



**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°10 : Maison R+1 en maçonnerie avec plancher béton**

**Zone de sismicité 5**

- Surface de plancher au sol : 64,2m<sup>2</sup> (hors terrasse de 32m<sup>2</sup>)
- Pente du terrain : 8%
- Sol : Catégorie 1
- Fondations : Semelles filantes reliées
- Hauteur niveau(RdC) : 2,8m
- Hauteur niveau (R+1) : 2.8m
- Contreventement : Mur en maçonnerie chaînée (joints remplis)
- Planchers : plancher béton (poutrelles hourdis)
- Toiture : légère
- Aléa sismique : zone 5 ( $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$ )



**Conception générale**

Les murs de contreventement (murs primaires) sont disposés dans les deux directions de la structure comme représenté sur le plan ci-dessous(Fig. 1 et 2).

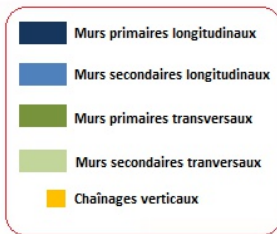
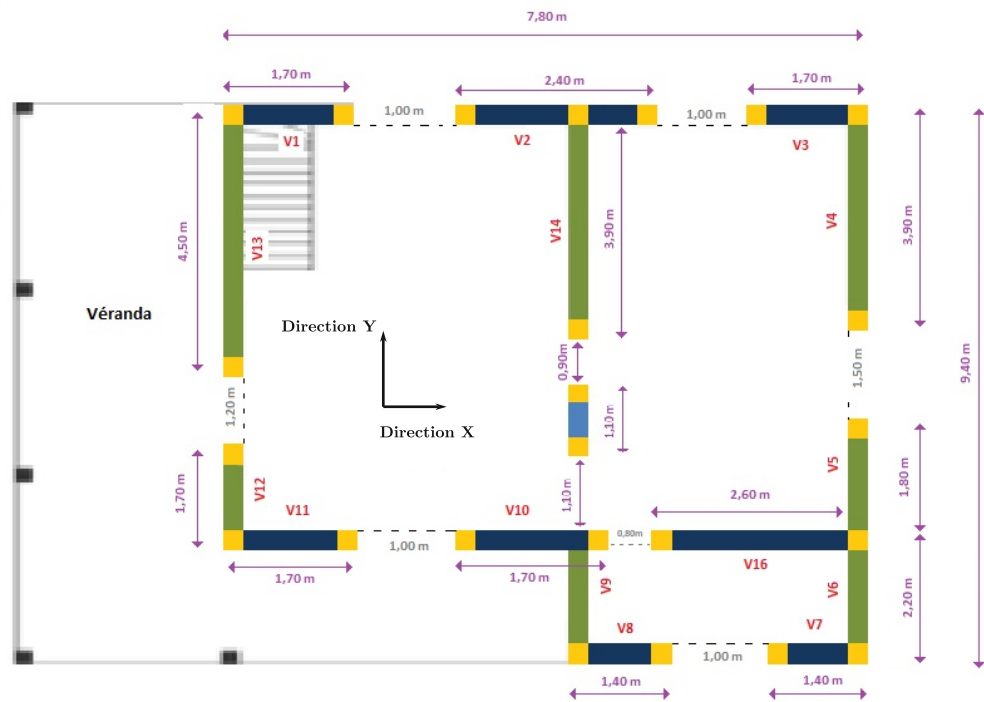


Fig. 1  
Rez-de-chaussée



Panneaux de contreventement	Longueur (m)
V1	1,7
V2	2,4
V3	1,7
V4	3,9
V5	1,8
V6	2,2
V7	1,4
V8	1,4
V9	2
V10	1,7
V11	1,7
V12	1,7
V13	4,5
V14	4,1
V16	2,6

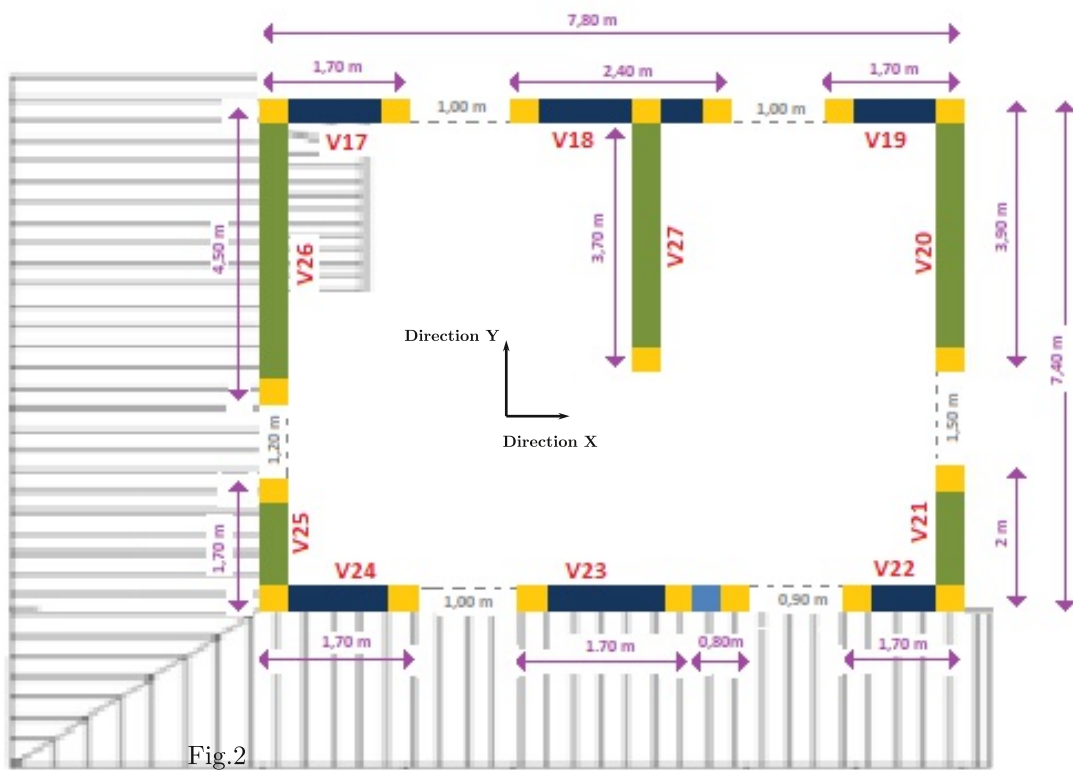
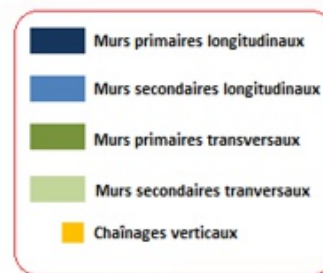


Fig.2  
Etage



Panneaux de contreventement	Longueur (m)
V17	1,7
V18	2,4
V19	1,7
V20	3,9
V21	2
V22	1,7
V23	1,7
V24	1,7
V25	1,7
V26	4,5
V27	3,7

1. Vérification du domaine d'application

Renvoi au paragraphe des guides CPMI-EC8

§1.1 - Surface au sol inférieure à 200 m<sup>2</sup> : **64,9 m<sup>2</sup>**

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

§1.3 - Charges d'exploitation uniforme  $\leq 1,5 \text{ kN/m}^2$

Charge d'exploitation ponctuelle  $\leq 2 \text{ kN}$

Charges permanentes des planchers  $\leq 6,25 \text{ kN/m}^2$

§1.4 - Le contreventement de la structure est assuré par des murs en maçonnerie chaînés verticalement et horizontalement. 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.

§1.6 - La structure est constituée de deux niveaux, inférieur à 3 niveaux.

§1.7 - La hauteur du RdC est de 2,8 m, inférieure à 3 m.

§1.8 - Condition 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.

$(a = 1,3 \text{ m}) < \min(0,5L ; 4\text{m}) = 3,9 \text{ m}$

$(b = 3,05 \text{ m}) < \min(0,5l ; 4\text{m}) = 3,7 \text{ m}$

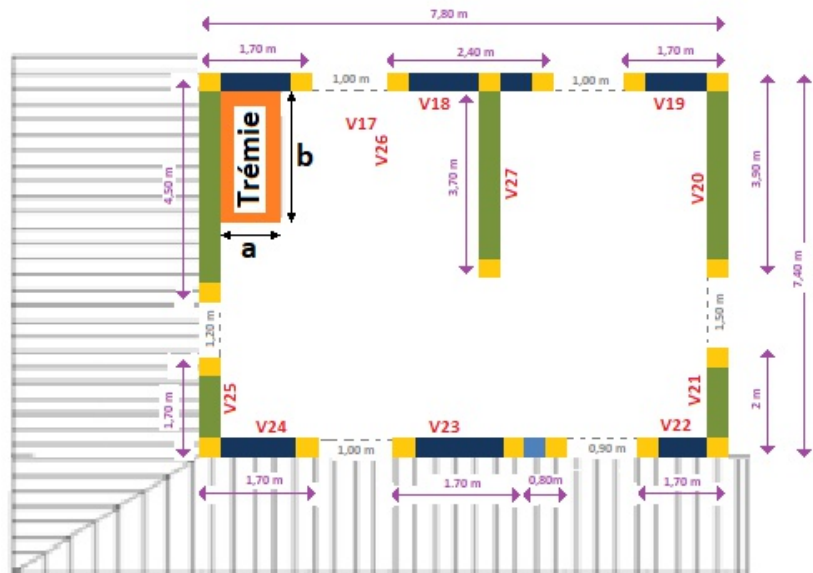


Fig. 3

Le critère sur la trémie est vérifié.

§1.9 - La pente du terrain est inférieure à 10%. Aucune justification supplémentaire n'est nécessaire.

### §2.3.1. Configuration en plan

#### Critère 1 - Elancement

$$l/L = 9,4/7,8 = 1,20 < 2,5$$

Critère sur l'élanement vérifié.

#### Critère 2 - Compacité

La construction ne présente qu'un seul retrait

Surface de retrait issue du polygone convexe :  $4,2 \text{ m}^2$  (en vert)

Le retrait de  $4,2 \text{ m}^2$  n'excède pas 10% de la surface du diaphragme (surface de plancher de  $64,2 \text{ m}^2$ ).

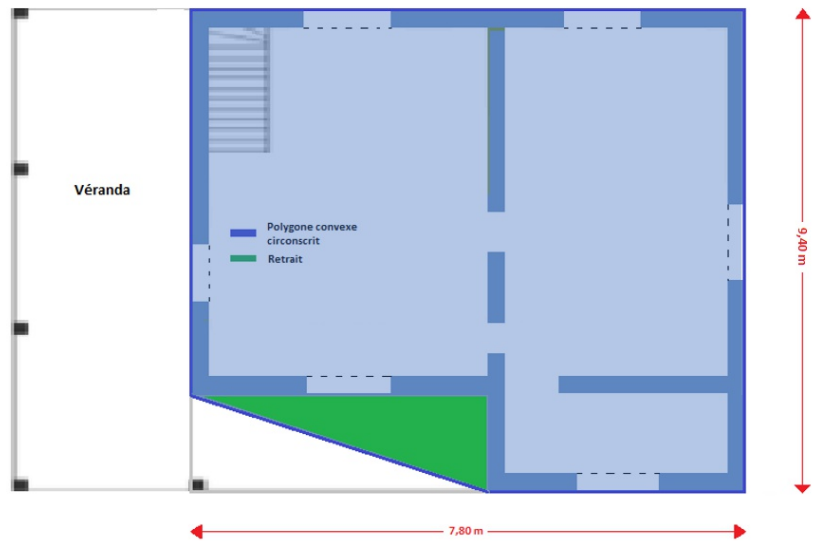


Fig. 4 Critère de compacité

#### Critère 3 - Implantation des panneaux de contreventement

Il existe au moins deux panneaux parallèles par direction :

- Niveau rdc : 8 panneaux dans le sens longitudinal sur 3 files différentes, 7 panneaux dans le sens transversal sur 3 files différentes,
- Niveau étage : 6 panneaux dans le sens longitudinal sur 2 files différentes, 5 panneaux dans le sens transversal sur 3 files différentes.

#### 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

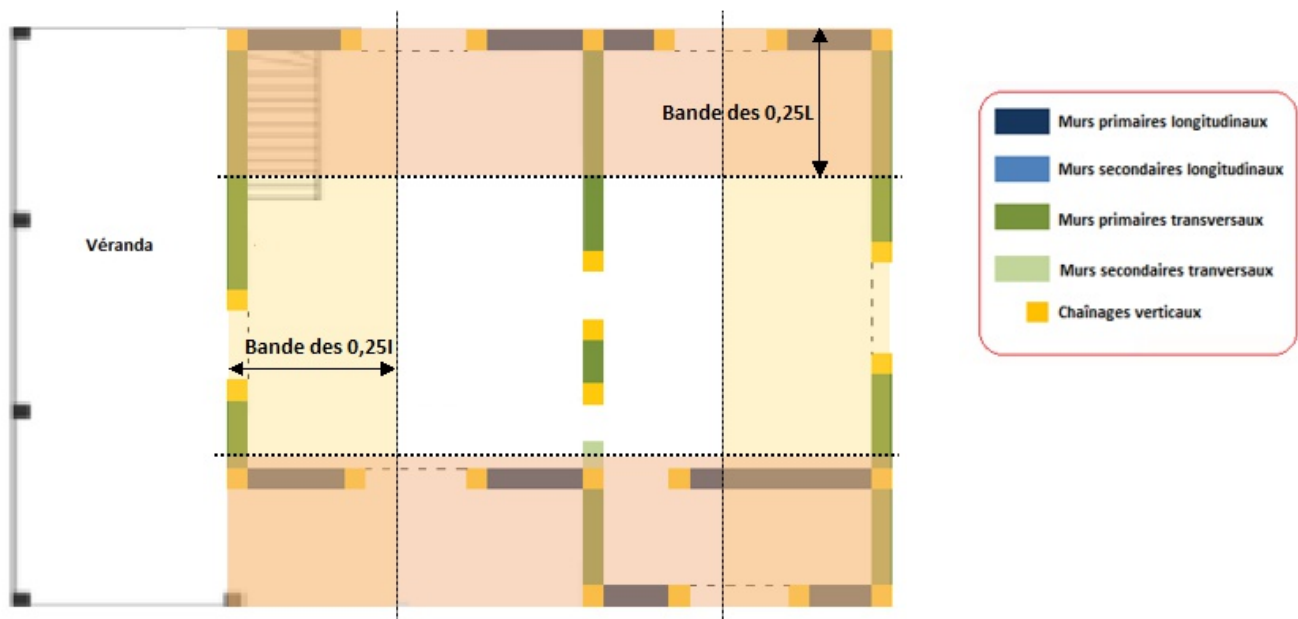


Fig. 5 Critère de torsion

Rez-de-chaussée

Direction X : Bande de largeur de  $0,25 L = 0,25 \times 9,40 = 2,35 \text{ m}$

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

$$(L_{v1}+L_{v2}+L_{v3})/(L_{v7}+L_{v8}+L_{v10}+L_{v11}+L_{v16})=(1,70+2,40+1,70)/(1,40+1,40+1,70+1,70+2,60)= 0,66 \in [0,4;2,5]$$

Direction Y :Bande de largeur de  $0,25 l = 0,25 \times 7,80 = 1,95 \text{ m}$

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

$$(L_{v4}+L_{v5}+L_{v6})/(L_{v12}+L_{v13})= (3,90+1,80+2,20)/(1,70+4,50)=1,27 \in [0,4;2,5]$$

Etage

Direction X : Bande de  $0,25 L = 0,25 \times 7,40 = 1,85 \text{ m}$

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

$$(L_{v17}+L_{v18}+L_{v19})/(L_{v24}+L_{v23}+L_{v22})=(1,70+2,40+1,70)/(1,70+1,70+1,70)= 1,13 \in [0,4;2,5]$$

Direction Y :Bande de  $0,25 l = 0,25 \times 7,80 = 1,95 \text{ m}$

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

$$(L_{v20}+L_{v21})/(L_{v25}+L_{v26})= (2+3,90)/(1,70+4,50)=0,95 \in [0,4;2,5]$$

Le critère sur la torsion est vérifié.

#### Critère 6 - Effort normal sur les éléments secondaires

Ce critère est vérifié si les charges verticales reprises par les éléments secondaires n'exèdent pas 20% des charges verticales totales reprises au niveau considéré.

La masse reprise par les murs est calculée au prorata des longueurs de murs.

"la somme des largeurs de planchers reprises par les éléments secondaires ne doit pas excéder plus de 20 % de la somme des largeurs reprises par les murs primaires de contreventement, dans chacune des deux directions de la construction"

Niveau rez-de-chaussée :

Direction X : Sans objet (absence de mur secondaire)

Direction Y : Présence d'un mur secondaire (1,10m) reprenant 2,10m  $(1,10/2+1,10+0,90/2)$  de largeur de plancher  $2,20/(7,40+5+7,40)= 0,1 \leq 0,20$ . Le critère n°6 est vérifié pour le rez-de-chaussée.

Niveau étage :

Direction X : Présence d'un mur secondaire ne reprenant pas les charges de la charpente/toiture.

Donc toutes les charges verticales sont reprises par les éléments primaires.

Direction Y : Sans objet (absence de mur secondaire)

Le critère n°6 vérifié pour l'étage.

Le critère 6 étant vérifié par conséquent, l'annexe A pourra être utilisée par la suite pour vérifier les longueurs minimales des murs de contreventement.

#### §2.3.1. Configuration en élévation

L'écart entre les surfaces de planchers du bâtiment ne doit pas excéder 20%

$$S_{RdC} = 64,9 \text{ m}^2$$

$$S_{R+1} = 57,7 \text{ m}^2$$

$$(S_{RdC} - S_{R+1})/S_{RdC} = 11,1\%$$

Le critère d'écart de surface de planchers est respecté.

### 3. Dimensionnement des murs de contreventement

La structure est contreventée par des murs primaires constitués de blocs en maçonnerie d'une épaisseur de 20 cm.  
 La conception proposée initialement doit faire l'objet d'une vérification suivant le CPMI-EC8 Z5 à travers les deux tableaux de l'annexe A intitulée "Tableaux de dimensionnement pour la maçonnerie et le béton armé".  
 La vérification se fait en deux temps.

**PREMIERE ETAPE:**

Il s'agit de déterminer la section (S) des murs de contreventement nécessaires dans chaque direction. Celle-ci surface dépend de la surface de diaphragme horizontal ( $S_p$ ), du nombre de niveau de la construction, du type de toiture (légère ou lourde).

$$S = \text{Coeff tableau (en vert)} \times S_p / 100$$

$$L_{CVT} = S / \text{Epaisseur mur}$$

**Maçonnerie - Zone 5 - Sol de catégorie 1 (Classe de sol A, S=1,0)**

Sol de catégorie 1	Nombre de niveaux	Section cumulée des murs primaires dans chaque direction, exprimée en % de la surface de diaphragme horizontal
Toiture lourde	1	1,80
	2	4,29
Toiture légère	1	0,81
	2	3,29
	3	4,88

Dans cet exemple  $S_p$  est confondu avec la surface de plancher

Niveau rez-de-chaussée

$$S = 3,29 \times 64,9 / 100 = 2,14 \text{ m}^2$$

Longueur de contreventement calculée pour une épaisseur de mur de 20cm (0,2m):  $L_{CVT} = 2,134 / 0,2 = 10,70 \text{ m}$

Ainsi, pour une construction maçonnée de 2 niveaux avec des joints verticaux remplis et une catégorie de sol 1 en zone 5, nous obtenons une longueur minimale de 10,70 mètres de contreventement par direction.

Les longueurs des panneaux contreventement sont suffisantes dans les deux directions X et Y à savoir, 14,6 m dans la direction X et 20,4 m dans la direction Y.

Niveau étage

$$S = 3,29 \times 57,7 / 100 = 1,90 \text{ m}^2$$

Longueur minimale de contreventement calculée pour une épaisseur de mur de 20cm (0,2m):

$$L_{CVT} = 1,90 / 0,2 = 9,50 \text{ m}$$

Les longueurs des panneaux contreventement sont suffisantes dans les deux directions X et Y. à savoir, 10,8 m dans la direction X et 16 m dans la direction Y.

## EXEMPLE D'APPLICATION DES REGLES CPMI-EC8

### DEUXIEME ETAPE:

La longueur des murs de contreventement doit être vérifiée selon le tableau de l'annexe A du CPMI-EC8 Z5.

Chaque longueur de panneau doit être supérieure à une longueur minimale qui dépend du mode constructif, de la longueur totale  $L_T$  des murs primaires dans chaque direction, de la longueur  $L_i$  de chaque mur de contreventement, du type de toiture, du diamètre des aciers de chainages et du nombre de niveau  $N$ .

Vérification de la longueur du panneau de contreventement  $V_1$ .

Paramètres à prendre en compte:

$$L_i/L_T = 1,7/14,6 = 0,11 \text{ (valeur arrondie à } 0,10\text{)}$$

$$S_p = 64,9 \text{ m}^2 \text{ (valeur arrondie à } 50\text{m}^2\text{)}$$

$$N=2$$

### Maçonnerie - Zone 5 - Sol de catégorie 1 (Classe de sol A, S=1,0)

Sol de catégorie 1	Nombre de niveaux	Section cumulée des murs primaires dans chaque direction, exprimée en % de la surface de diaphragme horizontal
Toiture lourde	1	1,80
	2	4,29
Toiture légère	1	0,81
	2	3,29
	3	4,88

Longueur minimale des murs primaires de contreventement (m) - Maçonnerie											
Sol de catégorie 1		Toiture lourde				Toiture légère					
		4 HA10		4 HA12		4 HA10			4 HA12		
$L_i/L_T$	$S_p$ (m <sup>2</sup> )	N=1	N=2	N=1	N=2	N=1	N=2	N=3	N=1	N=2	N=3
0,05	50	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,2	1,2	1,4
	100	1,2	1,6	1,2	1,6	1,2	1,4	2,1	1,2	1,4	2,0
	150	1,2	2,1	1,2	2,0	1,2	1,8	2,6	1,2	1,7	2,5
	200	1,2	2,4	1,2	2,3	1,2	2,1	3,2	1,2	2,0	3,0
0,10	50	1,2	1,6	1,2	1,6	1,2	1,4	2,1	1,2	1,4	2,0
	100	1,2	2,4	1,2	2,3	1,2	2,1	3,2	1,2	2,0	3,0
	150	1,5	3,1	1,4	2,9	1,2	2,6	4,2	1,2	2,5	3,7
	200	1,7	3,7	1,7	3,4	1,2	3,1	5,1	1,2	3,0	4,4
0,15	50	1,2	2,1	1,2	2,0	1,2	1,8	2,6	1,2	1,7	2,5
	100	1,5	3,1	1,4	2,9	1,2	2,6	4,2	1,2	2,5	3,7
	150	1,9	4,0	1,8	3,7	1,3	3,3	5,5	1,2	3,2	4,8
	200	2,2	4,8	2,1	4,4	1,5	4,1	6,7	1,4	3,7	5,7



## EXEMPLE D'APPLICATION DES REGLES CPMI-EC8

Ainsi, la longueur du panneau de contreventement de 1,70 m (supérieure à 1,4 m) est conforme que l'on utilise des HA10 ou HA12. Toutes les autres longueurs de contreventement sont vérifiées suivant le même procédé (cf. tableau récapitulatif ci-dessous). Les longueurs de mur de contreventement minimales imposées avec des aciers HA10 sont trop contraignantes (V17, V19, V22, V23 et V24). Pour être conforme, l'utilisation de HA12 est nécessaire.

Panneaux contreventement	Longueur L <sub>i</sub> en mètre	L <sub>i</sub> /L <sub>T</sub>	Longueur minimale du V <sub>i</sub> (HA 10)	Longueur minimale du V <sub>i</sub> (HA 12)
V1	1,7	0,12	1,4	1,4
V2	2,4	0,16	1,8	1,7
V3	1,7	0,12	1,4	1,4
V4	3,9	0,19	2,1	2
V5	1,8	0,09	1,4	1,4
V6	2,2	0,11	1,4	1,4
V7	1,4	0,10	1,4	1,4
V8	1,4	0,10	1,4	1,4
V9	2,2	0,11	1,4	1,4
V10	1,7	0,12	1,4	1,4
V11	1,7	0,12	1,4	1,4
V12	1,7	0,08	1,4	1,4
V13	4,5	0,22	2,1	2
V14	4,1	0,20	2,1	2
V16	2,6	0,18	2,1	2
V17	1,7	0,16	1,8	1,7
V18	2,4	0,22	2,1	2
V19	1,7	0,16	1,8	1,7
V20	3,9	0,24	2,4	2,3
V21	2	0,13	1,8	1,7
V22	1,7	0,16	1,8	1,7
V23	1,7	0,16	1,8	1,7
V24	1,7	0,16	1,8	1,7
V25	1,7	0,11	1,4	1,4
V26	4,5	0,28	2,6	2,5
V27	3,9	0,24	2,4	2,3

§3.1 Choix des matériaux

Blocs: B40(6 alvéoles)



Béton:

Pour le béton des chaînages, il est possible d'utiliser :

- un béton prêt à l'emploi, au moins de classe C25/30,
- un béton de chantier de consistance plastique dosé au minimum à 400kg/m<sup>3</sup> de ciment et confectionné avec des granulats de diamètre 10 mm au plus pour les chaînages verticaux et 14 mm au plus pour les chaînages horizontaux. Il est conseillé d'utiliser un béton de gravillons 3/8 de façon à assurer le bon enrobage des aciers par remplissage du coffrage des chaînages.

Maçonnerie:

Les joints verticaux doivent être remplis (zone 5). Dans le cas d'un mortier d'usage courant un joint est considéré comme rempli si l'épaisseur de celui-ci est comprise entre 6 et 15 mm.

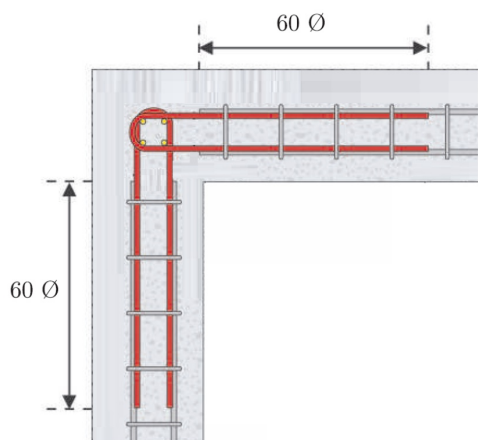
§3.3 Exécution des murs en maçonnerie

-Les dimensions de la section transversale des chaînages horizontaux et verticaux ne doivent pas être inférieures à 150 mm.

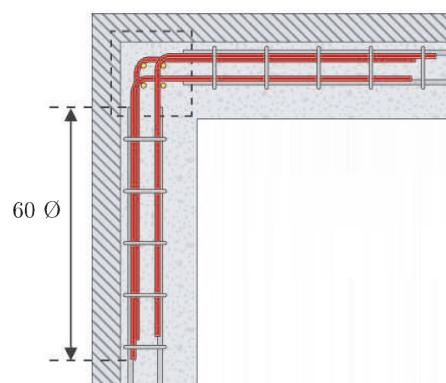
-Les armatures longitudinales sont constituées au minimum de 4 armatures. Lorsqu'il n'y a que 4 armatures celles-ci doivent être de diamètre HA10 ou HA12 (HA12 dans notre cas).

-Des cadres HA5 au minimum doivent être disposés autour des armatures longitudinales tous les 150 mm au maximum. Dans les zones de liaison entre chaînages, le premier cadre (ou épingle) aboutissant à la liaison ne doit pas être situé à plus de 75 mm du noeud de ferrailage.

-Les chaînages verticaux et horizontaux sont constitués d'armatures longitudinales rectilignes et rendues continues par recouvrement minimale de 60 fois le diamètre des armatures, soit 720 mm pour des barres HA12.



Vue en plan: liaison en angle avec boucles

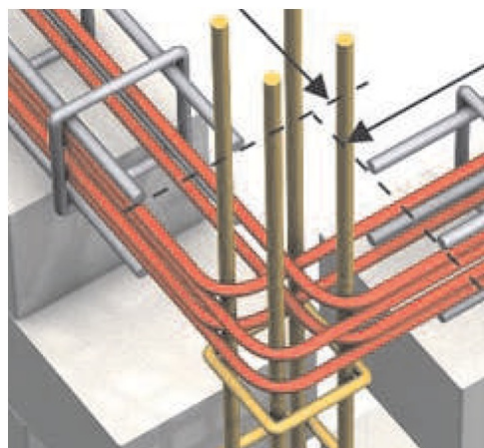


Vue en plan: liaison en angle avec étréques

## EXEMPLE D'APPLICATION DES REGLES CPMI-EC8

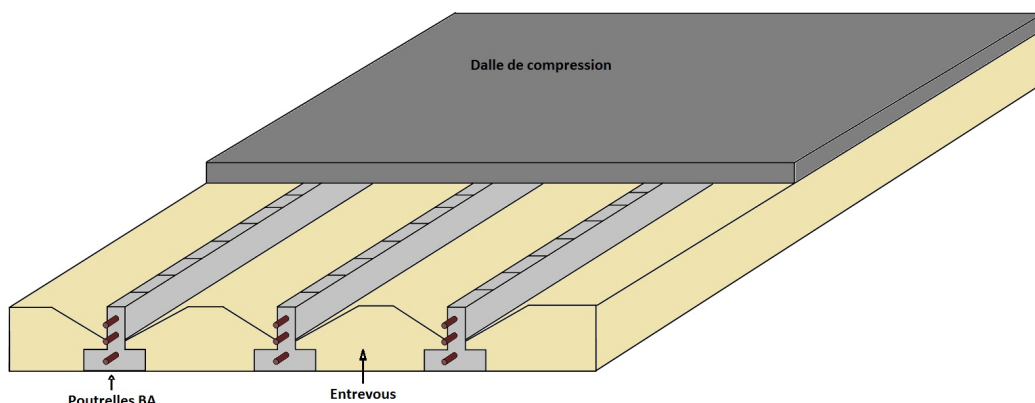
-Les dispositions ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide.

La poussée au vide est un phénomène rencontré lorsque les armatures de par leur position (proches des angles) entraînent des détériorations du béton d'enrobage.



### §3.6 Planchers

-La structure proposée dans cet exemple repose sur un plancher béton constitué de poutrelles en béton armé et entrevous associés à une dalle de compression d'une épaisseur de 4cm. Une attention particulière sera apportée sur l'ancrage du plancher aux éléments de structure et aux chainages (majoration de l'ancrage du treillis soudé et des poutrelles).



### §3.7 Charpentes de toiture

-Les dimensions minimales des éléments constitutifs de la charpente sont rappelées dans le tableau suivant:

appellations	Entraxe de fermes	
	< 0,70 m	0,70 m à 0,92 m
AFA	25 x 100	36 x 96
FAA et FA	25 x 60	25 x 72
CVS	25 x 72	25 x 72
ENT	36 x 72	36 x 72
ADA	25 x 100	36 x 96
FE	25 x 60	25 x 72

TABLEAU 5 Dimensions minimales des éléments de stabilité des fermettes

