



ETANCHEMENT DES TUNNELS

ETANCHEMENT DES TUNNELS CHEBAP ENPC



- **CRITERES DE CHOIX DES PROCEDES**
- **DEFINITION ET REGLEMENTATION**
- **PROCEDES D'ETANCHEMENT**
- **EXEMPLES D'APPLICATIONS TUNNELS CREUSES ET FORES**

ETANCHEMENT DES TUNNELS CHEBAP ENPC



➤ **CRITERES DE CHOIX DES
PROCEDES**

ENJEUX DE L'ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

- **Conséquences sur l'exploitation – fonctionnement étendu des ouvrages de transport**
- **Conséquences sur les coûts de maintenance (limité par le fonctionnement étendu des ouvrages souterrains)**
- **Conséquences sur la durabilité des ouvrages souterrains**



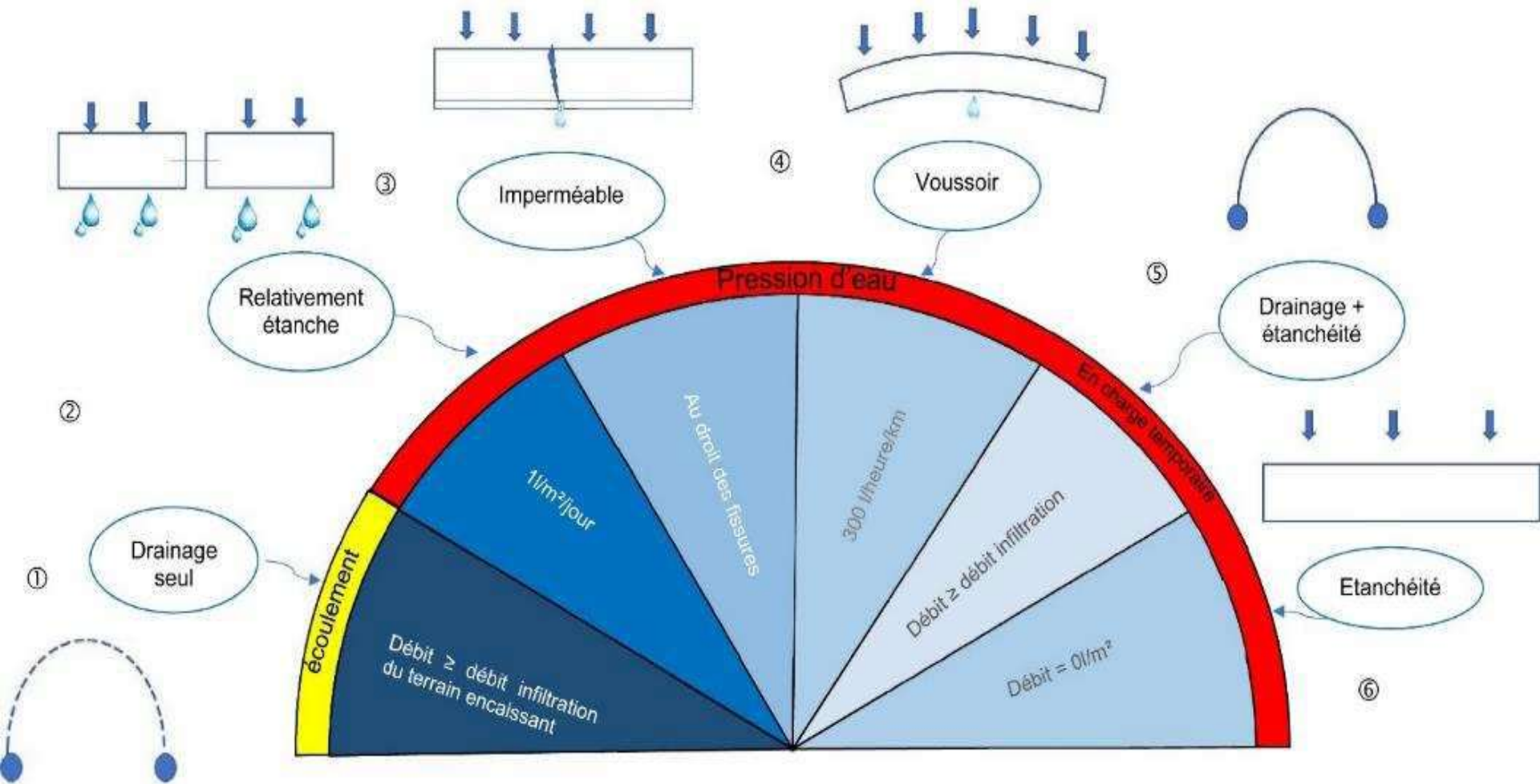
ENJEUX DE L'ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

RETOURS D'EXPERIENCE
SUR UNE PERIODE DE 30
ANS SUR L'EVOLUTION DES
COÛTS DE MAINTENANCE
ETANCHEITE:

- **5 000 A 10 000 €/Km/AN**
POUR DES OUVRAGES
RECENTS (MOINS DE 30
ANS) ETANCHES PAR UN
D.E.G. SYNTHETIQUE
- **12 A 125000€/Km/AN**
POUR LES OUVRAGES
PLUS ANCIENS (50 A
PLUS DE 100 ANS)



ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS



ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

CRITERES DE CHOIX

ACTION DE L'EAU - Caractéristiques physico-chimiques Intervenant dans la maintenance de l'ouvrage

▪ Eau incrustante

- ✓ index Langelier (pHo - pHs)-----> 0
- ✓ index Riznar IR-----< 6
5<IR<6: eau faiblement incrustante

IR < 5: eau très incrustante
- ✓ Ions Ca++< 100 mg/l

Une eau trop incrustante peut rendre plus difficile, voire même inopérantes les opérations de maintenance de base du type entretien des cunettes et des ouvrages de collecte des eaux d'infiltration.



ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

TABLEAU DE SYNTHESE DES CRITERES DE CHOIX

Type d'étanchement Article 2- version 2.1 juillet 2014	Eau agressive	Eau incrustante	Pression hydrostatique	Phasage du gros œuvre	Optimisation coût de maintenance
Etanchement par écran d'étanchéité extrados et intrados S.E.L-A	XXX	XXX	XXX(1)	Extrados : X(2) S.E.L-A : XXX	XXX
Etanchement par imperméabilisation intrados	XX (3)	XX (4)	X (5)	XXX	XX (6)
Etanchement par structure relativement étanche (paroi-moulée – tunnel forés avec voussoirs)	X (3)	XX (4)	X	Sans objet	X (6)

ETANCHEMENT DES TUNNELS CHEBAP ENPC



➤ DEFINITIONS ET REGLEMENTATION

CRITERES DE CHOIX POUR L'ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

STATUT REGLEMENTAIRE DE L'ETANCHEMENT



**ETANCHEITE TUNNELS
INTER-STATIONS**



**STRUCTURE RELATIVEMENT ETANCHE
STATIONS - GARES**

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

TERMINOLOGIE



• **ETANCHEITE**: fonction d'un produit ou d'un procédé empêchant le passage de l'eau à l'intérieur de l'ouvrage. Théoriquement aucun débit de fuite n'est admis, cependant le F. 67.Titre III conseille de prendre en compte un léger débit d'infiltration pour le dimensionnement du réseau d'assainissement du tunnel.

Le procédé d'étanchéité est toujours à l'extrados de l'ouvrage et fonctionne en sous-pression hydrostatique

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

TERMINOLOGIE



- **ETANCHEITE TOTALE:** étanchéité complète de l'ouvrage (Périmétrique: radier et voûte)
- **ETANCHEITE PARTIELLE:** étanchéité sur seulement une partie de l'ouvrage (généralement en voûte)

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

TERMINOLOGIE



• **IMPERMEABILISATION:**
fonction d'un produit ou d'un procédé empêchant le passage de l'eau à l'intérieur de l'ouvrage.

Le procédé d'imperméabilisation est toujours à l'intrados de l'ouvrage. Adhérent au support il fonctionne en contre-pression hydrostatique.

Ne pouvant pas résister à une certaine fissuration du support, un débit de fuite de service est admis

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

TERMINOLOGIE



- **STRUCTURES RELATIVEMENT ETANCHES:** ouvrages ne recevant pas un procédé d'étanchéité ou d'imperméabilisation – débit de fuite admissible (paroi – moulée - tunnels forés)

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

TERMINOLOGIE



- **DRAINAGE:** captage et évacuation de l'eau d'infiltration vers le réseau d'assainissement de l'ouvrage
- **DRAINAGE PONCTUEL:** captage ponctuel de l'eau d'infiltration: au d'un joint de structure ou d'une partie de l'ouvrage (cerces ou lisses de drainage). Peut être associé à un D.E.G. en travaux neufs.
- **DRAINAGE SURFACIQUE:** captage sur une grande surface en voûte de l'ouvrage. Est généralement utilisé seul en ouvrage neuf.

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

TERMINOLOGIE



- **EXTRADOS**: étanchéité ou drainage à l'extérieur du revêtement
- **INTRADOS**: étanchéité ou imperméabilisation à l'intérieur du revêtement
- **INDEPENDANCE**: étanchéité ou drainage non adhérents au support
- **SEMI INDEPENDANCE**: étanchéité (asphalte ou bitume) partiellement adhérente au support
- **ADHERENCE**: étanchéité ou imperméabilisation totalement adhérentes au support

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

CRITERES DE CHOIX



- **Contraintes de conception de l'ouvrage (tunnels – ouvrage avec ou sans limites d'emprise – structures intégrées, etc..)**
- **Contraintes liées aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau du terrain encaissant**
- **Contraintes liées à la pression hydrostatique maximale (E.E)**
- **Contraintes liées au coût des travaux**
- **Contraintes liées à l'exploitation des ouvrages**
- **Contraintes liées au coût de la maintenance**
- **Contraintes liées à la durabilité de l'ouvrage (environnement agressif)**

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

CRITERES DE CHOIX

Spécification d'un débit admissible

Niveau	Débit des venues d'eau (D)
0	Support sec
1	Surface humide sans écoulement
2	Goutte à goutte léger $D \leq 30$ gouttes/minute
3	Goutte à goutte conséquent $D \geq 30$ gouttes/minute
4	Suintement léger $D < 1$ litre/minute
5	Suintement moyen $1 \text{ litre/minute} < D < 5 \text{ litres/minute}$
6	Suintement important $5 \text{ litres/minute} < D < 10 \text{ litres/minute}$
7	Suintement important $10 \text{ litres/minute} < D < 15 \text{ litres/minute}$
8	Ecoulement moyen $15 \text{ litres/minute} < D < 25 \text{ litres/minutes}$
9	Ecoulement important $D > 25 \text{ litres/minutes}$

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

Spécification d'un débit admissible

La correspondance entre les niveaux AFTES du tableau et les débits de fuite figurant à l'article 3.1 du DTU 14.1 (mai 2000) est la suivante :

- **Le niveau 2** correspond à 7 gouttes par minute, soit **0.5l/m²/jour**,
- **Le niveau 3** correspond à 30 gouttes par minute, soit **2/lm²/jour**.

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

Exemple de spécification d'un débit admissible

Type d'étanchement Article 2 – version 2.1 juillet 2014	Niveau d'infiltration AFTES	Débit maximal (moyenne annuelle)	Dispositifs complémentaire de collecte des eaux d'infiltration
Etanchement par écran d'étanchéité extrados et intrados (S.E.L-A)	Niveau 0 pour les zones accessibles au public et Niveau 1 pour les zones non accessibles	Pas de débit admissible	Cunette de récupération obligatoire pour collecter, lors de l'exploitation de l'ouvrage, d'éventuelles infiltrations à travers le revêtement (captage et drainage en voûte et piédroit). Le dimensionnement et l'accessibilité aux cunettes sont déterminés en fonction du caractère incrustant ou pas de l'eau d'infiltration**
Etanchement par impermeabilisation intrados	Niveau 1	<u>A la réception</u> , Niveau 1 maxi, si le support a été calculé à la fissuration très préjudiciable. <u>En exploitation</u> En cas de fissuration ultérieure appréciable du support, le débit de fuite ne devra pas dépasser le niveau 2 débit maximal admissible 0.5 l/m ² /jour	Cunette de récupération obligatoire pour collecter lors de l'exploitation de l'ouvrage d'éventuelles infiltrations à travers le revêtement (captage et drainage en voûte et en piédroit). Le dimensionnement et l'accessibilité aux cunettes sont déterminés en fonction du caractère incrustant ou pas de l'eau d'infiltration**

CONCEPTION DE L'ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

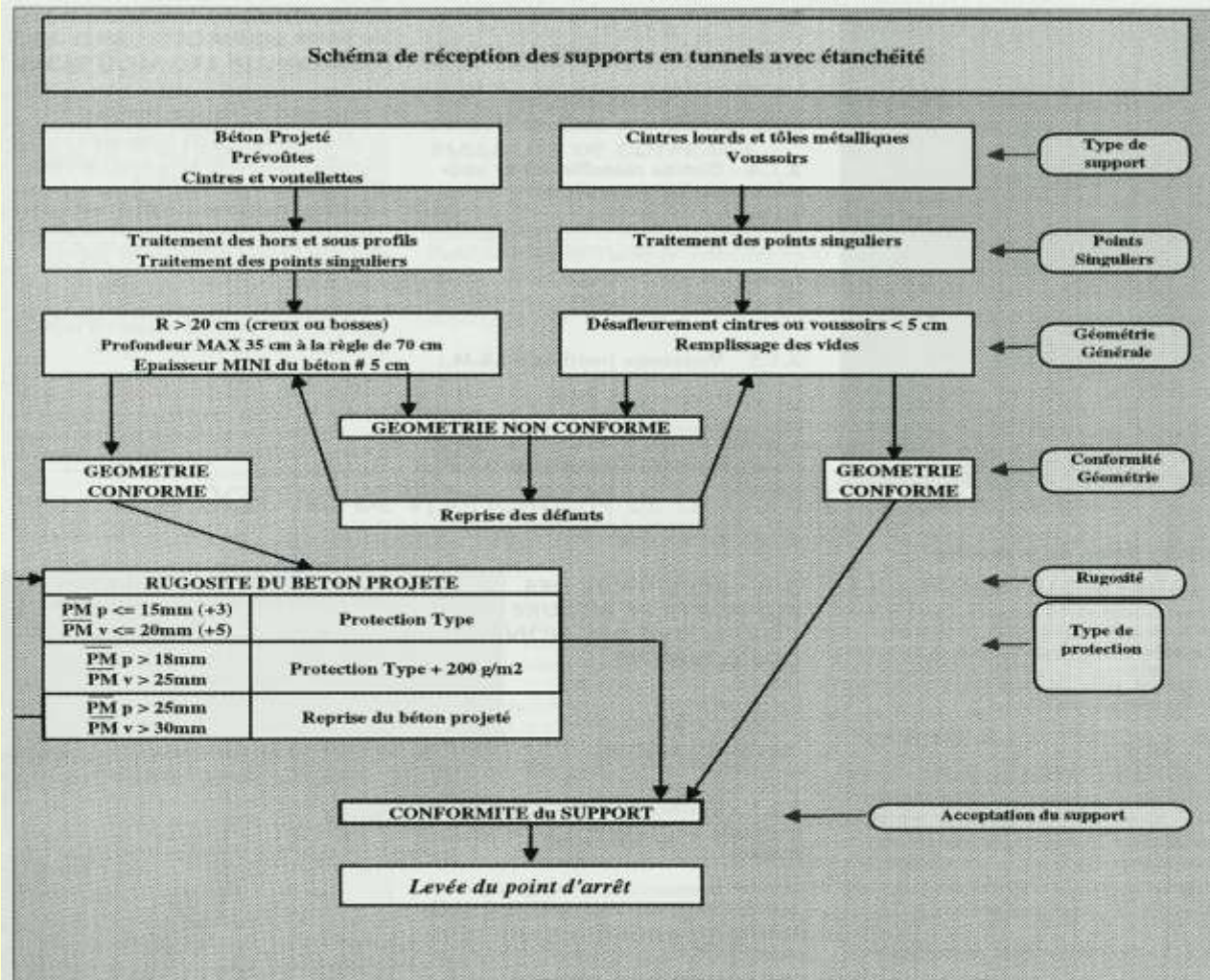
➡ **PREPARATION ET RECEPTION DES SUPPORTS**

➡ **DIMENSIONNEMENT DE L'ECRAN DE PROTECTION INFERIEURE**

➡ **ASPECT DE LA GEOMEMBRANE D'ETANCHEITE**

ETAT DES SUPPORTS DES TUNNELS CREUSES





PM = Profondeur Maximum Moyenne sur 40 mesures / 25m², p = piedroit, v = voûte (voir procédure n° 2 en annexe)

Protections Types Géosynthétiques (valeurs mini)	Nature du béton projeté		Voussolles	Cintres et Tôles
	Non Fibré	Fibré		
M = Masse surfacique du géotextile g/m ²	600	800	600	1000
P = Poinçonnement statique en kN	0,6	0,8	0,6	1
A = Allongement à la rupture (en %)	70	70	70	70

Tableau n° 1

DIMENSIONNEMENT DE LA PROTECTION INFERIEURE

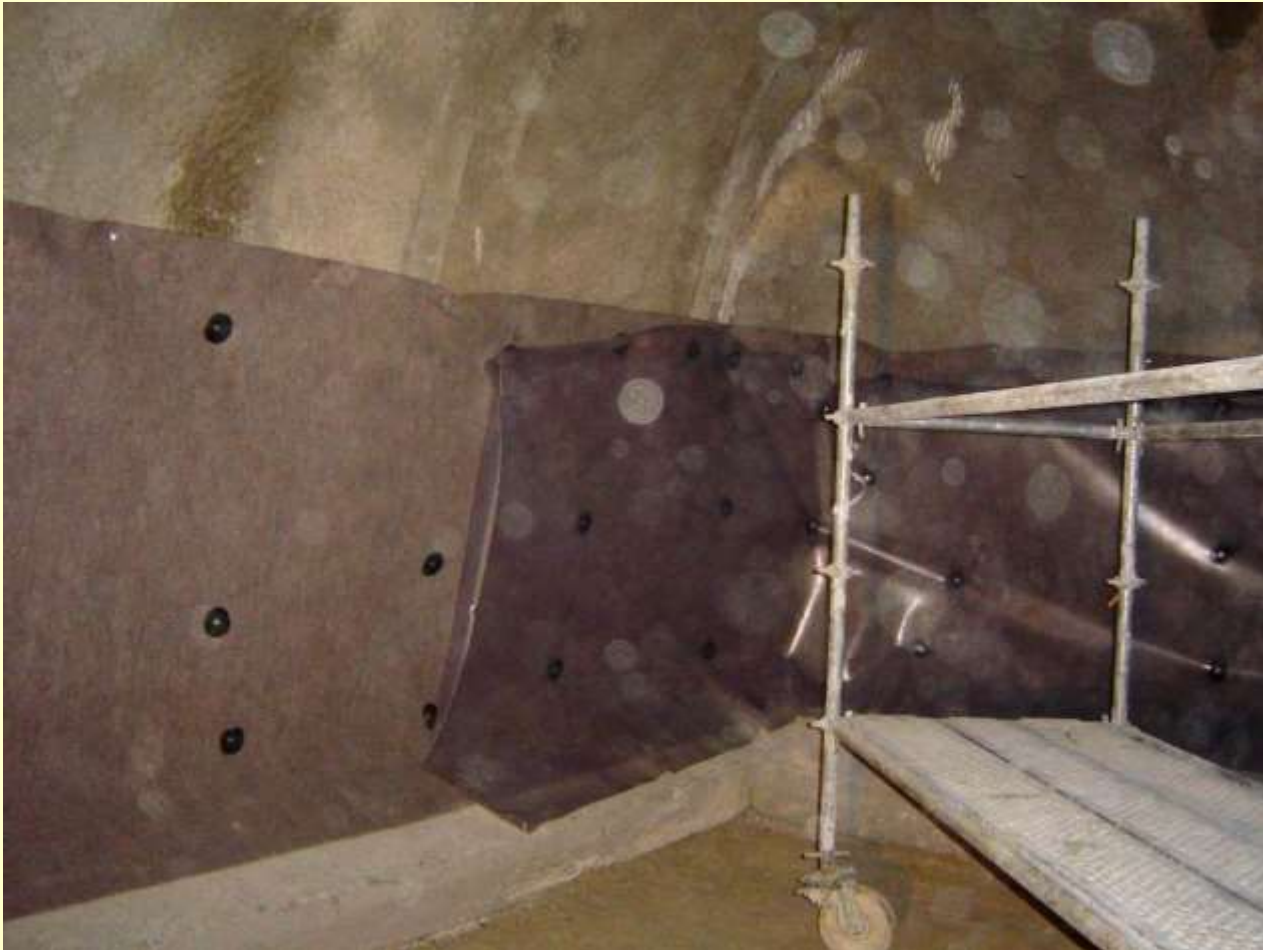


TABLEAU N° 3
Recommandations pour les écrans de protection
contre le poinçonnement statique en Tunnels

Spécifications minimales	Béton projeté		Voussoirs béton	Soutènements métalliques cintres et tôles
	non fibré	fibré		
Masse surfacique (en g/m ²)	600	800	600	1 000
Poinçonnement statique cylindrique Ø 8 mm (en KN)	0,6	0,8	0,6	1
Allongement à la force maxi (en %)	70	70	70	70
Résistance en traction (en KN)	12	12	12	30
Transmissivité sous 150 KPa (en m ² /s)	4,6 x 10 ⁻⁶	4,6 x 10 ⁻⁶	4,6 x 10 ⁻⁶	4,6 x 10 ⁻⁶

D.A.N.

PROTECTION SUPERIEURE DU D.E.G.



PROTECTION SUPERIEURE DU D.E.G.



**PROTECTION CONTRE LE
POINCONNEMENT
DYNAMIQUE**

**CONFORMITE DU D.E.G A LA
CLASSE 2 DE L'ESSAI DE
RESISTANCE AU
POINCONNEMENT
DYNAMIQUE**

D.A.N



ASPECT DE LA GEOMEMBRANE D'ETANCHEITE REGLEMENTATION FRANCAISE

ASPECT DE LA GEOMEMBRANE D'ETANCHEITE

TRANSLUCIDITE DE LA GEOMEMBRANE

➤ **$T \geq 70\%$ - Norme NFP 54 111**

D.A.N.

AVANTAGES:

 **FACILITE LE CONTRÔLE VISUEL DE LA SOUDURE**

 **FAVORISE LA DURABILITE DE LA GEOMEMBRANE**



← **Discontinuité par arrêt de soudure**

← **hétérogénéité et bullage**

REGLEMENTATION FRANCAISE

TEXTES REGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

Normes françaises et européennes	Référentiels techniques	Commentaires
NF EN 13491 Etanchéité des ouvrages souterrains		Cette norme ne spécifie que des « barrières d'étanchéité » - étanchéité extradossée au sens du fascicule 67 - titre III et du D.T.U 14.1
NF EN 13256 – géotextile de protection des procédés d'étanchéité		
	Fascicule 67 – titre 3 – juillet 2014	Spécifications pour CCTP sur le site du CETU (référentiels techniques de l'AT CETU)
	Avis techniques du CETU	A utiliser dans les marchés publics, sous réserve de les citer
	Evaluations Techniques de l'AFTES	A utiliser dans les marchés publics, sous réserve de les citer
	Recommandations de l'AFTES (GT n°9)	A utiliser dans les marchés publics, sous réserve de les citer

NORMALISATION EUROPEENNE

NF EN 13491: Mars 2018

Types d'application

- **Application 1:** tunnels creusés avec eaux d'infiltration sans pression.
- **Application 2:** tunnels creusés avec eaux d'infiltration avec pression.
- **Application 3:** tunnels en tranchée couverte avec eaux d'infiltration sans pression
- **Application 4:** tunnels en tranchée couverte avec eaux d'infiltration avec pression



RECOMMANDATIONS DE L'ASSOCIATION FRANCAISE DES TRAVAUX ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN A.F.T.E.S.



www.aftes.asso.fr



EXEMPLES DE RECOMMANDATIONS AFTES POUR L'ÉTANCHEMENT DES TUNNELS

RECOMMANDATION DE L'AFTES N° XXX

Recommandations relatives au comportement au feu et à la protection sanitaire spécifique aux procédés d'étanchéité lors de leur mise en œuvre en milieu confiné

Touta présentée par
Jean-Louis MAHUET - Architecte de ST n° 9 "Etanchéité des Ouvrages souterrains"

Ont participé à l'élaboration du document
 Océane EZOUR (CETE) - Jean BARRIEAU (SOPREMA FLAC) - Philippe JOLY (MOFANO PAVTEK SYNOPTIC) - Gaëtan FOTTE (PEROLD)
 Frédéric CASSADINE (RENULT) - Jean-François JADY (I.C.D.S) - Pascal FRISON (SBA, Samsif) - Hervé HIRWARD (CSPE / SOPREMA)
 Pierre ALLAUD (SICC) - Jean-Louis MAHUET (SIS rail)

Sont à remercier pour leur participation à la relecture du document
 B. SEZON (SIC) - A. GUILLAUME - M. GOUVERNEUR (Vinci Construction) - R. RAMON (FAZEL)

L'AFTES, réalisée avec l'aide de leurs suggestions relatives à ce texte.

Sommaire

1 - Préambule	05
2 - Contenu des recommandations de l'AFTES	05
3 - Objectifs des recommandations de l'AFTES	05
4 - Préconisations applicables	05
4.1 - Préconisations au feu des géomembranes synthétiques	05
4.2 - Préconisations au feu des géomembranes bitumineuses	05
4.2.1 - Rappel de la composition d'un Dispositif d'Étanchéité à base de Géomembrane bitumineuse au contact concret	05
4.2.2 - Objectifs des recommandations pour les géomembranes bitumineuses	05
4.2.3 - Cas des points singuliers	05
4.3 - Préconisations au feu des autres procédés d'étanchéité	05
4.3.1 - Géomembranes synthétiques	05
4.3.2 - Géocomposites synthétiques d'étanchéité	05
4.4 - Préconisations au feu des protections au génie civil	05
4.5 - Valeurs caractéristiques de comportement au feu des procédés d'étanchéité	05
4.6 - Règles de surface d'étanchéité et de distance à appliquer sur les ouvrages	05
4.7 - Responsabilité de l'acte contractuel liant le maître ou l'opérateur au droit de l'étanchéité	05
5 - Problématiques sanitaires	05
5.1 - Généralités	05
5.2 - S.E.S à base de géomembranes synthétiques	05
5.2.1 - Problématique des PVC-P	05
5.2.2 - Problématique des EC-P	05
5.2.3 - Préconisations à introduire dans un PPSPS étanchéité	05
5.3 - S.E.S à base de géomembranes bitumineuses	05
5.3.1 - Problématique à introduire dans un PPSPS	05
5.3.2 - Préconisations à introduire dans un PPSPS étanchéité	05
5.4 - S.E.C à base de géomembranes synthétiques	05
5.5 - Procédés d'étanchéité à base de géomembranes synthétiques	05
5.6 - Cas spécifique de traitement des points singuliers à base de résines polyuréthanes	05
5.6.1 - Problématique	05
5.6.2 - Préconisations à introduire dans un PPSPS étanchéité	05
5.7 - Cas spécifique de traitement des arêtes d'eau à l'aide de caouts polyuréthanes	05
5.7.1 - Problématique	05
5.7.2 - Préconisations à introduire dans un PPSPS injections d'arêtes d'eau à base de caouts polyuréthanes	05
6 - Normatives	05
7 - Bibliographie	05

CHANTIERS/WORKSITES

Nouvelles techniques de raccords d'étanchéité sur le tramway T6 Chatillon/Viroflay

New techniques for sealing connections on the T6 Chatillon/Viroflay tramway




1 - Description du chantier

La nouvelle ligne de tramway T6, prévue en 2018 à l'emplacement de la ligne 13 du métro à Chatillon-Montigny, à la gare SNCF de Viroflay - Nevers soit 14 km de longueur.

Cette ligne débouche en surface -7,5 km dans les Hauts-de-Seine -6,5 km dans les Yvelines soit 1,8 km de tunnel à Viroflay.

Avec 21 stations, 10 en surface et 7 en souterrain.

La fiche d'identité du tramway T6 :

- Maître d'ouvrage : Grand Ouest des Yvelines
- Maître d'œuvre : Groupement (SIS - Pierre Soudé) dirigé par Stéphane Joly - sous-traitant géotechnique : Suda
- Matériau de revêtement : BLD 846 HT
- Processus de coulage : Cast-in-situ
- Coordinateur SIS : PRESIDENTE
- Equipement spécifique : Bâtiment TP - station de lavage

2 - Site souterrain

In 2016, the new T6 tramway route will link the Métro line 13 terminus at Chatillon-Montigny to the SNCF rail station at Viroflay-Nevers about a distance of 14 km.

The line comprises:

- 7.5 km underground in Hauts-de-Seine
- 6.5 km in the Yvelines, including 1.8 km in a tunnel at Viroflay.

There are a total of 21 stations, 10 aboveground and 7 underground.

Tramway T6 key facts and figures:

- Client: Grand Ouest des Yvelines
- Contractor: SIS - Pierre Soudé
- The lead architect: Stéphane Joly
- Geotechnical subcontractor: Suda
- Road tender price: 486.1 million
- Hot recycling: HRT
- Inspection Bureau: G&S/Consult
- HSE Coordinator: PRESIDENTE
- Successful tender contractor: Bâtiment TP - station de lavage



TUNNELS ET GÉNIE SOUS-TERRAIN - n°208 - Mars 2018

EVALUATIONS TECHNIQUES AFTES PRODUITS INNOVANTS



Donne des indications aux Maîtres d'Œuvre sur la mise en œuvre de procédés d'étanchéité non visés par le F 67 Titre III ou par un Avis Technique CETU.

EXEMPLES D'EVALUATIONS AFTES S.E.P.C - JOINT DE VOUSOIRS ANCRE MIXTE



Système d'Etanchéité Projeté Confiné



**Joint de voussoirs ancré mixte
(compressible + hydroexpansif)**

REGLEMENTATION FRANCAISE

REFERENTIELS TECHNIQUES APPLICABLES

Référentiels	Organismes	Objets	Validité
AVIS TECHNIQUES	CETU	Démarche volontaire du producteur sur un procédé complet	5 ans (liste sur le site du CETU)
EVALUATIONS AFTES	AFTES COMITE TECHNIQUE /GT N°9	Démarche volontaire du producteur sur un procédé complet	5 ans (liste sur le site de l'AFTES)
CERTIFICATIONS DE SERVICE	ASQUAL	Certification des soudeurs de géomembranes synthétiques et bitumineuses	3 ans (liste sur le site de l'ASQUAL)
GUIDE DE BONNES PRATIQUES	AFTES COMITE TECHNIQUE	Bonnes pratiques pour l'étanchement des ouvrages souterrains	En cours – Cahiers par thème

ETANCHEMENT DES TUNNELS CHEBAP ENPC



➤ PROCÉDES D'ETANCHEMENT

Jean-Louis Mahuet - consultant - 16/12/2022

PROCEDES D'ETANCHEMENT UTILISES POUR LES TUNNELS CREUSES ET FORES

Abréviations / Sigles	Appellations normalisées
D.E.G - S / DEG -B	Dispositif d'Etanchéité par Géomembrane synthétique ou bitumineux
G.S.B	Géosynthétique Bentonitique
S.I.L	Système d'Imperméabilisation Liquide
S.E.L-A	Système d'Etanchéité Liquide - Armé

PROCEDES D'ETANCHEMENT UTILISES POUR LES TUNNELS CREUSES ET FORES

TYPE TUNNEL	PROCEDES	STATUTS
TUNNELS CREUSES	D.E.G SYNTHETIQUE	ETANCHEITE
	S.I.L	IMPERMEABILISATION
	S.E.L.-A	ETANCHEITE
	ENDUIT MINCE OU EPAIS	IMPERMEABILISATION
	ENDUIT MINCE MINERALISATION DU BETON	IMPERMEABILISATION
TUNNELS FORES DOUBLE ANNEAU	D.E.G SYNTHETIQUE	ETANCHEITE
	G.S.B	ETANCHEITE
TUNNELS FORES SIMPLE ANNEAU	JOINTS DE VOUSOIRS	IMPERMEABILISATION
	S.I.L	IMPERMABILISATION

ETANCHEMENT DES TUNNELS CHEBAP ENPC



➤ EXEMPLES D'APPLICATIONS TUNNELS CREUSES ET FORES

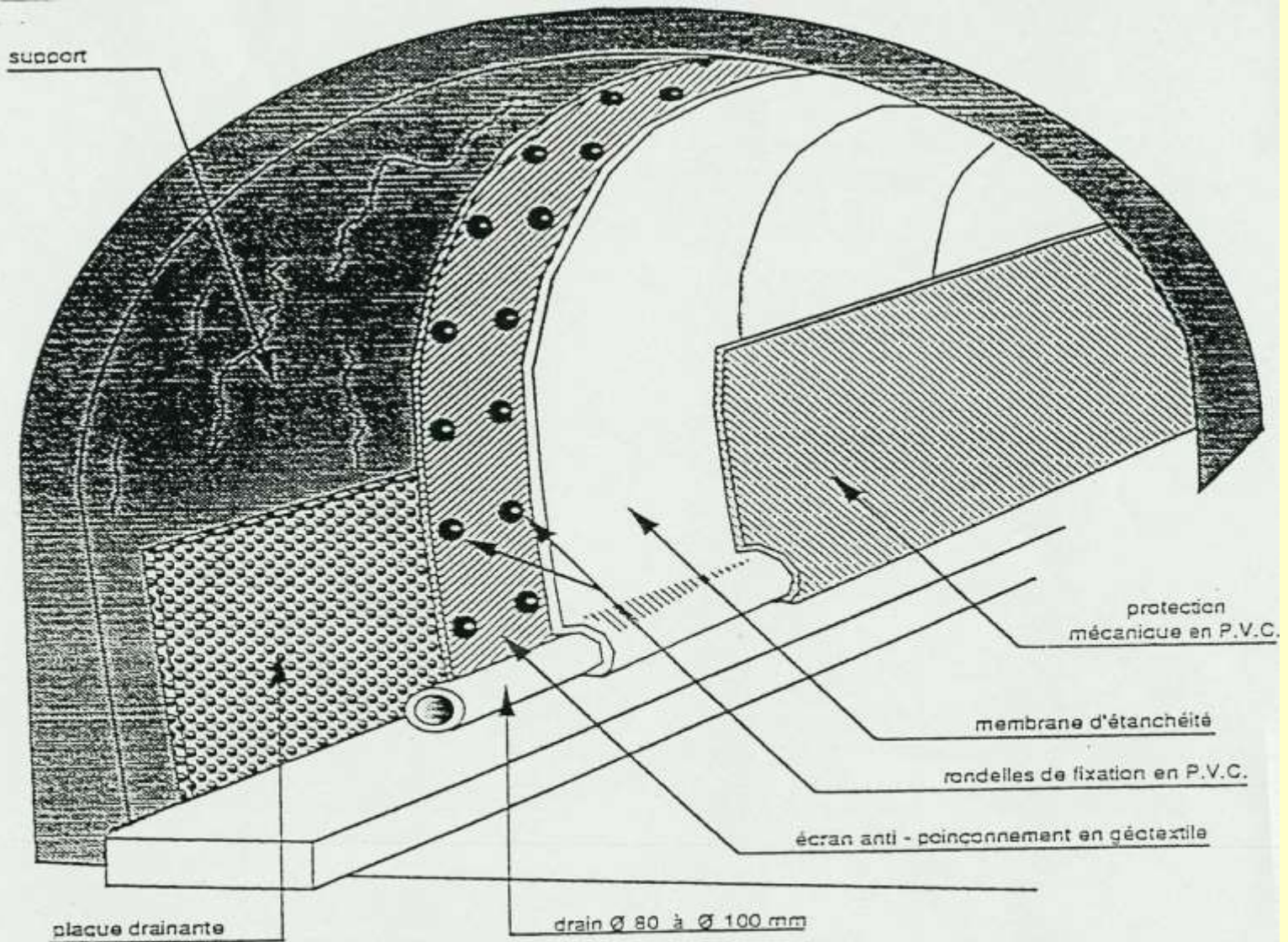
Jean-Louis Mahuet - consultant - 16/12/2022

TUNNELS CREUSES ET FORES

ETANCHEITE PARTIELLE
APPLICATION N°1 DE LA NORME
NF EN 13491

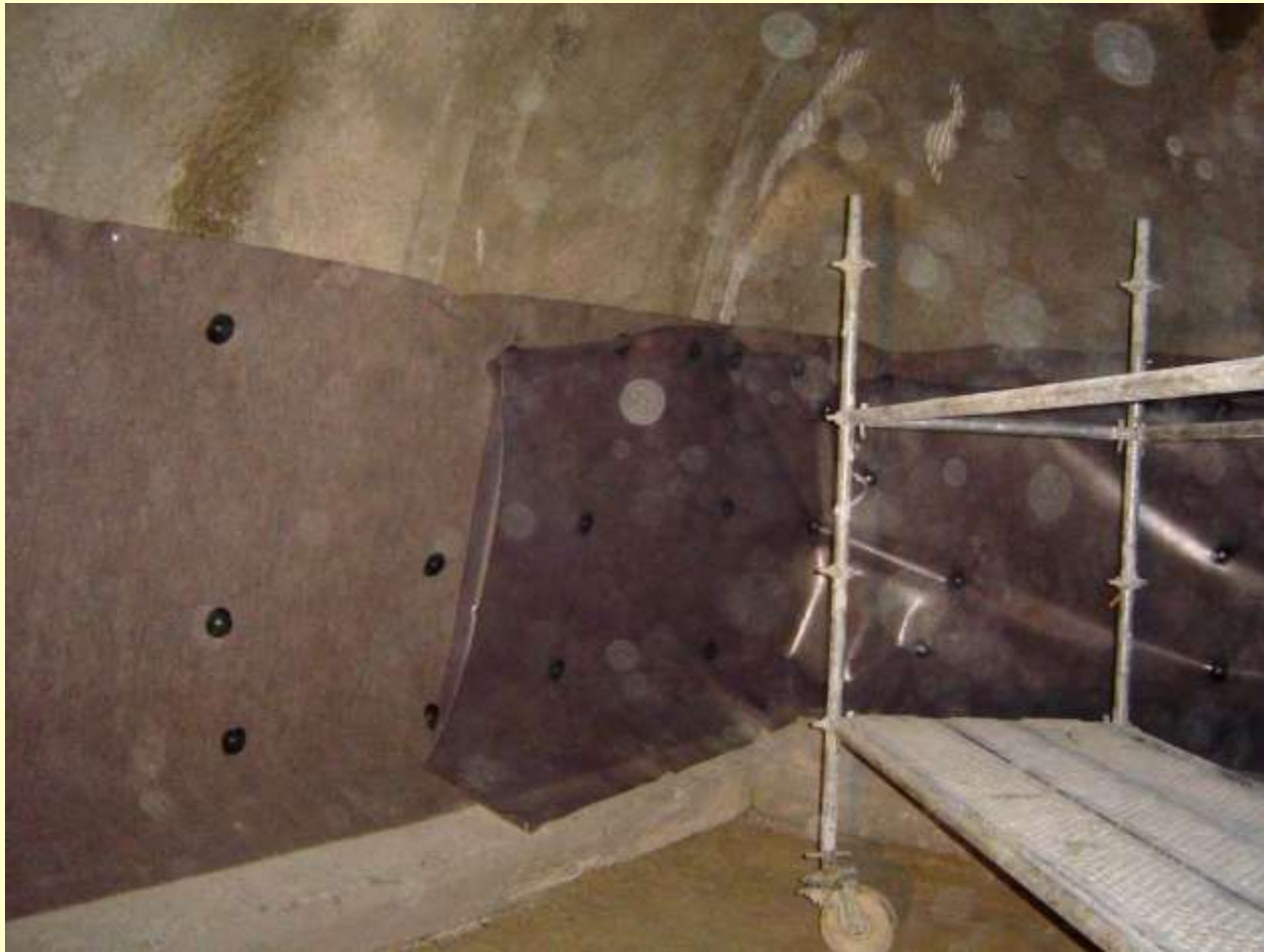
OUVRAGES HORS PRESSION HYDROSTATIQUE



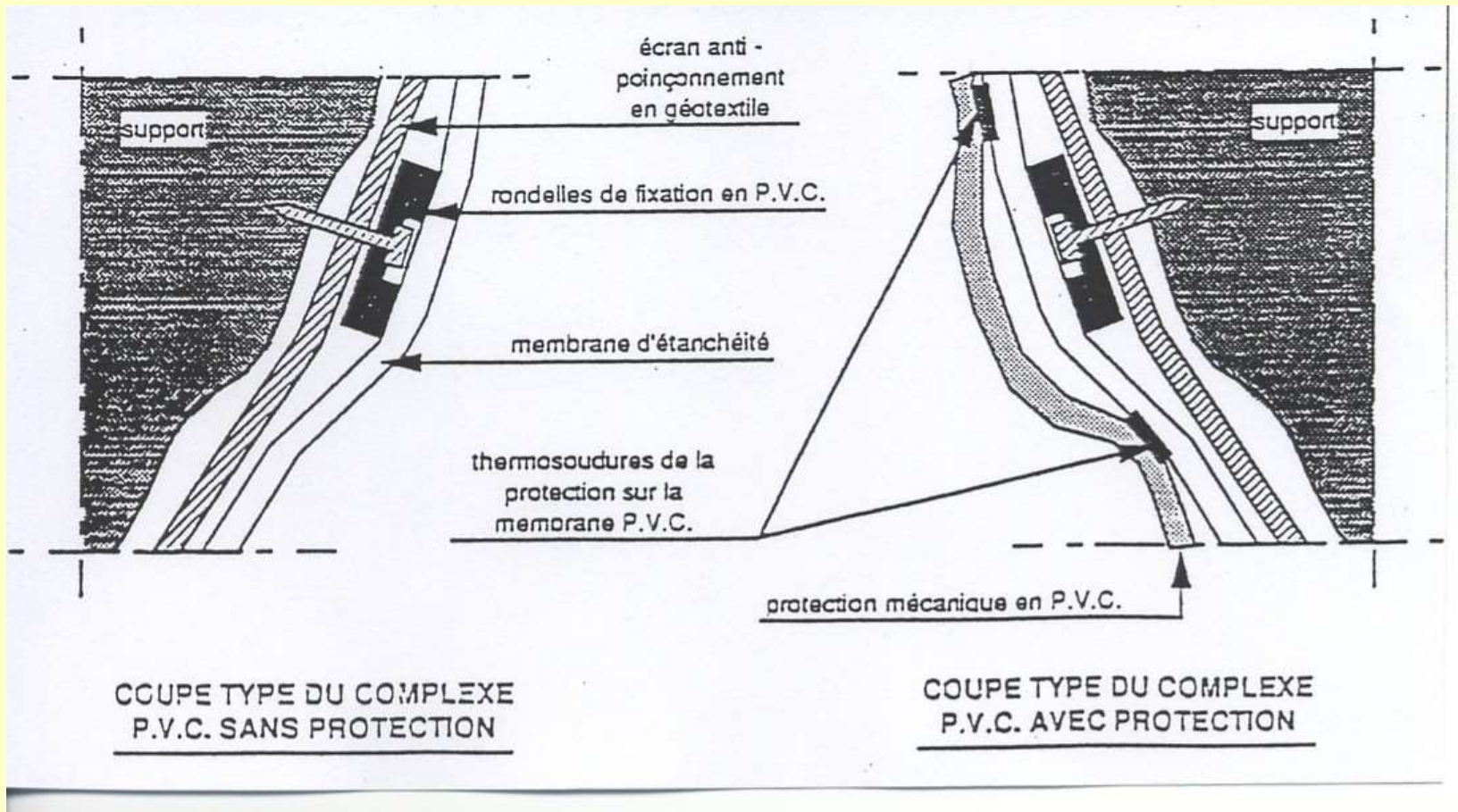


COUPE TYPE DE L'ETANCHEITE EN TUNNEL

FIXATION DU D.E.G.



DISPOSITIF DE FIXATION DU D.E.G



POSE DU D.E.G



Jean-Louis Mahuet - consultant -
16/12/2022

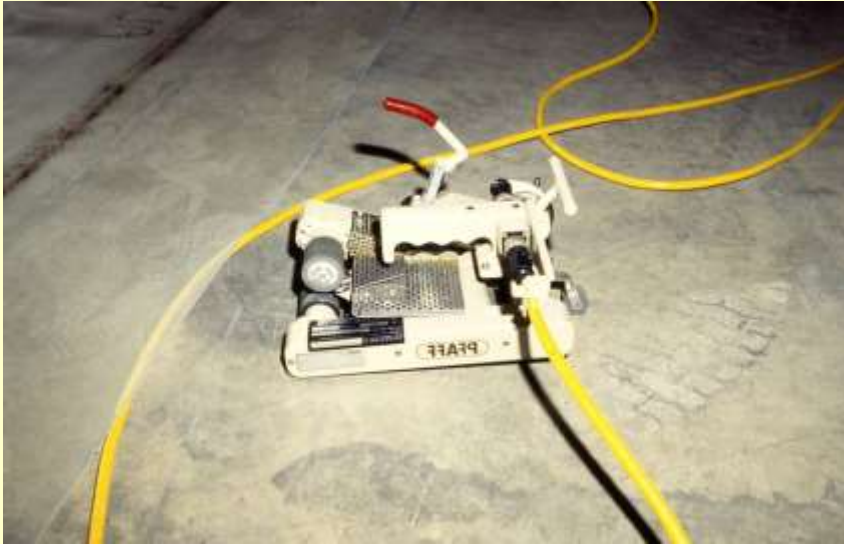
SOUDURE DU D.E.G.





DOUBLE SOUDURE ET GEOMEMBRANE TRANSLUCIDE

SOUDURE DU D.E.G.



SOUDURE AUTOMATIQUE LAME CHAUFFANTE



SOUDURE AUTOMATIQUE AIR CHAUD

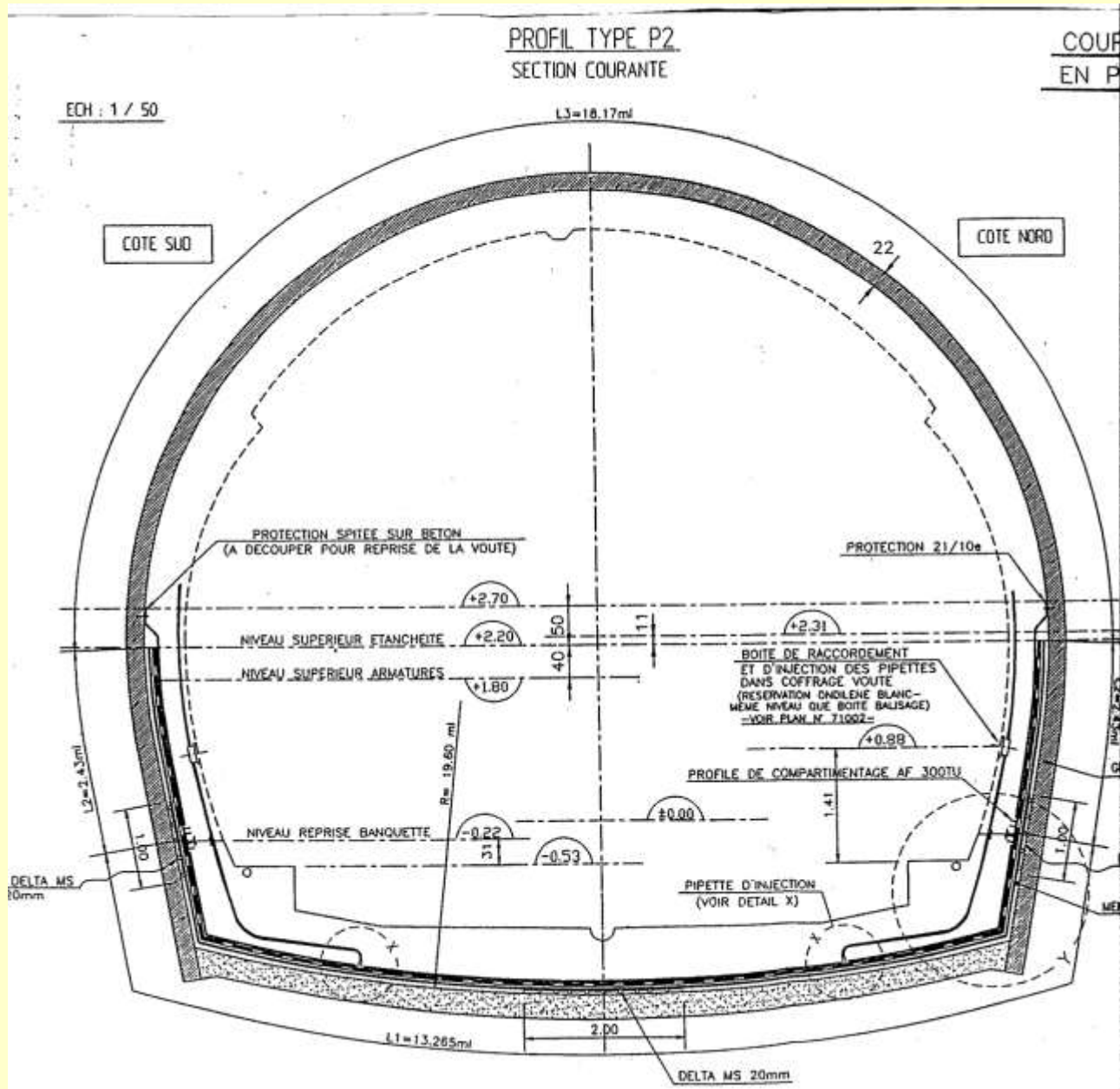
TUNNELS CREUSES ET FORES

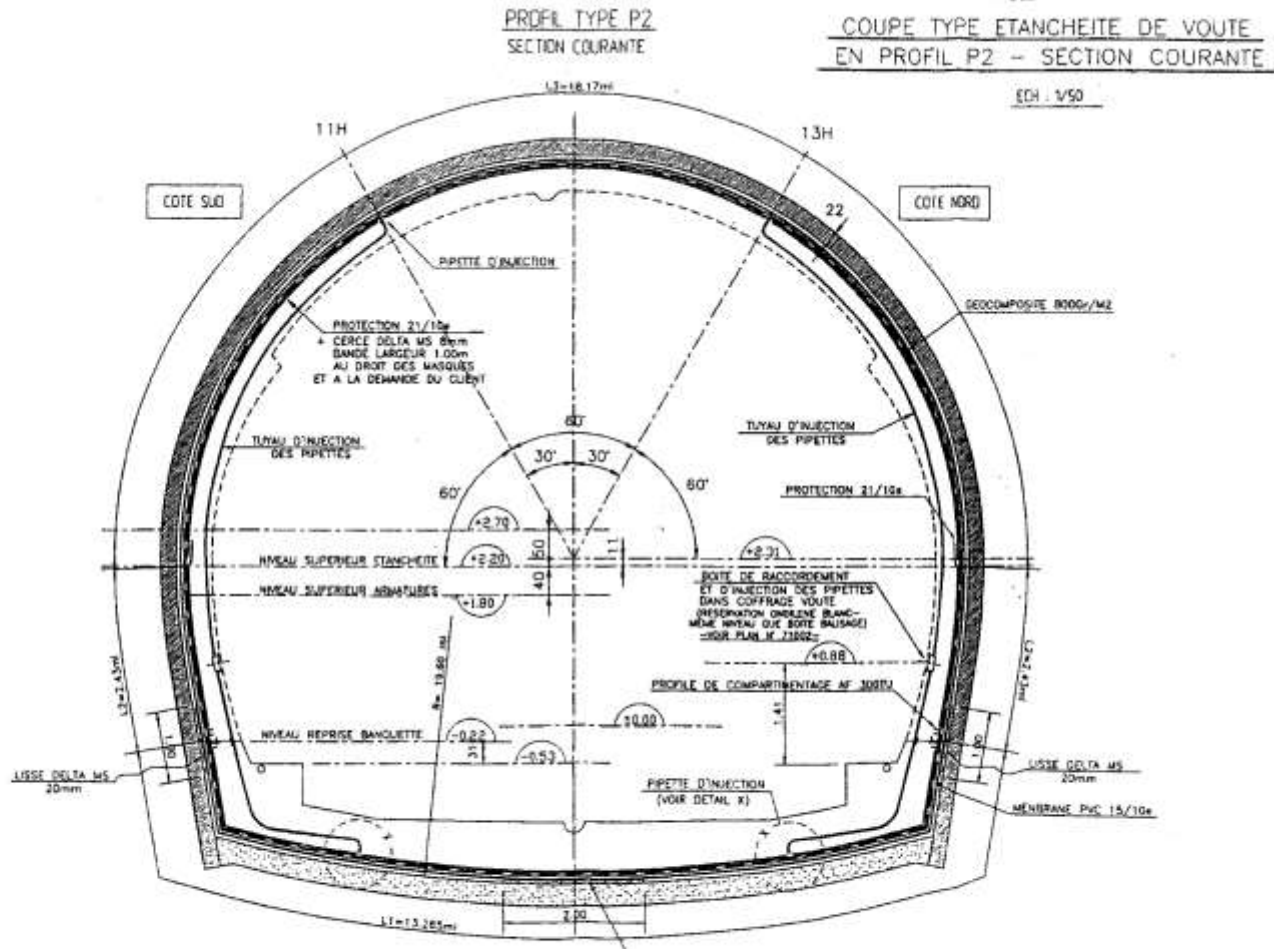
ETANCHEITE TOTALE

***APPLICATION N°2 DE LA
NORME NF EN 13491***

OUVRAGES SOUS PRESSION HYDROSTATIQUE







COUPE TYPE DE L'ETANCHEITE EN VOUTE
EN PROFIL P2 - SECTION COURANTE

RACORDEMENT D.E.G SUR TUNNEL VOUSSOIRS



RACORDEMENT D.E.G SUR TUNNEL VOUSSOIRS



RACCORDEMENT BRIDE/CONTRE BRIDE

RACORDEMENT TUNNEL VOUSOIRS SUR TYMPAN PAR SEL-A



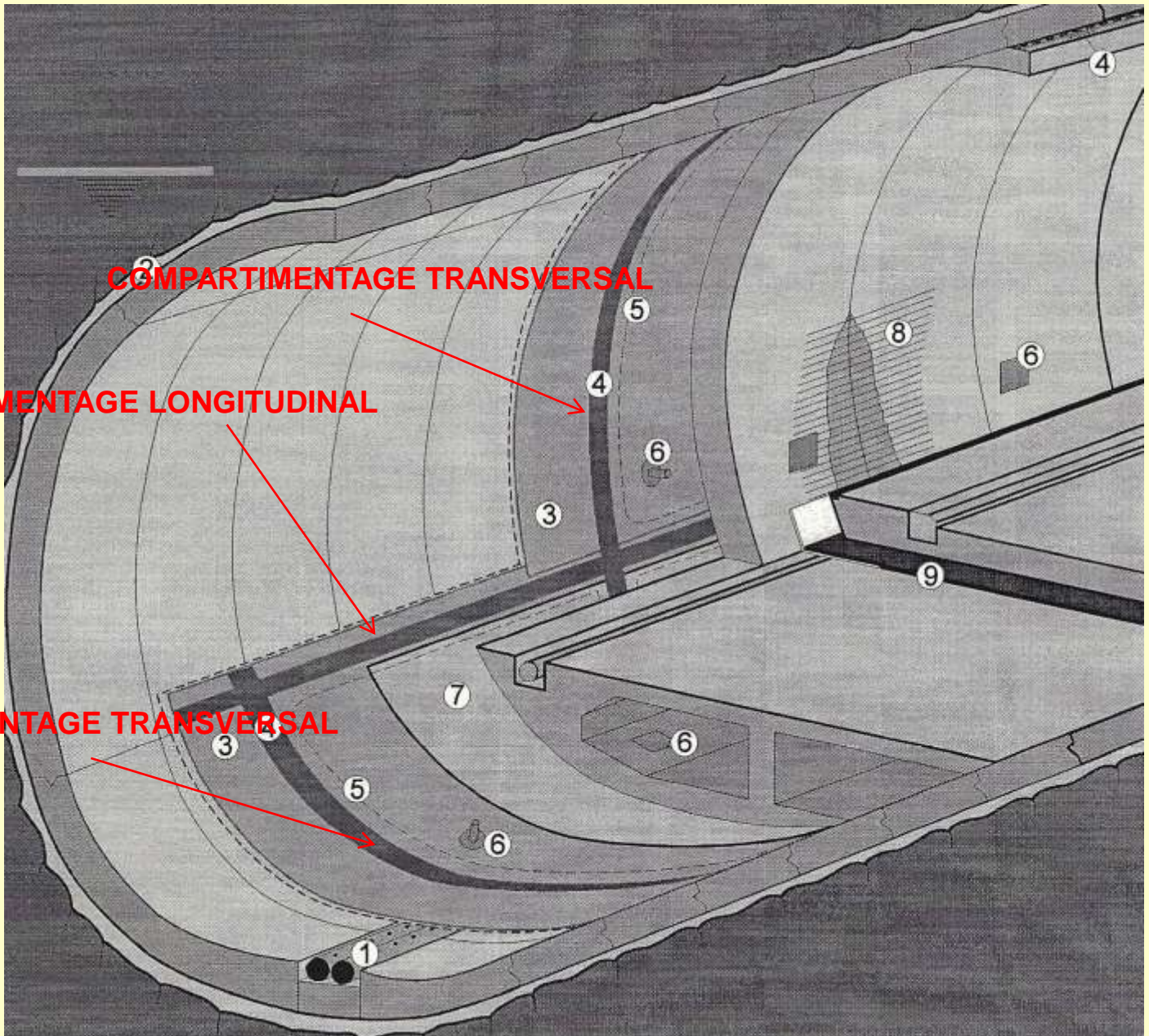
COMPARTIMENTAGE DE L'ETANCHEITE

T.O.S N° 130

TABLEAU N°3
DIMENSION DES PROFILES

Type de profilé	Tranchée couverte avec pression hydrostatique	Tranchée couverte avec partie d'ancrage hors pression hydrostatique	Tunnels creusés avec pression hydrostatique	Tunnels creusés sans pression hydrostatique	
				Support régulier	Support irrégulier
Profilé transversal de joint de dilatation radier - piédroit - voûte					
Profilé transversal de joint de dilatation dalle supérieure					
Profilé longitudinal inférieur					
Profilé longitudinal supérieur					
Profilé de compartimentage « relais »					
Profilé de compartimentage de réservations ou de pénétrations					
Profilé d'arrêt d'étanchéité supérieur du D.E.G.					
Profilé d'arrêt du D.E.G. à sceller dans une réservation					

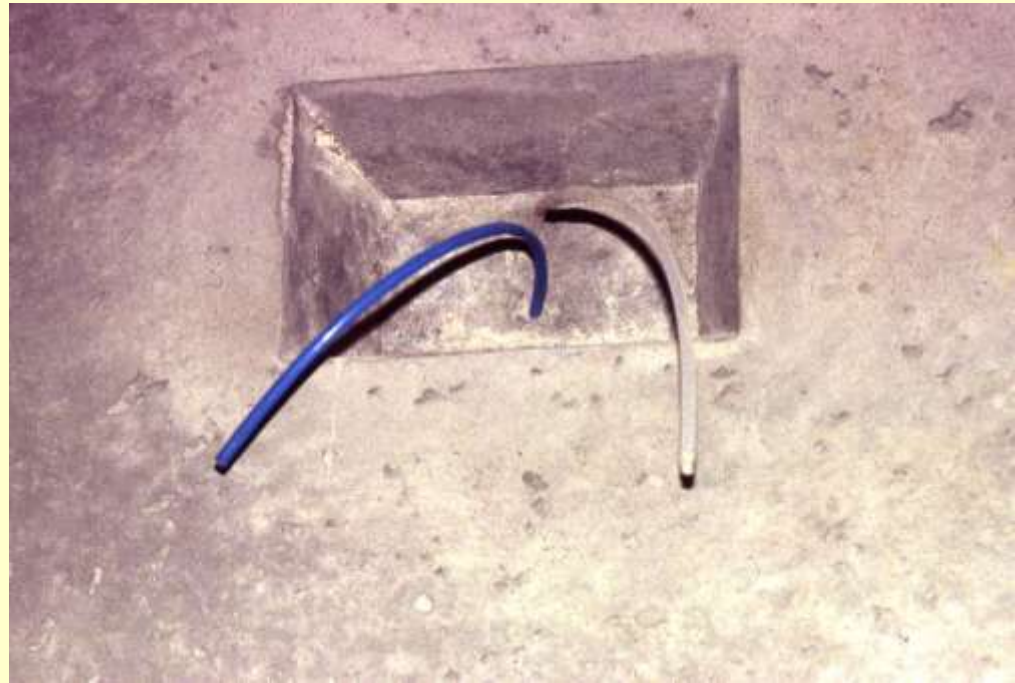
* arrêt du D.E.G. transversal et au droit d'ouvrages de raccordement (casquettes, usines de ventilation)



COMPARTIMENTAGE DE L'ETANCHEITE



BOITE DE CONTRÔLE ET D'INJECTION EN TUNNEL

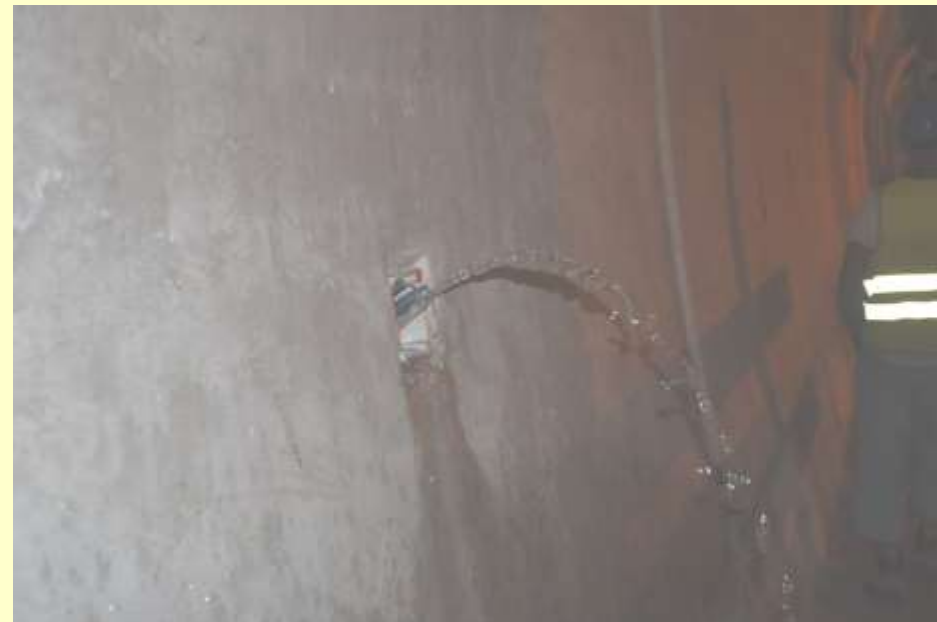


COMPARTIMENTAGE DE L'ETANCHEITE



PROFILES DE COMPARTIMENTAGE

FUITE DU COMPARTIMENTAGE



ESSAIS DE CONTRÔLE ET DE RECEPTION DES D.E.G.



ESSAIS SOUDURE



ESSAIS POINCONNEMENT STATIQUE

ESSAIS DE CONTRÔLE ET DE RECEPTION DES D.E.G.



CONTRÔLE PAR MISE EN PRESSION



CONTRÔLE « POINTE SECHE »

NOUVEAUX PROCEDES D'ETANCHEMENT UTILISES POUR LES TUNNELS CREUSES

TYPE TUNNEL	PROCEDES	STATUTS
TUNNELS CREUSES	S.E.P.C	ETANCHEITE
	S.E.L PROJETE SUR GEOTEXTILE	ETANCHEITE
	S.E.L-A	ETANCHEITE

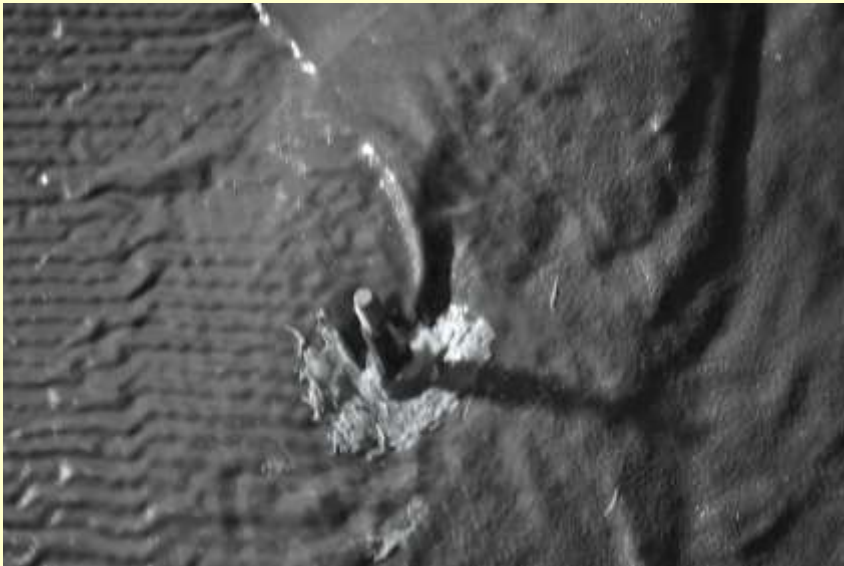
SYSTÈME D'ÉTANCHEITÉ PROJÉTÉ CONFINE – S.E.P.C

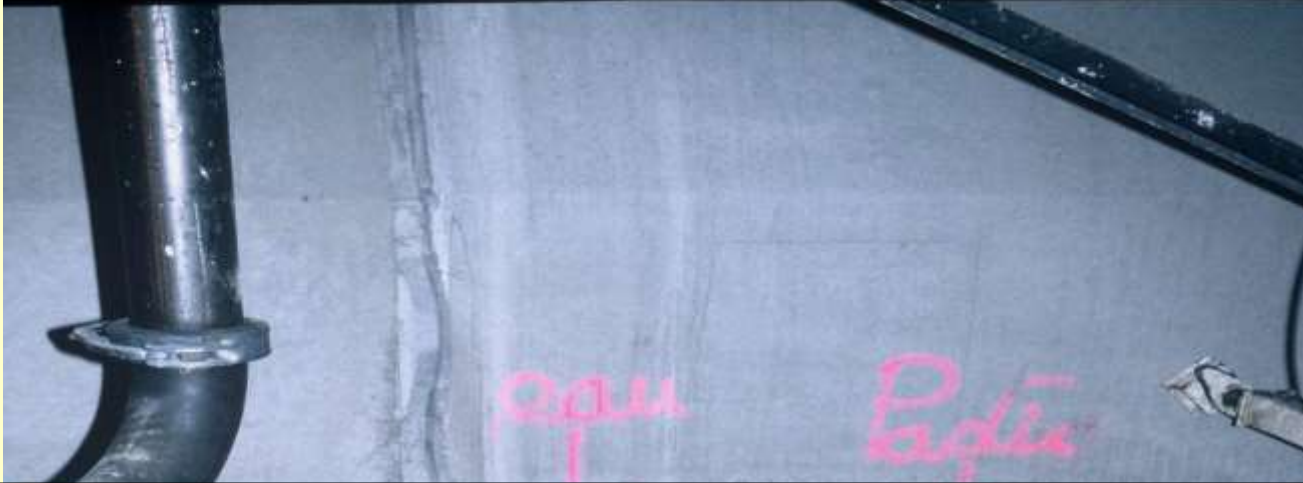


SYSTÈME D'ETANCHEITE LIQUIDE PROJETE SUR GEOTEXTILE



SYSTÈME D'ETANCHEITE LIQUIDE PROJETE SUR GEOTEXTILE





ETANCHEMENT PAR DRAINAGE DES OUVRAGES SOUTERRAINS



ETANCHEMENT PAR DRAINAGE SURFACIQUE



Drainage voûte



Raccordement géogrille

ETANCHEMENT PAR DRAINAGE SURFACIQUE



Drainage seul



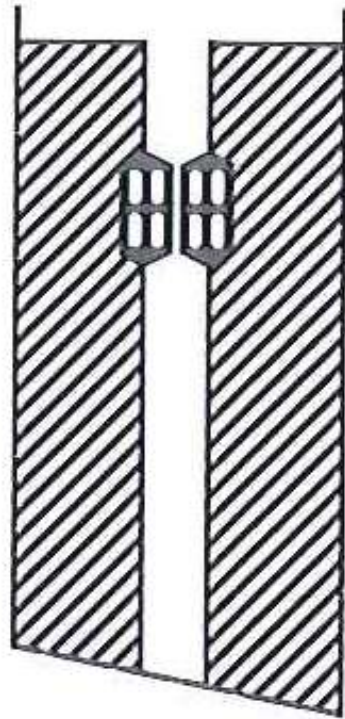
Drainage et étanchéité

ETANCHEITE TUNNELS FORES



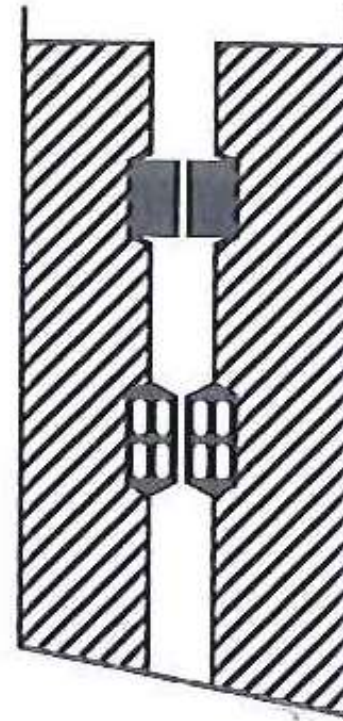
TUNNELS AVEC VOUSOIRS

TUNNELS FORES AVEC VOUSSOIRS BETON



Joint Hydro-expansif
ou compressible
Hydroexpansive or
compressible joint

Simple barrière d'étanchéité
Single waterproofing barrier



Joint Hydro-expansif
Hydroexpansive joint

Joint compressible
Compressible joint

Double barrière d'étanchéité
Double waterproofing barrier

SIMPLE BARRIERE D'ETANCHEITE



JOINT HYDROEXPANSIF



COLLAGE DES JOINTS



DETAIL COLLAGE DES ANGLES

ETANCHEITE TUNNELS FORES



JOINT D'ETANCHEITE DE VOUSOIRS

REFERENTIELS TECHNIQUES

ETANCHEITE TUNNELS FORES

nouveaux référentiels techniques

Avis Technique CETU



Guide pour l'instruction d'une demande d'avis technique



Spécifications des matériaux



6 - joint compressible pour voussoir de tunnelier

Commission plénière	Document de travail
	version n°1 : 24/10/2007
	version n° 2 : 13/11/2007
	version n°3 : 09/01/2008
	version n°4 : 18/02/2008
	version n° 5 : 11/06/2008
	version n°6 : 29/09/2008

ETANCHEITE TUNNELS FORES

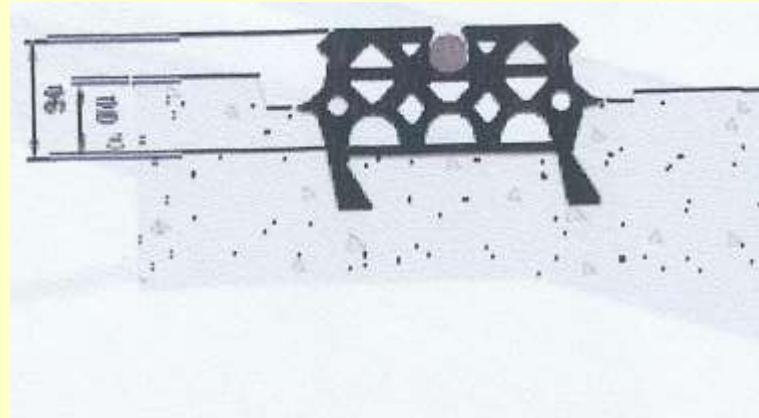
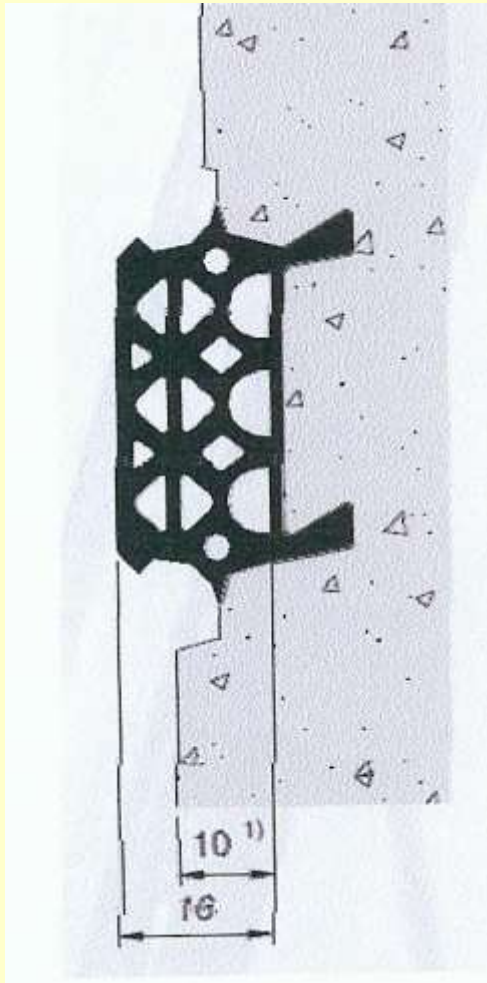
nouveaux référentiels techniques

Joint compressible pour voussoir

6/8

Désignation des essais		Spécifications	Méthodes d'essais	Commentaires
2.1.3.1	Dureté nominale - DIDC	60 à 90 +/- 5	ISO 48	Essai normal
2.1.3.2	Résistance à la traction	> 9 Mpa	ISO 37	L'éprouvette de type 2 est recommandée
2.1.3.3	Allongement à la rupture	> 175 %	ISO 37	
2.1.3.4	Résilience à T° ambiante		ISO 4662	
2.1.3.5	Déformation rémanente après compression	≤ 20 % (72h/23°C) ≤ 25 % (24h/70°C)	ISO 815	
2.1.3.6	Résistance à l'Ozone	Aucune craquelure visible à l'oeil	ISO 1431-1	50 ppcm ± 5 ppcm / 48 h Durée de pré-tention 20 % 72 ± 2 h
2.1.3.7	Altération après vieillissement dans l'air	7 jours à 70 °C	ISO 188	Suivant l'étuve normale
2.1.3.8	Variation de dureté maximum - DIDC	- 5 à + 8	ISO 48	
2.1.3.9	Variation de résistance à la traction maximum	-20 % à + 10 %	ISO 37	
2.1.3.10	Variation allongement rupture maximum	-30 % à + 10 %	ISO 37	
2.1.4	Performance du joint - profilé			
2.1.4.1	Écrasement	Valeur à fournir par le producteur	Méthode STUVA	Élément droit – Ofset = 0 200 mm – 50 mm/mn Quant justifié par le projet – mesure sur un élément d'angle sans variation d'Ofset
2.2	Exigences relatives à la mise en oeuvre			
2.2.1	Essais d'adhérence au support			Essais à réaliser en usine au collage du joint après le « séchage complet de la colle »
2.2.1.1	Traction cisaillement – condition normale	Valeur à fournir par le producteur		Température 20°C avec 80 % d'humidité
2.2.1.2	Traction cisaillement – condition limite			Température 5°C avec 80% d'humidité
2.2.2	Étanchéité sous contraintes normales	- Les graphes doivent	Méthode STUVA	Tests en T systématiques et en X facultatifs suivant

SIMPLE BARRIERE D'ETANCHEITE – JOINT MIXTE ANCRE



SIMPLE BARRIERE D'ETANCHEITE – JOINT MIXTE ANCRE

