

AVIS TECHNIQUE CETU

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

AT n° 19 - 04

Validité du : 11 / 09 / 2025
au : 10 / 09 / 2030

NOM DU PROCEDE : UG018A

-

ENTREPRISE : FAMA

Le procédé **UG018A** de l'entreprise FAMA entre dans la famille des joints compressibles ancrés d'étanchéité de voussoirs en béton armé. Il est mis en œuvre dans les tunnels neufs forés mécaniquement au tunnelier (avec ou sans pression d'eau).

L'étanchéité entre voussoirs est assurée par compression des joints annulaires et longitudinaux entrant en contact entre eux et sont maintenus comprimés pendant toute la durée de vie de l'ouvrage.

Le joint d'étanchéité **UG018A** en EPDM (hauteur = 14 mm, largeur = 26 mm) est posé dans des réservations au niveau des moules de fabrication des voussoirs, avant la mise en œuvre de la cage d'armatures et le coulage du béton. Le joint est intégré sur tout le périmètre de chaque voussoir.

La mise en œuvre du **joint UG018A** autour des voussoirs doit respecter le Cahier de Mise en Œuvre référencé dans l'AT CETU.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1 - IDENTIFICATION DU PROCEDE	3
1.1 Renseignements commerciaux.....	3
1.2 Définition, constitution et description du procédé	3
1.2.1 Rappel sur les structures relativement étanches.....	3
1.2.2 Composition du procédé	3
1.2.3 Caractéristiques du joint compressible ancré UG018A	4
1.2.4 Géométrie du joint UG018A.....	4
1.3 Domaines d'emploi – Limites et précautions d'emplois	5
1.3.1 Domaine d'emploi.....	5
1.3.2 Exigences du béton support	7
1.4 Dispositions prises par l'entreprise pour assurer la qualité de fabrication.....	7
1.4.1 Réception de la matière première	7
1.4.2 Processus et contrôles de fabrication	7
1.4.3 Contrôle des produits lors de l'emballage	8
1.4.4 Contrôles métrologiques des appareils de mesure et d'essai	8
1.5 Conditions particulières de transport, de stockage et de mise en œuvre du joint UG018A	9
1.5.1 Transport et stockage	9
1.5.2 Principe de mise en œuvre sur les voussoirs.....	9
1.6 Réparation du joint d'étanchéité.....	9
1.7 Prise en compte des exigences essentielles.....	10
1.8 Références	10
CHAPITRE 2 - ESSAIS DE CARACTERISATION.....	11
2.1 Éléments de caractérisation du procédé UG018A.....	11
2.2 Essais pour l'évaluation de l'aptitude à l'usage	11
CHAPITRE 3 - AVIS DE LA COMMISSION	14
3.1 Exigences générales du procédé.....	14
3.2 Géométrie.....	14
3.3 Exigence du matériau	14
3.4 Caractéristique du profilé - Performance.....	14
3.5 Exigence à la mise en œuvre des joints.....	15
3.6 Caractéristiques liées à la durabilité.....	15
3.7 Conclusions	16
3.8 Retours d'expérience	16

CHAPITRE 1 - IDENTIFICATION DU PROCEDE

1.1 Renseignements commerciaux

Le procédé « **UG018A** » est commercialisé par la société FAMA :

FAMA SRL
Adresse : 6 Via della Fossa
Zoppola (PN)
ITALIE
Téléphone : +39 (0434) 979792
Internet : www.famaspa.it

Les produits entrant dans la composition du procédé **UG018A** sont fabriqués à ZOPPOLA en Italie dans une installation de production certifiée ISO 9001 et avec un plan d'assurance qualité.

1.2 Définition, constitution et description du procédé

1.2.1 Rappel sur les structures relativement étanches

L'étanchéité des tunnels forés mécaniquement avec revêtement en voussoirs préfabriqués en béton armé est assurée par :

- Le voussoir lui-même pour lesquels il est important de limiter les possibilités de fissuration liée à des sollicitations temporaires (chocs thermiques, chocs accidentels lors de la manutention, poussée des vérins du tunnelier, injection du produit de bourrage, ...) ou définitives (fissuration liée aux sollicitations conjuguées de la nappe, du sol, des charges et surcharges internes, au vieillissement de l'ouvrage, ...). La formulation du béton armé constituant les voussoirs et leurs conditions de préfabrication doivent permettre de réduire le risque de dégradation.
- Les joints d'étanchéité entre voussoirs,
- Les inserts de contacts entre voussoirs et les dispositifs d'alignement qui doivent assurer la compression des joints et limiter le désaffleurement entre voussoirs.

Compte tenu des défauts possibles, le fascicule 67 titre III considère ces structures comme relativement étanches.

1.2.2 Composition du procédé

Le procédé **UG018A** appartient à la famille d'étanchéité des joints compressibles de voussoirs en béton armé (armatures et/ou fibres) tel qu'il est défini dans le fascicule 67, titre III du CCTG (version 2017). Il comprend :

Tableau 1 – Composition du procédé UG018A

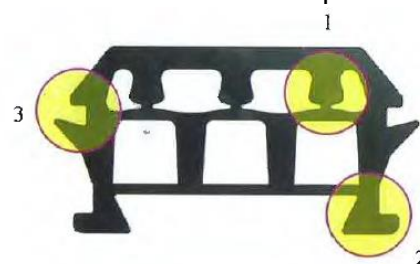
Produits et systèmes entrants dans la composition du procédé	Évalués par le présent AT CETU	Non évalués par le présent AT CETU
Joint compressible ancré UG018A : Le procédé UG 018A est un joint préformé en EPDM (éthylène propylène diène monomère). L'étanchéité entre voussoirs est assurée par compression des joints annulaires et longitudinaux entrant en contact entre eux et sont maintenus comprimés pendant toute la vie de l'ouvrage. Le joint élastomère est posé dans des réservations au niveau des moules de fabrication des voussoirs, avant la mise en œuvre de la cage d'armatures et le coulage du béton. Le joint est intégré sur tout le périmètre de chaque voussoir.	X	

1.2.3 Caractéristiques du joint compressible ancré UG018A

Le joint UG018A est fabriqué sous forme de cadre avec des angles vulcanisés. Chaque cadre doit être adapté aux dimensions de chaque type de voussoirs. Grâce à sa géométrie et sa structure interne particulière, il garantit une étanchéité hydraulique élevée.

Le joint compressible ancré **UG018A** est dit de 3^{ème} génération et est breveté au niveau de 3 points :

1. Design interne au joint permettant une meilleure mise en compression
2. Empattement d'ancrage dans le béton permettant une meilleure résistance à la déchirure pendant la pose des voussoirs
3. Intégration au moule permettant une installation plus simple dans le moule des voussoirs et plus stable lors du coulage du béton

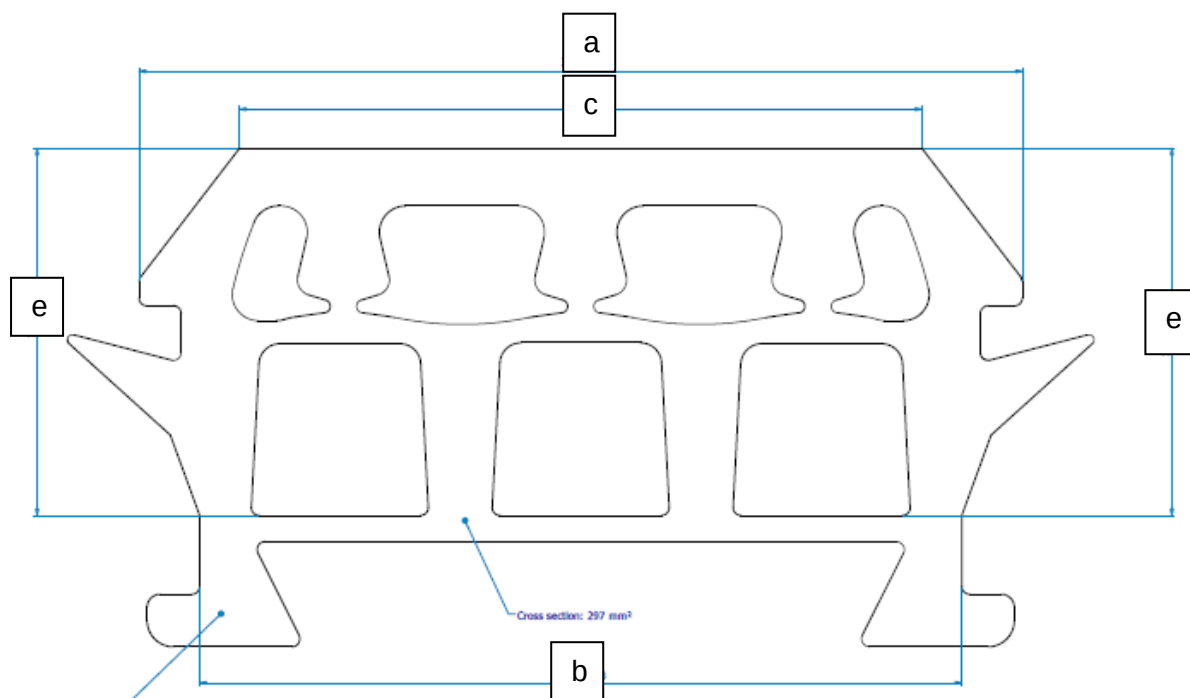


Le joint est ancré sur le périmètre de chaque voussoir. L'étanchéité relative est assurée par le contact des joints entre eux. Les joints sont identiques sur les parties annulaires et radiales des voussoirs.

1.2.4 Géométrie du joint UG018A

Les dimensions du joint sont les suivantes :

- Largeur maximale de contact (après compression) : $a = 33,6$ mm
 - Largeur en fond de gorge : $b = 29$ mm
 - Largeur minimale de contact : $c = 26$ mm
- A noter : Cette dimension est au moins égale au désaffleurement spécifié au marché.
- Hauteur totale (avant compression) : $d = 19$ mm
 - Hauteur hors empattement d'ancrage (avant compression) : $e = 14$ mm



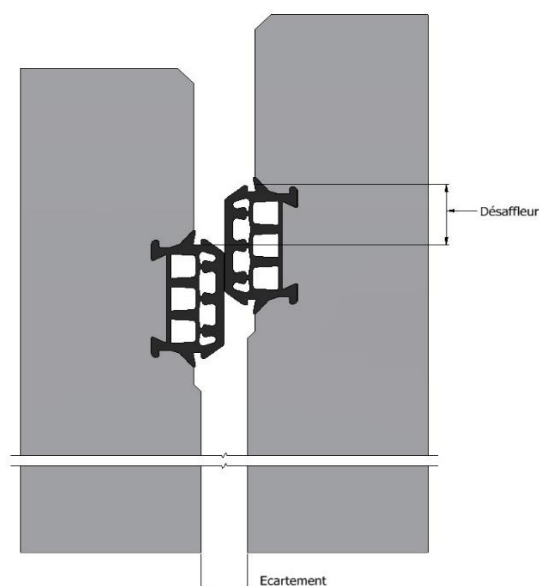
1.3 Domaines d'emploi – Limites et précautions d'emplois

1.3.1 Domaine d'emploi

Le procédé **UG018A** concerne l'étanchéité des joints entre voussoirs en béton armé, dans les tunnels neufs forés mécaniquement au tunnelier (avec ou sans pression d'eau).

Le procédé **UG018A** permet d'étancher les joints de voussoirs vis-à-vis des eaux de ruissellement ou d'une nappe phréatique.

L'étanchéité relative est assurée par le contact de 2 joints entre eux. Elle est optimum lorsque les voussoirs sont parfaitement alignés. Dans le cas contraire, la hauteur d'eau admissible décroît avec l'écartement (ou ouverture ou gap) et avec le décalage (ou désaffleurement ou offset) possibles des 2 faces de voussoirs.

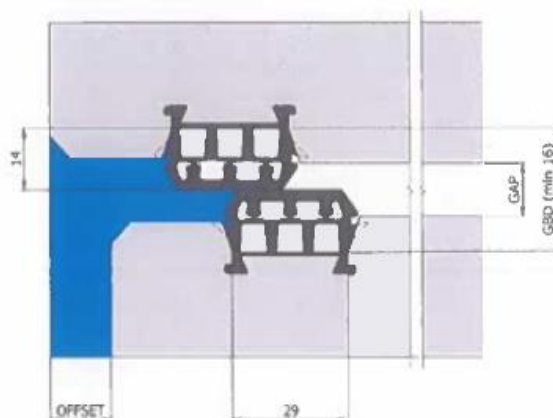
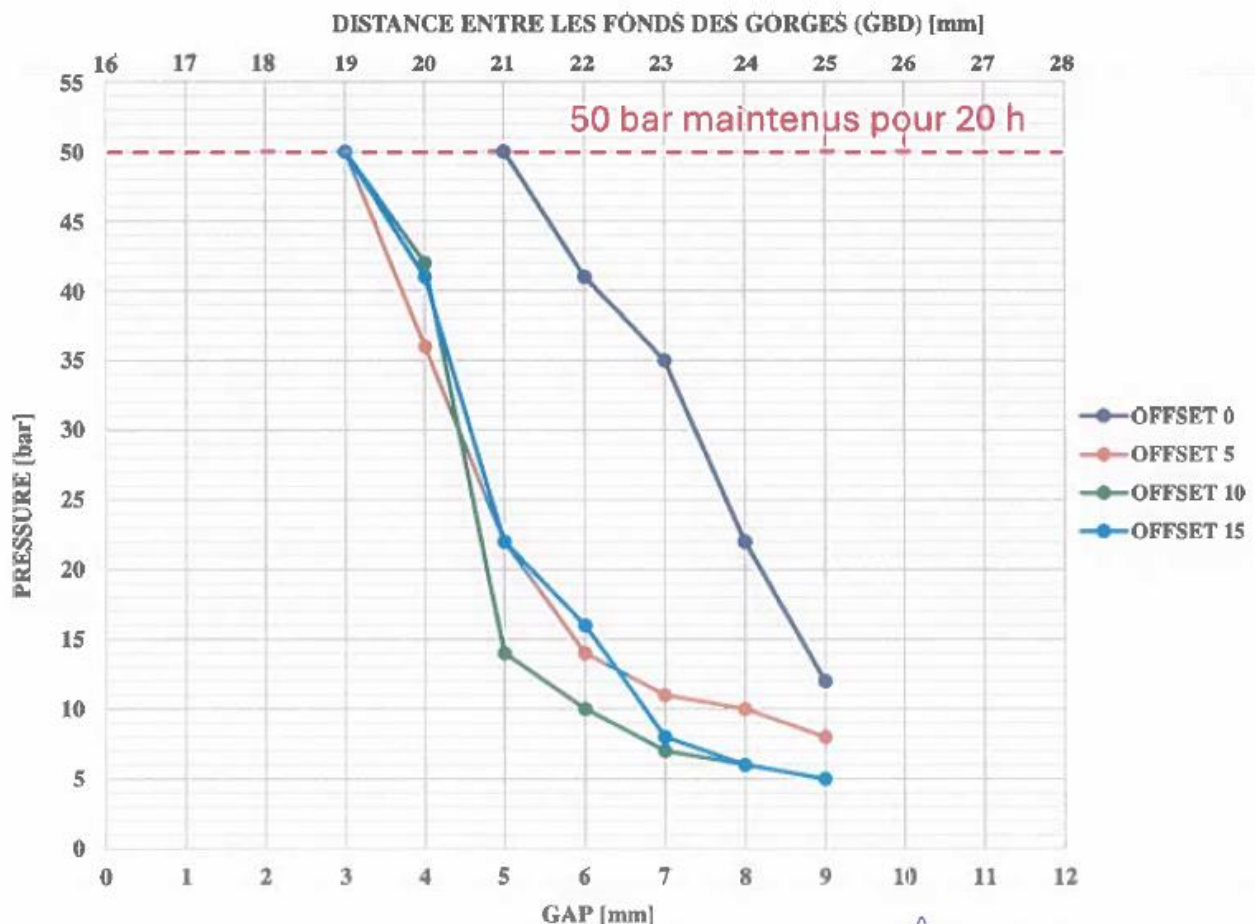


Conformément aux recommandations STUVA (« équivalent » allemand de l'AFTES), deux essais d'étanchéité par joint sont effectués et le résultat le plus discriminant est retenu. Les graphiques obtenus représentent le comportement du joint sous différentes pressions hydrostatiques, dans des configurations de joints non parfaitement alignés ni parfaitement comprimés et pendant un temps donné (jusqu'à 20 heures).

Les pressions obtenues lors de cet essai ne peuvent pas être considérées comme les pressions de service. La pression de service retenu est la moitié de la pression obtenue lors de l'essai.

Pour le joint **UG018A**, les pressions hydrostatiques obtenues lors des essais d'étanchéité (cf §3.4) sont affichées dans le graphique ci-dessous :

Figure 1 – Pression d'eau admissibles



Le tableau ci-dessous illustre ainsi les configurations d'essai (les plus discriminantes en termes de gap) auxquelles le joint assure l'étanchéité.

Offset (mm)	Gap (mm)	Pression hydrostatique (en m d'eau)
0	9	120
5	9	80
10	9	50
15	9	50

Pour rappel $H_{eau} = \frac{P}{g}$ avec H en mètre, P en bar et $g=9.81$

1.3.2 Exigences du béton support

Le joint **UG018A** est directement ancré dans un voussoir en béton armé.

Le béton utilisé pour la réalisation de voussoirs doit satisfaire simultanément à des critères spécifiques liés à la maniabilité (ouvrabilité), la résistance et la durabilité. D'une manière générale, sa conception et sa fabrication doivent suivre les recommandations de la norme NF EN 206/CN pour une durée d'utilisation de 50 ans, complété du fascicule 65 pour les ouvrages de durée d'utilisation de 100 ans.

1.4 Dispositions prises par l'entreprise pour assurer la qualité de fabrication

Les produits entrant dans le procédé **UG018A** sont fabriqués dans une usine à Zoppola en Italie avec un système de management de la qualité. L'entreprise FAMA SRL est certifiée ISO9001 pour les processus suivants :

- Conception et fabrication de systèmes d'étanchéité et de connexion, d'accessoires et de dispositifs.
- Conception et gestion de la production de voussoirs de tunnel.
- Fabrication de produits techniques en caoutchouc, plastique ainsi que la conception et production de moules.

1.4.1 Réception de la matière première

L'EPDM brut (d'origine uniquement italienne) est livré et stocké à l'usine dans l'attente de son utilisation. Il contient l'ensemble des composants (noir de carbone, agent vulcanisant, etc.) permettant de réaliser le joint d'étanchéité.

Le contrôle Qualité du matériau brut est réalisé dans le laboratoire interne et permet de vérifier les propriétés mécaniques de l'EPDM fourni (dureté Shore, allongement...). Chaque lot reçu est ainsi accompagné de sa fiche descriptive et d'un certificat d'analyse et de conformité.

1.4.2 Processus et contrôles de fabrication

La réalisation du profilé qui caractérise le joint pour voussoirs est obtenue par un processus d'extrusion à chaud et en continu d'un composant en EPDM. Le profilé extrudé est ensuite transporté par l'intermédiaire d'une ligne qui parcourt diverses stations (vulcanisation / refroidissement). Cette

étape permet d'atteindre les propriétés mécaniques finales du joint. Enfin, en bout de ligne, le joint est découpé à 45° à la mesure souhaitée et marqué pour identification unique.

Les différents dispositifs de production de l'installation sont ainsi :

- Le dispositif d'extrusion à chaud du profilé
- Le système de contrôle des dimensions de la section, à la sortie de l'extrudeur
- La ligne de vulcanisation et de refroidissement du profilé extrudé
- La station de coupe et de marquage
- La station de contrôle des caractéristiques du procédé fini (en condition de service)
- La console centrale d'enregistrement des paramètres de fabrication et de contrôles réalisés sur l'ensemble de la chaîne

4 joints (représentant chacun un côté d'un voussoir) sont ensuite assemblés et soudés dans les angles pour former un cadre compatible avec la géométrie du voussoir.

Les contrôles effectués dans le processus de fabrication sont les suivants :

- Température de l'environnement de travail
- Paramètres généraux d'extrusion (température, vitesse)
- Dimensions de la section extrudée (contrôle en continu avec l'instrument ZUMBACH *)
- Forme et géométrie (avec projecteur de profil par échantillonnage)
- Caractéristiques rapides du produit fini (contrôle visuel général, longueur des découpes, contrôle de leur marquage)
- Propriétés mécaniques du produit fini par échantillonnage toutes les heures et envoi au laboratoire interne FAMA (Dureté Shore, poids, résistance en compression, tenue hydraulique...)

(*) Pendant le processus d'extrusion, le profilé est mesuré avec un système de mesures sans contact appelé ZUMBACH PROFILEMASTER qui contrôle certaines dimensions spécifiques de la section du joint. L'instrument effectue 10 échantillonnages par seconde sur le profil en mouvement et ces enregistrements sont ensuite regroupés et segmentés selon des schémas d'analyse préconfigurés par FAMA et archivés par le système lui-même. Chaque semaine, les données stockées par le système sont exportées vers les archives du système de gestion de l'entreprise.

1.4.3 Contrôle des produits lors de l'emballage

Lors de l'emballage carton, les contrôles portent sur :

- La correspondance entre le code produit inscrit sur le joint et sur l'étiquette de l'emballage
- L'aspect visuel du produit
- La conformité visuelle des soudures des angles moulés
- Les éventuelles déformations d'emballage

Il s'agit d'un contrôle statistique effectué fréquemment par le responsable du contrôle qualité qui analyse le produit fini pendant le processus de production et avant son emballage. La fréquence et l'importance du contrôle sont définies dans les procédures internes. Les enregistrements des contrôles effectués sont consignés dans le certificat de qualité.

1.4.4 Contrôles métrologiques des appareils de mesure et d'essai

La procédure PQ09 du système de gestion FAMA décrit en détail comment les instruments de mesure sont gérés et contrôlés dans l'entreprise. Ceux-ci sont divisés en outils pour soutenir l'action ponctuelle de la personne chargée des contrôles, tandis que d'autres sont des instruments électroniques qui agissent en temps réel tout au long des processus de fabrication, en enregistrant

les données dans des archives et des rapports spécifiques. Tous ces instruments sont correctement étalonnés et contrôlés en respectant les fréquences établies auprès d'organismes certifiés.

1.5 Conditions particulières de transport, de stockage et de mise en œuvre du joint UG018A

Les spécifications suivantes sont précisées dans le Cahier de pose de l'entreprise FAMA référencé n° RTC 168.20.3.0 FR.

1.5.1 Transport et stockage

Le produit n'est pas concerné par des restrictions de transport propre aux produits dangereux. Les conditions de transport et de stockage des produits sont renseignées dans la fiche technique d'information. De manière générale, le transport et le stockage doivent être effectués au sec.

Lors du transport, les joints sont conditionnés dans des conteneurs adaptés posés sur palette afin d'en faciliter la manutention. Chaque envoi est identifié et référencé dans un document papier qui permet de contrôler avec les étiquettes collées sur les conteneurs les produits expédiés.

Il faut s'assurer qu'aucun produit incompatible avec EPDM soit mis en contact pendant le transport (huiles minérales, solvants pétroliers...). Il faut également éviter le contact avec des acides ou bases fortes.

Le stockage ne peut pas durer plus de quelques mois pour éviter les déformations dues au conditionnement à l'intérieur de l'emballage. Selon l'expérience de FAMA, ces déformations se récupèrent, mais sur une longue durée. A noter : L'EPDM est insensible aux rayons UV.

1.5.2 Principe de mise en œuvre sur les voussoirs

A réception à l'usine de fabrication des voussoirs, les joints (sous forme de cadre) doivent être sortis de leur emballage et laisser à l'air libre dans un local à température ambiante pendant un certain temps afin que le joint retrouve sa forme et éviter ainsi toute déformation dû au conditionnement pour le transport. Une température de relaxation du matériau à une température de 20°C est nécessaire. Une déformation lors du transport et une mise en place trop rapide sur les moules pourrait engendrer un mauvais clipsage du joint sur ces derniers.

Une fois placé dans la gorge du moule à voussoirs, le joint ne doit pas présenter d'ondulation à sa surface. Les zones d'angle devront être attentivement surveillées. Une graisse aqueuse peut être utilisée pour le démoulage.

Après coulage du béton, le joint ne doit pas être noyé dans le béton, ni en sortir. Le joint ne doit pas présenter de déchirure ni de laitance de ciment à sa surface.

1.6 Opérations après pose du joint d'étanchéité

1.6.1 Précautions à prendre

Dans la phase de manutention des voussoirs, il est primordial d'éviter tout contact avec le joint afin d'éviter un endommagement.

Pendant l'assemblage des voussoirs, afin de faciliter le contact joint / joint entre les différents segments, les frottements peuvent être réduits grâce à l'utilisation d'agent lubrifiant adapté. L'utilisation de graisse organique n'est pas autorisée.

1.6.2 Réparation du joint d'étanchéité (avant mise en place des voussoirs)

Le Cahier de pose de FAMA (n° n° RTC 168.20.3.0 FR) décrit de façon détaillée les modalités de réparation pour les dommages les plus fréquents.

Les travaux de remise en état des joints peuvent être effectués après le démoulage des voussoirs et/ou pendant la phase de stockage, avec un délai suffisant avant la mise en place des voussoirs.

1.7 Prise en compte des exigences essentielles

Le procédé **UG018A** satisfait pendant toute sa durée de vie aux exigences du règlement UE N°305/2011 du 09/03/2011 établissant des conditions harmonisées de commercialisation des produits de construction.

Les exigences relatives à la stabilité mécanique et à la durabilité sont prises en compte au chapitre 2 du présent Avis Technique.

En l'état actuel de nos connaissances et à la date de rédaction du présent avis, les constituants du procédé ne portent pas préjudice à l'hygiène et l'environnement dans les conditions d'utilisation respectant les fiches de données de sécurité.

1.8 Références

Depuis 2014, à travers le monde, environ 4 570 000 ml de joint **UG018A** ont été posés pour un linéaire d'environ 98 km de tunnels.

En France, cela représente environ 640 000 ml de joint **UG018A** pour un linéaire d'environ 11 km.

CHAPITRE 2 - ESSAIS DE CARACTERISATION

2.1 Éléments de caractérisation du procédé UG018A

Tableau 3 - Caractéristiques d'identification du procédé

Caractéristiques		Unité	Norme	VNAP* avec [Plage de tolérance admise]**	PV ***
Géométrie	Largeur minimale de contact	mm	NF ISO 3302-1 Tolérance : classe E2	26 [24,7 ; 27,3]	26
	Epaisseur minimale hors empatement (non compressé)			14 [13,2 ; 14,8]	14
Matière (EPDM)	Dureté nominale	DIDC	NF ISO 48-2	75 [70 ; 80]	76,2
	Résistance à la traction	MPa	NF ISO 37	> 9	9,3
	Allongement à la rupture	%	NF ISO 37	>200	308
	Altération après vieillissement dans l'air (7 jours à 70°C)		Vieillissement selon NF ISO 188		
	• Variation de dureté maximum DIDC	DIDC	NF ISO 48-2	Variation [-5 ; +8] unité de la valeur initiale	76,6
	• Variation de résistance à la traction maximum	MPa	NF ISO 37	[-20 % ; +10%] de la valeur initiale	7,5
	• Variation allongement rupture maximum	%	NF ISO 37	[-30 % ; +10 %] de la valeur initiale]	-2,9

*VNAP : Valeur Nominale Annoncée par le Producteur

** Plage de tolérance admise : Plage annoncée par le Producteur, éventuellement corrigée par les spécifications du référentiel « Joint compressibles »

*** PV : Procès-Verbal d'essais réalisés par un laboratoire extérieur ou réalisé en interne sous supervision d'un laboratoire extérieur (cf. § 2.2).

2.2 Essais pour l'évaluation de l'aptitude à l'usage

Pour cette évaluation la société FAMA a réalisé ou fait réaliser les essais conformément aux exigences du fascicule 67 titre III du CCTG et du guide d'instruction des demandes d'Avis Technique CETU. À la demande de la Commission, les essais ont été effectués selon les normes d'essais et conditions définies dans le référentiel des spécifications des matériaux pour un procédé d'étanchéité de **joints compressibles de voussoirs** (version n°12 du 03/12/2020). Par anticipation de la révision de ce référentiel (en cours), certaines caractéristiques et essais correspondants ont été modifiées. Ces dérogations apparaissent en bleu dans le tableau 4 suivant.

Tableau 4 - Récapitulatif des essais réalisés sur le procédé UG018A

Caractéristiques	Méthodes d'essais	Références du rapport d'essai	Date du rapport d'essai
Type de produit	Joint compressible ancré en EPDM		

Caractéristiques	Méthodes d'essais	Références du rapport d'essai	Date du rapport d'essai
Caractéristiques géométriques			
Largeur minimale de contact	NF ISO 3302-1 Tolérance : classe E2	Mesures_Zumbach.pdf	14/02/2017
Epaisseur minimale (hors empâtement)	NF ISO 3302-1 Tolérance : classe E2	Mesures_Zumbach.pdf	14/02/2017
Caractéristiques du matériau EPDM			
Dureté nominale	NF ISO 48-2	Rapport_CERISIE.pdf	30/08/2024
Résistance à la traction	NF ISO 37	Rapport_CERISIE.pdf	30/08/2024
Allongement à rupture	NF ISO 37	Rapport_CERISIE.pdf	30/08/2024
Déformation rémanente après compression	NF ISO 815-1		
• $\leq 20\%$ (72h/23°C)		Rapport_CERISIE.pdf	30/08/2024
• $\leq 25\%$ (24h/70°C)		Rapport_CERISIE.pdf	30/08/2024
Résistance à l'ozone	NF ISO 1431-1	Rapport_CERISIE.pdf	30/08/2024
Altération après vieillissement dans l'air	NF ISO 188		
• Variation de dureté maximum - DIDC	NF ISO 48-2	Rapport_CERISIE.pdf	30/08/2024
• Variation de résistance à la traction maximale	NF ISO 37	Rapport_CERISIE.pdf	30/08/2024
• Variation allongement rupture maximum	NF ISO 37	Rapport_CERISIE.pdf	30/08/2024
Performance du profilé			
Force de réaction à l'écrasement	Recommandation STUVA Table 2 n°6.1 (*)	1.4.1_Rapport_Catas.pdf	31/03/2025
Force de réaction à l'écrasement après vieillissement – Essai jugé non pertinent car non représentatif de la réalité des contraintes appliquées au joint	Recommandation STUVA Table 1 n°6.1	-	
Etanchéité sous contraintes normales	Recommandation STUVA Table 2 n°9 (*)	1.4.3_Bureau_veritas.pdf	22/10/2024
Etanchéité sous contrainte de température plus élevée (essai optionnel)	Recommandation STUVA Table 2 n°9 (*)	1.4.4_Essai_30° C.pdf	29/05/2025
Mise en œuvre			
Adhérence au support (essai uniquement pour les joints collés)	NF ISO 813	-	
Caractéristiques liées à la durabilité			
Etanchéité après vieillissement (100 jours à 110°C et/ou 35 jours à 130°C) – Essai actuellement informatif pour juger de sa pertinence	Recommandation STUVA Table 2 n°9 (*)	Essai informatif en cours	
Relaxation	NF ISO 3384-1	3.2-PV_CERISIE.pdf	08/05/2025
Résistance aux eaux acides et basiques (essai optionnel)	NF ISO 1817	-	

Caractéristiques	Méthodes d'essais	Références du rapport d'essai	Date du rapport d'essai
Caractéristiques d'identification pour contrôles sur chantier (écarts admissibles sur VNAP)			
Géométrie du joint : • Largeur minimale de contact • Hauteur minimale (hors empâtement)	NF ISO 3302-1 Tolérance : classe E2	Mesures_Zumbach.pdf	14/02/2017
Performance du matériau : • Dureté nominale Shore DIDC • Résistance à la traction • Allongement à la rupture	NF ISO 48-2 NF ISO 37 NF ISO 37	Rapport_CERISE.pdf	30/08/24
Performance du matériau : Altération après vieillissement dans l'air : • Variation de dureté nominale Shore DIDC • Variation de résistance à la traction • Variation d'allongement à la rupture	NF ISO 48-2 NF ISO 37 NF ISO 37	Rapport_CERISE.pdf	30/08/24

(*) Pour mémoire : Les essais STUVA sont définis dans le Guide « Recommendation for Gasket Frames in Segmental Tunnel Linings » (2019)



Le Directeur de la Société demanderesse soussigné ou son représentant autorisé **atteste l'exactitude des renseignements fournis dans les chapitres 1 et 2 du présent avis.**

Date : Le ... 28.10.2025

Signature :

FAMA
HIGH INTENSITY OF INNOVATION
Managing Director

CHAPITRE 3 - AVIS DE LA COMMISSION

Le procédé présenté dans les chapitres précédents a été examiné par la Commission "Étanchéité des ouvrages souterrains" comprenant des représentants des Maîtres d'Ouvrage et Maîtres d'Œuvre, des Laboratoires, du CETU et de la Profession. Ils représentent les organismes et les syndicats suivants : AFAG, AFPGA, AFTES, ANEPE, APRODEG, APSEL, CEREMA, CSFE, CETU, EDF, OFFICE DES ASPHALTES, RATP, SFEC, SIAAP, SNCF, SN FORES, SNMI, SYNTEC et SYSTRA.

Les paragraphes suivants exposent les résultats des essais laboratoires relatifs au procédé **UG018A**, démontrant la conformité aux exigences du référentiel d'essais établi par la commission des Avis Techniques CETU.

3.1 Exigences générales du procédé

Documents de références : fascicule 67 titre III du CCTG, guide pour l'instruction d'une demande d'avis technique et dossier technique à l'appui de la demande d'avis.

Nota : l'appréciation est faite dans un contexte d'utilisation en France Métropolitaine. Pour un usage dans d'autres contextes (DROM-COM par ex) : consulter le Secrétariat.

3.2 Géométrie du joint

Le joint **UG018A** doit avoir une largeur minimale de 14 mm (+/- 0.8 mm) et une épaisseur minimale (hors empâtement) de 26 mm (+/- 1.3 mm). Ces dimensions sont vérifiées à l'aide d'une machine de mesure sans contact (scanner).

Les dimensions du joint sont supérieures aux valeurs minimales demandées.

3.3 Exigences du matériau EPDM

Le matériau EPDM utilisé pour la fabrication des joints doit satisfaire à différents essais de dureté, de résistance à la traction et d'allongement à la rupture. Les essais relatifs à ces grandeurs donnent des valeurs conformes aux valeurs attendues par les exigences du référentiel.

Les essais de déformations rémanentes après compression pendant 72h à 23°C et pendant 24h à 70°C sont conformes aux exigences.

Le test de résistance à l'ozone ne décèle aucune craquelure visible à l'œil nu.

Les variations lors des essais de dureté, de résistance à la traction et d'allongement à la rupture après vieillissement de 7 jours à 70°C sont conformes aux exigences du référentiel.

3.4 Caractéristiques du profilé - Performances

Force de réaction à l'écrasement :

L'évaluation du comportement en charge du joint est primordiale pour la conception et l'assemblage des voussoirs car les profilés doivent intentionnellement être comprimés jusqu'à la distance

minimale en fond de gorge. L'évaluation de l'effort de compression permet de dimensionner la résistance des systèmes de liaisons.

La méthode d'essai n°6.1 du tableau 2 du Guide STUVA permet de mesurer la force de réaction à l'écrasement du procédé **UG018A**. Cette valeur est intrinsèque au procédé (Moy = 59 kN/m) et n'a pas de valeur cible à atteindre.

Étanchéité :

Comme indiqué au § 1.3, la méthode d'essai n°9 du Tableau 2 du Guide STUVA permet de mesurer les pressions hydrostatiques admissibles du joint **UG018A** sous contraintes normales. Les valeurs obtenues sont intrinsèques au procédé et il n'y a pas de valeur cible à atteindre.

Pour rappel, cet essai est réalisé à l'aide d'un montage en T matérialisant un calepinage de voussoirs. Le banc d'essai se compose de deux parties en angle droit et d'un couvercle plat dans lequel est monté un cadre de joints. Ainsi 4 angles de joints à 90 ° peuvent être testés. Pour matérialiser l'ouverture, le banc d'essai comporte des cales. Pour matérialiser le décalage, une partie d'angle est décalée.

Le joint **UG018A** a été testé avec des pressions allant jusqu'à 50 bars et avec les décalages et écartement suivants : Offset 0 / Gap 9-8-7-6-5, Offset 5 / Gap 9-8-7-6-5-4-3, Offset 10 / Gap 9-8-7-6-5-4-3, Offset 15 / Gap 9-8-7-6-5-4-3. Les résultats obtenus sont détaillés au §1.3.



A noter : Ce même essai a été appliqué au procédé **UG018A** avec une contrainte de température plus élevée pendant l'essai (30°C). Les résultats sont également satisfaisants.

3.5 Exigence à la mise en œuvre des joints

La mise en œuvre des joints **UG018A** ancrés dans les voussoirs ne présentent pas de difficulté particulière si le cahier de pose FAMA est soigneusement respecté.

3.6 Caractéristiques liées à la durabilité

Étanchéité après vieillissement :

Comme indiqué ci-dessus, la méthode d'essai n°9 du Tableau 2 du Guide STUVA permet de mesurer les pressions hydrostatiques admissibles du joint **UG018A** sous contraintes normales. Or, dans cet essai lié à la durabilité, le joint est préalablement vieilli suivant différents paramètres (en cours de définition). Cet essai exploratoire est en cours avec FAMA. Il permettra de statuer sur la pertinence et le maintien (ou pas) de cet essai dans le futur référentiel AT lié aux joints de voussoirs.

Relaxation :

La relaxation des contraintes représente la diminution des forces induites par le joint au fil du temps. Les performances d'étanchéité peuvent s'en trouver amoindrie.

L'essai de relaxation suivant les exigences du référentiel permet de mesurer la variation d'effort (ou de contraintes) au cours du temps (à 7 jours et 28 jours). Les résultats sont ensuite extrapolés à 100 ans à l'aide d'équations logarithmiques (A noter : Cette durée peut être allongée sur des projets particuliers).

Les résultats de cet essai sur le joint **UG018A** sont conformes aux exigences du référentiel (diminution maximale de l'effort de 50 % à 100 ans).

3.7 Conclusions

L'ensemble des essais d'évaluation indique que le procédé répond aux spécifications fixées par les Fascicule 67 titre III et le guide d'instruction d'une demande d'Avis Technique CETU.

Pour ce procédé appartenant à la famille des joints compressibles ancré pour voussoirs de tunnels forés, le comportement des joints n'est satisfaisant que lorsque l'alignement avec le joint adjacent est suffisamment proche (en termes d'ouverture et de désaffleurement). Les défauts réduisent drastiquement les performances du procédé, sans que ce dernier ne soit obligatoirement en cause.

3.8 Retours d'expérience

Le retour d'expérience actuel sur le comportement en service de ce type de procédé fait ressortir l'importance de choisir un joint d'étanchéité aux dimensions compatibles avec les défauts d'alignement des voussoirs (gap et offset).

En cas de non-conformité des produits par rapport aux éléments donnés aux chapitres 1 et 2 ou en cas de difficulté à la mise en œuvre, il est demandé au Maître d'œuvre d'en informer le secrétariat de la Commission d'Avis Technique CETU.

Si au cours de l'exploitation d'un ouvrage, l'efficacité du procédé n'était pas jugée satisfaisante, le Maître d'Ouvrage est invité à la signaler au secrétariat de la Commission d'Avis Technique CETU.

Cet avis technique CETU permet aux maîtres d'ouvrages et aux maîtres d'œuvre de disposer d'éléments d'appréciation sur le comportement du procédé et d'informations sur son domaine d'application et ses conditions de mise en œuvre.

Il a été préparé sous la responsabilité d'une commission mise en place par le CETU, associant l'administration et la profession représentée par leurs syndicats. Le secrétariat et la présidence de cette commission sont respectivement assurés par le CETU et la profession.

Le document n'est valable que transmis dans son intégralité.

Cet AT est consultable sur : www.cetu.developpement-durable.gouv.fr

Pour tous renseignements sur le présent AT, contacter :

- Le fabricant signalé au § 1.1 de l'avis
- Le CETU : Responsable de la publication - 25, avenue François Mitterrand - 69500 BRON - Téléphone : 04.72.14.34.00
Mail : cetu@developpement-durable.gouv.fr