

# Guide Technique pour l'évaluation des flexibles de raccordement

## Cahier des Prescriptions Techniques

Ce document a été entériné par le Groupe Spécialisé n° 14.1 le 7 octobre 2021.  
La présente version annule et remplace la version de décembre 2019.

### Groupe Spécialisé n° 14.1

Équipements - Systèmes de canalisations pour le sanitaire et le génie climatique.



Commission chargée de formuler des Avis Techniques  
et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

---

Secrétariat de la commission des Avis Techniques  
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2  
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : [www.ccfat.fr](http://www.ccfat.fr)

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

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

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1<sup>er</sup> juillet 1992 – art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

© CSTB 2022

# SOMMAIRE

<b>1. Objet du guide et domaine d'application .....</b>	<b>5</b>
1.1. Objet.....	5
1.2. Domaine d'application .....	5
<b>2. Description des produits .....</b>	<b>5</b>
2.1. Généralités .....	5
2.1.1. Identité – Domaine d'emploi .....	5
2.1.2. Production.....	5
2.2. Définition des matériaux constitutifs .....	5
2.3. Définition du produit.....	5
2.4. Limites d'emploi.....	6
2.5. Conformité sanitaire .....	6
2.6. Description de la mise en œuvre.....	6
2.7. Mode d'exploitation commerciale du produit .....	6
<b>3. Sous-dossier technique.....</b>	<b>6</b>
3.1. Caractéristiques générales.....	6
3.2. Appréciation de la durée de vie - durabilité .....	7
3.2.1. Facteurs à considérer sur la durée de vie .....	7
3.2.2. Aptitude à l'emploi.....	7
3.2.3. Constitution de la gamme .....	7
3.2.4. Conformité à la norme NF EN 13618 .....	7
3.2.5. Application chauffage .....	7
<b>Annexe A - Méthodes d'essais.....</b>	<b>8</b>
1 - Méthodes d'essais .....	8
<b>Annexe B - Spécifications .....</b>	<b>11</b>
1 - Détermination du taux de gel .....	11
2 - Essais sur plaques élastomères .....	11
3 - Analyse par spectrométrie d'émission optique à étincelles.....	11
4 - Circuit expérimental de chauffage.....	12
5 - Analyse Thermo-Gravimétrique (ATG) .....	12
6 - Etanchéité sous pression hydrostatique interne .....	12
<b>Annexe C – Essais requis par type de demande .....</b>	<b>13</b>
1 - Essais communs à tout type de demande .....	13
1.1 Tuyau interne en élastomère.....	13
1.2 Tuyau interne en PEX .....	13

1.3 Tuyau interne en PEHD ou PERT .....	13
1.4 Tuyau interne en silicone ou silicone thermoplastique vulcanisé .....	13
1.5 Raccords et bagues.....	13
2 - Applications sanitaires (en conformité à la norme NF EN 13618) .....	14
3 - Applications sanitaire, chauffage et refroidissement.....	14

# 1. Objet du guide et domaine d'application

## 1.1. Objet

Le présent guide a pour objet de définir les éléments utiles à l'instruction de demandes d'Avis Techniques sur des flexibles de raccordement.

Par « flexible de raccordement » il faut entendre flexibles pour installations d'eau potable, de chauffage ou de refroidissement, avec ou sans tresse.

Les flexibles de raccordement peuvent être constitués de différents matériaux qui sont décrits dans ce guide et qui font l'objet d'évaluations spécifiques.

Les éléments d'appréciation examinés lors de l'instruction comprennent, en particulier, la description et l'identification des produits, les performances présentées et la description des éléments de preuve permettant de vérifier ces performances.

## 1.2. Domaine d'application

Les différents domaines d'applications qui peuvent être revendiqués sont les suivants :

- Applications sanitaires,
- Applications chauffage et refroidissement.

# 2. Description des produits

## 2.1. Généralités

### 2.1.1. Identité – Domaine d'emploi

- Nom et adresse du demandeur ;
- Nom et adresse du fabricant : siège social et usine(s) ;
- Désignation commerciale du produit ;
- Définition du domaine d'emploi : températures et pressions maximales admissibles (PMA) correspondantes.

### 2.1.2. Production

Le site de production doit être certifié ISO 9001 ou avoir un système de management de la qualité basé sur l'ISO 9001.

Les quantités de production annuelle moyenne des usines pour les produits considérés doivent être communiquées.

## 2.2. Définition des matériaux constitutifs

L'origine, la nature, les dimensions ainsi que leurs tolérances, de tous les constituants du produit doivent être communiqués au CSTB.

## 2.3. Définition du produit

Elle comporte notamment :

- la gamme des produits fabriqués (diamètres, tolérances) ;
- type(s) de tresse(s) avec le nombre de fils et les dimensions par diamètre ;
- la liste des raccords par diamètre ;
- la liste des principales caractéristiques physiques, physico-chimiques et mécaniques ;

- les contrôles (modalités, fréquences, spécifications) effectués en contrôle à réception, en cours de fabrication et en laboratoire d'usine ;
- le marquage des produits ;
- la description du processus de fabrication depuis la réception des matières premières jusqu'au produit fini ;
- l'état de livraison des flexibles (sachet plastique, carton, etc.).

#### **2.4. Limites d'emploi**

Les éventuelles limites d'emploi dans les domaines considérés doivent être précisées (par exemple PMA et température maximale d'utilisation spécifiques à une application).

#### **2.5. Conformité sanitaire**

Les flexibles pour applications sanitaires doivent faire l'objet d'une Attestation de Conformité Sanitaire d'après l'arrêté du 29 mai 1997 et ses modificatifs relatifs aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine. Il est rappelé que pour les parties des raccords en contact avec l'eau potable seuls les matériaux conformes à l'arrêté du 25 juin 2020 sont autorisés.

#### **2.6. Description de la mise en œuvre**

Les prescriptions techniques liées à la mise en œuvre doivent être détaillées, notamment les rayons de courbure minimaux admissibles par diamètre. Les précautions d'emploi doivent être clairement indiquées.

#### **2.7. Mode d'exploitation commerciale du produit**

Le demandeur précisera le mode d'exploitation commerciale du produit.

### **3. Sous-dossier technique**

Ce sous-dossier doit comprendre l'ensemble des procès-verbaux par lesquels le demandeur entend apporter la preuve des propriétés annoncées.

Les méthodes d'essais et les spécifications utilisées pour l'instruction du dossier sont indiquées respectivement en annexe A et en annexe B.

Les essais réalisés suivant le type de demande et suivant le type d'application sont décrits en annexe C.

#### **3.1. Caractéristiques générales**

Les flexibles de raccordement sont constitués des éléments suivants :

##### **Tuyau interne**

Le tuyau interne peut être en élastomère, en matériaux thermoplastiques et en matière synthétique, sous forme lisse ou annelée. Les essais d'évaluation spécifiques à chaque matériau sont décrits en annexe C.

##### **Tresse**

Le tressage peut être en fils d'acier inoxydable ou en matière synthétique.

Il est rappelé que dans le cas d'un tressage en matière synthétique, le flexible doit être résistant aux UV conformément aux spécifications de la norme NF EN 13618 (Février 2017) § 4.2.3.10. Un tressage en acier inoxydable peut comporter des fils en matière synthétique intégrés uniquement pour un codage par couleur.

Les tuyaux sans tresse doivent satisfaire aux exigences de contrainte à long terme conformément à l'EN ISO 15875-2, à l'EN ISO 15876-2 et à l'EN ISO 22391-2, lorsqu'ils sont évalués conformément à l'EN ISO 9080.

##### **Bague**

Les bagues des raccords doivent être fabriquées exclusivement en matériaux métalliques.

## **Raccords**

Les raccords peuvent être soit en matériaux métalliques résistants à la corrosion ou en matière synthétique. Dans le cas de raccords rapides dits « pushfit », si ceux-ci ne permettent pas de satisfaire aux exigences du domaine d'emploi du reste de la gamme (raccords « traditionnels »), une limite d'emploi doit clairement être décrite et le marquage des produits doit être réalisé en conséquence (température et pression maximales admissibles spécifiques au raccord par exemple).

### **3.2. Appréciation de la durée de vie - durabilité**

#### **3.2.1. Facteurs à considérer sur la durée de vie**

Le domaine d'emploi et les applications envisageables doivent être déclarées par le demandeur conformément au paragraphe 2.1.1 de ce guide.

Les autres facteurs à considérer sont ceux liés au milieu ambiant. Le CPT 2790\_V2 (Août 2017) définit les prescriptions techniques générales applicables lors de la mise en œuvre des flexibles de raccordement.

#### **3.2.2. Aptitude à l'emploi**

L'aptitude à l'emploi est évaluée au regard de la réglementation en vigueur, des usages et pratiques courantes des installations en France, comportant notamment les vérifications expérimentales correspondantes.

#### **3.2.3. Constitution de la gamme**

La longueur maximale des flexibles est de 2 mètres. Dans le cas d'applications spécifiques telles que les plafonds chauffants / refroidissants, une dérogation de longueur jusqu'à 5 mètres peut être délivrée sous réserve de validation par le Groupe Spécialisé référent.

Dans le cas de flexibles de raccordement de robinetterie sanitaire, les normes NF EN 200, NF EN 816, NF EN 817, NF EN 1111 et NF EN 15091 définissent les longueurs minimales qui tiennent compte de la conception de la robinetterie.

#### **3.2.4. Conformité à la norme NF EN 13618**

Dans le cas de flexibles pour applications sanitaires, une évaluation en conformité à la norme NF EN 13618 est réalisée. Toutes les exigences dimensionnelles, de matières et de spécifications d'essais doivent être satisfaites. Il est notamment rappelé que :

- Les raccords, excepté les raccords à bout lisse avec et sans épaulement, doivent être fabriqués en matériaux résistants à la corrosion,
- Les bagues et les raccords à bout lisse avec et sans épaulement doivent être fabriqués exclusivement en matériaux métalliques résistants à la corrosion,
- Les matériaux à base d'aluminium ne sont pas autorisés,
- La longueur minimale des flexibles est de 90 mm et la longueur maximale est de 2 000 mm,
- La température maximale de service est de 70°C,
- La pression nominale est de 10 bars,
- Les dimensions des raccords doivent être conformes au §4.2.2.1 de la norme NF EN 13618 (voir également §4.2.2.5 pour les cas particuliers),
- Le marquage doit être conforme au §6 de la norme NF EN 13618.

#### **3.2.5. Application chauffage**

Dans le cas où l'application chauffage serait revendiquée, les flexibles de raccordement doivent être soumis à l'essai de circuit expérimental de chauffage tel que décrit en Annexe B.2 du présent guide technique.

L'essai d'étanchéité sous pression hydrostatique interne est également réalisé à 110°C.

## **Annexe A - Méthodes d'essais**

### **1 - Méthodes d'essais**

Le tableau ci-après précise les principales méthodes d'essais utilisées. Elles sont notamment issues de la norme européenne NF EN 13618 qui spécifie les exigences et les méthodes d'essai relatives aux matériaux, aux dimensions et au fonctionnement des ensembles flexibles pour installations d'eau potable. Les méthodes d'essais spécifiques au matériau du tuyau interne ainsi qu'à l'application chauffage/refroidissement figurent également dans le tableau ci-après.

Texte de référence	Nature de l'essai
<b>Raccords et bagues</b>	
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.2.1 – A.1	Dimensions et filetage des raccords
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.2.2 – A.2, ISO 6957	Corrosion sous contrainte
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.2.3 – A.3	Résistance au couple de serrage du raccord
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.2.4 – A.4	Résistance à la flexion
NF EN 15079	Analyse par spectrométrie d'émission optique à étincelles
<b>Tuyau interne</b>	
NF EN ISO 10147	Tubes en polyéthylène réticulé (PEX) - Détermination du taux de gel
NF EN 728	Détermination du temps d'induction à l'oxydation (TIO)
NF ISO 48	Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique - Détermination de la dureté
NF EN ISO 868	Plastiques et ébonite - Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore)
NF ISO 37	Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique - Détermination des caractéristiques de contrainte-déformation en traction
NF ISO 1817	Caoutchouc, vulcanisé ou thermoplastique - Détermination de l'action des liquides
NF T 46-047	Caoutchouc et produits en caoutchouc — Détermination de la composition des vulcanisats et des mélanges non vulcanisés par thermogravimétrie
ISO 9924-1	Caoutchouc et produits à base de caoutchouc — Détermination de la composition des vulcanisats et des mélanges non vulcanisés par thermogravimétrie — Partie 1 : Caoutchoucs butadiène, copolymères et terpolymères éthylène-propylène, isobutène-isoprène, isoprène et butadiène-styrène
ISO 9924-2	Caoutchouc et produits à base de caoutchouc — Détermination de la composition des vulcanisats et mélanges non vulcanisés par thermogravimétrie — Partie 2 : Caoutchoucs acrylonitrile-butadiène et butyl halogéné
NF ISO 815-1	Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique - Détermination de la déformation rémanente après compression - Partie 1 : à températures ambiantes ou élevées
<b>Flexible de raccordement</b>	
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.3.1	Longueur du flexible de raccordement
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.3.2 – B.1	Débit
NF EN 13618 (Février 2017) B.2, NF EN ISO 1167	Traitement de vieillissement par conditionnement en température
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.3.4 – B.3	Résistance à la contrainte de traction
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.3.3 – B.4, NF EN ISO 1167	Etanchéité sous pression hydrostatique interne
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.3.5 – B.5	Endurance aux pressions cycliques
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.3.6 – B.6	Résistance aux coups de bélier
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.3.7 – B.7	Endurance aux cycles de température
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.3.8 – B.10	Résistance au gel

NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.3.9 – B.8, NF EN ISO 1456, NF EN 248	Résistance à la corrosion
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.3.11 – B.9	Flexibilité
NF EN 13618 (Février 2017) §4.2.3.10, NF EN ISO 30013	Résistance aux UV
Guide Technique Annexe B.3	Circuit expérimental de chauffage
<b>Flexible de raccordement sans tresse</b>	
EN ISO 9080	Systèmes de canalisations et de gaines en matières plastiques — Détermination de la résistance hydrostatique à long terme des matières thermoplastiques sous forme de tubes par extrapolation
NF EN ISO 1167	Tubes, raccords et assemblages en matières thermoplastiques pour le transport des fluides - Détermination de la résistance à la pression interne
NF EN ISO 15875-2	Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide — Polyéthylène réticulé (PE-X) — Partie 2 : Tubes
NF EN ISO 15876-2	Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide — Polybutène (PB) — Partie 2 : Tubes
EN ISO 22391-2	Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide — Polyéthylène de meilleure résistance à la température (PE-RT) — Partie 2 : Tubes

## Annexe B - Spécifications

Les spécifications sont définies dans les textes de référence visés par le présent guide (Tableau en Annexe A.1), elles sont complétées par les caractéristiques suivantes, inhérentes aux spécificités de chaque matériau et applications non couvertes par la norme européenne NF EN 13618.

### 1 - Détermination du taux de gel

Les tuyaux internes en PEX pour les flexibles de raccordement tressés doivent avoir un taux de réticulation minimum de 60 %.

Dans le cas des flexibles de raccordement sans tresse, les tuyaux en PEX doivent satisfaire à la norme produit NF EN 15875-2 avec un taux de réticulation minimum de :

- PE-Xa (peroxyde) = 70 %.
- PE-Xb (silane) = 65 %.
- PE-Xc (irradiation) = 60 %.

### 2 - Essais sur plaques élastomères

Des échantillons sous formes de plaques sont prélevées par e-mail directement chez le fournisseur.

Les tuyaux en élastomères (EPDM, Butyl) font l'objet des essais et spécifications suivants :

- Dureté :

EPDM	Butyl
ISO 48 Dureté neuve : à déclarer	ISO 48 Dureté neuve : à déclarer
Variation après 7 jours à 125 °C : entre -5 et +8 DIDC	Variation après 7 jours à 125 °C : entre -5 et +8 DIDC

- Caractéristiques en traction :

EPDM	Butyl
ISO 37 Résistance à la traction > 9 MPa variation après 7 jours à 125 °C Rr ≤ -20% A entre -40% et +10%	ISO 37 Résistance à la traction > 9 MPa variation après 7 jours à 125 °C Rr ≤ -30% A entre -40% et +10%

- Déformation rémanente après compression :

EPDM	Butyl
ISO 815 après 24h à 125 °C ≤ 20%	ISO 815 après 24h à 125 °C ≤ 95%

- Variation de volume dans l'eau :

EPDM	Butyl
ISO 1817 variation après 7 jours à 95 °C entre -1% et +8%	ISO 1817 variation après 7 jours à 95 °C entre -1% et +20%

### 3 - Analyse par spectrométrie d'émission optique à étincelles

Les matériaux des raccords doivent être déclarés conformément au Chapitre 1 §2.3 du présent guide. Une analyse par spectrométrie d'émission optique à étincelles est réalisée pour s'assurer de la conformité du matériau déclaré. En particulier, les laitons utilisés pour la fabrication des raccords d'extrémité doivent être conformes aux spécifications des normes NF EN 12164, NF EN 12165 ou GB/T 5231.

#### **4 - Circuit expérimental de chauffage**

Dans le cas d'une application chauffage revendiquée, un circuit composé de flexibles de raccordement représentatifs de la gamme des produits proposés doit être soumis à une circulation d'eau en continu à 110°C, sous une pression d'essai de 10 bars, pendant une durée minimale de 1000 heures sans défaillance.

#### **5 - Analyse Thermo-Gravimétrique (ATG)**

Les caractéristiques de la matière du tuyau interne en élastomère doivent être déclarées par le demandeur suivant le mode d'exploitation de la courbe ci-après (NF T 46-047) :

- Teneur en composés pyrolysables (matière organique),
- Teneur en composés combustibles non pyrolysables (noir de carbone),
- Résidu minéral.

Ces valeurs déclarées sont les valeurs de référence. Une analyse thermo-gravimétrique (ATG) est réalisée et la spécification de conformité à l'essai est de  $\pm 5\%$  par rapport aux valeurs déclarées.

Dans le cas où le demandeur ne serait pas en mesure de déclarer les caractéristiques ci-dessus liées à son matériau, l'essai d'ATG réalisé fait office d'essai expérimental et permet de déterminer ces caractéristiques.

#### **6 - Etanchéité sous pression hydrostatique interne**

Dans le cas où une pression nominale supérieure à 10 bars serait revendiquée, les échantillons sont soumis à une pression interne de l'eau de 3 fois la pression nominale.

## Annexe C – Essais requis par type de demande

### 1 - Essais communs à tout type de demande

#### 1.1 Tuyau interne en élastomère

Essai	Echantillons
Déformation rémanente après compression	15 plaques 100 mm x 100 mm avec une épaisseur de 2 mm + 6 disques de 13,0 ±0,5 mm de diamètre avec 6 mm d'épaisseur
Variation de volume dans l'eau	
Caractéristiques en traction	
Dureté	
ATG	

#### 1.2 Tuyau interne en PEX

Essai	Echantillons
Taux de gel	1 échantillon de tuyau interne par gamme
TIO	

#### 1.3 Tuyau interne en PEHD ou PERT

Essai	Echantillons
TIO	1 échantillon de tuyau interne par gamme
Dureté	

#### 1.4 Tuyau interne en silicone ou silicone thermoplastique vulcanisé

Essai	Echantillons
Dureté	1 échantillon de tuyau interne par gamme

#### 1.5 Raccords et bagues

Essai	Echantillons
Dimensions	3 échantillons par type de raccord
Diamètre minimal de l'alésage (DN15 au DN25)	3 échantillons par DN
Corrosion sous contrainte	3 échantillons par matière
Résistance au couple de serrage	10 échantillons par type de raccord
Résistance à la flexion	10 échantillons par type de raccord

## 2 - Applications sanitaires (en conformité à la norme NF EN 13618)

Essai	Echantillons
Longueur du flexible de raccordement	3 échantillons par intervalle de longueurs suivantes : L ≤ 400 mm 400 mm < L ≤ 1 000 mm 1 000 mm < L ≤ 2 000 mm
Débit (du DN6 au DN13 inclus)	3 échantillons par DN
Conditionnement des flexibles pour les essais de traction, pression hydrostatique interne, coups de bélier et endurance aux pressions cycliques	15 échantillons par DN
Résistance à la contrainte de traction	3 échantillons par DN
Étanchéité sous pression hydrostatique interne à 90°C (ou 70°C pour les flexibles sans tresse) et une pression de 30 b	3 échantillons par DN
Endurance aux pressions cycliques	3 échantillons par DN
Résistance aux coups de bélier	3 échantillons par DN (jusqu'au DN15 inclus uniquement)
Endurance aux cycles de température	3 échantillons par DN
Résistance au gel	3 échantillons par DN
Résistance à la corrosion	3 échantillons par combinaison de matériaux
Flexibilité	3 échantillons par DN
Résistance aux UV (si tresse synthétique)	3 échantillons par type de tresse synthétique
Courbe de régression dans le cas des flexibles sans tresse	Voir norme produit

## 3 - Applications sanitaire, chauffage et refroidissement

Essai	Echantillons
Longueur du flexible de raccordement	3 échantillons par intervalle de longueurs suivantes : L ≤ 400 mm 400 mm < L ≤ 1 000 mm 1 000 mm < L ≤ 2 000 mm
Débit (du DN6 au DN13 inclus)	3 échantillons par DN
Conditionnement des flexibles pour les essais de traction, pression hydrostatique interne, coups de bélier et endurance aux pressions cycliques	15 échantillons par DN
Résistance à la contrainte de traction	3 échantillons par DN
Étanchéité sous pression hydrostatique interne à 110°C et 3 fois la pression nominale déclarée	3 échantillons par DN
Endurance aux pressions cycliques	3 échantillons par DN
Résistance aux coups de bélier	3 échantillons par DN (jusqu'au DN15 inclus uniquement)
Endurance aux cycles de température	3 échantillons par DN
Circuit expérimental de chauffage	3 échantillons par DN
Résistance au gel	3 échantillons par DN
Résistance à la corrosion	3 échantillons par combinaison de matériaux
Flexibilité	3 échantillons par DN
Résistance aux UV (si tresse synthétique)	3 échantillons par type de tresse synthétique
Courbe de régression dans le cas des flexibles sans tresse	Voir norme produit

---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
*le futur en construction*

---

**CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT** | MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA ANTIPOLIS