



# STM

## SYSTÈMES DE MEMBRANES SIKAPLAN<sup>®</sup> POUR TUNNELS

TECHNOLOGIE & CONCEPTS

**BUILDING TRUST  
CONSTRUIRE LA CONFIANCE**



# SYSTÈMES DE MEMBRANES Sikaplan® – POUR TOUS LES TYPES DE TUNNELS

**LES CONSTRUCTIONS DE TUNNELS**, exposées aux contraintes statiques et dynamiques, ainsi qu'aux influences hydrauliques agressives de l'eau, sont conçues pour durer des décennies, voire des siècles. Cela implique un système fiable faisant appel à des membranes d'étanchéité en feuilles afin de protéger la construction du tunnel contre la pénétration de l'eau et la structure en béton contre les influences nuisibles des eaux souterraines agressives.

Les solutions Sikaplan® permettent une installation dans les tunnels et les puits de mines, ou sur la face externe des tunnels en tranchée couverte. Cette polyvalence implique également l'installation de transitions compatibles entre les différentes zones d'application et les éléments de la construction. La flexibilité de la membrane permet d'imperméabiliser les ouvrages sous la nappe d'eau souterraine même après l'apparition de fissures structurales résultant de mouvements séismiques ou du tassement. Selon les exigences, il est également possible de définir des systèmes avec option de drainage ou sous pression.

Pour garantir la qualité sur toute la durée du cycle de vie, les membranes en feuilles Sikaplan® sont soumises à un contrôle continu de la qualité, et homologuées conformément aux normes en vigueur les plus rigoureuses. Plus de 50 ans d'expérience avec les membranes Sikaplan® et un système de contrôle et de réparation intégré offrent aux propriétaires, aux rédacteurs de devis et à l'entreprise responsable de la mise en œuvre une confiance dans cette technologie d'étanchéité. L'étanchéité des tunnels avec les membranes en feuilles Sikaplan® se traduit par une mise en œuvre rapide, même dans des conditions d'humidité sur le chantier, quelle que soit la qualité du substrat..

## APPLICATION TYPIQUE

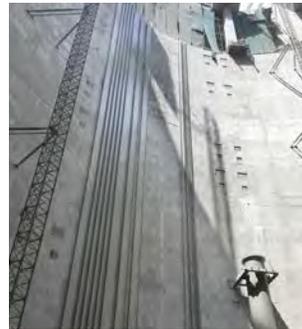
### TUNNELS ET PUIITS DE MINES



TUNNELS ROUTIERS



TUNNELS FERROVIAIRE



GALERIES SOUS PRESSION



PUIITS

### TUNNELS EN TRANCHÉE COUVERTE



TUNNELS ROUTIERS



PARE-AVALANCHES/-BLOCS

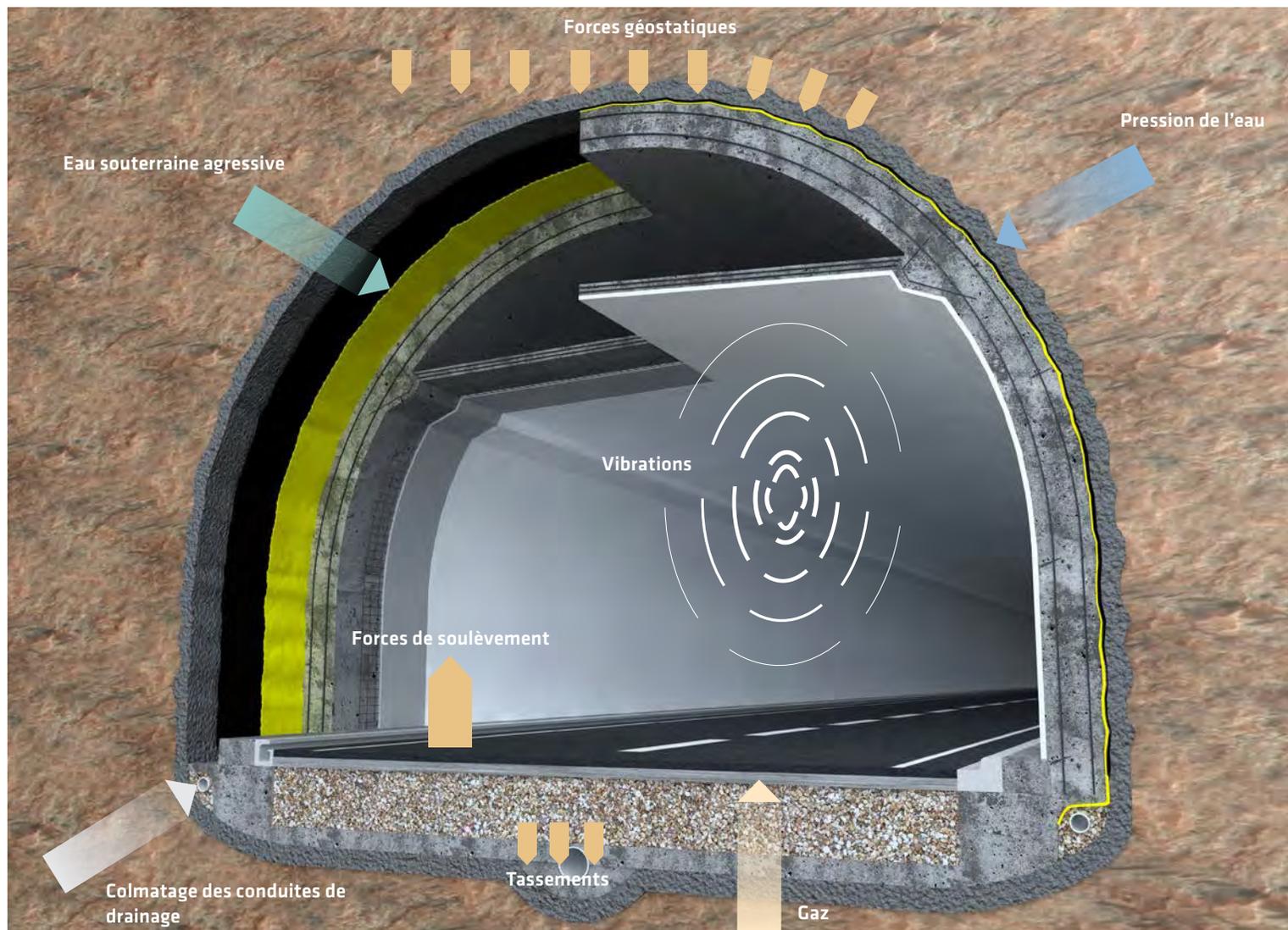


TUNNELS FERROVIAIRES



STATIONS DE MÉTRO

# INFLUENCES SUR LES STRUCTURES DE TUNNELS



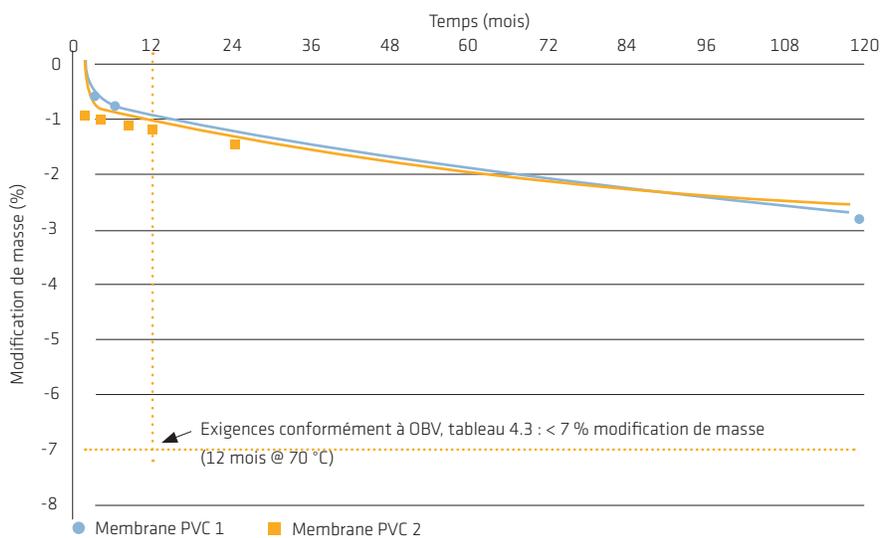
## IMPACT DE L'EXPOSITION SUR LES OUVRAGES SOUTERRAINS

Les types d'exposition suivants peuvent nuire à l'usage, l'imperméabilité et la durabilité de la structure d'un tunnel, entraînant une durée de vie réduite pour tout l'ouvrage.

Exposition	Impact sur la structure
Pénétration de l'eau	→ Dommages subis par la structure, le câblage et les installations électriques Corrosion de l'armature en acier
Produits chimiques agressifs	→ Dommages au béton (du fait de l'exposition aux sulfates), corrosion de l'armature en acier (du fait de l'exposition au chlorure)
Forces statiques irrégulières	→ Fissuration structurale
Forces dynamiques	→ Fissuration structurale
Variations des températures	→ Condensation, effritement ou fissuration du béton
Pénétration des gaz	→ Pénétration des gaz et exposition pour les usagers
Exposition aux mycoses et aux bactéries	→ Dommages au système d'étanchéité, aux finitions ou au contenu

# DURABILITÉ DES MEMBRANES EN FEUILLES

**DES SIMULATIONS EN LABORATOIRE** sont nécessaires pour prédire la durée de vie résiduelle d'une membrane d'étanchéité spécifique. Le processus de dégradation sera simulé à diverses températures et périodes d'exposition en laboratoire. À l'issue de ces tests, les caractéristiques physiques comme la résistance à la traction et à l'allongement seront mesurées et comparées à la performance initiale. La fin de la durée de vie est définie dans le changement relatif des caractéristiques mécaniques.



Le comportement après entreposage dans de l'eau chaude des deux échantillons de membranes PVC : toujours conforme aux exigences conformément à OBV 4.7.



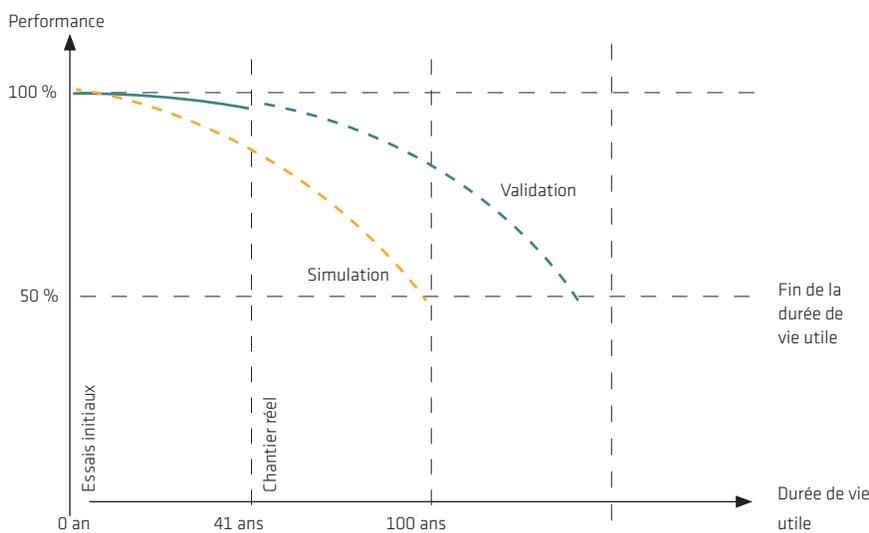
Détermination de la résistance à l'allongement et à la traction de la membrane Sikaplan® PVC après entreposage dans de l'eau chaude.

Les essais de durabilité les plus extensifs sont décrits dans la directive d'étanchéité de tunnel autrichienne (OBV). Cette directive décrit plusieurs méthodes d'essai pour les deux technologies – membranes PVC-P et TPO – qu'il faut satisfaire afin d'obtenir une durée de vie utile dépassant 100 ans. Le tableau ci-après indique les méthodes d'essai les plus importantes.

Comportement après entreposage dans de l'eau chaude (=Lixiviation) <b>360 jours à 70 °C</b>	EN 14415	Réduction de la résistance à la traction et à l'allongement : ≤ 25 % Modification de masse : ≤ 7 % Réduction de la charge d'impact (hauteur de chute) : ≤ 40 %
Comportement après entreposage dans de la chaux saturée <b>360 jours à 50 °C</b>	EN 14415	Réduction de la résistance à la traction et à l'allongement : ≤ 25 % Modification de masse : ≤ 7 % Réduction de la charge d'impact (hauteur de chute) : ≤ 40 %
Comportement après entreposage dans de l'acide sulfureux 5 à 6 % <b>120 jours à 23 °C</b>	EN 1847	Réduction de la résistance à la traction et à l'allongement : ≤ 25 % Modification de masse : ≤ 4 % Réduction de la charge d'impact (hauteur de chute) : ≤ 30 %
Comportement après entreposage dans de l'acide sulfurique 0,5 % <b>360 jours à 50 °C</b>	EN 1847	Réduction de la résistance à la traction et à l'allongement : ≤ 25 % Modification de masse : ≤ 7 % Réduction de la charge d'impact (hauteur de chute) : ≤ 40 %

Directive autrichienne OBV « Richtlinie Tunnelabdichtung », Tableau 4.7

**UNE VALIDATION DANS DES CONDITIONS D'EXPLOITATION RÉELLES EST NÉCESSAIRE** pour vérifier et prouver les conclusions de la simulation en laboratoire et la durée de vie résiduelle prédite pour une membrane d'étanchéité particulière. Ceci peut se faire en recueillant des échantillons de membranes déjà installées exposées lors de travaux de maintenance qui permettent d'avoir accès aux membranes exposées. Ces échantillons seront testés à nouveau et comparés à certains échantillons retenus du même lot de production.



Comparaison des essais en laboratoire (simulation) avec des échantillons réels exposés installés il y a 41 ans (validation) prélevés dans le tunnel de Reussport (Suisse).



Échantillon de la membrane d'une niche creusée dans le tunnel de Reussport (Suisse).

Sika a eu l'opportunité d'analyser des membranes en feuilles exposées installées il y a 41 et 44 ans provenant de deux tunnels en Suisse construits en 1968 et 1970 respectivement. Les deux membranes possèdent encore des propriétés matérielles dépassant les exigences établies pour les nouvelles membranes. En s'appuyant sur les conclusions exceptionnelles des essais, on peut considérer que les membranes exposées sont en aussi bon état que si elles étaient neuves et qu'elles arriveront à atteindre une durée de vie de 100 ans.



Une niche creusée lors de travaux de maintenance a permis d'accéder à une membrane Sika exposée de 44 ans pour tester sa durabilité.



Étanchéité de la niche de tunnel creusée avec la membrane Sikaplan®, connectée directement à la membrane PVC existante.

# CRITÈRES DE SÉLECTION DE LA TECHNOLOGIE DES MEMBRANES Sikaplan®

**CONSIDÉRANT LA MISE EN ŒUVRE** de membranes d'étanchéité dans des tunnels, la longue expérience dans le domaine de l'étanchéité, le comportement pratique du soudage, les éléments économiques et les caractéristiques techniques de la vaste gamme des plastiques, deux technologies ont permis d'obtenir des résultats excellents en général : Le PVC plastifié avancé et le FPO (TPO) extrêmement flexible avec un module E1-2 < 55 N/mm<sup>2</sup>, ces deux matériaux facilitent le soudage thermique sans qu'il ait besoin de faire des joints d'extrusion.

Caractéristiques	PVC-P	FPO (TPO)
Durabilité	++	++
Facilité d'application	++	0
Propriétés de soudage	++	+
Résistance aux produits chimiques et thermique	+	++
Finitions et détails	++	+
Expérience à long terme	++	+
Flexibilité	++	+
Comportement au feu	+	0
Comportement à la fumée	0	+
Résistance à l'impact mécanique	+	+
Dilatation thermique	0	+

++ excellent / + bon / 0 acceptable



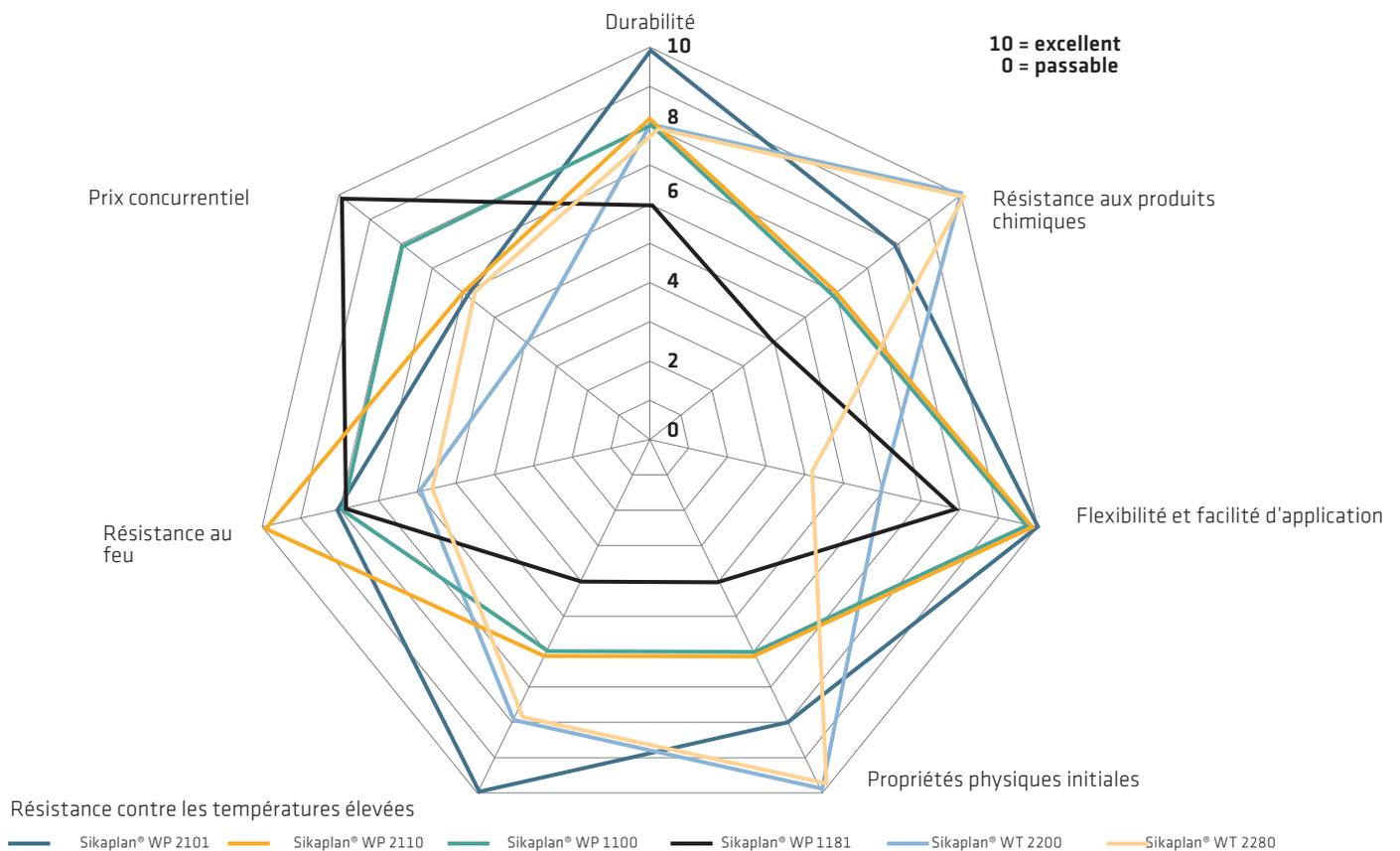
Sikaplan® WP 1100 (PVC-P)



Sikaplan® WT 2200 (FPO)

# SÉLECTION DES PRODUITS

**APERCU DES CARACTÉRISTIQUES DE PERFORMANCE** de différentes membranes Sikaplan®. Sikaplan® WP indique les produits sur une base de polychlorure de vinyle plastifié (PVC-P), les produits Sikaplan® WT sont sur la base de polyoléfines flexibles (FPO).



## CERTIFICAT D'UN LABORATOIRE D'ESSAIS INDÉPENDANT

	ÖBV 4.6	ÖBV 4.7	SIA	ZTV-ING	REACH
Sikaplan® WP 2101	✓	✓	✓	✓	✓
Sikaplan® WP 2110	-	-	✓	-	✓
Sikaplan® WP 1100	✓	-	✓	✓	✓
Sikaplan® WP 1181	-	-	-	-	✓
Sikaplan® WT 2200	✓	✓	✓	✓	✓
Sikaplan® WT 2280	-	-	-	✓	✓

# PRÉPARATION DU SUBSTRAT

**DANS LE DOMAINE** des tunnels et d'ouvrages souterrains, la flexibilité de la membrane d'étanchéité est un élément crucial pour éviter les défaillances lors de la mise en œuvre et après l'application du revêtement intérieur en béton sur le substrat en béton projeté irrégulier.

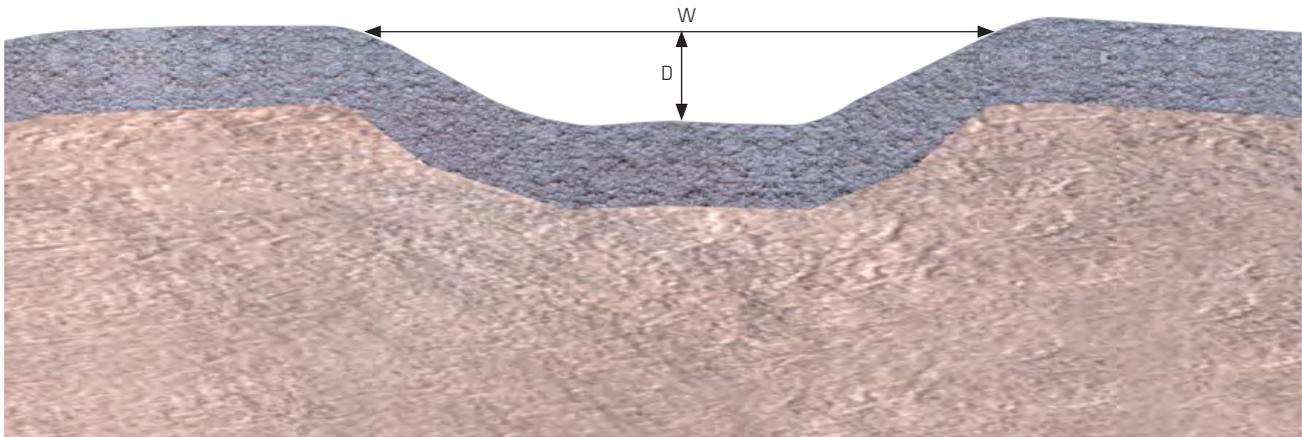
Les défaillances typiques de la mise en œuvre sont le résultat de la mauvaise qualité du soudage des membranes laquelle est reliée directement à la caractéristique technique principale des membranes : la flexibilité.

Les membranes très flexibles permettent non seulement d'éviter les difficultés de la soudure à la machine dans des conditions inconfortables comme dans les niches ou les sections transversales, mais elles réduisent également les défaillances potentielles de la soudure manuelle de réparations localisées ou la soudure de connexion d'arrêts d'eau sur les membranes. Si la soudure ne peut être exécuté avec soin, la continuité des feuilles d'étanchéité ne peut pas être assurée. Toute défaillance de la soudure du joint peut entraîner des fuites dans le tunnel avec le risque de conséquences fatales, notamment en présence de pression hydrostatique.

La flexibilité d'un matériau est décrite avec le module d'élasticité de la section E1-2 conformément à la norme EN ISO 527. Plus le module E est bas et plus la membrane est flexible ce qui rend la préparation du substrat moins importante et la mise en œuvre plus facile.

Comme la rigidité de la membrane affecte également la performance sur des substrats irréguliers, les valeurs maximales pour les irrégularités du substrat ont été définies en fonction de la technologie de la membrane.

Le rapport entre le diamètre maximum (W) et la profondeur (D) des irrégularités ne sera pas inférieur à 5:1 pour les membranes d'étanchéité en PVC-P et pas moins de 10:1 pour celles en TPO. Les feuilles en HDPE très rigides exigent un rapport de régularité du béton projeté bien plus rigoureux de W:D ≈ 15:1 ce qui se solde par un coût bien plus élevé pour la préparation du substrat.



## Exigences de flexibilité de membrane en relation avec la régularité du béton projeté

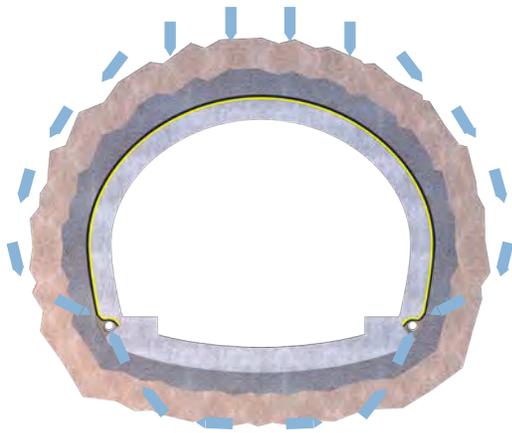
Type de matériau	PVC-P	FPO	LLDPE
Module d'élasticité de la section E1-2 conformément à la norme ISO 527	< 20 N/mm <sup>2</sup>	< 65 N/mm <sup>2</sup>	< 100 N/mm <sup>2</sup>
Régularité du béton projeté W:D	≈ 5:1	≈ 10:1	≈ 15:1

# COUCHE INTERMÉDIAIRE

**LES MEMBRANES D'ÉTANCHÉITÉ EN FEUILLES** doivent être correctement protégées. Selon le concept de l'étanchéité (drainage ou système de barrière), une couche intermédiaire appropriée, jouant un rôle d'armotissement, est conseillée..

## SYSTÈMES D'ÉTANCHÉITÉ ET COUCHE INTERMÉDIAIRE CONNEXE

### SYSTÈME DE DRAINAGE

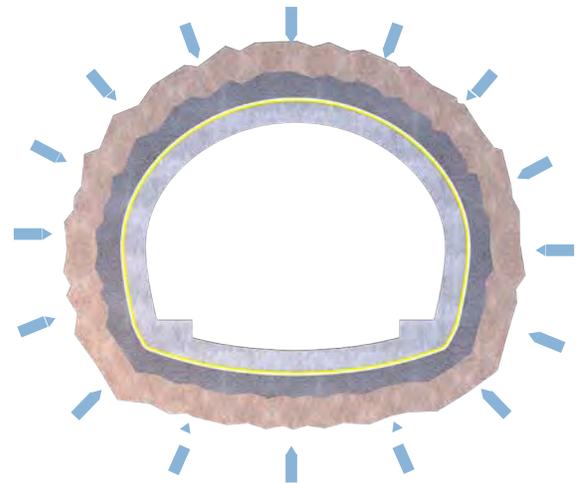


Couche intermédiaire : Sikaplan® W Tundrain / SikaDrain®

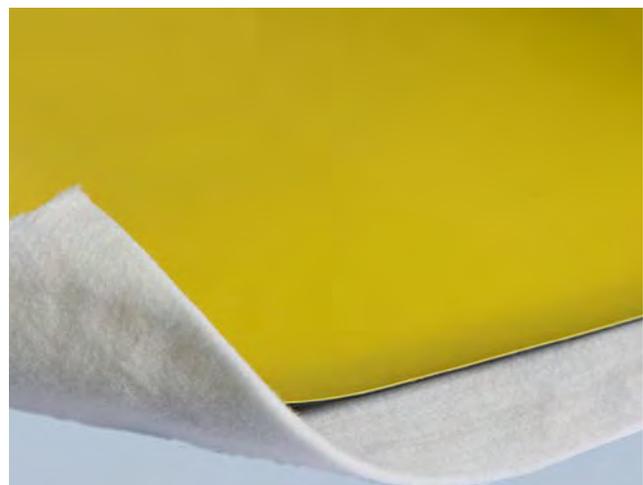


- Le Sikaplan®W Tundrain ou le SikaDrain® ont deux fonctions :
- Protéger la membrane contre la rugosité du revêtement en béton projeté dans les tunnels creusés et le remblayage dans le cas d'ouvrages en tranchée couverte
  - Agir comme une couche de drainage extrêmement efficace

### SYSTÈME DE BARRIÈRE

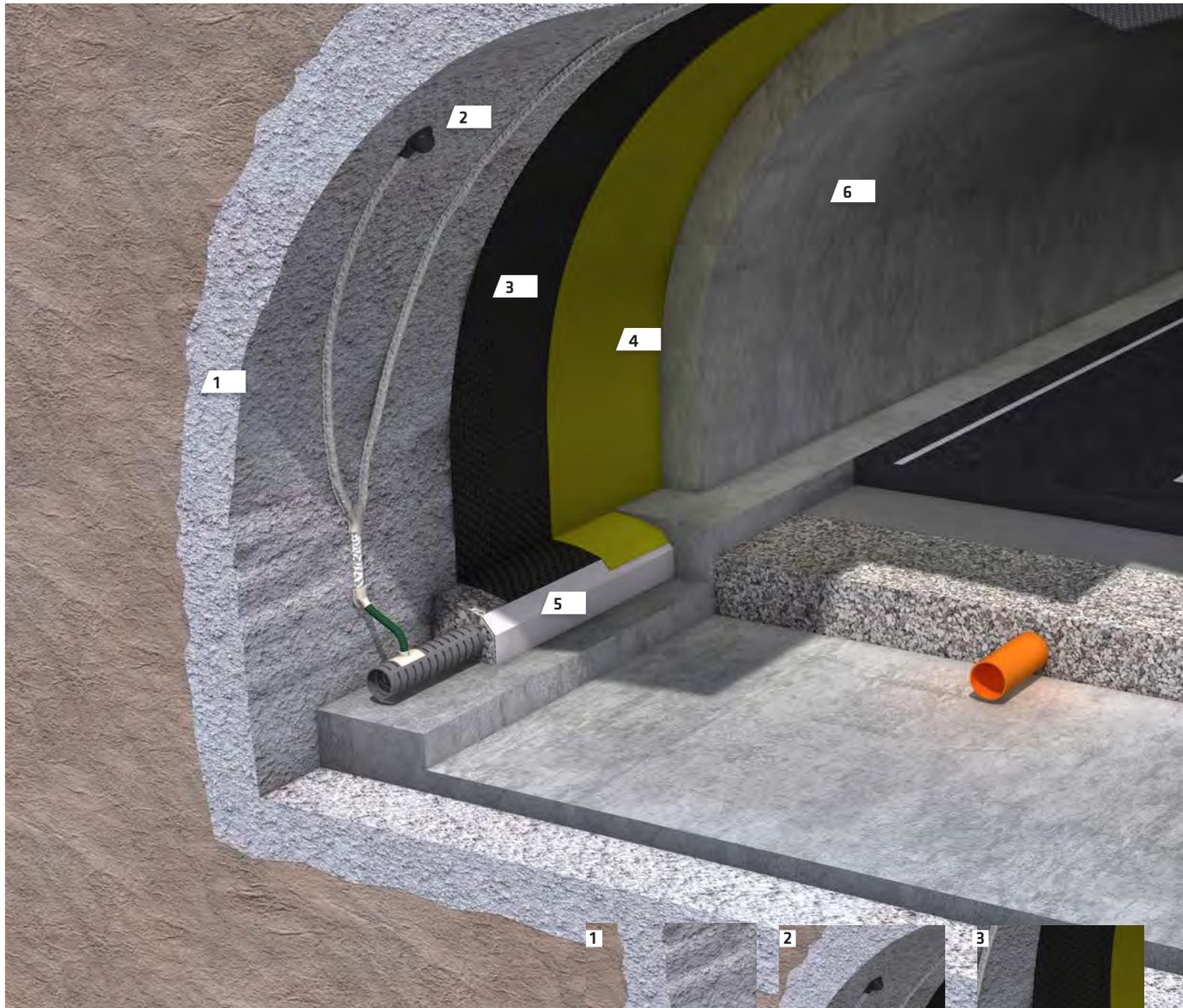


Couche intermédiaire : Feutre Sikaplan® W Felt

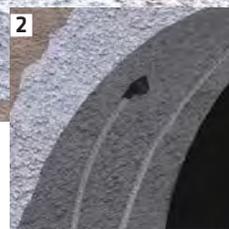


- Le géotextile en polypropylène Sikaplan®W Felt a une seule fonction :
- Protéger la membrane contre la rugosité du revêtement en béton projeté dans les tunnels creusés et le remblayage dans le cas d'ouvrages en tranchée couverte

# TUNNEL CREUSÉ - SYSTÈME DE DRAINAGE SIKAPLAN®



1  
Revêtement principal  
en béton projeté



2  
Système Sika®  
Flexodrain



3  
Sikaplan® W Tundrain  
Sika® Drain



**4**  
Sikaplan® WP/WT

**5**  
Angle de drainage  
Sikaplan® WP

**6**  
Revêtement secondaire  
en béton

## CRITÈRES DE SÉLECTION

### DRAINAGE - COUCHE UNIQUE - ÉTANCHÉITÉ PARTIELLE

#### PVC

Les membranes en feuilles Sikaplan® WP 1100 sont utilisées pour résister aux eaux drainées pouvant atteindre jusqu'à 35 °C de température et, pour les Sikaplan® WP 2101, jusqu'à 50 °C. L'épaisseur la plus adaptée des membranes en feuilles Sikaplan® WP est spécifiée avec 2 mm pour l'eau drainée.

Classement pour le système de drainage Membranes en feuilles Sikaplan® WP (PVC)	1	2	3	4	5
Résistance aux produits chimiques					
Résistance contre les températures élevées de l'eau souterraine					
Contrôlabilité et redondance du système					
Sécurité de l'étanchéité lors de la durée de vie utile					

(1 passable - 5 excellent)

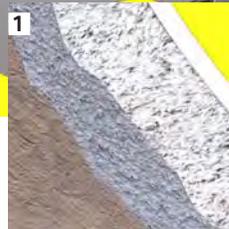
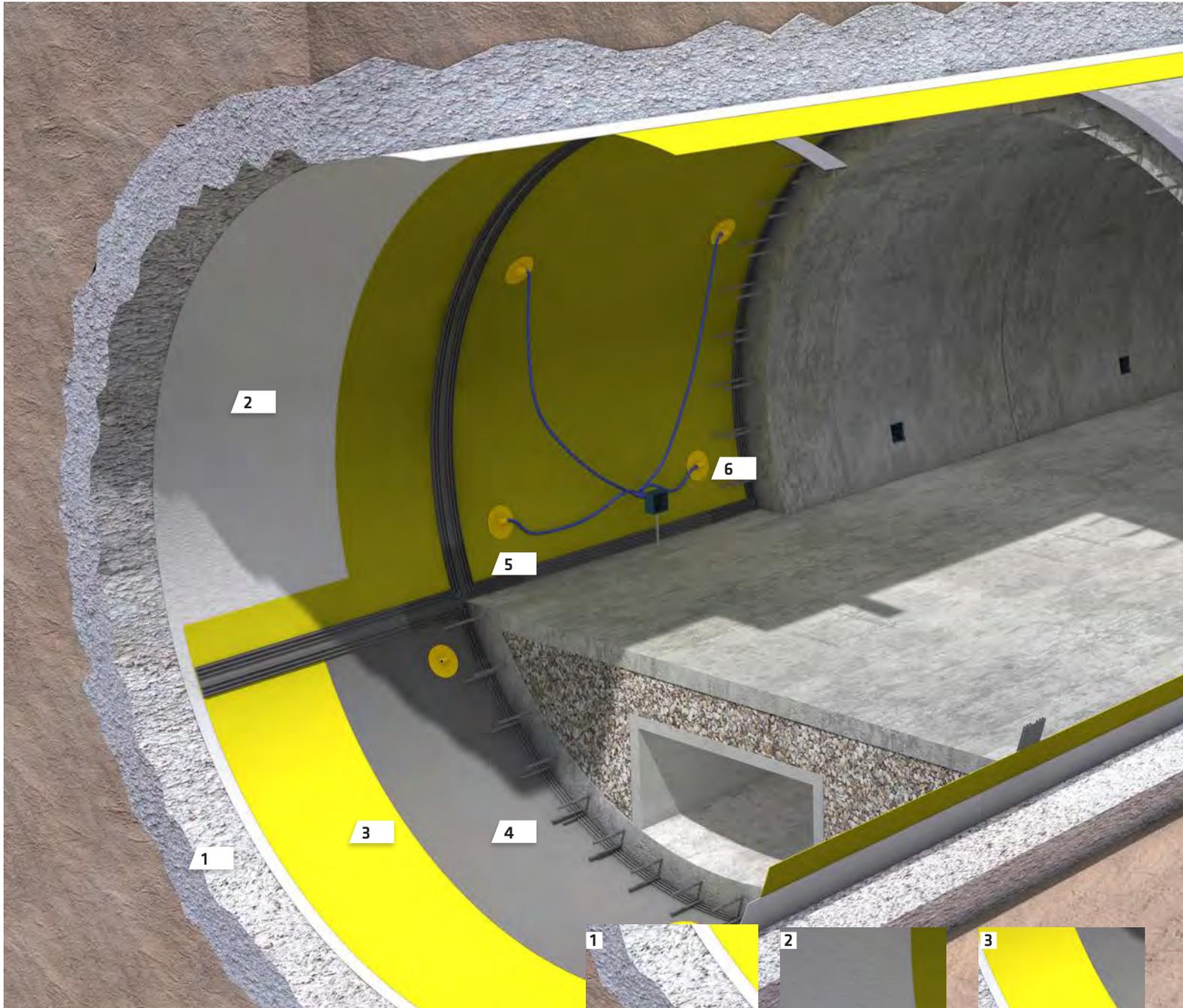
#### FPO (TPO)

Les membranes en feuilles Sikaplan® WT 2200 sont utilisées pour l'étanchéité contre l'eau souterraine claire et l'eau souterraine contenant des hydrocarbures à des températures allant jusqu'à 40 °C. L'épaisseur la plus adaptée des membranes en feuilles Sikaplan® WT est spécifiée avec 2 mm pour l'eau drainée.

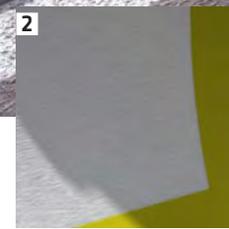
Classement pour le système de drainage Membranes en feuilles Sikaplan® WT (FPO)	1	2	3	4	5
Résistance aux produits chimiques					
Résistance contre les températures élevées de l'eau souterraine					
Contrôlabilité et redondance du système					
Sécurité de l'étanchéité lors de la durée de vie utile					

(1 passable - 5 excellent)

# TUNNEL CREUSÉ – SYSTÈME DE BARRIÈRE SIKAPLAN®



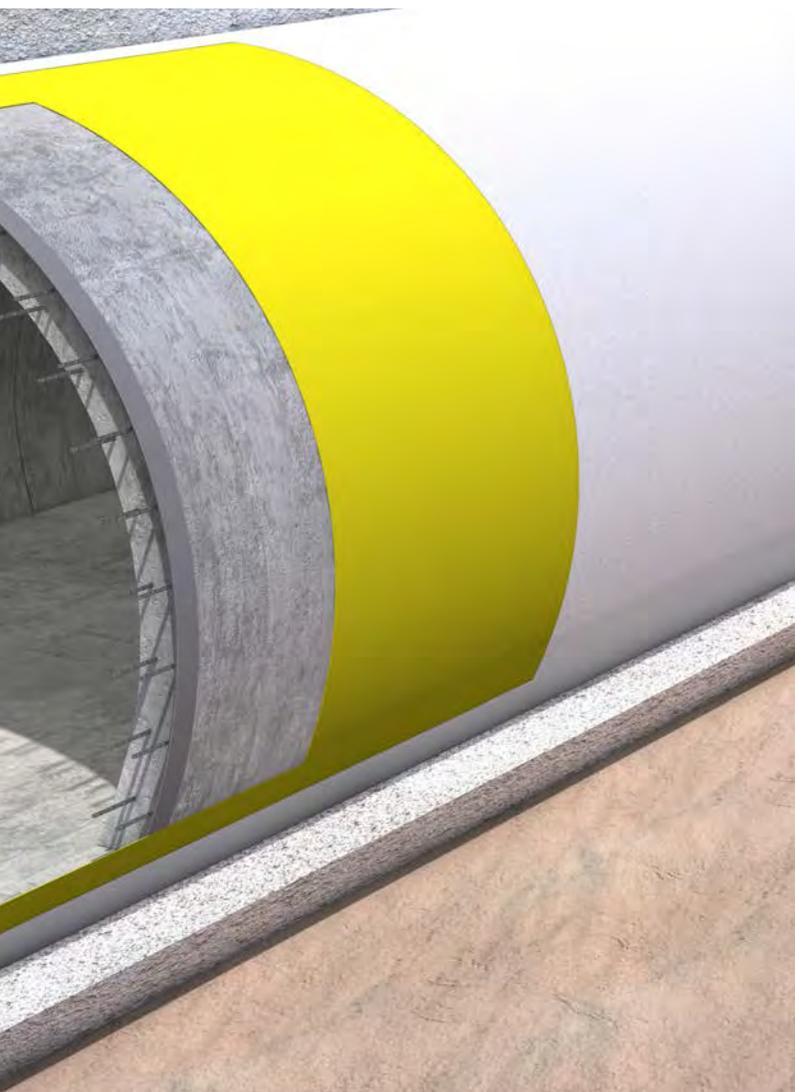
1  
Premier revêtement en  
béton projeté



2  
Feutre Sikaplan® W Felt



3  
Sikaplan® WP/WT



## CRITÈRES DE SÉLECTION

### SYSTÈME DE BARRIÈRE - COUCHE UNIQUE - ÉTANCHÉITÉ INTÉGRALE

#### PVC

Les membranes en feuilles Sikaplan® WP 1100 sont utilisées pour résister contre les eaux sous pression à des températures pouvant aller jusqu'à 35 °C, et les Sikaplan® WP 2101 jusqu'à 50 °C. L'épaisseur la plus adaptée des membranes en feuilles Sikaplan® WP est spécifiée avec 3 mm pour la pression hydrostatique

Classement pour le système de barrière Membranes en feuilles Sikaplan® WP (PVC)	1	2	3	4	5
Résistance aux produits chimiques					
Résistance contre les températures élevées de l'eau souterraine					
Contrôlabilité et redondance du système					
Sécurité de l'étanchéité lors de la durée de vie utile					

(1 passable - 5 excellent)

#### FPO

Les membranes en feuilles Sikaplan® WT 2200 sont utilisées pour l'étanchéité contre l'eau souterraine claire et l'eau souterraine contenant des hydrocarbures à des températures allant jusqu'à 40 °C. L'épaisseur la plus adaptée des membranes en feuilles Sikaplan® WT est spécifiée avec 3 mm pour la pression hydrostatique.

Classement pour le système de barrière Membranes en feuilles Sikaplan® WT (FPO)	1	2	3	4	5
Résistance aux produits chimiques					
Résistance contre les températures élevées de l'eau souterraine					
Contrôlabilité et redondance du système					
Sécurité de l'étanchéité lors de la durée de vie utile					

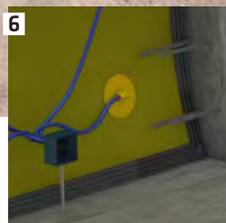
(1 passable - 5 excellent)



**4**  
Feuille de protection  
Sikaplan® WP/WT

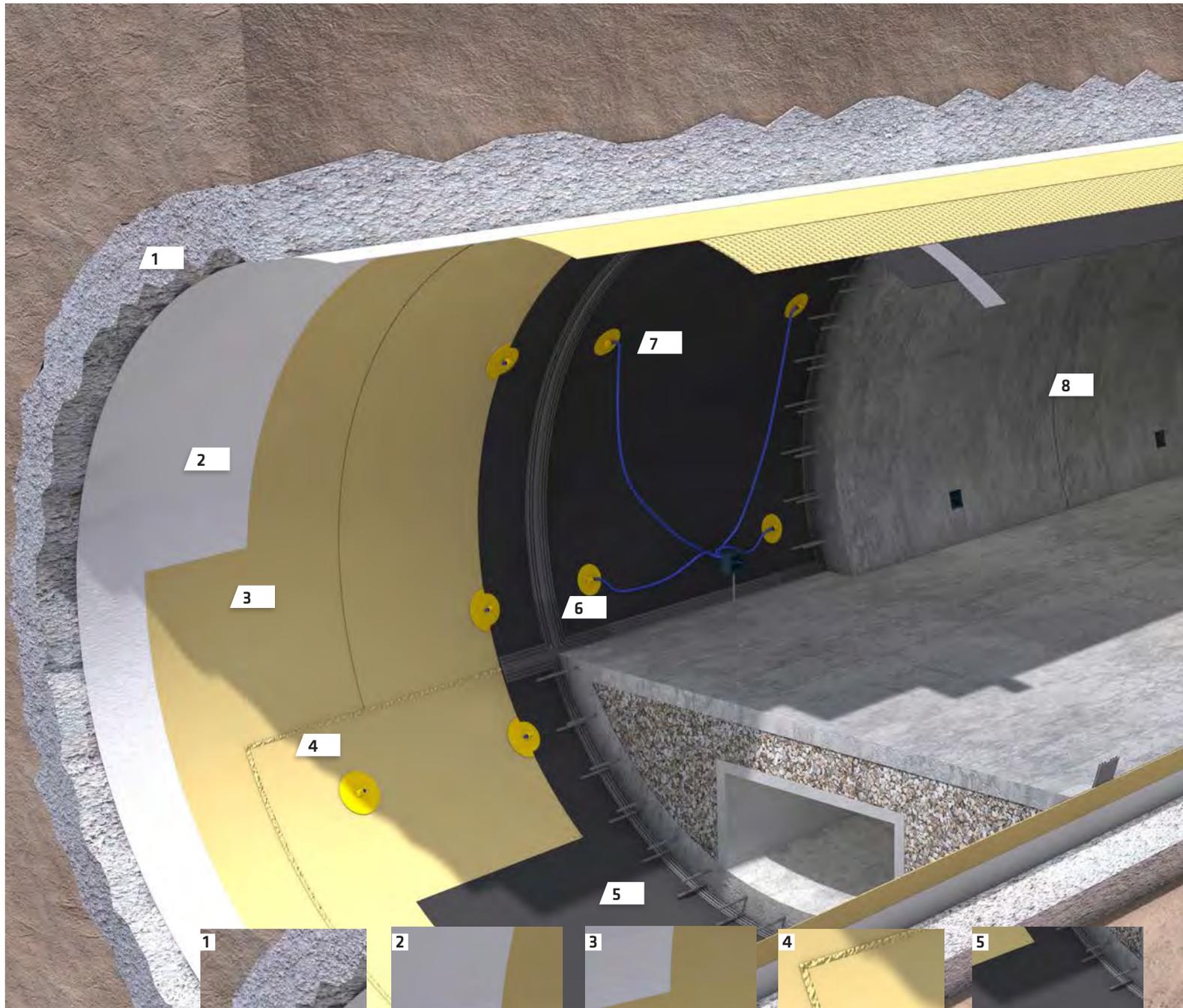


**5**  
Sika® Waterbar  
WP/WT, Injectable

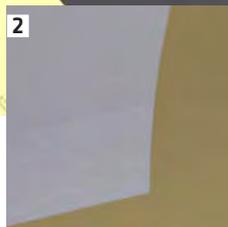


**6**  
Connecteur de contrôle  
Sikaplan® WP/WT

# TUNNEL CREUSÉ - SYSTÈME DE CONTRÔLE ACTIF SIKAPLAN®



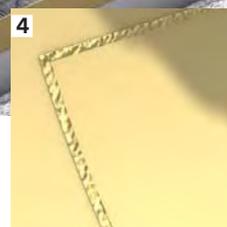
**1**  
Premier revêtement en béton projeté



**2**  
Feutre Sikaplan® W Felt



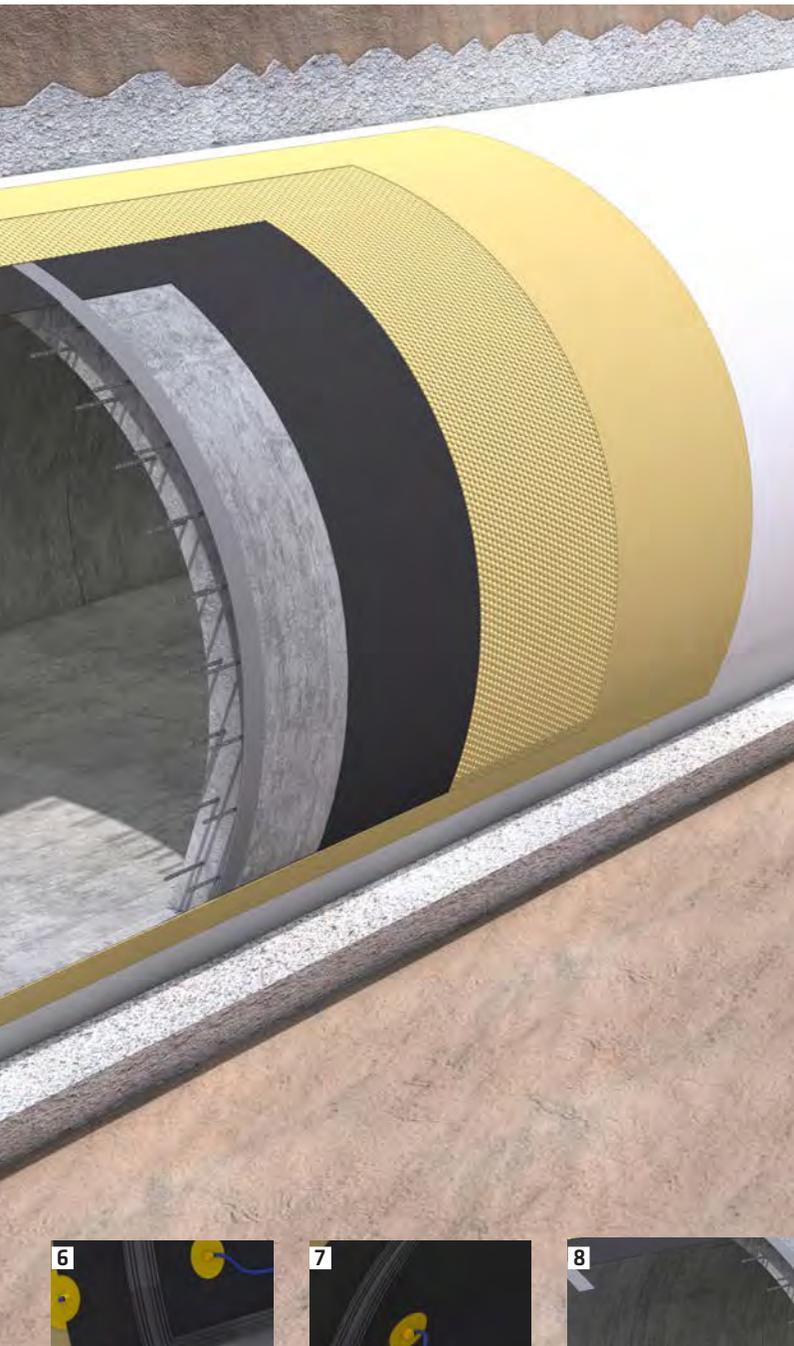
**3**  
Première couche de Sikaplan® WT



**4**  
Deuxième couche de Sikaplan® WT Embossé (Embossé)



**5**  
Feuille de protection Sikaplan® WT



## CRITÈRES DE SÉLECTION

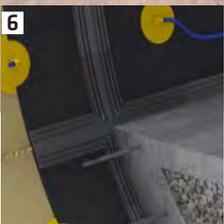
### SYSTÈME DE CONTRÔLE ACTIF - DOUBLE COUCHE - ÉTANCHÉITÉ INTÉGRALE

#### FPO

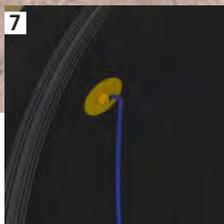
Les membranes en feuilles Sikaplan® WT 2200 sont utilisées pour les systèmes d'étanchéité qui peuvent aussi résister à l'eau souterraine chimiquement agressive et aux hydrocarbures pouvant atteindre des températures jusqu'à 40 °C. Le système à double couche satisfait aux exigences les plus strictes en termes de sécurité et de contrôle de l'étanchéité; L'épaisseur la plus adaptée du Sikaplan® WT 2200 est spécifiée avec 3 mm (première couche) et 2 mm embossée (deuxième couche).

Classement pour le système de contrôle actif Membranes en feuilles Sikaplan® WT (FPO)	1	2	3	4	5
Résistance aux produits chimiques					
Résistance contre les températures élevées de l'eau souterraine					
Contrôlabilité et redondance du système					
Sécurité de l'étanchéité lors de la durée de vie utile					

(1 passable - 5 excellent)



**6**  
Arrêt d'eau Sika® Waterbar WT, Injectable

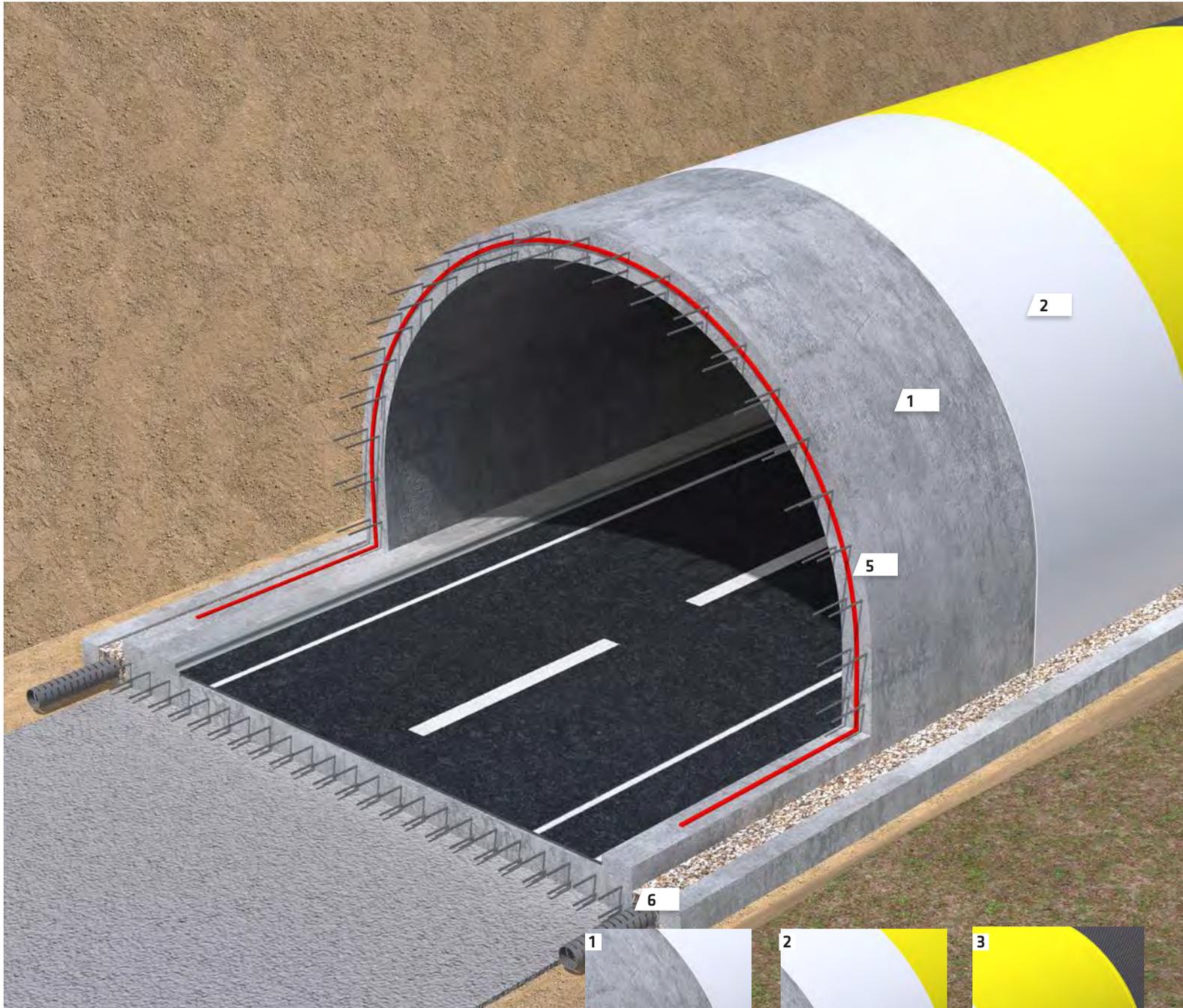


**7**  
Connecteur de contrôle Sikaplan® WT

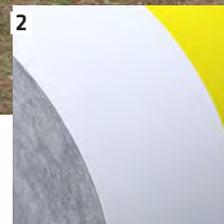


**8**  
Revêtement secondaire en béton

# SYSTÈME DE DRAINAGE SIKAPLAN® EN TRANCHÉE COUVERTE



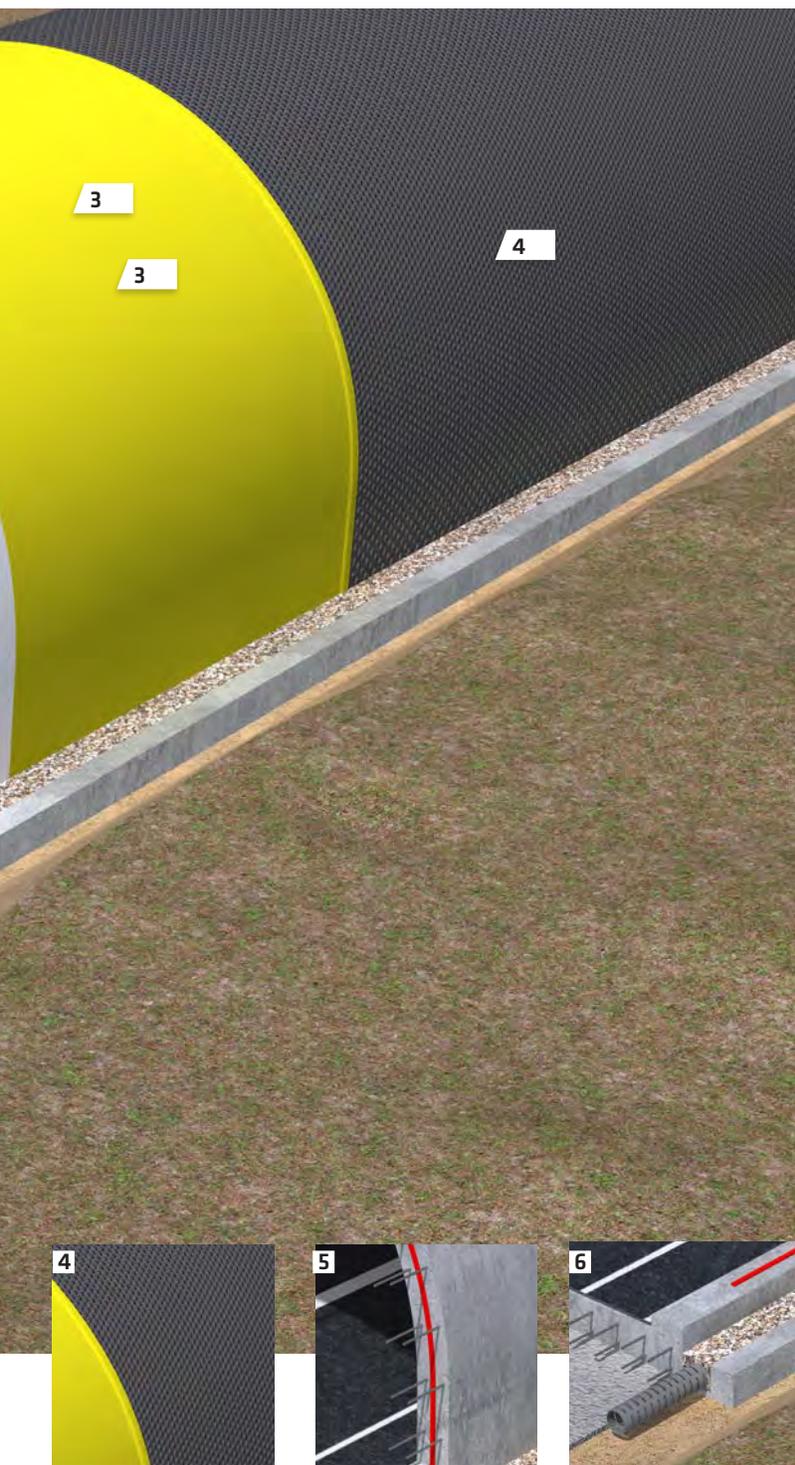
Béton structural



Feutre Sikaplan® W Felt



Sikaplan® WP/WT



Sika® Drain

Joint profilé expansif SikaSwell®

Conduite de drainage

## CRITÈRES DE SÉLECTION

### DRAINAGE - COUCHE UNIQUE - ÉTANCHÉITÉ PARTIELLE

#### PVC

Les membranes en feuilles Sikaplan® WP 1100 sont utilisées pour résister aux eaux drainées pouvant atteindre jusqu'à 35 °C de température et, pour les Sikaplan® WP 2101, jusqu'à 50 °C. L'épaisseur la plus adaptée des membranes en feuilles Sikaplan® WP est spécifiée avec 2 mm pour l'eau drainée.

Classement pour le système de drainage Membranes en feuilles Sikaplan® WP (PVC)	1	2	3	4	5
Résistance aux produits chimiques					
Résistance contre les températures élevées de l'eau souterraine					
Contrôlabilité et redondance du système					
Sécurité de l'étanchéité lors de la durée de vie utile					

(1 passable - 5 excellent)

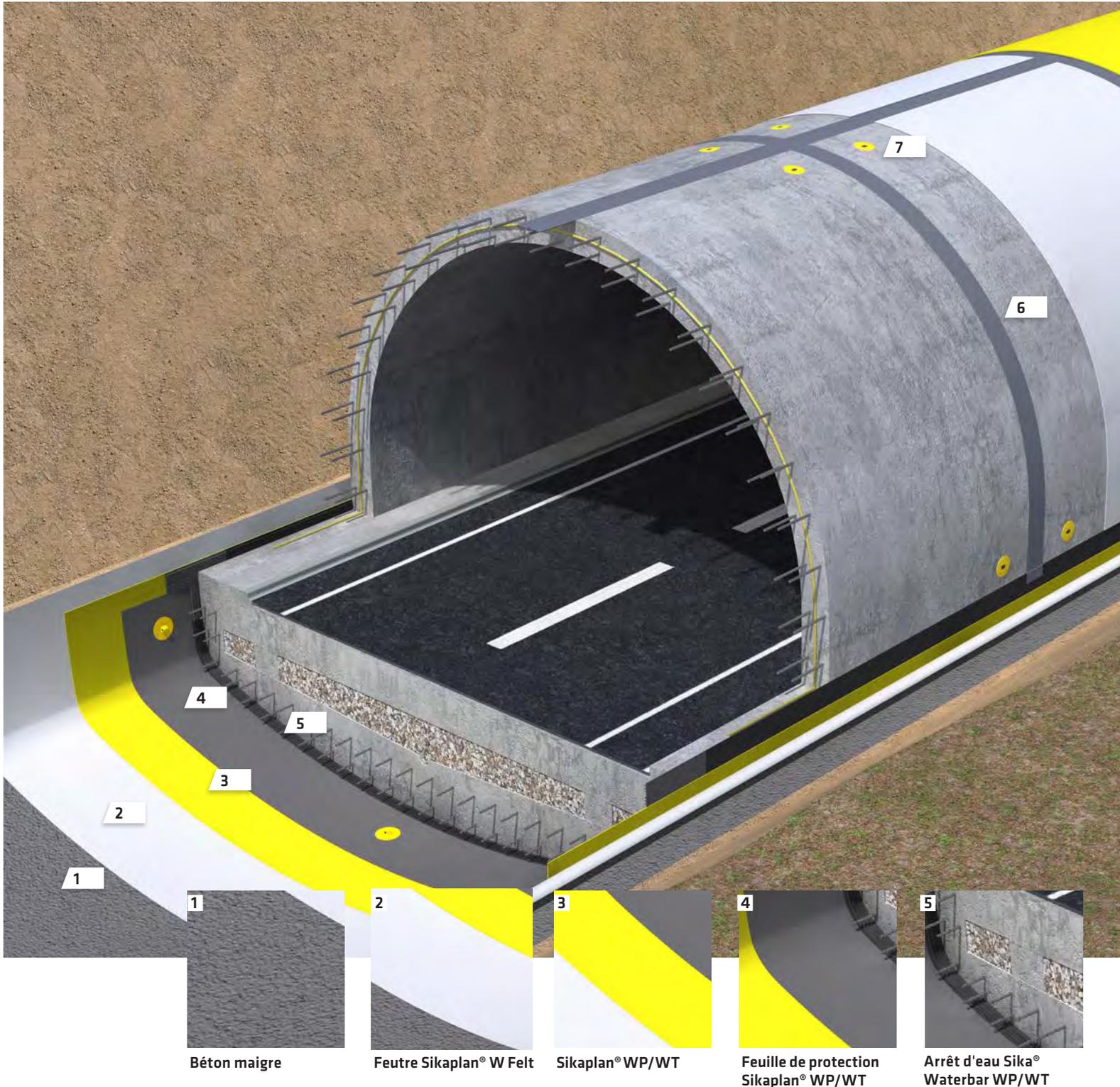
#### FPO

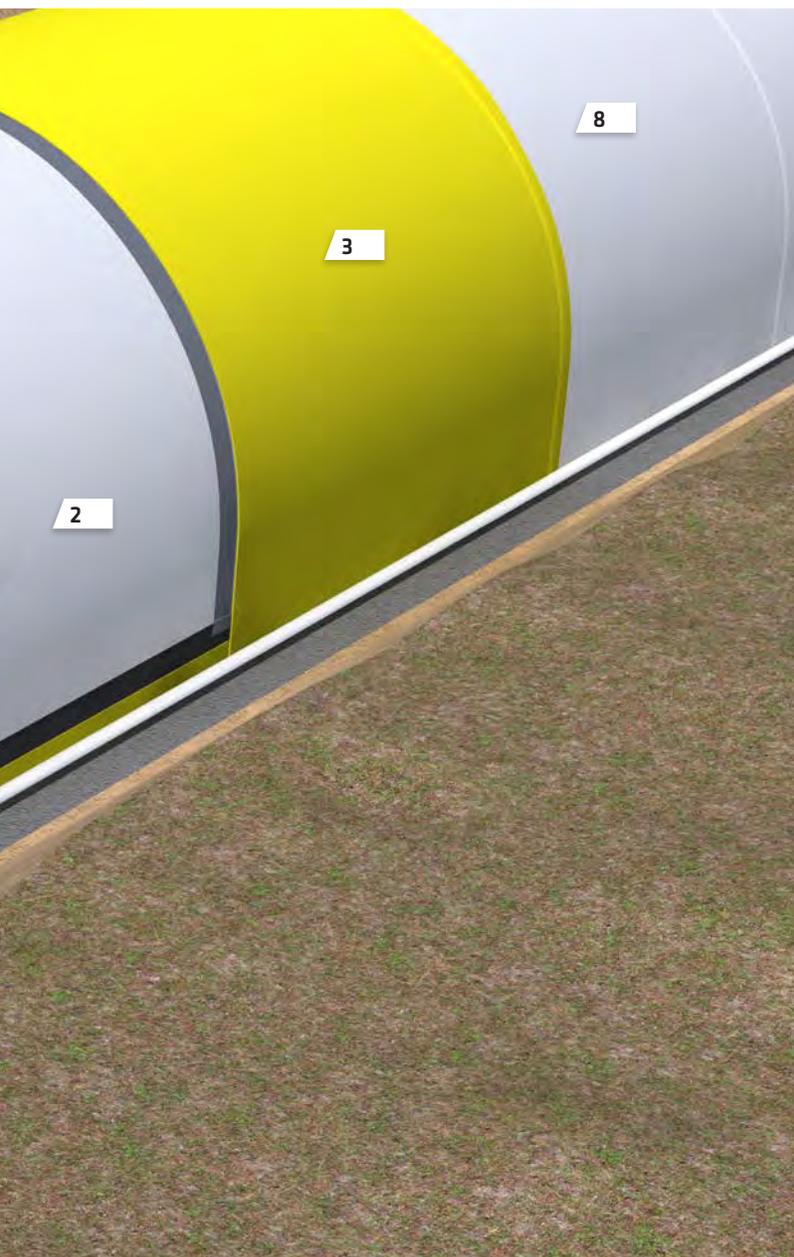
Les membranes en feuilles renforcées Sikaplan® WT 1200 sont utilisées pour l'étanchéité contre l'eau souterraine claire et l'eau souterraine contenant des hydrocarbures à des températures allant jusqu'à 40 °C. L'épaisseur la plus adaptée des membranes en feuilles Sikaplan® WT est spécifiée avec 2 mm pour l'eau drainée.

Classement pour le système de drainage Membranes en feuilles Sikaplan® WT (FPO)	1	2	3	4	5
Résistance aux produits chimiques					
Résistance contre les températures élevées de l'eau souterraine					
Contrôlabilité et redondance du système					
Sécurité de l'étanchéité lors de la durée de vie utile					

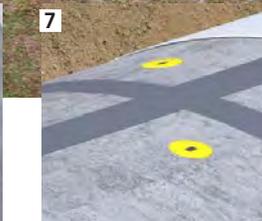
(1 passable - 5 excellent)

# BARRIÈRE EN TRANCHÉE COUVERTE SYSTÈME DE BARRIÈRE SIKAPLAN®

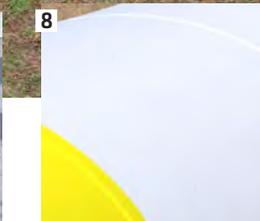




**6**  
Ruban adhésif  
Sikaplan® WP/WT ou  
Sika Dilatec



**7**  
Connecteur de contrôle  
Sikaplan® WP/WT



**8**  
Feutre lourd Sikaplan®  
W Felt Heavy

## CRITÈRES DE SÉLECTION

### SYSTÈME DE BARRIÈRE - COUCHE UNIQUE - ÉTANCHÉITÉ INTÉGRALE

#### PVC

Les membranes en feuilles Sikaplan® WP 1100 sont utilisées pour résister contre les eaux sous pression à des températures pouvant aller jusqu'à 35 °C, et les Sikaplan® WP 2101 jusqu'à 50 °C. L'épaisseur la plus adaptée des membranes en feuilles Sikaplan® WP est spécifiée avec 3 mm pour la pression hydrostatique.

Classement pour le système de barrière Membranes en feuilles Sikaplan® WP (PVC)	1	2	3	4	5
Résistance aux produits chimiques					
Résistance contre les températures élevées de l'eau souterraine					
Contrôlabilité et redondance du système					
Sécurité de l'étanchéité lors de la durée de vie utile					

(1 passable - 5 excellent)

#### FPO

Les membranes en feuilles renforcées Sikaplan® WT 1200 sont utilisées pour l'étanchéité contre l'eau souterraine claire et l'eau souterraine contenant des hydrocarbures à des températures allant jusqu'à 40 °C. L'épaisseur la plus adaptée des membranes en feuilles Sikaplan® WT est spécifiée avec 3 mm pour la pression hydrostatique

Classement pour le système de barrière Membranes en feuilles Sikaplan® WT (FPO)	1	2	3	4	5
Résistance aux produits chimiques					
Résistance contre les températures élevées de l'eau souterraine					
Contrôlabilité et redondance du système					
Sécurité de l'étanchéité lors de la durée de vie utile					

(1 passable - 5 excellent)

# PRODUITS COMPLÉMENTAIRES

## DESCRIPTION

Disques de fixation pour l'installation provisoire et localisée des feuilles de membranes dans les zones verticales et en sous-face / intrados devant être étanchéifiées.

### Sikaplan® WP SERIES (PVC)



Sikaplan® WP Disque en PVC jaune

### Sikaplan® WT SERIES (FPO)



Sikaplan® WT Disque en PE gris

Les prises ou ports d'injection pour l'inspection et le contrôle de l'étanchéité et pour l'injection des compartiments sont soit soudés par point sur les systèmes de membranes à couche unique, soit soudés entièrement sur les systèmes à double couche. Ces connecteurs sont reliés à des tubes spéciaux en PU, très élastiques, aux ports d'injection accessibles sur la surface intérieure du béton.



Connecteur Sikaplan® WP



Connecteur PE Sikaplan® WT

Gamme complète d'arrêts d'eau, conçus spécialement pour être utilisés avec les membranes en feuille:

- Brides de soudure larges pour faciliter la soudure et optimiser l'étanchéité contre la membrane .
- Canaux d'injection pour éliminer la formation d'alvéoles.
- Mises en œuvre en sous-face / intrados



Sika Waterbar® WP



Sika Waterbar® WT

Les feuilles de protection sur la membrane d'étanchéité installée sont utilisées surtout pour protéger contre le béton armé ou le remblayage. De plus, si elles sont embossées, elles permettront aux matériaux d'injection de réparation de s'étaler facilement.



Feuille de protection Sikaplan® WP



Feuille de protection Sikaplan® WT

## SYSTÈME FLEXODRAIN



Sika Flexodrain pour guider l'eau de drainage vers un drainage latéral.

- |                              |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1 Demi-conduit               | 4 Collecteur de tuyaux             |
| 2 Collecteur de fuites d'eau | 5 Tuyau de drainage                |
| 3 Connecteur en Y            | 6 Admission de conduit de drainage |

## ANGLE DE DRAINAGE



L'angle de drainage Sikaplan® WP permet d'obtenir une finition rapide et sécuritaire de la membrane d'étanchéité autour du conduit de drainage pour les systèmes parapluie, pour Sikaplan® WP and WT.

# CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES MEMBRANES SOUDÉES

Les ouvrages de tunnel terminés qui ont été étanchéifiés avec les membranes en feuilles Sikaplan® sont prévus pour être exposés à l'eau sous pression hydrostatique. Par conséquent, il est essentiel d'éprouver l'étanchéité de l'ensemble de la membrane terminée, avant de recouvrir et de protéger la membrane des travaux de construction subséquents. Il y a de nombreuses méthodes différentes pour vérifier et approuver les joints soudés et les chevauchements en particulier sur la membrane mise en œuvre.

## ESSAI DE PELAGE



Les essais de pelage doivent être exécutés sur des échantillons de membrane séparés au départ de la mise en œuvre de chaque membrane pour régler les paramètres de la machine, ainsi qu'à intervalles réguliers lors de la mise en œuvre pour ajuster la configuration du soudage en fonction des variations des conditions climatiques.

## INSPECTION VISUELLE



La vérification visuelle à l'aide d'un tournevis à tête large pour identifier les vides ou les espaces non soudés sur le rebord des joints. La surface peut être vérifiée visuellement en contrôlant la couche de signalisation.

## ESSAIS À L'AIR COMPRIMÉ



Les essais à l'air comprimé utilisent une pompe à air comprimé, un clapet anti-retour et une aiguille d'essai qui est insérée dans la voie de contrôle entre les joints du soudage à deux joints (adapté uniquement aux doubles joints).

## INSPECTION VISUELLE AVEC CAPTEUR ÉLECTRIQUE



Essais pour identifier les défauts localisés à l'aide d'un balai électrique avec une brosse en cuivre. Les étincelles électriques indiquent la présence de capillarité dans les joints. Tous les défauts dans la membrane ou aux rebords des joints peuvent être détectés, si un conducteur électrique est placé dessous.

## ESSAI SOUS VIDE DES DÉTAILS AVEC UNE CLOCHE À VIDE



Essais sous vide à l'aide d'une cloche à vide et d'une pompe à vide électrique pour tester les détails. Après avoir traité les rebords des joints avec une solution savonneuse, la cloche à vide est appuyée fermement sur la zone à tester et on aspire l'air pour créer le vide. Toutes les fuites se verront clairement car la solution savonneuse fera des bulles sous le vide.

## ESSAI SOUS VIDE DES COMPARTIMENT RELIÉS AUX CONNECTEURS SIKAPLAN



Essai sous vide des compartiments d'un système de membrane à double couche à l'aide de la pompe à vide. Lors des essais, le vide ne doit pas tomber à moins de 20 % en 10 minutes pour être complètement étanche.

# RÉPARATION DES FUITES

## L'AVANTAGE UNIQUE : CONTRÔLE DES FUITES ET L'ASSISTANCE POUR RÉPARATION

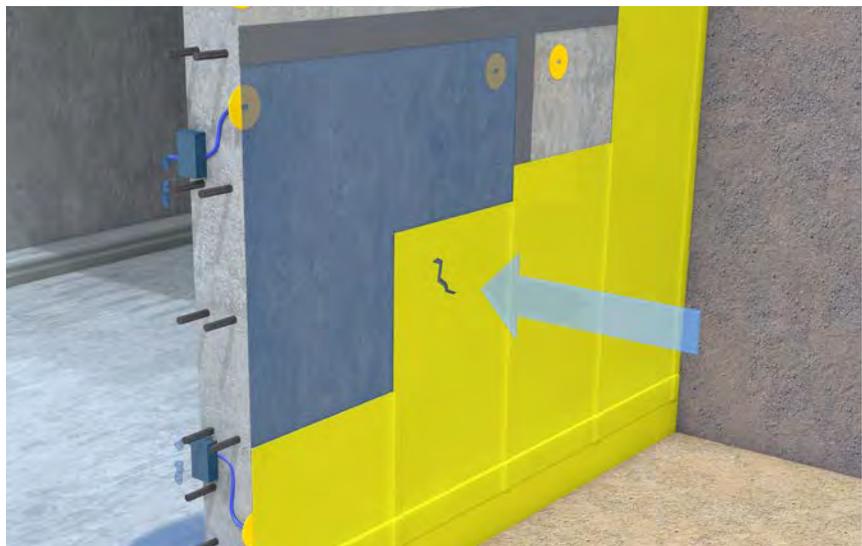
Les tunnels sous pression hydrostatique sont étanchéifiés avec les membranes en feuilles Sikaplan® y compris les compartiments et l'assistance pour injection. Chaque compartiment avec une surface d'environ 150 m<sup>2</sup> est combiné avec quatre à cinq connecteurs, plus les tubes de contrôle. Les tubes de contrôle mènent à un boîtier de prises à l'intérieur de la structure, permettant d'accéder facilement pour effectuer des réparations rapidement et à tout moment sur toute la durée de vie utile de la structure, en cas de défaillance de la membrane.

Les fuites peuvent être facilement détectées car l'eau des fuites apparaît à l'extrémité du tube de contrôle. La réparation des fuites peut être exécutée en injectant de la résine Sika® Injection-306

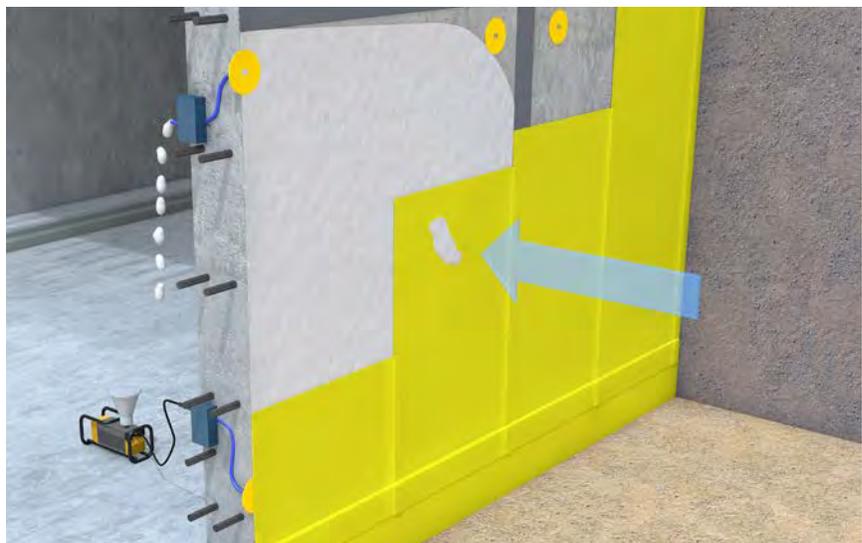
par le tube de contrôle Sika. La résine Sika® Injection-306 est un liquide d'injection en polyacrylate à réaction rapide et faible viscosité qui se mélange à l'eau des fuites lors du processus d'injection et qui réagit pour former un gel solide, mais très élastique et pouvant se dilater dans l'espace entre le béton structural et la membrane dans la zone du compartiment ou entre les couches de membrane dans le cas de systèmes à double couche.

Pour terminer le système, les arrêts d'eau Sika® Waterbars injectables sont fortement recommandés dans les tunnels creusés car comme l'encastrement des nervures des arrêts d'eau n'est pas garanti dans les zones de la couronne, où les ancrages ont été placés à l'envers.

- En cas de membrane endommagée, l'eau peut se faufiler localement sous la membrane mais elle sera ensuite confinée à un compartiment créé par les arrêts d'eau coulés dans le béton.
- Tout compartiment présentant une fuite peut être identifié facilement par les ports de contrôle qui restent accessibles depuis l'intérieur de la structure terminée.



- La réparation des fuites dans la membrane s'effectue en injectant la résine Sika® Injection-306 par les brides d'injection intégrées accessibles depuis l'intérieur de la structure terminée.
- La résine d'injection Sika réagit à l'eau pour former un gel élastique, solide tout en restant flexible, dans le vide entre le béton structural et la membrane dans la section compartimentée pour sceller la zone endommagée.



# ÉTANCHÉITÉ DES GALERIES TRANSVERSALES - REVÊTEMENT EN VOUSSOIRS

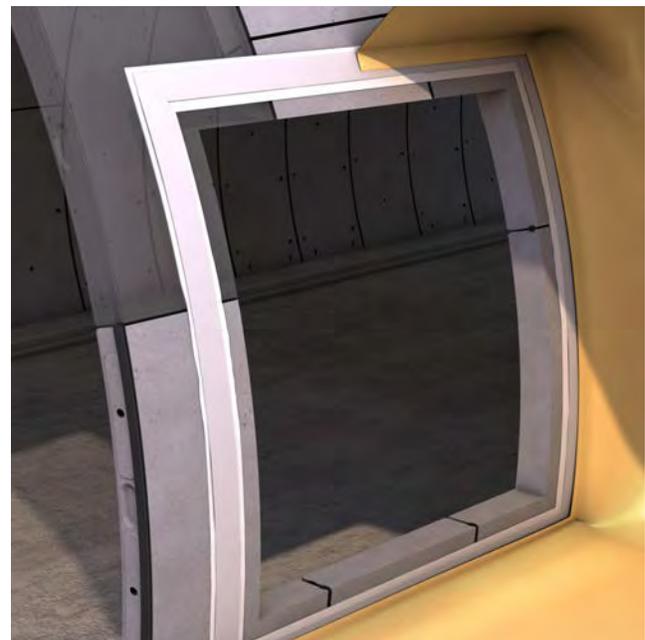
**SIKA A MIS AU POINT** deux solutions de joints étanches par ruban adhésif de haute performance qui sont à la fois rapides et faciles à installer et qui répondent aux mêmes normes et niveau d'étanchéité que le système de toute la section transversale/de transition (c'est-à-dire le système compartimenté de membrane Sikaplan). Selon le système d'étanchéité de la membrane sélectionné, Sika offre cette solution de joints étanches par ruban adhésif avec une formulation compatible avec le système PVC (Sikaplan® WP Tape System) ou avec le système FPO (Sikaplan® WT Tape System).

## Applications :

- Connexion étanche des galeries transversales en tunnels parallèles
- Transitions étanches entre les tunnels creusés par les tunneliers vers les stations
- Former des systèmes de compartiments avec les membranes de tunnel Sikaplan® dans les tunnels en tranchée couverte
- Extrémités étanches des systèmes de membrane Sikaplan® WP/WT

## Propriétés principales :

- Coût du système hautement concurrentiel comparé à n'importe quelle solution faisant appel à des fixations
- Pas besoin de lits ni d'assises de mortier coûteux requis pour les systèmes fixés mécaniquement
- Durabilité prouvée :
  - Le ruban FPO Sikaplan® WT Tape-200 a la même formule que le Sikaplan® WT 2200 Series avec une aptitude éprouvée au vieillissement supérieure à 120 ans et une performance antérieure solidement documentée.
  - Le ruban PVC Sikaplan® WP Tape-200 a la même formule que le Sikaplan® WP 1100 Series avec une aptitude éprouvée au vieillissement supérieure à 100 ans et une performance antérieure solidement documentée.
- Compatibilité totale des matériaux/système et durée de vie résiduelle éprouvée
- Minimise le risque de défaillances aux endroits les plus critiques



Voir aussi la brochure sur les rubans d'étanchéité Sikaplan® WP/WT

**Le Sikaplan® WP TAPE-200 ET le Sikaplan® WT TAPE 200** sont des rubans adhésifs étanches, haute performance destinés aux extrémités et à la fixation des membranes d'étanchéité Sikaplan® WP et WT. Le ruban adhésif est collé sur le substrat grâce à l'époxy et étanchéifié par thermosoudure aux membranes d'étanchéité Sikaplan®. Cette solution est utilisée pour maintenir un joint étanche de qualité supérieure aux rebords et extrémités du périmètre. Il peut donc être aussi utilisé dans les galeries transversales, étanchéifiées par les membranes Sikaplan®, aux extrémités du revêtement en voussoir.

#### CARACTÉRISTIQUES / AVANTAGES

Le Sikaplan® WP Tape-200 à base de PVC est un ruban blanc /noir modifié sur l'endos pour offrir d'excellentes propriétés adhésives avec l'adhésif Sikadur®-31 CF, pour adhérer aux surfaces en béton et en acier.

- Excellentes caractéristiques d'adhérence
- Résistance à l'eau à long terme
- Maniabilité optimisée, soudage thermique possible
- Flexibilité optimisée avec une résistance à la traction élevée et un allongement multiaxial
- Comportement élastomérique
- Flexible à des températures froides
- Colle bien le ruban de membrane au substrat en béton aux extrémités et au niveau des fixations
- Aucun sous-écoulement latéral d'eau



#### CARACTÉRISTIQUES / AVANTAGES

Le Sikaplan® WT Tape à base de FPO est un ruban gris/noir modifié des deux côtés. Les deux côtés (côté gris et côté noir) avec des adhésifs époxy Sikadur®-31 CF possèdent d'excellentes propriétés d'adhérence au béton et à l'acier.

- L'adhérence excellente entre le ruban et les adhésifs signifie qu'il n'y a pas besoin d'activation par solvant du ruban au chantier.
- Mise en œuvre rapide et facile.
- Compatible avec une installation sur les surfaces en béton sèches et humides
- Bonne performance dans la vaste gamme de températures
- Bonne adhérence à de nombreux matériaux différents de substrat
- Les adhésifs sont disponibles à durcissement normal ou rapide pour répondre aux différentes contraintes de chantier
- Résistant à la pénétration racinaire
- Aucun sous-écoulement latéral d'eau



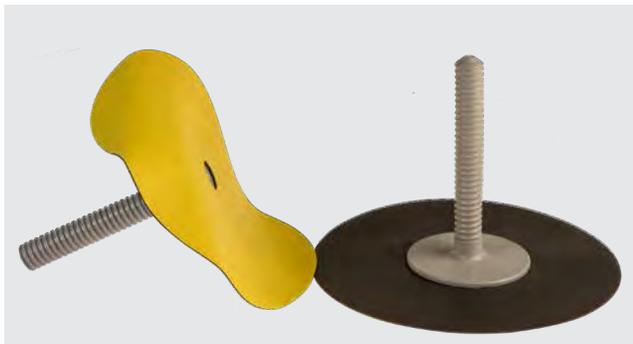
# BÉTON PROJETÉ SUR MEMBRANE EN FEUILLES

Il est commun que les revêtements secondaires dans les tunnels à double enveloppe soient en béton coulé sur place. Il est coulé en place à l'aide de grands coffrages (entre 10 et 12,5 m de long) montés sur rail. Cette méthode offre une solution rapide et économique pour les galeries transversales normales de longs tunnels. Toutefois, certaines restrictions techniques et commerciales s'imposent, à savoir :

Dans les tunnels courts, les coffrages sur mesure risquent de s'avérer peu rentables

- Pour les diamètres variables, les élargissements, les galeries transversales, etc. le coffrage doit être modifié voir complètement remplacé
- Dans ce cas, un revêtement secondaire en béton projeté peut offrir les avantages suivants comparé au béton coulé sur place :
- Simplification des travaux
- Économies en temps et argent en l'absence de coffrage coûteux

Le système d'ancrage Sika® Anchor/BA-Anchor System est une tige synthétique rigide connectée à une bride en plastique souple en membrane Sikaplan® WP ou WT pour la fixation au treillis en acier.



L'ajout de fibres SikaFiber® au béton projeté permettra de réaliser des économies en termes d'armatures et d'opérations. Il s'agit donc d'une alternative idéale aux revêtements en béton coffrés / coulés sur place. On peut y avoir recours pour les tunnels courts et partout où la section transversale normale change, c'est à-dire les élargissements, les jonctions, les ouvertures et les galeries transversales.

Toutefois, le béton projeté n'adhère pas aux membranes en feuilles synthétiques et lisses. Par conséquent, il est nécessaire d'installer un système de réduction du rebond. Un treillis en acier est posé sur la membrane d'étanchéité, réduisant le rebond ou supportant les charges statiques du béton projeté venant d'être appliqué lorsqu'il est frais. Le treillis doit être ancré dans le substrat derrière la membrane, ce qui, sans précautions supplémentaires, pourrait provoquer des fuites potentielles et des pénétrations à travers le système d'étanchéité. Ce problème peut être rapidement résolu, et ce de deux manières :

La bride en trompette Sikaplan® WP ou WT permet d'obtenir une pénétration étanche des ancrages conventionnels pour roc afin de fixer le treillis en acier réducteur de rebond.





Tunnel de contournement de Lungern (Suisse) revêtement secondaire projeté sur le système de membrane Sikaplan® WP à une section s'élargissant, pénétration du treillis en acier étanchéifié avec une bride en trompette Sikaplan WP.

# SIKA - FOURNISSEUR UNIQUE POUR TOUS VOS BESOINS

## Toiture



## Production de béton



## Scellement de joints



## Coulis et ancrage



## Réparation & protection du béton



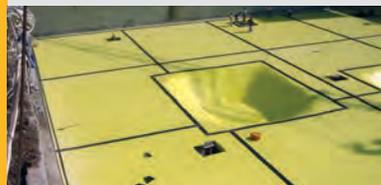
## Renforcement structural



## Revêtements de sols & murs



## Étanchéité



## Maçonnerie



## Béton projeté



## Tunnels



## Mines



Sika Canada, filiale du groupe Sika, est un chef de file dans le domaine des produits chimiques spéciaux destinés aux secteurs de la construction et industriel. Notre gamme de produits de haute qualité comprends des systèmes de toitures, adjuvants pour béton, mortiers, résines, adhésifs, éléments pour le renforcement structural, revêtements de sols industriels et décoratifs, enduits de protection et systèmes d'étanchéité. Cette expertise, gagnée depuis plus d'un siècle sur tous les continents et supportée localement par un niveau de service incomparable, permet à Sika de vivre à la hauteur de ses engagements envers ses clients et partenaires.

*Nos conditions générales de vente les plus récentes s'appliquent.  
Veuillez consulter la fiche technique locale du produit la plus récente avant toute utilisation.*

### SIKA CANADA INC.

**Siège social**  
601, avenue Delmar  
Pointe-Claire, Quebec  
H9R 4A9

**Autres sites**  
Boisbriand (QC)  
Brantford; Cambridge; Sudbury; Toronto (ON)  
Edmonton (AB); Surrey (BC)

1-800-933-7452  
[www.sika.ca](http://www.sika.ca)

© Sika Canada Inc. / 09.2022

**BUILDING TRUST  
CONSTRUIRE LA CONFIANCE**

