



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**

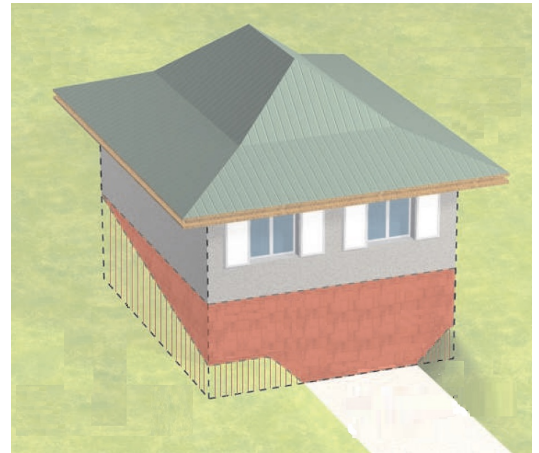
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Exemple d'application du guide de construction parasismique des maisons
individuelles – DHUP - CPMI EC8 – Zone 5

Exemple n°4 : Maison R+0 à ossature bois

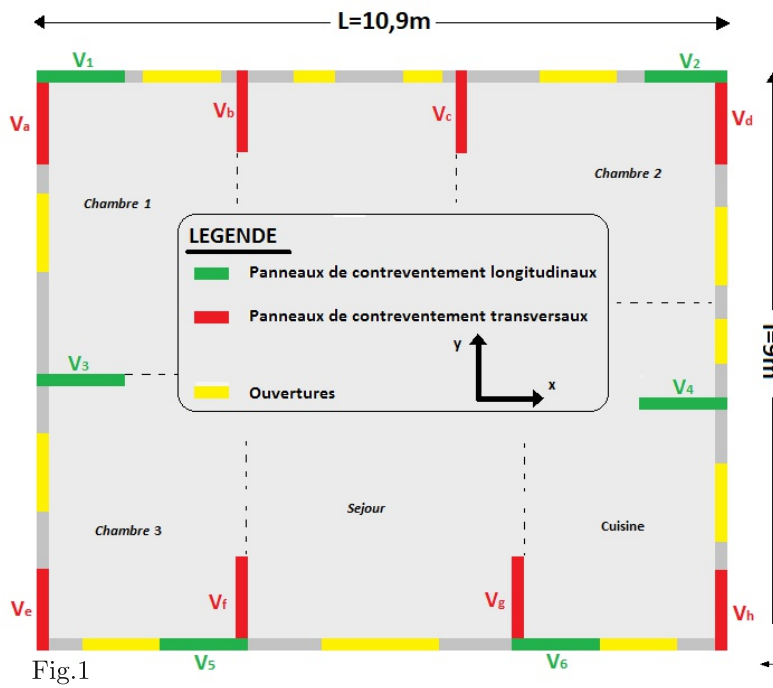
Zone de sismicité 5

Surface de plancher	:98,1 m ²
Pente du terrain	:15 %
Sol	:classe de sol C, catégorie 2
Fondations	:semelles filantes reliées
Hauteur niveau(RdC)	:2,80m
Contreventement	:palées de stabilité triangulées (PST_c)
Plancher rez de chaussée	:dalle en béton-armé
Sous-sol:	:voiles en béton banché
Toiture	:toiture légère

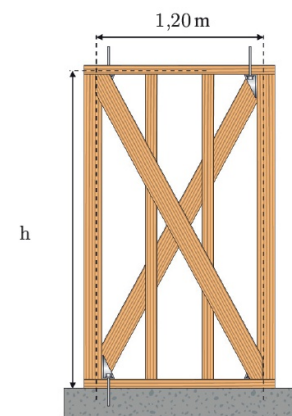


Conception générale

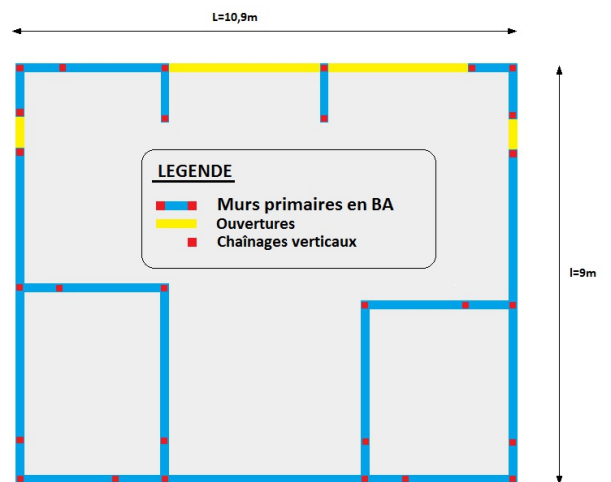
Les murs de contreventement (murs primaires) sont disposés dans les deux directions de la structure (Fig. 1 et 3)
 Panneaux de contreventement de longueur unique pour le rez-de-chaussée : 1,2 m. (Cf Fig.2)



Vue en plan du rez-de-chaussée



Les murs de contreventement du rez-de-chaussée se superposent avec les voiles BA du sous-sol.



Vue en plan du sous-sol

↙ Renvoi au paragraphe des guides CPMI-EC8

§1.1 - Surface au sol inférieure à 200 m² : 98,1m²

§1.2 - Maison individuelle à usage d'habitation. Le bâtiment est de catégorie d'importance II.

§1.3 - Charge d'exploitation uniforme ≤ 1,5 kN/m²

Charge d'exploitation ponctuelle ≤ 2 kN, charges permanentes ≤ 1,2 kN / m²

§1.4 - Le contreventement de la structure est assuré par des murs de type : **palée de stabilité triangulée avec diagonale travaillant en compression** (Cf. Fig 2). Ces panneaux de contreventement sont disposés dans des plans parallèles, selon les deux directions orthogonales de la construction.

§1.5 - La toiture est de type légère. (toiture pour laquelle la masse des composants de la charpente et de la toiture est inférieure à 70kg/m² y compris 10kg/m² d'équipements en toiture)

§1.6 - La construction à ossature bois doit comporter au maximum deux niveaux. Une vérification doit être effectuée conformément à l'article 1.6 du CPMI-EC8 Z5. Un sous-sol partiellement enterré est considéré comme un niveau dès lors que la surface en élévation des murs périphériques du sous-sol visible depuis l'extérieur dépasse 50% de la surface totale des murs périphériques du sous-sol. (Fig.5)

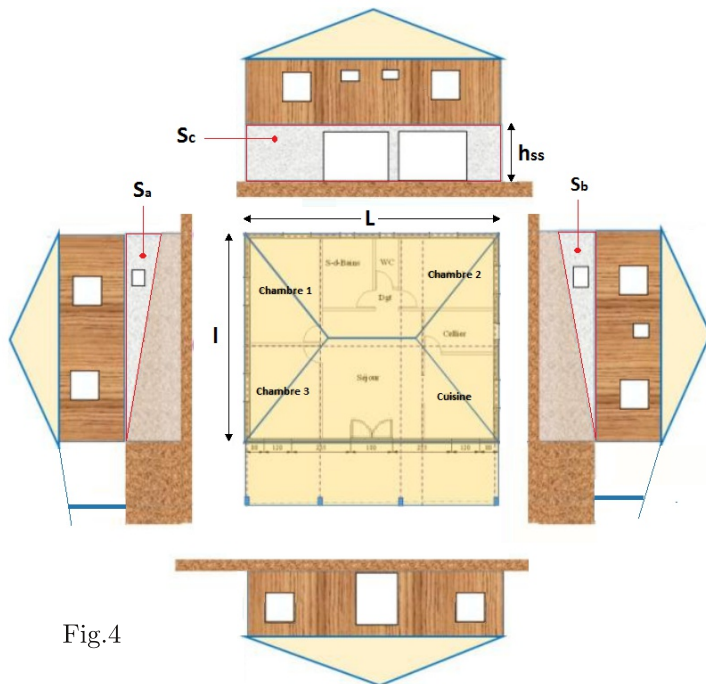


Fig.4

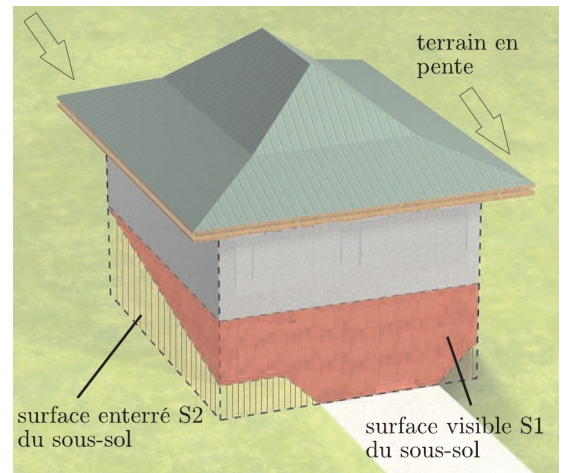


Fig.5

Calcul surface totale: S_T

$$S_T = 2 * (h_{ss} * L + h_{ss} * l)$$

$$S_T = 107,46 \text{ m}^2$$

Calcul surface visible du sous-sol: S_1

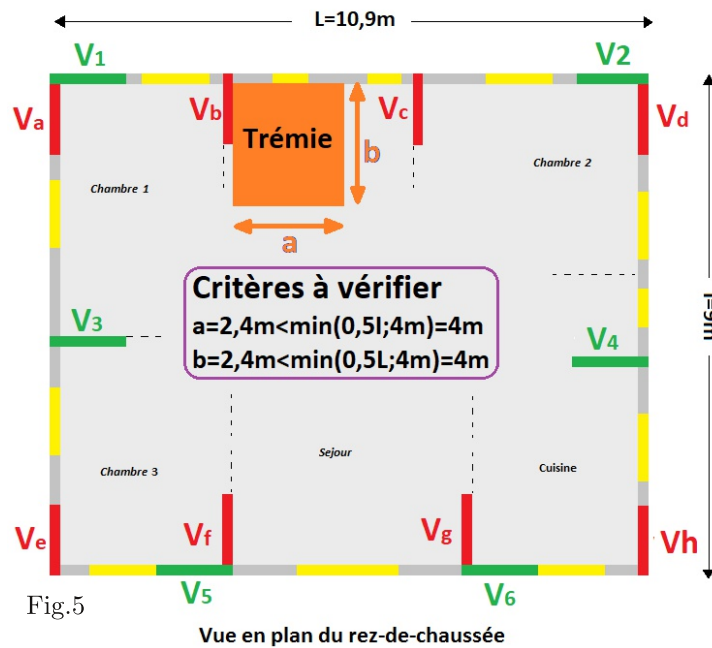
$$S_1 = S_a + S_b + S_c$$

$$S_1 = 44,73 \text{ m}^2$$

La surface visible du sous-sol (depuis l'extérieur) S_1 est inférieure à 50% de la surface totale (S_T) des murs périphériques du sous-sol. Par conséquent, le sous-sol n'est pas considéré comme un niveau.

§1.7 - La hauteur d'étage est inférieure à 3m (2,8m).

§1.8 - Conditions sur les planchers. La longueur (resp. la largeur) de la trémie doit être inférieure ou égale à la moitié de la longueur (resp. la largeur) du bâtiment sans être supérieure à 4 m.



Vérification de la trémie

Le critère sur la trémie est vérifié.

§1.9 - La pente du terrain est comprise entre 10 et 35%. Il est nécessaire de justifier de la stabilité de la pente par un bureau d'études spécialisé.

§2.3.1. Configuration en plan

Critère 1 - Elancement

$$l/L = 10,9/9 = 1,21 < 2,5$$

Le critère sur l'élanement vérifié.

Critère 2 - Compacité

La construction ne présente pas de retrait dans sa configuration en plan.

Critère 3 - Implantation des panneaux de contreventement

Au rez-de-chaussée: au moins deux panneaux parallèles par direction (6 panneaux dans le sens longitudinal sur 3 files différentes, 8 panneaux dans le sens transversal sur 4 files différentes).

Au sous-sol: Les panneaux de contreventement sont continus dans le plan vertical.

Critère 4 - Position des panneaux par rapport au périmètre du bâtiment

Au moins un élément de contreventement est présent sur chaque façade située sur le périmètre du bâtiment.

Critère 5 - Limitation de l'effet de torsion

L_{vi} : longueur en mètre du panneau de contreventement V_i

Le critère est à vérifier sur les deux niveaux (rez-de-chaussée et sous-sol)

Limitation de l'effet de torsion au rez-de-chaussée

Rapport des longueurs de murs primaires compris entre 0,4 et 2,5 :

SENS X: Bande de 0,25 L : $0,25 \times 9 = 2,25 \text{ m}$ (Cf. Fig.6)

$$\frac{(L_{V1}+L_{V2})}{(L_{V5}+L_{V6})} = \frac{(1,2+1,2)}{(1,2+1,2)} = 1 \in [0,4;2,5]$$

SENS Y: Bande de 0,25 l : $0,25 \times 10,9 = 2,73 \text{ m}$ (Cf. Fig.7)

Rapport des longueurs de murs primaires compris entre 0,4 et 2,5 :

$$\frac{(L_{V_a}+L_{V_d})}{(L_{V_h}+L_{V_e})} = \frac{(1,2+1,2)}{(1,2+1,2)} = 1 \in [0,4;2,5]$$

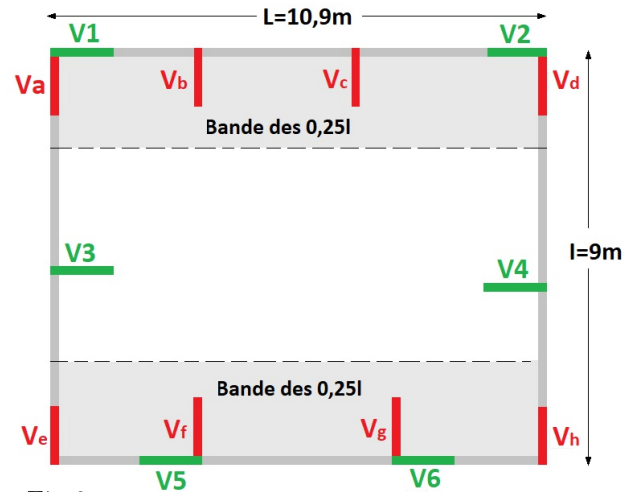


Fig.6
Vue en plan du rez-de-chaussée

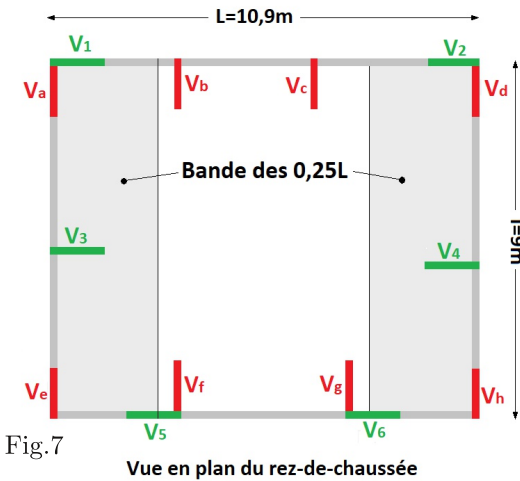


Fig.7
Vue en plan du rez-de-chaussée

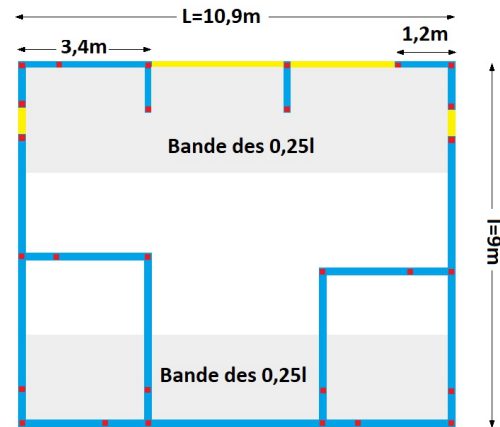


Fig.8
Vue en plan du sous-sol

Limitation de l'effet de torsion au sous-sol:

Rapport des longueurs de murs primaires compris entre 0,4 et 2,5 :

SENS X: (Cf. Fig.8)

Bande de 0,25 L : $0,25 \times 9 = 2,25 \text{ m}$
 $\frac{(3,4+1,2)}{(10,9)} = 0,42 \in [0,4;2,5]$

SENS Y: (Cf. Fig.9)

Bande de 0,25 l : $0,25 \times 10,9 = 2,73 \text{ m}$
 $\frac{(1,2+7,2)}{(1,2+7,2)} = 1 \in [0,4;2,5]$

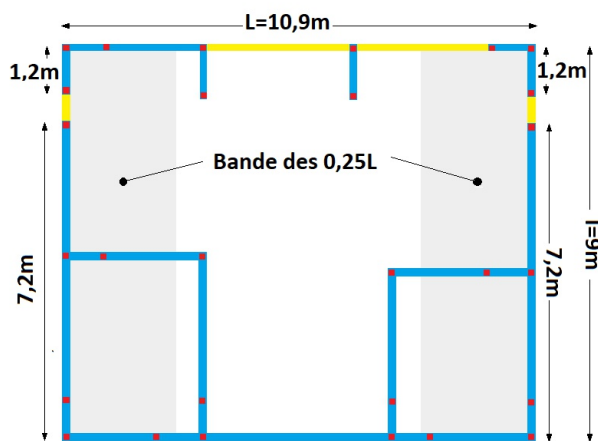


Fig.9
Vue en plan du sous-sol

Critère 6 - Effort normal sur les éléments secondaires

Le critère 6 doit être obligatoirement vérifié pour les structures de type maçonnerie ou BA. Pour les villas à ossature bois ce critère n'est pas à vérifier.

3. Dimensionnement des murs de contreventement ZONE 5

La reprise des efforts sismiques est faite par des murs de contreventement par palées de stabilité triangulées. Les murs sont composés d'une ossature (une lisse basse, une lisse haute, deux montants d'extrémité, un ou plusieurs montants intermédiaires). Trois types de palées de stabilité sont considérés dans le §2.8.4 du CPMI-EC8 PST_a, PST_b, et PST_c.

Les palées de stabilité représentées ci-dessous permettent de reprendre les efforts sismiques dans les deux directions. Chaque diagonale travaille en compression tour à tour lors de l'inversion de l'effort sismique.

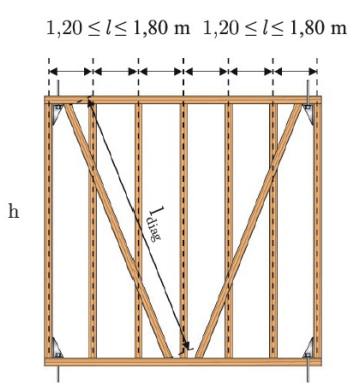


Fig.10 : PST_a

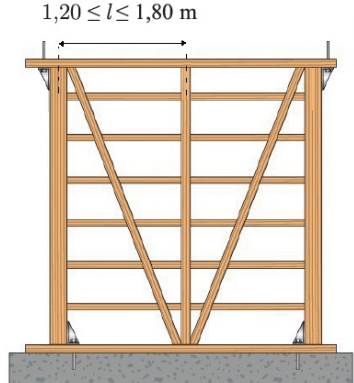


Fig.11 : PST_b

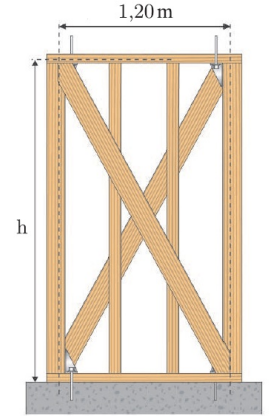


Fig.12 : PST_c

Données pour le dimensionnement:

Type de palée de stabilité : PST_c

Classe de service 2: bois C24

Longueur: 1,2m

Hauteur: 2,8m

Calcul de l'effort sismique:

$F_b = \text{coeff_accel} \times \text{coeff_typo} \times \text{Surf}$

-Coeff_accel: représente l'accélération au plateau du spectre en fonction de la classe de sol.

$\text{coeff_accel} = 4,3$

Type de contreventement	Classes de sol Eurocode 8				
	A	B	C	D	E
Cat. sol simplifiée	1	2a	-	-	2b
Palée de stabilité	3,75	4,5	4,3	5,1	5,3
Voile travaillant	2,5	3	2,9	3,4	3,5

-Coeff_typo: permet d'obtenir une estimation de la masse en mouvement.

Surf : surface au sol : 98,1m² (10,9 x 9) valeur arrondie à 100m²

$\text{coeff_typo} = 0,101 \text{ t/m}^2$

surface au sol (m ²)	Toiture légère		Toiture semi-lourde	
	RdC	R+1	RdC	R+1
50	0,109	0,371	0,201	0,463
60	0,108	0,365	0,197	0,455
70	0,106	0,358	0,194	0,447
80	0,104	0,352	0,191	0,440
90	0,103	0,347	0,189	0,433
100	0,101	0,342	0,186	0,427
110	0,100	0,337	0,184	0,421
120	0,099	0,332	0,181	0,415
130	0,098	0,328	0,179	0,411
140	0,097	0,325	0,177	0,406
150	0,096	0,321	0,176	0,402
160	0,095	0,318	0,174	0,399
170	0,094	0,316	0,173	0,395
180	0,094	0,314	0,172	0,393
190	0,093	0,312	0,171	0,391
200	0,093	0,310	0,170	0,389

$F_b = 4,3 * 0,101 * 98,1 = 42,6 \text{ kN}$

EXEMPLE D'APPLICATION DES REGLES CPMI-EC8

-Coeff_étage: permet de déterminer l'effort sismique à chaque niveau en prenant en compte les effets de la torsion

$$\text{coeff_étage} = 1,2$$

Bâtiment	RdC	R+1	
Niveau	RdC	RdC	R+1
Toiture légère	1,20	1,22	0,53
Toiture semi-lourde	1,20	1,22	0,70

$$F_1 = F_b * 1,2 = 51 \text{ kN}$$

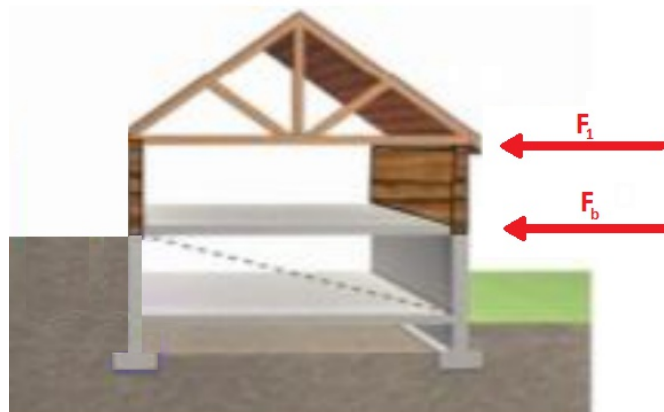


Fig.13

Calcul de la capacité de résistance $F_{Rd, sis}$

$F_{Rd, sis}$ est la capacité de résistance en situation sismique d'une palée de stabilité PST.

Son expression mathématique est la suivante:

$$F_{Rd, sis} = N^{Cp^*}_{diag, Rd, sis} * \cos \alpha$$

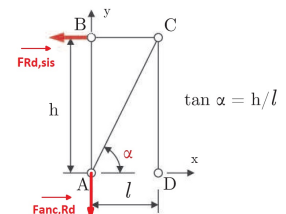


Fig.14

$N^{Cp^*}_{diag, Rd, sis}$ est donnée dans le tableau ci-dessous du CPMI-EC8 Antilles §2.8.4 intitulé

"Résistance en compression en tenant compte du flambement d'une diagonale de PSTc"

Hypothèses de dimensionnement

Section commerciale : 2,2x19 (diagonale)

Classe de service : C24

Hauteur de la PST : $h = 2,8\text{m}$

Longueur de la PST: $b = 1,2\text{m}$

$\cos \alpha = 0,39$ avec $\alpha = \arctan(h/l)$

Le tableau donne $N^{Cp^*}_{diag, Rd, sis} = 18 \text{ kN}$

$$F_{Rd, sis} = 18 * 0,39 = 7 \text{ kN}$$

Section commerciale diagonale	b (sens yy) h (sens zz) Section rabotée (cm x cm)	$N^{Cp^*}_{diag, Rd, sis}$ (kN)			
		classe de service 3		classe de service 2	
		C24	D35	C24	D35
2,2x19	2,2 19	15	17	18	21
3,6x15	3,6 14,5	45	52	54	64
3,6x19	3,6 19	58	69	71	84
4,6x15	4,5 14,5	77	91	94	111

$$F_1 / F_{Rd, sis} = 51 / 7 = 7,3$$

Ainsi, le nombre de panneau de contreventement à disposer dans les deux directions doit être au minimum égal à 8 (plus proche valeur > 7,3). Par conséquent, il manque des panneaux de contreventement dans la direction transversale (sens x)

Les 3 solutions sont:

- rajouter les palées nécessaires dans le sens x.
- augmenter la longueur des PST_c
- mettre en place des PST_c avec une diagonale plus résistante

La troisième est plus intéressante pour ne pas modifier la conception initiale. Cependant, cette solution nécessite une augmentation des sections des montants initialement prévues à 10cmx10cm.

Section retenue et proposée dans la réglementation: 12cmx12cm.

Le tableau donne $N_{diag,Rd,sys}^{Cp} = 54$ kN si l'on met en place des PST_c avec une diagonale de dimension 3,6x15.

Donc, $F_{Rd,sys} = 54 * 0,39 = 21,1$ kN et $F/F_{Rd,sys} = 51 / 21,1 = 2,4$

Avec cette PST_c munie d'une diagonale de dimension 3,6cm x 15cm, le nombre de panneaux de contreventement à disposer dans les deux directions est de 2,4. (i.e 3 panneaux de contreventement dans les deux directions principales)

Vérification des sections des montants

De l'effort horizontal appliqué en tête de panneau $F_{Rd,sys}$ est déduit l'effort de traction ($N_{tr,Rd,sys}$) qui doit être inférieur à une valeur minimale N_{adm} . (§2.8.4 du CPMI-EC8 Z5)

Calcul de l'effort à reprendre par le montant pour assurer une capacité résistance du panneau de $F_{Rd,sys}$:

Le CPMI-EC8 Antilles explicite la méthode à suivre par le schéma suivant qui modélise les efforts dans les différentes barres de la PST:

Palée triangulée	Effort normal dans les barres			
	Diagonale	Poteau comprimé	Poteau tendu	Traverse
<p>$\tan \alpha = h/l$</p>	$N_{AC} = F / \cos \alpha$	$N_{AB} = 0$	$N_{CD} = -F \times \tan \alpha$ (effort de traction)	$N_{BC} = F$

-l'effort vertical issu de $F_{Rd,sys}$ sollicitant les montants est: (sans tenir compte des charges gravitaires)

$$\text{En traction } N_{tr,Rd,sys} = F_{Rd,sys} * h/b = 21,1 * 2,8/1,2 = 49,2 \text{ kN} < N_{adm, Rd,sys}^{tr} = 192 \text{ kN}$$

Calcul de la valeur maximale admissible: $N_{adm, Rd,sys}$ en traction

Pour cela, les tableaux du §2.8.4 du CPMI-EC8 Z5 permettent d'évaluer cette valeur en fonction de la section des montants, de la classe de service et de l'essence du bois.

Les montants doivent donc être de section 12cm x12cm pour reprendre les efforts sismiques réglementaires.

Section commerciale montant (cm×cm)	classe de service 3		classe de service 2	
	C24	D35	C24	D35
10×10	109	164	134	201
12×12	157	236	192	288
8×15	118	177	144	216
15×15	242	364	296	444

Résistance $N_{adm, Rd,sys}$ (kN) d'un montant à effort normal de traction

§3.1 Choix des matériaux

3.1.2 Utiliser du béton de classe C25/30 pour les voiles béton du sous-sol.

3.1.3 Utiliser des armatures de classe B pour les voiles béton armé du sous-sol.

3.1.7 Exécution des fondations: Semelles filantes. Les semelles doivent s'ancrer au moins de 30 cm dans le bon sol en place et être coulées en pleine fouille.

De plus, le positionnement des aciers au niveau des fondations ne doit donner lieu à aucune poussée au vide. Ce phénomène rencontré lorsque les armatures de par leur position (proches des angles) entraînent des détériorations du béton d'enrobage.

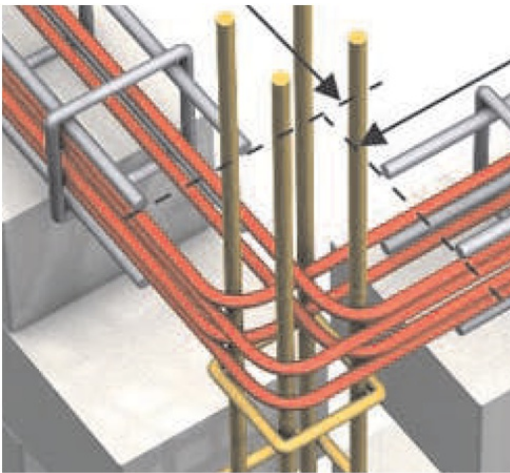


Fig.14

Une disposition telle qu'en figure 14 permet d'éviter ce phénomène

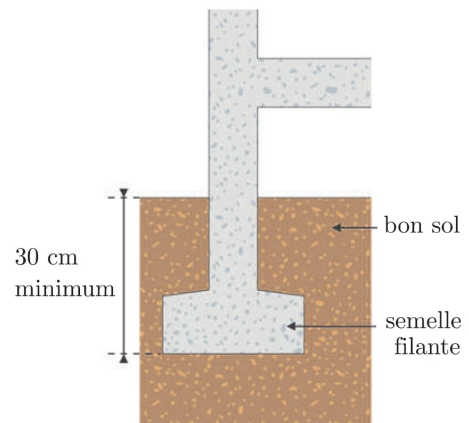


Fig.15

§3.5 Execution des ossatures bois

Assemblages (en bleu et rouge) des palées PST par des boîtiers d'ancrage.

La partie basse de la palée est ancrée dans le chaînage béton armé par des sabots d'ancrage (Fig.14).

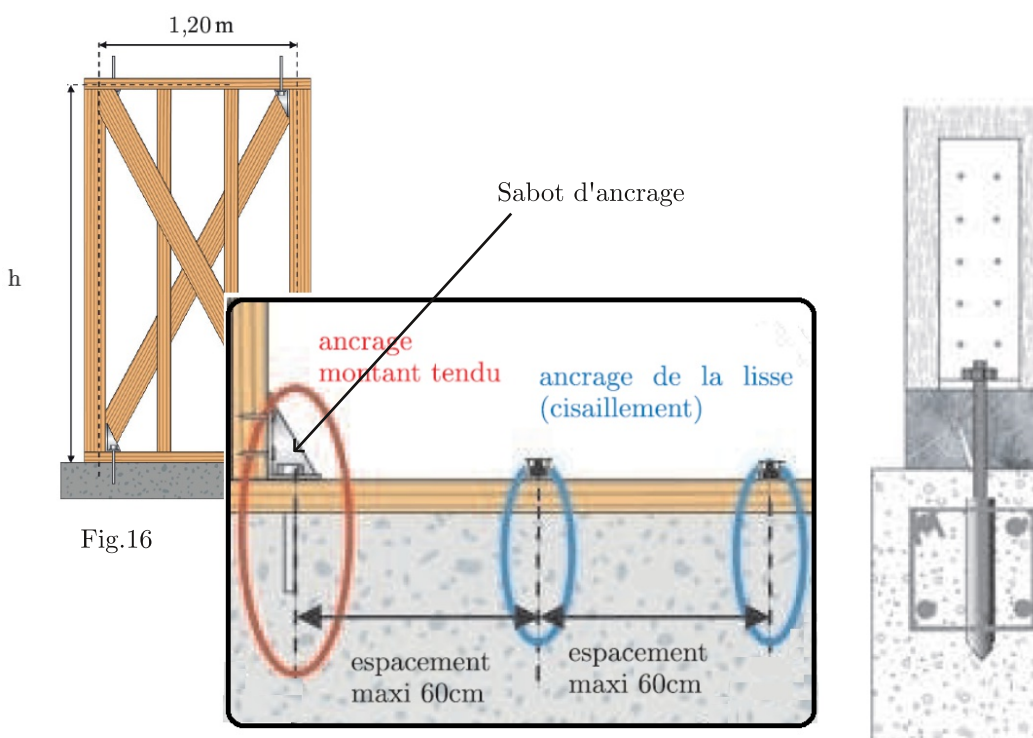


Fig.16

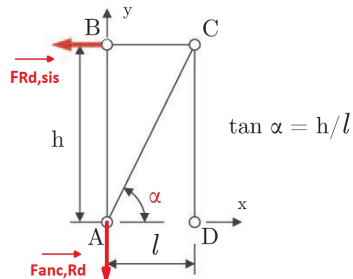
Les sabots d'ancrage:

Calcul de l'effort maximal admissible par le sabot lors du soulèvement induit par l'effort sismique $F_{Rd, sis}$.

$$F_{anc, Rd} = [F_{Rd, sis} \times \tan(\alpha)] - \text{charges gravitaires}$$

$$-F_{Rd, sis} = 21,1 \text{ kN}$$

-Charges gravitaires : 2,1 kN cf tableau 15 du CPMI-EC8 Z5 ci-dessous



	Charge verticale non pondérée (kN)		Charge verticale pondérée ELU $\{N_G + 0,3N_Q\}$ (kN)	
	N_G	N_Q	Mur // solivages	Mur \perp solivages
Simple RdC ou 1er étage d'un R+1	2,1	0	2,1	2,1
Rez-de-chaussée d'un R+1	3,5	1,15	3,5	3,8

$$F_{anc, Rd} = 21,1 \tan(\alpha) - 2,1$$

$$F_{anc, Rd} = 21,1 \times h/l - 2,1$$

$$F_{anc, Rd} = 21,1 \times (2,8 / 1,2) - 2,1$$

$$F_{anc, Rd} = 47,1 \text{ kN}$$

Ainsi, chaque sabot à mettre en place devra être en capacité de reprendre 48,1kN (4,81 tonnes).

§3.6 Plancher bois

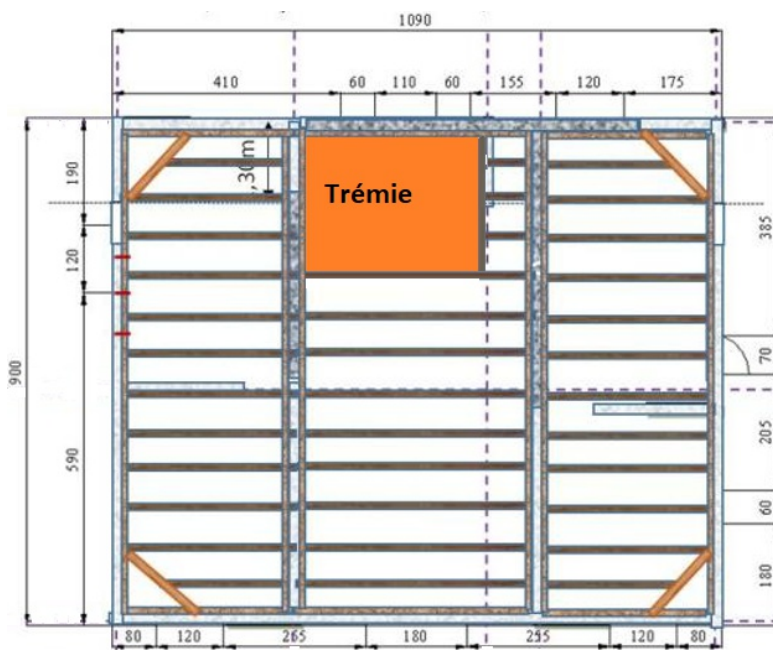




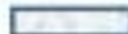



Fig.17

-  Solives bois
-  Renfort d'angle bois
-  Muraille
-  Poutres béton
-  Voiles béton
-  Fixation muraille / béton armé espacement de 60cm maxi capable de transmettre 8kN/ml de façade en traction et 45kN/ml en effort de cisaillement.

§3.7 Charpentes de toiture

Illustration d'une ferme de charpente

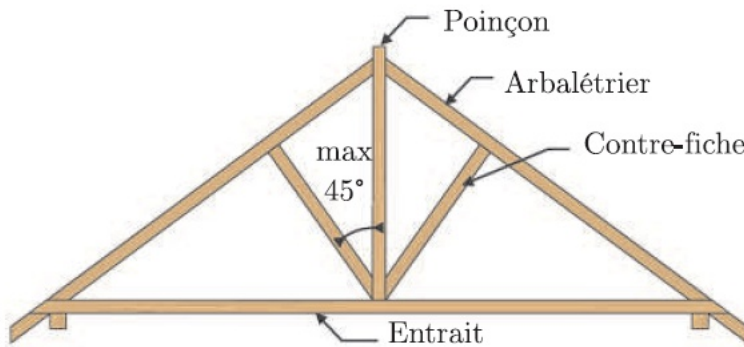


Fig.18

La toiture de cet exemple est constituée de plusieurs pans. Ainsi, il est envisageable de mettre en place une charpente avec chevrons.

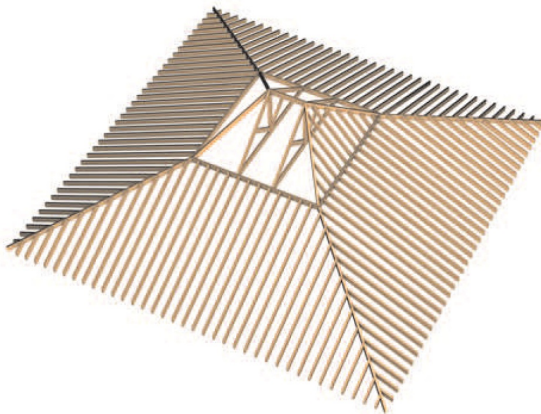


Fig.19

L'assemblage des panneaux de contreventement sous charpente se réalise comme suit:

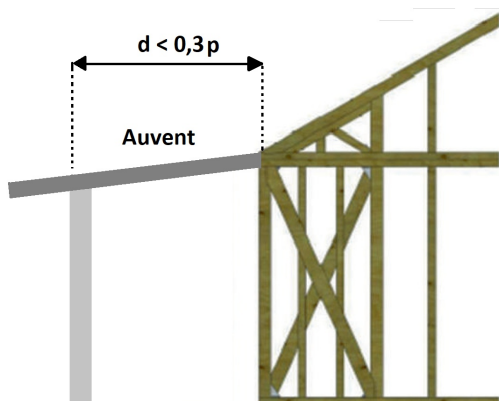


Fig.20

Le auvent doit respecter la prescription de la note 35 du CPMI-EC8 Z5

p comprend la longueur du bâtiment ainsi que la longueur du auvent.