

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 91 (1965)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Essais à l'abraison de revêtements d'ouvrages hydrauliques  
**Autor:** Gardet, A. / Dysli, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-67651>

### **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:** 26.04.2026

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

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

## ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes  
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)  
de la Section genevoise de la SIA  
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique  
de l'Université de Lausanne)  
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole poly-  
technique fédérale de Zurich)

## COMITÉ DE PATRONAGE

Président: E. Martin, arch. à Genève  
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne  
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève

### Membres:

Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.  
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Groscurin, arch.; J.-C. Ott, ing.  
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.  
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.  
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;  
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »

Président: D. Bonnard, ing.  
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre,  
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.  
Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

## RÉDACTION

D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua,  
architecte  
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »  
Tirés à part, renseignements  
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

## ABONNEMENTS

1 an . . . . .	Suisse Fr. 40.—	Etranger Fr. 44.—
Sociétaires . . . . .	» » 33.—	
Prix du numéro . . . . .	» » 2.—	» » 2.20

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,  
N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au  
numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie  
La Concorde, Terreaux 29, 1000 Lausanne

## ANNONCES

Tarif des annonces:	
1/1 page . . . . .	Fr. 385.—
1/2 » . . . . .	» 200.—
1/4 » . . . . .	» 102.—
1/8 » . . . . .	» 52.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.  
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. 1000 Lausanne et succursales



## SOMMAIRE

Essais à l'abrasion de revêtements d'ouvrages hydrauliques, par A. Gardet et M. Dysli, ingénieurs.  
Bibliographies. — Divers. — Les congrès. — Carnet des concours.  
Documentation générale. — Nouveautés, informations diverses.

## ESSAIS À L'ABRASION

## DE REVÊTEMENTS D'OUVRAGES HYDRAULIQUES

par A. GARDET et M. DYSLI, ingénieurs à la Société Générale pour l'Industrie, Genève

### I. Introduction

Nombre d'ouvrages hydrauliques, tels que coursiers de déversoirs, bassins d'amortissement, pertuis, canaux ou galeries de purge, radiers de dessableurs, etc., peuvent être soumis à d'intenses usures dues au passage des matériaux alluvionnaires charriés par l'eau, notamment par les aménagements en montagne. Les dégâts qui en résultent sont souvent fort importants et peuvent avoir des conséquences financières très graves pour le maître de l'œuvre, en particulier pour les aménagements hydro-électriques, si les réfections déjà coûteuses en elles-mêmes nécessitent encore des interruptions d'exploitation. Une connaissance approfondie de la résistance à l'usure des matériaux de revêtement est donc importante, elle doit permettre un choix judicieux, adapté à chaque cas. Cette résistance n'est d'ailleurs pas toujours le seul critère à considérer; il faut aussi tenir

compte du coût des matériaux et de leur mise en œuvre ainsi que de leur facilité de réfection.

Si, le plus souvent, l'ingénieur est à même d'apprécier assez aisément les prix et les possibilités de réfection de tel ou tel matériau, il ne trouve, en général, que peu d'indications concernant la résistance à l'usure, malgré les expériences d'exploitation connues et les essais entrepris dans divers laboratoires.

En effet, les expériences sur des ouvrages existants sont souvent fragmentaires et ne se rapportent qu'à des cas particuliers difficilement généralisables, alors que les essais de laboratoires, plus systématiques, mais entrepris à petite échelle, ne reproduisent pas ou du moins très imparfaitement le phénomène de l'usure par charriage de fond, avec les effets de choc dus à la saltation des éléments solides en milieux liquides turbulents.

Le problème du choix des matériaux se complique

encore par l'apparition, sur le marché, de nouveaux produits, notamment les résines synthétiques.

Le besoin se faisait sentir de disposer d'un équipement expérimental apte à étudier les matériaux de revêtement dans des conditions se rapprochant le plus possible de la réalité, c'est-à-dire pouvant utiliser comme éléments abrasifs des alluvions réelles, prélevées si nécessaire au lieu même des ouvrages projetés et aptes à reproduire, à une échelle convenable, l'écoulement turbulent avec charriage de fond.

Nous avons envisagé divers systèmes pour reproduire ces conditions en laboratoire. Finalement, notre étude aboutit à la mise au point d'un appareillage fonctionnant en circuit fermé, tout autre système conduisant à une consommation exorbitante de matériaux abrasifs pour des essais effectués à une échelle suffisamment représentative, condition particulièrement importante pour l'étude des matériaux hétérogènes, tels que les bétons par exemple.

Après un rappel succinct de quelques méthodes d'essai utilisées récemment et dont nous avons eu connaissance, nous donnerons une description de l'appareillage mis au point par le laboratoire de recherches et d'essais de la Société Générale pour l'Industrie, puis nous terminerons cet exposé sommaire par quelques indications provisoires sur les premiers résultats d'usure obtenus au moyen de ce nouvel équipement.

## II. Description de quelques méthodes et appareillages d'essais d'abrasion récemment utilisés

### 1. Essais effectués au laboratoire de l'Institut d'hydraulique et de constructions hydrauliques de l'Université de Padoue

Ces essais sont basés sur le principe de la projection oblique d'un mélange sable-eau sur les éprouvettes. L'appareillage fonctionnant en circuit ouvert est essentiellement constitué par une conduite de 6 m de longueur, 150 mm de diamètre, alimentée en eau par une pompe. Avant la buse de sortie, la conduite comporte un fort étranglement en forme de venturi qui provoque une baisse importante de la pression de l'eau. C'est à cet endroit que le sable abrasif est introduit par gravité à partir d'un petit silo placé au-dessus de la conduite.

La buse a un diamètre de 39 mm. Le mélange est animé d'une vitesse de 15 m/s à la sortie de celle-ci. Le jet attaque obliquement l'éprouvette sous un angle de 2° 30' à 5°.

La concentration en sable du mélange est de 2 % en volume, avec une granulométrie moyenne de 0,52 à 0,81 mm.

Les essais, d'une durée de vingt-quatre heures chacun, ont été effectués sur des éprouvettes de béton de ciment de 60×100×13 cm de différentes compositions. La mesure de l'usure est faite point par point, au moyen d'un comparateur.

### 2. Essais effectués au laboratoire de l'Electricité de France, Alpes I, à Saint-Hilaire-du-Rosier

La méthode ici est assez semblable à celle du laboratoire de Padoue. Elle consiste aussi à projeter sur l'éprouvette de l'eau et un sable abrasif siliceux, mais séparément : l'eau perpendiculairement à l'éprouvette et le sable sous un angle de 20°. Ces deux jets, animés

chacun d'une vitesse de l'ordre de 20 m/s, sont orientés de telle sorte que leurs points d'impact soient communs. Les buses de sortie des jets sont sensiblement plus petites que celle de Padoue.

Ce système, qui a une puissance abrasive considérable, permet d'effectuer un grand nombre d'essais en peu de temps ; la durée de chacun d'eux n'étant que de deux minutes.

Les résultats des essais sont systématiquement rapportés à ceux de même durée effectués sur des éprouvettes témoins en verre de Saint-Gobain, de qualité constante.

La mesure s'effectue volumétriquement par remplissage de l'empreinte avec de l'eau détendue. Les dimensions de l'empreinte sont de l'ordre de 3×1,5 cm environ, avec des profondeurs dépassant parfois le centimètre, suivant la qualité des matériaux. La surface attaquée est sensiblement plus petite qu'à Padoue et la concentration en sable beaucoup plus grande.

Ce système, par sa rapidité d'action, permet une multitude d'essais en peu de temps, d'autant plus que les éprouvettes de petites dimensions sont très maniables et les mesures simples et de courte durée.

### 3. Essais effectués au Laboratoire de l'Electricité de France, Alpes II, à Albertville

Ici, le principe de l'appareil d'essais, qui fonctionne en circuit fermé, est totalement différent.

Un tube en tôle d'acier de 13 cm de diamètre, d'une longueur de 60 cm, est animé d'un mouvement de rotation de 30 t/min. autour d'un axe passant par son diamètre médian. A l'intérieur du tube, on glisse deux buses confectionnées avec le matériau à essayer, qui constituent l'éprouvette. On introduit à l'intérieur de celle-ci un kilo de ferraille et l'on ferme les deux extrémités du cylindre. La rotation de celui-ci, qui met en mouvement la ferraille, se traduit par l'usure de la face interne de l'éprouvette.

La mesure des usures se fait par pesée avant et après l'essai.

### 4. Essais effectués par le Bureau d'ingénieurs A. Aegerter et O. Bosshard AG, à Bâle

Le but de ces essais est limité à un cas particulier : la recherche d'un matériau susceptible de remplacer le revêtement de granit jugé trop coûteux, prévu pour la protection des piles et radiers du barrage en rivière de Birsfelden sur le Rhin. L'appareil fonctionne comme le précédent en circuit fermé. Il est essentiellement constitué par un cylindre métallique de dimension sensiblement plus grande que celui d'Albertville, animé d'un mouvement de rotation de 28 t/min. autour de son axe. Les éprouvettes, au nombre de quatre par essai, sont fixées aux parois intérieures du cylindre. Elles sont constituées par des plaques de 50×50×15 cm. On introduit dans le cylindre 10 kg de gravier du Rhin et 15 litres d'eau.

La durée de chaque essai est de douze heures. Comme à Albertville, la mesure de l'usure se fait par pesée des éprouvettes.

### 5. Essais divers

Nous avons encore connaissance d'autres méthodes d'essais, comme le meulage ou la rotation d'une éprouvette dans un milieu liquide abrasif (Escher-Wyss), etc.,

mais elles s'éloignent par trop des conditions de charriage hydraulique pour que nous nous arrêtions à ces méthodes particulières.

#### 6. Remarques générales

Les méthodes décrites précédemment ne reproduisent pas, ou assez imparfaitement, le phénomène d'usure par charriage de fond. Comparativement, il semble que le dispositif adopté par le bureau Aegerter et Bosshard soit celui qui se rapproche le plus de la réalité.

Pour cela, il nous a paru nécessaire de mettre au point un équipement de laboratoire reproduisant plus fidèlement et à une échelle suffisante ce phénomène et permettant, en outre, l'étude simultanée de plusieurs échantillons de matériaux dans des conditions identiques, de manière à rendre les résultats d'essais rigoureusement comparables.

### III. Description de l'appareillage mis au point par le laboratoire de la Société Générale pour l'Industrie

#### 1. Dispositif d'essais (Voir fig. 1 et 2)

Le principe de l'appareil consiste à faire circuler, par voie hydraulique, à une vitesse donnée, une certaine quantité de matériaux abrasifs (par exemple : alluvions naturelles), sur le fond d'un canal revêtu des matériaux à essayer.

L'appareil, qui fonctionne en circuit fermé, est essentiellement constitué par un canal horizontal à ciel ouvert, en tôle d'acier, ayant un tracé annulaire fermé et une section transversale rectangulaire constante.

Les éprouvettes en forme de secteur annulaire sont placées jointivement dans le fond du canal et en constituent le radier. Le canal est rempli d'eau et d'une certaine quantité de matière abrasive (sable et gravier). L'anneau, constitué par le canal, a un diamètre intérieur de 3,00 m et un diamètre extérieur de 4,00 m. La largeur du canal est de 0,50 m.

Au centre de l'anneau, un pivot porte l'arbre vertical d'un rotor coaxial au tracé du canal. Ce rotor, d'un diamètre de 3,50 m, est placé immédiatement au-dessus des parois du canal. Il porte sur sa périphérie douze pales rectangulaires orientables, plongeant dans l'eau ; leur position en hauteur est réglable. Le rotor, mû par un moteur électrique de 6 CV, entraîne, par l'intermédiaire des pales, le mélange eau-gravier à des vitesses réglables entre 0 et 4 m/s. La puissance du moteur est transmise au rotor par un réducteur-variateur de vitesse et un embrayage magnétique. La profondeur normale de l'eau dans le canal est de 40 cm sans mouvement. Dix à quinze échantillons peuvent être placés simultanément dans le fond du canal. L'écoulement très turbulent provoque un intense charriage des alluvions. Les conditions naturelles sont pratiquement reproduites.

Pour les premiers essais, la vitesse adoptée était de 18 t/min., soit environ 3,70 m/s le long des parois extérieures du canal. Les matériaux abrasifs étaient constitués par 40 kg de sable et gravier de la Massa, d'une granulométrie proche de celle de ce cours d'eau, avec des éléments d'un diamètre de 36 mm au maximum. La durée de chaque série d'essais était de 240 heures. A cause de leur propre usure, les matériaux abrasifs ont été renouvelés toutes les vingt-quatre heures.

Il est intéressant de remarquer que les 40 kg de gravier introduits dans la machine, entraînés à peu près à la vitesse de l'eau pendant 240 heures, représentent au total le passage de 6000 t environ sur chaque éprouvette, compte tenu de la perte de poids par auto-abrasion, soit environ 12 000 t par m de largeur d'un canal.

Une certaine ségrégation des matériaux provoquée par l'accélération centrifuge a été constatée. Cet inconvénient n'était pas de nature à compromettre la validité des essais, les éprouvettes essayées simultanément étant dans des conditions rigoureusement semblables.

La longueur des éprouvettes dépend évidemment de leur nombre. Lors des premiers essais, chaque série comportait onze éprouvettes ; leur longueur moyenne était, dans ces conditions, de 1 m environ.

#### 2. Procédés de mesure

Les mesures ont été effectuées à partir de moulages en plâtre de la surface de l'éprouvette, pris respectivement à 0, 120 et 240 heures de fonctionnement effectif de la machine. Cette méthode a l'avantage de conserver une trace matérielle des états de surface.

Pour assurer la précision des mesures, celles-ci doivent être faites à partir d'un plan de référence connu, toujours le même. A cet effet, le moulage portait sur sa face supérieure l'empreinte d'un gabarit de précision très rigide, prenant appui sur des bossages fixes solidaires du canal. Cette empreinte constitue l'horizon de référence désiré.

Trois profils radiaux, espacés de 200 mm par rapport à l'axe radial de l'éprouvette, ont été relevés sur le moulage. Ainsi, les extrémités de celle-ci, dont les usures pourraient être influencées par les perturbations d'écoulement provoquées par les joints entre éprouvettes et par l'usure de l'éprouvette voisine, n'eurent-elles aucune influence sur les mesures, seule la partie centrale étant prise en considération.

Les mesures furent complétées par des photographies en couleur de l'état des surfaces aux différents stades d'usure.

#### 3. Modification de l'équipement en vue d'essais sur peintures

L'équipement précédemment décrit est utilisé pour l'étude du comportement à l'usure de matériaux de masse ou de chapes soumis au passage d'alluvions plus ou moins grossières charriées par les cours d'eau. Il peut être aussi intéressant de connaître la résistance à l'usure des peintures, notamment pour l'étude du comportement de la protection anticorrosive intérieure des conduites forcées et des puits blindés. On a, en effet, constaté que cette protection dans la zone voisine de la génératrice inférieure de la conduite est souvent soumise à l'abrasion des sables entraînés dans celle-ci et peut, dans certains cas, disparaître complètement.

Les éléments abrasifs entraînés par l'eau dans les conduites sont en général fins à très fins. Dans la machine conçue pour reproduire le phénomène de charriage de fond d'éléments plus ou moins grossiers, les pales et l'écoulement circulaire provoquent une telle turbulence que les éléments plus fins restent en suspension et paraissent ne jouer que peu de rôle dans l'usure. Dans ces conditions, on pouvait craindre que l'efficacité de la machine soit insuffisante pour l'étude des peintures.

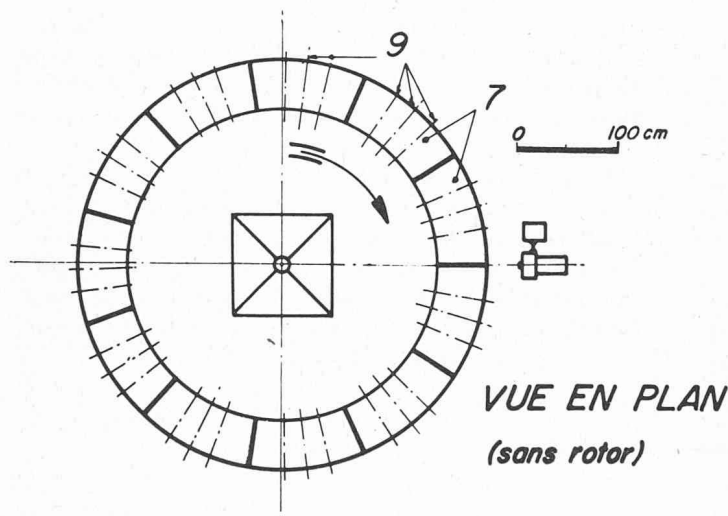
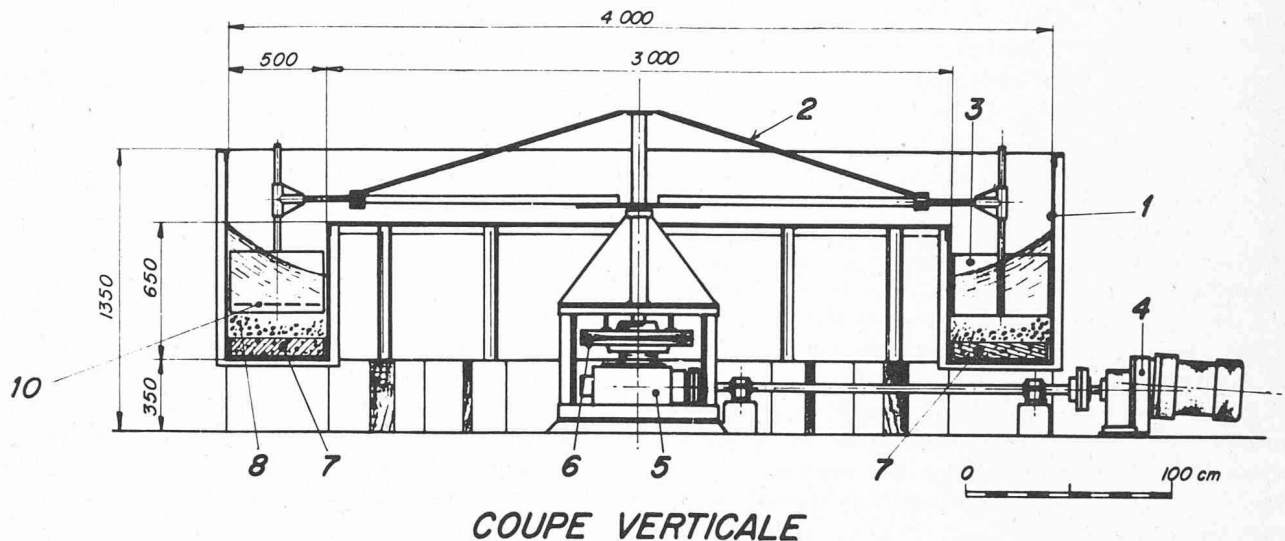


Fig. 1. — Schéma général du dispositif d'essai.

- |                 |   |
|-----------------|---|
| 1 Canal         | 6 Embrayage (à commande magnétique)                   |
| 2 Rotor         | 7 Eprouvettes   |
| 3 Pales         | 8 Agrégats + eau                                      |
| 4 Motovariateur | 9 Axes de mesure                                      |
| 5 Réducteur     | 10 Plafond rugueux amovible pour essais sur peintures |

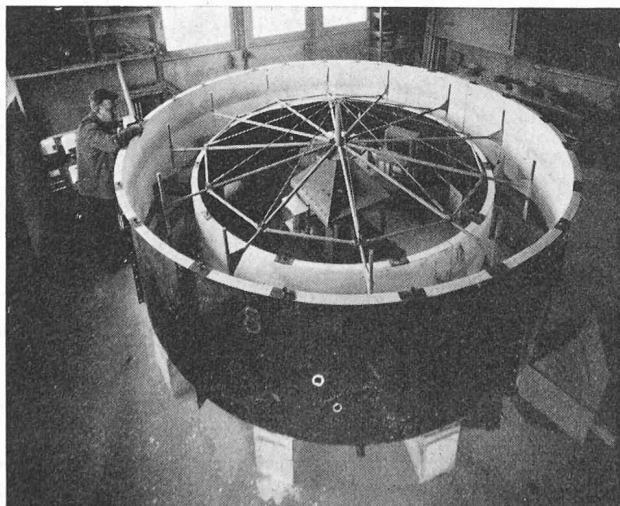


Fig. 2. — Vue du dispositif d'essai.

Pour assurer un écoulement plus concentré du sable sur les épreuves, nous avons modifié la machine de la façon suivante :

- les pales ont été remplacées par un disque annulaire plat et horizontal, fixé au rotor par les tiges de support des pales et donc solidaire de ce dernier. Cet anneau constitue un plafond mobile du canal légèrement plus étroit que celui-ci, pour permettre sa libre rotation. Le vide entre le plafond et la surface des épreuves est réglable et peut être réduit de quelques centimètres. Le disque annulaire en rotation, dont la face intérieure est rendue rugueuse par un revêtement de métal déployé, entraîne par frottement le mélange eau-sable emprisonné entre plafond et épreuves à des vitesses instantanées localement supérieures à celles du rotor, du fait de l'écoulement fortement turbulent.

Les essais de peintures concernent, bien entendu, des usures assez faibles pour lesquelles la méthode de mesure décrite précédemment n'est plus applicable. Ces mesures s'effectuent dans ce cas directement sur l'épreuve par voie magnétique. Elles sont complétées par la prise de photographies en couleurs et par la pesée des épreuves au début et à la fin de l'essai.

#### IV. Premiers résultats d'essais

Les premiers essais d'usure ont été effectués pour le compte de trois sociétés suisses d'électricité : GRANDE-DIXENCE S.A., ELECTRA-MASSA et ENERGIE ELECTRIQUE DU SIMPLON S.A.

Nous tenons ici à remercier ces sociétés de nous avoir autorisés à publier quelques informations sur les résultats de ces premiers essais intéressant divers matériaux de masse et de chape.

Il s'agissait d'opérer un premier tri de principe entre les divers matériaux traditionnels ou nouveaux utilisés pour résister à l'usure. C'était une première tentative pour essayer de répondre à la question suivante :

— A-t-on intérêt à utiliser les matériaux spéciaux de haute résistance à l'usure en dépit de leur prix élevé ou, au contraire, les matériaux traditionnels sont-ils plus avantageux et recommandables ?

Ces premiers essais, qui eurent avant tout un caractère comparatif, ont été rapportés à une éprouvette témoin exécutée en béton normal dosé à 300 kg de CP.

Nous donnons ci-après un résumé des résultats d'essais obtenus après 240 heures de fonctionnement de la machine, chargée de 40 kg de gravier et de sable de la Massa, d'une granulométrie de 0 à 36 mm, renouvelés toutes les vingt-quatre heures.

	Usure moyenne * mm
1. <i>Béton témoin</i> dosé à 300 kg de ciment Portland, avec agrégats roulés (Rhône à Sion)	
a) béton médiocre, âge 28 jours . . . . .	6,50
b) béton de qualité, âge 3 mois . . . . .	3,67
2. <i>Bétons spéciaux</i>	
a) dosé à 300 kg de ciment fondu Lafarge, avec mêmes agrégats que le béton témoin	4,45
b) dosé à 300 kg de ciment Portland + 60 kg d'émulsions de résines synthétiques, avec mêmes agrégats que le béton témoin . .	8,85
3. <i>Béton synthétique</i> avec liant constitué par un copolymère de résine synthétique dont une grande partie de polyester, mêmes agrégats que le béton témoin	3,00
4. <i>Bétons bitumeux</i>	
a) avec mêmes agrégats que le béton témoin	21,80
b) avec agrégats basaltiques . . . . .	7,70
c) avec agrégats de silice et filler calcaire .	11,40
5. <i>Pavage de plots de mêlèze</i> Veine debout . . . . .	2,00
6. <i>Granit du Tessin</i> . . . . .	2,65
7. <i>Chapes au mortier de ciment</i>	
a) avec ciment Portland + Corindon spécialement traité, granulométrie discontinue	7,84
b) avec ciment Portland + Corindon artificiel et carbure de silicium . . . . .	3,24
c) avec ciment alumineux Lafarge + Corindon, granulométrie continue . . . . .	1,74
d) avec ciment Portland + ribblons de fonte de la Ruhr, $\varnothing$ max. 7 mm . . . . .	2,13
8. <i>Chapes au mortier de résines synthétiques</i>	
a) avec sable de quartz, filler de basalte et amiante-liant : Epoxy et Buton . . . . .	3,32
b) avec Corindon et amiante . . . . .	5,41
c) avec Corindon — liant : Epoxy (posé sous pression) . . . . .	1,95
d) avec Corindon — liant : Copolymère de résine synthétique . . . . .	3,95

\* Après 240 heures d'essai.

Ces premiers résultats n'ont évidemment que très partiellement résolu le problème posé. Du tableau qui précède, il est cependant possible de tirer quelques conclusions provisoires, à savoir :

- a) Les matériaux traditionnels tels que granit et bois, dont le prix est raisonnable et le remplacement relativement aisé, montrent une excellente résistance à l'abrasion qui confirme la longue expérience que l'on a dans ce domaine.
- b) Les bétons et mortiers bitumeux n'ont pas répondu à nos espoirs, les éprouvettes de ces matériaux ayant accusé une très mauvaise tenue à l'abrasion. Nous nous garderons toutefois de tirer des conclusions de ces essais trop limités (quatre éprouvettes).

Il semble que des essais systématiques sur de nombreuses éprouvettes de composition plus étudiée permettraient de définir un béton bitumeux de meilleure tenue. Ce matériau, dont le prix est avantageux, présente des facilités de mise en œuvre et de réparation qui ne permettent pas de l'éliminer sans autre.

- c) Les chapes minces avec agrégats durs, dont la résistance a été pour certaines supérieures à celle des matériaux traditionnels, sont en général assez coûteuses, et leur mise en œuvre pose des problèmes délicats. L'emploi de ces chapes ne peut être envisagé qu'avec prudence et après une étude approfondie de leurs qualités. Il semble que ce matériau devrait être réservé de préférence aux protections localisées soumises à des abrasions intenses.
- d) Le béton de ciment normal a montré une excellente tenue, qui peut d'ailleurs être améliorée par une étude plus approfondie de ses composants. Ce matériau économique paraît indiqué pour le revêtement de grandes surfaces. Sa réparation pose cependant certains problèmes. Le remplacement du ciment normal par des ciments spéciaux augmente, dans certains cas, la résistance des bétons à l'abrasion, mais le prix de revient plus élevé limite certaines de leurs applications pratiques.
- e) Le béton de résine synthétique montre une résistance à l'abrasion assez élevée, mais le coût et les difficultés de mise en œuvre d'un tel revêtement excluent encore, pour le moment, son emploi pratique.

## V. Conclusions

D'une manière générale, il semble que les meilleures résistances à l'abrasion soient obtenues par des matériaux très élastiques et ayant une résistance à la traction élevée. Cette constatation est logique, car la résistance aux chocs d'un matériau est déterminée par l'aptitude de celui-ci à transformer, sans rupture, l'énergie de choc en énergie de déformation. Pour répondre à cette condition, le matériau devra avoir une grande déformation spécifique avant la rupture. Le meilleur exemple peut être donné par le caoutchouc, dont l'excellente résistance à l'abrasion est bien connue.

Ces premiers résultats d'essais effectués sur un nombre limité d'éprouvettes doivent, bien entendu, être interprétés avec quelques réserves. Cependant, ils ont déjà permis des observations intéressantes, concernant le phénomène de l'usure par abrasion. Ils ont surtout démontré que la résistance des matériaux à cette sollicitation était souvent mal connue et que des études expérimentales systématiques, portant sur chaque type de matériau, avec un seul paramètre variable par série d'essais, seraient nécessaires pour élaborer une théorie valable sur la résistance à l'abrasion par charriage de fond. Nous espérons entreprendre prochainement une première série d'études de ce genre.