

Spécification Technique

L-37

Pièces en résine de polyester ou de vinyle armée de fibres de verre

Version	Date	Adaptations
01	01/2000	Version initiale
02	25/04/2024	Mise à jour de la version du 01/2000



Table des matières

1.	Objet et domaine d'application	4
2.	Références normatives	4
3.	Termes et définitions.....	5
4.	Modalités de qualification.....	5
4.1.	Qualification du fournisseur	5
4.1.1.	Approbation administrative	6
4.1.2.	Réunion technique	6
4.1.3.	Audit	6
4.2.	Qualification du produit.....	7
4.2.1.	Résines	7
4.2.2.	Pièces finies en polyester.....	7
4.3.	Retrait de la qualification des fournisseurs.....	8
4.4.	Retrait de la qualification du produit	8
5.	Exigences techniques	8
5.1.	Résines (résines de base et gelcoats)	8
5.1.1.	Répartition	8
5.1.2.	Propriétés physico-chimiques	9
5.2.	Pièces en polyester	9
5.2.1.	Répartition	9
5.2.2.	Propriétés physico-chimiques	11
5.2.3.	Exigences spécifiques en matière de finition.....	15
5.3.	Caractéristiques feu-fumée	17
5.4.	Critères d'acceptation.....	18
5.4.1.	Défauts visuels	18
5.4.2.	Tolérances dimensionnelles autorisées	19
5.5.	Réparations	19
6.	Contrôles et essais	20
6.1.	Type de contrôles effectués chez les fournisseurs.....	20
6.1.1.	Essais sur le prototype (essais de laboratoire).....	20
6.1.2.	Essais pendant la FAI	21
6.2.	Type de contrôles effectués à la SNCB	21
6.3.	Exigences relatives à l'équipement de mesure et de test	22
7.	Fourniture, emballage, identification	22
8.	Garantie	22
9.	Gestion de la documentation	22



9.1. Exigences du plan qualité	22
9.2. Exigences relatives au certificat	23
9.3. Exigences relatives à la gestion de la documentation.....	23
10. Divers.....	23
11. Annexes (conditions particulières)	24
Annexe 1 : Panneaux de paroi et de plafond, niches, frises, profilés et encadrements de porte et de fenêtre pour habillage intérieur du matériel roulant et des pupitres dans les postes de conduite	25
Annexe 2 : Planchers de WC pour le matériel roulant.....	26
Annexe 3 : Modules WC.....	27
Annexe 4 : Coques pour sièges (matériel roulant)	28
Annexe 5 : Élément de bout avant des locomotives/voitures-pilotes.....	29
Annexe 6 : Tableau de bord du conducteur dans les postes de conduite.....	30



1. Objet et domaine d'application

Cette spécification technique comprend les règles et les propriétés pour

- La production des résines de polyester et de vinyle (= producteur)
- Le fabricant qui s'occupe de la fourniture de pièces fabriquées à partir de résine de polyester ou de vinyle armée de fibres de verre et finalement utilisées pour l'habillage (intérieur) ou carrosserie (extérieur) de notre matériel roulant pour voyageurs (= fabricant).

Les résines destinées à notre matériel roulant de la SNCB sont soumises à notre système de qualification. Le sous-traitant de telles résines qualifiées, appelé à fournir des pièces destinées à notre matériel roulant, doit également être qualifié.

	Système de qualification
Producteur de résines/gelcoat	25.1
Fabricant des pièces composites	25.2

Seuls les produits homologués peuvent être fournis à la SNCB ou à ses fournisseurs. Si le fabricant souhaite encore utiliser sa propre résine, il doit introduire une demande avec un dossier technique complet avant le début des prototypes/de la production.

La procédure de qualification et les exigences techniques à respecter seront abordées en détail plus loin dans ce document.

Une liste des produits homologués peut être obtenue sur demande auprès du service des qualifications à l'adresse suivante : qualifications@belgiantrain.be.

Les pièces fabriqués à partir de semi-produits, renforcés de fibres de verre (par exemple, tubes, barres, plaques) par usinage mécanique ne tombe pas dans le champ d'application du présent document.

2. Références normatives

L-19 : Systèmes de peinture époxy-polyuréthane

EN 45545 : Applications ferroviaires – Protection contre les incendies dans les véhicules ferroviaires

ISO 178 : Plastiques - Détermination des propriétés en flexion

ISO 179 : Plastiques - Détermination des caractéristiques au choc Charpy - Partie 2 : Essai de choc instrumenté

ISO 2813 : Peintures et vernis - Détermination de l'indice de brillance à 20 degrés, 60° et 85°

ISO 62 : Plastiques - Détermination de l'absorption d'eau

EN 438/2 : Stratifiés décoratifs haute pression (HPL) - Plaques à base de résines thermodurcissables (communément appelées stratifiés) - Partie 2 : Détermination des propriétés

ISO 527 : Plastiques - Détermination des propriétés de traction - Partie 4 : Conditions d'essai pour les composites plastiques renforcés de fibres isotropes et orthotropes



ISO 11357 : Plastiques - Analyse calorimétrique différentielle (DSC) - Partie 3 : Détermination de la température et de l'enthalpie de fusion et de cristallisation

ISO 11664 : Colorimétrie

ISO 1172 : Plastiques renforcés de verre textile - Préimprégnés, compositions de moulage et stratifiés - Détermination des taux de verre textile et de charge minérale - Méthodes par calcination

ISO 175 : Plastiques - Méthodes d'essai pour la détermination des effets de l'immersion dans des produits chimiques liquides

EN 59 : Matières plastiques renforcées de verre - Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un appareil d'essai de dureté Barcol

3. Termes et définitions

FAI ou IPA : First Article Inspection ou Inspection du Premier Article

RTM: Resin Transfer Moulding (procédé d'injection à basse pression)

SMC: Sheet Moulding Compound

BMC: Bulk Moulding Compound

Producteur: L'entreprise qui produit et fournit les résines. Si nécessaire la livraison peut être effectuée via un distributeur local.

Fabrikant: L'applicateur qui utilise des résines de polyester et/ou de vinyle, ainsi que des renforts en fibre de verre, pour fabriquer des pièces pour notre matériel roulant.

4. Modalités de qualification

La SNCB a choisi d'appliquer des systèmes de qualification fournisseur et de qualification produit séparés.

La qualification fournisseur est de la responsabilité de SNCB Procurement, Supplier Qualification.

La qualification produit est de la responsabilité de SNCB Technics, bureau d'étude.

Une qualification de fournisseur a une validité de 6 ans et peut ensuite être renouvelée.

Une qualification de produit reste valable tant que le produit ne change pas.

4.1. Qualification du fournisseur

La SNCB applique un système de qualification « fournisseur » pour la fabrication et le traitement des résines.

Le producteur de résines et le fabricant des pièces composites doivent être qualifiés en tant que fournisseur avant de pouvoir livrer des produits/pièces, et ce tant pour les trains existants que pour les nouveaux trains.



Si un fournisseur souhaite faire appel à un producteur ou fabricant non qualifié par la SNCB, un dossier de qualification doit au préalable être approuvé par la SNCB.

Si une spécification technique autre que celle de la SNCB est utilisée, le fournisseur devra établir un tableau comparatif permettant d'évaluer et approuver les propriétés requises ci-dessous.

La qualification fournisseur est attribuée par site de production.

Une demande de qualification peut être introduite par e-mail à l'adresse qualifications@sncb.be.

La procédure de qualification « fournisseur » se déroule en deux phases :

- Approbation administrative
- une réunion technique (optionnelle)
- Audit du site de production

4.1.1. Approbation administrative

Pour l'approbation administrative, les étapes suivantes sont prévues :

- Questionnaire : le candidat fournisseur renvoie le questionnaire dûment complété et signé par e-mail à qualifications@sncb.be.
- Le candidat fournisseur joint à ce courriel le Document Unique de Marché Européen (DUME) dûment complété et signé. Ce document peut être téléchargé du site web <https://uea.publicprocurement.be>.
- Le fournisseur est libre d'ajouter également de la documentation technique. Celui-ci sera analysé par le bureau d'études SNCB Technics.
- Rapport financier : la SNCB coopère avec une agence de notation indépendante afin d'évaluer la situation financière du candidat fournisseur (la notation de Creditsafe "A", "B" ou "C" est acceptée - ou équivalent auprès d'une agence de notation alternative). Le candidat fournisseur ne doit pas prendre d'action pour ce point

4.1.2. Réunion technique

L'objectif de cette réunion est de revoir la procédure de qualification et de répondre à d'éventuelles questions techniques.

4.1.3. Audit

Si l'approbation administrative est attribué, alors un audit du site de production est prévu.

Lors de l'audit qualité, entre autres, le plan qualité est revu et discuté.

Ce plan qualité doit contenir au minimum les points suivants :

- Le domaine d'application
- La traçabilité du produit fabriqué
- L'organisation du service qualité et les responsables
- Les documents qualité applicables
- L'inventaire des moyens utilisés pour assurer la qualité
- Un organigramme de production avec contrôles et tests
- La description des outils de contrôle utilisés



- La réglementation en matière d'emballage et de stockage

Si le résultat de l'audit est positif alors la qualification fournisseur est attribuée.

La SNCB se réserve le droit d'attribuer une qualification fournisseur aux fournisseurs historiques sur base du dossier administratif uniquement.

Chaque modification dans le processus et / ou site de production doit être communiqué à la SNCB, qui jugera de la nécessité de refaire la qualification.

La SNCB se réserve le droit de réévaluer la nécessité d'un audit en cas de prolongation de la qualification.

4.2. Qualification du produit

La qualification du fournisseur est suivie par une validation du produit (résines - voir § 4.2.1 ou pièces - voir § 4.2.2) dans laquelle les propriétés techniques du produit sont validées.

Toute modification des produits jugée indispensable par le fabricant doit être soumise à l'approbation de la SNCB avant l'emploi.

Dans le cas contraire, la qualification peut immédiatement être retirée

La SNCB se réserve le droit de qualifier l'homologation de résines ou sous-traitants déjà connus avec un REX positif selon une procédure d'homologation abrégée.

4.2.1. Résines

Le fabricant, en consultation avec la SNCB, doit fabriquer, à ses frais, les éprouvettes nécessaires avec la résine à qualifier. Avec les éprouvettes, le fabricant fera réaliser des tests dans un laboratoire (de préférence accrédité ISO 17025) pour démontrer la conformité aux exigences décrites au paragraphe 5 de cette spécification technique.

Le fabricant doit spécifier le type de tissu de fibres de verre à cet effet, en tenant compte du fait qu'il est conforme à la teneur en verre indiquée de la catégorie en question (voir Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre au § 5.2.1).

En outre, un essai pratique sera effectué dans un atelier de la SNCB. À cette fin, le fabricant fournit du polyester (1 x 5 kg) et un gelcoat/topcoat (1 x 1 kg) pour pouvoir réaliser l'essai.

4.2.2. Pièces finies en polyester

Pour la fabrication du moule/gabarit et du prototype, ainsi que pour la production en série, le fabricant (de pièces) doit respecter les bonnes pratiques techniques en vigueur.

Pour le matériel roulant neuf et existant :

Le constructeur produit lui-même le modèle en bois, le gabarit ou le ou les moules et - pour les pièces complexes et de grande taille - le support de contrôle (conformateur).

Avant d'entamer une production en série, l'entreprise doit fournir un prototype à l'échelle 1/1 pour approbation, ainsi qu'un nombre suffisant d'éprouvettes. Ces derniers éprouvettes seront utilisés pour effectuer les tests décrits au paragraphe 5.

Si le montage et les essais fonctionnels sont jugés bons lors de le FAI du premier prototype, le prototype est approuvé. Après approbation, ce prototype restera à disposition chez le fabricant



pendant toute la durée de la commande. Le cas échéant, ce prototype pourra être livré comme pièce terminale de la commande.

4.3. Retrait de la qualification des fournisseurs

Le défaut de notification d'une modification dans le processus et/ou ses sites de production peut entraîner le retrait de la qualification du fournisseur.

D'autres causes possibles pour le retrait de la qualification des fournisseurs sont :

- Processus, produits, contrôles, essais... qui ne satisfont pas (ou plus) aux spécifications techniques
- Faillite du fournisseur
- Problèmes récurrents de qualité ou de livraison
- ...

4.4. Retrait de la qualification du produit

Le défaut de notification d'une modification dans la formulation (en cas de résines), le processus et/ou les sites de production peuvent conduire au retrait de la qualification du produit.

D'autres motifs de retrait pourraient être :

- Processus, produits, contrôles, essais... qui ne satisfont pas (ou plus) aux spécifications techniques
- Problèmes récurrents de qualité ou de livraison
- ...

5. Exigences techniques

5.1. Résines (résines de base et gelcoats)

5.1.1. Répartition

Types de pièces	Nature de la résine
pièces pour usage intérieur (non exposées aux rayons UV et aux intempéries)	tous les types sont acceptés
pièces d'habillage extérieur du matériel roulant	les résines orthophtaliques sont interdites, sauf si le gelcoat utilisé est à base de résine isophtalique. Sont acceptés : les résines isophtaliques, les résines téréphtaliques, les résines fumariques, les résines itaconiques et les esters vinyliques (à base d'acide acrylique et de fumarates de bisphénol-A)

Tableau 1: résine à utiliser par type de pièce



5.1.2. Propriétés physico-chimiques

5.1.2.1. Nature de la résine

Est déterminée par analyse FTIR (spectrophotométrie IR).

Analyse de la résine interne et du gelcoat éventuel.

Le spectre infrarouge obtenu sera utilisé comme une empreinte (référence) pour une comparaison ultérieure, lors d'un contrôle ou essai par coup de sonde éventuels, avec le spectre de ce contrôle.

Résultats requis : voir Tableau 1: résine à utiliser par type de pièce

5.1.2.2. Enthalpie résiduelle de polymérisation (degré de polymérisation)

Est déterminée par analyse DSC (calorimétrie différentielle) selon la norme ISO 11357.

L'analyse est effectuée sur un échantillon prélevé de la résine.

Résultats requis : voir Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre

5.2. Pièces en polyester

5.2.1. Répartition

Les pièces en polyester se répartissent en deux catégories :

catégorie 1 : pièces fabriquées à froid

- moulage au contact
- projection simultanée
- enroulement filamentaire
- moulage sous vide
- moulage au sac
- moulage à la presse à froid
- moulage par injection basse pression (RTM)
- centrifugation

catégorie 2 : pièces fabriquées à chaud

- moulage à la presse à chaud
- moulage à la presse de préimprégnés - SMC
- pultrusion des préimprégnés - SMC
- moulage par transfert ou injection - BMC



Caractéristiques	Catégorie 1	Catégorie 2
enthalpie résiduelle de polymérisation (J/g) (§ 5.2.2.2)	< 5	<5
absorption d'humidité (%) (§ 5.2.2.3)	< 0,5 (si épaisseur de paroi > 7 mm) < 0,8 (si épaisseur de paroi < 7 mm)	< 0,5 (si épaisseur de paroi > 7 mm) < 0,8 (si épaisseur de paroi < 7 mm)
perte au feu (%) (§ 5.2.2.6)	< 65 < 50 (RTM)	< 60 < 50 (RTM)
teneur en verre (%) (§ 5.2.2.7)	> 25 > 15 (RTM, s'il peut être démontré qu'un renforcement thermoplastique est également utilisé).	> 30 > 15 (RTM, s'il peut être démontré qu'un renforcement thermoplastique est également utilisé).
dureté Barcol (§ 5.2.2.8)	Gelcoat/topcoat >40	>40 (sur face apparente poncée)
contrainte à la charge maximale en flexion (MPa) (§ 5.2.2.11)	> 130 > 110 (RTM)	> 140 > 110 (RTM)
module E en flexion (MPa) (§ 5.2.2.12)	> 4000	> 7000
résistance au choc Charpy (kJ/m ²) (§ 5.2.2.13)	> 40	> 50

Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre

Le fabricant précise dans son offre le mode de production des pièces proposées. Dans tous les cas de figure, les pièces proposées posséderont les caractéristiques minimales décrites dans ce document.

Certains pièces spécifiques particulières doivent par ailleurs répondre aux conditions techniques complémentaires indiquées séparément au paragraphe 11 de cette spécification.

Les pièces à usage extérieur doivent résister aux intempéries dans une plage de températures allant de -25°C et + 50°C.

Les poignées doivent pouvoir résister à une force de traction d'au moins 500 N, les marchepieds d'au moins 2000 N et les inserts d'au moins 200 N.

Les pièces de carrosserie doivent pouvoir résister aux produits de nettoyage (des graffitis) et au brossage en car-wash. Dans ce cas, il est nécessaire de peindre les pièces en polyester avec un système de peinture qualifié selon notre spécification technique L-19.

Si le sous-traitant du polyester souhaite utiliser un autre système de peinture, il doit le soumettre au préalable au bureau d'études de la SNCB.

Si les pièces sont peintes avec un système de peinture homologué par la SNCB, il n'est plus nécessaire de soumettre des résultats d'essais supplémentaires pour les exigences suivantes:

- brillance §5.2.2.4
- couleur §5.2.2.5
- résistance au vieillissement UV §5.2.2.15



5.2.2. Propriétés physico-chimiques

5.2.2.1. Nature de la résine

Est déterminée par analyse FTIR (spectrophotométrie IR).

Analyse de la résine interne et du gelcoat éventuel.

Le spectre infrarouge obtenu sera utilisé comme une empreinte (référence) pour une comparaison ultérieure, lors d'un contrôle ou essai par coup de sonde éventuels, avec le spectre de ce contrôle.

Résultats requis : voir Tableau 1: résine à utiliser par type de pièce

5.2.2.2. Enthalpie permanente après polymérisation (degré de polymérisation)

Est déterminée par analyse DSC (calorimétrie différentielle) selon la norme ISO 11357.

L'analyse est effectuée sur un échantillon prélevé de la résine interne.

Résultats requis : voir Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre

5.2.2.3. Absorption de l'humidité

Selon la norme ISO 62, méthode 1.

Éprouvette : carré de 50 mm de côté dont l'épaisseur correspond à celle de la pièce.

Les bords usinés en laboratoire doivent être protégés par un vernis PU.

Laisser sécher pendant 24 heures avant de commencer la procédure de la méthode 1.

Conditions : immerger dans de l'eau déminéralisée à une température de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ pendant 4 jours.

Résultats requis : voir Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre

5.2.2.4. Brillance

L'essai est effectué conformément à la norme ISO 2813. Au moins 5 mesures sont effectuées à différents endroits de la surface de la pièce.

- Pour les couches de finition brillantes:
Résultat : min. 90 unités de brillance mesurées dans un angle de 60° ,
min. 80 unités de brillance mesurées dans un angle de 20° ,
- Pour les couches de finition satinées:
Résultat : de 40 à 60 unités de brillance mesurées dans un angle de 60° .
- Pour les couches de finition mattes (poste de conduite) :
Résultat : < 15 unités de brillance mesurées dans un angle de 85° .

5.2.2.5. Couleur

La colorimétrie est effectuée par contrôle visuel avec un échantillon de référence ou un standard (RAL, NCS...).

En cas de discussion, les coordonnées de colorimétrie de référence sont celles de la norme ISO 11664.

La mesure s'effectue à l'aide des paramètres suivants: DE2000, 45/0, source de lumière D65, observateur 10° .



La mesure des couleurs de finition s'effectue toujours après une application sur un fond neutre.

Résultat :

- Pour les couleurs unies, le delta dE_{2000} autorisé ≤ 1 .
- Pour les couleurs métallisées, l'évaluation est effectuée visuellement en cas d'exposition naturelle selon la norme ISO 4628-1

5.2.2.6. Perte au feu

L'essai est effectué selon la norme ISO 1172 (EN 60).

Température du four : 625 °C.

Résultats requis : voir Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre

5.2.2.7. Renforcement et teneur en fibres de verre, composition

Les échantillons sont prélevés des résidus d'incinération selon le § 5.2.2.6.

Procédure :

- Recueillir les résidus d'incinération ;
- En placer une quantité dans un filtre métallique à mailles fines. Laver délicatement pendant 30 minutes sous l'eau courante du robinet sans remuer (les couches de fibres de verre peuvent être soulevées avec précaution de temps à autre avec une spatule pour favoriser le départ des déchets) ;
- Mettre une quantité de verre lavé dans un béccher propre et sec de TPX (polyméthylpentane) ;
- Rincer deux fois avec de l'éthanol à 95° et sécher en étuve à 100 °C pendant 3 à 4 heures ;
- Conditionner au dessiccateur ;
- Peser et calculer le pourcentage en poids du verre.

Remarque : Le % de verre selon le tableau 2 correspond au % réellement présent dans le polyester de la pièce finie. Le fabricant doit tenir compte des pertes dues au découpage des fibres et de la perte de moût d'adhérence lors du recuit des éprouvettes pour la détermination de la teneur en armature.

Résultats requis : Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre

5.2.2.8. Dureté Barcol

La dureté est mesurée à l'aide d'un appareil d'essai de dureté Barcol conformément à la norme EN59.

Résultats requis : voir Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre

5.2.2.9. Résistance à l'usure

L'essai est effectué selon la norme ISO 7784-1 sur le produit fini (gelcoat, topcoat ou finition peinte) final avec du papier abrasif P180 et une durée de 100 tours.

Résultat : La perte de poids est ≤ 65 mg/100 tours



5.2.2.10. Résistance au choc au poids tombant

L'essai s'effectue au moyen d'un dispositif avec poids guidé verticalement et déclenchement de l'essai par ouverture d'un circuit coupant l'alimentation d'un électro-aimant de retenue du poids tombant (conformément à la norme EN 438/2).

Température pendant l'essai : $23 \pm 2^\circ \text{C}$.

Les éprouvettes sont fixées dans un cadre en acier selon la norme EN 438/2.

Paramètres définis dans les fiches particulières :

- masse et rayon de courbure du poids tombant ;
- hauteur de chute ;
- support et attache (si différents de ceux prescrits ci-dessus) ;
- point d'impact.

Contrôles après l'essai : (voir conditions particulières) :

- écaillage du gelcoat ;
- étanchéité : positionner verticalement un tube en PE de 30 mm de diamètre intérieur et

300 mm de haut au niveau du point d'impact.

Sceller et étanchéfier la base du tube avec un mastic silicone et laisser polymériser 24 heures à température ambiante. Remplir le tube d'une solution aqueuse à 1 pour cent en poids d'alkylbenzène sulfonate de sodium et 0.05 % en poids de bleu de méthylène.

Laisser agir 24 heures. Contrôler ensuite si la solution s'est infiltrée dans l'éprouvette.

Résultats exigés : voir les fiches particulières (§11).

5.2.2.11. Contrainte à la rupture en flexion

Selon la norme ISO 178

Usinage des éprouvettes :

- face topcoat : enlèvement de 10 % de l'épaisseur nominale, sauf si le tissu de verre est apparent. Dans ce cas, laisser la face topcoat intacte.
- face gelcoat : laisser intact.

Nombre d'éprouvettes et sens de prélèvement :

- 2 x 10 éprouvettes prélevées selon deux directions perpendiculaires ; ces séries d'éprouvettes examinées sont respectivement marquées sens 1 et sens 2.

Résultats requis : voir Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre ou les fiches particulières (§ 11).

5.2.2.12. Module E en flexion

Selon la norme ISO 178

Usinages et nombre d'éprouvettes : voir § 5.2.2.11.

Résultats requis : voir Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre ou les fiches particulières (§ 11).



5.2.2.13. Résistance au choc Charpy

Selon la norme ISO 179.

Les éprouvettes doivent être de type 1 (ISO 179/1eA) avec entaille du côté gelcoat.
Le sens de l'impact doit être perpendiculaire aux plans de stratification (direction *ef*).

Usinages et nombre d'éprouvettes : voir § 5.2.2.11.

Résultats requis : voir Tableau 2: propriétés de la pièce armée de fibres de verre ou les fiches particulières (§ 11).

5.2.2.14. Résistance chimique

Essai effectué sur la surface exposée selon la norme ISO 2812, méthode 3 ou 4, à 23°C

Le système de peintures ne présentera aucune altération de la teinte, de la brillance ou de la structure du film, après un contact de 24 heures avec:

- une solution à 20% du produit de nettoyage des caisses de véhicules qualifié par la SNCB et utilisé dans les installations car-wash où passe le matériel roulant ;
- une solution à 5 % de HCl ;
- une solution à 5 % de NaOH ;
- Un produit d'enlèvement des graffitis (la durée de contact n'étant toutefois dans ce cas que de 15 min. maximum!). L'évaluation doit être effectuée après 5 minutes.

Ensuite, un rinçage à l'eau sera effectué.

Résultat final: Il ne devrait y avoir aucune formation de cloques ou de grumeaux.

Aucune fissure ne doit être visible. De plus, aucune décoloration ne doit être visible à l'œil nu, ni aucune réduction de brillance supérieure à 10 %.

5.2.2.15. Résistance au vieillissement artificiel (Q-UV-A)

Pour les pièces finies, qu'elles soient peintes dans la couleur demandée ou non.

L'essai QUV-A est effectué selon la norme ISO 16474-3 méthode A, cycle 1, sur la pièce finie avec gelcoat ou topcoat ou par peinture.

Les paramètres de test suivants sont d'application :

- Température au panneau noir: 60° C
- Température phase noire: 50° C
- Irradiance : 0,83 W/m²nm pour une longueur d'onde de 340 nm

Le délai est généralement fixé à 500 h pour les pièces destinées à l'intérieur.

Pour les pièces situées à l'extérieur du train, le délai est de 1000 h et, en particulier, de 2000 h pour les teintes blanches et gris clair.

Résultats requis :

Vous trouverez ci-dessous les valeurs enregistrées pour la brillance et le changement de couleur, par rapport à celles de l'échantillon avant l'essai :

- Brillance: une diminution de 10% maximum par rapport à la valeur initiale pour les applications extérieures



la brillance doit être d'au moins 70 % de la valeur originale pour les applications intérieures.

- Couleur: un ΔE maximum de 2 par rapport à la valeur initiale.
- Caractéristiques physiques (selon la norme ISO 4628) :
 - Cloquage : 0s(0)
 - Craquelage : 0s(0)

5.2.2.16. Résistance à la charge d'humidité

Essai effectué selon la norme ISO 6270-1 (surface exposée est testée). L'essai est réalisé sur la pièce peinte pendant 10 jours sur le système polyester revêtu de gelcoat pour les pièces intérieures et pendant 20 jours sur le système polyester revêtu de gelcoat, puis peint, pour les pièces extérieures.

La température d'essai est de $38\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Critères (selon la norme ISO 4628) :

- Cloquage : 0s(0)
- Craquelage : 0s(0)

5.2.3. Exigences spécifiques en matière de finition

5.2.3.1. Protection des bords usinés et des trous de perçage

Tous les chants et bords usinés, ainsi que tous les trous, doivent être protégés par un gelcoat ou une peinture polyuréthane solvanté immédiatement après l'usinage.

5.2.3.2. Pièces de détail rapportées sur les pièces complexes d'habillage pour du matériel roulant pour voyageurs

La fixation mécanique d'une pièce de détail sur une pièce complexe en polyester doit être réalisée par l'application de pièces métalliques rapportées ou de supports intégrés sur ces pièces.

Tous les trous de fixation dans le polyester doivent être réalisés par repérage dans les moules ou positionnement à l'aide de gabarits.

Les dimensions finales des trous de perçage doivent garantir un montage correct et l'interchangeabilité des pièces rapportées.



5.2.3.3. Inserts de fixation et renforts métalliques

Les inserts et les renforts métalliques doivent être fabriqués en acier inoxydable austénitique. Leur fixation et la préparation de la surface de fixation doivent garantir que ces pièces peuvent résister à une force d'arrachement de 200 N (sauf dans des cas spéciaux) et à un couple maximum lié au type de fixation utilisé.

Les exigences spécifiques pour les inserts sont indiquées sur les plans.

Selon leurs dimensions, ces pièces sont essentiellement stratifiées et, dans certains cas, collées, après approbation de la SNCB. Dans le cas de joints collés A1 ou A2, le collage doit être effectué conformément à la norme DIN6701 ou EN17460.

Les inserts métalliques doivent pouvoir être mis à la masse afin d'éviter les incendies lors de la préparation avant la peinture et pour empêcher les décharges statiques dans des conditions de service.

Cas particuliers : les inserts pour la fixation de poignées (ou mains courantes) doivent pouvoir résister à une force d'arrachement de 500 N.

5.2.3.4. Pièces de détail en polyester

Par pièces de détail, il faut notamment entendre les pièces suivantes (par exemple, les trappes ou caissons pour phares, les trappes pour les modules de WC, les portes et trappes des pupitres des postes de conduite, les coiffes, etc.)

Ces pièces de détail en polyester sont fixées conformément aux instructions du plan ; toutes les pièces de fixation métalliques (visserie, charnières, rondelles, etc.) doivent être en acier inoxydable.

5.2.3.5. Pièces de détail métalliques

Les pièces de détail métalliques destinées à être utilisées à l'air libre (mains courantes, grilles, porte-drapeaux, pieds de lanterne, serrures) doivent être en acier inoxydable. Les autres pièces doivent être résistantes à l'humidité et aux différents produits de nettoyage pour l'intérieur (voir notre spécification technique L19 et la spécification technique L7).

Cas particulier : Les marchepieds et les mains courantes des bouts avant des locomotives doivent pouvoir résister à une force de traction ou de compression d'au moins 2000 N exercée perpendiculairement à leur plan de fixation.

5.3. Caractéristiques feu-fumée

Les pièces de polyester finies proposées doivent satisfaire à la norme européenne EN 45545 en matière de feu et de fumée. Pour notre matériel roulant, il y a lieu de satisfaire à l'exigence HL2.

À cette fin, la firme fera effectuer les essais nécessaires sur les éprouvettes fabriquées.

Le système polyester (y compris les couches de peinture) ne doit pas contenir d'halogènes ou de composés halogénés.

Dans le cas de pièces en polyester à peindre, il est impératif d'effectuer des essais au feu sur les éprouvettes avec le système de peinture appliqué qui sera finalement utilisé aussi pendant la production en série.

Les certificats incendie selon la norme EN 45545 (niveau HL2 à atteindre) et avec une période de validité correcte, doivent être soumis à la SNCB. Les essais sont réalisés dans un laboratoire agréé. Une copie des certificats sera remise au service d'étude de la SNCB.

Dans le cas de la qualification des résines polyester/vinylester, le fabricant doit également nous fournir des certificats feu-fumée démontrant la conformité à la norme EN45545-2. Les paramètres suivants doivent également être soumis à la SNCB :

- méthode de fabrication des éprouvettes
- éprouvettes avec ou sans gelcoat
- épaisseur de l'éprouvette
- teneur en fibres de verre de l'éprouvette



5.4. Critères d'acceptation

5.4.1. Défauts visuels

Remarque : les défauts énumérés dans le tableau ci-dessous sont basés sur les normes ASTM D 2562 et D 2563.

Les pièces décoratives **peuvent** présenter **exclusivement** les défauts n° 15, 19 et 25 en combinaison avec leur niveau d'acceptation.

Les pièces destinées à une autre utilisation sont examinées en fonction du tableau dans son ensemble.

Les défauts qui peuvent potentiellement se produire sur la pièce fabriquée sont marqués d'un « X » avec leur niveau d'acceptation respectif tel que décrit dans la norme ASTM.

Défauts		pièces de catégorie 1	pièces de catégorie 2	niveau d'acceptation
1	surface plissée (ripple surface)	-	x	acceptable
2	dépression (shrink-mark)	-	x	II
3	vides sans résine (resin voids)	-	x	inacceptable, sauf si l'épaisseur du matériau est > 15 mm
4	décoloration de surface (surface discoloration)	-	x	acceptable
5	boursoufflures (blisters)	x	x	II
6	copeaux (chips)	x	x	II si réparable
7	fissures (cracks)	x	x	non acceptable
8	fissures de surface	x	x	non acceptable
9	craquelures (crazing)	x	x	II
10	délaminage des bords (edge delamination)	x	x	II
11	délaminage interne (internal delamination)	x	x	non acceptable
12	vide (dry spot)	x	x	II
13	inclusions (foreign inclusions)	x	-	II
14	écaillage (scalling)	x	x	II
15	bulles d'air (air bubbles)	x	x	II
16	peau d'orange (orange peel)	x	x	III
17	piqûres (pimples)	x	x	I
18	cratères (craters (pit/pinhole))	x	x	II
19	porosité (porosity)	x	x	II
20	surépaisseur de résine (pre-gel)	x	-	II
21	poche de résine (resin pocket)	x	-	II
22	bord riche en résine (resin rich edge)	x	-	II
23	zone lavée (wash zone)	x	-	II
24	ligne de flux (weld or krit)	-	x	acceptable si matière non fissurée
25	trou de ver (wormhole)	x	x	I
26	griffes (scratches)	x	x	II
27	marque de joint de moule (mould mark)	x	x	acceptable si elle ne compromet pas l'usage de la pièce
28	matage (obscuration)	x	x	acceptable, sauf pour pièces destinées à la signalisation
29	hétérogénéité de teinte	x	x	
30	surface poisseuse (tacky surface)	x	x	interdit

Tableau 3: critères d'acceptation

Remarque : les fibres visibles, brûlures et zones friables ne sont pas acceptables



Pour les pièces en polyester peintes (pièces décoratives), les critères sont les suivants :

Type de défaut	ZONE A
différences de couleur	Aucune différence de couleur visuelle n'est autorisée à la première observation. En cas de doute : $\Delta E \leq 1,3$ par rapport à la référence de couleur
brillance	$\geq 85GE$ dans un angle de 60°
Différences de brillance/ traces de polissage	Acceptable, si les critères de brillance sont satisfaits
Couvrant insuffisant	Non-acceptable
Peau d'orange	Acceptable après consultation de la SNCB
Overspray	Non-acceptable
Résidus/traces de ruban adhésif	Non-acceptable
Griffes superficielles	acceptables si $L \leq 20$ mm
Griffes profondes	Non-acceptable
Dommmages par impact mécanique	Non-acceptable
Dommmages après peinture	Non-acceptable
Coulures/gouttes	Non-acceptable
Pores fermés/ Inclusions de poussière	$\varnothing_{\max} \leq 1,5$ mm ² ; max. 5 défauts dans un cercle de \varnothing 25 mm max. 5 cercles de \varnothing 25 mm dans un cercle de \varnothing 40 cm
Pores ouverts, boursouflures éclatées	Non-acceptable
Microboursouflures/cloques de cuisson	Non-acceptable
Yeux de poisson	Non-acceptable
Traces de doigt	Non-acceptable

Tableau 4: critères d'acceptation des pièces peintes

5.4.2. Tolérances dimensionnelles autorisées

Les données du plan doivent être suivies. Toutefois, il faut tenir compte des restrictions inhérentes aux méthodes de production du polyester et des matériaux composites à base de résine thermodurcissantes et renforcés par fibres de verre. Il en va de même pour la nature, la disposition, l'emplacement et les dimensions des éventuels inserts (voir le point 5.2.3.3).

5.5. Réparations

Les dommages ou défauts mineurs peuvent être réparés, à l'exception de ceux qui sont inclus. La réparation doit être effectuée avec un produit dont la composition chimique est identique. Dans tous les cas, le fournisseur doit établir un dossier de réparation et le soumettre à la SNCB pour approbation.



6. Contrôles et essais

La SNCB se réserve le droit de suivre l'efficacité de la garantie de qualité des fournitures par les moyens décrits ci-dessous :

- audits chez le fabricant ;
- surveillance et contrôles pendant la production ;
- inspection et contrôle des produits finis ;
- tests de laboratoire sur éprouvettes.

6.1. Type de contrôles effectués chez les fournisseurs

6.1.1. Essais sur le prototype (essais de laboratoire)

Les essais sur le prototype sont effectués dans un laboratoire indépendant accrédité ISO 17025. Les frais y afférents sont à la charge du fabricant.

Le fabricant doit fournir à la SNCB une fiche technique à jour de la résine et du gelcoat utilisés, qui spécifie la dénomination commerciale de ces produits.

Les essais suivants sont réalisés en laboratoire :

- nature de la résine
- degré de polymérisation par mesure de l'enthalpie résiduelle de polymérisation
- absorption d'humidité
- brillance (si nécessaire)
- couleur (si nécessaire)
- perte au feu
- teneur en verre
- dureté Barcol
- résistance à l'usure
- résistance aux griffes
- résistance au choc au poids tombant
- contrainte à la rupture en flexion
- module E en flexion
- résistance au choc Charpy
- classe de feu/fumée
- pourcentage d'oxygène
- résistance aux agents chimiques (si nécessaire)

La nature des essais effectués dépend de la pièce contrôlée : voir les conditions particulières.



6.1.2. Essais pendant la FAI

Pendant la FAI, les contrôles et essais suivants doivent être effectués chez le fabricant :

- poids (construction du matériel roulant)
- les tolérances dimensionnelles (largeur, longueur, épaisseur, planéité, rectitude des bords) à l'aide d'une fiche de contrôle et d'un théodolite pour les pièces complexes et de grande taille (tête de véhicule, etc.)
- défauts apparents
dureté Barcol (appareil d'impression de type Barber-Colman, conformément à la norme ASTM D 2583)
- couleur (pièces décoratives)
- brillance (pièces décoratives)
- inserts, renforts et pièces rapportées (position, fixation, saturation en résine)
- opérations mécaniques d'usinage final

En outre, le fabricant doit s'assurer qu'à différents stades de la production, des contrôles dits d'usine, fiables et reproductibles, soient effectués. Ces résultats de contrôle doivent être mis en balance avec les valeurs indiquées dans les essais de laboratoire.

6.2. Type de contrôles effectués à la SNCB

Essais pendant la production en série

La nature des essais effectués dépend de la pièce contrôlée : voir les conditions particulières.

Les essais effectués par le laboratoire de la SNCB sur les pièces de production de série sont choisis dans la liste des essais obligatoires pour le prototype.

Prétraitement : tous les pièces, plaques ou composants sur lesquels les éprouvettes sont prélevées doivent être conservés dans une salle de séchage à 60°C pendant 24 heures, à une exception près: l'échantillon qui sera utilisé pour déterminer le degré de polymérisation. Cela s'applique aux essais sur le prototype et les produits de série.

Plusieurs pièces ou éprouvettes supplémentaires seront fabriquées, selon les données du tableau ci-dessous. Dans certains cas, ces pièces peuvent être remplacées par des morceaux de matériau excédentaire découpés après la polymérisation, et par des morceaux chauffés.

nombre de pièces proposées	nombre de pièces ou d'éprouvettes supplémentaires
n < 100	1 pièce *
100 < n < 500	2 pièces *
n > 500	3 pièces *

* des pièces, des éprouvettes ou des excédents d'une surface totale d'au moins 800 cm², à l'exception :

- de pièces de la carrosserie : excédents d'au moins 300 x 400 mm (ces excédents sont prélevés d'une pièce ou du prototype)
- très petites pièces d'une surface totale < 100 cm² : le nombre de pièces selon le tableau.

6.3. Exigences relatives à l'équipement de mesure et de test

N.a.

7. Fourniture, emballage, identification

Identification des pièces :

Exclusivement pour les éléments de carrosserie et l'habillage intérieur du matériel roulant :
Chaque pièce doit porter une étiquette recouverte de résine avec les données de production.
Cela devrait inclure au moins les éléments suivants :

- nom du fabricant
- date de production
- numéro de lot du lot de résine utilisée
- numéro du plan et version du plan.
- Description de la pièce

Exigences d'emballage :

L'offre comprendra déjà une proposition d'emballage soumise à la SNCB, qui l'examinera en interne et la renverra au fabricant. Lorsque la commande finale aura été passée, l'emballage sera déterminé en concertation avec le fabricant.

Les surfaces visibles des garnitures doivent être spécialement protégées pour éviter qu'elles ne soient rayées pendant le transport ou la manutention.

Les pièces encombrantes et de grande taille doivent être emballées sur un support approprié et arrimées avec des points d'ancrage.

Cependant, il n'est pas permis d'emballer la pièce de manière complètement hermétique car la condensation qui se produit pendant le transport peut être préjudiciable aux pièces.

8. Garantie

Toutes les pièces du matériel roulant sont garanties pendant 2 ans à compter de la date de livraison, sauf disposition contractuelle contraire.

9. Gestion de la documentation

9.1. Exigences du plan qualité

Avant de pouvoir être qualifié, le fournisseur doit disposer d'un plan qualité étayé (conformément aux principes de la norme ISO 9001). Lors de l'audit de qualité, le fournisseur doit être en mesure de le soumettre à l'approbation du responsable du service qualifications de la SNCB.

L'approbation du plan qualité ne dispense toutefois pas le fournisseur de sa responsabilité de fournir des produits conformes aux exigences de la commande et à tous les autres documents qui lui sont appliqués.



9.2. Exigences relatives au certificat

Pour les résines :

Le fournisseur est tenu de joindre un certificat de conformité pour chaque lot livré (y compris les lots livrés pour la validation des tests).

Cette attestation doit contenir au minimum les données suivantes:

- Densité
- Viscosité
- Temps de gel
- Numéro du lot
- Numéro du document d'achat (PO ou planning de livraison)

Les valeurs mesurées ainsi que les valeurs limites doivent être mentionnées sur le certificat.

Pour les pièces finies :

Le fournisseur est tenu de joindre un certificat de conformité pour chaque lot livré (y compris les lots livrés pour la validation des tests).

Cette attestation doit contenir au minimum les données suivantes:

- Numéro du lot
- Numéro du document d'achat (PO ou planning de livraison)

9.3. Exigences relatives à la gestion de la documentation

À chaque modification de la FDS d'une résine qualifiée, celle-ci doit être envoyée à reach@nmbs.be.

10. Divers

N.a.



11. Annexes (conditions particulières)

Liste des articles contenus dans les conditions particulières

Type de pièce	N° annexe
Panneaux de paroi, niches, frises, profilés et encadrements de porte et de fenêtre pour habillage intérieur du matériel roulant et des pupitres dans les postes de conduite	1
Planchers de WC pour le matériel roulant	2
Modules WC	3
Coques pour siège (matériel roulant)	4
Élément de carrosserie pour les bouts avant des locomotives/voitures-pilotes	5
Tableau de bord du conducteur dans les postes de conduite	6



Annexe 1 : Panneaux de paroi et de plafond, niches, frises, profilés et encadrements de porte et de fenêtre pour habillage intérieur du matériel roulant et des pupitres dans les postes de conduite

Conditions particulières

1 : Fabrication et structure

Pour les pièces non teintées dans la masse, la couleur du gelcoat/topcoat doit masquer complètement celle de la couche de résine. Ces pièces doivent toujours pouvoir être repeintes.

2 : Essais de laboratoire

Essai	Valeur spécifique *
nature de la résine	-
enthalpie résiduelle de polymérisation	-
perte au feu	-
teneur en verre	-
dureté Barcol	-
résistance aux rayures	
résistance au choc au poids tombant masse : 3 kg - rayon de courbure : 12,5 mm hauteur de chute : 0,30 m	pas d'écaillage ni de fissures visibles
contrainte à la rupture en flexion	-
module E en flexion	-
résistance au choc Charpy	-
classement feu :	R1 – HL2
résistance aux agents chimiques	solution carbonatée

* Voir les conditions générales si aucune valeur n'est indiquée

Annexe 2 : Planchers de WC pour le matériel roulant

Conditions particulières

1 : Fabrication et structure

Le polyester doit avoir une structure antidérapante. Les zones à traiter sont déterminées d'un commun accord. Pour les pièces à peindre, la résine de base doit être teintée dans la masse, de la même couleur que la peinture antidérapante.

2 : Essais de laboratoire

Essai	Valeur spécifique *
nature de la résine	-
enthalpie résiduelle de polymérisation	-
perte au feu	-
teneur en verre	-
dureté Barcol	-
résistance à l'usure	< 65mg
adhérence de la peinture sur le polyester (selon ISO 2409)	classe 0 à 1
contrainte à la rupture en flexion	-
module E en flexion	-
résistance au choc Charpy	-
classement feu :	R1 – HL2
résistance aux agents chimiques	solution carbonatée et solution de bisulfate d'ammonium

* Voir les conditions générales si aucune valeur n'est indiquée

Annexe 3 : Modules WC

Conditions particulières

1 : Fabrication et structure

Pour cette application intérieure, le gelcoat doit exceptionnellement être à base de résine isophthalique ou téréphtalique teintée dans la masse.

2 : Essais de laboratoire

Essai	Valeur spécifique *
nature de la résine	-
enthalpie résiduelle de polymérisation	-
perte au feu	-
teneur en verre	-
dureté Barcol	-
résistance à l'usure (partie plancher)	< 65 mg
résistance aux rayures	
résistance au choc au poids tombant masse : 3 kg - rayon de courbure : 12,5 mm hauteur de chute : 0,30 m	pas d'écaillage ni de fissures visibles
contrainte à la rupture en flexion	paroi : > 130 MPa
module E en flexion	paroi : > 6000 MPa
résistance au choc Charpy	paroi : > 50
classement feu :	R1 – HL2
résistance aux agents chimiques	solution carbonatée et bisulfate d'ammonium solution

* Voir les conditions générales si aucune valeur n'est indiquée

Si le module comprend un panneau en matériau composite ou stratifié, celui-ci doit être conforme à la norme TS H 16 - dernière édition (fiche UIC 844-4).



Annexe 4 : Coques pour sièges (matériel roulant)

Conditions particulières

1 : Fabrication et structure

Les coques pour sièges en polyester doivent être conçues et fabriquées de telle manière que l'ensemble du siège soit conforme aux exigences des fiches UIC 566, 567 et 564-2 BA (résistance au feu en cas d'essai avec une boule de papier).

Pour cette application, le gelcoat doit être teinté dans la masse et l'ensemble de la coque doit être peint dans la couleur et la brillance choisies.

2 : Essais de laboratoire

Essai	Valeur spécifique *
nature de la résine	-
enthalpie résiduelle de polymérisation	-
perte au feu	-
teneur en verre	-
dureté Barcol	-
résistance aux rayures	
résistance au choc au poids tombant masse : 3 kg - rayon de courbure : 12,5 mm hauteur de chute : 0,30 m	pas d'écaillage ni de fissures visibles
contrainte à la rupture en flexion	> 140
module E en flexion	> 7000
résistance au choc Charpy	> 50
classement feu :	R1 - HL2 (séparé) R18 - HL2 (siège complet)
adhérence de la peinture sur le polyester (selon ISO 2409)	Classe 0 à 1 selon ISO 2409
résistance aux agents chimiques	lingettes nettoyantes pour graffitis

* Voir les conditions générales si aucune valeur n'est indiquée

Si une tablette coulissante est intégrée dans la coque, elle doit être conçue, fabriquée et montée de manière à préserver toutes les caractéristiques de la coque. Les tablettes ne peuvent griffer ni endommager le polyester des coques.

Les points de fixation de la coque en polyester sur la structure métallique doivent faire l'objet d'un soin particulier pour éviter les fissures ou craquelures dans les conditions de service.

Annexe 5 : Élément de bout avant des locomotives/voitures-pilotes

Conditions particulières

1 : Fabrication et structure

Le polyester composant l'élément de bout avant devra être peint (selon le plan), avec un système de peinture homologué par la SNCB.

Épaisseur du gelcoat : entre 0,8 et 1 mm

L'ensemble doit pouvoir résister à des accélérations de 5 g en direction longitudinale, 3 g en direction verticale et 1g en direction transversale ainsi qu'à des forces aérodynamiques sur la face avant (pression +3000 Pa et dépression -3000 Pa en 20 msec. (P = 6000 Pa).

2 : Essais en laboratoire

Essai	Valeur spécifique *
nature de la résine	-
enthalpie résiduelle de polymérisation	-
perte au feu	-
teneur en verre	-
dureté Barcol	-
résistance au choc selon la norme NF T 54359	pas d'écaillage jusqu'à une hauteur de chute de 1,70 m
contrainte à la rupture en flexion	> 200
module E en flexion	> 8000
résistance au choc Charpy	-
Classe d'incendie :	R17 – HL2

* Voir les conditions générales si aucune valeur n'est indiquée



Annexe 6 : Tableau de bord du conducteur dans les postes de conduite

Conditions particulières

1 : Fabrication et structure

Pour les pièces non teintées dans la masse, la couleur du gelcoat/topcoat doit masquer complètement celle de la couche de résine. Ces pièces doivent toujours pouvoir être repeintes ultérieurement avec un système de peinture qualifié par la SNCB.

Le tableau de bord doit avoir un effet légèrement texturé.

2 : Essais de laboratoire

Essai	Valeur spécifique *
nature de la résine	-
enthalpie résiduelle de polymérisation	-
perte au feu	-
teneur en verre	-
dureté Barcol	-
résistance aux rayures	
résistance au choc au poids tombant masse : 3 kg - rayon de courbure : 12,5 mm hauteur de chute : 0,30 m	pas d'écaillage ni de fissures visibles
contrainte à la rupture en flexion	-
module E en flexion	-
résistance au choc Charpy	-
classement feu :	R1 – HL2
résistance aux agents chimiques	Produit de nettoyage pour intérieur

* Voir les conditions générales si aucune valeur n'est indiquée

