

**Zeitschrift:** IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte  
**Band:** 57/1/57/2 (1989)  
  
**Artikel:** Etanchéité d'un simulateur de souffle à grand gabarit  
**Autor:** Chabert, A. / Tassone, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-44249>

### **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:** 21.02.2026

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

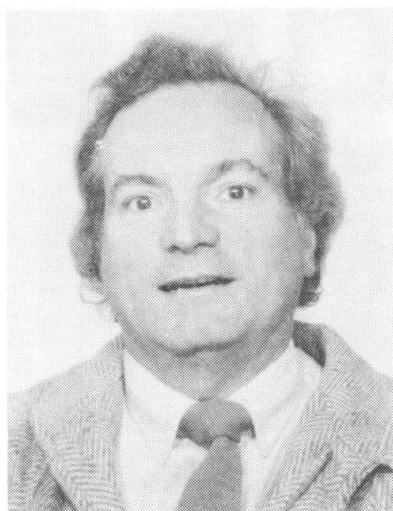
## Etanchéité d'un simulateur de souffle à grand gabarit

Abdichtung eines Windkanals grossen Querschnitts

Watertightness of a Large Wind Tunnel

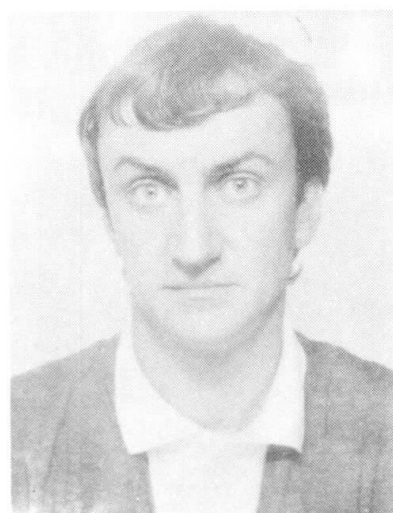
### A. CHABERT

Ingénieur  
LCPC  
Paris, France



### M. TASSONE

Ingénieur  
LRPC  
Toulouse, France



## RÉSUMÉ

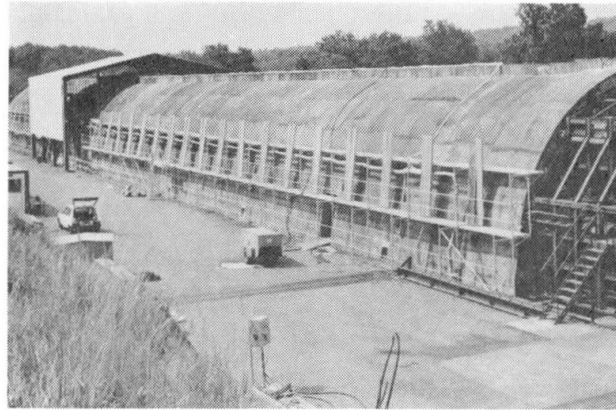
Un simulateur de souffle à grand gabarit (veine tubulaire de 105 m de long et 12 m de diamètre, en béton précontraint) présente des problèmes liés à l'absence d'étanchéité sur l'extrados de la structure. La protection de la précontrainte nécessite une imperméabilisation de la veine après traitement spécifique des joints entre les 14 éléments constitutifs. En raison de la configuration géométrique assez complexe et du délai très court imposé, le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées propose la réalisation d'une étanchéité par pulvérisation d'élastomère de polyuréthane haute qualité.

## ZUSAMMENFASSUNG

In einem Windkanal grossen Querschnitts (Rohrlänge 105 m, Durchmesser 12 m, aus vorgespanntem Beton) zeigen sich Probleme mit der Wasserdichtigkeit. Zur Erreichung der erforderlichen Dichtigkeit ist eine Imprägnierung sowie eine spezielle Abdichtung der Fugen zwischen den 14 Bauwerksteilen erforderlich. Aufgrund der komplizierten Geometrie und kurzen Bauzeit schlägt das Zentrallabor des Strassenbauamtes eine Abdichtung mit einem pulverförmigen Polyurethane-Elastomer vor.

## SUMMARY

A large wind tunnel (size: length 105 m, diameter 12 m) constructed of prestressed concrete, is giving problems with respect to watertightness. To achieve the required watertightness it is necessary to apply grouting as well as a special sealing of the joints between the 14 structural elements. Due to the complicated geometry and the tight time schedule imposed for the remedial work, the Central Laboratory for Bridges and Highways has proposed sealing the structure with a polyurethane elastomer in powder form.



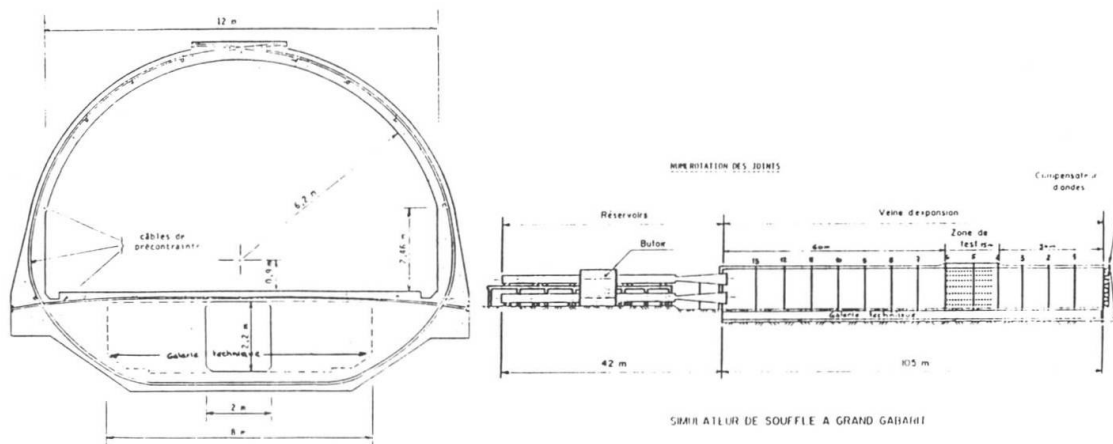
## 1. GENERALITES

Le simulateur de souffle à grand gabarit est une veine en béton précontraint destinée à reproduire les effets mécaniques d'une explosion nucléaire : effets d'une onde de choc et de souffle provoquant des surpressions maximum de 1,4 bar pour un déplacement d'air estimé à 800 km/h.

La veine est formée par 14 éléments semi-circulaires précontraints transversalement par des câbles FU 4-600 de SEEE.

Un hourdis intermédiaire également précontraint transversalement sert de plancher à l'intérieur de la veine dégageant sous sa face inférieure une galerie technique destinée au stockage du matériel.

La longueur de l'ouvrage est de 105 m et sa largeur intérieure au niveau du plancher est de 12 mètres.



Afin de simuler une veine infinie, l'extrémité opposée au système générateur du souffle est équipée d'un compensateur d'ondes muni de volets réglables.

Celui-ci devant résister au souffle généré est "arrimé" à des tenons solidaires de câbles longitudinaux précontraints traversant la veine (36 câbles FU 4-600 de SEEE).

Ceux-ci sont tendus de manière à ce que l'effort de poussée exercé par le souffle sur le compensateur soit repris par l'effort de tension antagoniste des 36 câbles longitudinaux.

Un coefficient théorique de sécurité de 0.5 est retenu pour tenir compte d'éventuelles pertes de tension par frottement et fluage.

L'ensemble des câbles longitudinaux est injecté à la graisse CONDAT TRACTA 1391 pour que l'effort de tension -dû au souffle- mobilise la totalité du câble.

## 2. DESORDRES CONSTATES

### 2.1 Joints

La mauvaise liaison entre les différents éléments de la structure a entraîné

- des épaufrures aux zones en contact (phénomènes thermiques)
- des infiltrations d'eau importantes percolant à l'intérieur
- un délavage de la graisse ressortant des manchonnages de gaines avec pour conséquence l'entraînement du produit et la souillure des parements

Sur ce dernier point, une étude approfondie a permis de constater que la graisse présentait un ressuage important (séparation d'huile dans des conditions déterminées). Sous l'influence de pressions internes le fluide lubrifiant peut migrer progressivement à l'intérieur du réseau et se séparer avec formation de poches d'huile. Ce phénomène est d'autant plus accentué que les interstices entre fibres sont grands et que la viscosité du fluide est faible.

L'incidence sur la protection des aciers est très grande car c'est la phase huile qui contient les agents nobles de la graisse que sont les additifs anti-corrosion.

Les ouvertures réalisées sur 4 gaines n'ont cependant pas permis de mettre en évidence un défaut de remplissage global mais il est certain que les surpressions dans les gaines ont entraîné la dissipation de l'huile et non du savon ce qui est préjudiciable à la pérennité des aciers.

### 2.2 Absence d'étanchéité

L'absence d'étanchéité superficielle sur la veine en béton a eu pour conséquence une érosion de celui-ci par l'eau de pluie. Cette eau, en s'infiltrant au travers de la structure attaque la chaux du béton (ciment) et produit les coulures de calcite constatées sur les parements au niveau des fissures.

Si cet aspect d'érosion n'est pas, en lui-même dramatique, bien que l'effet de la carbonatation puisse entraîner une oxydation des armatures superficielles et des éclats de béton, l'action de l'eau qui s'infiltre au niveau des cachetages de la précontrainte transversale (câbles anneaux) peut-être préjudiciable dans l'hypothèse où celle-ci pourrait pénétrer à l'intérieur des gaines et corroder les armatures de précontrainte.

## 3. PROPOSITIONS DE REPARATION

Afin de remédier aux désordres engendrés par les circulations d'eau et aux éventuels risques que celles-ci font courir à la précontrainte (transversale essentiellement) il a été décidé de procéder à l'étanchement extérieur de la veine après préparation spécifique notamment au niveau des joints entre les éléments qui la composent.

Les caractères spécifiques imposés à cette étanchéité sont les suivants :

- Surface à couvrir : 2300 m<sup>2</sup> en 10 jours
- Mise en oeuvre sur support présentant des surfaces
  - . hétérogènes (aspérités - arêtes vives)
  - . horizontales inclinées ou verticales
  - . comportant de nombreux éléments métalliques en saillie
- Résistance aux ultra-violets et infra-rouge et aux intempéries (chape non recouverte)
- Insensibilité aux tensions de vapeur c'est à dire bon coefficient de diffusion (effets de la vapeur d'eau de surface et des surpressions dues aux tirs)
- Bonne résistance à l'allongement au niveau des joints (dilatation thermique) pour des températures comprises entre -30°C et +50°C
- Très bonne adhérence sur béton et acier

Compte tenu des impératifs fixés, tant du point de vue "technique" que du point de vue "délai" (rappelons que la surface à couvrir est un 1/2 cylindre de révolution d'axe horizontal présentant un nombre important de pièces métalliques en saillie, d'arêtes vives etc...) les solutions classiques d'étanchéité ne pouvaient pas donner satisfaction que ce soient les chapes minces (feuilles) ou épaisses (asphalte).



C'est ainsi que la recherche d'une solution nouvelle a été entamée. Et c'est sur proposition du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées qui venait de terminer un chantier expérimental d'étanchéité sur ouvrage d'art à base de polyuréthane, que le Laboratoire Régional de Toulouse a envisagé de proposer cette solution aux responsables du Centre d'Etudes de Gramat.

La majorité des impératifs qui avaient été fixés, était théoriquement satisfaite par l'application d'un revêtement de la gamme BAYTEC de la Société BAYER : le BAYTEC 310-309 qui est un élastomère de polyuréthane de haute qualité à deux composants constitués de polyétherpolyols et de diisocyanate - diphénylméthane.

L'application du produit a été confiée à l'entreprise SERP de ST Georges de Reneins (Rhône). Celle-ci s'effectue par pulvérisation au cours de laquelle se fait le mélange des deux composants.

Celui-ci est contrôlé et corrigé en permanence grâce à un ordinateur qui intègre en temps réel les paramètres essentiels comme la température, les rapports de débit des différents composants, etc...

Le produit prend en moins de 30 s une consistance cireuse puis élastique au bout de 20 mn. Il faut cependant attendre 3 jours pour obtenir l'optimum des propriétés mécaniques ou chimiques.

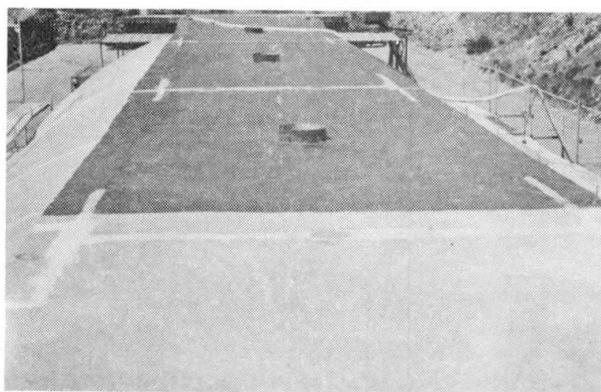


Photo n°1

Préalablement à l'application du BAYTEC 310-309 une couche de fond, destinée à fixer la poussière et améliorer l'adhérence du polyuréthane est mise en oeuvre : SOLYPRIM B de SOLYCA, qui est un système polyuréthane compatible monocomposant durcissant par réaction avec l'humidité de l'air. Cette couche de fond doit être recouverte dans un délai compris entre 8h et 24h.

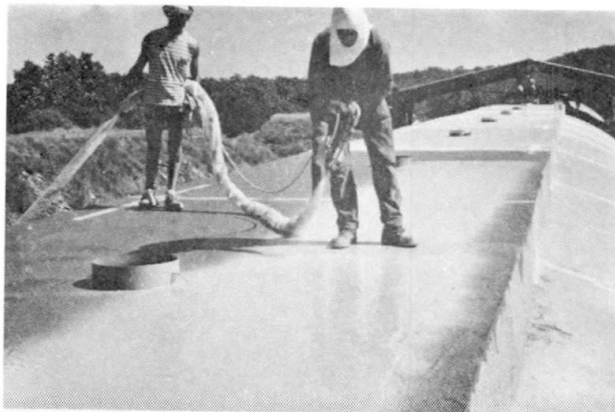
#### 4. TRAVAUX DE REPARATION

##### 4.1 Préparation

Nous n'insisterons pas sur les préparations classiques de ce type de travaux à savoir le sablage du béton, les reprises d'épaufrures, la protection des aciers apparents, etc...

Plus spécifique par contre était la préparation des joints. Il a été décidé de les injecter avec une résine époxydique souple (J24 de SRS) après nettoyage des traces d'huile et calfatage intérieur et extérieur. Ainsi, une bonne continuité d'ensemble a été redonnée à la structure sans avoir à craindre au niveau des joints de problèmes dus aux phénomènes thermiques.

##### 4.2 Application du BAYTEC Photo n°2



Lorsque les préparations ont été réalisées sur une zone assez grande, l'application du primaire Solyprim B et du BAYTEC ont pu commencer. Le délai d'intervention entre les 2 produits a été en moyenne de 16 h (application du primaire la veille), le BAYTEC nécessite une application sur 2 couches (2 passages espacés d'environ 20 à 30 s) d'épaisseur unitaire 2 mm.

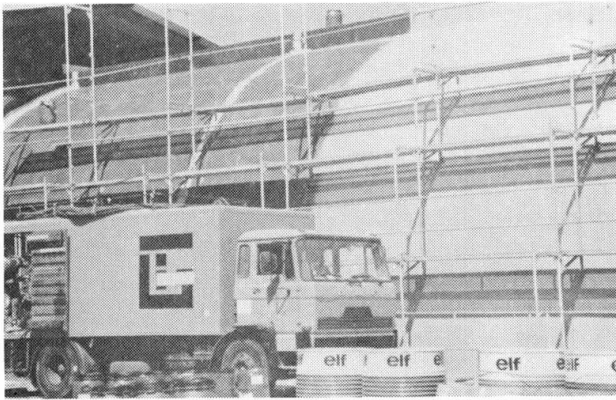


Photo n°3

et saisies par un micro- ordinateur qui gère ainsi en fonction de ces paramètres le dosage de chaque composant.

Cette haute sophistication du matériel est imposée par la technicité de l'opération. En effet, une modification "hors tolérance" de la composition du mélange peut entraîner un changement complet de la texture et de la structure du produit pulvérisé avec perte de ses qualités. Néanmoins, l'expérience d'une anomalie de fabrication -statistiquement prévisible sur un chantier important- a permis de constater la facilité de réparation pour revenir à un niveau de service encore très supérieur à celui obtenu avec d'autres types d'étanchéité.

L'anomalie constatée, s'est présentée sous la forme d'un bullage apparaissant en surface et ne concernant que la deuxième couche. La surface incriminée située au sommet de la veine était de l'ordre de 50 m<sup>2</sup>. La cause de bullage ou cloquage (qui enlevait totalement l'adhérence entre les 2 couches) a été trouvée dans un dérèglement de la composition du BAYTEC suite à une partielle obturation du conduit d'un des 2 composants. L'ordinateur, équipé d'un système d'alarme en cas de dérèglement n'a pas réagi car le système de mesure utilisé au début du chantier ne donnait pas accès au débit mais à la vitesse seulement qui, elle, n'avait pas varié (des modifications ont été par la suite apportées).

Ainsi, en présence d'une zone défectueuse, il a fallu prendre les dispositions nécessaires pour redonner un bon niveau de service à celle-ci.

-L'enlèvement de la couche défectueuse a pu être réalisé parfaitement là où apparaissaient les cloques mais très partiellement là où aucune cloque n'était visible avec cependant suspicion de défaillance du BAYTEC. Dans tous les cas, la 1ère couche n'a pu être enlevée tellement l'adhérence au béton s'est avérée élevée.

-L'application, du primaire Solyprim B s'est donc faite sur une surface réparée parfaitement saine.

-L'application définitive du BAYTEC, qui constituait la dernière phase de la réparation n'a posé aucun problème et les essais d'adhérence qui ont été effectués "in fine" sur la zone défectueuse ont donné une résistance moyenne à l'arrachement à 6 jours d'âge de 1.2 MPa ; la valeur la plus faible (0.9 MPa très ponctuellement) a été constatée lorsque la rupture a eu lieu -comme cela était suspecté lors de l'analyse des anomalies- entre 1ère et 2ème couche de la 1ère projection. Jamais une rupture ne s'est opérée entre la 1ère et la 2ème projection ce qui prouve l'adhérence parfaite que l'on obtient lors d'une superposition.

La totalité de cette zone a ainsi été parfaitement réparée et il est raisonnable de penser qu'aucun problème particulier ne l'affectera dans l'avenir. Pour s'en persuader et à titre de comparaison, l'adhérence des chapes traditionnelles sur le béton doit être de 0.4 MPa d'après le STER 81 qui est la recommandation française en vigueur.

Le matériel très sophistiqué utilisé pour la préparation du mélange et son dosage vers la pulvérisation est entièrement embarqué dans un camion autonome- photo ci-contre- Ce matériel est composé de pompes équipées de débit-mètres plongées dans les conteneurs de chaque produit. Chaque pompe est reliée au pistolet projecteur par des flexibles. La température des produits, la température extérieure, l'hygrométrie ambiante et du support sont en permanence mesurées





#### 4.3 Justification de la qualité de l'étanchéité

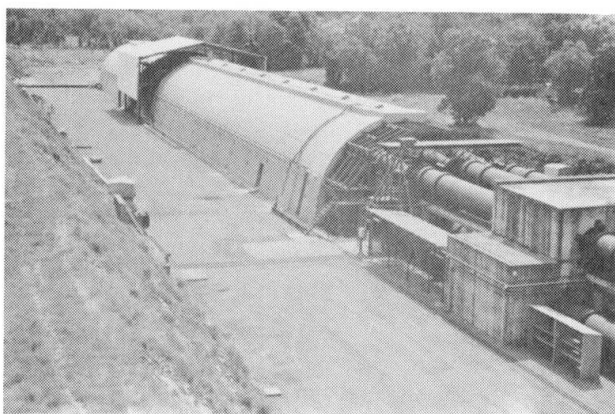
Dans toute réparation d'ouvrage, l'objectif à atteindre est que le mal dont souffre l'ouvrage soit éliminé par suppression de ses causes. Réparer sans avoir ce souci en tête n'est que leurre. Dans le cas présent, la réussite de la remise en état de l'ouvrage passait par la certitude d'obtenir un revêtement parfaitement étanche -y compris aux nombreuses parties métalliques en saillie- sur une structure à laquelle on aurait redonné une continuité (traitement des joints). Malgré les pannes insidieuses, qui ont entraîné la réparation d'une zone, la qualité du revêtement d'étanchéité appliqué sur l'ouvrage est remarquable. Il n'en faut pour preuve que :

-l'adhérence exceptionnelle du produit sur le béton (supérieure à 1.5 MPa) et surtout sur l'acier (parties métalliques en saillie) qui garantit l'impossibilité à une goutte d'eau de s'infiltrer à l'arrière de ces remontées et de pénétrer sous la chape.

-la résistance à l'allongement (traction simple) mesurée sur les éprouvettes confectionnées sur le chantier (essais Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'AIX EN PROVENCE).

TEMPERATURE	ALLONGEMENT A RUPTURE	CONTRAINTE RUPTURE
20°C	290 %	5.6 MPa
- 10°C	> 62 % *	> 3.1 MPa *
50°C	> 70 % *	> 2.6 MPa *

\* La capacité des enceintes climatiques à - 10°C et 50°C pour l'allongement, ne permettaient pas d'aller au-delà de ces valeurs, mais il est probable que les valeurs à rupture à - 10°C et 50°C auraient été voisines de celles à 20°C



Quant à la tenue dans le temps de ce type de produit, l'expérience acquise par BAYER sur des ouvrages similaires avec les mêmes conditions d'exploitation, ainsi que les essais de vieillissement accéléré effectués en laboratoire permettent de penser que la pérennité de la réparation sera excellente.

Photo n°4

#### 5. CONCLUSION

En conclusion, s'il est clair que la qualité du revêtement d'étanchéité est largement due aux caractéristiques peu communes du BAYTEC, il est néanmoins très important de rappeler, qu'en tant que Technique de pointe, ce type d'application nécessite un équipement très sophistiqué aussi bien en ce qui concerne l'appareillage de projection, que le système de gestion informatique en temps réel du mélange des produits en fonction des paramètres critiques hygrométrie et température.

L'amélioration des performances et de la fiabilité du matériel, qui est par ailleurs le souci permanent des entreprises qui emploient ces techniques de pointe, concourra à éliminer ce que nous appelons le risque statistique d'occurrence d'anomalie et par conséquent à faire de cette technique, un outil remarquable pour résoudre les problèmes d'étanchéité des ouvrages de génie civil et des ouvrages d'art en particulier.