

Gestion des non-conformités mécaniques des chemisages polymérisés en place des canalisations gravitaires

TABLE DES MATIERES

1.	Préambule	3
2.	Terminologie.....	3
2.1	Abréviations.....	3
2.2	Définitions	4
3.	Introduction.....	7
4.	Données à considérer pour la vérification de la conformité.....	8
4.1	DTA et valeurs mécaniques garanties	9
4.1.1	Caractéristiques mécaniques à « court terme »	9
4.1.2	Caractéristiques mécaniques à « long terme »	9
4.2	Dimensionnement mécanique	10
4.3	Essais préalables à la réception et essais de contrôles externes – Prélèvements et essais en laboratoire.....	11
4.3.1	Fréquence.....	11
4.3.2	Prélèvement	11
4.3.3	Essais en laboratoire.....	11
5.	Etablissement de la conformité des chemisage polymérisé en places	13
5.1	Les principes d'établissement de la conformité.....	13
5.2	Les critères de la marque NF 390	13
5.2.1	Définition de la conformité selon la NF 390.....	13
5.2.2	Vérification de l'épaisseur du chemisage polymérisé en place	13
5.2.3	Vérification des caractéristiques mécaniques.....	14
5.2.4	Non-conformités dues à l'essai	14
5.2.5	Logigramme de traitement de la conformité	14
6.	GESTION DES NON-CONFORMITES	16
6.1	Introduction.....	16
6.2	Epaisseur non conforme.....	17
6.3	Caractéristiques mécaniques non conformes (Module, résistance ou déformation en flexion) 18	
6.4	Règles pour faire un recalcul	19
6.5	Que faire si une non-conformité est refusée	19
7.	Exemples.....	21
7.1	Exemple 1	21
7.2	Exemple 2	22
7.3	Exemple 3	23
7.4	Exemple 4	25

7.5	Exemple 5	27
7.6	Exemple 6	29

1. PREAMBULE

Les objectifs de cette notice sont de proposer des voies de traitement des non-conformités mécaniques lors des contrôles préalables à la réception des chemisages polymérisés en place, installés dans des conduites gravitaires.

Cette notice suppose que le chemisage a été posé conformément à l'ensemble des exigences du fascicule 70, titre 1 (§ 4.2.3), ainsi qu'au référentiel technique constitué de la norme NF EN ISO 11296-4 et d'un DTA en cours de validité, et que l'appliqueur est certifié NF 390.

2. TERMINOLOGIE

2.1 Abréviations

- ATec = Avis technique
- ATEx = Appréciation Technique d'Expérimentation
- CCFAT = Commission chargée de formuler les avis techniques
- CSTB = Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
- DTA = Document Technique d'Application
- GS = Groupe spécialisé de la CCFAT
- ed = épaisseur de dimensionnement, garantie dans les DTA en vigueur
- ec,m = épaisseur moyenne du composite d'une éprouvette individuelle (cette épaisseur est déterminée à partir de 6 mesures ponctuelles)
- ec,m,i = épaisseur moyenne du composite de l'éprouvette n° i
- $\bar{ec},m$ = moyenne des valeurs de ec,m pour un ensemble d'éprouvettes, soit l'épaisseur moyenne du composite des n éprouvettes (n = 5 ou 4)
- $\bar{ec},m = \Sigma(ec,m,i)/n$
- ec,min = épaisseur minimale du composite en un point quelconque d'une éprouvette individuelle, hors défaut provoqué par une réduction locale causée par une irrégularité de la paroi existante
- ec,min,i = épaisseur minimale du composite de l'éprouvette n° i
- σ_{fb} = contrainte de flexion individuelle à la première rupture
- ϵ_{fb} = déformation à la première rupture
- E0 = Ef = module de flexion
- 3R : méthodologie de calcul de dimensionnement, initialement développée en 2014 et faisant l'objet de révisions régulières. La désignation « 3R » s'applique donc à la version en vigueur, actuellement la 3R 2026.

2.2 Définitions

Appréciation Technique d'Expérimentation (ATex) – L'ATEx est une démarche volontaire qui consiste en une évaluation technique formulée par un groupe d'experts sur toute technique innovante de construction, sous l'égide du CSTB ; L'ATEx apporte aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, assureurs et contrôleurs techniques une opinion éclairée d'experts en termes de risques encourus dans l'expérimentation de l'utilisation d'une nouveauté dans un ouvrage de construction. L'ATEx est un préalable à l'Avis Technique.

Avis Technique (ATec) – Désigne l'avis formulé par un groupe d'experts représentatifs des professions, membres d'un groupe spécialisé (GS) de la commission chargée de formuler les avis techniques (CCFAT), sur des procédés innovants de construction. Il permet notamment de :

- renseigner tous les acteurs de la construction sur le comportement prévisible et durable des ouvrages réalisés avec le procédé en œuvre, dans son domaine d'emploi précis, compte tenu des dispositions de mise en œuvre et de conception ;
- disposer d'informations indépendantes et objectives.

Cette opinion est basée notamment sur la prise en compte des exigences réglementaires et de durabilité pour les techniques non traditionnelles.

Commission chargée de formuler les avis techniques – La CCFAT est constituée auprès du ministre chargé de la construction par arrêté du 21 mars 2012. L'avis technique (ATec) de la commission se prononce sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés non traditionnels. Lorsque la demande concerne un produit faisant l'objet d'un marquage CE, l'avis est délivré sous la forme d'un document technique d'application (DTA).

Composite - Combinaison d'un système de résine durci (polymérisée), de la matrice et/ou du renfort, à l'exception de toute membrane intérieure ou extérieure éventuelle.

Contrôle intérieur – Contrôles exercés par le titulaire du marché de travaux ou pour son compte, sur ses propres actions, ou celles de ses sous-traitants. Les opérations de contrôle intérieur peuvent prendre l'une ou l'autre, ou les deux modalités suivantes, selon le contexte de l'opération :

- Contrôle Interne : ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercés sous l'autorité du (ou des) responsable (s) de la fabrication ou de l'exécution, dans les conditions définies par le Plan Qualité.
- Contrôle externe : ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercées sous l'autorité ou à la demande d'un responsable indépendant de la chaîne de production ou du chantier d'exécution, mandaté par le titulaire du marché de travaux.

Contrôle extérieur – Ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais, que le maître d'ouvrage fait exécuter par un organisme indépendant du titulaire du marché de travaux.

Document technique d'application (DTA) – Nom que prend l'Avis Technique lorsque le produit fait l'objet d'un marquage CE.

Epaisseur de dimensionnement – Epaisseur structurante de la paroi du chemisage après polymérisation, garantie par le fabricant, qui fait l'objet d'une vérification avec la méthode 3R. L'épaisseur de dimensionnement est choisie par le titulaire parmi les valeurs tabulées du DTA.

Épaisseur du composite – Épaisseur totale mesurée par le laboratoire moins les épaisseurs connues ou mesurées séparément de toutes les membranes intérieures et/ou extérieures et/ou de l'excédent des couches de résine pure.

Épaisseur nominale – Une des épaisseurs de la paroi choisie à la discrétion du fabricant. L'épaisseur nominale est une valeur commerciale et doit être ignorée dans les vérifications.

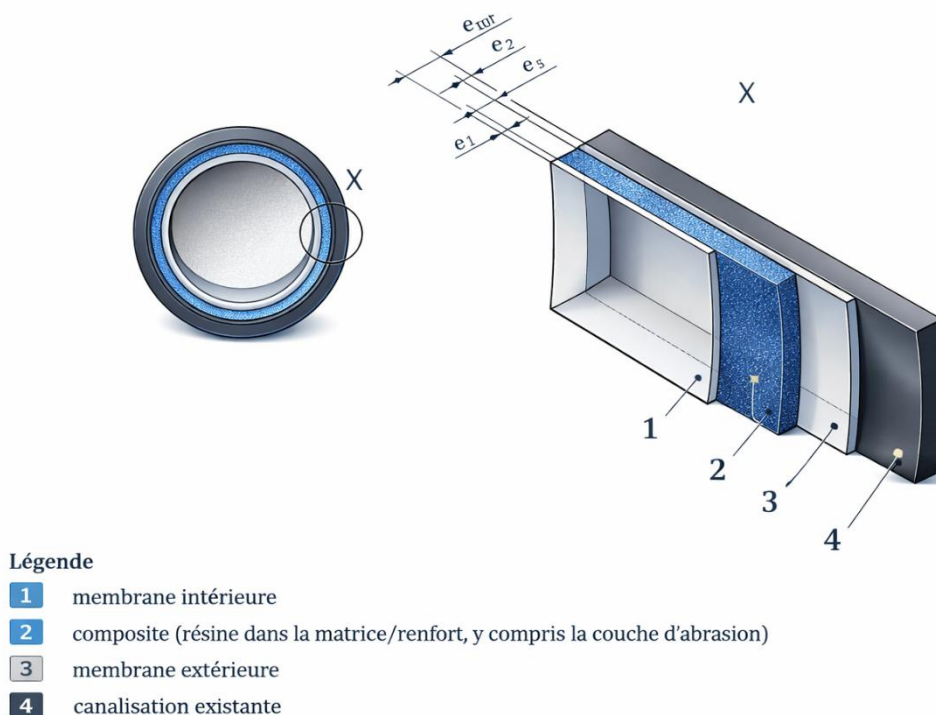
Épaisseur structurante – Autre appellation de l'épaisseur du composite.

Épaisseur totale – Épaisseur de paroi du composite et de toutes ses membranes. L'épaisseur totale est mesurée sur des éprouvettes découpées dans un échantillon de chemisage polymérisé, conformément au mode opératoire de l'annexe B de la norme NF EN ISO 11296-4.

Essai d'acceptation – Un test ou une série de tests effectués dans des conditions de terrain réelles ou simulées pour déterminer si un système ou un composant matériel est conforme aux exigences spécifiées dans un document de construction ou d'approvisionnement.

Essai de type – Essai réalisé dans des conditions de laboratoire contrôlées pour déterminer les propriétés structurelles représentatives à court ou à long terme d'un produit ou de l'un de ses composants.

Schéma d'un chemisage polymérisé en place :



Fluage - Déformation lente et irréversible d'un corps soumis à une contrainte constante, provoquée par la durée d'application de cette contrainte.

Maître d'œuvre – Le « maître d'œuvre » est la personne physique ou morale, publique ou privée, qui, en raison de sa compétence technique, est chargée par le maître d'ouvrage ou son mandataire d'une mission globale visant à apporter une réponse architecturale, technique et économique au programme défini par le maître d'ouvrage pour la réalisation d'une opération objet du marché. A ce titre, le maître d'œuvre est notamment chargé de diriger l'exécution des marchés de travaux, de lui proposer leur règlement ou de l'assister lors des opérations de réception ainsi que pendant la période de garantie de parfait achèvement.

Maître d'ouvrage – Le « maître d'ouvrage » est l'acheteur pour le compte duquel les travaux sont exécutés dans le cadre d'un marché de travaux.

Module de flexion à court terme - Rapport de la différence de contrainte à la différence de déformation correspondante (voir §4.3.3.2).

Module de flexion corrigé - Module de flexion corrigé **de l'effet de la courbure**

Contrainte de flexion à la première rupture - La première rupture est la première discontinuité majeure de la courbe force/déplacement, caractérisée par une chute soudaine associée à une défaillance localisée du composite (voir §4.3.3.2). Cette première rupture est généralement accompagnée d'un craquement.

Déformation à la première rupture - Valeur de déformation correspondant à l'apparition du **premier mécanisme de rupture** dans un composite stratifié soumis à un chargement mécanique donné.

Etats limites - Pour un chemisage, on distinguera ainsi (cf. fascicule 70-1) :

- Les états limites ultimes correspondant à l'atteinte de la capacité portante et concernant de ce fait la résistance mécanique et la stabilité au flambement ;
- Les états limites de service sont ceux dont le dépassement remet en cause les conditions de fonctionnement ou d'exploitation de l'ouvrage, ou à terme, sa durabilité, par exemple par fissuration ou ovalisation excessive ;

Point d'arrêt – Étape au-delà de laquelle une activité ne peut se poursuivre sans un accord formel du maître d'œuvre, formalisé par un document d'enregistrement.

Réception – La « réception » est l'acte par lequel le maître d'ouvrage déclare accepter l'ouvrage avec ou sans réserve. Cet acte est le point de départ des délais de garantie dans les conditions fixées au chapitre V du CCAG.

Titulaire – Le « titulaire » est l'opérateur économique qui conclut le marché de travaux avec le maître d'ouvrage. En cas de groupement d'opérateurs économiques, le « titulaire » désigne le groupement, représenté par son mandataire. Le titulaire peut également être l'opérateur économique fabricant la gaine, il sera dans ce cas désigné comme « détenteur du DTA ».

3. INTRODUCTION

Le chemisage est une technique de réhabilitation sans tranchée consistant en la polymérisation d'une résine imprégnant une gaine ou matrice en feutre textile ou en fibre de verre dans une canalisation d'accueil. Ce procédé est considéré comme étant semi-fini, puisque c'est la polymérisation de la résine qui va conférer ses propriétés mécaniques et de durabilité à l'ensemble gaine et résine. Ce procédé se démarque d'autres techniques de réhabilitation sans tranchée où le produit mis en œuvre est fini en usine et non sur chantier (exemples : tubage, coque, etc.). Dans la suite de ce document, la dénomination de « produit » désigne l'ensemble de la gaine (textile ou fibre de verre) et de la résine.

La matrice constitue le support d'imprégnation de la résine. Cette dernière peut en plus comprendre selon les procédés et les fabricants :

- Un renfort,
- Une membrane intérieure (permanente, semi-temporaire ou temporaire),
- Une membrane extérieure (permanente, semi-temporaire ou temporaire).

Le produit, une fois fini, doit être en mesure de reprendre l'ensemble des charges initiales s'appliquant sur la conduite d'accueil (notamment la pression hydrostatique en présence de nappe, les pressions verticales des terres et celles dues aux charges roulantes). La méthode de calcul permettant le dimensionnement d'un produit en fonction de l'état de la canalisation d'accueil et des charges s'y appliquant est détaillée dans la méthode 3R (en vigueur) de l'Astee.

Chaque produit de chemisage mis en œuvre dans le cadre d'un marché public de travaux doit - conformément au fascicule 70, titre 1 - faire l'objet d'un Document Technique d'Application (DTA) délivré par le Groupe Spécialisé 17 de la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques (CCFAT). Chaque DTA détaille les caractéristiques du produit, les conditions de sa mise en œuvre sur site et atteste des valeurs déclarées des caractéristiques mécaniques du produit une fois fini par gamme d'épaisseur de gaine. Lorsque le produit mis en œuvre ne dispose pas encore de Document Technique d'Application, celui-ci peut faire l'objet d'une Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX), procédure spécifique aux produits innovants mis sur le marché.

L'entreprise titulaire du DTA est l'entreprise fabricante du produit. Dans la suite de ce document, l'entreprise fabricante de la matrice et effectuant l'imprégnation en usine de résine sur la matrice sera désignée sous le terme « d'imprégnateur ». Cette entreprise n'est pas nécessairement celle qui mettra en œuvre ledit produit dans le cadre d'un marché public. L'entreprise titulaire du marché public qui mettra en œuvre la matrice imprégnée sur chantier sera désignée par le terme d'« applicateur ».

Chaque applicateur, pour pouvoir utiliser un produit de chemisage, doit faire l'objet d'un suivi spécifique pour garantir que l'ensemble des contrôles nécessaires au produit et à sa mise en œuvre sont respectés, et que les caractéristiques de durabilité du produit seront garanties. Chaque applicateur, pour pouvoir utiliser un produit de chemisage, doit faire l'objet d'une certification qui atteste à l'imprégnateur que celui-ci est apte à mettre en œuvre son produit et que ce dernier respecte les caractéristiques déclarées dans son DTA. Cette certification peut être la certification NF 390 ou une autre certification équivalente dans les conditions définies dans le fascicule 70-1, et reconnue par la CCFAT¹. Elle constitue une démarche volontaire, mais indispensable pour s'assurer que l'applicateur maîtrise le procédé qu'il utilise.

¹ A l'heure de parution du présent document, la certification NF390 est le seul mode de preuve reconnue par la CCFAT

Conformément à l'arrêté du 21 juillet 2015 modifié², des contrôles de réception sont en plus à effectuer par un organisme extérieur accrédité et indépendant de l'entreprise ayant réalisé les travaux. Les contrôles de réception doivent notamment pouvoir attester des propriétés dimensionnelles et mécaniques atteintes par le produit en place, en assurant qu'il est en mesure de reprendre les charges s'y appliquant et en assurant une durabilité minimale de l'ouvrage de 50 ans. Les contrôles des propriétés dimensionnelles et mécaniques du produit doivent ainsi porter sur :

- L'épaisseur du produit d'une part ;
- Les propriétés mécaniques atteintes d'autre part, afin d'attester que les valeurs déclarées dans le Document Technique d'Application sont respectées par le produit en place.

Il est à noter que, conformément au fascicule 70-1, deux autres types de contrôles sont à réaliser dans le cadre de la réception des chantiers de chemisage : les inspections visuelles et les contrôles d'étanchéité. Ceux-ci ne seront pas détaillés dans la suite de cette notice.

Ainsi, les objectifs de cette notice sont notamment :

- d'expliquer le processus d'élaboration des valeurs mécaniques garanties mentionnées dans les DTA ;
- de clarifier les différentes notions d'épaisseur ;
- d'expliquer les critères de conformité mécanique des chemisages utilisés dans la NF 390 ;
- de donner des voies de traitement des non-conformités.

Elle s'adresse à tous les acteurs de la réhabilitation mettant en œuvre des chemisages.

Cette notice suppose que le chemisage ait été posé conformément à l'ensemble des exigences du fascicule 70-1 (§ 4.2.3) et au référentiel technique constitué par la norme NF EN ISO 11296-4 ainsi que d'un DTA en cours de validité, et que l'applicateur est certifié NF 390 (ou équivalent). Elle s'applique à la canalisation principale et aux branchements.

Le respect des référentiels techniques et la certification de l'applicateur permettent d'assurer que l'ouvrage fini présente les conditions mécaniques requises pour une durabilité de 50 ans.

Il est à noter que la norme NF EN ISO 11296-4 « Tubage continu par tubes polymérisés en place » ne mentionne aucun critère de conformité mécanique sur les propriétés en flexion et qu'elle ne peut donc être utilisée seule pour établir la conformité mécanique des chemisages. Les modes opératoires et les critères d'acceptation qui permettent d'établir la conformité mécanique d'un chemisage sont précisés dans le référentiel de la marque de qualité NF 390.

4. DONNEES A CONSIDERER POUR LA VERIFICATION DE LA CONFORMITE

Les données à considérer dans la vérification de la conformité sont :

- Les valeurs déclarées (garanties) dans le DTA en cours de validité, à savoir les valeurs mécaniques garanties et les valeurs d'épaisseur ;
- La note de calcul de dimensionnement ;
- Les résultats des essais préalables à la réception réalisés en fin de chantier ;

² Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5

- Les données du protocole de polymérisation, et plus largement le respect du protocole de pose.

4.1 DTA et valeurs mécaniques garanties

4.1.1 Caractéristiques mécaniques à « court terme »

Dans le cas des chemisages polymérisés en place, les DTA fournissent les caractéristiques mécaniques à court terme nécessaires pour vérifier la résistance du produit. Celles-ci sont au nombre de 3 :

- le module de flexion à court terme ;
- la contrainte de flexion à la première rupture ;
- la déformation de flexion à la première rupture.

Ces valeurs sont issues d'une procédure propre à la Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques (CCFAT), commission encadrée réglementairement qui permet de garantir que 95 % du temps, ces valeurs sont atteintes. Cette procédure est actuellement basée sur la collecte d'un nombre d'échantillons représentatif de la gamme du fabricant, en termes de diamètre et d'épaisseur du produit. Ces échantillons sont issus de chantiers et non pas d'un laboratoire pour garantir au mieux la représentativité des valeurs. Ainsi, au minimum 50 valeurs issues de 10 chantiers sont demandées pour pouvoir effectuer une analyse statistique et en déduire les valeurs mécaniques à court terme.

Nota : Le titulaire du DTA a la possibilité de faire évoluer les caractéristiques mécaniques au cours du temps notamment pour prendre en compte l'évolution de son produit ; cette démarche nécessite la mise à jour formelle du DTA.

Nota : Ce n'est donc pas le fabricant du chemisage qui fixe seul les valeurs déclarées, mais une tierce partie. Ainsi, un fabricant ne peut pas déclarer une valeur mécanique délibérément basse pour améliorer ses chances d'atteindre la conformité lors des essais de contrôle mécanique. Une valeur anormalement basse augmente le risque d'accepter un produit non conforme dont la durée de vie serait inférieure à 50 ans.

4.1.2 Caractéristiques mécaniques à « long terme »

Trois caractéristiques mécaniques à long terme utilisées dans le dimensionnement sont également publiées dans les DTA :

- Le module de flexion à long terme en conditions humides ;
- La contrainte en flexion à long terme ;
- L'allongement de flexion minimale à long terme en milieu acide.

Ces caractéristiques ne sont pas prises en compte dans les vérifications de conformité en laboratoire car elles ne sont pas vérifiables dans un délai raisonnable.

Le module à long terme ne traduit pas un « effet du temps » sur le module à court terme (qui se maintient généralement dans le temps), il exprime l'effet du fluage qui provoque, dans un matériau soumis à une contrainte constante, une déformation différée et croissante dans le temps qui s'ajoute à la déformation élastique initiale (qui elle dépend du module à court terme).

Le module à long terme se mesure par un essai de flexion 3 points sous charge constante en milieu humide conformément à l'annexe C de la norme NF EN ISO 11296-4. La déformation, qui augmente avec le temps, est mesurée et le module en flexion apparent, qui décroît en conséquence, est calculé.

Les valeurs du module sont relevées en fonction du temps et le module à 50 ans est obtenu par extrapolation.

Cet essai dont la durée est de 10 000 heures (417 jours) est réalisé sur cinq éprouvettes. La valeur retenue est la moyenne des valeurs mesurées.

La résistance en flexion à long terme prend en compte l'effet de l'environnement et du temps sur la résistance en flexion d'un matériau soumis à une contrainte constante, on peut ici parler de « vieillissement ». L'essai est réalisé en conditions humides conformément à l'annexe D de la norme NF EN ISO 11296-4 et permet de calculer une contrainte de défaillance extrapolée à 50 ans.

On notera qu'en l'absence de valeurs d'essai, la valeur publiée dans les DTA peut être une valeur conventionnelle égale à 50% de la contrainte en flexion garantie à court terme.

La déformation de défaillance en flexion à long terme en milieu acide n'est mesurée que pour les matériaux renforcés par des fibres de verre. L'essai est réalisé conformément à l'ISO 10952 et permet de calculer la déformation de défaillance extrapolée à 50 ans qui ne doit pas être inférieure à 0,45 %.

4.2 Dimensionnement mécanique

Conformément au fascicule 70-1 et au DTA, le dimensionnement mécanique du produit visé est réalisé avec la méthode 3R publiée par l'Astee³ en fonction des caractéristiques mécaniques déclarées dans le DTA et des hypothèses du projet (données préalables telles que l'état de la canalisation d'accueil, la présence d'une nappe phréatique, les charges verticales, etc.). Ce dimensionnement permet au Maître d'œuvre (phase appel d'offre) et à l'applicateur (phase travaux) de retenir une valeur d'épaisseur dans les valeurs tabulées du DTA. Cette méthodologie est autoportante pour vérifier l'adéquation du produit au domaine d'emploi.

Note : la méthode de dimensionnement 3R vérifie pour les chemisages circulaires que la rigidité annulaire initiale est supérieure à 0,25 kPa conformément à la norme NF EN ISO 11296-4, il est donc déconseillé de spécifier dans les CCTP des marchés de travaux des classes de rigidité telles que celles qui existent pour les produits thermoplastiques finis en usine (PVC, PRV, etc.). Le chemisage convient si tous les états limites sont vérifiés favorablement (voir §2.2).

L'épaisseur de dimensionnement garantie fera l'objet d'un point d'arrêt avant le chantier qui permettra au maître d'œuvre de vérifier que la valeur déclarée par le fabricant convient dans la note de calcul.

Il est à noter que cette épaisseur correspond à l'épaisseur permettant de justifier de la pérennité de l'ouvrage. Le maître d'œuvre vérifiera que cette épaisseur (notamment lorsqu'elle est faible) est compatible avec les différents raccords de l'ouvrage (telles que les pièces de raccordement pour les branchements neufs en cas de réhabilitation de ces derniers en tranchées ouvertes).

Nota : si le CCTP peut imposer des valeurs minimales aux caractéristiques mécaniques d'un chemisage polymérisé en place, ces valeurs ne doivent pas être utilisées dans les dimensionnements.

³ « Dimensionnement de la réhabilitation par chemisage et tubage des réseaux d'assainissement – Révision 2017 » (TSM 6-2017)

4.3 Essais préalables à la réception et essais de contrôles externes – Prélèvements et essais en laboratoire

4.3.1 Fréquence

Le nombre d'échantillons à réaliser est de « un par tir » pour le chemisage polymérisé en place des tuyaux des collecteurs.

Lorsque des branchements sont chemisés, il conviendra d'effectuer au moins un é pour évaluer les caractéristiques mécaniques de la gaine posée sur les branchements, par type de produit (caractérisé par lot). Il est recommandé, lorsque c'est possible, d'effectuer un prélèvement tous les cinq branchements chemisés. La réalisation de ces prélèvements sera préférentiellement réalisée dans le ou les regard(s) de visite(s). A défaut, si les conditions ne sont pas réunies, une vérification sur voirie avec le même matériel et le même produit pourra être réalisée, mais ce protocole devra avoir été documenté et validé en amont.

4.3.2 Prélèvement

La qualité et la représentativité du prélèvement en fin de chantier sont essentielles pour garantir la fiabilité des opérations de contrôles. On recommande de réaliser le prélèvement conformément aux spécifications du « Guide Méthodologique sur la réalisation de prélèvements représentatifs des travaux de réhabilitation par chemisage » édité en 2024 par le CSTB.

Le prélèvement de(s) échantillon(s) est réalisé :

- par le titulaire des travaux (applicateur) pour la découpe,
- par le Maître d'œuvre ou par un organisme de contrôle désigné dans les documents du marché ou dans la certification de l'entreprise pour la prise en charge de l'échantillon et son enregistrement pour la traçabilité (fiche de prélèvement par ex.). Cet enregistrement doit être visé (validation).

Il est fortement recommandé au maître d'ouvrage d'anticiper cette opération, dès la conception du chantier.

Nota : un second échantillon sera utilement prélevé pour permettre la réalisation d'un contre-essai

4.3.3 Essais en laboratoire

Les essais préalables à la réception permettant de vérifier la conformité mécanique des chemisages polymérisé en place seront réalisés dans le cadre d'un chantier réalisé dans le cadre de la marque NF390 ou une marque équivalente.

Les essais en laboratoire doivent être réalisés dans un laboratoire accrédité NF EN ISO 17025 par le COFRAC pour l'essai décrit dans l'annexe B de la norme NF EN ISO 11296-4.

Les mesures sont réalisées sur 5 éprouvettes découpées dans l'échantillon prélevé (soit 1 échantillon = au minimum 5 éprouvettes), selon le guide de prélèvement préalablement cité.

4.3.3.1 Mesure des épaisseurs

Les mesures d'épaisseur doivent montrer une homogénéité de produit soit :

- Les valeurs d'épaisseurs sur une même éprouvette doivent être identiques à 10% près,
- Les valeurs d'épaisseurs pour chacune des éprouvettes doivent être identiques à 10% près.

Tout excès de résine pure au dos de l'éprouvette pourra être partiellement ou totalement meulé en phase de préparation avant réalisation des essais. Ces mesures d'épaisseurs devront être conformes aux spécifications des DTA et au paragraphe §B.4.1 de la norme NF EN ISO 11296-4.

Deux épaisseurs, **représentatives du produit fini après polymérisation**, sont mesurées pour chaque éprouvette :

- **L'épaisseur totale** = épaisseur du composite et de toutes ses membranes et des éventuelles couches de résine de protection.
- **L'épaisseur du composite ou épaisseur structurante** = épaisseur totale moins les épaisseurs connues (définies par l'imprégnateur) ou mesurées séparément de toutes les membranes intérieures et/ou extérieures et/ou de l'excédent des couches de résine pure.

A noter que **l'épaisseur nominale**, à la discrétion du fabricant, est une **valeur commerciale et doit être ignorée dans les vérifications de la conformité**. L'épaisseur nominale peut éventuellement faire l'objet de contrôles lors de la livraison pour vérifier la traçabilité du produit.

4.3.3.2 Caractéristiques mécaniques

Les mesures des caractéristiques mécaniques sont réalisées conformément à la méthode d'essai décrite dans l'annexe B de la norme NF EN ISO 11296-4 en prenant en compte les épaisseurs structurantes et non structurantes indiquées dans les DTA des produits testés, ainsi que les hypothèses suivantes :

- L'épaisseur de la couche d'abrasion étant considérée comme non structurelle, elle n'est donc pas prise en compte dans l'essai de flexion à court terme.
- Le point de première rupture est la première discontinuité majeure de la courbe contrainte déformation associée à une défaillance locale de la matrice de résine ou des fibres de renfort. Lorsque la courbe ne présente pas de discontinuité marquée, la première rupture est située à la limite élastique. Celle-ci est placée au point pour lequel la courbe contrainte/déformation s'écarte de la pente déterminée par le module. Dans ce dernier cas et par expérience, un écart de déformation égal à 0,05 % entre la pente et la courbe pour la détermination de la première rupture est considéré comme justifié.
- Les erreurs de zéro doivent être corrigés automatiquement en calculant le module maximal sur la partie linéaire initiale de la courbe (comme proposée par la norme).
- Le module est déterminé en gardant une valeur de déformation $\epsilon f_2 = \epsilon f_1 + 0,002$ (0,2 %), où ϵf_1 est attribuée à une valeur de la partie linéaire de la courbe corrigée des erreurs de zéro **qui maximalise le module**, comme demandé par la norme. Le module est donc bien calculé sur une différence de déformation de 0,2 % mais pas obligatoirement aux déformations de 0,05 % et 0,25 %.

5. ETABLISSEMENT DE LA CONFORMITE DES CHEMISAGE POLYMERISE EN PLACES

5.1 Les principes d'établissement de la conformité

Un mode opératoire de contrôle doit préciser le nombre d'éprouvettes à tester provenant de l'échantillon et le(s) critère(s) d'acceptation ou de refus. Il convient d'utiliser des critères qui minimisent la probabilité d'une mauvaise décision, qui peut être de rejeter à tort un chemisage polymérisé en place alors qu'il est conforme (erreur de première espèce) ou d'accepter à tort un chemisage polymérisé en place alors qu'il est non conforme (erreur de deuxième espèce).

Il n'est pas possible pour des raisons « mathématiques » de minimiser simultanément les deux risques : la diminution de l'un entraîne forcément l'augmentation de l'autre.

Cependant les deux risques ne sont pas équivalents et on cherchera à minimiser le risque qui a le plus de conséquences sur la durée de vie du chemisage polymérisé en place.

L'acceptation à tort d'un chemisage non conforme aura pour conséquence une durée de vie moindre de l'ouvrage et constitue donc le risque le plus important qui doit être prioritairement minimisé.

Le refus à tort d'un chemisage conforme est évidemment sans conséquence sur la durée de vie du chemisage puisqu'il est en réalité conforme.

5.2 Les critères de la marque NF 390

5.2.1 Définition de la conformité selon la NF 390

Le référentiel de la marque NF 390 précise la conformité d'un chemisage : « Un chemisage polymérisé en place (un tir) est jugé conforme à un référentiel de certification et peut être marqué NF, si toutes les conditions suivantes sont remplies :

- La mise en œuvre respecte les préconisations du DTA (protocoles de traction/réversion et de polymérisation conformes) ;
- L'inspection TV après le chemisage et avant réouverture des branchements est satisfaisante (état de surface, propreté, régularité, absence de défaut, etc.) ;
- L'étanchéité de la canalisation rénovée est conforme ;
- L'épaisseur de paroi de la chemise est conforme au DTA et à la note de calcul ;
- Les résultats d'essai de flexion à court terme sont supérieurs aux valeurs définies dans le DTA».

5.2.2 Vérification de l'épaisseur du chemisage polymérisé en place

Le référentiel de la marque de qualité NF 390 spécifie des obligations pour l'épaisseur du chemisage polymérisé en place :

Epaisseur moyenne structurante de chaque éprouvette ($e_{c,m}$) $\geq$ épaisseur de dimensionnement garantie (e_d)
Epaisseur minimale du composite ($e_{c,min}$) $\geq$ 80% de l'épaisseur de dimensionnement garantie (e_d) ou 3mm, la valeur la plus grande étant retenue.

5.2.3 Vérification des caractéristiques mécaniques

Les critères de vérification de la conformité selon NF 390 sont :

- 1) Conformité de la contrainte à la première rupture : 4 sur les 5 valeurs individuelles mesurées (1 éprouvette = 1 valeur) doivent être supérieures à la valeur déclarée dans le DTA (fractile à 5%).
- 2) Conformité du module en flexion : la moyenne des 5 valeurs mesurées doit être supérieure à la valeur déclarée dans le DTA ;
- 3) Conformité de la déformation à la première rupture : la moyenne des 5 valeurs mesurées doit être supérieure à la valeur déclarée dans le DTA.

En cas de résultats non conformes, un contre-essai est réalisé sur le même nombre d'éprouvettes découpées dans le même échantillon si sa taille le permet, ou un échantillon provenant du même tir.

Conformément à la norme NF EN ISO 11296-4 et aux DTA, les valeurs de module de flexion et de contrainte à la première rupture sont les valeurs corrigées.

Note 1 : Le critère de vérification de la contrainte a été optimisé pour minimiser le risque d'accepter un chemisage polymérisé en place non conforme mais il présente un risque non négligeable de refuser un chemisage conforme. On rappelle qu'un contre-essai est le moyen le plus efficace pour réduire le risque de refuser un chemisage polymérisé en place conforme.

Note 3 : La courbe d'essai peut utilement être comparée à celle figurant dans le DTA du produit.

Note 4 : Les exigences minimales du tableau 5 de la norme NF EN ISO 11296-4 concernent les valeurs déclarées et non pas les valeurs mesurées sur chantier. Il n'existe pas d'exigences minimales concernant les valeurs déclarées du module ou de la résistance en flexion, en revanche la valeur déclarée de la déformation à la première rupture doit être supérieure à 0,75%.

5.2.4 Non-conformités dues à l'essai

5.2.4.1 Hétérogénéité d'épaisseurs

Les valeurs d'épaisseurs doivent être homogènes, conformément au §4.3.3.1. Si elles ne le sont pas, l'éprouvette est écartée.

5.2.4.2 Non-conformités dues au nombre d'éprouvettes réalisables

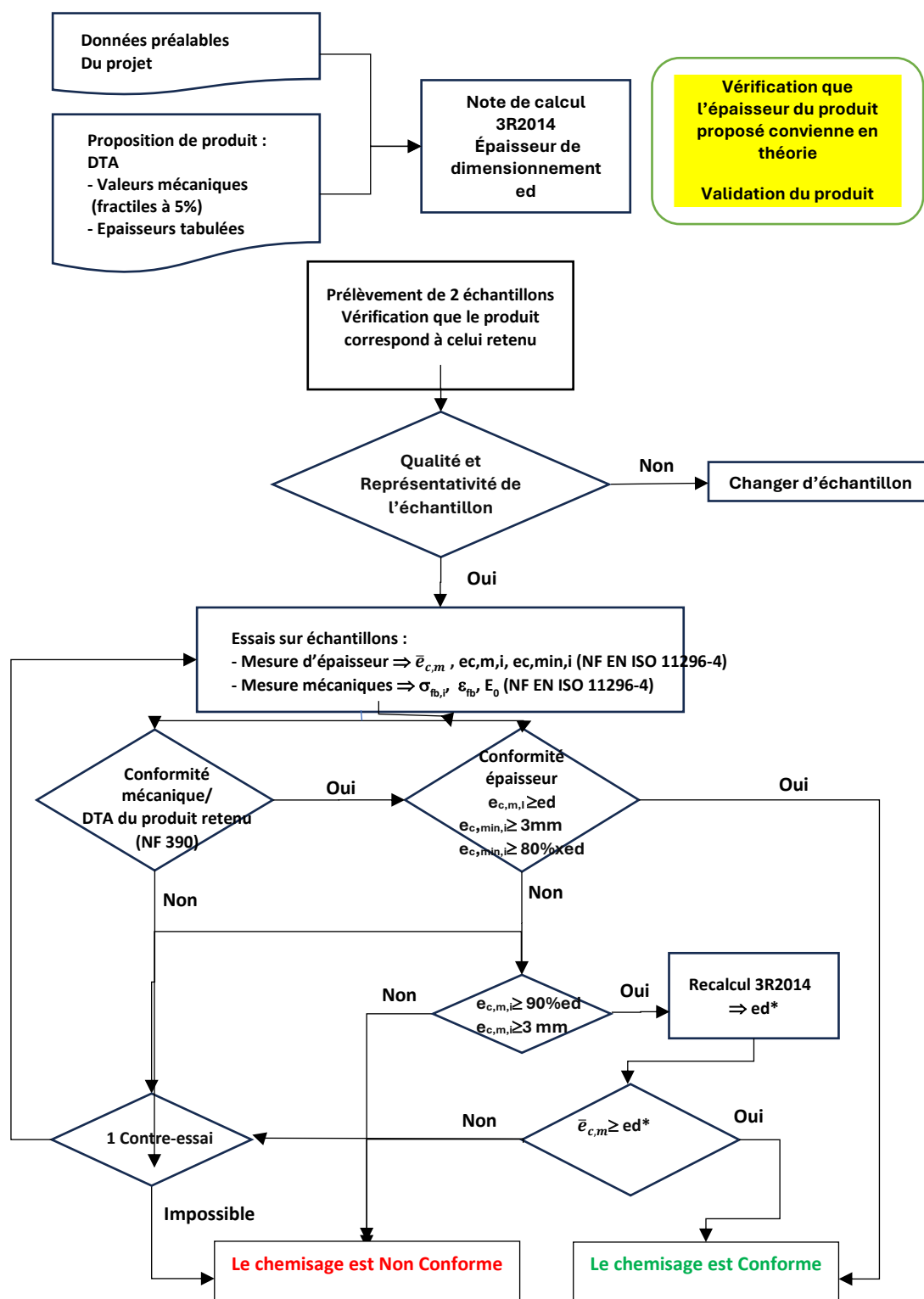
La taille de l'échantillon ou sa qualité ne permet pas toujours de réaliser 5 éprouvettes homogènes dans de bonnes conditions. Dans ce cas, l'essai est réalisé hors accréditation NF EN ISO 17025. Le laboratoire reste responsable de l'adéquation de la réalisation de l'essai avec l'échantillon.

Nota : à titre dérogatoire, il est possible de juger de la conformité sur 4 éprouvettes, car il a été démontré que la gestion de la conformité sur 4 éprouvettes était statistiquement robuste.

5.2.5 Logigramme de traitement de la conformité

Le logigramme page suivante représente la procédure de gestion de la conformité mécanique selon la norme NF 390.

Vérification de la conformité du chemisage polymérisé selon NF 390



Légende :

$e_{c,m,i}$ = épaisseur moyenne du composite de l'éprouvette i ($i = 1$ à 5)

$e_{c,min,i}$ = épaisseur minimale du composite de l'éprouvette i

$\bar{e}_{c,m}$ = moyenne des épaisseurs moyennes de l'ensemble des éprouvettes

ed = épaisseur de dimensionnement (épaisseur présente dans le tableau des DTA)

ed* = épaisseur minimale de dimensionnement suite au recalcul

$\sigma_{fb,i}$ = contrainte de flexion à la première rupture de l'éprouvette i

$\epsilon_{fb,i}$ = déformation à la première rupture de l'éprouvette i

$E_{0,i}$ = module de flexion de l'éprouvette i

**la conformité au paragraphe 4 aura été prouvée en amont*

Note : une épaisseur maximum peut avoir été spécifiée, si tel était le cas, elle devra également être respectée.

6. GESTION DES NON-CONFORMITES

6.1 Introduction

La mise en conformité d'un chemisage polymérisé en place défectueux peut impliquer son remplacement ou l'installation d'un deuxième chemisage. Toutefois, il est possible d'accepter une non-conformité si elle n'est pas de nature à porter atteinte à la sécurité, au comportement et à la durabilité du chemisage polymérisé en place. Dans ce cas, l'appréciation de l'importance des écarts constatés est capitale, car si la non-conformité s'avère être majeure, notamment un défaut de polymérisation, le maître d'ouvrage n'a plus de possibilité de recours dans le cadre de la garantie de parfait achèvement. Il est possible d'utiliser d'autres contrôles (enregistrements réalisés pendant la polymérisation notamment) pour lever la non-conformité.

Il est fortement conseillé aux utilisateurs de spécifier dès le CCTP du marché de travaux les éléments qui vont suivre ou de faire référence au présent document.

On distingue deux types de non-conformités :

- Non-conformité d'épaisseur
- Non-conformité mécanique

Les procédures décrites aux paragraphes 6.2 et 6.3 permettent d'accepter respectivement une non-conformité d'épaisseur ou une non-conformité mécanique, sous certaines conditions.

On notera que si l'épaisseur et les caractéristiques mécaniques du chemisage polymérisé en place sont simultanément non conformes, aucune acceptation n'est possible.

On notera également qu'une pénalité proportionnelle à l'écart entre la valeur déclarée et la valeur mesurée pourra être appliquée en cas d'acceptation d'une non-conformité.

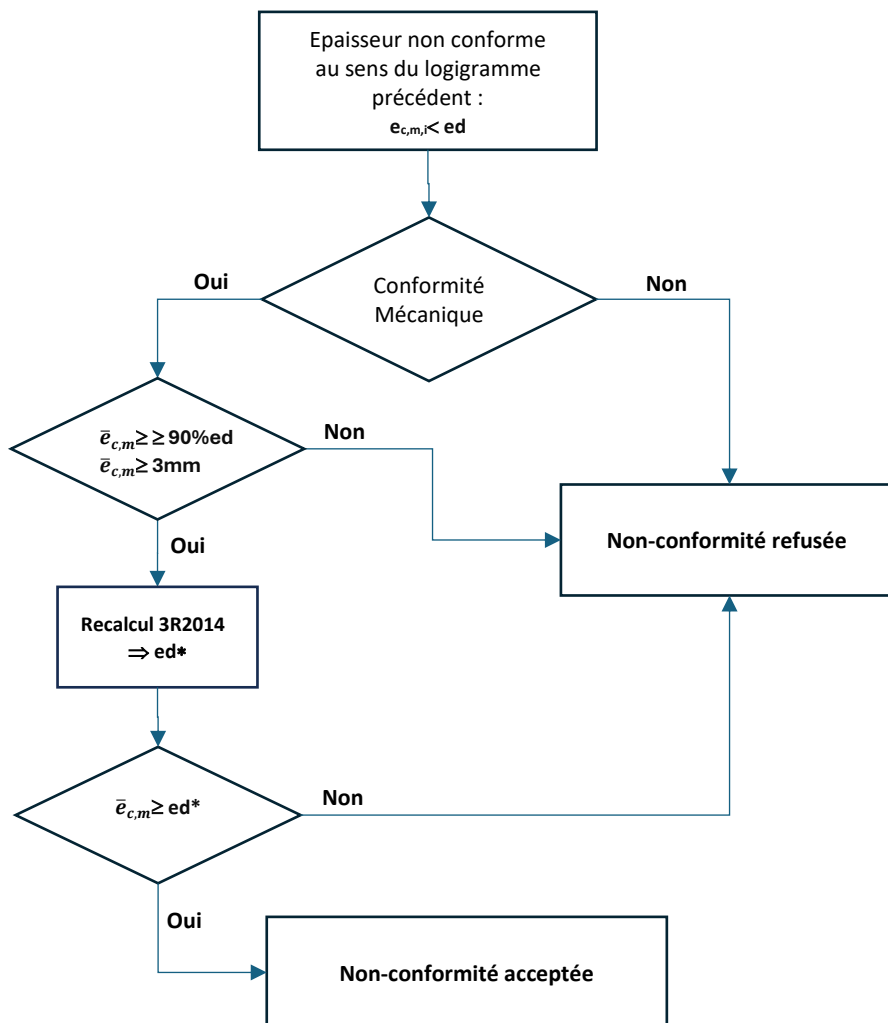
6.2 Epaisseur non conforme

Si l'épaisseur est non conforme au sens du logigramme précédent, on doit alors vérifier la conformité mécanique selon les critères exposés au chapitre 4.2.3.

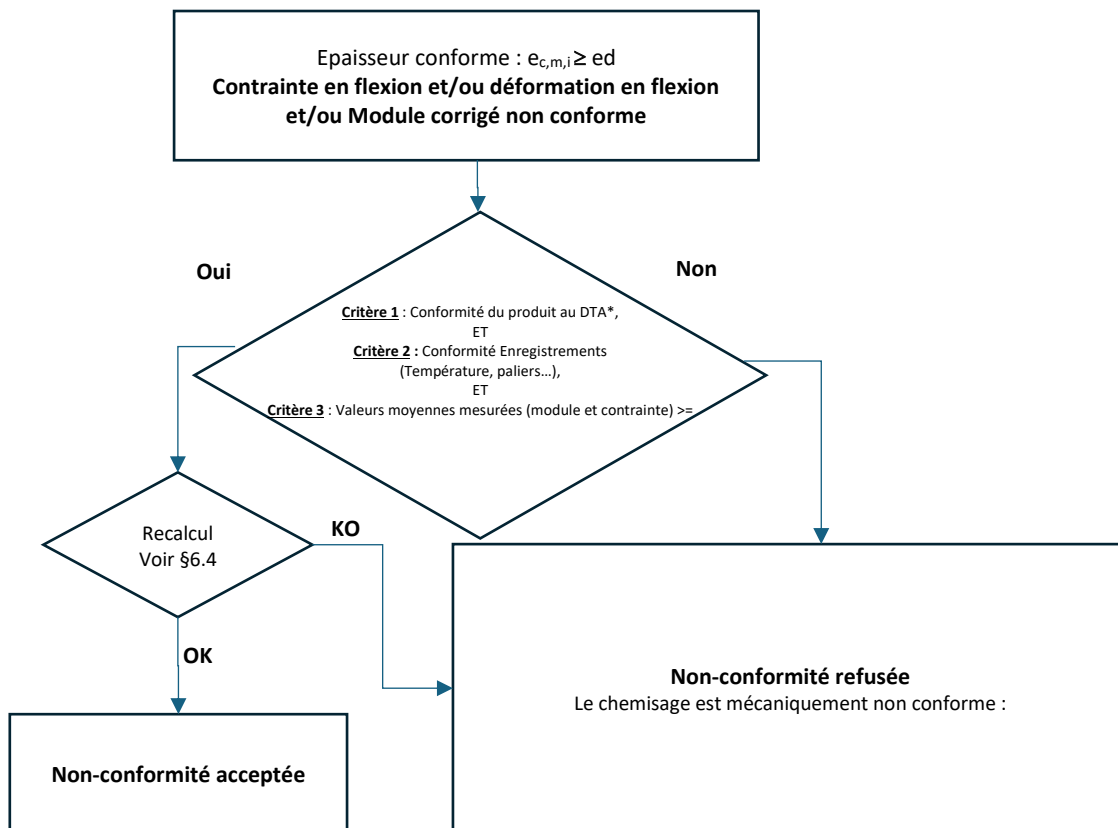
Si les caractéristiques mécaniques sont conformes **au DTA** selon les critères de la NF 390 et si toutes les épaisseurs moyennes individuelles $e_{c,m,i}$ sont supérieures à 90 % de la valeur de dimensionnement e_d ou 3 mm, la plus grande des deux valeurs, un « recalcul » sera effectué avec les caractéristiques mécaniques moyennes mesurées (corrigées).

Si l'épaisseur moyenne des 5 éprouvettes $\bar{e}_{c,m}$ est supérieure à l'épaisseur minimale déterminée par le recalcul e_d^* , la non-conformité est acceptée.

Le logigramme ci-dessous reprend la procédure de vérification de conformité présentée précédemment.



6.3 Caractéristiques mécaniques non conformes (Module, résistance ou déformation en flexion)



**pour des produits innovants, dans l'attente d'un DTA, une appréciation type ATE_x peut servir de preuve*

La non-conformité mécanique peut porter sur le module en flexion et/ou la contrainte à la première rupture et/ou la déformation.

Si le chemisage polymérisé en place est mécaniquement non conforme selon les critères de la NF 390 mais que son épaisseur est conforme, on vérifiera l'ensemble des trois critères suivants pour pouvoir procéder à un recalcul de l'épaisseur de dimensionnement (ces derniers sont cumulatifs) :

- critère 1 : la conformité du produit au DTA,
- critère 2 : la conformité des enregistrements tels que la température, les pressions mises en œuvre, etc. Les paramètres physiques à enregistrer sont spécifiés dans le DTA correspondant au produit utilisé,
- critère 3 : les valeurs moyennes des essais doivent correspondre à au moins 90 % des valeurs mécaniques garanties par le DTA.

6.4 Règles pour faire un recalcul

L'objectif d'un recalcul est de vérifier si les caractéristiques mesurées du chemisage polymérisé en place installé sont compatibles avec la stabilité et la résistance à long terme du chemisage conformément à la méthode 3R.

L'épaisseur de dimensionnement sera égale à la valeur moyenne de l'épaisseur du composite mesurée sur 5 éprouvettes.

Les caractéristiques à court terme (module de flexion et contrainte à la première rupture) seront égales aux valeurs moyennes mesurées sur 5 éprouvettes.

Les caractéristiques à long terme (module de flexion et contrainte à la première rupture) seront calculées en conservant les ratios long-terme/court-terme des valeurs déclarées dans le DTA.

Pour les produits renforcés de verre, l'allongement maximal admissible à long terme en milieu acide sera égal à celui déclaré dans le DTA.

Nota : on acceptera de calculer les moyennes sur 4 éprouvettes s'il n'a pas été possible d'obtenir les résultats sur 5 éprouvettes.

6.5 Que faire si une non-conformité est refusée

En cas de chemisage polymérisé en place non conforme sur les critères dimensionnels ou mécaniques, plusieurs solutions sont envisageables pour le maître d'ouvrage. Ce dernier peut en effet imposer dans le cahier des charges à l'entreprise titulaire du marché une obligation de traitement des non-conformités relevées à la réception. Lorsque les non-conformités persistent, plusieurs éléments sont à considérer :

1/ Reprendre l'ensemble des éléments de preuves pour pouvoir prendre une décision. Chaque cas devra être traité indépendamment. La structure du prélèvement sera analysée, et les autres informations (ITV et étanchéité) seront analysées pour identifier les éventuels défauts. La décision devra toutefois être étayée (le fait d'avoir les essais ITV et étanchéité conformes n'est par exemple pas suffisant).

2/ Il sera souvent préférable, si possible, de poser une seconde gaine par-dessus la première en s'assurant au préalable que le rétrécissement de la section d'écoulement de la canalisation ne sera pas préjudiciable ultérieurement à sa bonne fonctionnalité hydraulique. Dans ce cas, les hypothèses intégrées dans la note de calcul 3R seront les mêmes que la note de calcul du chemisage initial. Une attention particulière devra être portée sur les essais de réception après pose de la nouvelle gaine, en particulier sur les défauts visuels qui auraient pu être répliqués de la gaine initialement posée (plissements, renflements).

Nota : Les hypothèses initiales de dimensionnement, et notamment celles concernant la canalisation d'accueil, ne doivent pas être modifiées."

Nota 2 : la faisabilité de reprise des branchements sera prise en compte.

3/ Dans le cas où la pose d'une seconde gaine ne serait pas envisageable du fait d'une trop forte réduction de la section d'écoulement et/ou de défauts visuels trop importants sur la gaine initialement posée, la gaine pourra être découpée et/ou fraisée en vue de la pose d'une nouvelle gaine.

Cette solution sera dépendante de la nature du chemisage polymérisé en place (feutre ou verre) et de son adhérence. Une attention particulière sera portée à la nature des matériaux d'accueil, notamment en présence d'un risque amiante.

En dernier recours, dans le cas où ni la pose d'une seconde gaine ne serait envisageable, ni la gaine initialement posée ne pourrait être retirée par fraisage ou découpe, la dépose de la canalisation chemisée et son remplacement par une nouvelle canalisation, au moyen d'une tranchée ouverte, sont préconisés.

7. EXEMPLES

7.1 Exemple 1

Un chantier a été réalisé avec un produit verrier **PRODUIT 1**. Il a été vérifié préalablement, au stade de la conception, que ce produit était couvert par un DTA et qu'il disposait des contrôles nécessaires à la vérification de ses caractéristiques, par exemple au moyen d'un certificat NF 390.

Résultat :

Note de vérification des critères de conformité des résultats des essais de flexion

Chantier : HAGUENAU
Cellule à renseigner

A. Données d'entrée

Tableau A1 - Valeurs déclarées dans DTA

Nom du procédé : PRODUIT 1
Numéro de DTA : 17.2/XXXX
Numéro certificat NF Entreprise 02-RC 05-X/XX.XX

Caractéristiques		Valeur minimale	Unité
Court terme	Module de flexion garanti (Eo,k)	11 500,00	Mpa
	Contrainte de flexion garantie à la rupture	210,00	Mpa
	Déformation en flexion garantie à rupture	2,28	%
Long terme	Module de flexion en milieu humide garanti à 50 ans	6 500,00	Mpa
	Contrainte de flexion	105,00	Mpa

Tableau A2 - Epaisseur de dimensionnement renseignée dans le logiciel 3R-14

Caractéristiques	Valeur	Unité
Epaisseur de dimensionnement issue du DTA	4,40	mm

Tableau A3 - Prélèvement

Qualité du prélèvement : Représentatif
Traçabilité du prélèvement : fiche identification, signée

Tableau A4 - Valeurs issues des résultats des essais de flexion

Caractéristiques	Unité	Epreuves				
		1	2	3	4	5
Epaisseur moyenne du composite	mm	5,08	4,86	5,04	4,81	4,85
Epaisseur minimale du composite	mm	4,67	4,61	4,58	4,45	4,51
Module de flexion corrigé	Mpa	10 853,00	11 849,00	12 528,00	12 605,00	11 150,00
Contrainte de flexion à la première rupture corrigée	Mpa	230,60	236,30	270,20	248,30	229,60
Déformation en flexion à la première rupture	%	2,69	2,68	2,79	2,45	2,68

B. Critères de jugement de la conformité

Tableau B1 - Critère épaisseur

Epaisseur Garantie	Valeur	Unité
Epaisseur dimensionnement ed	4,40	mm
80 % ed ou 3mm	3,52	mm

Caractéristiques Epaisseur mesurée	Unité	Valeurs mesurées	Différence entre les épaisseurs mesurées et garanties	Résultat	Conformité
Epaisseur moyenne du composite (ec,m)	mm	4,81	8,52%	OK	Epaisseur conforme
Epaisseur minimale du composite (ec,min,i)	mm	4,45	20,90%	OK	

Tableau B2 - Critère mécanique

Caractéristiques	Valeurs garanties DTA	Valeurs mesurées (individuelles ou moyennes)	Différence entre les valeurs mesurées et garanties	Nombre épreuves individuelles non conformes	Résultat	Conformité
Module de flexion garanti	11 500,00	11 797,00	2,52%	-	OK	Essai mécanique conforme
Contrainte de flexion garantie à la rupture	210,00	230,60	8,93%	1	OK	
Déformation en flexion garantie à rupture	2,28	2,66	14,22%	-	OK	

Tableau B3 - Globale

Critère	Conformité	Possibilité de recalcul ?
Epaisseur	Epaisseur conforme	Pas de nécessité de recalcul pour le critère épaisseur
Mécanique	Essai mécanique conforme	Pas de nécessité de recalcul pour le critère mécanique

➔ Conclusion

Prélèvement	Représentatif
Epaisseur	Satisfaisant
Caractéristique mécanique	Satisfaisant

7.2 Exemple 2

Un chantier a été réalisé avec le produit verrier **PRODUIT 2**. Il a été vérifié préalablement, au stade de la conception, que le produit était sous DTA et qu'il disposait des contrôles nécessaires à la vérification de ses caractéristiques, par exemple au moyen d'un certificat NF 390.

Chantier LILLE
Cellule à renseigner

A. Données d'entrée

Tableau A1 - Valeurs déclarées dans DTA

Nom du procédé : PRODUIT 2
Numéro de DTA : 17.2/XXXX
Numéro certificat NF Entreprise : 08-RC 05-X/XX.XX

	Caractéristiques	Valeur minimale	Unité
Court terme	Module de flexion garanti (Eo,k)	19 300,00	Mpa
	Contrainte de flexion garantie à la rupture	324,00	Mpa
	Déformation en flexion garantie à la rupture	1,75	%
Long terme	Module de flexion en milieu humide garanti à 50 ans	12 175,00	Mpa
	Contrainte de flexion	162,00	Mpa

Tableau A2 - Epaisseur de dimensionnement renseignée dans le logiciel 3R-14

Caractéristiques	Valeur	Unité
Epaisseur de dimensionnement issue du DTA	3,70	mm

Tableau A3 - Prélèvement

Qualité du prélèvement : Représentatif
Traçabilité du prélèvement : fiche identification, signée

Tableau A4 - Valeurs issues des résultats des essais de flexion

Caractéristiques	Unité	Epreuves				
		1	2	3	4	5
Epaisseur moyenne du composite	mm	3,74	3,92	4,02	3,99	3,78
Epaisseur minimale du composite	mm	3,39	3,40	3,79	3,45	3,62
Module de flexion corrigé	Mpa	11 094,00	10 867,00	12 867,00	9 748,00	14 972,00
Contrainte de flexion à la première rupture corrigée	Mpa	306,00	270,00	297,00	298,00	377,00
Déformation en flexion à la première rupture	%	2,96	2,68	2,41	3,16	2,68

B. Critères de jugement de la conformité

Tableau B1 - Critère épaisseur

Epaisseur Garantie	Valeur	Unité
Epaisseur dimensionnement ed	3,70	mm
80 % ed ou 3mm	3	mm

Caractéristiques Epaisseur mesurée	Unité	Valeurs mesurées	Différence entre les épaisseurs mesurées et garanties	Résultat	Conformité
Epaisseur moyenne du composite (ec,m)	mm	3,74	1,07%	OK	Epaisseur conforme
Epaisseur minimale du composite (ec,min,i)	mm	3,39	11,50%	OK	

Tableau B2 - Critère mécanique

Caractéristiques	Valeurs garanties DTA	Valeurs mesurées (individuelles ou moyennes)	Différence entre les valeurs mesurées et garanties	Nombre épreuves individuelles non conformes	Résultat	Conformité
Module de flexion garanti	19 300,00	11 909,60	-62,05%	-	PAS OK	Essai mécanique non conforme
Contrainte de flexion garantie à la rupture	324,00	297,00	-9,09%	4	PAS OK	
Déformation en flexion garantie à la rupture	1,75	2,78	37,01%	-	OK	

Tableau B3 - Globale

Critère	Conformité	Possibilité de recalcul ?
Epaisseur	Epaisseur conforme	Pas de nécessité de recalcul pour le critère épaisseur
Mécanique	Essai mécanique non conforme	recalcul pas possible

➔ Conclusion

Prélèvement	Représentatif
Epaisseur	Satisfaisant
Caractéristique mécanique	Non satisfaisant
Possibilité de recalcul ?	NON (valeur(s) mécanique(s) mesurée(s) < valeur(s) mécanique(s) garantie(s))
Global	CONTRE ESSAI ou Non satisfaisant

7.3 Exemple 3

Un chantier a été réalisé avec le produit verrier **PRODUIT 3**. Il a été vérifié préalablement, au stade de la conception, que le produit était sous DTA et qu'il disposait des contrôles nécessaires à la vérification de ses caractéristiques, par exemple au moyen d'un certificat NF 390.

Chantier Saint BRIEUC
Cellule à renseigner

A. Données d'entrée

Tableau A1 - Valeurs déclarées dans DTA

Nom du procédé : PRODUIT 3
Numéro de DTA : 17.2/XXXX
Numéro certificat NF Entreprise : 08-RC 12-X/XX.XX

Caractéristiques		Valeur minimale	Unité
Court terme	Module de flexion garanti (Eo,k)	11 500,00	Mpa
	Contrainte de flexion garantie à la rupture	210,00	Mpa
	Déformation en flexion garantie à la rupture	2,28	%
Long terme	Module de flexion en milieu humide garanti à 50 ans	5 375,00	Mpa
	Contrainte de flexion	105,00	Mpa

Tableau A2 - Epaisseur de dimensionnement renseignée dans le logiciel 3R-14

Caractéristiques	Valeur	Unité
Epaisseur de dimensionnement issue du DTA	3,70	mm

Tableau A3 - Prélèvement

Qualité du prélèvement : Représentatif
Traçabilité du prélèvement : fiche identification, signée

Tableau A4 - Valeurs issues des résultats des essais de flexion

Caractéristiques	Unité	Epreuves				
		1	2	3	4	5
Epaisseur moyenne du composite	mm	3,40	3,47	3,23	3,62	3,85
Epaisseur minimale du composite	mm	3,35	3,38	3,16	3,43	3,62
Module de flexion corrigé	Mpa	10 692,00	12 616,00	15 546,00	12 108,00	12 837,00
Contrainte de flexion à la première rupture corrigée	Mpa	196,70	308,20	311,50	267,00	89,90
Déformation de flexion à la première rupture	%	2,25	3,10	2,80	2,96	0,98

B. Critères de jugement de la conformité

Tableau B1 - Critère épaisseur

Epaisseur Garantie	Valeur	Unité
Epaisseur dimensionnement ed	3,70	mm
80 % ed ou 3mm	3	mm

Caractéristiques Epaisseur mesurée	Unité	Valeurs mesurées	Différence entre les épaisseurs mesurées et garanties	Résultat	Conformité
Epaisseur moyenne du composite (ec,m)	mm	3,23	-14,55%	PAS OK	Epaisseur non conforme
Epaisseur minimale du composite (ec,min,i)	mm	3,16	5,06%	OK	

Tableau B2 - Critère mécanique

Caractéristiques	Valeurs garanties DTA	Valeurs mesurées (individuelles ou moyennes)	Différence entre les valeurs mesurées et garanties	Nombre épreuves individuelles non conformes	Résultat	Conformité
Module de flexion garanti	11 500,00	12 759,80	9,87%	-	OK	Essai mécanique non conforme
Contrainte de flexion garantie à la rupture	210,00	196,70	-6,76%	2	PAS OK	
Déformation en flexion garantie à la rupture	2,28	2,42	5,71%	-	OK	

Tableau B3 - Globale

Critère	Conformité	Possibilité de recalcul ?
Epaisseur	Epaisseur non conforme	Recalcul pas possible
Mécanique	Essai mécanique non conforme	Recalcul pas possible

➔ Conclusion

Prélèvement	Représentatif
Epaisseur	Non satisfaisant
Caractéristique mécanique	Non satisfaisant (au moins une des 4 valeurs de contraintes individuelles inférieures aux valeurs du DTA)
Possibilité de recalcul ?	NON (Epaisseur et caractéristiques mécaniques)
Global	CONTRE ESSAI ou Non satisfaisant

7.4 Exemple 4

Un chantier a été réalisé avec le produit verrier **PRODUIT 4**. Il a été vérifié préalablement, au stade de la conception, que le produit était sous DTA et qu'il disposait des contrôles nécessaires à la vérification de ses caractéristiques, par exemple au moyen d'un certificat NF 390.

Chantier : PORNIC
Cellule à renseigner

A. Données d'entrée

Tableau A1 - Valeurs déclarées dans DTA

Nom du procédé : PRODUIT 4
Numéro de DTA : 17.2/XXXX
Numéro certificat NF Entreprise : 05-RC 10-X/XX.XX

Caractéristiques		Valeur minimale	Unité
Court terme	Module de flexion garanti (Eo,k)	16 314,00	Mpa
	Contrainte de flexion garantie à la rupture	283,00	Mpa
	Déformation en flexion garantie à la rupture	1,30	%
Long terme	Module de flexion en milieu humide garanti à 50 ans	3 000,00	Mpa
	Contrainte de flexion	141,00	Mpa

Tableau A2 - Epaisseur de dimensionnement renseignée dans le logiciel 3R-14

Caractéristiques	Valeur	Unité
Epaisseur de dimensionnement issue du DTA	3,00	mm

Tableau A3 - Prélèvement

Qualité du prélèvement : Représentatif
Traçabilité du prélèvement : fiche identification, signée

Tableau A4 - Valeurs issues des résultats des essais de flexion

Caractéristiques	Unité	Epreuves				
		1	2	3	4	5
Epaisseur moyenne du composite	mm	2,85	2,91	2,87	2,89	2,96
Epaisseur minimale du composite	mm	2,59	2,71	2,78	2,69	2,81
Module de flexion corrigé	Mpa					
Contrainte de flexion à la première rupture corrigée	Mpa					
Déformation en flexion à la première rupture	%					

B. Critères de jugement de la conformité

Tableau B1 - Critère épaisseur

Epaisseur Garantie	Valeur	Unité
Epaisseur dimensionnement ed	3,00	mm
80 % ed ou 3mm	3	mm

Caractéristiques Epaisseur mesurée	Unité	Valeurs mesurées	Différence entre les épaisseurs mesurées et garanties	Résultat	Conformité
Epaisseur moyenne du composite (ec,m)	mm	2,85	-5,26%	PAS OK	Epaisseur non conforme
Epaisseur minimale du composite (ec,min,l)	mm	2,59	-15,83%	PAS OK	

Tableau B2 - Critère mécanique

Caractéristiques	Valeurs garanties DTA	Valeurs mesurées (individuelles ou moyennes)	Différence entre les valeurs mesurées et garanties	Résultat	Conformité
Module de flexion garanti	16 314,00				
Contrainte de flexion garantie à la rupture	283,00				
Déformation en flexion garantie à la rupture	1,30				

Tableau B3 - Globale

Critère	Conformité	Possibilité de recalcul ?
Epaisseur	Epaisseur non conforme	NON - épaisseur inférieure à 3 mm
Mécanique		

→ Conclusion

Prélèvement	Représentatif
Epaisseur	Non satisfaisant car inférieur à 3mm
Caractéristique mécanique	-Pas d'intérêt à comparer – la valeur d'épaisseur de 3 mm est un minimum et elle n'est pas atteinte
Possibilité de recalcul ?	NON (épaisseur < 3mm)
Global	CONTRE ESSAI ou Non satisfaisant

7.5 Exemple 5

Un chantier est posé avec un produit **PRODUIT 5**, rue du Plessis. Il a été vérifié préalablement, au niveau de la conception, que le produit est sous DTA et que le produit disposait des contrôles nécessaires à la vérification de ses caractéristiques, par exemple un certificat NF390.

Chantier Rue du PLESSIS
Cellule à renseigner

A. Données d'entrée

Tableau A1 - Valeurs déclarées dans DTA

Nom du procédé : PRODUIT 5
Numéro de DTA : 17.2/XXXX
Numéro certificat NF Entreprise : 09-RC 10-X/XX.XX

Caractéristiques		Valeur minimale	Unité
Court terme	Module de flexion garanti (Eo,k)	17 012,00	Mpa
	Contrainte de flexion garantie à la rupture	289,50	Mpa
	Déformation en flexion garantie à rupture	1,75	%
Long terme	Module de flexion en milieu humide garanti à 50 ans	6 210,00	Mpa
	Contrainte de flexion	1,01	Mpa

Tableau A2 - Epaisseur de dimensionnement renseignée dans le logiciel 3R-14

Caractéristiques	Valeur	Unité
Epaisseur de dimensionnement issue du DTA	4,20	mm

Tableau A3 - Prélèvement

Qualité du prélèvement : Représentatif
Traçabilité du prélèvement : fiche identification, signée

Tableau A4 - Valeurs issues des résultats des essais de flexion

Caractéristiques	Unité	Epreuves				
		1	2	3	4	5
Epaisseur moyenne du composite	mm	4,03	3,99	3,87	3,71	3,86
Epaisseur minimale du composite	mm	3,74	3,79	3,75	3,49	3,55
Module de flexion corrigé	Mpa	18 571,00	19 599,00	17 311,00	21 193,00	19 820,00
Contrainte de flexion à la première rupture corrigée	Mpa	323,40	265,70	252,00	293,80	293,70
Déformation de flexion à la première rupture	%	2,01	1,55	1,67	1,63	1,75

B. Critères de jugement de la conformité

Tableau B1 - Critère épaisseur

Epaisseur Garantie	Valeur	Unité
Epaisseur dimensionnement ed	4,20	mm
80 % ed ou 3mm	3,36	mm

Caractéristiques Epaisseur mesurée	Unité	Valeurs mesurées	Différence entre les épaisseurs mesurées et garanties	Résultat	Conformité
Epaisseur moyenne du composite (ec,m)	mm	3,71	-13,21%	PAS OK	Epaisseur non conforme
Epaisseur minimale du composite (ec,min,i)	mm	3,49	3,72%	OK	

Tableau B2 - Critère mécanique

Caractéristiques	Valeurs garanties DTA	Valeurs mesurées (individuelles ou moyennes)	Différence entre les valeurs mesurées et garanties	Nombre éprouvettes individuelles non conformes	Résultat	Conformité
Module de flexion garanti	17 012,00	19 298,80	11,85%	-	OK	Essai mécanique non conforme
Contrainte de flexion garantie à la rupture	289,50	265,70	-8,96%	2	PAS OK	
Déformation en flexion garantie à rupture	1,75	1,72	-1,63%	-	PAS OK	

Tableau B3 - Globale

Critère	Conformité	Possibilité de recalcul ?
Epaisseur	Epaisseur non conforme	Recalcul pas possible
Mécanique	Essai mécanique non conforme	Recalcul pas possible

➔ Conclusion

Prélèvement	Représentatif
Epaisseur	Non Satisfaisant
Caractéristique mécanique	Non satisfaisant
Possibilité de recalcul ?	NON (épaisseur ET caractéristiques mécaniques non conformes)
Global	Contre essai ou ARRET

7.6 Exemple 6

Un chantier est posé avec un produit feutre **PRODUIT 6**, rue du Général de Gaulle.

Chantier Rue du Général de Gaulle
Cellule à renseigner

A. Données d'entrée

Tableau A1 - Valeurs déclarées dans DTA

Nom du procédé : PRODUIT 6
Numéro de DTA : 17.2/XXXX
Numéro certificat NF Entreprise : 01-RC 03-X/XX.XX

Caractéristiques		Valeur minimale	Unité
Court terme	Module de flexion garanti (Eo,k)	3 170,00	Mpa
	Contrainte de flexion garantie à la rupture	32,00	Mpa
	Déformation en flexion garantie à la rupture	1,08	%
Long terme	Module de flexion en milieu humide garanti à 50 ans	746,00	Mpa
	Contrainte de flexion	16,00	Mpa

Tableau A2 - Epaisseur de dimensionnement renseignée dans le logiciel 3R-14

Caractéristiques	Valeur	Unité
Epaisseur de dimensionnement issue du DTA	3,50	mm

Tableau A3 - Prélèvement

Qualité du prélèvement : Représentatif
Traçabilité du prélèvement : fiche identification, signée

Tableau A4 - Valeurs issues des résultats des essais de flexion

Caractéristiques	Unité	Epreuves				
		1	2	3	4	5
Epaisseur moyenne du composite	mm	3,89	3,58	3,51	3,54	3,67
Epaisseur minimale du composite	mm	3,62	3,47	3,25	3,19	3,60
Module de flexion corrigé	Mpa	2 897,00	2 363,00	3 275,00	3 174,00	2 957,00
Contrainte de flexion à la première rupture corrigée	Mpa	32,30	29,50	39,20	35,80	37,80
Déformation en flexion à la première rupture	%	1,36	1,34	1,45	1,37	1,54

B. Critères de jugement de la conformité

Tableau B1 - Critère épaisseur

Epaisseur Garantie	Valeur	Unité
Epaisseur dimensionnement ed	3,50	mm
80 % ed ou 3mm	3	mm

Caractéristiques Epaisseur mesurée	Unité	Valeurs mesurées	Différence entre les épaisseurs mesurées et garanties	Résultat	Conformité
Epaisseur moyenne du composite (ec,m)	mm	3,51	0,28%	OK	Epaisseur conforme
Epaisseur minimale du composite (ec,min,i)	mm	3,19	5,96%	OK	

Tableau B2 - Critère mécanique

Caractéristiques	Valeurs garanties DTA	Valeurs mesurées (individuelles ou moyennes)	Différence entre les valeurs mesurées et garanties	Nombre éprouvettes individuelles non conformes	Résultat	Conformité
Module de flexion garanti	3 170,00	2 933,20	-8,07%	-	PAS OK	Essai mécanique non conforme
Contrainte de flexion garantie à la rupture	32,00	32,30	0,93%	1	OK	
Déformation en flexion garantie à la rupture	1,08	1,41	23,51%	-	OK	

Tableau B3 - Globale

Critère	Conformité	Possibilité de recalcul ?
Epaisseur	Epaisseur conforme	Pas de nécessité de recalcul pour le critère épaisseur
Mécanique	Essai mécanique non conforme	recalcul possible

Conclusion

Caractéristiques	Niveau de qualité
Prélèvement	Représentatif
Epaisseur	Satisfaisant
Caractéristique mécanique	Non satisfaisant pour le module, mais module de flexion mesuré > 90% module de flexion garantie
Possibilité de recalcul ?	OUI

C. Valeurs de recalcul au besoin

Tableau C1 - Valeurs de recalcul

Caractéristiques		Unité	Valeur initiale	Valeur de recalcul
Epaisseur		mm	3,50	3,64
Court terme	Module de flexion garanti	Mpa	3 170,00	2 933,20
	Contrainte de flexion garantie à la rupture	Mpa	32,00	34,92
	Déformation en flexion garantie à rupture	%	1,08	1,41
Long terme	Module de flexion en milieu humide garanti à 50 ans	Mpa	746,00	690,27
	Contrainte de flexion	Mpa	16,00	17,46