PRODUITS POUR BETON, MORTIERS, COULIS ET PRODUITS CONNEXES

DOCUMENT TECHNIQUE

TREILLIS EN FIBRES DE VERRE POUR ENDUITS DE FACADE

Document technique 12-01

Document technique 12-01 Rev 01
28/07/2022

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT
84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée Cedex 2
Tél. +33 (0)1 64 68 82 82 – www.cstb.fr
MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA-ANTIPOLIS

CSTB
le futur en construction

Etablissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce cinq activités clés : recherche et expertise, évaluation, certification, essais et diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition écologique et énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent document technique, faite sans l'autorisation du CSTB, est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (article L. 122-5 du Code de la propriété intellectuelle). Le présent document a été rédigé sur l'initiative et sous la direction du CSTB qui a recueilli le point de vue de l'ensemble des parties intéressées.

© CSTB

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

N° de révision	Date application	Modifications
00	29/06/2020	Actualisation de la présentation et de la référence du document (Ce document annule et remplace le document « Exigences techniques du 8 mai 2017) Modifications de fond : Ajout des documents de référence (guide ETAG 004 (2013) ou EAD 040083-00-004) liés aux méthodes d'essais. Suppression des parties 3 et 4 (Classification des caractéristiques et Contrôles effectués par le fabricant) ayant été déplacées dans le référentiel QB12 rev04
01	28/07/2022	§ 2.1 Introduction d'un mode opératoire optionnel pour l'essai de la masse surfacique. § 2.2 Précision sur la préparation des éprouvettes et introduction d'un mode opératoire optionnel pour l'essai de l'essai du taux de cendres. Les normes et spécifications complémentaires • EAD 040083-00-404 : Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit ; • EAD 040016-01-0404: Glass fibre mesh for reinforcement of cementitious or cement-based renderings ; • ETAG 004 (2013) Guide d'Agrément Technique Européen N°004 ;

Table des matières

1 SPECIFICATIONS MINIMALES ET ESSAIS A REALISER 5
1.1 Essais d'identification 5
1.2 Essais de résistance à la traction 5
1.3 Elongation 6
2 MODALITES DES ESSAIS 6
2.1 Masse surfacique 6
2.2 Taux de cendres 7
2.3 Dimensions des mailles et nombre de fils 7
2.4 Résistance à la rupture et allongement 8
2.4.1 Préparation des échantillons 8
2.4.2 Méthode d'essai 9
2.4.3 Expression des résultats 10
2.5 Élongation 11
3 ANNEXES 12
3.1 Annexe 1 : Plan de découpe des éprouvettes de treillis pour l'essai de traction 12
3.2 Annexe 2 : Lexique 15

1 SPECIFICATIONS MINIMALES ET ESSAIS A REALISER

1.1 Essais d'identification

Essai	Méthode d'essais	Spécification
Masse surfacique	§ 2.1 du présent document	/
Taux de cendres	§ 2.2 du présent document	/
Dimension des mailles et nombre de fils	§ 2.3 du présent document	Conforme à la classe de dimension des mailles M (moyenne des dimensions des mailles lorsqu'elles ne sont pas carrées) : **M_1** : m ≤ 3 mm **M_2** : 3 < m ≤ 5 mm **M_3** : 5 < m ≤ 8 mm **M_4** : m > 8 mm

1.2 Essais de résistance à la traction

Essai	Méthode d'essais	Spécification
Essai de résistance à la traction à l'état initial	§ 2.4 du présent document	Conforme à la classe de résistance à la traction T (résistance à la rupture mesurée en traction à l'état initial $R_{initial}$) : **T_1** : $R_{initial}$ > 30 N/mm **T_2** : $R_{initial}$ > 35 N/mm **T_3** : $R_{initial}$ > 40 N/mm **T_4** : $R_{initial}$ > 45 N/mm
Essai de résistance à la traction 3 ions (24 heures – 60°C)	NF EN 13496 en vigueur	/
Essai de résistance à la traction 3 ions (28 jours – 23°C)	§ 2.4 du présent document	Conforme à la classe de résistance aux alcalis Ra. (résistance résiduelle relative mesurée en traction après conservation en solution alcaline, selon paramètres r et $R_{vieilli}$) : *voir tableau ci-après*
Essai de résistance à la traction ciment (30, 60 et 90 jours – 23°C)	§ 2.4 du présent document	

Détail de spécification des classes Ra :

	Résistance après trempage en solution alcaline					
	r : résistance résiduelle relative (exprimée en % de la résistance initiale)			$R_{vieilli}$: résistance résiduelle		
	90 jours - ciment	28 jours - 3 ions		90 jours - ciment	28 jours - 3 ions	
Ra 1	≥ 40 %	et	≥ 50 %	et	≥ 15 N/mm	≥ 20 N/mm
Ra 2	≥ 50 %	et	≥ 60 %	et	≥ 25 N/mm	
Ra 3	≥ 60 %	et	≥ 70 %	et	≥ 35 N/mm	

1.3 Elongation

Essai	Méthode d'essais	Spécification
Essai d'élongation	§ 2.5 du présent document	Conforme à la classe d'élongation E (résistance mesurée à 0,5 % d'allongement initial) : **E1** $R_{0,5} \leq 2$ N/mm ; **E2** $2 < R_{0,5} \leq 5$ N/mm ; **E3** $5 < R_{0,5} \leq 8$ N/mm ; **E4** $R_{0,5} > 8$ N/mm

2 MODALITES DES ESSAIS

2.1 Masse surfacique

L'essai est réalisé selon les spécifications de l'EAD 040083-00-0404, EAD 040016-01-0404 et /ou du guide ETAG 004 (2013)..

L'essai est réalisé sur trois échantillons.

La masse surfacique σ du treillis est obtenue en mesurant et pesant une longueur de treillis de 1 mètre. La largeur de l'échantillon doit être la même que celle du rouleau.

$$\sigma = \frac{P}{S}$$

P : masse de l'échantillon en g

S : la surface de l'échantillon en m²

Le résultat est exprimé en g/m² pour les trois éprouvettes et calculer la valeur moyenne et l'écart type.

Mode opératoire optionnel

L'essai est réalisé sur trois échantillons.

La masse surfacique du treillis est obtenue par pesée de 3 disques circulaires d'environ 100 cm² découpés à la scie cloche de manière aléatoire dans le sens de la largeur du rouleau.

Inscrire les valeurs individuelles exprimée en g/m² pour les trois éprouvettes et calculer la valeur moyenne et l'écart type.

2.2 Taux de cendres

L'essai est réalisé selon les spécifications de l'EAD 040083-00-0404, EAD 040016-01-0404 et /ou du guide ETAG 004 (2013).

L'essai est réalisé sur trois échantillons.

Il s'agit d'échantillons carrés d'environ 100 cm² découpés à au moins 100 mm du bord du rouleau.

Le taux de cendres est déterminé à (625 ± 20) °C, jusqu'à masse constante.

Les creusets sont préalablement séchés dans un four à (900 ± 5) °C pendant 30 minutes minimum, puis refroidis à (105 ± 5°C) et conservés à température ambiante dans un dessiccateur jusqu'à l'essai.

Chaque creuset est pesé pour déterminer sa masse M0.

Chaque échantillon est découpé en petits fragments et placé dans un creuset. L'ensemble est pesé pour obtenir la masse M1 (creuset + treillis).

Chaque creuset est placé dans le four à température ambiante (non préchauffé). La température du four est ensuite portée à (625 ± 20) °C, puis maintenue à (625 ± 20) °C pendant 5 heures.

Apres refroidissement à (105 ± 5°C), chaque creuset est placé au moins 2 heures et jusqu'à température ambiante dans un dessiccateur.

L'ensemble est à nouveau pesé pour obtenir la masse M2 (creuset + treillis).

Le taux de cendres est calculé comme suit :

$$t_{625}(\%) = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100$$

Le résultat est exprimé en % de la masse initiale.

Mode opératoire optionnel

L'essai est réalisé sur trois échantillons.

Il s'agit d'échantillons circulaires d'environ 100 cm² découpés à au moins 100 mm du bord du rouleau.

Le taux de cendres est déterminé à (625 ± 20) °C, jusqu'à masse constante pendant 15 minutes minimum, avec un temps de refroidissement équivalent au temps d'essai.

2.3 Dimensions des mailles et nombre de fils

L'essai est réalisé selon les spécifications l'EAD 040083-00-0404, EAD 040016-01-0404 et /ou du guide ETAG 004 (2013).

Il s'agit des dimensions des ouvertures (l'épaisseur des fils n'est pas prise en compte).

L'essai est réalisé en deux emplacements du treillis, distants d'au moins 5 mètres.

La distance entre les fils est déterminée en mesurant la distance *D* entre 21 fils adjacents (soit 20 mailles ; voir figure 1).

L'épaisseur *e* d'un fil est déterminée au centre de la maille (voir figure 1).

L'épaisseur moyenne $\bar{e}$ d'un fil est obtenue en mesurant au moins 10 fils, choisis aléatoirement dans le sens considéré, à l'aide d'une loupe micrométrique :

$$\bar{e} = \sum_{i=1}^{10} \frac{ei}{10}$$

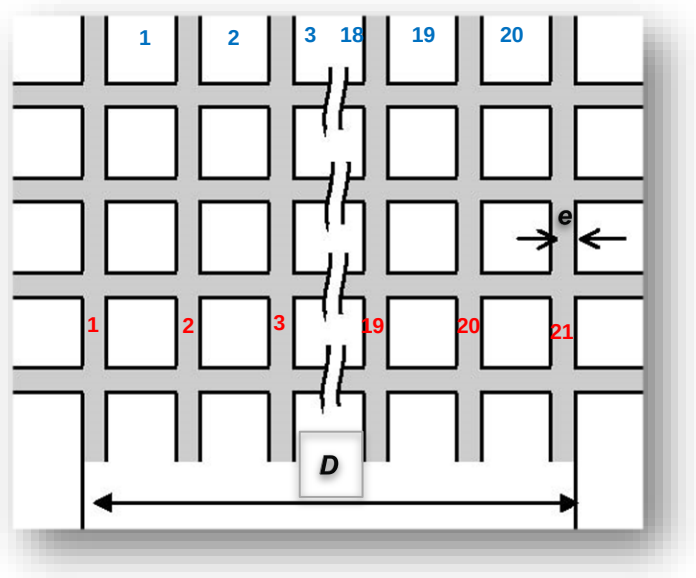


Figure 1. Détermination de la dimension des mailles

La dimension *m* de la maille, exprimée en mm, est calculée comme suit :

$$\boldsymbol{m = \frac{D - (21 \times \bar{e})}{20}}$$

La dimension *m* doit être déterminée dans le sens « chaîne » et dans le sens « trame » du treillis.

Le nombre *n* de fils est déterminé comme suit en comptant le nombre *N* de fils sur une largeur de 200 mm :

$$\boldsymbol{n = Partie\ entière\left(\frac{N+2}{4}\right)}$$

2.4 Résistance à la rupture et allongement

Les essais à « l'initial » et « 28 jours – 3 ions » sont réalisés selon les spécifications l'EAD 040083-00-0404, EAD 040016-01-0404 et /ou du guide ETAG 004 (2013).

Principe

Il s'agit de déterminer, par des essais de traction, la résistance à la rupture et l'allongement à rupture du treillis. Les essais sont réalisés sur des éprouvettes à l'état initial et sur des éprouvettes conservées dans des solutions alcalines :

- *« 28 jours - 3 ions »* : conservation durant 28 jours dans une solution rendue alcaline par adjonction dans de l'eau distillée de 1 g/L NaOH, 4 g/L KOH et 0,5 g/L $Ca(OH)_2$;
- *« 90 jours - ciment »* : conservation durant 30, 60 et 90 jours dans une solution rendue alcaline par adjonction dans l'eau du robinet de 25 % en masse de ciment blanc.

2.4.1 Préparation des échantillons

Pour chaque conditionnement, dix éprouvettes sont découpées dans le sens « chaine » et dix éprouvettes dans le sens « trame ».

Les éprouvettes sont découpées conformément aux plans de découpe figurant en Annexe 1.

Les éprouvettes comprennent au minimum 5 fils et mesurent environ 50 mm de large et au minimum 300 mm de long.

Les éprouvettes sont découpées à 150 mm minimum du bord du rouleau. Une série est constituée de dix éprouvettes découpées dans le même sens.

Les prélèvements doivent être répartis de façon à ce que deux éprouvettes ne contiennent pas les mêmes fils de chaîne ou de trame (voir Annexe 1). Les dix éprouvettes de chaque série sont reliées entre elles, identifiées, puis conservées au laboratoire pendant au minimum 24 heures avant essai.

2.4.2 Méthode d'essai

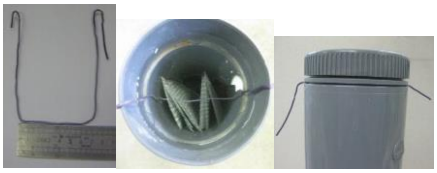
Préparation des solutions alcalines : solution « 3 ions » et solution « ciment »

Chaque solution alcaline est destinée à la réalisation d'une seule campagne d'essai d'un treillis.

Les solutions sont préparées dans des récipients permettant aux éprouvettes d'être totalement immergées.

Le récipient contenant la solution alcaline doit être tel que défini dans le paragraphe 5.3 de la norme EN 13496.

Ces récipients, munis d'un couvercle pour éviter les évaporations, doivent être placés dans une pièce à température constante de (23 ± 2) °C.

<table>
<tr><th>Solution « 3 ions »</th><th>Solution « ciment »</th></tr>
<tr><td colspan="2">La solution est préparée le jour précédant l'immersion des éprouvettes par adjonction :</td></tr>
<tr><td>dans 2 L d'eau déminéralisée de :
- 2 g de NaOH pureté 97 % minimum
- 8 g de KOH pureté 85 % minimum
- 1 g de $Ca(OH)_2$ pureté 96 % minimum
soit en concentration :
- 1 g/L NaOH
- 4 g/L KOH
- 0,5 g/L $Ca(OH)_2$.
Le tout est agité mécaniquement pendant au moins 30 minutes.</td><td>dans 10 L d'eau du robinet de :
(2,5 ± 0,1) kg de ciment blanc (ciment LAFARGE super blanc CPJ CEM II/B 32.5 R CP2).
Le tout est agité manuellement pendant environ 5 minutes.
Une grille en inox est positionnée au-dessus du lit de ciment après la prise de ce dernier, soit environ 12 heures après la préparation.</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>Une campagne d'essai correspond à deux séries de dix éprouvettes (une série en sens « chaîne », une série en sens « trame »). Chaque série de 10 éprouvettes est immergée pendant 28 jours dans les 2 L de solution alcaline.
Pour suspendre les éprouvettes dans le tube, utiliser un fil de fer gainé de plastique (1 mm de diamètre) mis en forme pour épouser les bords du cylindre, puis enfiler les éprouvettes et les plonger dans le tube.
  </td><td>Une campagne d'essai correspond à six séries de dix éprouvettes (trois séries en sens « chaîne », trois séries en sens « trame ») immergées à plat et en éventail dans la solution alcaline.
Deux séries de dix éprouvettes (une série en sens « chaîne », une série en sens « trame ») sont ainsi laissées en immersion respectivement 30, 60 et 90 jours.
Remarque : toutes les éprouvettes ne sont pas forcément introduites en même temps dans la solution (fonction du calendrier).</td></tr>
</table>

Rinçage - séchage

À l'issue de l'immersion en solution alcaline, les éprouvettes sont sorties, puis successivement conditionnées comme suit :

- Elles sont immergées en éventail, sans agitation, pendant 5 minutes dans une solution acide[1] obtenue en ajoutant 5 mL d'acide chlorhydrique (HCl dilué à 35 %) dans 4 L d'eau ;
- Elles sont déposées successivement dans 3 bains d'eau[1] de 4 L chacun. Les éprouvettes restent 5 minutes dans chaque bain ;

- Elles sont ensuite conditionnées au laboratoire :
    - pendant 48 heures, pour les éprouvettes vieillies dans la solution « 3 ions » ;
    - pendant 7 jours, pour les éprouvettes vieillies dans la solution « ciment ».

N.B. : Toute manipulation risquant de détériorer les fibres doit être évitée (exemple : pliage, pressage, ...).

Essai de traction

L'essai est réalisé :

- à l'état initial, sur éprouvettes préalablement conditionnées 7 jours au laboratoire,
- après vieillissement, sur éprouvettes conditionnées en solutions alcalines.

La machine d'essai de traction doit être équipée de mors revêtus d'une surface caoutchoutée appropriée, assurant le maintien, sans glissement, de l'éprouvette sur toute sa largeur. Elle doit permettre de déterminer la résistance à la rupture ainsi que l'allongement à rupture.

Les éprouvettes sont disposées dans l'alignement des mors de telle façon que la distance entre les mors soit d'environ 200 mm. L'essai est réalisé à une vitesse de traction constante de (100 ± 5) mm/min.

La force de rupture $F_{rupture}$ en N ainsi que l'allongement à rupture sont enregistrés.

Les essais pour lesquels les éprouvettes ont glissé dans les mors ou se sont rompues au niveau des mors ne sont pas pris en compte.

2.4.3 Expression des résultats

Résultats des courbes effort/déformation

La résistance à la rupture R correspond à la force de rupture enregistrée divisée par la largeur de l'éprouvette testée. Elle est exprimée en N/mm.

$$R = \frac{F_{rupture}}{50}$$

L'allongement relatif à la rupture (ou déformation à la rupture) ε est exprimé en %.

Il est déterminé en prenant comme origine des déformations la longueur l de l'éprouvette correspondant à une pré-tension de 10 N. Δl est l'allongement à la rupture en mm.

$$\varepsilon(\%) = \frac{\Delta l}{l} \text{ x } 100$$

[1] Usage unique pour deux séries d'un treillis (une série en sens « chaîne » et une série en sens « trame »)

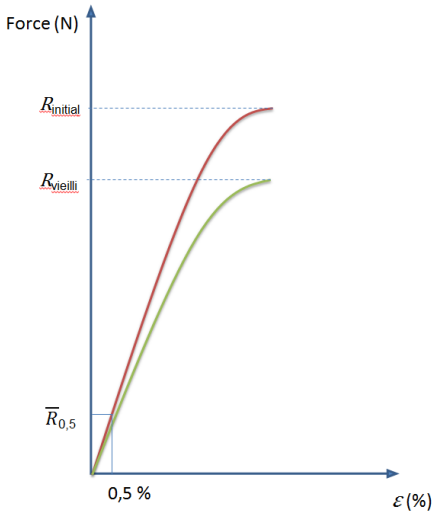


Figure 2 : Mesure de la résistance à la traction du treillis - courbe effort/déformation

Résultats

Pour chaque série d'éprouvettes, les moyennes $\bar{R}$ (en N/mm) et $\overline{A\ell}$ (en %) sont calculées.
La résistance résiduelle relative *r* est calculée en %, est donnée par la relation :

$$r\ (\%) = \frac{\bar{R}_{\text{vieilli}}}{\overline{R}_{\text{initial}}} \times 100$$

$\bar{R}_{vieilli}$: résistance en traction après vieillissement appelée résistance moyenne résiduelle, en N/mm
$\overline{R}_{initial}$: résistance moyenne en traction à l'état initial, en N/mm

Exclusions des valeurs aberrantes

Toute valeur (x_i) ne satisfaisant pas la relation suivante devra être éliminée :

$$|\bar{X} - x_i| \leq 2{,}5\ \sigma$$

Avec σ l'écart-type de la série calculée d'après la relation suivante :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

$\bar{X}$: moyenne de la série
n = nombre d'éprouvettes de la série
x_i = valeurs individuelles de la série

2.5 Élongation

L'élongation $\bar{R}_{0,5}$ (en N/mm) est la moyenne des résistances en traction mesurées à 0,5 % d'allongement, à l'état initial.

3 Annexes

3.1 Annexe 1 : Plan de découpe des éprouvettes de treillis pour l'essai de traction

Afin de garantir une plus grande homogénéité des résultats, un plan de découpe des éprouvettes pour les essais de traction est défini ci-après :

Toutes les éprouvettes doivent être identifiées selon le principe suivant :

- le sens (chaîne ou trame) ;
- la nature du conditionnement (initial, 30/60/90 jours ciment, ou solution 3 ions).

Deux ensembles d'éprouvettes sont prélevés. Le second ensemble doit être prélevé en ayant pris soin d'éliminer une longueur de treillis d'au moins 5 mètres après la dernière éprouvette du premier ensemble.

Nota : on évitera tout prélèvement dans une zone présentant des irrégularités.

Légende :

- Identification du sens :
  - **C** : éprouvettes découpées dans le sens « chaîne »
  - **T** : éprouvettes découpées dans le sens « trame »

- Identification de la nature du conditionnement :
  - **I** : éprouvettes à l'état initial
  - **C3** : éprouvettes à conditionner dans la solution ciment pendant 30 jours
  - **C6** : éprouvettes à conditionner dans la solution ciment pendant 60 jours
  - **C9** : éprouvettes à conditionner dans la solution ciment pendant 90 jours
  - **N** : éprouvettes à conditionner dans la solution 3 ions pendant 28 jours

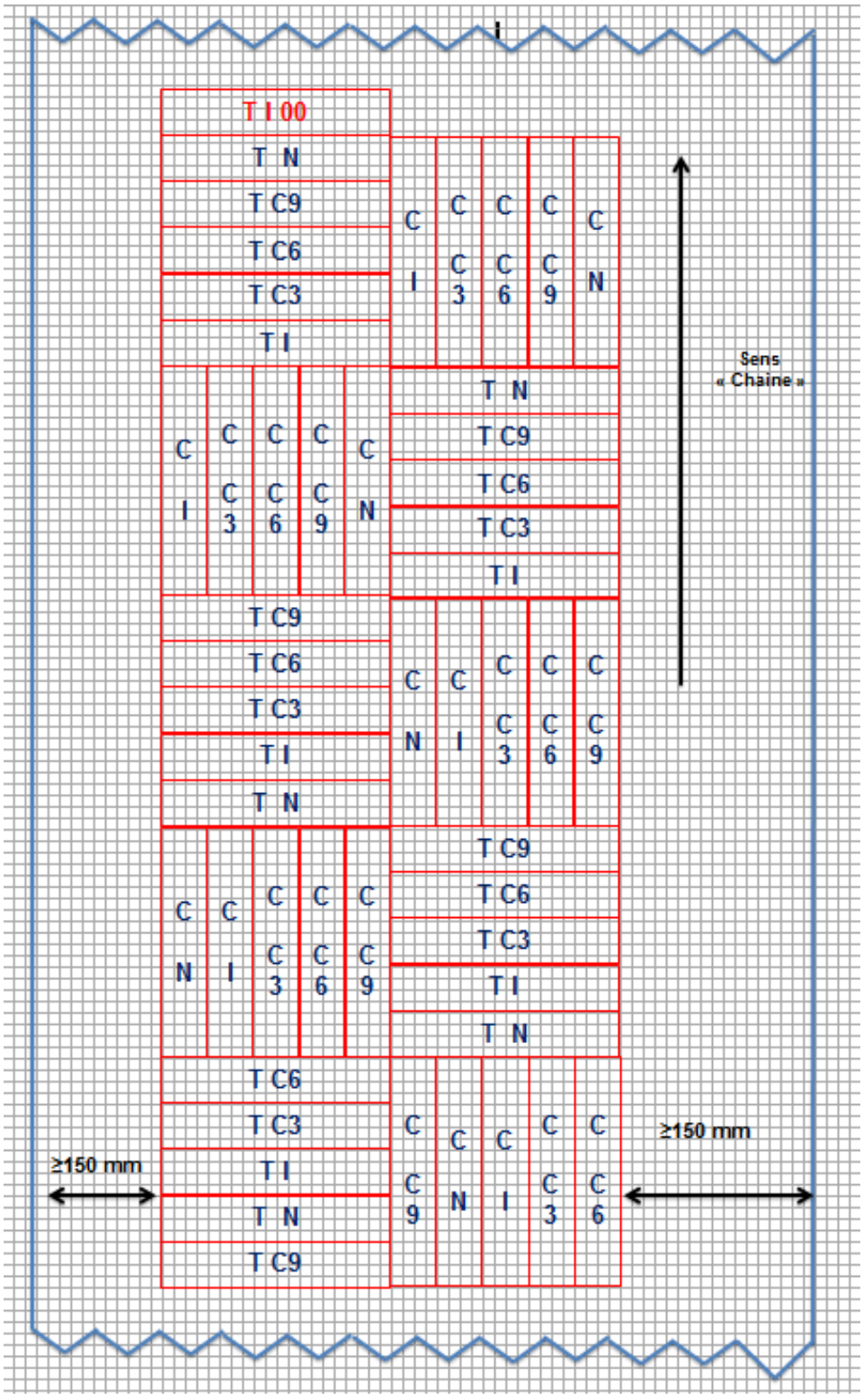
Nota : les éprouvettes notées TI 00 et CI 00 sont destinées à régler la machine de traction.

Exemples :

C C9 : il s'agit d'une éprouvette découpée dans le sens « chaine » et qui sera conditionnée pendant 90 jours dans la solution « ciment ».

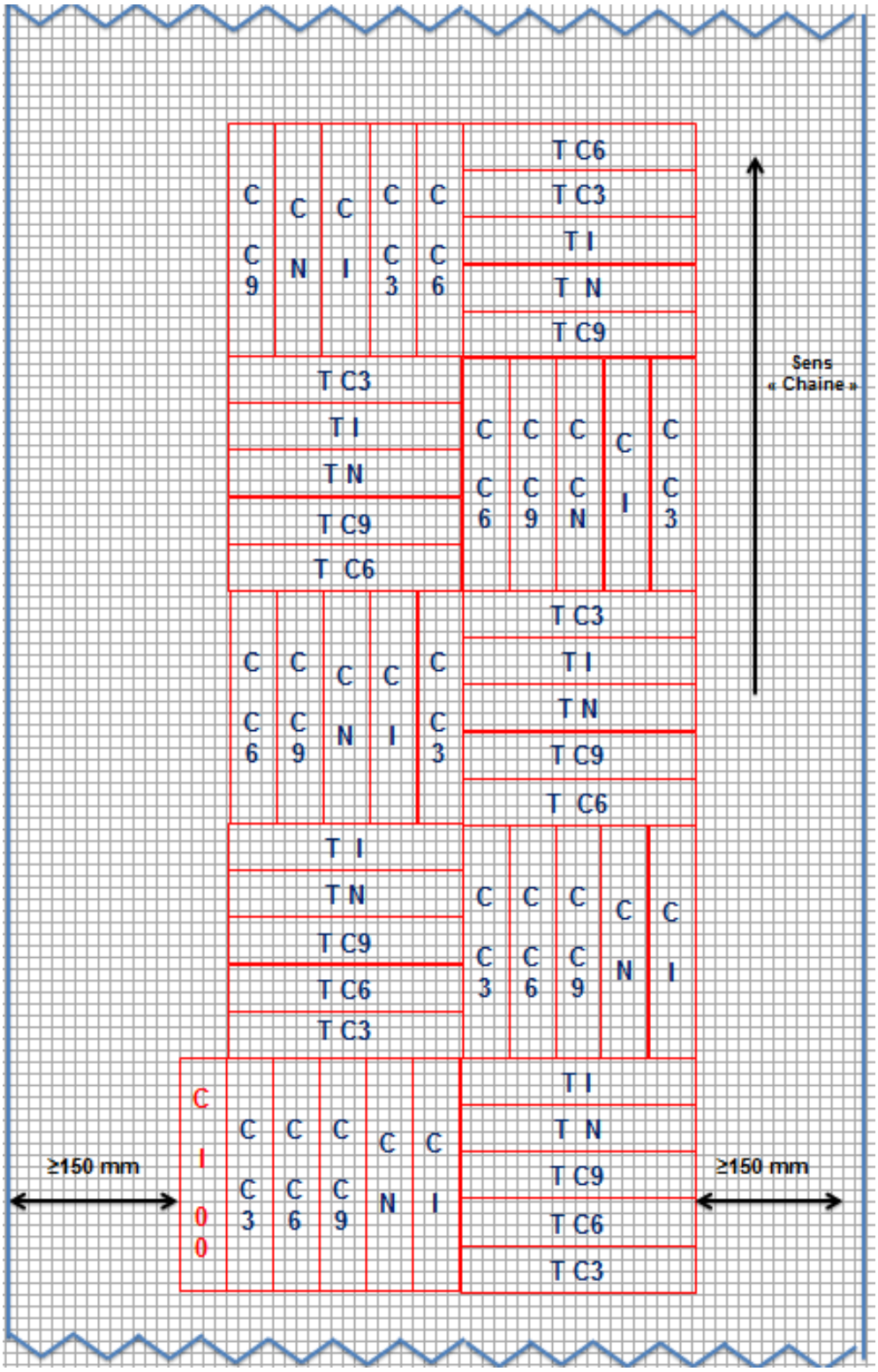
T N : il s'agit d'une éprouvette découpée dans le sens « trame » et qui sera conditionnée pendant 28 jours dans la solution « 3 ions ».

Figure 3 : premier ensemble :



Les éprouvettes mesurent environ 50 mm de large et environ 300 mm de long.

Figure 4 : deuxième ensemble :



Les éprouvettes mesurent environ 50 mm de large et environ 300 mm de long.

3.2 Annexe 2 : Lexique

Armature

Composant destiné à améliorer les caractéristiques mécaniques de l'enduit. Les armatures visées dans le présent document sont des treillis en fibres de verre.

Armature normale

Armature permettant de répartir les déformations et tensions internes de l'enduit, en vue de limiter les risques de fissuration de ce dernier.

Deux armatures normales peuvent être superposées dans une même couche d'enduit pour améliorer la résistance aux chocs.

Armature renforcée

Armature spécifique incorporée dans l'enduit en complément d'une armature normale, pour améliorer la résistance aux chocs.

Treillis en fibres de verre

Produit constitué d'un réseau maillé de fils en fibres de verre protégés par une enduction généralement organique. Les treillis en fibres de verre visés dans le présent document sont employés comme armature dans les enduits de façade.

Ces treillis peuvent être de deux types, tissés (cas le plus courant ; voir figure 1) ou thermocollés (voir figure 2).

On distingue les treillis d'armature normale et les treillis d'armature renforcée.

Maille

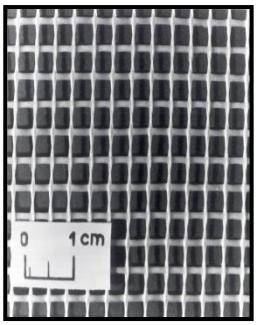
Ouverture de forme carrée ou rectangulaire, laissée entre les fils d'un treillis.

Chaîne

Ensemble des fils tendus verticalement et servant de support aux fils de trame du treillis. La longueur du rouleau de treillis correspond au sens « chaîne ».

Trame

Ensemble des fils positionnés perpendiculairement aux fils de chaîne du treillis. La largeur d'un rouleau de treillis correspond au sens « trame ».



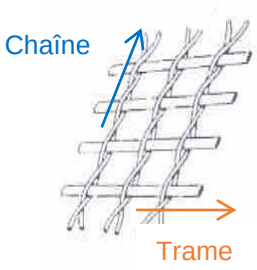
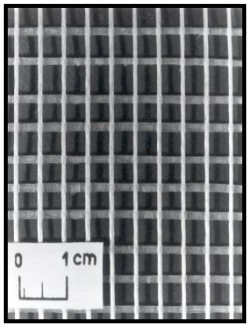


Figure 5 Treillis tissé (exemple).



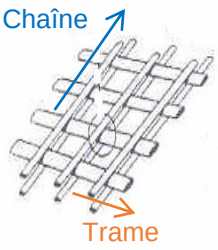


Figure 6 Treillis thermocollé (exemple).