

# **Commission chargée de formuler des Avis Techniques**

Groupe spécialisé n° 5

Toitures, Couvertures, Étanchéités

## **Supports de systèmes d'étanchéité de toitures dans les départements d'outre-mer (DOM)**

### **Cahier des Prescriptions Techniques communes**

Ce CPT concerne l'application des Documents Techniques d'Application.  
Il a été approuvé par le Groupe Spécialisé n° 5 le 26 mai 2008.



Photo de couverture :

Toiture sous les tropiques

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 2008

# **Supports de systèmes d'étanchéité de toitures dans les départements d'outre-mer (DOM)**

Cahier des Prescriptions Techniques communes concernant  
l'application des Documents Techniques d'Application

## S O M M A I R E

---

<b>1    Objet .....</b>	<b>2</b>	<b>ANNEXE 1 - Dépressions de calcul N/m<sup>2</sup> (Pa) calculées au vent normal corrigé pour l'élément porteur TAN .....</b>	<b>8</b>
<b>2    Documents de référence .....</b>	<b>2</b>	<b>ANNEXE 2 - Dépressions de calcul N/m<sup>2</sup> (Pa) calculées au vent extrême corrigé pour les fixations des TAN sur l'ossature .....</b>	<b>9</b>
<b>3    Éléments porteurs et supports en maçonnerie ..</b>	<b>3</b>	<b>ANNEXE 3 - Détermination des portées utiles des tôles d'acier nervurées .....</b>	<b>10</b>
3.1 Généralités .....	3		
3.2 Ouvrages particuliers .....	3		
<b>4    Éléments porteurs en tôles d'acier nervurées ....</b>	<b>4</b>		
4.1 Calcul de la dépression due au vent .....	4		
4.2 Choix des tôles d'acier nervurées et de leur épaisseur en fonction des charges et des portées.....	6		
4.3 Choix des fixations à l'ossature.....	7		

## 1 Objet

Le présent document a pour objet de définir les dispositions usuelles retenues pour l'application des Documents Techniques d'Application<sup>(1)</sup> des systèmes d'étanchéité comportant :

- des éléments porteurs et des supports en maçonnerie ;
- des éléments porteurs en tôles d'acier nervurées, uniquement en ce qui concerne la résistance au vent des ouvrages intégrant ces systèmes<sup>(2)</sup> ;

pour un emploi dans les départements d'outre-mer (DOM)<sup>(3)</sup>.

Les dispositions constructives du présent CPT sont applicables sans limitation d'altitude. Au-delà de 1 000 mètres d'altitude, les Documents Particuliers du Marché (DPM) doivent obligatoirement prescrire les pressions dynamiques de base à prendre en compte dans les calculs.

## 2 Documents de référence

- « Guide d'agrément technique européen n°006 – Systèmes de feuilles souples d'étanchéités de toitures fixés mécaniquement » de mars 2000 (*Cahiers du CSTB*, cahier 3408 de mai 2002).
- « Dispositions techniques pour l'évaluation des systèmes d'étanchéité fixés mécaniquement en vue de la délivrance d'Agéments Techniques Européens » (*e-Cahiers du CSTB*, cahier 3532 de juillet 2005).
- « Cahier des Prescriptions Techniques communes des étanchéités de toitures par membranes monocouches synthétiques en PVC-P non compatible avec le bitume faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Document d'Application » (*e-Cahiers du CSTB*, cahier 3502 d'avril 2004).
- « Cahier des Prescriptions Techniques communes – Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm » (*e-Cahiers du CSTB*, cahier 3537 de décembre 2005).
- « Cahier des Prescriptions Techniques – Résistance au vent des systèmes d'étanchéité de toitures fixés mécaniquement » (*e-Cahiers du CSTB*, cahier 3563 de juin 2006).
- « Cahier des Prescriptions Techniques – Résistance au vent des isolants supports de systèmes d'étanchéité de toitures » (*e-Cahiers du CSTB*, cahier 3564 de juin 2006).
- « Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toiture en PVC non armés, armés et/ou sous-facés » de décembre 2001 (*e-Cahiers du CSTB*, cahier 3539 de janvier 2006).
- « Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toiture en EPDM non armés, armés et/ou sous-facés » de décembre 2001 (*e-Cahiers du CSTB*, cahier 3540 de janvier 2006).

- « Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toiture en polyoléfines flexibles (FPO) non armés, armés et/ou sous-facés » de décembre 2001 (*e-Cahiers du CSTB*, cahier 3541 de janvier 2006).
- « Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toiture en feuilles de bitume APP ou SBS armées » de décembre 2001 (*e-Cahiers du CSTB*, cahier 3542 de janvier 2006).
- « Guide technique – Classement FIT des étanchéités de toitures » de septembre 1989 (*e-Cahiers du CSTB*, cahier 2358\_V2 de mars 2008).
- « Règles de calcul V 65 »<sup>(4)</sup>.
- « Règles concernant les travaux d'étanchéité des toitures-terrasses plates (pente de 2 à 5 %) et toitures rampantes ou inclinées (pente ≥ 5 %) avec éléments porteurs en maçonnerie ou en bois en climats tropicaux ou équatoriaux humides et tropicaux secs » de la CSNE de mai 1990.
- NF P 10-203 (référence DTU 20.12) et « Additif Antilles au DTU 20.12 » édition 1996.
- Normes P 84 série 200 (référence DTU série 43).



**Membrane synthétique sur une terrasse technique  
à la Guadeloupe**

1. Ou Avis Technique dans la suite du document.
2. La participation des TAN à la stabilité d'ensemble d'ossature (contreventement par exemple), ou la stabilité locale (non-déversement des pannes par exemple), est exclue dans le présent document.
3. Régions ultra-périphériques suivantes : Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte et Réunion.
4. Actualisées jusqu'au modificatif n° 2 de décembre 1999 (*Cahier du CSTB* 3182). La méthode de calcul du présent Cahier des Prescriptions Techniques communes n'a pas été établie à partir des Eurocodes relatifs au calcul des structures.

### **3 Éléments porteurs et supports en maçonnerie**

Le Dossier Technique des systèmes d'étanchéité, panneaux isolants supports et revêtements d'étanchéité, indique, selon la ou les régions ultra-périphériques revendiquées, la composition :

- de l'élément porteur maçonné ;
- du support maçonné ;
- de la forme de pente éventuelle ;

et les dispositions à retenir pour ceux-ci.

*Commentaire : il est rappelé que la réalisation des ouvrages de maçonnerie n'est pas du ressort de l'entreprise chargée des travaux d'étanchéité. Les DPM préciseront la pente de l'élément porteur et du support.*

#### **3.1 Généralités**

- La pente nulle et les pentes < 2 % ne sont pas adaptées aux départements d'outre-mer sous climats tropicaux ou équatoriaux humides<sup>(5)</sup>.
- Les éléments porteurs de type D ne sont pas admis.

### **3.2 Ouvrages particuliers**

#### **3.2.1 Reliefs**

Le Dossier Technique des systèmes d'étanchéité, panneaux isolants supports et revêtements d'étanchéité, indique, selon la ou les régions ultra-périphériques revendiquées, la composition et les protections rapportées éventuelles de ces reliefs.

La hauteur minimale des reliefs est de 150 mm quelle que soit la destination de la toiture.

#### **3.2.2 Seuils, noues, retombées, chéneaux et caniveaux**

##### **3.2.2.1 Chéneaux**

La pente minimale admise dans les chéneaux est de 1 %<sup>(5)</sup>.

##### **3.2.2.2 Noues**

La pente minimale admise dans les noues est de 1 %<sup>(5)</sup>.

##### **3.2.2.3 Caniveaux**

La pente minimale admise dans les caniveaux est de 1 %<sup>(5)</sup>.



***Relevés à la Réunion***

5. Des dispositions particulières différentes peuvent être prévues dans les Documents Techniques d'Application des systèmes.

## 4 Éléments porteurs en tôles d'acier nervurées

### 4.1 Calcul de la dépression due au vent

#### 4.1.1 Domaine d'application

L'ensemble du domaine envisagé par les Règles V 65 est considéré et le calcul au cas par cas reste toujours possible en conformité avec ces Règles. Pour les applications courantes, la démarche simplifiée permet de traiter les domaines suivants :

- travaux neufs et travaux de réfection avec un nouvel élément porteur TAN ;
- bâtiments fermés - bâtiments ouverts ;
- élancement courant, pour lequel le coefficient de forme prescrit par les Règles V 65 (*chapitre III, article 2,12*) est  $\gamma_0 = 1$  ;
- hauteur du bâtiment au-dessus du sol : 10 - 12 - 15 - 18 et 20 m dans les conditions qui sont celles de la méthode simplifiée des Règles V 65, (*chapitre III, article 2,9*).

*Commentaire : les DPM peuvent prescrire des pressions dynamiques de base normale et extrême supérieures à celles des Règles V 65.*

#### 4.1.2 Guyane<sup>(6)</sup>

Les prescriptions de tenue au vent des éléments porteurs en tôles d'acier nervurées de la norme NF DTU 43.3, et celles dites « à grande portée » du e-Cahier du CSTB 3537, sont applicables.

*Commentaire : le Dossier Technique des systèmes d'étanchéité, panneaux isolants supports et revêtements d'étanchéité, indique les dispositions à retenir dans cette région ultra-périphérique située en zone 1 des Règles V 65 modifiées.*

#### 4.1.3 Guadeloupe, Martinique, Mayotte et Réunion<sup>(7)</sup>

Les prescriptions de tenue au vent des éléments porteurs en tôles d'acier nervurées de la norme NF DTU 43.3, et celles dites « à grande portée » du e-Cahier du CSTB 3537, ne sont pas applicables.

Le paragraphe 4.1.4 a pour objet de définir les règles minimales de conception et de mise en œuvre des toitures avec éléments porteurs en tôles d'acier nervurées, pour des systèmes d'étanchéité bénéficiant d'un Document Technique d'Application pour les départements de la zone 5 de vent.

*Commentaire : le Dossier Technique des systèmes d'étanchéité, panneaux isolants supports et revêtements d'étanchéité, indique les dispositions à retenir dans ces régions ultra-périphériques situées en zone 5 des Règles V 65 modifiées.*

#### 4.1.4 Pressions de calcul et coefficients associés pour la zone 5 de vent

*Commentaire : les valeurs indiquées ci-après sont celles prises dans les Règles V 65 avec modificatif n° 2 de décembre 1999 prenant en compte un vent d'au plus, pour la zone 5 de vent, 159,2 km/h (44,2 m/s) en valeur normale.*

*Il convient de se reporter aux DPM particuliers de l'ouvrage où les pressions dynamiques de base à prendre en compte dans les calculs doivent apparaître.*

##### 4.1.4.1 Généralités

La pression dynamique de référence est donnée par les Règles V 65, avec :

- $\delta$  : coefficient de dimension, pris égal à 0,92<sup>(8)</sup> ;
- $h$  : hauteur du bâtiment au sens des Règles V 65 ;
- $k_r = 2,40$  ;
- $k_s = 1$  en site normal ;

1,20 en site exposé.

*Note : les sites protégés ne sont pas considérés dans cette zone de vent.*

Pour les oscillations fondamentales du bâtiment concernant l'ossature seule, il n'est pas pris de majoration à cet égard.

Le tableau 1 ci-après indique les pressions dynamiques de base normale à prendre en compte pour la zone 5, en N/m<sup>2</sup> (ou Pascal)<sup>(9)</sup>.

Tableau 1

Hauteur (m)	Zone 5	
	Site normal	Site exposé
10	1 200	1 440
12	1 250	1 500
15	1 320	1 584
18	1 385	1 662
20	1 425	1 710

6. Zone 1 de vent selon les Règles V 65 modifiées.

7. Zone 5 de vent selon les Règles V 65 modifiées.

8. Le coefficient unique adopté correspond à une dimension de 2 mètres.

9. La détermination de la portée utile des TAN est faite selon les valeurs de vent normal, sachant que le coefficient multiplicateur 1,75 du vent extrême est pris en compte pour la vérification de résistance de ces éléments.

#### 4.1.4.2 Coefficient d'actions intérieures

Le coefficient  $c_i$  est donné par le tableau 2. Les valeurs retenues sont les valeurs maximales indiquées par les Règles V 65 lorsque l'élément porteur est considéré comme perméable au vent,  $\mu \%$ <sup>(10)</sup>.

**Tableau 2**

Élément porteur	Bâtiment fermé $\mu \leq 5 \%$	Bâtiment ouvert $\mu \geq 35 \%$
TAN	0,3	0,8

#### 4.1.4.3 Coefficient d'actions extérieures

Afin d'éviter un calcul au cas par cas en fonction de la pente du toit et de la direction du vent, qui reste toujours possible, les principes suivants sont retenus pour le coefficient  $c_e$ <sup>(11)</sup> :

##### 4.1.4.3.1 Cas de l'élément porteur TAN

Le coefficient  $c_e$  est donné par le tableau 3.

En rive de toiture, une majoration de 50 % du coefficient en partie courante affecte le quart de la longueur du bâtiment sur chaque rive de pignon (pour un vent parallèle aux génératrices de la toiture). Étant donné cette importante surface, il n'est retenu qu'un seul coefficient d'action extérieure affectant toute la surface et incluant cette majoration et de fait :

**Tableau 3**

Coefficient d'action extérieur <sup>(1)</sup>	
Parties courantes et rives	Versant plan : $1,5 c_e = 0,75$ Versant courbe : $1,5 c_e = 1,10$
1. Vent parallèle aux génératrices.	

##### 4.1.4.3.2 Cas des fixations de TAN sur l'ossature

Le coefficient  $c_e$  est donné par le tableau 4.

**Tableau 4**

Coefficient d'action extérieur <sup>(1)</sup>	
Parties courantes	Versant plan : $c_e = 0,70$ Versant courbe : $c_e = 0,80$
Rives <sup>(2)</sup>	$2 c_e^{(3)}$
1. Vent perpendiculaire aux génératrices. 2. Y compris au droit d'un mur en surplomb. 3. Sur une largeur 1/10 h, sans être inférieure à 2 m.	

#### 4.1.4.4 Dépressions de calcul

Les annexes 1 et 2 présentent les dépressions à prendre en compte dans le cas des versants plans et courbes : au vent normal pour les TAN, et au vent extrême pour les fixations des TAN à la structure ; les valeurs de ces annexes correspondent aux pressions dynamiques (voir tableau 1) corrigées, affectées du coefficient  $c_p$  du tableau 5a pour l'élément porteur TAN et du tableau 5b pour les fixations de TAN sur l'ossature.

**Tableau 5a**

$c_p$	$c_p$ max	
	$\mu \leq 5 \%$	$\mu \geq 35 \%$
Partie courante et rives	$c_i + 1,5 c_e$	/

**Tableau 5b**

$c_p$	$c_p$ max	
	$\mu \leq 5 \%$	$\mu \geq 35 \%$
Partie courante	$c_i + c_e$	/
Rives	$c_i + 2 c_e$	2



**Membrane synthétique et acrotère bas à la Guadeloupe**

10. La perméabilité des parois est définie au paragraphe 1,313 du chapitre III des Règles V 65 modifiées.

11. Il n'est pas tenu compte d'un effet particulier pour les angles, qui sont soumis aux mêmes dispositions que celles des rives selon les tableaux 3 - 4.

## **4.2 Choix des tôles d'acier nervurées et de leur épaisseur en fonction des charges et des portées**

### **4.2.1 Généralités**

- Les porte-à-faux sont autorisés dans les mêmes limites que celles de la norme NF DTU 43.3 (1/10 de la portée, limités à 0,30 m), avec un couturage de la partie en porte-à-faux à 10 cm environ de l'extrémité de la tôle. Comme dans la norme NF DTU 43.3, dans le cas d'appuis en béton, le porte-à-faux est compté à partir du nu extérieur de la panne et non de l'insert.
- Matériau : les tôles d'acier nervurées sont conformes aux paragraphes 3.1.1 à 3.1.3 de la norme NF DTU 43.3 P1-2.

### **4.2.2 Guyane**

#### **4.2.2.1 TAN à ouverture haute de nervure ( $Ohn$ ) $\leq 70$ mm**

Les portées utiles des tôles d'acier nervurées sont définies en fonction des charges appliquées conformément à la norme NF DTU 43.3.

#### **4.2.2.2 TAN à ouverture haute de nervure $70 \text{ mm} < Ohn \leq 200$ mm**

Les portées utiles des tôles d'acier nervurées, dites « à grande portée », sont définies en fonction des charges appliquées conformément au e-Cahier du CSTB 3537 de décembre 2005.

### **4.2.3 Guadeloupe, Martinique, Mayotte et Réunion**

#### **4.2.3.1 TAN à ouverture haute de nervure ( $Ohn$ ) $\leq 70$ mm**

Les tôles d'acier nervurées sont vérifiées conformément aux prescriptions de l'annexe 3 du présent document, sous charges descendantes en résistance et en flexibilité, et sous charges ascendantes en résistance.

Pour la détermination des charges descendantes, le paragraphe 6.2.2.1 de la norme NF DTU 43.3 P1-1 s'applique.

Pour la détermination des charges ascendantes, le paragraphe 4 ci-dessus s'applique.

Les tôles d'acier nervurées font l'objet d'une fiche technique présentant des performances sous charges descendantes et ascendantes, validée par une tierce partie indépendante (contrôleur technique par exemple).

*Note : il s'agit donc de fiches techniques qui, par rapport à celles définies au paragraphe 3.1.2 de la norme NF DTU 43.3 P1-2, comportent en plus :*

- les valeurs de calcul déterminées au paragraphe III.2.3.2-b de l'annexe 3 ;
- les valeurs de calcul déterminées au paragraphe III.2.3.3-b de l'annexe 3 ;
- le tableau des portées maximales d'utilisation de la TAN / charges ascendantes au paragraphe VI de l'annexe 3.

#### **4.2.3.2 TAN à ouverture haute de nervure $70 \text{ mm} < Ohn \leq 200$ mm**

Les tôles d'acier nervurées, dites « à grande portée », sont vérifiées conformément aux prescriptions de l'annexe 3 du présent document, sous charges descendantes et ascendantes, en résistance et en flexibilité.

Pour la détermination des charges descendantes, le paragraphe 6.2.2.1 de la norme NF DTU 43.3 P1-1 s'applique.

Pour la détermination des charges ascendantes, le paragraphe 4 ci-dessus s'applique.



**Membrane synthétique fixée mécaniquement  
à la Guadeloupe**

## 4.3 Choix des fixations à l'ossature

### 4.3.1 Guyane

#### 4.3.1.1 TAN à ouverture haute de nervure ( $Ohn$ ) $\leq 70$ mm

Les fixations et leurs densités sont définies conformément à la norme NF DTU 43.3.

#### 4.3.1.2 TAN à ouverture haute de nervure $70 \text{ mm} < Ohn \leq 200$ mm

Les fixations et leurs densités sont définies conformément au e-Cahier du CSTB 3537 de décembre 2005.

### 4.3.2 Guadeloupe, Martinique, Mayotte et Réunion

Les règles simplifiées du *paragraphe 6.2.4* de la norme NF DTU 43.3 P1-1 ne sont plus applicables.

- Fixations avec plaquettes de répartition

Il est mis en œuvre au moins une fixation par nervure et par appui, avec une plaquette de répartition 30 mm  $\times$  15 mm  $\times$  1,5 mm, conforme au *tableau 7* du *paragraphe 5.1.1.2* de la norme NF DTU 43.3 P1-2, en plus des éventuelles collerettes incorporées.

La vérification de la résistance des fixations est effectuée, à partir des dépressions de vent en partie courante et en rives (la rive est ici considérée à partir d'un vent perpendiculaire aux génératrices de la toiture), comme suit :

$$1,25 \times L \times \{s_{\text{ext}} - (g + p)\} \times e = R_c / \gamma_m$$

où :

- $L$  est la portée des tôles d'acier nervurées (entraxe des appuis), en m ;
- $s_{\text{ext}}$  est la dépression due au vent extrême (selon les Règles V 65 avec modificatif n° 2 de décembre 1999), en partie courante et en rives (vent perpendiculaire aux génératrices), en daN/m<sup>2</sup> ;
- $g$  est le poids propre des TAN, en daN/m<sup>2</sup> ;
- $p$  est la charge permanente (isolant + étanchéité + protection éventuelle), en daN/m<sup>2</sup> ;

–  $e$  est l'entraxe des nervures, en m ;

–  $R_c$  est la résistance caractéristique de l'assemblage (élément porteur + tôle + fixation) en daN, obtenue par essais conformes à la norme NF P 30-314<sup>(12)</sup> ;

–  $\gamma_m$  est le coefficient de matériau, dont la valeur varie en fonction de la nature de l'élément porteur :

- $\gamma_m = 1,20$  dans l'élément porteur acier d'épaisseur  $> 3$  mm ;
- $\gamma_m = 1,35$  dans l'élément porteur acier d'épaisseur  $\geq 1,5$  mm et  $\leq 3$  mm, et dans le bois.

*Note : les fiches techniques des fixations ou les DPM peuvent fixer des valeurs supérieures pour le coefficient  $\gamma_m$ .*

- Fixations sans plaquette de répartition

La fixation sans plaquette de répartition n'est possible que si la fiche technique de la tôle d'acier nervurée a été établie sans plaque.

Les fixations sont conformes au *tableau 7* du *paragraphe 5.1.1.2* de la norme NF DTU 43.3 P1-2.

La vérification de la résistance des fixations et assemblages est effectuée de la même façon que dans le cas précédent, mais avec un coefficient de matériau  $\gamma_m$  majoré.

Ce coefficient sera dans tous les cas au minimum :

- $\gamma_m = 1,50$  dans l'élément porteur acier d'épaisseur  $> 3$  mm,
- $\gamma_m = 2,50$  dans l'élément porteur acier d'épaisseur  $\geq 1,5$  mm et  $\leq 3$  mm, et dans le bois.

*Note : ces valeurs de  $\gamma_m$  sont plus élevées dans le cas des fixations sans plaquettes pour prendre en compte la fatigue résultant des efforts dynamiques exercés sur l'assemblage.*

- Synthèse

Le coefficient  $\gamma_m$  pour les différentes configurations possibles est donné par le *tableau 6*.

- Fixations de couture

Les fixations de couture sont espacées de 0,75 m environ.

**Tableau 6**

Conditions d'exécution sur chantier	Conditions d'essais des TAN en charge ascendante	
	TAN éprouvées avec plaquettes	TAN éprouvées sans plaquette
	Avec plaquettes	Sans plaquette
	Support acier $> 3$ mm : $\gamma_m = 1,20$	Support acier $> 3$ mm : $\gamma_m = 1,20$
	Support acier $\geq 1,5$ mm et $\leq 3$ mm, bois : $\gamma_m = 1,35$	Support acier $\geq 1,5$ mm et $\leq 3$ mm, bois : $\gamma_m = 1,35$
	non autorisé	Support acier $> 3$ mm : $\gamma_m = 1,50$
	non autorisé	Support acier $\leq 3$ mm, bois : $\gamma_m = 2,50^{(1)}$

Les plaquettes de répartition sont conformes à la norme NF DTU 43.3 P1-2.

1. Valeur forfaitaire dans l'attente de la révision de la norme NF DTU 43.3, qui intégrera les régions ultra-périphériques.

12. La définition de la résistance mécanique  $R_c$  de la fixation doit tenir compte de sa mise en œuvre dans une tôle perforée ou crevée en nervure.

## ANNEXE 1

### Dépressions de calcul N/m<sup>2</sup> (Pa) calculées au vent normal corrigé pour l'élément porteur TAN

(suivant Règles V 65 avec modificatif n° 2)

**Tableau 1.1 – Versants plans - Travaux neufs - Bâtiments fermés ( $\mu \leq 5\%$ )**

Hauteur (m)	Position	$c_p$	Zone 5	
			normal	exposé
10	Courante Rives	1,05	1 159	1 391
12	Courante Rives	1,05	1 208	1 449
15	Courante Rives	1,05	1 275	1 530
18	Courante Rives	1,05	1 338	1 605
20	Courante Rives	1,05	1 377	1 652

**Tableau 1.2 – Versants plans - Travaux neufs - Bâtiments ouverts ( $\mu \geq 35\%$ )**

Hauteur (m)	Position	$c_p$	Zone 5	
			normal	exposé
10	Courante Rives	1,55	1 711	2 053
12	Courante Rives	1,55	1 783	2 139
15	Courante Rives	1,55	1 882	2 259
18	Courante Rives	1,55	1 974	2 369
20	Courante Rives	1,55	2 032	2 438

**Tableau 1.3 – Versants courbes - Travaux neufs - Bâtiments fermés ( $\mu \leq 5\%$ )**

Hauteur (m)	Position	$c_p$	Zone 5	
			normal	exposé
10	Courante Rives	1,4	1 546	1 855
12	Courante Rives	1,4	1 610	1 932
15	Courante Rives	1,4	1 700	2 040
18	Courante Rives	1,4	1 783	2 140
20	Courante Rives	1,4	1 835	2 202

**Tableau 1.4 – Versants courbes - Travaux neufs - Bâtiments ouverts ( $\mu \geq 35\%$ )**

Hauteur (m)	Position	$c_p$	Zone 5	
			normal	exposé
10	Courante Rives	1,9	2 098	2 517
12	Courante Rives	1,9	2 185	2 622
15	Courante Rives	1,9	2 307	2 769
18	Courante Rives	1,9	2 420	2 904
20	Courante Rives	1,9	2 491	2 989

## ANNEXE 2

### Dépressions de calcul N/m<sup>2</sup> (Pa) calculées au vent extrême corrigé pour les fixations des TAN sur l'ossature

(suivant Règles V 65 avec modificatif n° 2)

**Tableau 2.1 – Versants plans - Travaux neufs - Bâtiments fermés ( $\mu \leq 5\%$ )**

Hauteur (m)	Position	$c_p$	Zone 5	
			normal	exposé
10	Courante	1	1 932	2 318
	Rives	1,7	3 284	3 941
12	Courante	1	2 013	2 415
	Rives	1,7	3 421	4 106
15	Courante	1	2 125	2 550
	Rives	1,7	3 613	4 335
18	Courante	1	2 229	2 675
	Rives	1,7	3 790	4 548
20	Courante	1	2 294	2 753
	Rives	1,7	3 900	4 680

**Tableau 2.2 – Versants plans - Travaux neufs - Bâtiments ouverts ( $\mu \geq 35\%$ )**

Hauteur (m)	Position	$c_p$	Zone 5	
			normal	exposé
10	Courante	1,5	2 898	3 478
	Rives	2	3 864	4 637
12	Courante	1,5	3 019	3 623
	Rives	2	4 025	4 830
15	Courante	1,5	3 189	3 825
	Rives	2	4 250	5 100
18	Courante	1,5	3 344	4 013
	Rives	2	4 458	5 350
20	Courante	1,5	3 441	4 130
	Rives	2	4 589	5 506

**Tableau 2.3 – Versants courbes - Travaux neufs - Bâtiments fermés ( $\mu \leq 5\%$ )**

Hauteur (m)	Position	$c_p$	Zone 5	
			normal	exposé
10	Courante	1,1	2 125	2 550
	Rives	1,9	3 671	4 405
12	Courante	1,1	2 214	2 657
	Rives	1,9	3 824	4 589
15	Courante	1,1	2 338	2 805
	Rives	1,9	4 038	4 846
18	Courante	1,1	2 452	2 943
	Rives	1,9	4 236	5 083
20	Courante	1,1	2 524	3 028
	Rives	1,9	4 359	5 231

**Tableau 2.4 – Versants courbes - Travaux neufs - Bâtiments ouverts ( $\mu \geq 35\%$ )**

Hauteur (m)	Position	$c_p$	Zone 5	
			normal	exposé
10	Courante	1,6	3 091	3 709
	Rives	2	3 864	4 637
12	Courante	1,6	3 220	3 864
	Rives	2	4 025	4 830
15	Courante	1,6	3 400	4 080
	Rives	2	4 250	5 100
18	Courante	1,6	3 567	4 280
	Rives	2	4 458	5 350
20	Courante	1,6	3 671	4 405
	Rives	2	4 589	5 506

## ANNEXE 3

### Détermination des portées utiles des tôles d'acier nervurées

#### I Généralités

La présente annexe a pour objet de définir les conditions de détermination des portées à partir d'essais.

Les performances des tôles d'acier nervurées ainsi déterminées sont considérées aux états limites.

*Note : il est rappelé que dans le cas de la participation des tôles d'acier nervurées à la stabilité d'ensemble ou locale de l'ossature, des dispositions complémentaires doivent être définies.*

#### II Exécution des essais de flexion

##### II.1 Modalités

Elles sont définies dans la norme NF P 34-503 « Plaques profilées en tôles d'acier revêtues ou non et panneaux – Essais de flexion sous charges linéaires et/ou sous charges concentrées ».

Dans les essais de chargement réparti sur 3 appuis, il est recommandé de mesurer les flèches résiduelles, si possible jusqu'à la ruine de la maquette.

##### II.2 Programme d'essais de flexion

Ce paragraphe définit le type et le nombre minimal d'essais à réaliser.

Des essais complémentaires peuvent être réalisés afin de préciser ou de compléter le domaine d'emploi des plaques nervurées (essais sur portées intermédiaires, essais sur portées réduites, essais avec différentes largeurs d'appui, essais avec différents types de fixations, etc.).

La démarche rationnelle pour la conduite des essais est définie comme suit.

###### II.2.1 Essai de charge concentrée

Les modalités d'essai sont précisées dans les *paragraphes 8.1.2 et 8.4.3.1* de la norme NF P 34-503.

L'essai consiste à déterminer expérimentalement la portée maximale sur deux appuis d'une tôle d'acier nervurée pour laquelle la ruine survient sous une charge concentrée supérieure ou égale à 200 daN.

###### II.2.2 Essai sous charge répartie descendante sur deux ou trois appuis

Les modalités d'essai sont précisées dans le *paragraphe 8.4.1* de la norme NF P 34-503.

Les quatre essais à réaliser au minimum sont indiqués dans le *tableau 3.1*.

**Tableau 3.1 – Codification des essais de flexion sous charge répartie descendante**

Nombre d'appuis	Grande portée Ldg	Petite portée Ldp
2	D1	D2
3	D3	D4

Compte tenu du poids du système de transmission des charges, il est recommandé d'envisager une grande portée d'essai correspondant à une charge d'utilisation d'au moins 75 daN/m<sup>2</sup>.

Il est par ailleurs recommandé de choisir la petite portée d'essai Ldp pour une charge d'utilisation envisageable de l'ordre de 200 daN/m<sup>2</sup> (minimum 175 daN/m<sup>2</sup>).

###### II.2.3 Essai sous charge répartie ascendante sur deux ou trois appuis

Les modalités d'essai sont précisées dans le *paragraphe 8.4.2* de la norme NF P 34-503.

Pour les tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure (Ohn) ≤ 70 mm, l'appui intermédiaire est en fixation réduite dans le cas d'essais sur trois appuis.

Pour les tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure 70 mm < Ohn ≤ 200 mm, dites « à grande portée », chaque nervure principale des TAN est fixée sur chaque appui.

Les quatre essais à réaliser au minimum sont indiqués dans le *tableau 3.2* ci-dessous.

**Tableau 3.2 – Codification des essais de flexion sous charge répartie ascendante**

Nombre d'appuis	Grande portée Lag	Petite portée Lap
2	A1	A2
3	A3	A4

Compte tenu du poids du système de transmission des charges, il est recommandé d'envisager une grande portée d'essai correspondant à une charge d'utilisation d'au moins 50 daN/m<sup>2</sup>.

Il est par ailleurs recommandé de choisir la petite portée d'essai Lap pour une charge d'utilisation envisageable de l'ordre de 320 daN/m<sup>2</sup> (minimum 300 daN/m<sup>2</sup>).

### **III Interprétation des résultats des essais de flexion**

#### **III.1 Résultat des essais**

##### **III.1.1 Généralités**

L'interprétation qui suit est valable pour une famille d'essais :

- une géométrie de profil, les profils perforés constituent une autre géométrie ;
- une épaisseur donnée de tôle d'acier nervurée ;
- une largeur d'appui donnée ;
- présence ou absence de plaquettes de répartitions 30 mm × 15 mm × 1,5 mm.

##### **III.1.2 Essai de charge concentrée**

Cet essai donne la portée maximale non corrigée des tôles, indépendamment des performances sous chargement réparti.

La charge de ruine est notée C pour une portée Lc, elle doit être supérieure ou égale à 200 daN.

##### **III.1.3 Essai sous charge répartie**

###### **III.1.3.1 Correction des graphiques charges / flèches**

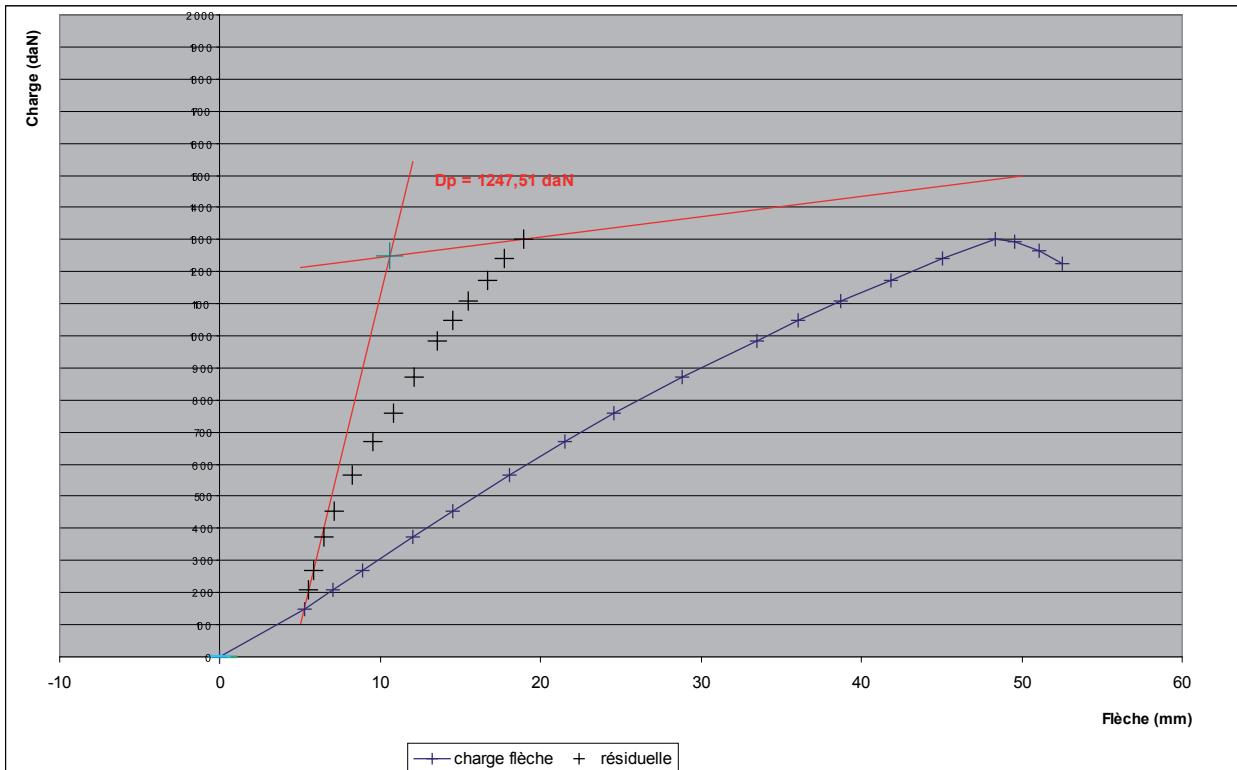
Le bombement éventuel des éléments avant mise en charge peut introduire un décalage des graphiques charge/déformation par rapport à l'origine des coordonnées (charges en ordonnées, flèches en abscisse).

La correction est effectuée en prenant, pour origine réelle des charges, l'intersection de la droite représentative de la variation des flèches avec l'axe des ordonnées.

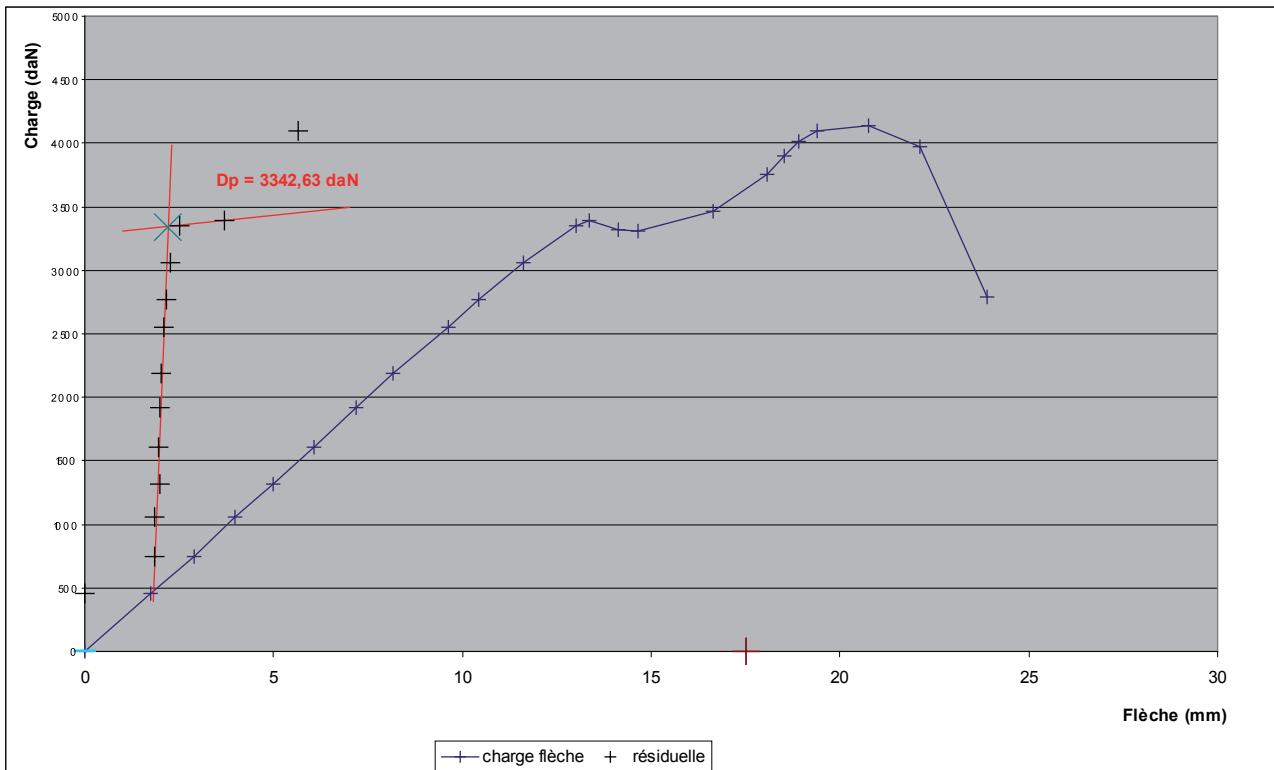
Cette correction n'est pas applicable à la charge de ruine, celle-ci étant indépendante de la mesure des déformations.

###### **III.1.3.2 Détermination de la déformation permanente**

La déformation permanente est déterminée à partir de la méthode des tangentes, soit à partir du dernier point avant la ruine en l'absence d'inflexion sévère du graphique charge/déformation, soit à partir du point de la première inflexion sévère du graphique charge/déformation.



*Exemple type de courbe avec TAN conforme à la norme NF DTU 43.3*



*Exemple type de courbe avec TAN dite « à grande portée »*

### III.1.3.3 Charges

Pour chaque essai réalisé, les charges figurant dans le *tableau 3.3* ci-dessous sont relevées.

**Tableau 3.3 – Codification des charges relevées lors des essais de flexion sous charges réparties**

Sens de chargement	Nombre d'appuis	Repère	Portée (m)	Charges (daN/m <sup>2</sup> )		
				Flèche L/200	Ruine	Déformation permanente
Essais sous charge descendante	2	D1	Ldg <sub>1</sub>	U <sub>2D1</sub>	R <sub>2D1</sub>	/
		D2	Ldp <sub>1</sub>	U <sub>2D2</sub>	R <sub>2D2</sub>	/
	3	D3	Ldg <sub>2</sub>	U <sub>3D3</sub>	R <sub>3D3</sub>	D <sub>3D3</sub>
		D4	Ldp <sub>2</sub>	U <sub>3D4</sub>	R <sub>3D4</sub>	D <sub>3D4</sub>
Essais sous charge ascendante	2	A1	Lag <sub>1</sub>	U <sub>2A1</sub> <sup>(1)</sup>	R <sub>2A1</sub>	/
		A2	Lap <sub>1</sub>	U <sub>2A2</sub> <sup>(1)</sup>	R <sub>2A2</sub>	/
	3	A3	Lag <sub>2</sub>	U <sub>3A3</sub>	R <sub>3A3</sub>	D <sub>3A3</sub>
		A4	Lap <sub>2</sub>	U <sub>3A4</sub> <sup>(1)</sup>	R <sub>3A4</sub>	D <sub>3A4</sub>

Note : les poids propres des maquettes doivent être inclus aux valeurs des charges de ruine (R<sub>i</sub>) et de déformation permanente (D<sub>i</sub>).

1. Facultatif dans le cas de tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure (Ohn) ≤ 70 mm conformes à la norme NF DTU 43.3.

## III.2 Interprétation des résultats des essais

### III.2.1 Principes

À partir de chaque essai, on détermine les valeurs :

- des moments d'inertie sous charge répartie ;
- des moments de flexion correspondant soit à la ruine en travée des profils, soit au critère d'apparition de déformation permanente sur appui intermédiaire.

Ensuite, essai par essai, les valeurs ci-dessus sont corrigées afin de tenir compte des écarts entre épaisseur et limite d'élasticité des tôles effectivement testées et les valeurs nominales de ces mêmes épaisseurs et limite d'élasticité en fabrication courante.

Enfin, pour chaque cas de chargement, on détermine les valeurs de calcul :

- des moments d'inertie sous charge répartie ;
- des moments de flexion.

### III.2.2 Corrections en fonction des épaisseurs et des limites d'élasticité

Soit :

- tn : épaisseur nominale de la tôle d'acier galvanisée ;
- te : épaisseur moyenne de la tôle d'acier galvanisée mesurée sur chaque maquette ;
- fy : limite d'élasticité minimale garantie ;
- fye : limite d'élasticité moyenne mesurée sur chaque maquette ;
- γt : coefficient ayant les valeurs suivantes, selon la tolérance sur épaisseur des tôles d'acier galvanisées (P 34-310) :
  - tolérance normale (N) : 0,90,
  - tolérance décalée (D) : 0,96.

On procède essai par essai aux corrections en multipliant les moments d'inertie et les moments de flexion calculés par les facteurs ci-dessous.

a) Moments d'inertie :

$$\beta i = \gamma t \times \left( \frac{tn}{te} \right)$$

b) Moment de flexion sous chargement réparti :

$$\beta m = \gamma t \times \left( \frac{tn}{te} \right) \times \left( \frac{fy}{fye} \right)$$

c) Moment de flexion sous charge concentrée :

$$\beta c = \left( \frac{tn}{te} \right) \times \left( \frac{fy}{fye} \right)$$

### III.2.3 Valeurs de calcul

Pour les tôles d'acier nervurées, il y a lieu de déterminer les valeurs de calcul suivantes.

#### III.2.3.1 Moment de flexion sous charge concentrée

À partir de l'essai de charge concentrée, on détermine un moment de flexion comme suit :

$$M_c = \beta c \times \frac{C \times L_c}{4}$$

#### III.2.3.2 Moments d'inertie conventionnels

À partir des essais sur deux et trois appuis, on définit les moments d'inertie conventionnels suivants.

a) Action des charges descendantes

– travée simple (au minimum essais D1 et D2)

$$I_{d2} = \left( \frac{5}{384} \right) \times \left( \frac{1}{E} \right) \times \left( \frac{1}{n} \right) \times \sum_j \{ \beta_{ij} \times \frac{U_{Dj} \times Ld_j^4}{fd_j} \}$$

– travée double (au minimum essais D3 et D4)

$$I_{d3} = \left( \frac{1}{192} \right) \times \left( \frac{1}{E} \right) \times \left( \frac{1}{n} \right) \times \sum_j \{ \beta_{ij} \times \frac{U_{Dj} \times Ld_j^4}{fd_j} \}$$

– autres cas de continuité

$$I_{dm} = \frac{(I_{d2} + I_{d3})}{2}$$

Avec :

–  $n$  : nombre d'essais pris en compte ;

–  $E$  : module de Young : 210 000 N/mm<sup>2</sup> ;

–  $U_{Dj}$  : charge obtenue lors de l'essai considéré sous charge descendante ;

–  $Ld_j$  : portée de l'essai considéré sous charge descendante ;

–  $fd_j$  : flèche pour la charge  $U_{Dj}$  à la portée  $Ld_j$ .

b) Action des charges ascendantes

• TAN à ouverture haute de nervure (Ohn) ≤ 70 mm

– travée double (au minimum essai A3)

$$I_{a3g} = \left( \frac{1}{192} \right) \times \left( \frac{1}{E} \right) \times \left( \frac{1}{n} \right) \times \sum_j \{ \beta_{ij} \times \frac{U_{Aj} \times La_j^4}{fa_j} \}$$

Et on vérifie :

$$I_{a3g} \geq 0,80 I_{d3}$$

Si l'inégalité ci-dessus n'est pas respectée, le profil n'est pas utilisable.

• TAN à ouverture haute de nervure 70 mm < Ohn ≤ 200 mm

– travée simple (au minimum essais A1 et A2)

$$I_{a2} = \left( \frac{5}{384} \right) \times \left( \frac{1}{E} \right) \times \left( \frac{1}{n} \right) \times \sum_j \{ \beta_{ij} \times \frac{U_{Aj} \times La_j^4}{fa_j} \}$$

– travée double (au minimum essais A3 et A4)

$$I_{a3} = \left( \frac{1}{192} \right) \times \left( \frac{1}{E} \right) \times \left( \frac{1}{n} \right) \times \sum_j \{ \beta_{ij} \times \frac{U_{Aj} \times La_j^4}{fa_j} \}$$

– autres cas de continuité

$$I_{am} = \frac{(I_{a2} + I_{a3})}{2}$$

Avec :

–  $U_{Aj}$  : charge obtenue lors de l'essai considéré sous charge ascendante ;

–  $La_j$  : portée de l'essai considéré sous charge ascendante ;

–  $fa_j$  : flèche pour la charge  $U_{Aj}$  à la portée  $La_j$ .

#### III.2.3.3 Moment de flexion

À partir des essais sur deux et trois appuis, on définit les moments de flexion qui suivent.

a) Action des charges descendantes :

– travée simple (au minimum essais D1 et D2)

$$M_{d2T} = \left( \frac{0,9}{n} \right) \times \sum_j \{ \beta m_j \times \frac{R_{Dj} \times Ld_j^2}{8} \}$$

– travées multiples (au minimum essais D3 et D4)

$$M_{d3T} = \left( \frac{0,9}{n} \right) \times \sum_j \left\{ \beta m_j \times \frac{R_{Dj} \times L d_j^2}{8} \right\}$$

$$M_{d3A} = \left( \frac{0,9}{n} \right) \times \sum_j \left\{ \beta m_j \times \frac{D_{Dj} \times L d_j^2}{8} \right\}$$

b) Action des charges ascendantes :

– travée simple (au minimum essais A1 et A2)

$$M_{a2T} = \left( \frac{0,9}{n} \right) \times \sum_j \left\{ \beta m_j \times \beta r_j \times \frac{R_{Aj} \times L a_j^2}{8} \right\}$$

– travées multiples (au minimum essais A3 et A4)

$$M_{a3T} = \left( \frac{0,9}{n} \right) \times \sum_j \left\{ \beta m_j \times \beta r_j \times \frac{R_{Aj} \times L a_j^2}{8} \right\}$$

$$M_{a3A} = \left( \frac{0,9}{n} \right) \times \sum_j \left\{ \beta m_j \times \beta r_j \times \frac{D_{Aj} \times L a_j^2}{8} \right\}$$

Avec :

$\beta r_j$  : coefficient dépendant du mode de ruine :

- ruine du profil : 1 ;

- ruine d'assemblage : 0,625.

## IV Interpolations et extrapolations

### IV.1 En termes de charge

Les valeurs de calcul sont extrapolables pour des charges inférieures à celles qui sont obtenues après exploitation des essais.

Pour des charges supérieures à celles obtenues après exploitation des essais et en l'absence d'essais complémentaires, les valeurs de calcul des moments de flexion sont extrapolables de manière inversement proportionnelle aux charges considérées.

### IV.2 En termes de portée

Les valeurs de calcul sont extrapolables pour des portées supérieures à celles de l'essai.

Pour des portées inférieures à celles de l'essai et en l'absence d'essais complémentaires, les valeurs de calcul des moments de flexion sont extrapolables de manière proportionnelle aux portées.

### IV.3 En termes d'épaisseur

Les valeurs de calcul sont interpolables par simple proportionnalité des épaisseurs nominales de l'essai.

Les valeurs de calcul sont extrapolables :

- pour les épaisseurs nominales supérieures, par simple proportionnalité du rapport des épaisseurs nominales ;
- pour les épaisseurs nominales inférieures, par simple proportionnalité des épaisseurs nominales, dans la limite d'un écart de 10 % et à condition que la limite d'élasticité minimale ( $f_ye$ ) de calcul soit accrue dans le même rapport, conformément aux principes du *paragraphe III.2.2*.

### IV.4 En termes de critère de flèche

Les moments d'inertie restent valables pour des critères de flèche plus sévères que les critères considérés aux essais.

### IV.5 En termes de largeur d'appui

Les valeurs de calcul restent valables pour des largeurs d'appui supérieures à celles de l'essai.

Les valeurs de calcul, sous l'effet des charges ascendantes, restent valables pour des largeurs d'appui inférieures à celles de l'essai.

Les valeurs de calcul, sous l'effet des charges descendantes :

- restent valables pour des largeurs d'appui inférieures à celles de l'essai tout en restant  $\geq 40$  mm, dans le cas de charpente en acier et de tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure (Ohn)  $\leq 70$  mm conformes à la norme NF DTU 43.3 ;
- ne sont pas extrapolables pour des largeurs d'appui inférieures à celles de l'essai dans les autres cas de charpentes ou dans le cas de tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure 70 mm  $<$  Ohn  $\leq 200$  mm, dites « à grande portée ».

## V Exploitations des essais - Principes de vérification des tôles d'acier nervurées

### V.1 Généralités

On trouvera ci-après de manière exhaustive les contrôles à mener pour la vérification des tôles d'acier nervurées. Les principaux symboles utilisés pour les charges sont donnés dans le *tableau 3.4* ci-dessous.

**Tableau 3.4 – Symboles et valeurs des charges**

Symbol	Signification	Valeurs proposées
Q	Charge concentrée	Tolérance normale sur épaisseur : 175 daN Tolérance décalée sur épaisseur : 160 daN
g	Poids propre des tôles	En daN/m <sup>2</sup> - masse × 0,98
p	Charges permanentes	En daN/m <sup>2</sup>
F	Charge linéaire de montage	200 daN/m
q	Charge répartie de montage	100 daN/m <sup>2</sup>
s	Charge d'exploitation descendante (aussi appelée surcharge)	En daN/m <sup>2</sup> , la plus élevée de : - la charge d'entretien - la charge de neige
d	Charge ascendante	En daN/m <sup>2</sup> - effets du vent normal

Les valeurs de calcul issues des essais, pour une épaisseur donnée, un type d'assemblage et une largeur d'appui, sont récapitulées dans le *tableau 3.5* ci-dessous.

**Tableau 3.5 – Rappel des valeurs de calcul issues des essais**

Type d'essai	Moment d'inertie	Moment en travée	Moment sur appui
Deux appuis charge concentrée	/	Mc	/
Deux appuis charges descendantes	I <sub>d2</sub>	M <sub>d2T</sub>	/
Trois appuis charges descendantes	I <sub>d3</sub>	M <sub>d3T</sub> <sup>(1)</sup>	M <sub>d3A</sub> <sup>(2)</sup>
Deux appuis charges ascendantes	I <sub>a2</sub> <sup>(3)</sup>	M <sub>a2T</sub>	/
Trois appuis charges ascendantes	I <sub>a3</sub> ou I <sub>a3g</sub>	M <sub>a3T</sub> <sup>(1)</sup>	M <sub>a3A</sub> <sup>(2)</sup>

1. Correspond à la ruine dans l'une des deux travées après plastification sur appui intermédiaire.  
 2. Correspond au critère de bifurcation des flèches résiduelles (tangentes à la courbe), cf. *paragraphe III.1.3.2*.  
 3. Facultatif dans le cas de tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure (Ohn) ≤ 70 mm conformes à la norme NF DTU 43.3.

Pour chaque profil, la fiche technique devra indiquer les éléments présentés par le tableau 3.6 ci-dessous.

**Tableau 3.6 – Présentation des valeurs de calcul pour chaque profil**

Valeurs de calcul valables pour le profil :						
Nuance d'acier :		Largeur d'appui mini (mm) :		Épaisseurs		
Tolérance sur épaisseur :		Plaquettes de répartition :		t1	t2	t3
Masse surfacique ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) :			m			
Action des charges descendantes	Moments d'inertie $\text{cm}^4/\text{ml}$	Travée simple	$I_{d2}$			
		Deux travées égales	$I_{d3}$			
		Continuité	$I_{dm}$			
	Moments de flexion daNm/ml	En travée	Système élastique	$M_{d2T}$		
			Système élasto-plastique	$M_{d3T}$		
		Sur appui		$M_{d3A}$		
Action des charges ascendantes	Moments d'inertie $\text{cm}^4/\text{ml}$	Sous charge concentrée	$Mc$			
		Travée simple	$I_{a2}^{(1)}$			
		Deux travées égales	$I_{a3}$ ou $I_{a3g}$			
		Continuité	$I_{am}^{(1)}$			
	Moments de flexion daNm/ml	En travée	Système élastique	$M_{a2T}$		
			Système élasto-plastique	$M_{a3T}$		
		Sur appui		$M_{a3A}$		

1. Facultatif dans le cas de tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure (Ohn)  $\leq 70 \text{ mm}$  conformes à la norme NF DTU 43.3.

## V.2 Travée simple

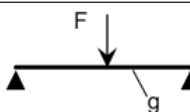
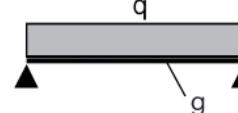
### V.2.1 Action des charges descendantes

#### V.2.1.1 Sécurité à la pose - Situation exceptionnelle

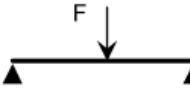
$$Q \times \frac{L}{4} \leq Mc$$

#### V.2.1.2 Intégrité - Sécurité au montage - Situation normale

a) Résistance

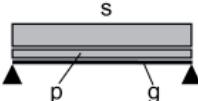
Cas de charge		Répartition élastique
	Moment en travée	$1,35 \times g \times \frac{L^2}{8} + 1,5 \times F \times \frac{L}{4} \leq M_{d2T}$
	Moment en travée	$\frac{L^2}{8} \times (1,35 \times g + 1,50 \times q) \leq M_{d2T}$

b) Flexibilité

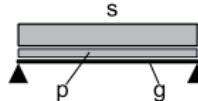
Cas de charge		
	Flèche à mi-travée	$\frac{(F \times L^3)}{(48 \times E \times I_{d2})} \leq \frac{L}{150}$
	Flèche à mi-travée	$\frac{q \times L^4}{(77 \times E \times I_{d2})} \leq \frac{L}{150}$

### V.2.1.3 Situation d'exploitation normale

a) Résistance

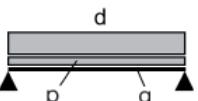
Cas de charge	Répartition élastique
	Moment en travée $\frac{L^2}{8} \times \{ 1,35 \times (g + p) + 1,50 \times s \} \leq M_{d2T}$

b) Flexibilité

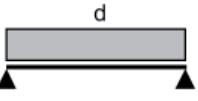
Cas de charge		
	Ensemble des charges	$\frac{(g + p + s) \times L^4}{(77 \times E \times I_{d2})} \leq \frac{L}{200}$
	Charge d'exploitation seule	$\frac{s \times L^4}{(77 \times E \times I_{d2})} \leq \frac{L}{250}$ <sup>(1)</sup>
1. Critère de flèche :		
si $L \leq 5 \text{ m}$ $\rightarrow L / 250$ si $5 < L \leq 6 \text{ m}$ $\rightarrow 0,02 \text{ m}$ si $L > 6 \text{ m}$ $\rightarrow L / 300$		

### V.2.2 Action des charges ascendantes - Situation d'exploitation normale

a) Résistance

Cas de charge	Répartition élastique
	Moment en travée $\frac{L^2}{8} \times \{ 1,75 \times d - (g + p) \} \leq M_{a2T}$

b) Flexibilité, pour les tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure  $70 \text{ mm} < \text{Ohn} \leq 200 \text{ mm}$  dites « à grande portée »

Cas de charge	
	Charge de vent seul $d \times \frac{L^4}{(77 \times E \times I_{a2})} \leq \frac{L}{180}$

## V.3 Travées multiples

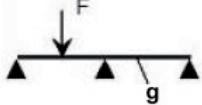
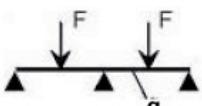
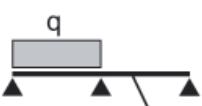
### V.3.1 Action des charges descendantes

#### V.3.1.1 Sécurité à la pose - Situation exceptionnelle

$$Q \times \frac{L}{4} \leq M_c$$

#### V.3.1.2 Intégrité - Sécurité au montage - Situation normale

a) Résistance<sup>(1)</sup>

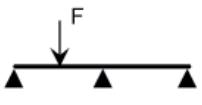
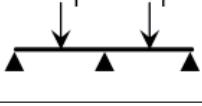
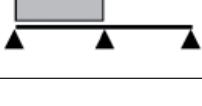
Cas de charge	Répartition élastique <sup>(2)</sup>		Répartition élasto-plastique <sup>(3)</sup>
	Moment en travée	$1,35 \times 0,07 \times g \times L^2 + 1,5 \times 0,203 \times F \times L \leq M_{d2T}$	
	Moment sur appui	$1,35 \times g \times \frac{L^2}{8} + 1,5 \times 0,094 \times F \times L \leq M_{d3A}$	
	Moment en travée	$1,35 \times 0,07 \times g \times L^2 + 1,5 \times 0,156 \times F \times L \leq M_{d2T}$	$1,35 \times g \times \frac{L^2}{8} + 1,5 \times F \times \frac{L}{4} \leq M_{d3T}$
	Moment sur appui	$1,35 \times g \times \frac{L^2}{8} + 1,5 \times 0,188 \times F \times L \leq M_{d3A}$	$1,2 \times g \times \frac{L^2}{8} + 1,2 \times 0,188 \times F \times L \leq M_{d3A}$
	Moment en travée	$1,35 \times 0,07 \times g \times L^2 + 1,5 \times 0,096 \times q \times L^2 \leq M_{d2T}$	
	Moment sur appui	$1,35 \times g \times \frac{L^2}{8} + 1,5 \times q \times \frac{L^2}{16} \leq M_{d3A}$	
	Moment en travée	$1,35 \times 0,07 \times g \times L^2 + 1,5 \times 0,07 \times q \times L^2 \leq M_{d2T}$	$1,35 \times g \times \frac{L^2}{8} + 1,5 \times q \times \frac{L^2}{8} \leq M_{d3T}$
	Moment sur appui	$1,35 \times g \times \frac{L^2}{8} + 1,5 \times q \times \frac{L^2}{8} \leq M_{d3A}$	$1,2 \times g \times \frac{L^2}{8} + 1,2 \times q \times \frac{L^2}{8} \leq M_{d3A}$

1. La résistance doit être vérifiée pour l'un ou l'autre des deux cas de répartition. Le cas le moins sévère peut être retenu.

2. En répartition élastique des moments de flexion et efforts tranchants, la ruine sur appui doit être évitée (pondération 1,35 et 1,5).

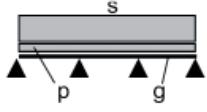
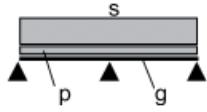
3. En répartition élasto-plastique des moments de flexion et efforts tranchants, on autorise une certaine plastification sur appui. Elle sera limitée ainsi que les déformations résiduelles, par la prise en compte d'un coefficient de pondération réduit (1,2).

b) Flexibilité

Cas de charge		
	Flèche à mi-travée	$\frac{F \times L^3}{(67 \times E \times I_{dm})} \leq \frac{L}{150}$
	Flèche à mi-travée	$\frac{F \times L^3}{(110 \times E \times I_{d3})} \leq \frac{L}{150}$
	Flèche à mi-travée	$\frac{q \times L^4}{(110 \times E \times I_{dm})} \leq \frac{L}{150}$
	Flèche à mi-travée	$\frac{q \times L^4}{(192 \times E \times I_{d3})} \leq \frac{L}{150}$

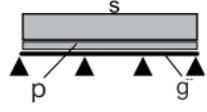
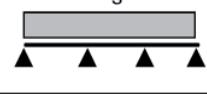
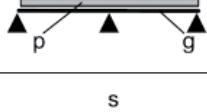
### V.3.1.3 Situation d'exploitation normale

#### a) Résistance <sup>(1)</sup>

Cas de charge	Répartition élastique <sup>(2)</sup>	Répartition élasto-plastique <sup>(3)</sup>
	Moment en travée	$0,08 \times L^2 \times \{1,50 \times s + 1,35 \times (g + p)\} \leq M_{d2T}$
	Moment sur appui	$\frac{L^2}{8} \times \{1,50 \times s + 1,35 \times (g + p)\} \leq M_{d3T}$
	Moment en travée	$0,07 \times L^2 \times \{1,50 \times s + 1,35 \times (g + p)\} \leq M_{d2T}$
	Moment sur appui	$\frac{L^2}{8} \times \{1,50 \times s + 1,35 \times (g + p)\} \leq M_{d3A}$

1. La résistance doit être vérifiée pour l'un ou l'autre des deux cas de répartition. Le cas le moins sévère peut être retenu.  
 2. En répartition élastique des moments de flexion et efforts tranchants, la ruine sur appui doit être évitée (pondération 1,35 et 1,5).  
 3. En répartition élasto-plastique des moments de flexion et efforts tranchants, on autorise une certaine plastification sur appui. Elle sera limitée ainsi que les déformations résiduelles, par la prise en compte d'un coefficient de pondération réduit (1,2).

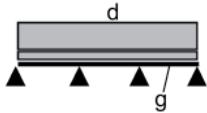
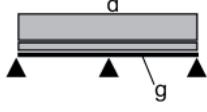
#### b) Flexibilité

Cas de charge		
	Ensemble des charges	$\frac{(g+p+s) \times L^4}{(148 \times E \times I_{dm})} \leq \frac{L}{200}$
	Charge d'exploitation seule	$\frac{s \times L^4}{(148 \times E \times I_{dm})} \leq \frac{L}{250} \quad ^{(1)}$
	Ensemble des charges	$\frac{(g+p+s) \times L^4}{(192 \times E \times I_{d3})} \leq \frac{L}{200}$
	Charge d'exploitation seule	$\frac{s \times L^4}{(192 \times E \times I_{d3})} \leq \frac{L}{250} \quad ^{(1)}$

1. Critère de flèche :  
 si  $L \leq 5 \text{ m}$   $\rightarrow L / 250$   
 si  $5 < L \leq 6 \text{ m}$   $\rightarrow 0,02 \text{ m}$   
 si  $L > 6 \text{ m}$   $\rightarrow L / 300$

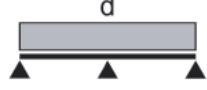
### V.3.2 Action des charges ascendantes - Situation d'exploitation normale

a) Résistance<sup>(1)</sup>

Cas de charge		Répartition élastique <sup>(2)</sup>	Répartition élasto-plastique <sup>(3)</sup>
	Moment en travée	$0,08 \times L^2 \times \{1,75 \times d - (g + p)\} \leq M_{a2T}$	$\frac{L^2}{8} \times \{1,75 \times d - (g + p)\} \leq M_{a3T}$
	Moment sur appui	$0,107 \times L^2 \times \{1,75 \times d - (g + p)\} \leq M_{a3A}$	$0,107 \times L^2 \times \{1,20 \times d - (g + p)\} \leq M_{a3A}$
	Moment en travée	$0,07 \times L^2 \times \{1,75 \times d - (g + p)\} \leq M_{a2T}$	$\frac{L^2}{8} \times \{1,75 \times d - (g + p)\} \leq M_{a3T}$
	Moment sur appui	$\frac{L^2}{8} \times \{1,75 \times d - (g + p)\} \leq M_{a3A}$	$\frac{L^2}{8} \times \{1,20 \times d - (g + p)\} \leq M_{a3A}$

1. La résistance doit être vérifiée pour l'un ou l'autre des deux cas de répartition. Le cas le moins sévère peut être retenu.  
 2. En répartition élastique des moments de flexion et efforts tranchants, la ruine sur appui doit être évitée (pondération 1,35 et 1,5).  
 3. En répartition élasto-plastique des moments de flexion et efforts tranchants, on autorise une certaine plastification sur appui. Elle sera limitée ainsi que les déformations résiduelles, par la prise en compte d'un coefficient de pondération réduit (1,2).

b) Flexibilité, pour les tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure  $70 \text{ mm} < \text{Ohn} \leq 200 \text{ mm}$  dites « à grande portée »

Cas de charge		
	Charge de vent seul	$\frac{d \times L^4}{(148 \times E \times I_{am})} \leq \frac{L}{180}$
	Charge de vent seul	$\frac{d \times L^4}{(192 \times E \times I_{a3})} \leq \frac{L}{180}$

## VI Présentation des résultats

La présentation des résultats, pour chaque profil, comporte au moins les éléments suivants :

- les valeurs de calcul rappelées dans le *tableau 3.6* ;
- la conformité des méthodes de détermination des valeurs de calculs et de vérification des tôles d'acier nervurées à la présente annexe ;
- les tableaux de charges tels que présentés par les *tableaux 3.7 et 3.8*.

Les portées sous charges ascendantes seront limitées aux portées maximales autorisées lors de la phase de montage.

Le système travées multiples correspond à la plus faible portée d'utilisation entre une pose trois appuis ou quatre appuis en travées égales. Le fabricant peut, s'il le souhaite, détailler la pose sur trois appuis.

Les valeurs indiquées dans les colonnes « travées multiples » sont considérées valables en cas d'écart entre portées adjacentes ne dépassant pas 20 %. Lorsque l'écart entre portées adjacentes est supérieur à 20 %, la vérification des tôles d'acier nervurées sera adaptée au cas de pose envisagé, tout en conservant les valeurs de calcul inchangées.

Le fabricant est autorisé à adopter une présentation différente et à compléter les informations.

**Tableau 3.7 – Présentation des résultats sous charges descendantes**

			Portées maximales d'utilisation du profil					
Travée simple			Charges descendantes			Travées multiples		
t1	t2	t3	Charges d'exploitation (daN/m <sup>2</sup> )	Charges permanentes (daN/m <sup>2</sup> )		t1	t2	t3
			100	10				
				20				
				25				
				100				
			110	10				
				20				
				25				
				100				
			125	10				
				25				
				10				
				25				
			150	120				
				10				
				25				
				10				
			175	25				
				10				
				25				
				10				
			200	25				
				10				

**Tableau 3.8 – Présentation des résultats sous charges ascendantes**

Travée simple			Portées maximales d'utilisation du profil				
			Charges ascendantes		Travées multiples		
t1	t2	t3	Charge de vent normal (daN/m <sup>2</sup> )	Charges permanentes (daN/m <sup>2</sup> )	t1	t2	t3
			50	10			
				25			
			75	10			
				25			
			100	10			
				25			
			125	10			
				25			
			150	10			
				25			
				50			
			175	10			
				25			
				50			
			200	10			
				25			
				50			
			225	10			
				25			
				50			
			250	10			
				25			
				50			
			275	10			
				25			
				50			
			300	10			
				25			
				50			
			325	10			
				25			
				50			





**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)

