

ANNEXE n°1 : Dispositions constructives pour les nouveaux projets pour faire face à un effet de surpression (extrait du guide PPRT « complément technique relatif à l'effet de surpression » élaboré par le CSTB)

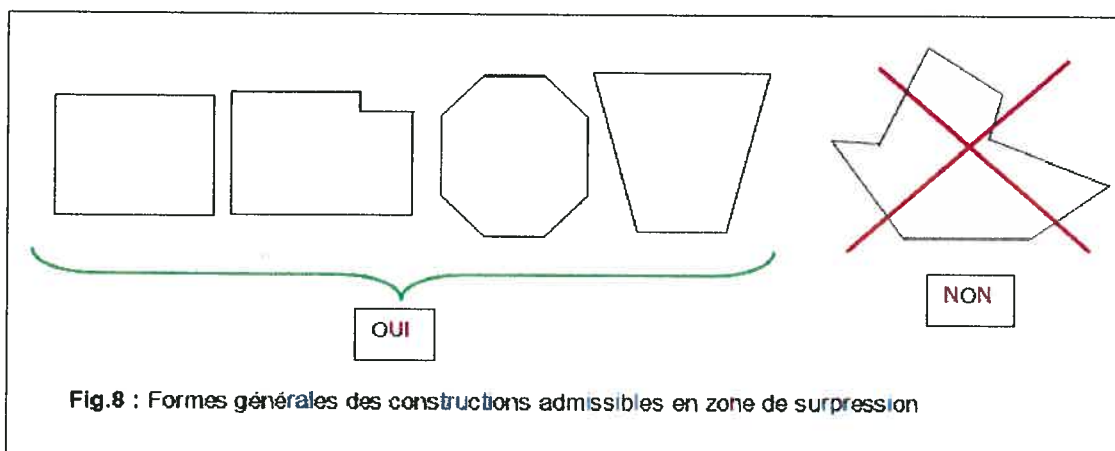
Les dispositions qui suivent présentent une certaine similitude avec celles qui prévalent en construction parasismique. Ceci est dû au fait que, dans le cas de la surpression comme dans celui du séisme, les caractéristiques dynamiques sont mises à contribution et il est important de ne pas avoir des irrégularités trop prononcées, de manière à ne pas exciter des modes de déformations conduisant à des sollicitations ayant des formes trop différentes de celles constatées en service. On recherche donc, dans ces dispositions, à avoir des constructions dont les masses et les raideurs sont les mieux réparties possible, en modérant les excentrement et déséquilibres potentiels. Ceci permet d'obtenir des réponses dynamiques conduisant à des sollicitations bien réparties dans les éléments structuraux.

Notons que la similitude surpression/séisme s'arrête là. Il serait illusoire de rechercher par exemple à améliorer la ductilité des constructions dans le cas des surpressions, puisqu'il s'agit d'actions en forces imposées, sans modulation par plastification et perte de raideur comme c'est le cas pour le séisme (déplacements imposés).

1. Formes générales et dispositions des constructions.

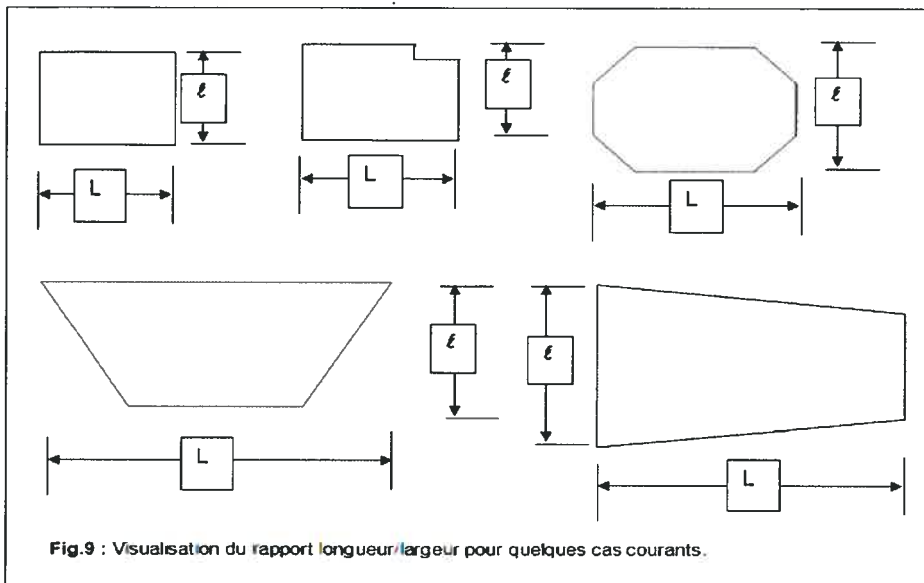
1.1. Régularité en plan

Les constructions susceptibles d'être soumises à un effet de surpression doivent être de forme simple et compacte, sans angles saillants ni retraits importants (fig.8).



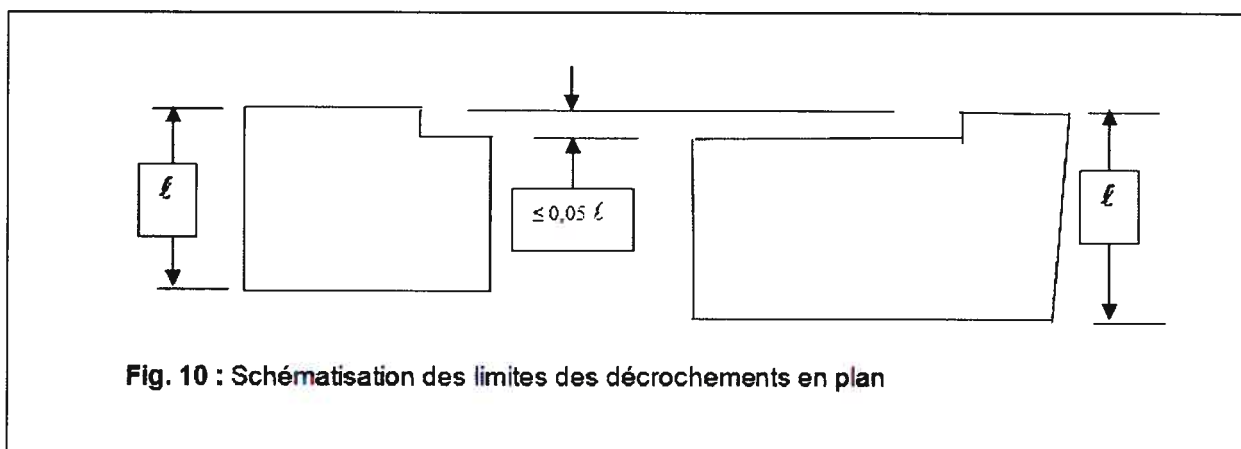
1.2. Rapport des dimensions

En plan, le rapport L/ℓ (longueur/largeur) doit être **inférieur à 1,5** (fig.9):



1.3. Décrochements

Les décrochements en plan ne doivent pas dépasser de plus de **5%** de la dimension qui leur est parallèle (fig.10) :



1.4. Distribution des raideurs en plan

Les éléments raides (cages d'escaliers, murs d'échiffres) doivent être disposés de la manière la plus symétrique possible par rapport au centre de la construction. À titre d'ordre de grandeur, on peut retenir comme admissible une conception telle que l'excentrement

entre le centre de torsion et le centre des masses, pour chaque étage, **n'excède pas 5% de la plus grande dimension en plan du bâtiment.**

1.5. Ancrage des fondations

Dans le cas de fondations superficielles, celles-ci sont encastrées d'au minimum 50 cm dans le sol d'assise.

1.6. Rigidification de l'infrastructure

Un réseau de longrine doit rigidifier l'ensemble des semelles de fondations, **dans les deux directions principales** de la construction (fig.11).

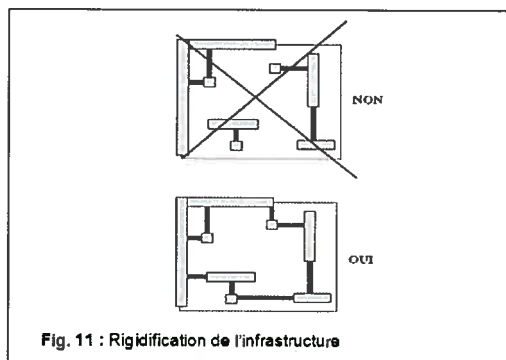


Fig. 11 : Rigidification de l'infrastructure

1.7. Conception des dallages sur terre-plein

Dans le cas d'un dallage sur terre-plein, il convient de retenir la solution dallage solidaire de manière à rigidifier l'infrastructure.

1.8. Angle des toitures

L'angle des toitures avec l'horizontale ne doit pas excéder 25°.

2. Dispositions relatives au contreventement vertical.

La conception des ouvrages doit être telle que les structures puissent assurer un contreventement (résistance aux actions latérales dans toutes les directions) défini de la manière suivante :

2.1. Constitution des éléments de contreventement

Les éléments de contreventement sont constitués exclusivement par les éléments suivants (plusieurs types peuvent être associés dans un même ouvrage, à condition de respecter la condition 5.1.4 ci-dessus, sur l'excentrement entre le centre de torsion et le centre des masses) :

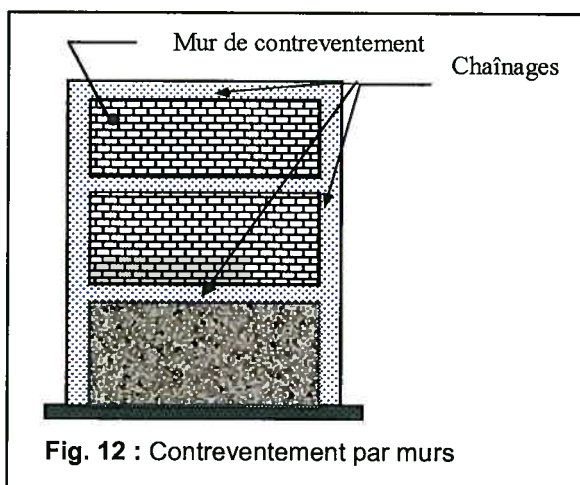
- Voiles en béton armé,
- Murs en maçonnerie chaînée,
- Portiques autostables en béton armé,
- Palées de stabilité en acier.

2.2. Objectif de stabilité

La construction doit contenir au moins deux plans de stabilité distincts dans chacune de ses deux directions principales. La distance entre les deux plans extrêmes, dans une direction donnée, ne doit pas être inférieure à 0,7 fois la dimension du bâtiment, dans la direction considérée. De plus, la résistance des éléments de contreventement doit être telle que la fonction de portage des parties verticales (murs, poteaux ou montants) soient assurée lors de l'application de la surpression.

2.3. Chaînage des murs de contreventement

Dans le cas où le contreventement vertical est assuré par des murs, ceux-ci doivent comporter un chaînage périphérique formant ceinture à chaque étage (fig.12).



2.4. Principe de dimensionnement du contreventement

Les actions à prendre en compte pour le dimensionnement du contreventement consistent en des pressions appliquées de manière statique sur les parois verticales extérieures des ouvrages. Ces pressions de calcul statique équivalent sont obtenues en multipliant les pressions pondérées appliquées sur les différentes faces du bâtiment (cf. § 2.2.4) par un coefficient dont le mode de calcul est donné en annexe A.

Pour le dimensionnement proprement dit, les actions liées à la surpression sont considérées comme des actions **accidentelles** et traitées comme telles dans les combinaisons d'action utilisées pour les calculs de dimensionnement.

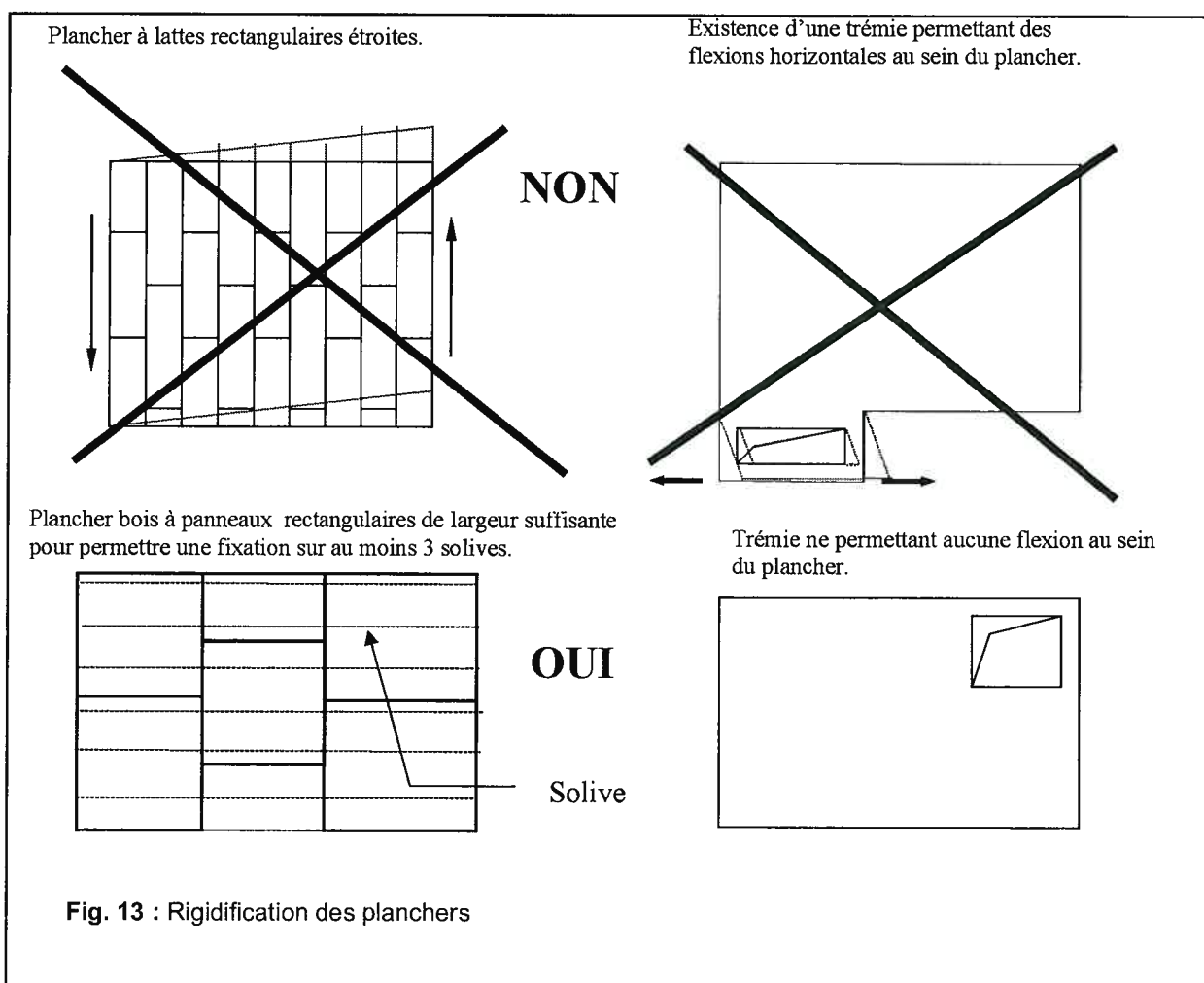
3. Dispositions relatives au contreventement horizontal.

3.1. Conception des planchers

Tous les planchers doivent être suffisamment résistants vis-à-vis des sollicitations horizontales dans leur plan : leur conception doit rendre impossible la mise en parallélogramme et assurer la répartition convenable des charges dues à la surpression sur les pans de stabilité. Les planchers respectant cette prescription peuvent être des dalles en béton, nervurées ou non, ou des platelages en bois indéformables, dans lesquels les

trémies d'escalier sont disposées de telle sorte que les parties restantes ne puissent se déformer par flexion horizontale. Les planchers ne doivent comporter aucune ouverture en dehors des trémies d'escalier, ces dernières devant être disposées de manière à ce que, dans les deux directions du bâtiment, la raideur horizontale de la partie restante de plancher soit suffisante pour garantir l'impossibilité de mise en parallélogramme de tout ou partie du plancher.

Par ailleurs, l'analyse des réponses de bâtiments soumis à des effets de surpression montre que certains modes locaux de vibration peuvent être excités lors de l'application de l'action considérée, même si ces modes ne constituent pas le mode fondamental pour la structure entière. Le cas le plus critique est celui des faces extérieures perpendiculaires au front d'onde sur lesquelles la pression appliquée n'atteint pas sa valeur maximale en tous points au même moment. Le mode excité, dans ce cas précis, est un mode dit « de respiration », conduisant à des sollicitations de traction et/ou de compression dans les planchers¹. Dans notre cas, ce problème peut être résolu en veillant à ce que tous les planchers soient conçus de manière à équilibrer une traction valant **100 KN/ml**.



¹ Ce phénomène est appréhendé dans l'approche parasismique des constructions lorsque l'on requiert une fonction dite « tirant-buton » du plancher.

3.2. Chaînages des planchers

Des chaînages horizontaux doivent être prévus à toutes les jonctions entre éléments de planchers et éléments plans verticaux.

4. Dispositions relatives aux éléments constructifs autres que le contreventement.

4.1. Charpentes supports de couvertures

Norme P21-101 (juillet 1990) : Éléments industrialisés de charpente en bois - Spécifications (Indice de classement : P21-101)

Les charpentes support de couvertures doivent être liaisonnées au gros-œuvre de manière à équilibrer les charges de soulèvement dues à la surpression. Les ancrages utilisés doivent être dimensionnés pour une valeur de l'effort d'arrachement calculée au projet, majorée de 10% ($\text{Capacité} = 1,10 \times \text{Force d'arrachement}$).

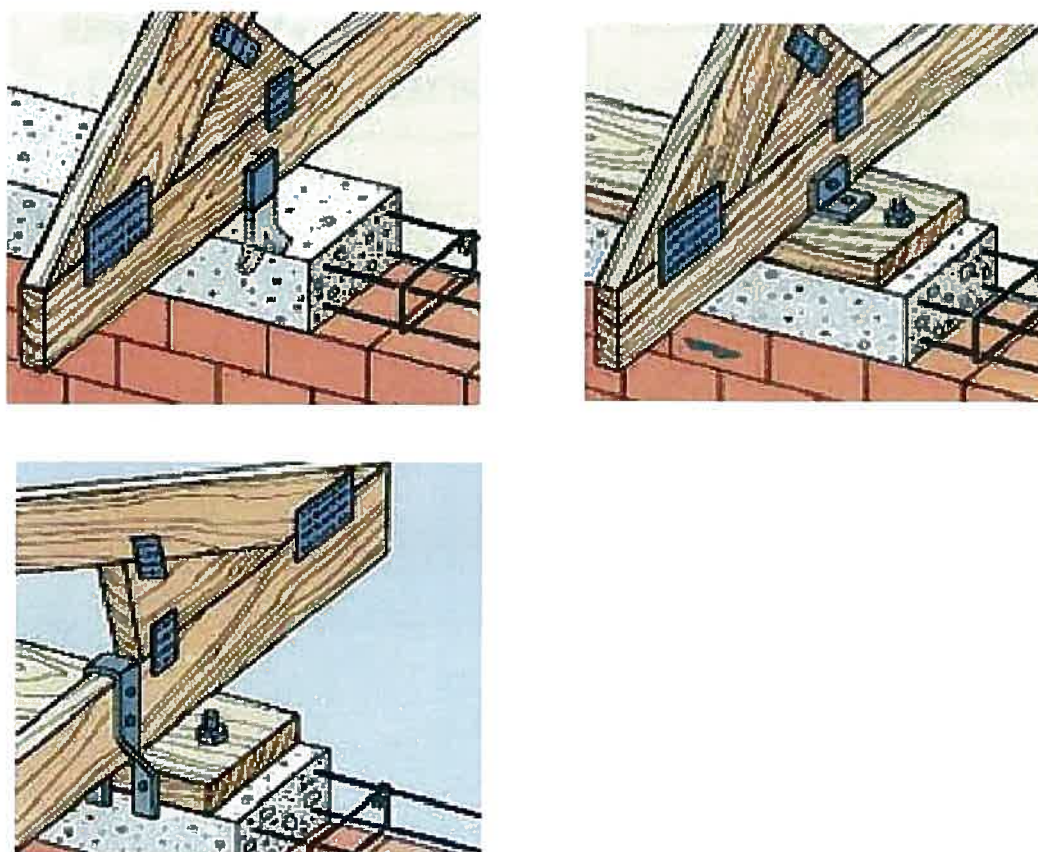


Fig. 14 : Exemples de fixations de support de couverture (ici des fermettes en bois) au gros-œuvre.

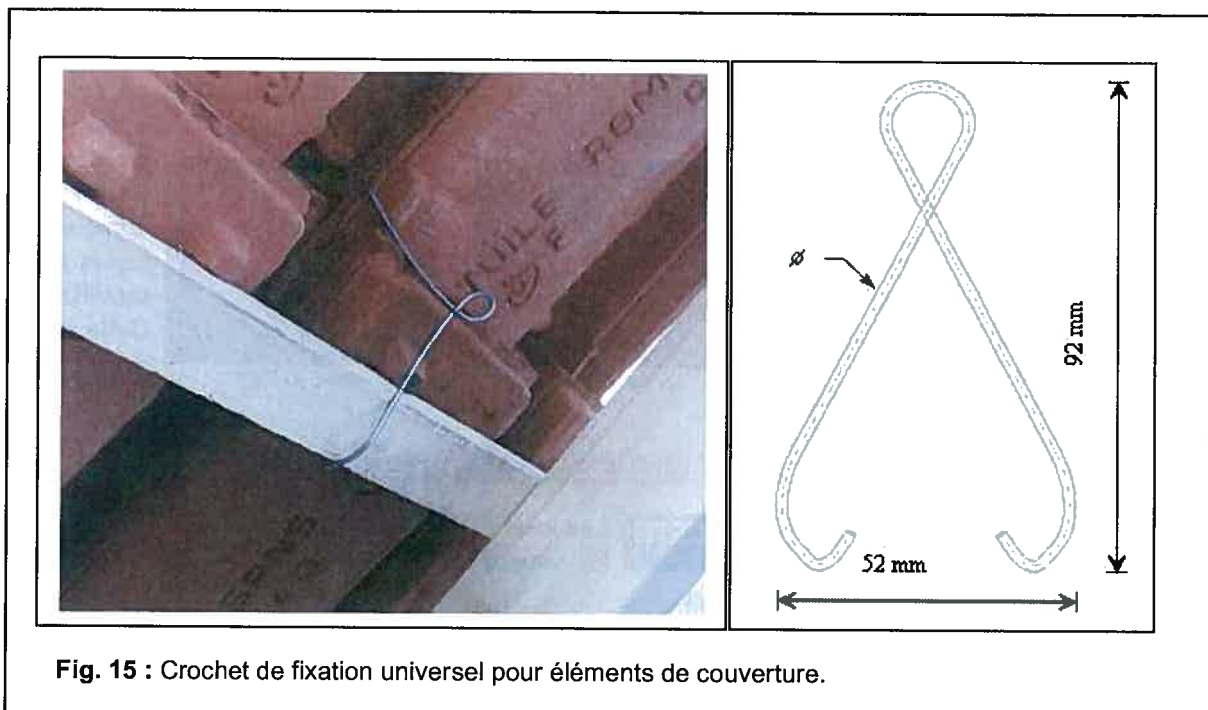
4.2. Couverture en petits éléments

Norme NF P31-301 (juillet 1985) : Tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement (Indice de classement : P31-301).

Norme NF P31-305 (juillet 1985) : Tuiles canal de terre cuite (Indice de classement : P31-305).

Les éléments de couverture doivent être fixés aux composants qui les supportent (chevrons, pannes, etc.). En pratique, tous les procédés de couvertures peuvent être fixés moyennant des dispositifs qui leur sont spécialement dédiés. A titre d'exemple, nous

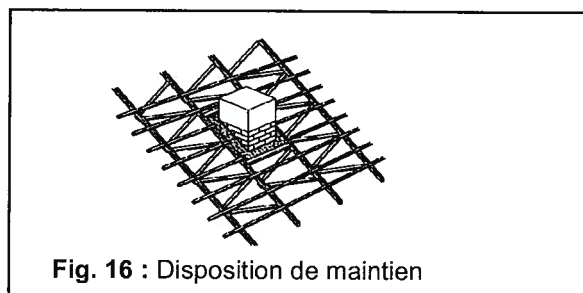
pouvons citer explicitement le cas des tuiles à emboîtement qui représentent 80% de la part de marché des couvertures en tuiles. Pour simplifier le choix de l'accessoire de fixation à utiliser, il existe un système de fixation pouvant être mis en œuvre sur tous les types de tuiles à emboîtement :



4.3. Cheminées

NF EN 13084-1 (avril 2001) : Cheminées auto-portantes - Partie 1 : Exigences générales (2ème tirage avril 2005) (Index de classement : P51-501)

Pour ce qui concerne les cheminées, les conduits maçonnés en petits éléments doivent comporter des appuis horizontaux à toutes les hauteurs d'étages ou tous les 2,5 m de hauteur. Ces appuis sont réalisés soit par la traversée de plancher, soit par des brides de fixation positionnées sur un mur de refend ou de pignon. Un dernier appui horizontal se fait au droit de la jonction entre la couverture et de la charpente. Afin d'éviter un cisaillement engendré par le déplacement de la couverture lors de son rôle de contreventement de la charpente, il faut positionner des éléments contreventement sur le pourtour du conduit, immédiatement à son contact.



4.4. Menuiseries

Norme NF P24-301 (août 1980) : *Spécifications techniques des fenêtres, portes-fenêtres et châssis fixes métalliques*
(Indice de classement : P24-301)

Pour ce qui concerne les châssis menuisés, le critère de rigidité est très important, l'analyse des résultats de nombreux essais et l'examen de sinistres, effectués par le CSTB, a montré que :

- pour le cas des fenêtres en bois, une déformation importante de la menuiserie liée à des faibles sections de bois (vitrage simple), conduit à l'échappement du pêne, une ouverture des ouvrants et le bris des vitrages.
- pour le cas des fenêtres en aluminium (grandes dimensions, en simple vitrage et faibles inerties), des déformations importantes ont été constatées, mais sans échappement, du fait de la raideur plus faible et, donc, de la plus grande capacité à se déformer.

En conséquence, on peut légitimement, pour tous les châssis menuisés, retenir une approche par spectre de dimensionnement comme cela est fait pour les structures, c'est-à-dire que la charge statique de dimensionnement que l'on prend en compte sera la pression pondérée appliquée sur la façade ou pignon considéré, multipliée par le coefficient donné dans le tableau 3 (cf. 4.2.4).

Les garnitures d'étanchéité entre ouvrant et dormant, qui assurent la séparation entre les ambiances intérieure et extérieure, doivent être installées dans un même plan sur toute la périphérie. Les profilés doivent pouvoir être remplacés, être étanches au vent, à l'eau et être bloqués pour éviter tout déplacement.

La qualité des fixations de la quincaillerie liant le vantail au dormant doit être suffisante vis-à-vis des effets de surpression. Les types de fenêtres sollicitant le plus les quincailleries pour ce type de sollicitation et donc leur support, sont celles à vantaux pivotant autour d'une de leurs rives (fenêtres à 2 vantaux à la française ou à l'anglaise) et avec ancrage haut et bas au battement.

4.5. Vitrages

Norme NF DTU 39 P1-1 (octobre 2006) : *Travaux de bâtiment - Travaux de vitrerie-miroiterie - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques* (Indice de classement : P78-201-1-1)

Pour ce qui concerne les vitrages, on se limitera à l'utilisation de verre trempé ou de verre durci, dont la fragmentation en cas de rupture se fait en petits éléments et, donc, présente un risque moindre pour les personnes. L'utilisation de doubles-vitrages (ou, mieux, de doubles-fenêtres) est fortement recommandée.

Il est également possible d'avoir recours à des **films de sécurité appliqués sur la surface intérieure de la vitre** afin de retenir les morceaux de verre. Des essais ont été réalisés sur des films de sécurité, ils se sont avérés efficaces pour réduire les risques.

De plus, sur un plan économique, il peut être utile de dimensionner les vitrages afin de prévoir le risque de rupture en cas de surpression modérée. Ceci peut se révéler particulièrement intéressant dans le cas d'aléas combinés surpression-toxique, en vue du choix de la méthode de confinement. On pourra se référer au besoin à la méthode décrite en annexe B, pour un tel dimensionnement.

4.6. Plafonds suspendus

NF P68-203-1 (DTU 58.1) (juillet 1993) : Plafonds suspendus - Travaux de mise en œuvre - Partie 1 : Cahier des clauses techniques (Indice de classement : P68-203-1)

La pratique habituelle consistant à poser des panneaux sur une ossature horizontale fixée par suspentes, sans fixations mécaniques entre panneaux et supports, ne permet pas d'empêcher le soulèvement des panneaux en cas de surpression intérieure. Ce soulèvement est susceptible de s'accompagner d'un mouvement latéral puis de la chute de panneaux (ce phénomène a été observé dans plusieurs sinistres dus à une surpression accidentelle). En conséquence, il est fortement recommandé de liaisonner mécaniquement les panneaux à l'ossature-support, dans le cas où une action de surpression est possible.

5. Éléments de surcoût pour le bâti neuf

Toutes les dispositions vues dans ce qui précède vont conduire évidemment à un surenchérissement du coût de l'ouvrage projeté. Toutefois, le surcoût induit par ces dispositions complémentaires peut être minimisé si les options sont prévues en amont du projet.

A titre d'ordre de grandeur, le tableau 4 ci-après fournit, en pourcentage du coût total de la construction hors-zone d'aléa de surpression, les surcoûts attendus, en fonction de la zone d'aléa et du type d'ouvrage. Ces chiffres :

- prennent en compte le fait que les dispositions ne visent que les composants de gros-œuvre, couvertures et menuiseries, qui constituent globalement 50 à 60 % du coût total d'un bâtiment,
- supposent que la conception générale (symétrie des raideurs, formes compactes, etc.) respecte les dispositions générales données dans ce qui précède.

Zone d'aléa \ Type de construction	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
F+	30,0 %	25,0 %	23,0 %	20,0 %
F	20,0 %	18,0 %	16,0 %	15,0 %
M+	15,0 %	12,0 %	10,0 %	10,0 %
M	10,0 %	9,0 %	9,0 %	8,0 %
Fai	5,0 %	4,0 %	3,0 %	3,0 %

Tab. 4 – Ordre de grandeur des surcoûts de construction pour le bâti neuf.

6. Récapitulatif : actions pratiques pour les préconisations en matière de bâti neuf

6.1. Cas des niveaux d'aléa « Fai » avec des pressions allant de 50 à 140 hPa.

Pour le cas des niveaux d'aléa « Fai » avec des pressions allant de 50 à 140 hPa, des dispositions simples visant **quinze critères**, pour chacun des quatre types recensés, permettent d'obtenir un comportement satisfaisant des bâtiments. Les dispositions en question sont listées dans le tableau qui suit, et sont déclinées en fonction du type de bâtiment. Les dispositions indiquées renvoient le cas échéant aux différents paragraphes explicatifs du présent document :

N°	Critère de conception	Bâtiment du type 1	Bâtiment du type 2	Bâtiment du type 3	Bâtiment du type 4
1	Régularité en plan (§ 5.1.1)	Forme compacte sans angles saillants (voir schémas 5.1.1)	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
2	Rapport des dimensions (§ 5.1.2)	Valeur limite de $L/l = 1,5$	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
3	Décrochements (§ 5.1.3)	Valeur maximale = 5% de la dimension parallèle au décrochement	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
4	Distribution des raideurs en plan (§ 5.1.4)	Murs disposés approximativement symétriquement dans les deux directions (écart de symétrie inférieur à 5% vis-à-vis des dimensions).	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
5	Ancrage des fondations (§ 5.1.5)	Ancrage minimal de 50 cm dans le sol porteur.	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
6	Rigidification de l'infrastructure (§ 5.1.6)	Semelles de fondations liaisonnées dans les deux directions du bâtiment	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
7	Dallage sur terre-plein (§ 5.1.7)	Dallage de type solidaire (relié aux longrines et aux murs périphériques)	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
8	Inclinaisons des toitures (§ 5.1.8)	Angle maximal de la toiture = 25°	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
9	Contreventement vertical (§ 5.2)	Au minimum deux murs dans chacune des deux directions, espacés d'au moins 0,8 L (L = dimension du bâtiment perpendiculaire aux murs).	Contreventement par murs en béton ou maçonnerie chaînée, dans chacune des deux directions. Espacement maximal entre chaque mur = 4 m.	Contreventement par murs en béton ou maçonnerie chaînée, ou encore par portiques autostables, dans chacune des deux directions. Espacement maximal entre chaque plan de contreventement = 6 m	Contreventements par portiques, palées de stabilité ou refends en béton, dans les deux directions. Minimum : 2 plans de stabilité par direction, éloignés d'au moins 0,8 L (L = dimension du bâtiment perpendiculaire aux murs).
10	Planchers (§ 5.3.1)	Plancher béton ou bois avec liaisons sur les murs.	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
11	Charpentes de couvertures (§ 5.4.1)	Charpentes liaisonnées au gros-œuvre. Couverture liaisonnée à la charpente.	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
12	Cheminées (5.4.3)	Appuis horizontaux à tous les étages. Blocage sur charpente.	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
13	Menuiseries et bardages (§ 5.4.4)	Retenir menuiseries PVC ou aluminium. Dispositions de liaisons au gros-œuvre conformes aux règles habituelles.	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
14	Plafonds suspendus (§ 5.4.6)	Fixation mécanique à prévoir pour tous les panneaux (pose en suspente interdite).	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1
15	Vitrages (§ 5.4.5)	Survitrages, doubles fenêtres ou film de sécurité à retenir.	Idem type 1	Idem type 1	Idem type 1

Tab. 5 – Critères de préconisations pour le bâti neuf

6.2. Cas particulier des niveaux d'aléa « Fai » avec des pressions allant de 20 à 50 hPa (faibles pressions) appliquées sur les bâtiments de type 1.

Pour le cas des **faibles pressions** (niveaux d'aléa « Fai » avec des pressions allant de 20 à 50 hPa, sans condition sur le cumul des classes de probabilité d'occurrence), les bâtiments de type 1 (maison individuelle), construits de manière traditionnelle, sont réputés sécurisés sur le plan structural dès lors qu'ils respectent les critères 1, 9 et 15 du tableau ci-dessus, et c'est ce que démontrent les constats effectués après certains sinistres dûs à une surpression. L'expérience montre que pour ce type de bâtiments, dans la pratique, les critères 1 et 9 sont presque toujours respectés. Il restera alors à préconiser la sécurisation du vitrage, selon les méthodes données au § 5.4.5.

6.3. Cas des niveaux d'aléa supérieurs au niveau « Fai »

6.3.1. Principes

Pour les cas de niveaux d'aléas supérieurs au niveau « Fai », les préconisations doivent porter sur deux aspects :

- a. le respect des critères **1 à 8 et 10 à 15**
- b. la justification de la tenue du contreventement vertical (critère n°9) par le biais d'une **étude particulière**, en utilisant les principes décrits ci-dessous.

6.3.2. Modalités d'analyse du contreventement vertical

La justification de la tenue du contreventement est à effectuer classiquement, en considérant la surpression comme un ensemble d'actions horizontales appliquées statiquement sur les parois extérieures du bâtiment (ce type de calcul est identique à un calcul sous les effets du vent).

Les actions horizontales à prendre en compte se calculent conformément aux développements qui précèdent. La procédure est synthétisée ci-dessous :

1. La valeur de surpression en champs libre est donnée par l'étude de danger effectuée au préalable. Cette valeur correspond à la valeur P_{inc} (voir § 2.2.4 du présent document).
2. Calculer les pressions exercées sur les différentes parois du bâtiment en pondérant la valeur de P_{inc} par les coefficients donnés au tableau 3 (§ 2.2.4). Retenir les coefficients correspondant au cas de chargement n°1 en cas de détonation et ceux correspondant au cas n°2 en cas de déflagration.
3. Calculer la période fondamentale de vibration « T » du bâtiment (calcul modal), ou à défaut prendre les valeurs forfaitaires données au paragraphe 3.2 du présent document, selon le type du bâtiment (1 à 4).
4. Déterminer le coefficient d'amplification en fonction du rapport T/t_1 (t_1 : durée de la phase positive de l'action de surpression) à partir des courbes données à l'annexe A du présent document (utiliser les courbes du § 9 de cette annexe s'il s'agit d'une déflagration, et celles du § 10 s'il s'agit d'une détonation). Le tableau suivant fournit les

coefficients d'amplification enveloppes que l'on peut retenir en première approche, à défaut de les évaluer conformément à l'annexe A :

	Détonation			Déflagration			
	$t_i \leq 1 \text{ ms}$	$1 \text{ ms} < t_i \leq 10 \text{ ms}$	$10 \text{ ms} < t_i \leq 100 \text{ ms}$	$t_i \leq 10 \text{ ms}$	$10 \text{ ms} < t_i \leq 100 \text{ ms}$	$100 \text{ ms} < t_i \leq 1 \text{ s}$	$1 \text{ s} < t_i \leq 10 \text{ s}$
Type 1	0,10	0,60	1,70	1,00	3,20	3,20	1,40
Type 2	0,10	0,20	1,40	0,10	3,20	3,20	1,50
Type 3	0,10	0,10	0,50	0,10	0,50	3,20	3,20
Type 4	0,10	0,10	0,20	0,10	0,25	3,2	3,20

Tab. 6 – Coefficients enveloppes d'amplification des actions de surpression

Il convient de noter que, dans le cas où la valeur de t_i ne serait pas fournie par l'étude de danger, compte tenu de la forme des courbes donnant le coefficient d'amplification en fonction de T/t_i , il ne serait pas sécuritaire de retenir pour la valeur du coefficient une autre valeur que la valeur maximale de la courbe (soit 3,20 pour la déflagration et 2,00 pour la détonation).

- Effectuer un calcul du contreventement sous les actions des pressions finales obtenues sur chacune des faces du bâtiment. Les actions ainsi majorées sont prises en compte de manière statique pour le calcul (de la même manière que sont considérées les actions du vent).

ANNEXE n°2 : Recommandations pour le bâti existant pour faire face à un effet de surpression en zone bleue (b)

En cas d'accident, la surpression dans la zone d'aléa faible (Fai), donc dans les 4 zones bleues, est comprise entre 20 et 50 mbar, ce qui correspond à des impacts légers sur les biens (bris de vitres) et des blessures par effets indirects sur les personnes (blessures dues à des bris de vitres).

Dans ces zones, il est recommandé de mettre en oeuvre, pour les constructions habitées, des mesures de renforcement des structures des bâtiments telles que :

- le renforcement des vitrages (survitrages, vitrages feuilletés, doubles fenêtres ou film de sécurité);
- la mise en place de volets;
- le renforcement de l'ancrage des cadres des ouvertures extérieures;
- etc ...

Pour plus de détails, il pourra être utile de se reporter à l'annexe n°1 du présent règlement.