

Commission chargée de formuler des Avis Techniques

Groupe spécialisé n° 3

« Structures, planchers et autres
composants structuraux »

Complément au CPT « planchers » titre I annexe I concernant les poutrelles en treillis métallique sans étais

Ce document est complémentaire au cahier de novembre 1996 paru dans les Cahiers du CSTB, cahier 2920, livraison 374.

Acteur public indépendant, au service de l'innovation dans le bâtiment, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) exerce quatre activités clés - recherche, expertise, évaluation, diffusion des connaissances - qui lui permettent de répondre aux objectifs du développement durable pour les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes. Le CSTB contribue de manière essentielle à la qualité et à la sécurité de la construction durable grâce aux compétences de ses 850 collaborateurs, de ses filiales et de ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux.

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 1er juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

© CSTB 2010

Complément au CPT « planchers » titre I annexe I concernant les poutrelles en treillis métallique sans étais

SOMMAIRE

| | | | |
|---|----------|--|----------|
| 1. Objectif des essais | 2 | DEUXIÈME PARTIE : | |
| 2. Principe des essais | 2 | prise en compte de la surcharge du béton par relation | |
| 3. Organisation du document | 2 | itérative | |
| PREMIÈRE PARTIE : | | 1. Prise en compte de la déformation du plancher | |
| détermination des formules des différents critères | | lors de la mise en œuvre..... | 7 |
| 1. Critères..... | 3 | 2. Calcul de la surcharge due à la déformation | 7 |
| 1.1 Vis-à-vis de la déformation | 3 | 3. Calcul de la portée limite | 7 |
| 1.2 Vis-à-vis de la rupture..... | 3 | | |
| 2. Système statique à prendre en compte..... | 3 | | |
| 2.1 Vis-à-vis de la déformation | 3 | | |
| 2.2 Vis-à-vis de la rupture..... | 3 | | |
| 3. Disposition de chargement à l'essai | 3 | | |
| 4. Cheminement des essais | 4 | | |
| 5. Interprétation des résultats | 5 | | |
| 5.1 Détermination de la portée limite vis-à-vis du | | | |
| critère de déformation $f \leq L/200$ et $f \leq L/500$ | 5 | | |
| 5.2 Détermination de la portée limite vis-à-vis du | | | |
| critère de sécurité | 5 | | |

Le présent document a pour objectif de fixer les modalités d'essais et l'interprétation des résultats dans le cas d'une poutrelle sans étais en reprenant les hypothèses du CPT « Planchers » Titre I Annexe I données pour une pose de poutrelle avec étais.

1. Objectif des essais

Déterminer la distance maximale sans étais sous les poutrelles pendant le temps de mise en œuvre vis-à-vis des risques de rupture et de déformation.

2. Principe des essais

Il s'agit d'un chargement statique instantané d'une poutrelle isolée posée sur deux appuis en vérifiant le respect des critères de déformation et de sécurité.

3. Organisation du document

Ce présent document est organisé de la manière suivante :

- La première partie détermine les hypothèses et les formules théoriques des différents critères (déformation, tranchant et flexion). Ces formules serviront de base pour la deuxième partie pour intégration de la prise en compte de la surcharge de béton.
- La deuxième partie explique de quelle manière sont déterminées les formules des différents critères en prenant en compte la surcharge de béton. C'est cette partie qui fait foi dans la détermination des portées limites.

PREMIÈRE PARTIE : DÉTERMINATION DES FORMULES DES DIFFÉRENTS CRITÈRES

1. Critères

1.1 Vis-à-vis de la déformation

$f \leq L/200$ (cas des planchers sans problème d'aspect en sous-face – exemple des vides sanitaires)

Sous le chargement $G_1 + G_2$

$f \leq L/500$ (cas des planchers avec problème d'aspect en sous-face)

Sous le chargement G_2

⇒ $G_1 = \frac{g_1}{\chi}$: poids propre des poutrelles pour 1 m² de plancher terminé (daN/m²)

⇒ G_2 : poids propre du plancher diminué du poids des poutrelles (daN/m²)

⇒ Q_{ch} : charge chantier (daN) max [50.Lm ; 100]

⇒ g_1 : poids des poutrelles (daN/m)

⇒ χ : entraxe des poutrelles dans le plancher (m)

où L est la travée entre deux appuis.

Remarque : Il est à noter que dans le cas d'une poutrelle avec étais la limite de déformation est de L/500. Cependant, on considère que la déformation des planchers sans problème d'aspect en sous-face doit cependant être limitée forfaitairement à L/200, pour limiter des problèmes autres que de déformation (rotation excessive sur appuis, fissuration excessive, etc.). Cette remarque explique pourquoi la vérification de la déformation à L/200 se fait sur la base du chargement $G_1 + G_2$, et non pas G_2 .

1.2 Vis-à-vis de la rupture

• Moment fléchissant

$$M_{\text{chantier}} \leq 1/2 \times M_{\text{essai}}$$

En prenant en « chantier » la combinaison d'actions :

$$\Rightarrow G_2 + G_1 + Q_{ch}$$

• Effort tranchant

$$V_{\text{chantier}} \leq 1/2 \times V_{\text{essai}}$$

En prenant en « chantier » la combinaison d'actions :

$$\Rightarrow G_2 + G_1 + Q_{ch}$$

En prenant à l'« essai » la combinaison d'actions :

$$\Rightarrow P_u + G_1$$

où :

– P_u : charge de rupture à l'essai

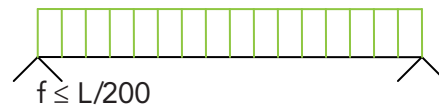
– Q_{ch} : charge de chantier concentrée en milieu de travée = 50.L daN comme définie dans le paragraphe 104.11 du CPT « Planchers » Titre I

– G_1 : poids propre de la poutrelle pour 1 m² de plancher

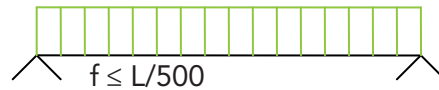
2. Système statique à prendre en compte

2.1 Vis-à-vis de la déformation

$$\Rightarrow G_2 + G_1$$



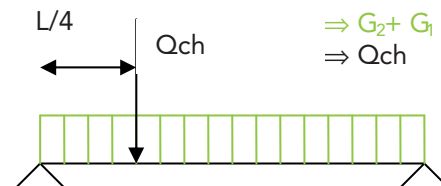
$$\Rightarrow G_2$$



2.2 Vis-à-vis de la rupture

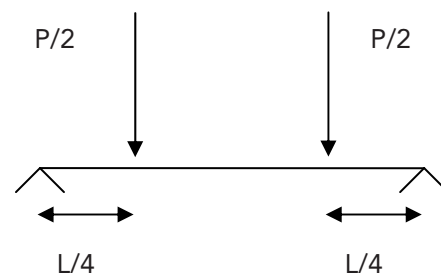


Rupture par moment fléchissant



Rupture par effort tranchant

3. Disposition de chargement à l'essai



La poutrelle est posée sur deux appuis. La charge est appliquée en deux charges égales concentrées à L/4 et 3L/4.

La charge nominale d'essai est la charge P, qui, concentrée par moitié en chacun des deux points précisés ci-avant, donne à la poutrelle le même fléchissement maximal que les charges réparties dues au poids propre du plancher visé par l'essai.

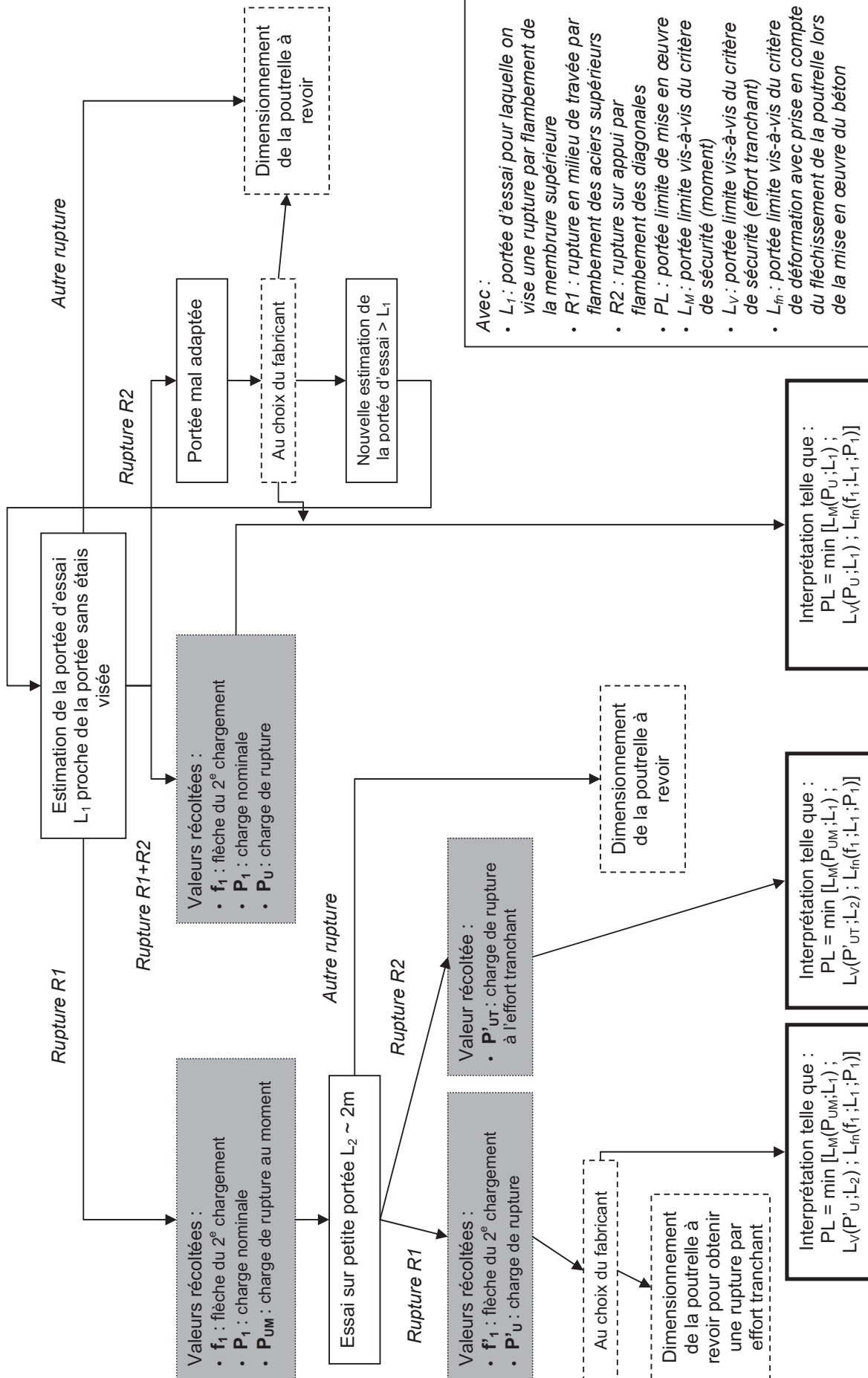
Pour chaque essai, réalisé selon les conditions prescrites dans le CPT, on note :

– la valeur de la charge de rupture ;

– le mode de ruine ;

– la flèche maximale sous charge nominale diminuée de la demi-somme des tassements d'appuis (lors du deuxième chargement).

4. Cheminement des essais



5. Interprétation des résultats

Le principe de l'interprétation des résultats est le suivant. Pour chaque essai, il s'agit de calculer à partir des critères de rupture et de déformation, pour différentes valeurs du poids propre du plancher, les distances entre étais :

- L_f : distance entre étais correspondant au critère de flèche limite
- L_M : distance entre étais correspondant au critère de moment limite
- L_V : distance entre étais correspondant au critère d'effort tranchant limite

À partir de L_f on calcule, par itération, la portée limite L_{fn} prenant en compte le fléchissement de la poutrelle lors de la mise en œuvre du béton.

La portée limite sans étais à retenir sera le minimum de ces valeurs : L_{fn} ; L_M ; L_V

5.1 Détermination de la portée limite vis-à-vis du critère de déformation $f \leq L/200$ et $f \leq L/500$

- La flèche f_1 relevée lors du deuxième chargement sous charge nominale P_1 a pour expression :

$$f_1 = -\frac{11}{768} \times \frac{P_1 L_1^3}{EI} \quad (1)$$

avec L_1 : portée d'essai

- Pour le critère de déformation $f \leq L/200$, la flèche f du sous-système statique donné au paragraphe 4.1 a pour expression :

$$f = -\frac{1}{EI} \left(\frac{5\chi(G_1 + G_2)L_f^4}{384} \right) \quad (2)$$

- Pour le critère de déformation $f \leq L/500$, la flèche f du sous-système statique donné au paragraphe 4.1 a pour expression :

$$f = -\frac{1}{EI} \left(\frac{5\chi(G_2)L_f^4}{384} \right) \quad (3)$$

avec χ : entraxe des poutrelles

En remplaçant dans l'équation (2) et (3) « EI » par son expression tirée de l'équation (1) on trouve les formules donnant la distance sans étais L_f suivantes :

$$L_f = L_1 \times \sqrt[3]{\frac{11P_1}{10 f_1 \chi (G_1 + G_2)}} \times \left(\frac{1}{200} \right)$$

pour un critère de déformation $f \leq L/200$

$$L_f = L_1 \times \sqrt[3]{\frac{11 P_1}{10 f_1 \chi (G_2)}} \times \left(\frac{1}{500} \right)$$

pour un critère de déformation $f \leq L/500$

5.2 Détermination de la portée limite vis-à-vis du critère de sécurité

5.2.1 Moment fléchissant

Le critère de rupture du paragraphe 3.2 impose la vérification suivante :

$$M_{\text{chantier}} \leq 1/2 \times M_{\text{essai}} \quad (3)$$

L'expression de M_{chantier} est la suivante :

$$M_{\text{chantier}} = (G_2 + G_1) \cdot \chi \cdot \frac{L_M^2}{8} + \frac{Q_{\text{ch}} \cdot L_M}{4}$$

où G_1 est le poids propre de la poutrelle pour 1 m² de plancher.

L'expression de M_{essai} est la suivante :

$$M_{\text{essai}} = (P_U + g_1 \cdot L_1) \cdot \frac{L_1}{8}$$

où P_U est la charge de rupture au moment lors de l'essai.

L'inégalité (3) nous donne, en remplaçant Q_{ch} par $50 \cdot L_M$, l'expression de la portée limite vis-à-vis du moment fléchissant :

$$L_M = \sqrt{\frac{L_1}{4} \times \frac{(P_U + g_1 \cdot L_1)}{(G_1 + G_2) \cdot \frac{\chi}{2} + 50}}$$

Cette relation n'est valable que si la portée résultante reste supérieure à deux mètres. Dans le cas contraire, Q_{ch} prend la valeur de 100 daN, ce qui implique de résoudre l'équation suivante afin de déterminer la portée limite :

$$(G_1 + G_2) \chi L_m^2 + 2Q_{\text{ch}} L_m - 0,5(P_U + g_1 L_1) L_1 = 0$$

L_m : racine de l'équation

5.2.2 Effort tranchant

Le critère de rupture du paragraphe 3.2 impose la vérification suivante :

$$V_{\text{chantier}} \leq 1/2 \times V_{\text{essai}} \quad (4)$$

L'expression de V_{chantier} est la suivante :

$$V_{\text{chantier}} = (G_2 + G_1) \cdot \chi \cdot \frac{L_V}{2} + \frac{3Q_{\text{ch}}}{4}$$

où G_1 est le poids propre de la poutrelle pour 1 m² de plancher.

L'expression de V_{essai} est la suivante :

$$V_{\text{essai}} = \frac{1}{2} (g_1 \cdot L_1 + P_U)$$

où P_U est la charge de rupture lors de l'essai.

L'inégalité (4) nous donne, en remplaçant Q_{ch} par $50 \cdot L_v$, l'expression de la portée limite vis-à-vis de l'effort tranchant :

$$L_v = \frac{g_1 \cdot L_1 + P_U}{2(G_1 + G_2)\chi + 150}$$

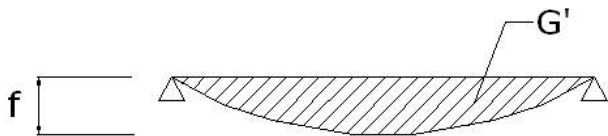
Dans le cas où la portée résultante est inférieure à deux mètres, Q_{ch} prend la valeur de 100 daN et la portée limite nous est donnée par la relation suivante :

$$L_v = \frac{g_1 \cdot L_1 + P_U - 300}{[2(G_1 + G_2)\chi]}$$

DEUXIÈME PARTIE : PRISE EN COMPTE DE LA SURCHARGE DU BÉTON PAR RELATION ITÉRATIVE

1. Prise en compte de la déformation du plancher lors de la mise en œuvre

Lors de la mise en œuvre du plancher, le béton coulé en place provoque une déformation f . Cette déformation engendre une surcharge G' correspondant au volume de béton supplémentaire.



Par itération, on calcule la portée limite vis-à-vis de la déformation, de l'effort tranchant et du moment fléchissant de la manière suivante.

1/ calcul de la flèche engendrée par la surcharge de béton et le poids du plancher :

$$f_n = \frac{768 \cdot f_1}{11 \cdot P_1 L_1^3} \times \left(\frac{5 \cdot L_{f_{n-1}}^4 \cdot (G_2 + G_1 + G'_{n-1}) \chi}{384} \right)$$

pour le critère de déformation ($L/200$)

$$f_n = \frac{768 \cdot f_1}{11 \cdot P_1 L_1^3} \times \left(\frac{5 \cdot L_{f_{n-1}}^4 \cdot (G_2 + G'_{n-1}) \chi}{384} \right)$$

pour le critère de déformation ($L/500$)

$$f_n = \frac{768 \cdot f_1}{11 \cdot P_1 L_1^3} \times \left(\frac{5 \cdot L_{f_{n-1}}^4 \cdot (G_2 + G'_{n-1}) \chi}{384} + \frac{Q_{ch} L_{f_{n-1}}^3}{48} \right)$$

pour le critère du moment fléchissant

$$f_n = \frac{768 \cdot f_1}{11 \cdot P_1 L_1^3} \times \left(\frac{5 \cdot L_{f_{n-1}}^4 \cdot (G_2 + G'_{n-1}) \chi}{384} + \frac{11 \cdot Q_{ch} L_{f_{n-1}}^3}{768} \right)$$

pour le critère de l'effort tranchant

2. Calcul de la surcharge due à la déformation

$$G'_n = 0,7 \cdot f_n \cdot 2500$$

où $0,7 \cdot f_n$ correspond à l'intégrale de la fonction $f_n(x)$.

3. Calcul de la portée limite

- Vis-à-vis de la déformation

$$L_{f_n} = L_1 \times \sqrt[3]{\frac{11 P_1}{768 f_1} \left(\frac{384}{5 \chi (G'_{n-1} + G_2 + G_1)} \right) \left(\frac{f}{L} \right)_{\text{Limite}}}$$

pour le critère de déformation $L/200$

$$L_{f_n} = L_1 \times \sqrt[3]{\frac{11 P_1}{768 f_1} \left(\frac{384}{5 \chi (G'_{n-1} + G_2)} \right) \left(\frac{f}{L} \right)_{\text{Limite}}}$$

pour le critère de déformation $L/500$

- Vis-à-vis de l'effort tranchant

$$L_v = \frac{g_1 L_1 + P_u}{2 \chi (G'_{n-1} + G_2 + G_1) + 150}$$

pour $Q_{ch} = 50 \cdot L_v$

$$L_v = \frac{g_1 L_1 + P_u - 300}{2 \chi (G'_{n-1} + G_2 + G_1)}$$

pour $Q_{ch} = 100 \text{ daN}$

- Vis-à-vis du moment fléchissant

$$L_m = \sqrt{\frac{L_1}{4} \times \frac{(P_u + g_1 \cdot L_1)}{(G'_{n-1} + G_2 + G_1) \cdot \frac{\chi}{2} + 50}}$$

pour $Q_{ch} = 50 \cdot L_m$

$$(G'_{n-1} + G_2 + G_1) \chi L_m^2 + 2 Q_{ch} L_m - 0,5 (P_u + g_1 L_1) L_1 = 0$$

pour $Q_{ch} = 100 \text{ daN}$, L_m : racine de l'équation.

La portée limite de chaque itération correspond à la portée minimale de chaque sollicitation.

L'itération s'arrête lorsque le taux de variation de la portée limite est inférieur à 1 % et lorsque l'écart entre les deux flèches est inférieur à 10 % du critère de déformation, soit :

$$(f_n - f_{n-1}) < 0,1 \times \frac{L}{200}$$

pour un critère de déformation $f \leq L/200$

$$(f_n - f_{n-1}) < 0,1 \times \frac{L}{500}$$

pour un critère de déformation $f \leq L/500$

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

CSTB
le futur en construction

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