de nouveaux produits. Chercher pour vendre. Le marketing peut induire la recherche. La recherche peut induire le marketing. Simulation de l'expérimentation commerciale. Agencement des moyens pour la mise en œuvre des stratégies de l'innovation. Intégration du marketing dans la recherche. Conséquence de l'interaction RD/M sur les méthodes de direction des activités de recherche et de développement. Pour un certain laisser-chercher. Les incertitudes de l'innovation. Décisions programmées et décisions non programmées. Les processus usuels de décision stratégique.