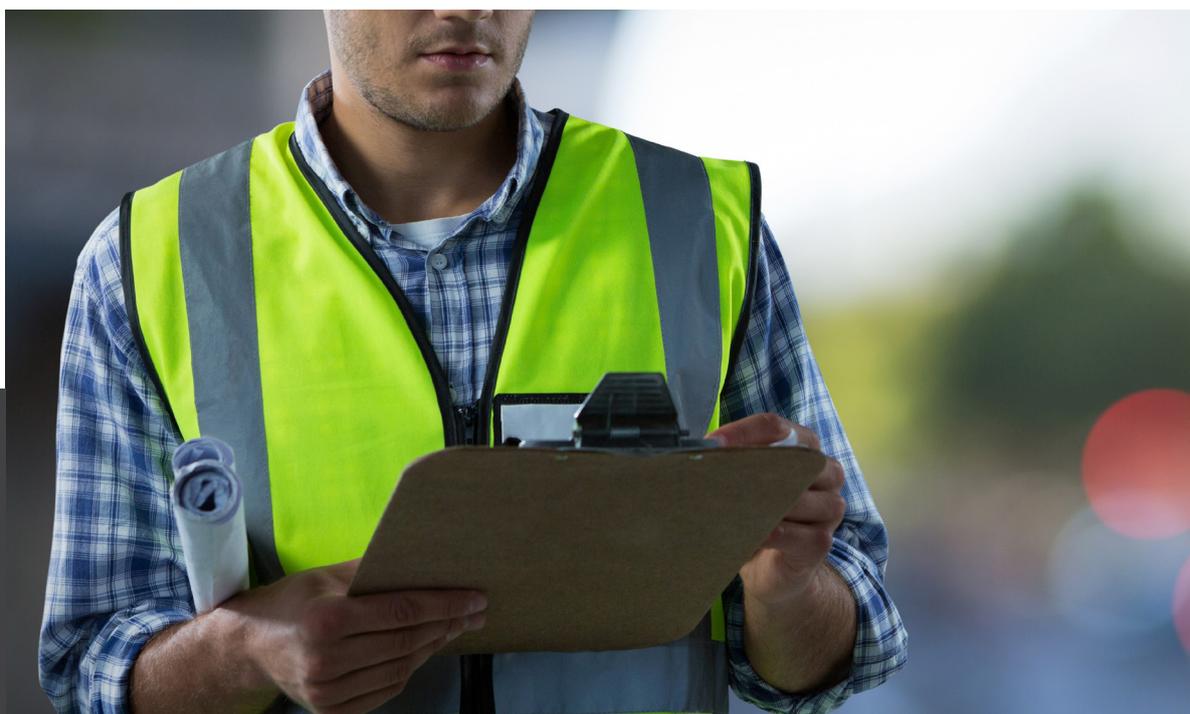




SYNDICAT DU GÉNIE CIVIL DE L'EAU
ET DE L'ENVIRONNEMENT



MÉTHODE M1

ESSAI GCEE

FASCICULE 74



ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ D'UN REVÊTEMENT
COMPOSITE ADHÉRENT (CAD) À SUIVRE LES
DÉFORMATIONS ADMISSIBLES DU SUPPORT BÉTON
PAR UN ESSAI DE TRACTION SUR FILM LIBRE



TABLE DES MATIÈRES

I.DOMAINE D'APPLICATION	3
II.DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	3
III.PRINCIPE DE L'ESSAI	4
IV.APPAREILLAGE	4
V.ÉPROUVETTES.....	5
V.1.Préparation	5
V.2.Nombre d'éprouvettes	5
VI.Mode opératoire.....	6
VI.1.Préparation de l'appareillage d'essai	7
VI.2.Paramètres d'essai	7
VI.3.Enregistrement des données.....	7
VII.CALCUL ET EXPRESSION DES RÉSULTATS.....	7
VII.1.Contrôle de l'éprouvette	7-8
VII.2.Contrainte.....	9
VII.3.Déformation	9
VII.4.Courbe Contrainte - Déformation.....	9
VII.5.Courbe Déformation - Temps.....	9
VII.6.Défaut.....	9
VII.7.Rapport d'essai.....	10
VIII.SPÉCIFICATION.....	10



I. DOMAINE D'APPLICATION

Le présent document spécifie une méthode de mesure des propriétés en traction d'un film libre de revêtement composite de résine thermodurcissable renforcée d'une armature textile (comprise entre 300 g/m² et 800 g/m²) adaptée de la méthode définie dans la norme NF EN ISO 527-4.

Note : Cet essai est un essai conventionnel. Il concourt avec les autres éléments de preuve (matrice EDP du Fascicule 74) à justifier qu'un procédé d'étanchéité de type CAD satisfait à sa fonction.

La présente méthode s'applique aux revêtements de type CAD qui assurent l'étanchéité à l'intérieur d'ouvrage de rétention et constitués par exemple :

- d'un primaire d'adhérence
- d'une couche composite étanche constituée :
 - d'une couche d'imprégnation
 - d'une armature de renfort
 - d'une couche de saturation
- d'une couche de finition

La composition du système utilisé est précisée dans l'essai.

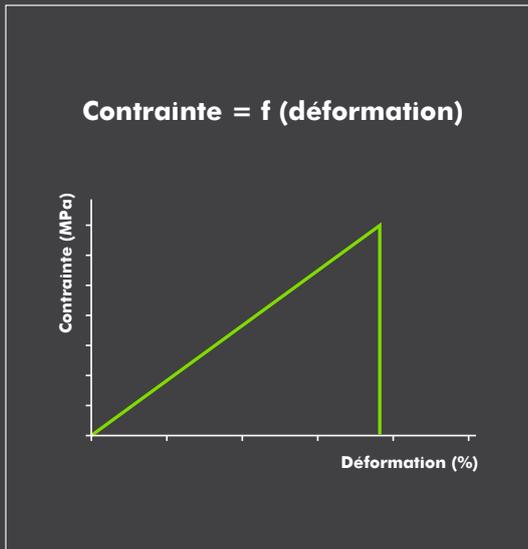
Note : Dans la présente méthode d'essai, le revêtement de type CAD est caractérisé en testant un film libre de la couche composite étanche.

II. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

■ **Norme NF EN ISO 527-1 :**
avril 2012 – Plastiques, Détermination des propriétés en traction,
Partie 1 : Principes généraux

■ **Norme NF EN ISO 527-4 :**
juillet 1997 – Plastiques, Détermination des propriétés en traction,
Partie 4 : Conditions d'essai pour les composites plastiques renforcés de fibres isotropes et orthotropes

III. PRINCIPE DE L'ESSAI



L'éprouvette subit une traction le long de son axe longitudinal principal à une vitesse constante de 2 mm/min jusqu'à apparition d'un défaut ou rupture de l'éprouvette. Au cours de ce mode opératoire, la contrainte et la déformation supportées par l'éprouvette sont mesurées.

Figure 1: Courbe type contrainte-déformation

IV. APPAREILLAGE

L'appareillage d'essai est constitué d'une machine de traction, conforme à l'ISO 7500-1 et à l'ISO 9513, pilotée en vitesse de déplacement des mors (mâchoire de serrage) et qui enregistre la force, avec une précision d'au plus 1 N, au cours de l'essai.

Les mors maintenant les éprouvettes doivent être fixés à la machine de façon à faire coïncider l'axe principal de l'éprouvette avec la direction de l'axe central de traction de l'ensemble du système de serrage. L'éprouvette doit être maintenue de façon à éviter tout glissement par rapport aux mors. Le système de serrage ne doit pas occasionner de rupture prématurée au niveau des mors.

Des dispositifs de mesures, type jauges de déformation ou extensomètres ou caméras et logiciel de stéréo-corrélation d'images 3D, sont utilisés pour mesurer la déformation du revêtement, localement ou sur la longueur / surface de référence à chaque instant de l'essai.



Figure 2 : Exemple d'appareillage

V.ÉPROUVETTES

V.1.PRÉPARATION

Les éprouvettes sont préparées selon la méthode suivante :

- application sur un support non adhérent (exemple : plaque téflon) de la couche composite constituant le revêtement de type CAD, c'est-à-dire couche d'imprégnation, armature de renfort et couche de saturation, et ce de la manière la plus homogène possible pour garantir une épaisseur constante.
L'éprouvette d'essai est un film libre de la couche composite étanche, sans les couches de primaire et de finition.
- les éprouvettes sont conditionnées pendant au minimum 7 jours à une température de $(+23 \pm 2)$ °C et une humidité relative de (50 ± 10) %.
- après polymérisation de la résine, réaliser la découpe des corps d'épreuves selon un format rectangulaire de 250 mm x 50 mm. L'axe de traction est préférentiellement l'axe faible du composite par rapport à la valeur de contrainte.
- pour améliorer le maintien de l'éprouvette dans les mors, les extrémités de l'éprouvette peuvent être renforcées par des talons (collés, fixés mécaniquement, réalisés en matériaux rugueux) ; en particulier avec l'emploi de mors à surface lisse (voir NF EN ISO 527-4 : 1997, Annexe A).

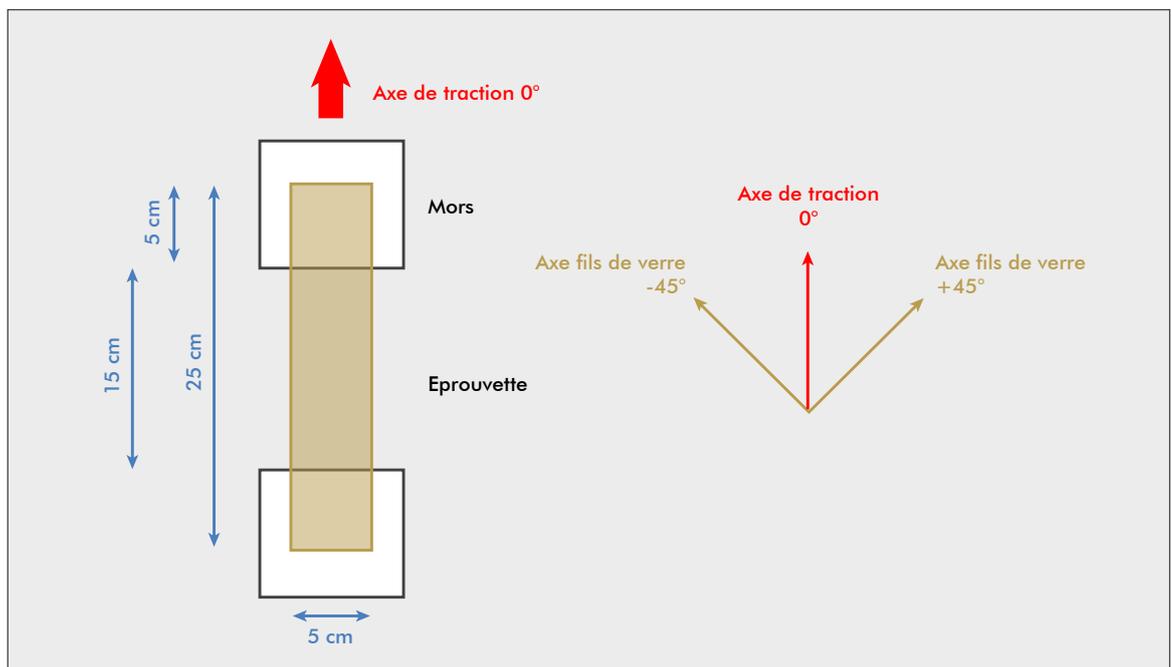


Figure 3 : Exemple de positionnement de l'éprouvette suivant l'axe faible d'un renfort bidiagonal

V.2.NOMBRE D'ÉPROUVETTES

Un nombre minimal de cinq éprouvettes doit être soumis à essai.

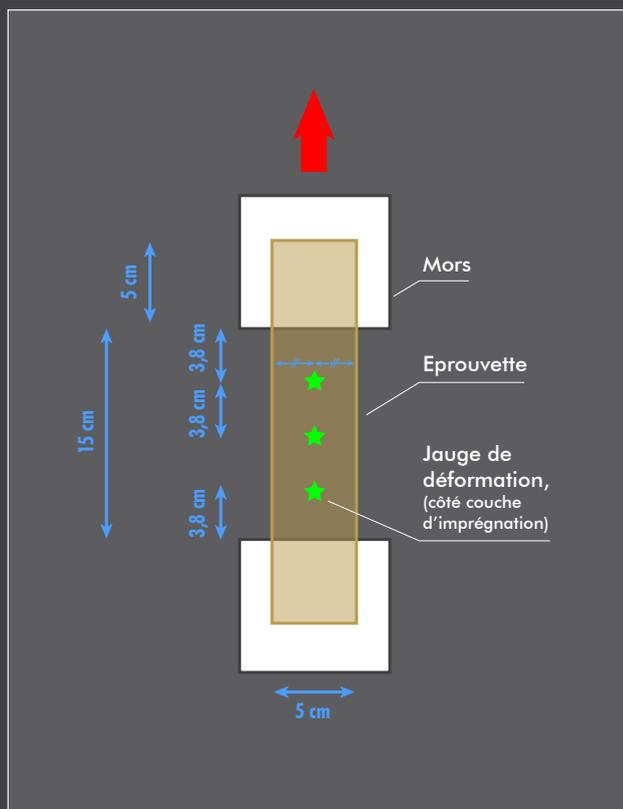


Figure 4 : Exemple de positionnement des jauges de déformation - Note : La tolérance de positionnement est de + ou - 5 mm.

VI. MODE OPÉRATOIRE

VI.1. PRÉPARATION DE L'APPAREILLAGE D'ESSAI

L'éprouvette est fixée dans le sens longitudinal à l'appareil de traction à l'aide de mors, en laissant une plage de mesure de 150 mm entre ces derniers.

Trois dispositifs peuvent être utilisés pour mesurer l'allongement ou la déformation :

(La mesure est effectuée du côté de la couche d'imprégnation.)

a) Trois jauges de déformation reliées à un système d'acquisition, afin de relever la déformation locale du revêtement au cours du temps (voir § 5.1.5.2 de la NF EN ISO 527-1). La position des trois jauges de déformation est indiquée sur la Figure 4 ci-contre.

b) Extensomètre de type sans contact (optique).

L'allongement du revêtement sur une longueur de référence L_0 est mesuré à l'aide d'un extensomètre relié à un système d'acquisition optique (voir § 5.1.5.1 de la NF EN ISO 527-1).

Il est exprimé comme la moyenne de 3 mesures par éprouvette.

c) Un système d'analyse par stéréo-corrélation d'images 3D, afin de calculer les déformations moyennes sur l'ensemble de la surface de référence en fonction du temps.

Remarque : La mesure de la déformation n'est pas réalisée à partir du déplacement des mors.

Placer l'éprouvette dans les mors en prenant soin d'aligner l'axe longitudinal de l'éprouvette avec l'axe de la machine d'essai. Serrer les mors progressivement et fermement pour éviter tout glissement de l'éprouvette et tout déplacement des mors pendant l'essai. La pression de serrage ne doit pas provoquer de cassure ou d'écrasement de l'éprouvette (conformément au § 9.3 de la norme NF EN ISO 527-1 : avril 2012).

L'essai est ensuite lancé à $(+23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ avec une vitesse de 2 mm/min : une courbe de montée en contrainte est tracée en fonction de la déformation. Les critères de réalisation sont compatibles avec les normes d'essais NF EN ISO 527-1 et NF EN ISO 527-4.

Un examen visuel de l'éprouvette (des 2 côtés) est réalisé tout au long de l'essai et les différents défauts observés (fissures, striction, écaillage ...) sont notés.



VI.2. PARAMÈTRES D'ESSAI

- Pré-charge : 100 N
- Vitesse de la pré-charge : 2 mm/min
- Fréquence d'acquisition force / contrainte et déformation : de 1 à 5 Hz
- Vitesse de l'essai : 2 mm/min
- Fin d'essai : L'essai est conduit jusqu'à observer une chute (ou plusieurs chutes successives) d'au moins 20% de la valeur de la contrainte.
- Température d'essai : Les éprouvettes sont conditionnées à la température d'essai (+23±2) °C avant les essais. L'essai est lancé après stabilisation de la température des éprouvettes et de l'appareillage d'essai à (+23±2) °C.

VI.3. ENREGISTREMENT DES DONNÉES

L'enregistrement des données de déformation et de force est conforme au § 5.1.6 de la norme NF EN ISO 527-1 : 2012.

VII. CALCUL ET EXPRESSION DES RÉSULTATS

VII.1. CONTRÔLE DE L'ÉPROUVETTE

La masse de l'éprouvette est déterminée avec une balance au mg près et comparée avec la masse théorique calculée à partir des consommations de résine et du grammage du renfort donnés par le fabricant.

$$m_{th} = \frac{\sum G_i}{S}$$

Avec
 m_{th} la masse théorique de l'éprouvette en gramme
 S la surface de l'éprouvette en m^2
 G_i la consommation de la couche de résine ou du tissu i en g/m^2

L'épaisseur de l'éprouvette est mesurée, au micromètre Palmer ou au pied à coulisse, sur au moins 5 points dans la zone sollicitée en traction. La moyenne, la valeur minimale, la valeur maximale, l'écart-type et l'écart à la valeur théorique (calculé à partir des consommations, grammages et masses volumiques donnés par le fabricant) sont précisés.

$$e_{th} = 10^{-3} \times \sum \frac{G_i}{\rho_i}$$

Avec
 e_{th} l'épaisseur théorique de l'éprouvette en mm
 ρ_i la masse volumique de la résine ou du renfort i en g/cm^3
 G_i la consommation de la couche de résine ou le grammage du renfort i en g/m^2

L'écart relatif entre l'épaisseur moyenne d'une éprouvette déterminée expérimentalement et l'épaisseur théorique déclarée par le fabricant doit être inférieur à $\pm 20\%$. De plus, la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale d'épaisseur sur une éprouvette doit être inférieure à 20% de la valeur moyenne mesurée de cette éprouvette.

Epaisseur (mm)		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Eprouvette 4	Eprouvette 5	Epaisseur théorique
	Mesure 1 Mesure 2 Mesure 3 Mesure 4 Mesure 5						
Moyenne Ecart type Mini Maxi							e_{th}
(Maxi - Mini) / Moyenne							
Ecart à e_{th} (en %)							

Tableau 1 : Mesure des valeurs d'épaisseur

La largeur de l'éprouvette est mesurée, au micromètre Palmer ou au pied à coulisse, sur au moins 5 points dans la zone sollicitée en traction. La moyenne, la valeur minimale, la valeur maximale, et l'écart-type sont précisés. L'ensemble des mesures doit être compris entre 49,50 mm et 50,50 mm.

Largeur (mm)		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Eprouvette 4	Eprouvette 5	Largeur théorique
	Mesure 1 Mesure 2 Mesure 3 Mesure 4 Mesure 5						
Moyenne Ecart type Mini Maxi							50,00 $\pm 0,5$ mm

Tableau 2 : Mesure des valeurs de largeur

Les éprouvettes montrant tout manquement observable ou mesurable pour une ou plusieurs de ces exigences doivent être éliminées. Si des essais sur des éprouvettes non conformes s'imposent, il convient d'en signaler les motifs dans le rapport d'essai.

VII.2.CONTRAINTE

La machine de traction enregistre en continu la force exercée pour déplacer les mors à $v = 2 \text{ mm/min}$.

La force enregistrée est exercée sur la longueur entre les mors (à l'instant t) de l'éprouvette.

La contrainte est définie comme la force, par unité de surface, de la section transversale initiale de la longueur de référence.

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ exprimé en MPa.}$$

La largeur moyenne et l'épaisseur moyenne de l'éprouvette, dans la zone sollicitée en traction, sont calculées à partir d'au minimum 5 mesures réalisées avec un micromètre Palmer. L'aire de la section transversale initiale de l'éprouvette, notée A , est égale au produit de la largeur moyenne par l'épaisseur moyenne.

VII.3.DÉFORMATION

La déformation est l'accroissement de la longueur, par unité de longueur initiale, de la longueur de référence.

Selon la méthode de mesure de la déformation, le système de mesure devant être calibré, la valeur obtenue sera soit :

- une valeur moyenne de trois valeurs, chacune obtenue avec une jauge de déformation ;
- une valeur moyenne d'au minimum trois valeurs individuelles, comprises sur une longueur de référence $L_0 = 10 \text{ cm}$, pour une mesure avec un extensomètre ;
- une valeur moyenne d'au minimum trois valeurs individuelles pour un enregistrement par caméra et une analyse avec un logiciel de stéréo-corrélation 3D.

VII.4.COURBE CONTRAINTE – DÉFORMATION

Les courbes de contrainte = f (déformation) sont tracées pour chaque éprouvette, à partir des valeurs moyennes calculées.

VII.5.COURBE DÉFORMATION – TEMPS

La courbe de la déformation en fonction du temps est tracée pour chaque mesure et ce pour chaque éprouvette.

VII.6.DÉFAUT

On identifie l'apparition d'un défaut dans l'éprouvette comme correspondant à une chute relative d'au moins 1% de la valeur de déformation exprimée de la manière suivante :

$$D = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)}{\varepsilon_1}$$

Dans le cas de chutes successives de la déformation, on effectuera le calcul entre les valeurs extrêmes du défaut (voir Figure 5).

La courbe déformation = f (temps) est tracée et on y repère la position des différents défauts. Un tableau avec les valeurs de déformation, temps et contrainte autour du premier défaut est réalisé.

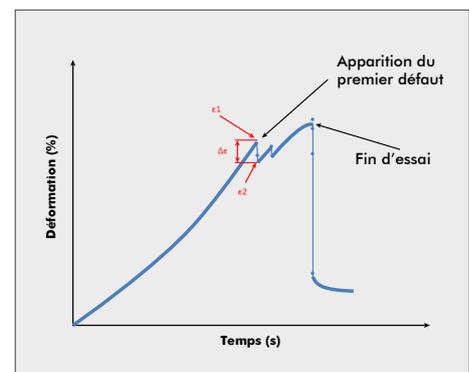


Figure 5 : Détermination du premier défaut

VII.7. RAPPORT D'ESSAI

Le compte rendu doit présenter les informations suivantes :

- a) la référence à cette méthode d'essai.
- b) tous les renseignements nécessaires à l'identification du revêtement soumis à essai, y compris le type, son origine, sa référence commerciale, les numéros de lot.
- c) la méthode de préparation des éprouvettes (produit, consommation théorique, consommation réelle, délai de recouvrement, mode d'application, date de confection, conditions d'ambiance, conditionnement), la méthode de découpe utilisée et l'orientation de l'axe de traction par rapport à l'armature.
- d) les dimensions de l'éprouvette : largeur et épaisseur sur la longueur entre mors, y compris la moyenne, la valeur minimale, la valeur maximale et l'écart-type. Pour l'épaisseur, l'écart relatif de l'épaisseur moyenne d'une éprouvette avec l'épaisseur déclarée par le fabricant est également précisé.
- e) le nombre d'éprouvettes soumis à essai.
- f) le degré d'exactitude de la machine d'essai (voir l'ISO 7500-1, l'ISO 9513 et 5.1.5).
- g) le dispositif de détermination de la déformation, sa position et la longueur de référence L₀ pour la détermination de la déformation (position et longueur de la jauge, ou position et longueur des mesures individuelles avec l'extensomètre ou surface d'analyse avec système de stéréo-corrélation d'images).
- h) le type de dispositif de serrage, la distance de serrage dans le mors.
- i) les paramètres d'essai (précharge : force et vitesse, la vitesse de l'essai, la fréquence d'acquisition, la température d'essai ...)
- j) les résultats d'essais individuels :
 - courbes contrainte en fonction de la déformation
 - courbes de la déformation en fonction du temps
 - contrainte et déformation au premier défaut
 - défaut D calculé suivant le § VII.6
 - type de rupture et localisation
- k) les valeurs moyennes et écarts-types de déformation au premier défaut, de contrainte au premier défaut.
- l) la mention du fait que des éprouvettes ont été éliminées et remplacées, le cas échéant, et les motifs d'un tel rejet ainsi que les raisons justifiant de soumettre à essai des éprouvettes non conformes.
- m) la date de réalisation de l'essai.

VIII. SPÉCIFICATION

La déformation au premier défaut doit être supérieure ou égale à 0,40% pour au moins 4 éprouvettes sur les 5 testées. Dans ce cas, l'essai est considéré comme conforme.

Note 1 : La valeur seuil de déformation au premier défaut obtenue est une condition de conformité d'un revêtement d'étanchéité de type CAD ; et ne donne pas d'indication sur la performance du système.

Note 2 : Le fabricant transmet le certificat de conformité (voir modèle en annexe) à cette méthode d'essai et conserve pour lui le rapport d'essai détaillé.



SYNDICAT DU GÉNIE CIVIL DE L'EAU
ET DE L'ENVIRONNEMENT

9, rue de Berri 75008 Paris
Tél. 01 45 63 70 40
Email : info@gcee.fr

