

Formation RPA2024



**Centre National De Recherche Appliquée
En Génie Parasismique**

Calcul des structures selon le RPA 2024

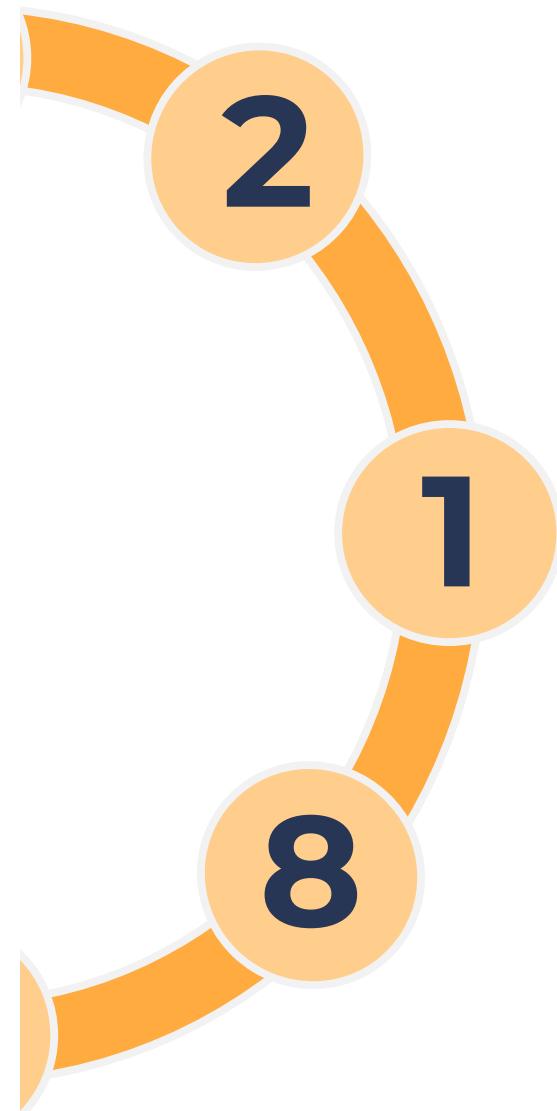
**Example d'un bâtiment à ossature, avec
remplissage en maçonnerie rigide**

Fouad KEHILA
Directeur de recherche CGS

Avril 2025

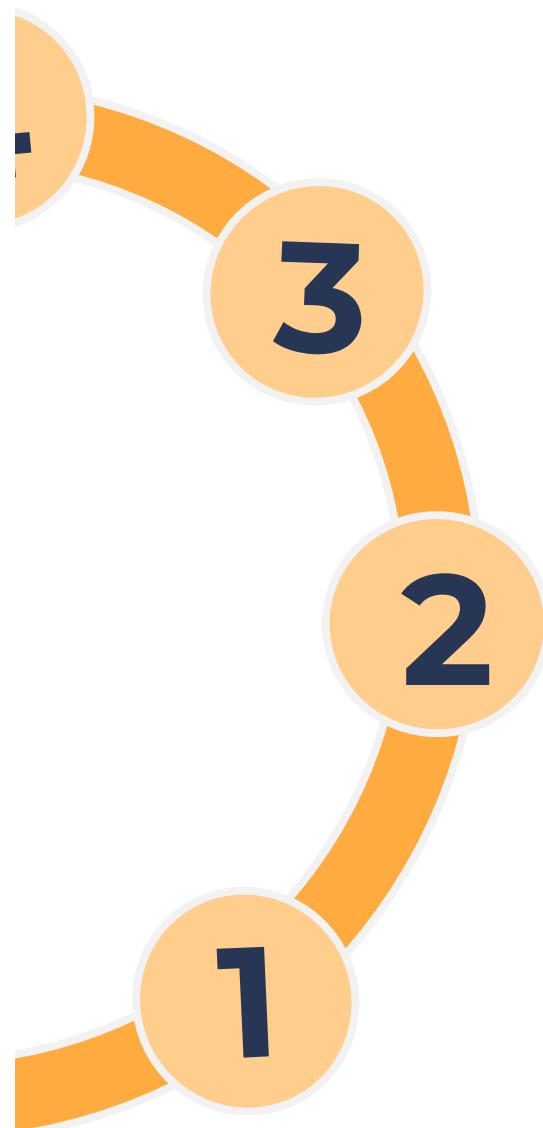


PLAN DE LA PRÉSENTATION



PRÉSENTATION DU BATIMENT

PLAN DE LA PRESENTATION

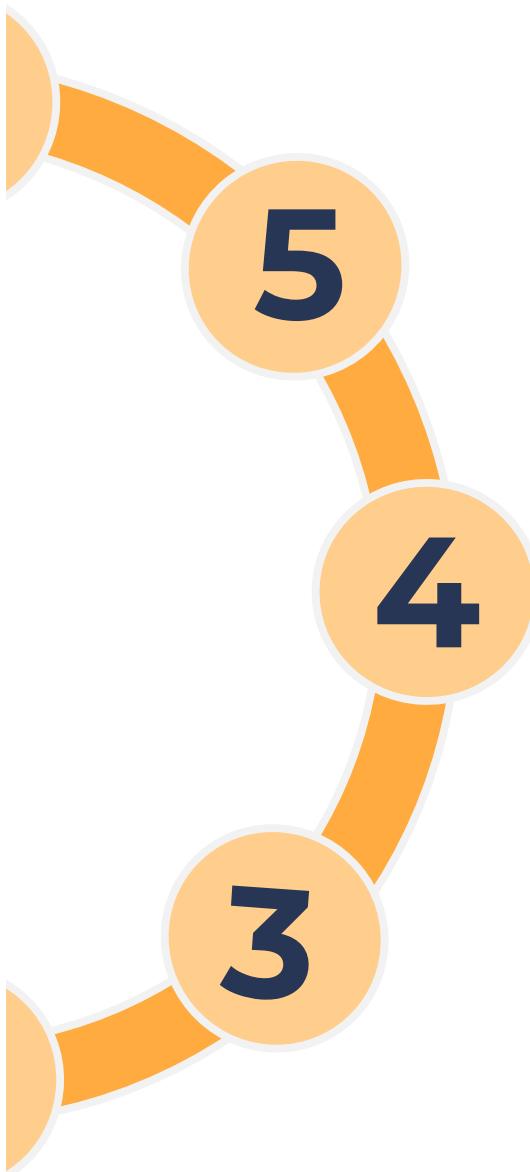


HYPOTHESES DE CALCUL

PLAN DE LA PRESENTATION

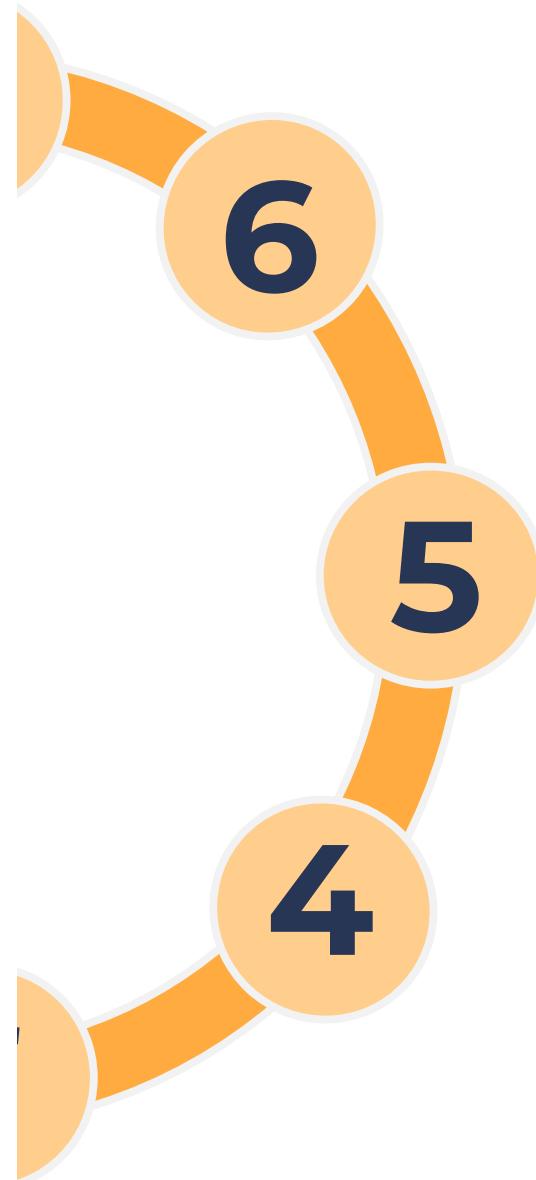


PLAN DE LA PRÉSENTATION

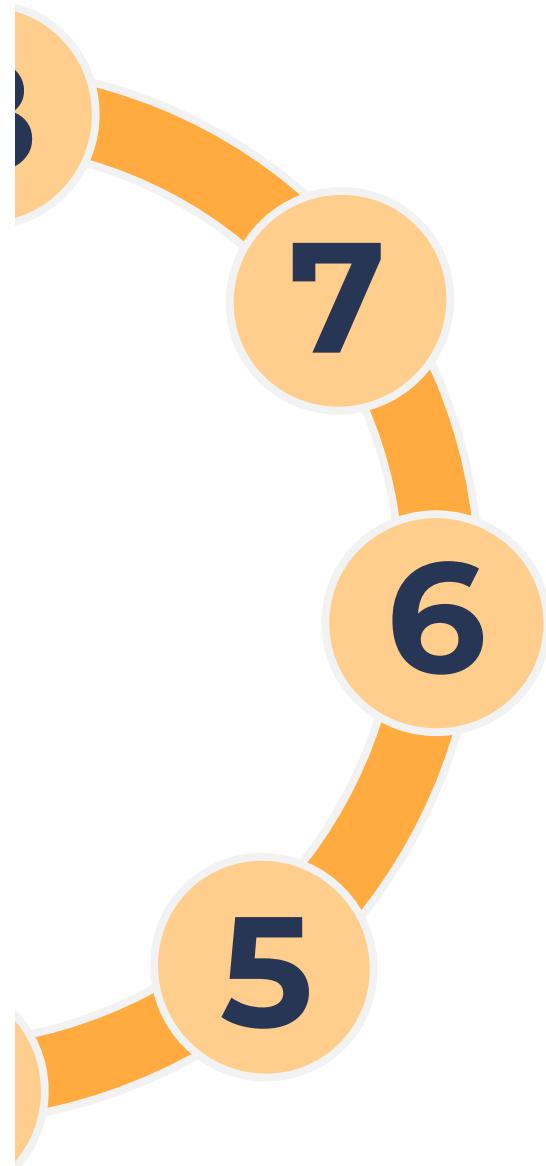


**MODÉLISATION NUMÉRIQUE
DU BÂTIMENT**

PLAN DE LA PRÉSENTATION

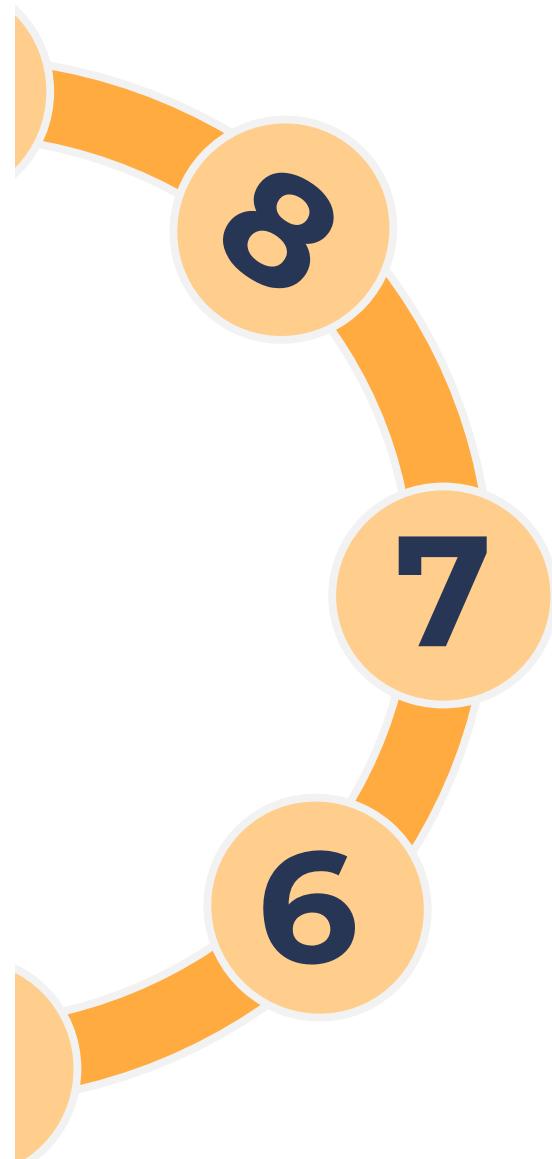


PLAN DE LA PRÉSENTATION



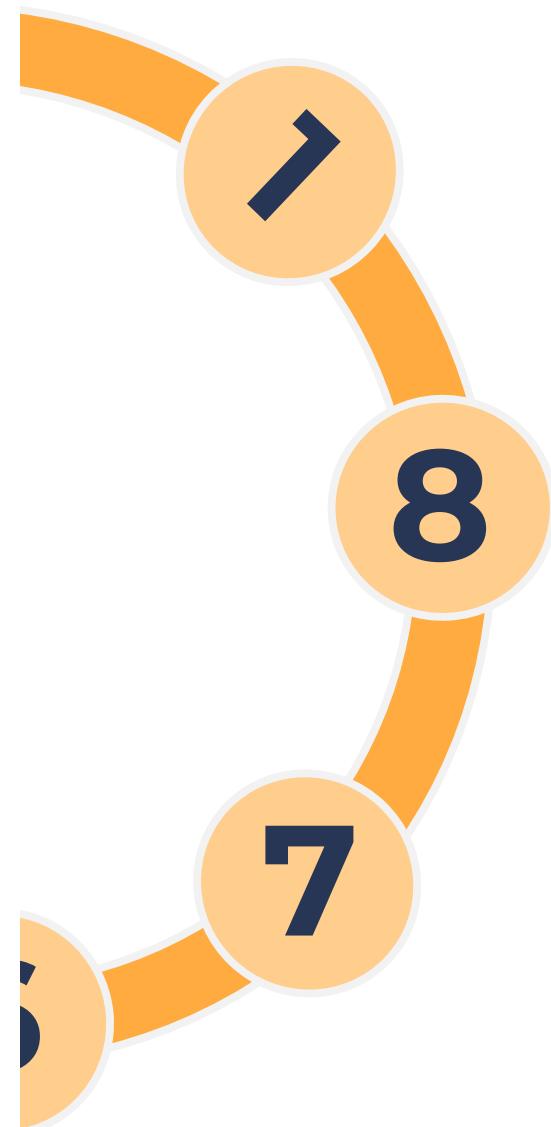
CALCUL STATIQUE ÉQUIVALENT

PLAN DE LA PRESENTATION



JUSTIFICATION DE LA SECURITE

PLAN DE LA PRESENTATION

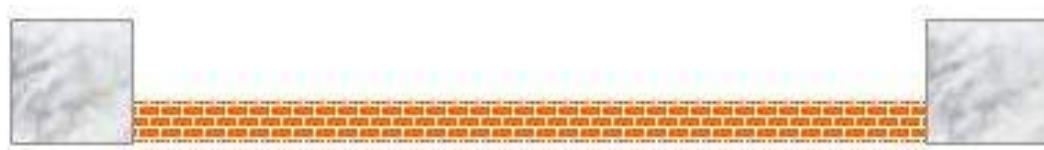


DIMENSIONNEMENT BETON ARME

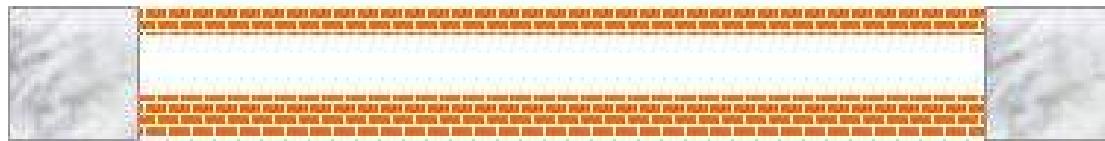
SYSTÈME STRUCTUREL: SYSTÈME À OSSATURE OU SYSTÈME MIXTE ÉQUIVALENT À OSSATURE, AVEC REMPLISSAGE EN MAÇONNERIE RIGIDE

C'est une ossature constituée uniquement de portiques capables de reprendre la totalité des sollicitations dues aux charges verticales et horizontales.

les éléments de remplissage de la structure sont constitués par des murs en maçonnerie de petits éléments insérés dans le cadre poteaux-poutres dont l'épaisseur (hors crépissage) ne dépasse pas 10 cm

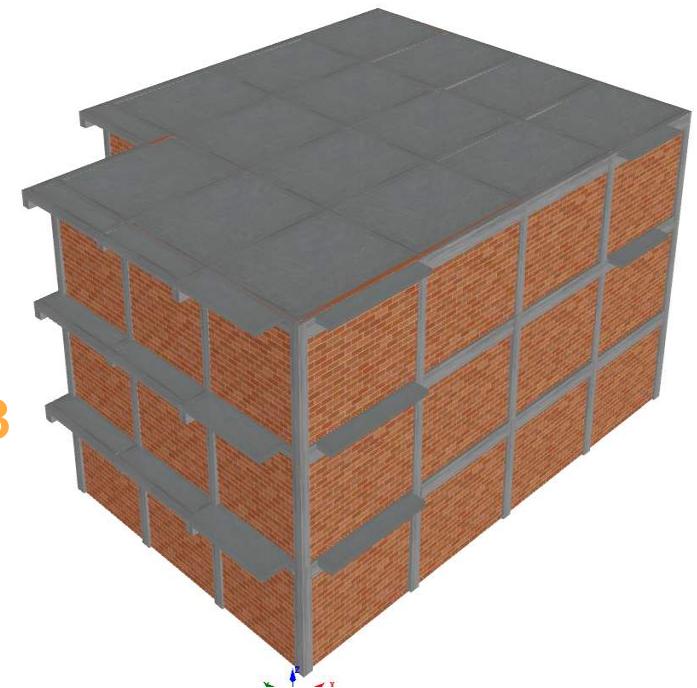


(exception faite pour les remplissages périphériques ou les séparations entre deux (2) logements ou deux locaux d'un même niveau ou une deuxième paroi de 5 cm , du coté intérieur est tolérée ;



PRÉSENTATION DU BATIMENT

- Zone sismique: (**zone III**)
- Groupe d'usage : **Groupe 2** Bâtiments d'importance moyenne
- Classification du site : Site meuble **S3**
[Rapport géotechnique]
- Système structurel: Système à ossature ou système mixte équivalent à ossature, avec remplissage en maçonnerie rigide
(RPA 2024- système 03)



R+2

PRÉSENTATION DU BATIMENT

- Zone sismique: (zone III) [RPA 2024-Tab 3.1]
- Le spectre, selon la zone sismique, est de:
Type 1 : appliqué aux zones sismiques IV, V et VI
Type 2 : appliqué aux zones sismiques I, II et III [RPA 2024-Tab 3.5].

PRÉSENTATION DU BATIMENT

- Zone sismique: (zone III) [RPA 2024-Tab 3.1]

Zone de sismicité	Niveau de sismicité	A
0	Très faible	-
I	Faible	0.07
II	Faible à moyenne	0.10
III	Moyenne	0.15
IV	Moyenne à élevée	0.20
V	Elevée	0.25
VI	Elevée	0.30

- Le spectre, selon la zone sismique, est de:
Type 1 : appliqué aux zones sismiques IV, V et VI
Type 2 : appliqué aux zones sismiques I, II et III [RPA 2024-Tab 3.5].

PRÉSENTATION DU BATIMENT

- Zone sismique: (zone III) [RPA 2024-Tab 3.1]

Zone de sismicité	Niveau de sismicité	A
0	Très faible	-
I	Faible	0.07
II	Faible à moyenne	0.10
III	Moyenne	0.15
IV	Moyenne à élevée	0.20
V	Elevée	0.25
VI	Elevée	0.30

- Le spectre, selon la zone sismique, est de:
 Type 1 : appliqué aux zones sismiques IV, V et VI
 Type 2 : appliqué aux zones sismiques I, II et III [RPA 2024-Tab 3.5].

Spectre type 2 (Zones I, II et III)	s	T ₁ (s)	T ₂ (s)	T ₃ (s)
site: S ₁	1.00	0.05	0.25	1.20
site: S ₂	1.30	0.05	0.30	1.20
site: S ₃	1.55	0.10	0.40	1.20
site: S ₄	1.80	0.10	0.50	1.20

PRÉSENTATION DU BATIMENT

- Groupe d'usage : **Groupe 2**
Bâtiments d'importance moyenne [**RPA 2024-Tab 3.11**]
- Système à ossature et système mixte équivalent à ossature, avec remplissage en maçonnerie rigide (**système 03**) [**RPA 2024-Tab 3.13**]

PRÉSENTATION DU BATIMENT

- Groupe d'usage : **Groupe 2**

Bâtiments d'importance

moyenne [RPA 2024-Tab

3.11]

- Système à ossature et système mixte équivalent à ossature, avec remplissage en maçonnerie rigide
(système 03) [RPA 2024-Tab 3.13]

Coefficient d'importance, I	Groupe d'importance			
	1A	1B	2	3
I	1.40	1.20	1	0.80

PRÉSENTATION DU BATIMENT

- Groupe d'usage : **Groupe 2**

Bâtiments d'importance

moyenne [RPA 2024-Tab

3.11]

- Système à ossature et système mixte équivalent à ossature, avec remplissage en maçonnerie rigide
(système 03) [RPA 2024-Tab 3.13]

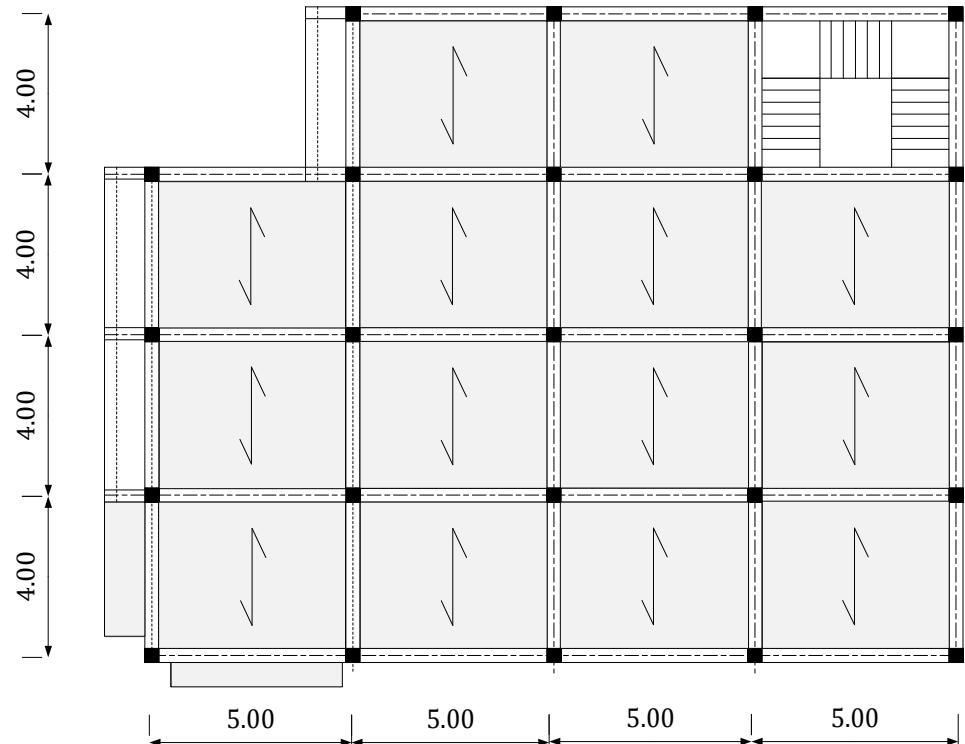
Coefficient d'importance, I	Groupe d'importance			
	1A	1B	2	3
I	1.40	1.20	1	0.80

Zone sismique	I et II	III	IV	V et VI
Nombre maximal de niveaux	7	6	5	5
Hauteur maximale (m)	23	20	17	17

Limitations en nombre de niveaux et en hauteur

DIMENSIONS DES ÉLÉMENTS

- Poteaux 40x40 (rez de chaussé)
- Poteaux 35x35 (autres niveaux)
- Poutres principales 30x50
- Poutres secondaires 35x35
- Plancher en corps creux (16+4) cm
- Hauteur totale 10,51 m
- Hauteur d'étage 3,57 m



RÈGLEMENT : CBA 93, RPA 2024

BÂTIMENT : GROUPE D'USAGE 2

- $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- Béton non fissuré
- Acier FeE400

SOL DE FONDATION CATÉGORIE S3 : SITE MEUBLE

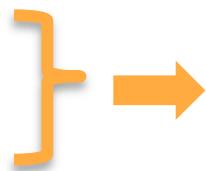
SÉISME : 2 composante horizontale (composante vertical ignorée)

1. MODÉLISATION NUMÉRIQUE DU BÂTIMENT

- Géométrie
- Masse

2. ANALYSE DE LA STRUCTURE

- Régularité en plan
- régularité en élévation



Choix de la méthode du calcul sismique (MSE, MMS)

2.1 CALCUL SISMIQUE

- Analyse modale
- Définition du spectre de réponse
- Analyse modale spectrale

2.2 CALCUL STATIQUE ÉQUIVALENT (EFFORT TRANCHANT À LA BASE)

3. JUSTIFICATION DE LA SÉCURITÉ

4. EXPLOITATION DES RÉSULTATS

Calcul des poteaux et poutres

RIGIDITÉ & GÉOMÉTRIE

1. ELÉMENTS MODÉLISÉS : STRUCTURES PRINCIPALES EN BÉTON ARMÉ PARTICIPANT AU CONTREVENTEMENT DU BÂTIMENT

Poteaux et poutres

Élément linéaire « Frame »

2. ELÉMENTS NON MODÉLISÉS

Fondations

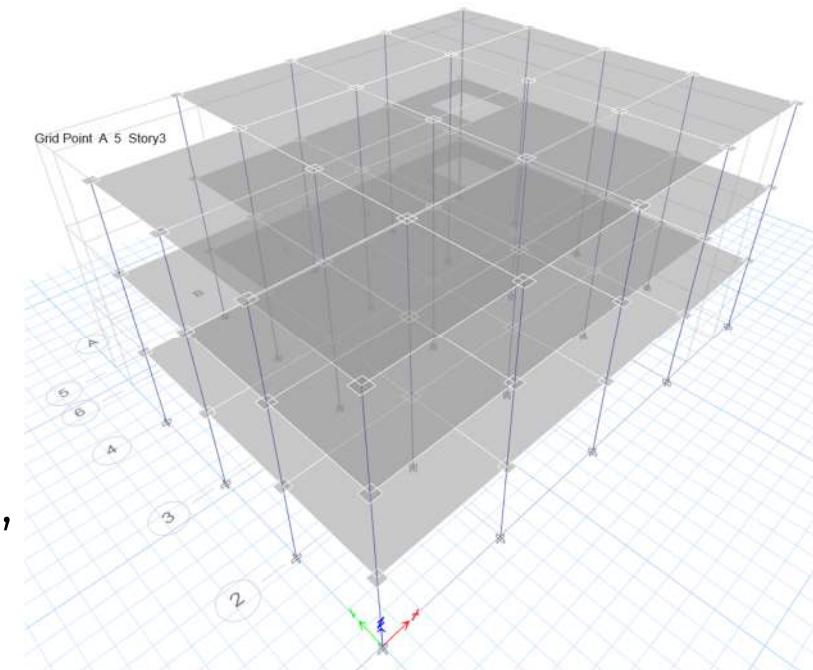


Conditions d'appui =
encastrement à la
base

Eléments
structuraux
secondaires



Volés
d'escalier,
maçonneries,
...



3. HYPOTHÈSE DU DIAPHRAGME RIGIDE

ANALYSE MODALE

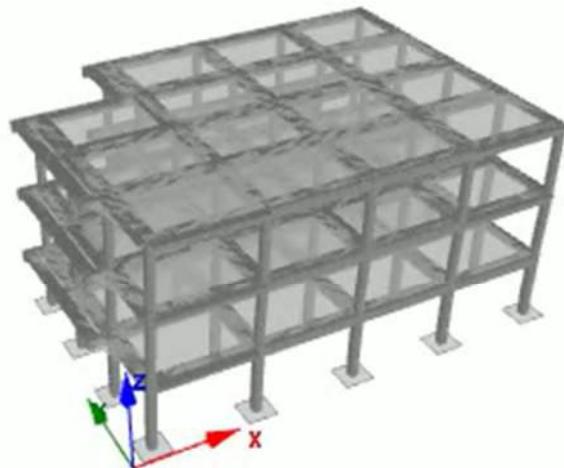
Pas d'interaction sol – structure

Nombre de mode à retenir ? Critère de masse effective cumulée, critère de période Combinaison des réponses modales ? SRSS, CQC

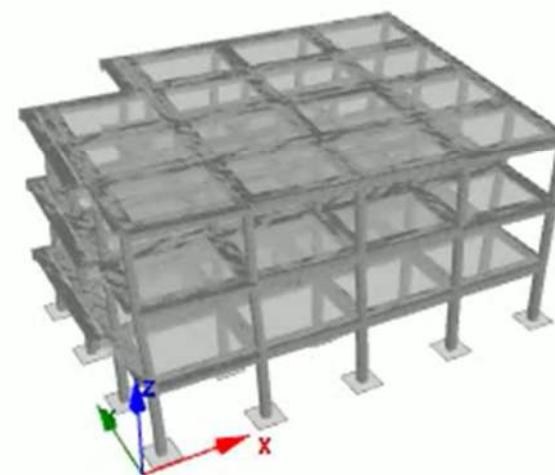
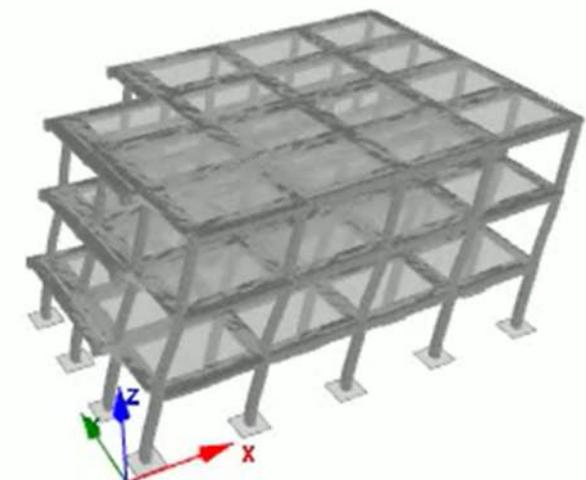
Mode	Période (sec)	Masse effective X	Masse effective Y	Cumul X	Cumul Y
1	0.622	2.654E-06	0.8204	2.654E-06	0.8204
2	0.528	0.8302	5.73E-06	0.8302	0.8204
3	0.507	0.0017	0.0002	0.8319	0.8206
4	0.195	0	0.1295	0.8319	0.950099
5	0.176	0.1234	0	0.9552	0.9500

ANALYSE MODALE

Mode 1



Mode 2



Mode 3

SPECTRE DE RÉPONSE DE CALCUL

$$\frac{S_{ad}}{g}(T) = \begin{cases} A.l.S. \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_1} \cdot \left(2.5 \frac{Q_F}{R} - \frac{2}{3} \right) \right] & si: 0 \leq T < T_1 \\ A.l.S. \left[2.5 \frac{Q_F}{R} \right] & si: T_1 \leq T < T_2 \\ A.l.S. \left[2.5 \frac{Q_F}{R} \right] \cdot \left[\frac{T_2}{T} \right] & si: T_2 \leq T < T_3 \\ A.l.S. \left[2.5 \frac{Q_F}{R} \right] \cdot \left[\frac{T_2 T_3}{T^2} \right] & si: T_3 \leq T < 4s \end{cases}$$

A: coefficient d'accélération de zone [RPA 2024, Tab 3.3]

S: coefficient de site [RPA 2024, Tab 3.4 et 3.5]

Q_F: facteur de qualité [RPA 2024, Tab 3.8]

I : coefficient d'importance [RPA 2024, Tab 3.11]

R: Coefficient de comportement de la structure [RPA 2024, Tab 3.18]

T₁, T₂ : limite inférieure et supérieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectrale constante [RPA 2024, Tab 3.4]

T₃ : valeur définissant le début de la branche à déplacement spectral constant

FACTEUR DE QUALITÉ

$$Q_F = 1 + \sum_{q=1}^{q=i} P_q$$

Catégorie	Critère, q	P _q	
		Observé	N/observé
(a)	1. Régularité en plan	0	0.05
	2. Régularité en élévation	0	0.20
	3. Conditions minimales sur le nombre étage	0	0.20
	4. Conditions minimales sur les travées	0	0.10
(b)	1. Régularité en plan	0	0.05
	2. Régularité en élévation	0	0.20
	3. Redondance en plan	0	0.05

COEFFICIENT DE COMPORTEMENT R

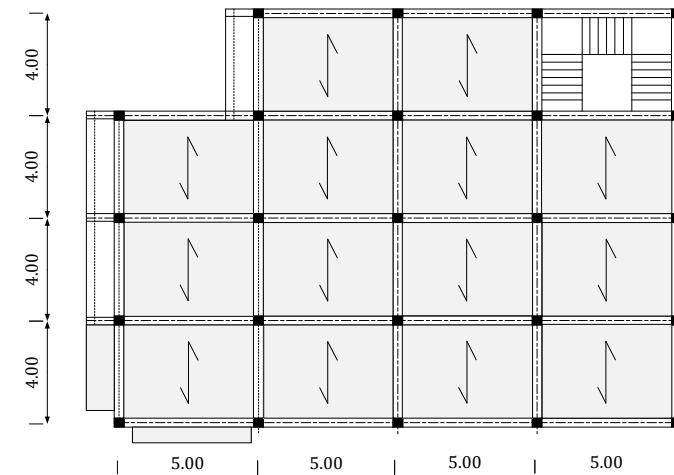
Système à ossature ou mixte équivalent à ossature avec remplissage en maçonnerie rigide

$$R = 3.5 \text{ (a)}$$

1. RÉGULARITÉ EN PLAN

■ Symétrie

observé



■ Limites des décrochements en plan

observé

$$0.25 \leq \frac{L_x}{L_y} \leq 4$$

■ la surface totale des ouvertures de plancher doit rester inférieure à 15% de celle de ce dernier

observé

$$\begin{cases} e_{ox} \leq 0.30r_x \\ r_x \geq I_s \end{cases}$$

$$\begin{cases} e_{oy} \leq 0.30r \\ r_y \geq I_s \end{cases}$$

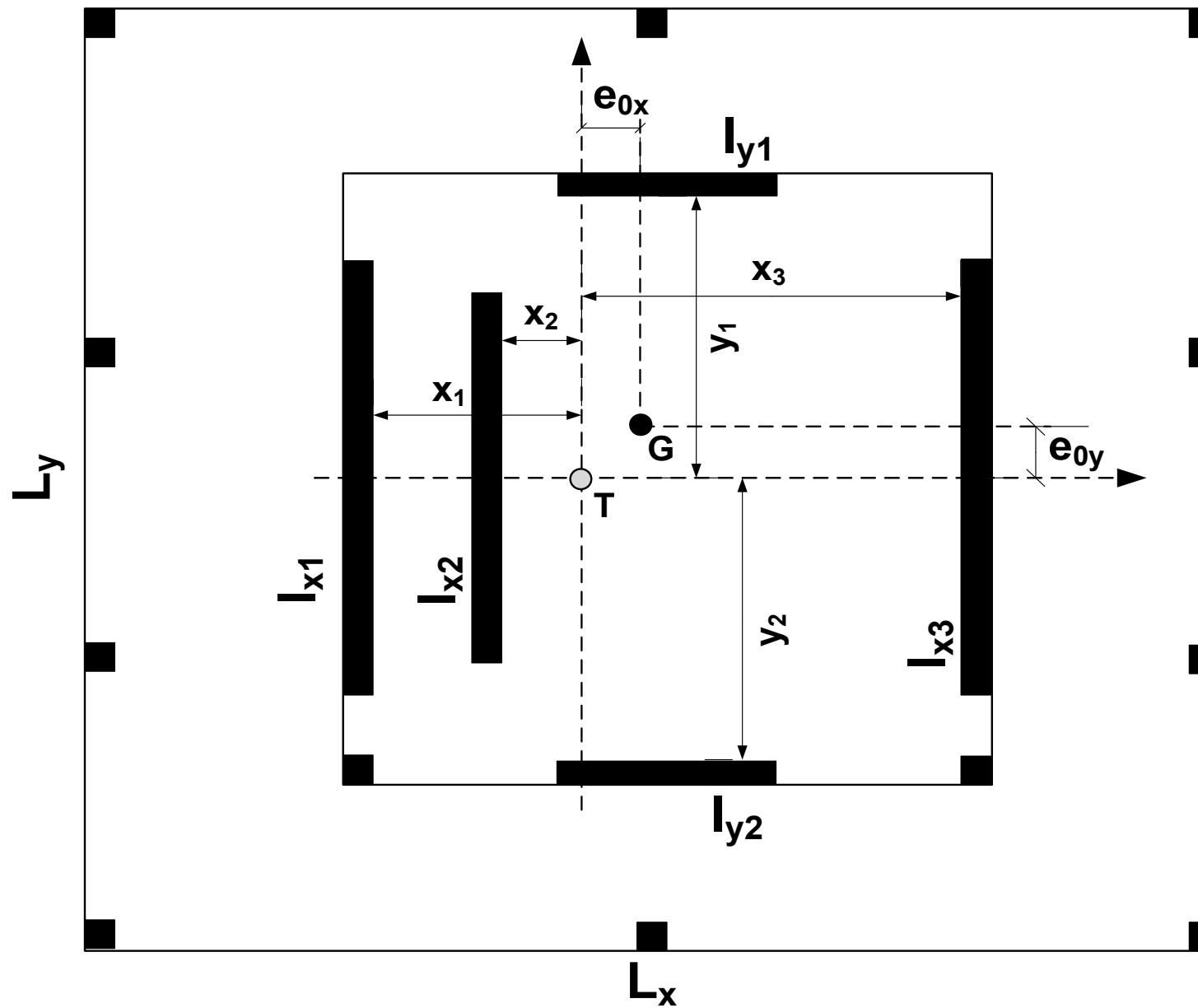
- * e_{ox} est la distance entre le centre de rigidité et le centre de gravité, mesurée suivant la direction x perpendiculaire à la direction de calcul considérée ;
- * e_{oy} est la distance entre le centre de rigidité et le centre de gravité, mesurée suivant la direction y perpendiculaire à la direction de calcul considérée ;
- * r_x et r_y : sont, respectivement, les rayons de torsion suivant x et y
- * I_s est le rayon de giration massique du plancher en plan

Les rayons de torsion suivant x et y

$$\left\{ \begin{array}{l} r_x = \sqrt{\frac{\Sigma [x_i^2 \cdot I_{xi} + y_i^2 \cdot I_{yi}]}{\Sigma I_{xi}}} \\ r_y = \sqrt{\frac{\Sigma [x_i^2 \cdot I_{xi} + y_i^2 \cdot I_{yi}]}{\Sigma I_{yi}}} \end{array} \right.$$

ANALYSE MODALE – SPECTRALE

5



Le rayon de giration massique du plancher en plan

$$l_s = \sqrt{\left[\frac{\Sigma m_j(x_j^2 + y_j^2)}{\Sigma m_j} \right]}$$

$\Sigma m_j(x_j^2 + y_j^2)$: Moment d'inertie polaire du plancher

Σm_j : Masse du plancher

PLANCHER RECTANGULAIRE

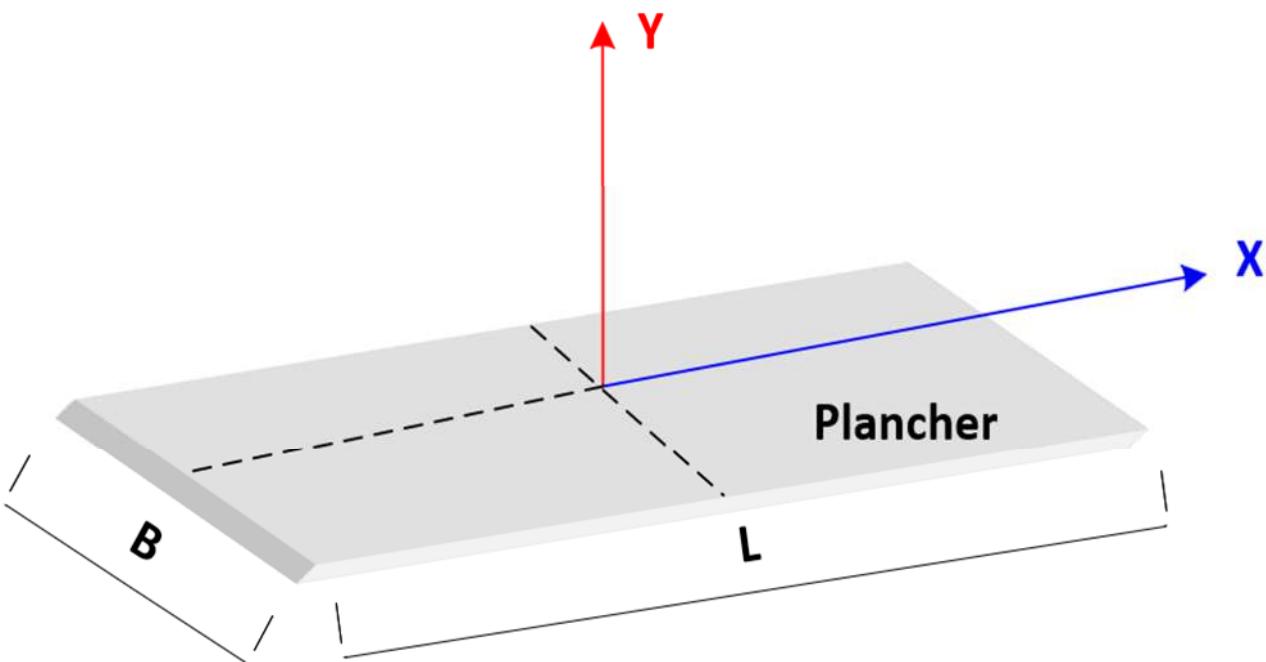
Épaisseur négligeable

Distribution uniforme de la masse

$$I_P = I_{XX} + I_{YY} \quad \text{Moment d'inertie polaire du plancher}$$

$$I_{XX} = \frac{mL^2}{12}$$

$$I_{YY} = \frac{mB^2}{12}$$



$$l_s = \sqrt{\left[\frac{\sum m_j(x_j^2 + y_j^2)}{\sum m_j} \right]} = \sqrt{\left[\frac{I_P}{m} \right]} = \sqrt{\left[\frac{\frac{mL^2}{12} + \frac{mB^2}{12}}{m} \right]} = \sqrt{\left[\frac{L^2 + B^2}{12} \right]}$$

$$\begin{cases} r_x = \sqrt{\frac{\sum [x_i^2 \cdot I_{xi} + y_i^2 \cdot I_{yi}]}{\sum I_{xi}}} \\ r_y = \sqrt{\frac{\sum [x_i^2 \cdot I_{xi} + y_i^2 \cdot I_{yi}]}{\sum I_{yi}}} \end{cases}$$

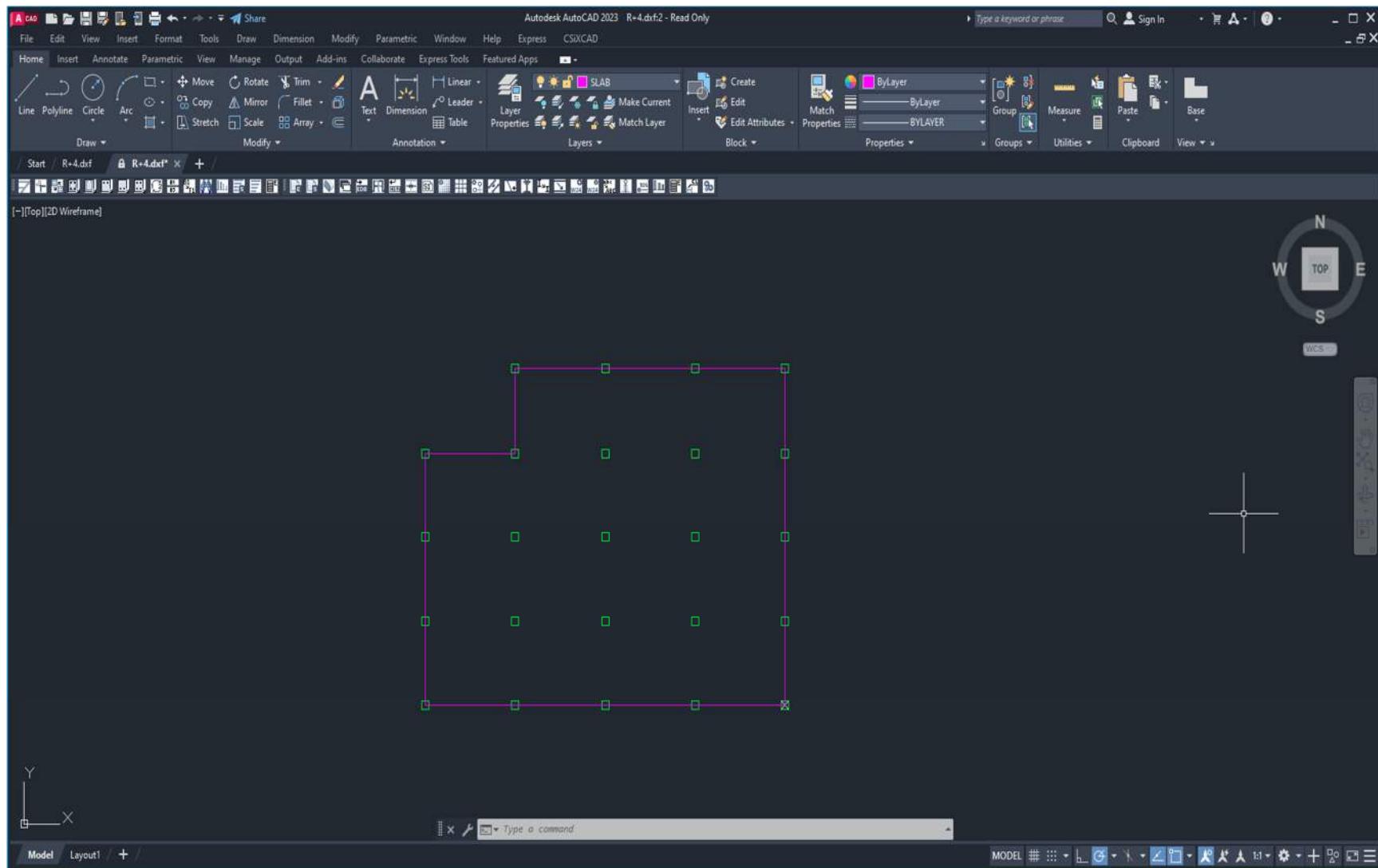
$$l_s = \sqrt{\left[\frac{\sum m_j (x_j^2 + y_j^2)}{\sum m_j} \right]}$$

Calcul manuel ou calcul avec des applications tel que **REGEC8:**
Regularity in plan

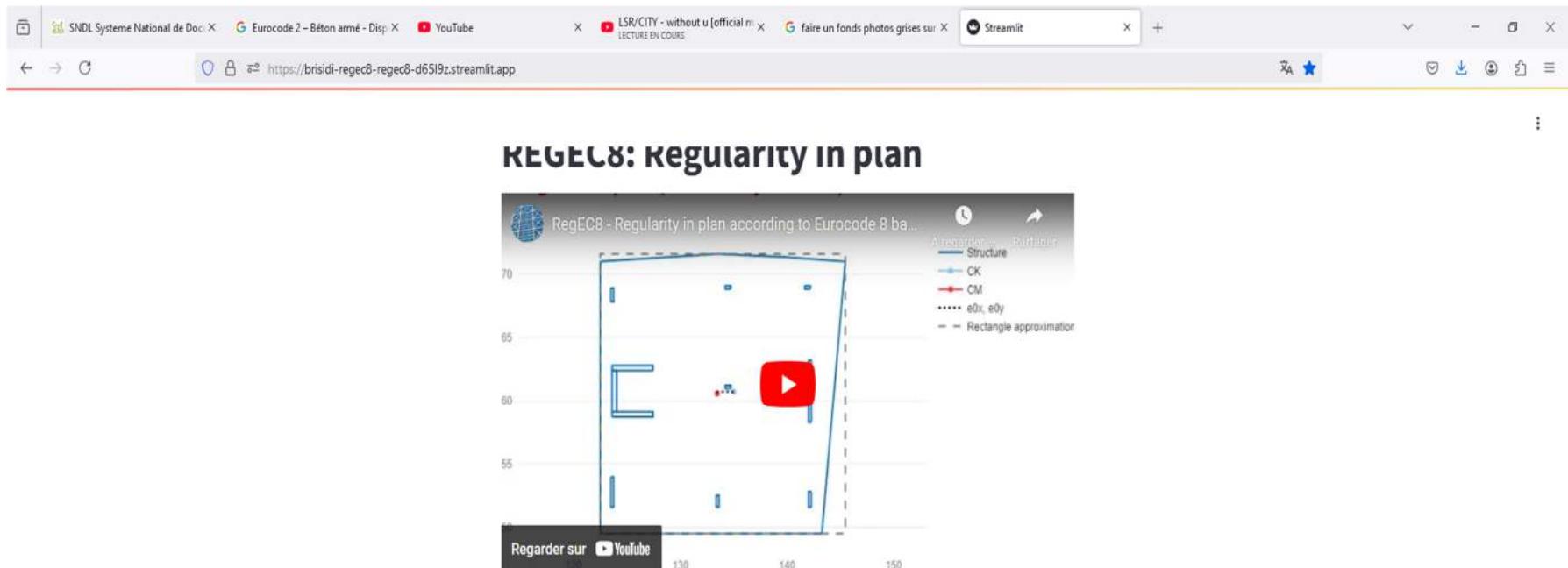
<https://brisidi-regec8-regec8-d65l9z.streamlit.app/>

REGEC8: Regularity in plan

1- Préparation du fichier DFX



2- Accédé au site <https://brisidi-regec8-regec8-d65l9z.streamlit.app/>



Disclaimer: REGEC8 App

The REGEC8 web app ("the App") is provided "as-is", and the use of this App is at your own risk. The App is designed to assess the regularity of buildings according to Eurocode 8. However, please note the following:

- Early Access Version: The App is currently in an early access version and is still under testing and development. It may contain bugs, inaccuracies, or other issues that could affect its functionality.
- No Warranty: The creators and developers of the App make no warranties or representations regarding the accuracy, reliability, or suitability of the App for any purpose. The App is provided without any express or implied warranties, including but not limited to warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement.
- Reporting Bugs: Users are encouraged to report any bugs, issues, or feedback they encounter while using the App. Please submit bug reports or feedback via the contact form at <https://brisidi.com/>.



3- Accédez au site avec votre identifiant



- The static eccentricities are calculated based on a simplified analysis using the translational stiffness represented by the moments of inertia. This method may not be applicable to multi-storey buildings and buildings with mixed earthquake resisting systems. See Section 4.2.3.2 of EN 1998-1:2004.
- The user must carefully draw the floor outline as a single, non self-intersecting, closed polyline with straight segments (no arcs). When using this approach, it is important to note that the explicit consideration of any openings is not possible. It becomes the user's responsibility to make informed and rational choices while drawing the floor outline. Careful consideration and judgement should be exercised by the user to ensure the accuracy and reliability of the floor outline.
- The user must carefully draw the walls and/or columns as non self-intersecting closed polylines without arcs. It is up to the user to make decisions regarding which walls or columns should be included in the analysis and, consequently, drawn. Similarly, the user has the discretion to determine which walls or columns, if any, should be excluded from the analysis.

By using the REGECC8 App, you acknowledge that you have read, understood, and agreed to this disclaimer.

I accept the terms and conditions.

Sign up (new users) or sign in

Email:

fouad.kehila@gmail.com|

Press Enter to apply

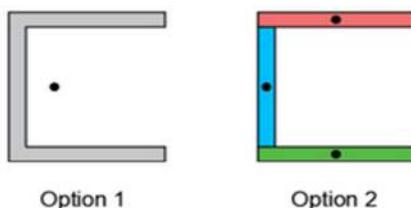
Sign Up or Sign In and Accept the Terms and Conditions

Access denied. Please accept the terms and conditions and provide a valid email to proceed.

4- Charger le fichier DXF de votre structure

Instructions:

- Use only closed polylines to build the geometry (walls, slab contour). Draw any arcs as multiple straight line segments (not as arcs).
- Reinforced concrete cores can be modelled as a single section or as a collection of simple walls, as illustrated in the figure below. The choice is up to the user. The results will be affected by this choice.



Option 1

Option 2

- Use a single closed polyline for the slab contour. Draw any arcs as multiple straight line segments (not as arcs).
- Put the walls and the slab contour in separate layers.
- Avoid self-intersecting polylines and polylines with arcs. The app will return incorrect results in these cases.
- Save the drawing in DXF format and upload it.
- Always check the results independently.

DXF file:



Drag and drop file here

Limit 200MB per file • DXF

Browse files

ANALYSE MODALE – SPECTRALE

5

Envoi du fichier

Bureau > Nouveau dossier

Organiser

Nom

- Accueil
- Galerie
- OneDrive - Pers.
- Bureau
- Téléchargem.
- Images
- Bloc B
- Musique
- Vidéos
- R+2

Aucun aperçu n'est disponible.

Nom du fichier : R+2

*.dxf

Ouvrir Annuler

(walls, slab contour). Draw any arcs as multiple

single section or as a collection of simple walls, as

to the user. The results will be affected by this choice.

Option 2

Draw any arcs as multiple straight line segments (not

- Put the walls and the slab contour in separate layers.
- Avoid self-intersecting polylines and polylines with arcs. The app will return incorrect results in these cases.
- Save the drawing in DXF format and upload it.
- Always check the results independently.

DXF file:

Drag and drop file here

Limit 200MB per file • DXF

Browse files

Option 1

Option 2

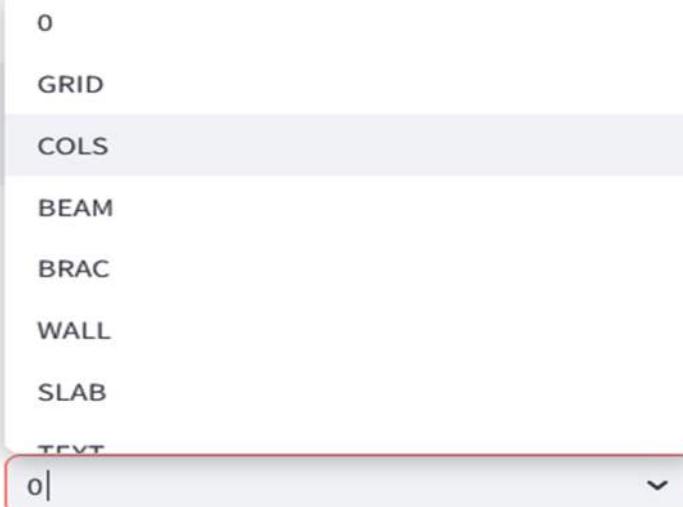
- Use a single closed polyline for the slab contour. Draw any arcs as multiple straight line segments (not as arcs).
- Put the walls and the slab contour in separate layers.
- Avoid self-intersecting polylines and polylines with arcs. The app will return incorrect results in these cases.
- Save the drawing in DXF format and upload it.
- Always check the results independently.

DXF file:

Drag and drop file here
Limit 200MB per file • DXF



R+2.dxf 197.1KB



Select layers

Layer of the floor outline

SLAB

0

Something went wrong. Make sure you followed the instructions correctly. Make sure you are selecting the correct layers and you are using closed polylines. If nothing works, please contact Brisid: <https://brisidi.com/contact/>.

5- obtention des résultats

Select layers

Layer of the floor outline

SLAB

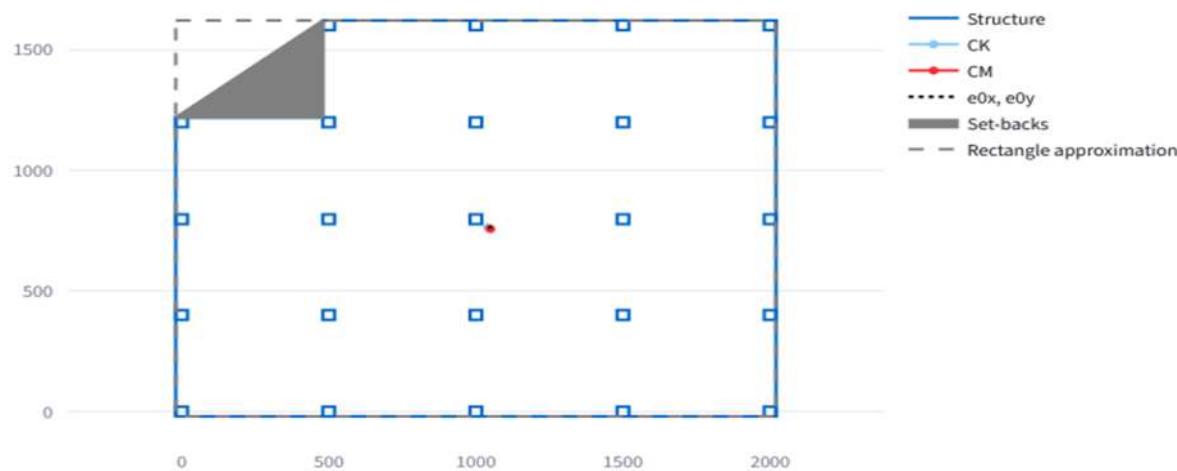
Layer of shear walls and columns

COLS

Results (EN 1998-1:2004, 4.2.3.2)



Regular in plan (read the notes carefully)



Floor area: 3145600.00.

Centre of mass (in DXF coordinates): (1048.96, 760.58).

Centre of stiffness (in DXF coordinates): (1041.67, 766.67).

Floor area: 3145600.00.

Centre of mass (in DXF coordinates): (1048.96, 760.58).

Centre of stiffness (in DXF coordinates): (1041.67, 766.67).

Distance between centre of mass and centre of stiffness:

- $e_{0x} = 7.29$
- $e_{0y} = 6.09$

Torsional radii:

- $r_x = 884.87$
- $r_y = 884.87$

Radius of gyration of the floor mass. $I_s = 734.15$.

The slenderness ratio of the floor (using a rectangular approximation) is $L/B=2040.00/1640.00=1.24$.

Centre de masse

Centre de rigidité

Pour notre exemple:

Résultats analytiques

$$r_x = \sqrt{\frac{\sum [x_i^2 \cdot I_{xi} + y_i^2 \cdot I_{yi}]}{\sum I_{xi}}} = \sqrt{\frac{4.01}{0.0512}} = 8.84 \text{ m}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{\sum [x_i^2 \cdot I_{xi} + y_i^2 \cdot I_{yi}]}{\sum I_{yi}}} = \sqrt{\frac{4.01}{0.0512}} = 8.84 \text{ m}$$

$$l_s = \sqrt{\left[\frac{\sum m_j (x_j^2 + y_j^2)}{\sum m_j} \right]} = 7.34 \text{ m}$$

Résultats numériques

$$r_x = \mathbf{8.8489 \text{ m}}$$

$$r_y = \mathbf{8.8489 \text{ m}}$$

$$l_s = \mathbf{7.3415 \text{ m}}$$

$$e_{0x} = X_m - X_c = 10.48 - 10.42 = 0.06 \text{ m}$$

$$e_{0y} = Y_m - Y_c = 7.61 - 7.67 = 0.06 \text{ m}$$

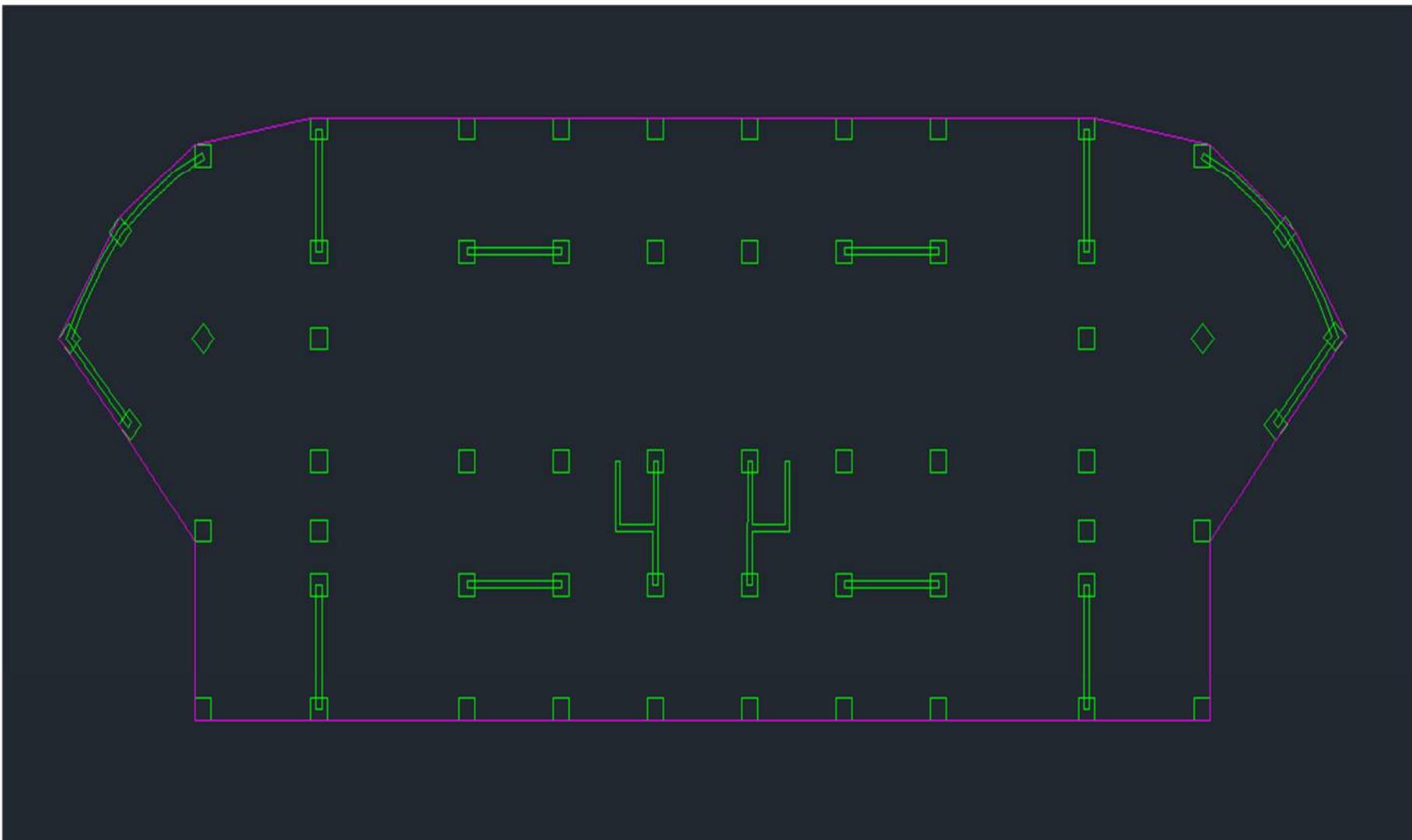
$$\begin{cases} e_{ox} \leq 0.30r_x \\ r_x \geq I_s \end{cases} \quad \begin{cases} 0.06 \leq 2.65 \\ 8.84 \geq 7.34 \end{cases}$$

observé

$$\begin{cases} e_{oy} \leq 0.30r_y \\ r_y \geq I_s \end{cases} \quad \begin{cases} 0.06 \leq 2.65 \\ 8.84 \geq 7.34 \end{cases}$$

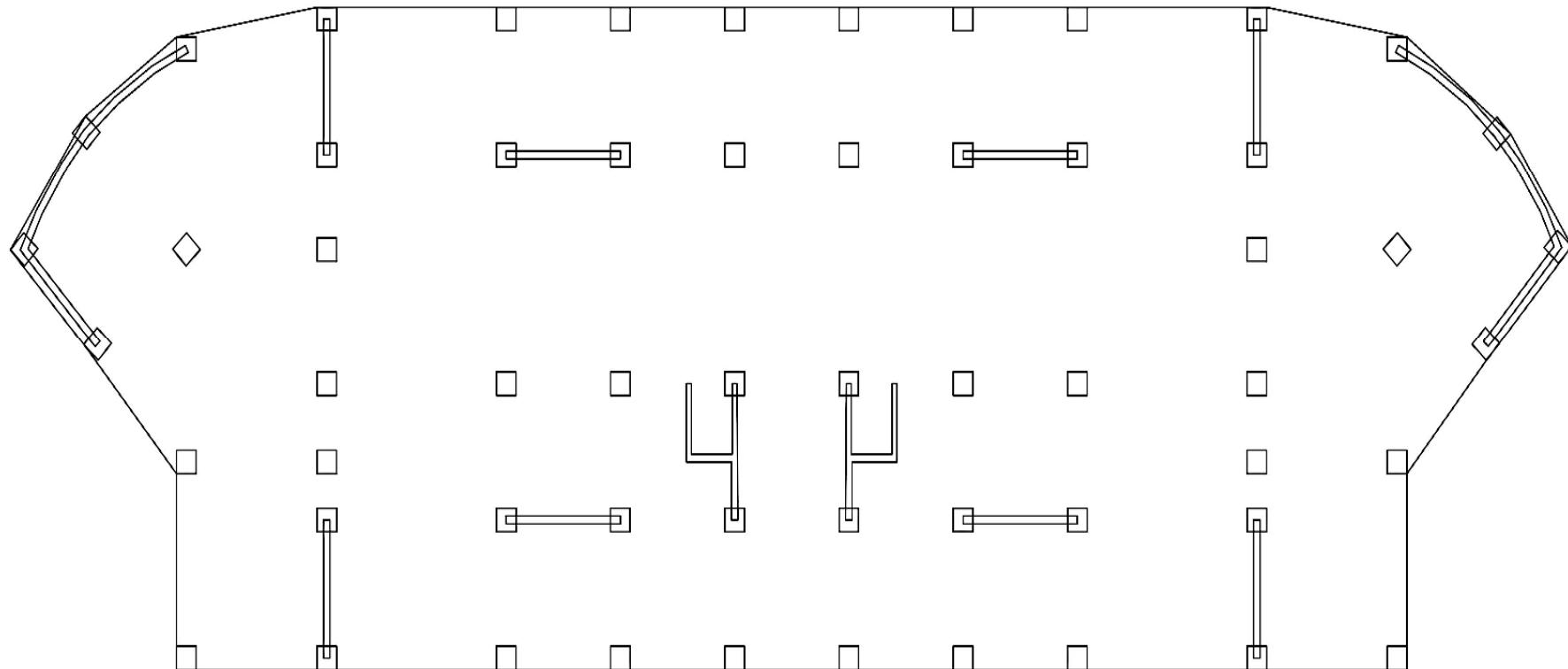
observé

Example: structures en voile

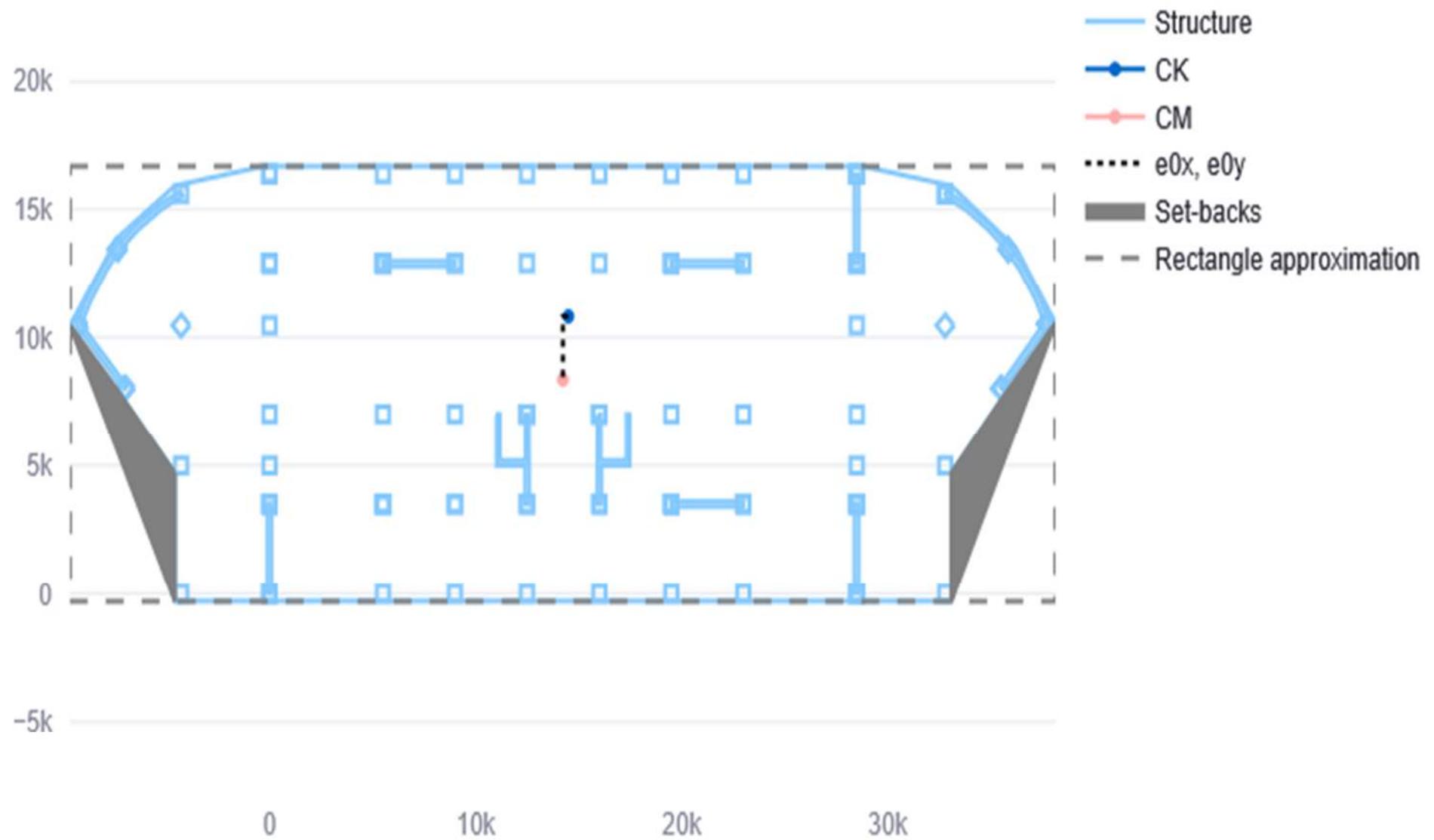


ANALYSE MODALE – SPECTRALE

5



Résultats



Résultats

Floor area: 697676893.10.

Centre of mass (in DXF coordinates): (14238.49, 8359.99).

Centre of stiffness (in DXF coordinates): (14505.45, 10806.79).

Distance between centre of mass and centre of stiffness:

- $e_{0x} = 266.96$
- $e_{0y} = 2446.81$

Torsional radii:

- $r_x = 20292.99$
- $r_y = 30982.88$

Radius of gyration of the floor mass: $I_s = 12931.70$.

2. RÉGULARITÉ EN ÉLÉVATION

- **Le système de contreventement ne doit pas comporter d'élément porteur vertical discontinu, dont la charge ne se transmet pas directement à la fondation**

- **la raideur que la masse des différents niveaux restent constantes ou diminuent progressivement et sans changement brusque de la base au sommet du bâtiment (RDC Pot 40x40, Autres niveaux 35x35)**

observé

observé

- Le rapport de masse, sur rigidité de deux niveaux successifs, ne doit pas varier de plus de 25% dans chaque direction de calcul

$$\frac{m_i/k_{i,x}}{m_{i-1}/k_{i-1,x}} \leq 0.25$$

$$\frac{m_i/k_{i,y}}{m_{i-1}/k_{i-1,y}} \leq 0.25$$

Sens X-X

Etage	K(Kn/m)	Masse (Ton)	M _i /K _i	(M _i /K _i)/(M _{i-1} /K _{i-1})
3	147681.231	289.28	0.01958814	1.12
2	152319.604	265.158	0.017408	1.74
1	284407.177	284.2355	0.00999396	-

Non
observé

Sens Y-Y

Etage	K(kN/m)	Masse (Ton)	M _i /K _i	(M _i /K _i)/(M _{i-1} /K _{i-1})
3	100964.317	289.28	0.02865171	1.18
2	109462.914	265.158	0.02422355	1.85
1	217682.531	284.2355	0.01305734	-

Non
observé

- Pas de décrochements en élévation observé

3. CONDITIONS MINIMALES SUR LE NOMBRE ÉTAGE

La structure doit comporter au minimum deux niveaux

observé

4. CONDITIONS MINIMALES SUR LES TRAVÉES

observé

La structure doit présenter, à chaque niveau, au minimum trois (03) travées

$$Q_F = 1 + (0+0+0+0+0+0+0+0.2+0+0)$$

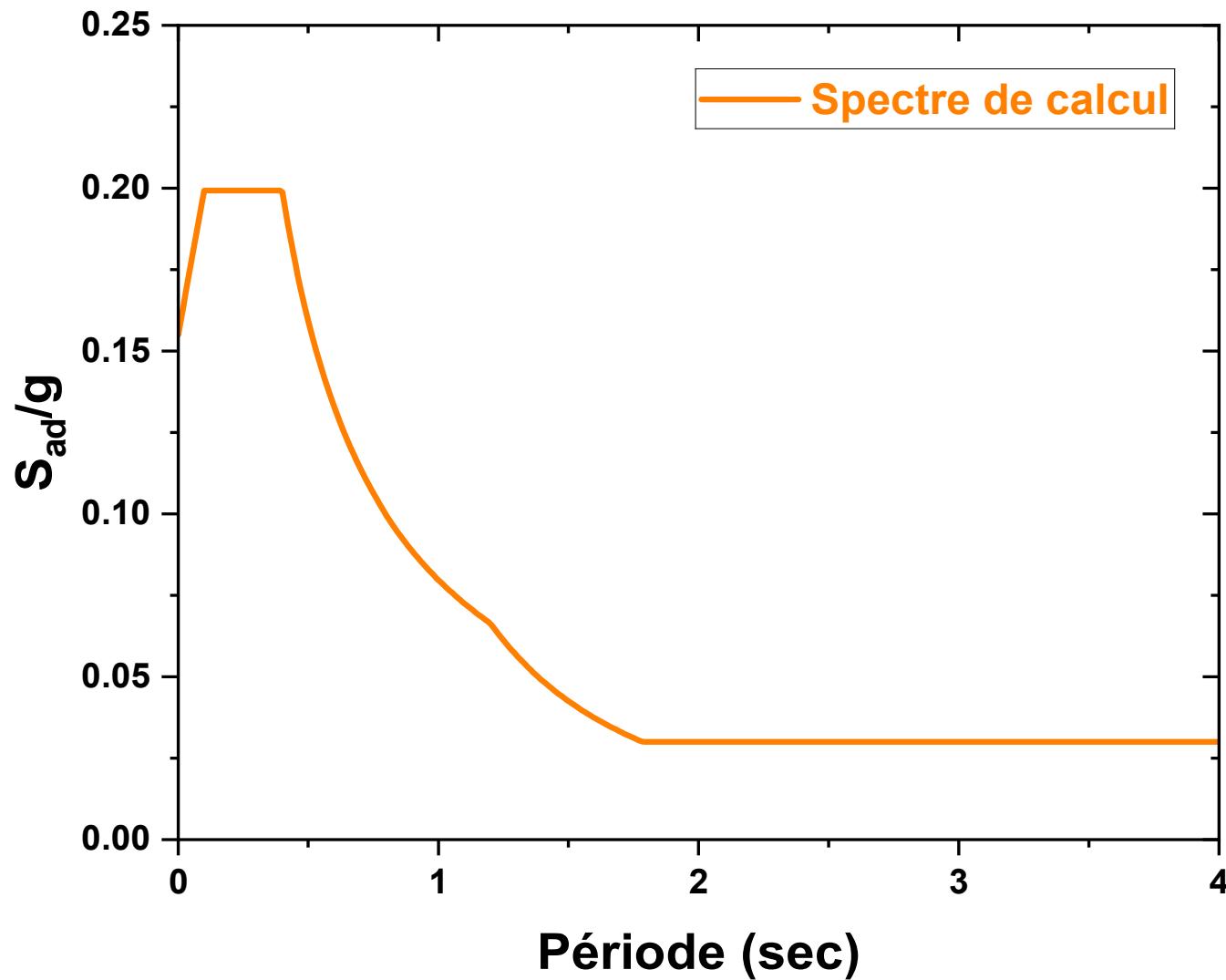
$$Q_F = 1.2$$

Pour notre exemple:

Zone sismique III, type de spectre : Type 2, Type de sol: S3, Groupe d'importance 2

- A: Coefficient d'accélération de zone [RPA 2024,Tab 3.3] $A = 0.15$
- S: Coefficient de site [RPA 2024,Tab 3.4 et 3.5] $S = 1.55$
- T_1, T_2, T_3 [RPA 2024,Tab 3.5] $T_1 = 0.1 \text{ s}$
 $T_2 = 0.4 \text{ s}$
 $T_3 = 2.0 \text{ s}$
- I : Coefficient d'importance [RPA 2024,Tab 3.11] $I = 1$
- R: Coefficient de comportement de la structure [RPA 2024,Tab 3.18] $R = 3.5$

SPECTRE DE CALCUL



RÉSULTANTE DES FORCES SISMIQUES À LA BASE

La condition primaire du dimensionnement sismique, Si:

**$V_{MMS} < 0,8 V_{MSE}$ augmenter la sollicitation sismique par le rapport
 $0,8 V_{MSE} / V_{MMS}$**

$$V = \lambda \cdot \frac{s_{ad}}{g} (T_0) \cdot W$$

 {

$\frac{s_{ad}}{g} (T_0)$	Ordonnée du spectre de calcul (pour la période T_0 ;
T_0	Période fondamentale de vibration du bâtiment, pour le mouvement de translation dans la direction considérée
λ	Coefficient de correction

Pour notre exemple:

- $\lambda = \begin{cases} 0.85 & \text{si } T_0 \leq (2.T_2) \text{ et si le bâtiment a plus de 2 niveaux} \\ 1 & \text{autrement} \end{cases}$

Notre bâtiment a plus de niveaux

$\lambda = 0.85$

- Pour l'estimation des charges permanentes et charges d'exploitation appliquées, les valeurs suivantes ont été considérées :

$G_{\text{étage courant}} : 5.3 \text{ kN/m}^2$	$Q_{\text{étage courant}} : 1.5 \text{ kN/m}^2$
$G_{\text{terrasse}} : 6.6 \text{ kN/m}^2$	$Q_{\text{terrasse}} : 1 \text{ kN/m}^2$

$$W_i = W_{Gi} + \psi \cdot W_{Qi}$$

$\psi = 0,3$ (Bâtiments d'habitation, bureaux ou assimilés) [RPA 2024, Tab 4.2]

le poids total de la structure

W = 8217.2 kN

PÉRIODE T UTILISÉE POUR LE CALCUL

$$T_{empirique} = C_T \cdot (h_N)^{3/4}$$

Cas	Période à utiliser
$T_{calcul} < 1.3 T_{empirique}$	$T_0 = T_{calcul}$
$T_{calcul} \geq 1.3 T_{empirique}$	$T_0 = 1.3 T_{empirique}$

Pour notre exemple:

- Hauteur totale du bâtiment $h_n = 10.71\text{m}$
- C_T : Coefficient, fonction du système de contreventement
Ossature en portiques en béton armé ou en acier
avec remplissage en maçonnerie [RPA 2024, Tab 4.3] $C_T = 0.05$
- La période de calcul (extrait du logiciel de calcul ETABS)

$T_{calcul} (X-X) = 0.528 \text{ sec}$

$T_{calcul} (Y-Y) = 0.622 \text{ sec}$

CALCUL STATIQUE ÉQUIVALENT

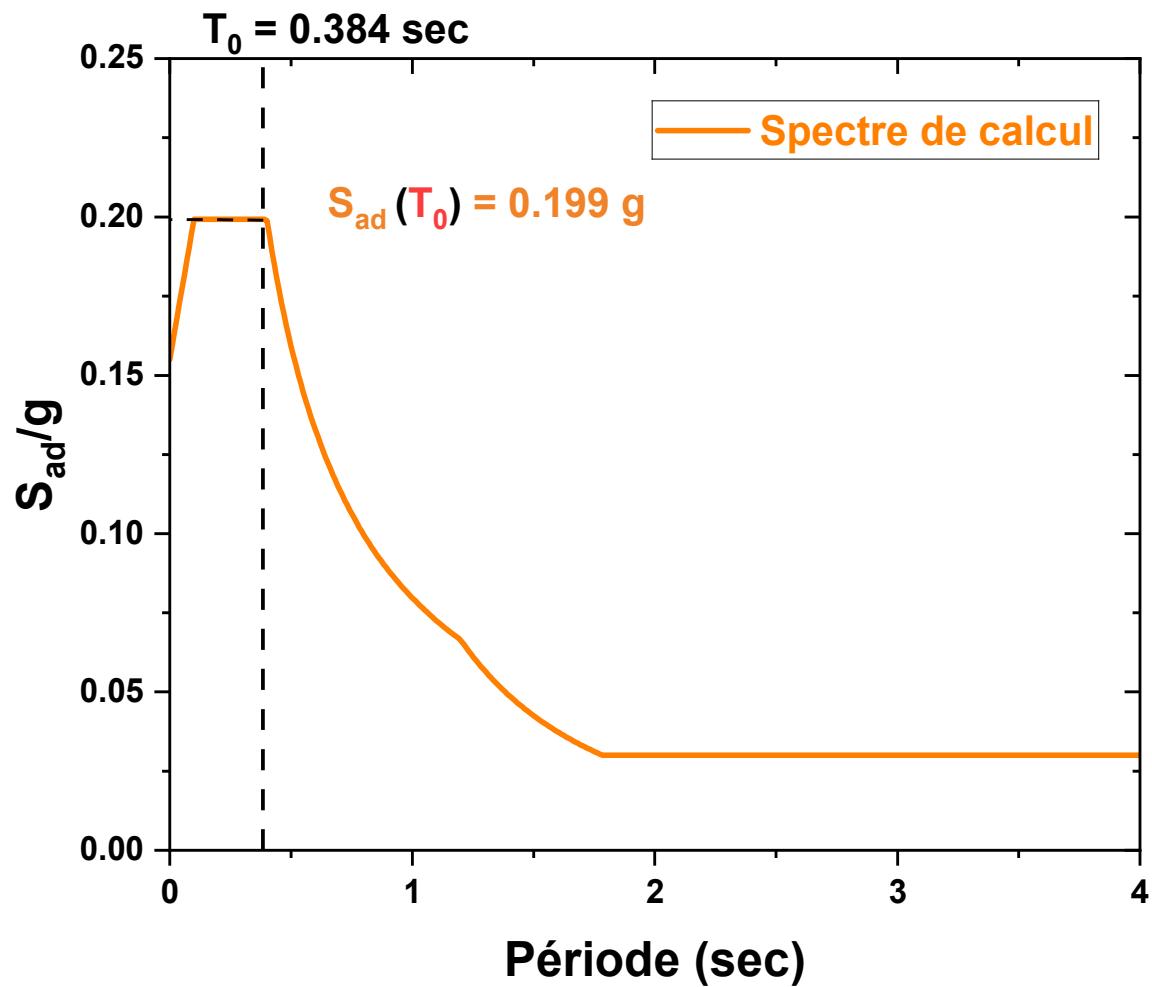
6

	T_{calcul}	$T_{empirique}$	$1.3T_{empirique}$
X-X	0.528	0.296	0.384
Y-Y	0.622	0.296	0.384

Pour notre exemple: $T_{calcul} \geq 1.3 T_{empirique} \rightarrow T_0 = 1.3 T_{empirique}$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_0 (X-X) = 0.384 \text{ sec} \\ T_0 (Y-Y) = 0.384 \text{ sec} \end{array} \right.$$

■ Ordonnée du spectre de calcul pour la période T_0



$$\frac{S_{ad}}{g}(T_0) = 0.199$$

■ Calcul de l'effort tranchant a la base (statique)

$$V = \lambda \cdot \frac{s_{ad}}{g} (T_0) \cdot W$$

$$V = 0.85 \times 0.199 \times 8217.19$$

V = 1389.94kN Pour les directions X-X et Y-Y

■ Calcul de l'effort tranchant a la base de calcul (ETABS)

$$V_X = 1354.47 \text{ kN}$$

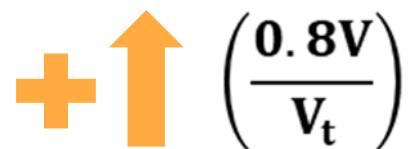
$$V_Y = 1205.38 \text{ kN}$$

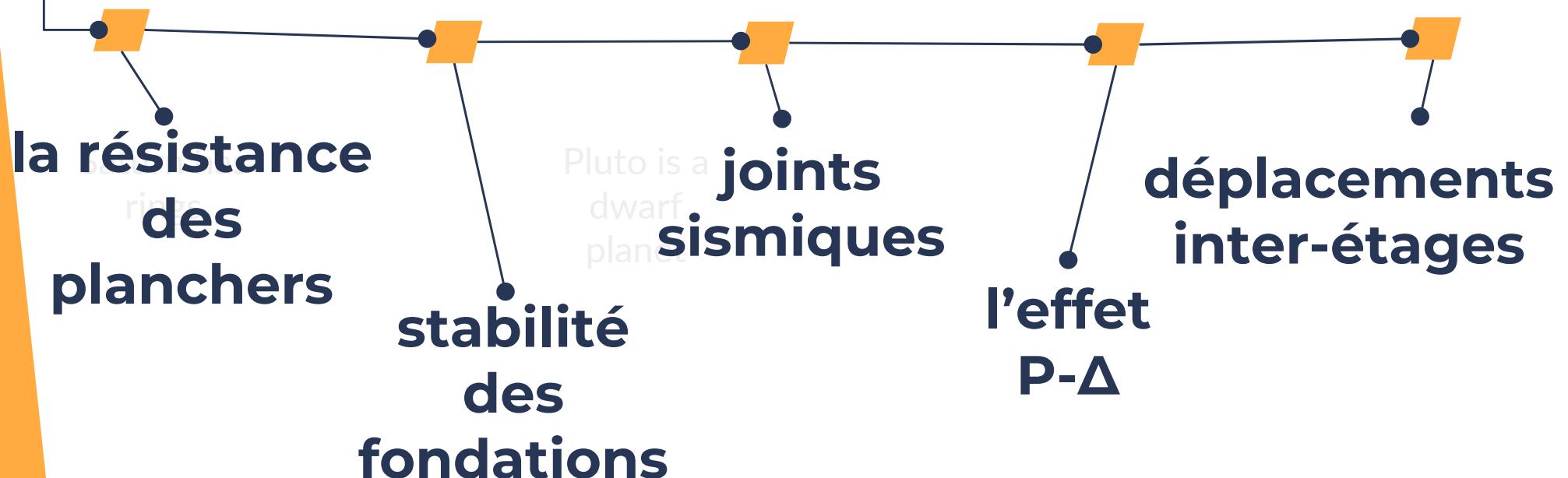
■ { $V_x > 0.8 V_{\text{statique}}$ $1354.47 \text{ kN} > 0.8 * 1389.94 = 1111.95 \text{ kN}$
 $V_y > 0.8 V_{\text{statique}}$ $1205.38 \text{ kN} > 0.8 * 1389.94 = 1111.95 \text{ kN}$

Condition vérifiée

Si: $(V_t \leq 0.8V)$

Augmenter tous les paramètres de la réponse par le rapport





9

8

7

6

5

4

3

2

Combinaisons d'actions

Composantes horizontales

$$\begin{cases} G + \psi Q + E_1 \\ G + \psi Q + E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_1 = \pm E_x \pm 0.3E_y \\ E_2 = \pm 0.3E_x \pm E_y \end{cases}$$

Composante verticale

$$\begin{cases} G + \psi \cdot Q + E_3 \\ G + \psi \cdot Q + E_4 \\ G + \psi \cdot Q + E_5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_3 = \pm E_x \pm 0.3E_y \pm 0.3l \\ E_4 = \pm 0.3E_x \pm E_y \pm 0.3l \\ E_5 = \pm 0.3E_x \pm 0.3E_y \pm l \end{cases}$$

9

8

7

6

5

4

3

2

1

La résistance

$$S_d \leq R_d$$

S_d : sollicitation agissante de calcul résultant des combinaisons

R_d : sollicitation résistante de calcul de l'élément, calculée en fonction des propriétés du matériau constitutif.

9

8

7

6

5

4

la ductilité

Les exigences de ductilité minimale sont réputées satisfaites si toutes les dispositions constructives relatives au matériau et aux éléments structuraux

3

2

1

9

L'équilibre d'ensemble

8

7

6

5

Cette condition d'équilibre se refere a la stabilité d'ensemble du bâtiment ou de l'ouvrage, soumis a des effets de renversement et/ou de glissement dus aux sollicitations résultant des combinaisons d'actions.

4

3

2

1

9

La résistance des planchers

8

Les diaphragmes, dans les plans horizontaux, doivent pouvoir transmettre, les effets de l'action sismique aux divers contreventements auxquels ils sont liés

7

6

5

4

3

2

1

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Stabilité des fondations

Exigences du Chapitre 10 et aux combinaisons d'actions

Fondations
d'éléments verticaux
individuels (**voiles ou poteaux**)

$$\begin{cases} G + \psi Q \pm \frac{R}{Q_F} E_x \\ G + \psi Q \pm \frac{R}{Q_F} E_y \end{cases}$$

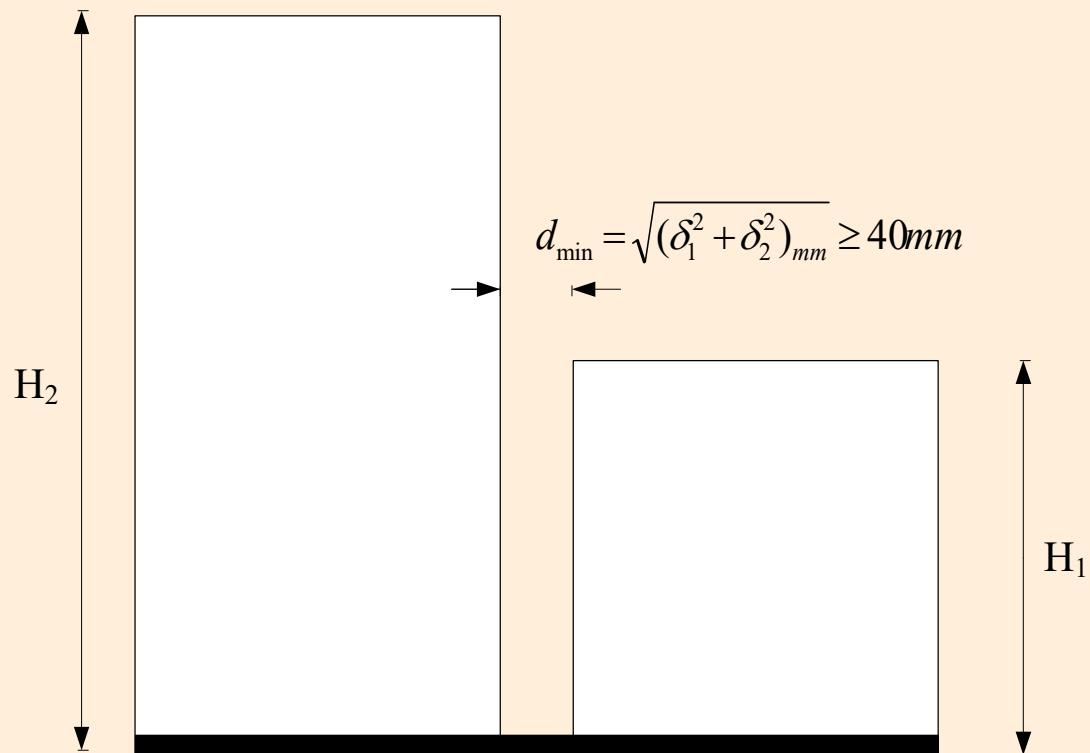
Fondations communes à plusieurs éléments verticaux (**longrines de fondation, semelles filantes, radiers, etc.**),

$$\begin{cases} G + \psi Q \pm 1.4E_x \\ G + \psi Q \pm 1.4E_y \end{cases}$$

9

Joint sismique

$$d_{\min} = \text{Max} \left\{ \sqrt{(\delta_1^2 + \delta_2^2)}, 40 \text{ mm} \right\}$$



6

5

4

1

L'effet P- Δ

$$\left(\theta_k = \frac{P_K \cdot \Delta_k}{V_k \cdot h_k} \right)$$

- $\theta_k \leq 0.1 \rightarrow$ effet P-D peut être négligé
- $0.1 \leq \theta_k \leq 0.2 \rightarrow$ amplifiant les effets de $1/(1- \theta_k)$
- $\theta_k \geq 0.2 \rightarrow$ structure instable et doit être redimensionnée

8

7

6

5

4

3

2

1

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Déplacements inter-étages

$$\Delta_k \leq \bar{\Delta}_k$$

Les déplacements relatifs latéraux, d'un étage par rapport à l'étage du dessous, ne doivent pas dépasser les limites, $\bar{\Delta}_k$

COMBINAISONS D'ACTIONS

COMPOSANTES HORIZONTALES DE L'ACTION SISMIQUE

$$\begin{cases} \mathbf{G} + \psi Q + E_1 \\ \mathbf{G} + \psi Q + E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_1 = \pm E_x \pm 0.3E_y \\ E_2 = \pm 0.3E_x \pm E_y \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mathbf{G} + 0.3Q + E_x + 0.3E_y \\ \mathbf{G} + 0.3Q + E_x - 0.3E_y \\ \mathbf{G} + 0.3Q - E_x + 0.3E_y \\ \mathbf{G} + 0.3Q - E_x - 0.3E_y \\ \mathbf{G} + 0.3Q + 0.3E_x + E_y \\ \mathbf{G} + 0.3Q + 0.3E_x - E_y \\ \mathbf{G} + 0.3Q - 0.3E_x + E_y \\ \mathbf{G} + 0.3Q - 0.3E_x - E_y \end{cases}$$

DÉPLACEMENTS INTER-ÉTAGES

Le déplacement horizontal, à chaque niveau "k", de la structure est calculé selon:

$$\delta_k = \frac{R}{Q_F} \delta_{ek}$$

δ_{ek} : Déplacement élastique dû aux forces sismiques F_i (y compris l'effet de torsion)

R : Coefficient de comportement

Q_F : Coefficient de qualité

$$\Delta_k = \delta_k - \delta_{k-1}$$

$$\Delta_k \leq \overline{\Delta}_k$$

Type de Structure	Déplacement limite : $\overline{\Delta}_k$
Bâtiments en Acier	0.0200 h_k
Bâtiments en Béton Armé	0.0150 h_k
Bâtiment en PAF	0.0100 h_k
Bâtiments en Bois	0.0150 h_k
Bâtiments en Maçonnerie Chainée	0.0100 h_k

h_k est la hauteur du niveau « k »

DÉPLACEMENTS INTER-ÉTAGES

Sens X-X

Étage	Drift calculé	R/Q _F	Δ_k (%)	$\bar{\Delta}_k$ (%)
3	0.0011	2.91	0.32	1.5
2	0.0017	2.91	0.49	1.5
1	0.001	2.91	0.32	1.5

Vérifié

Sens Y-Y

Étage	Drift calculé	R/Q _F	Δ_k (%)	$\bar{\Delta}_k$ (%)
3	0.0014	2.91	0.40	1.5
2	0.0021	2.91	0.61	1.5
1	0.0012	2.91	0.35	1.5

Vérifié

DIMENSIONNEMENT DES POUTRES (CBA 93 ET RPA 2024)

REPÉRAGE DES POUTRES LES PLUS SOLLICITÉES EN FLEXION SIMPLE

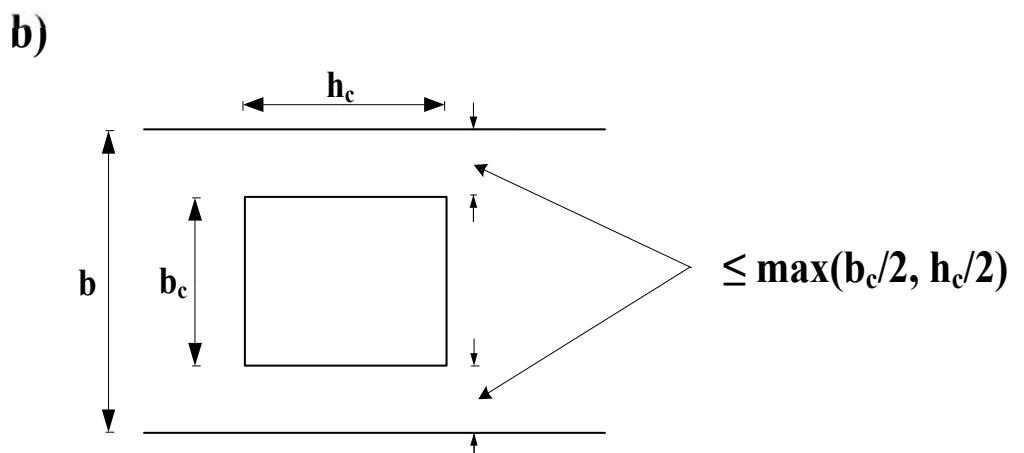
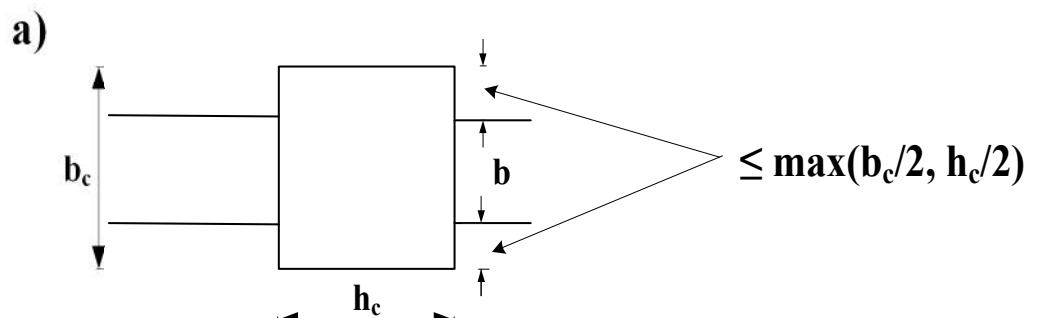
- **Calcul en flexion simple à l'ELU (CBA 93)**
- **Vérification en flexion simple à l'ELS (CBA 93)**

REPÉRAGE DES POUTRES LES PLUS SOLLICITÉES EN CISAILLEMENT

- **Calcul au cisaillement (RPA 2024, CBA 93)**

COFFRAGE

$$\left\{ \begin{array}{l} b \geq 20\text{cm}: \text{en zones I, II et III} \\ \\ b \geq 25\text{cm}: \text{en zones IV, V et VI} \\ \\ h \geq 30\text{cm} \\ \\ \frac{h}{b} \leq 4.0 \\ \\ b_{max} \leq (1.5h + b_c) \end{array} \right.$$

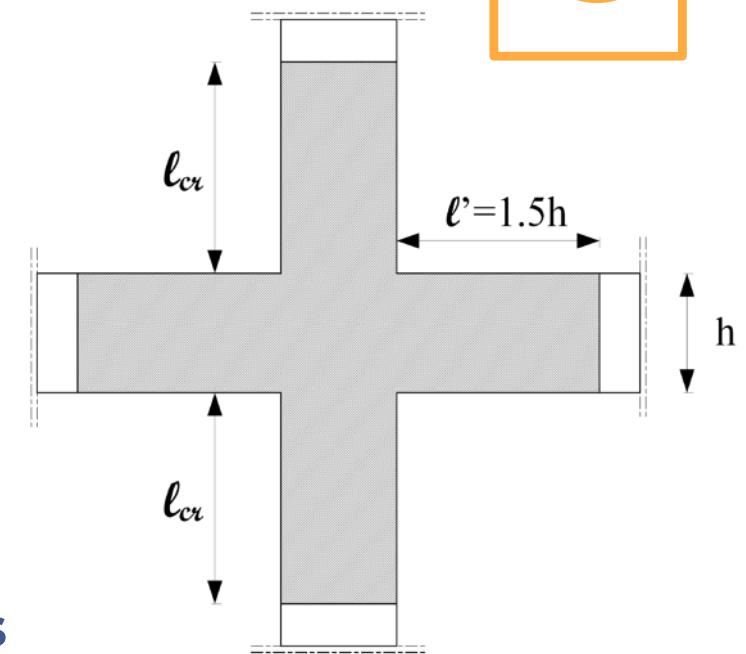


FERRAILLAGE

Ductilité pour la zone critique

$$l' = 1.5h$$

Armatures longitudinales



Maximal

- **4% en zone courante**
- **6% en zone de recouvrement**

Minimal

- **0,5% en toute section**

La longueur minimale de recouvrement des barres longitudinales, de diamètre ϕ_l , est de :

- **($50\phi_l$) en zones I, II et III**
- **($60\phi_l$) en zones IV, V et VI**

Armatures transversales

$$A_t = (0.003)s.b$$

Espacement

En zone critique

$$s = \min(h/4; 24\phi_t; 17.5 \text{ cm}; 6\phi_l)$$

En dehors zone critique

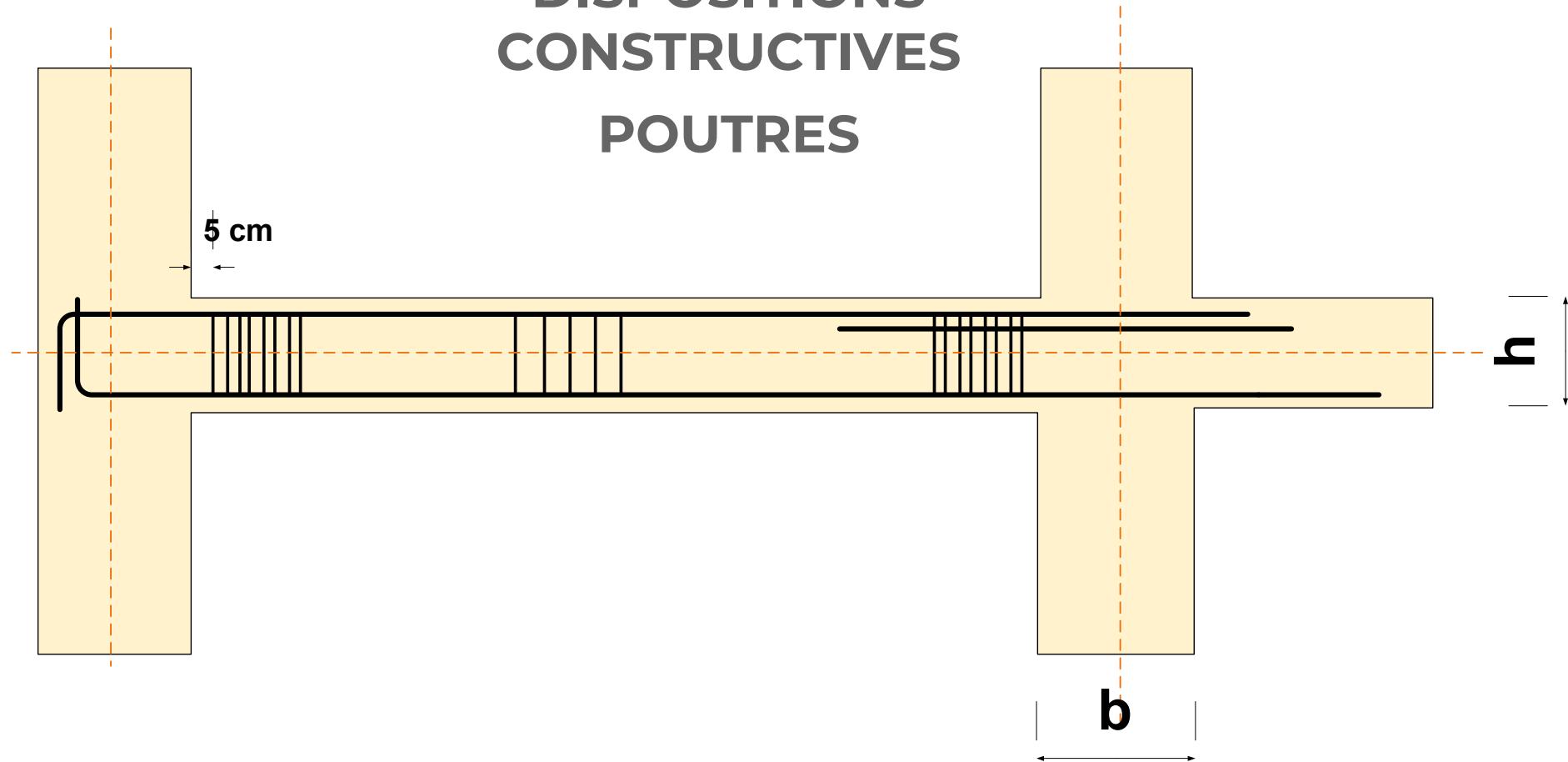
$$s' \leq h/2$$

$$s' = \min(h/4; 12\phi_l)$$

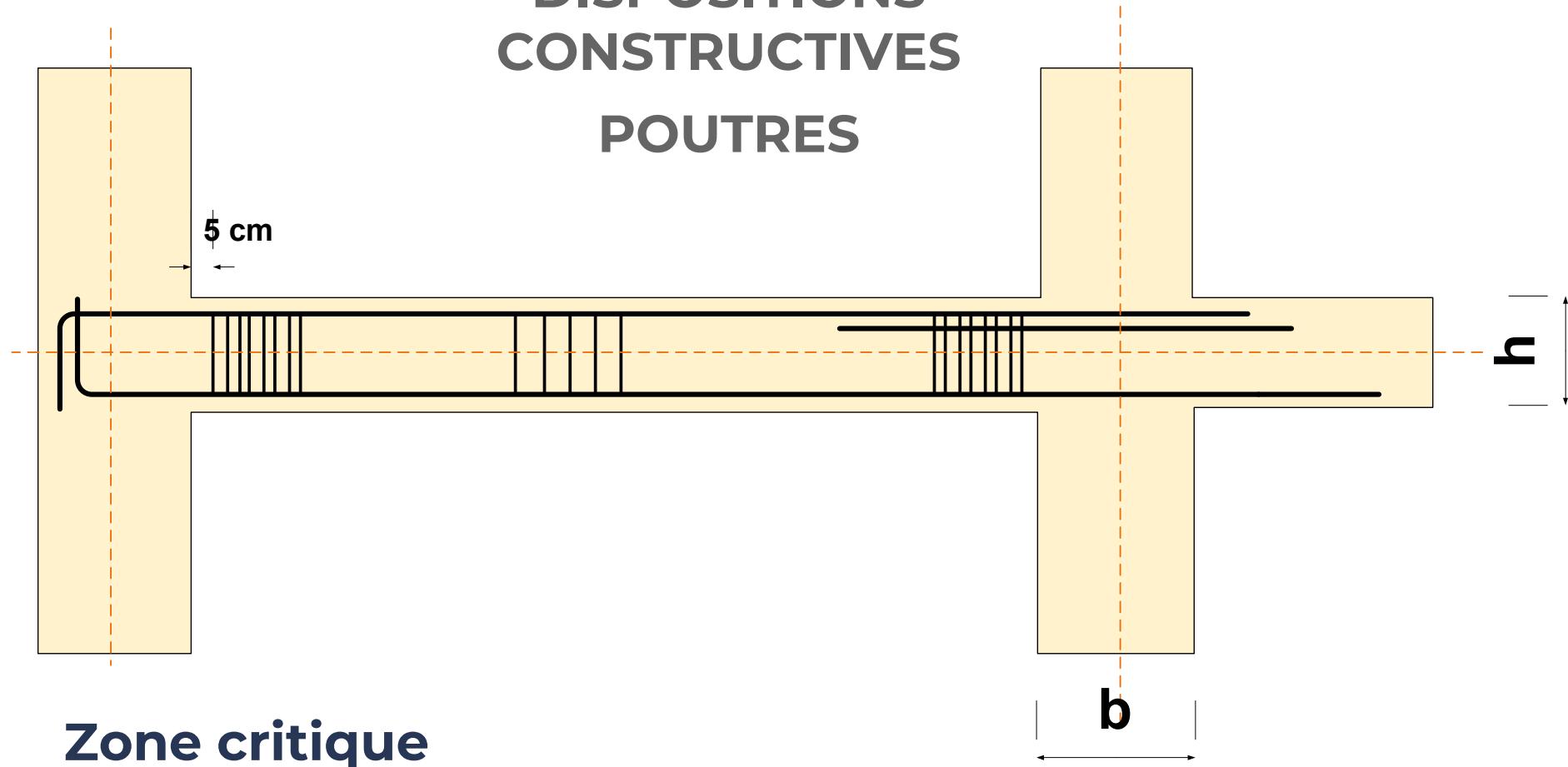
En présence d'armatures comprimées

- h : hauteur de la poutre
- ϕ_t : diamètre des armatures de confinement
- ϕ_l : diamètre minimal des barres longitudinales

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUTRES

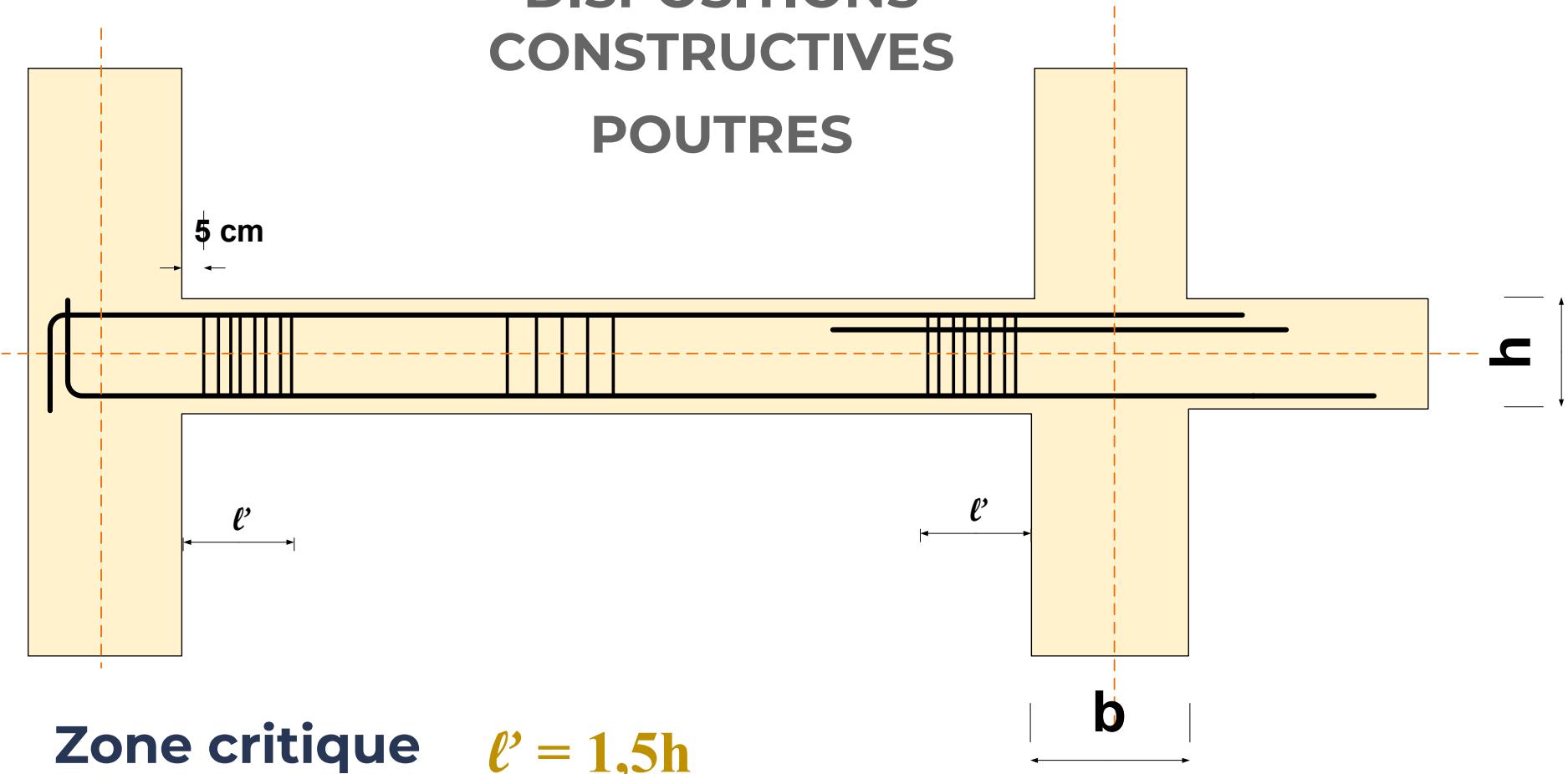


DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUTRES

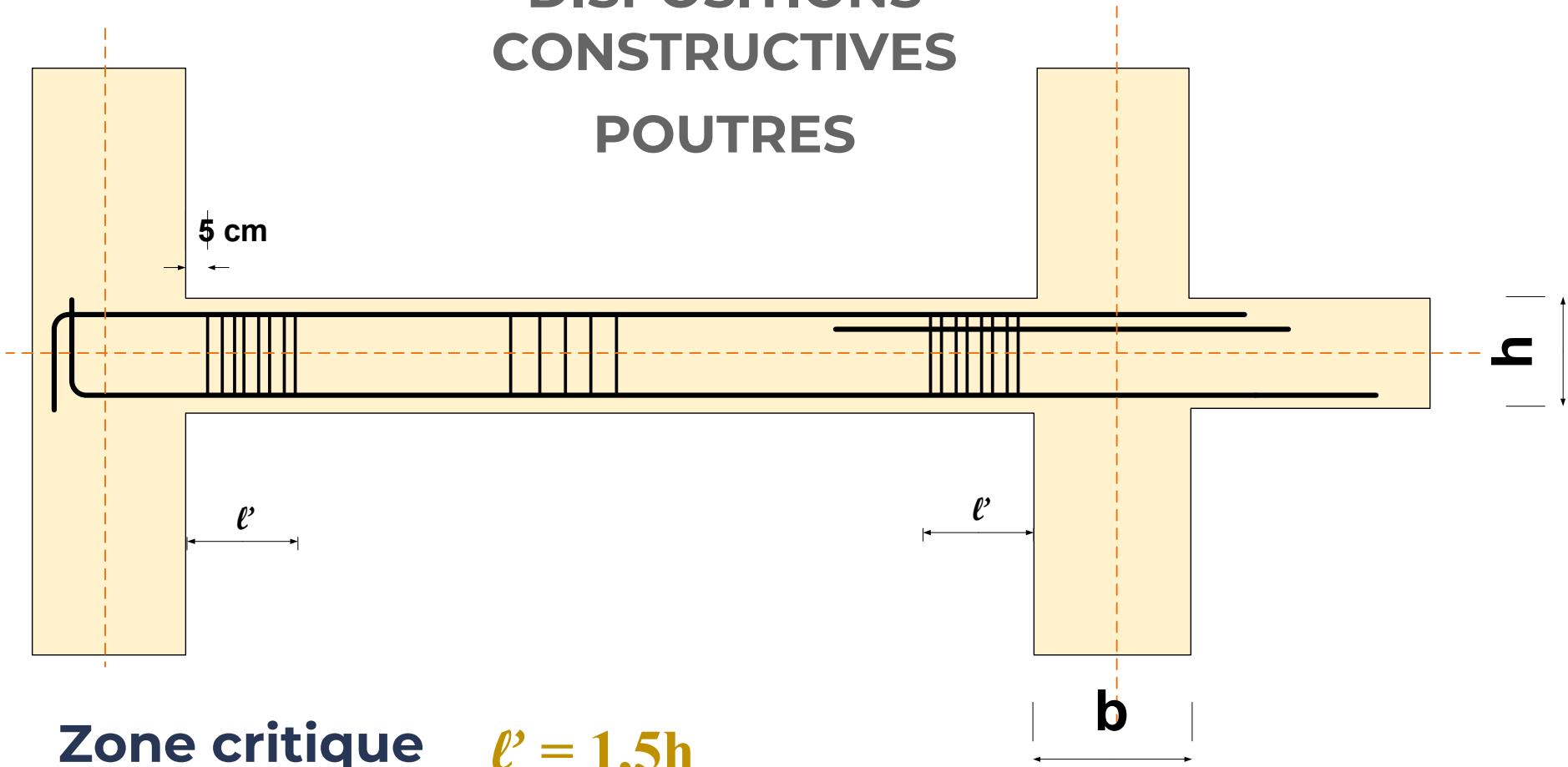


Zone critique

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUTRES



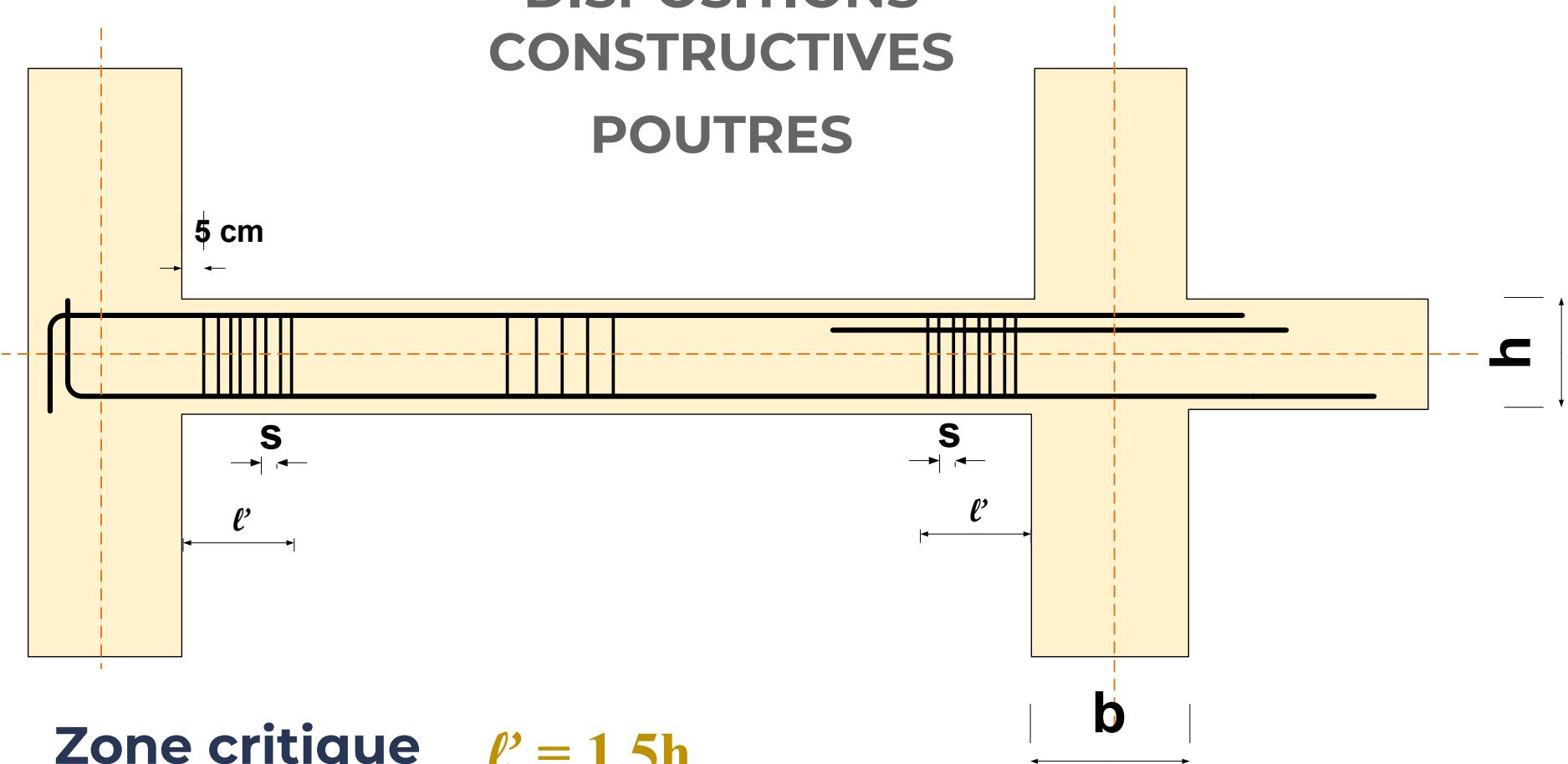
DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUTRES



Zone critique $\ell' = 1,5h$

Espacement

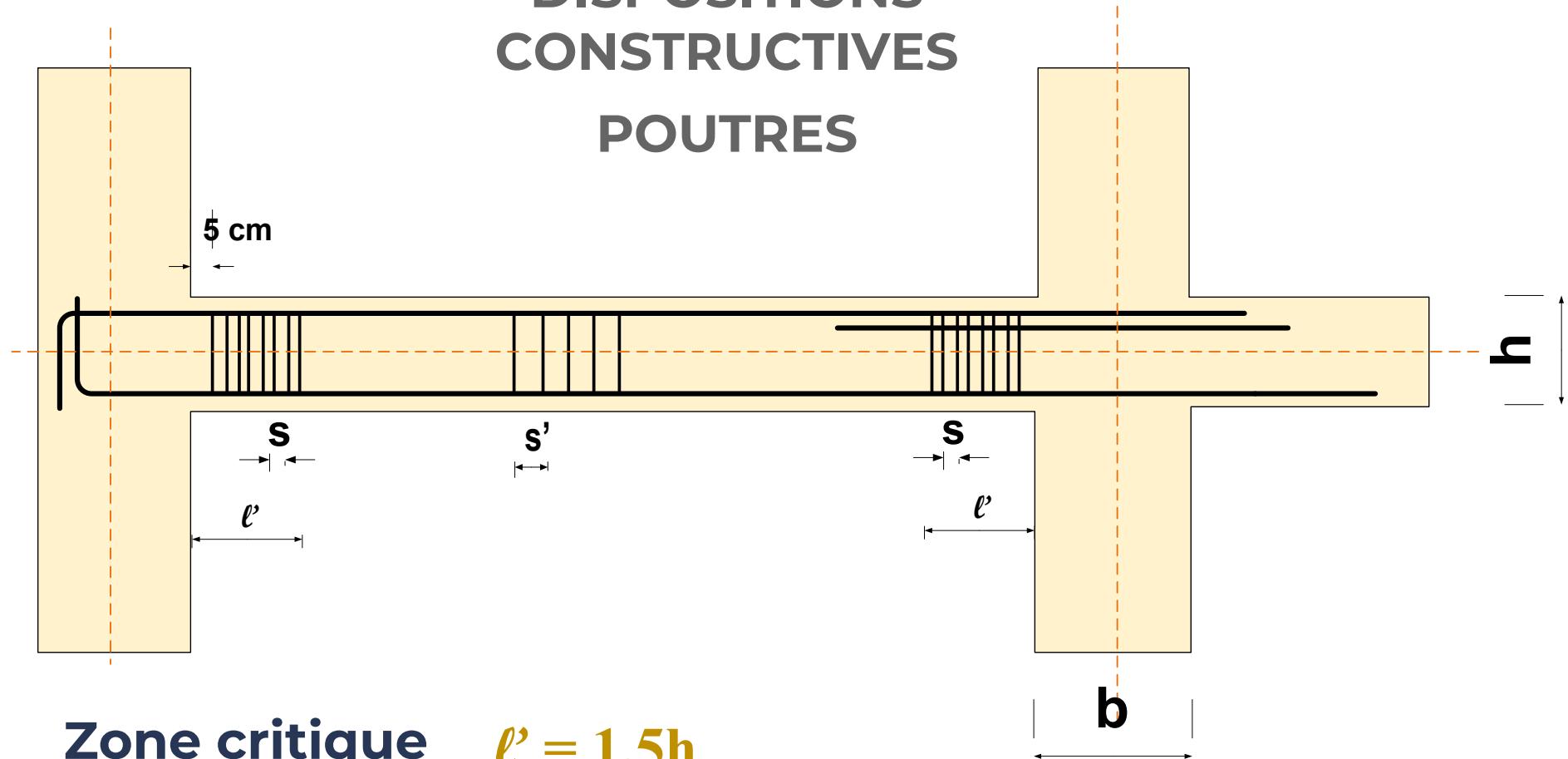
DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUTRES



Zone critique $\ell' = 1,5h$

Espacement $s \leq \min(h/4, 24\varnothing_t, 17.5\text{cm}, 6\varnothing_\ell)$

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUTRES

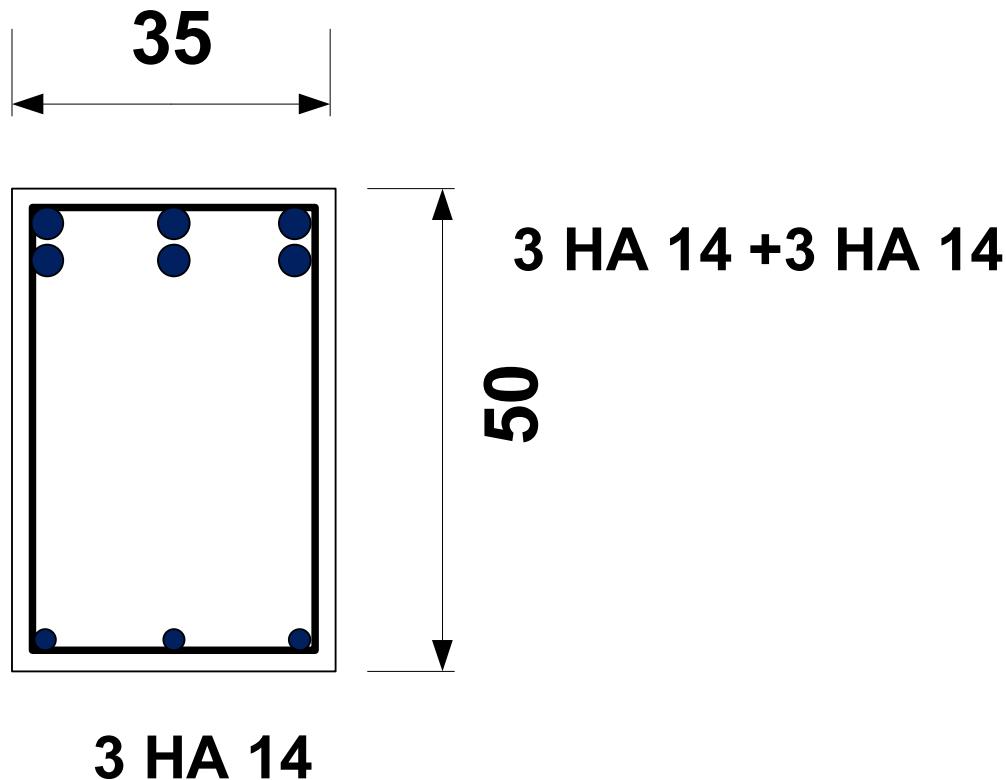


Zone critique $\ell' = 1,5h$

Espacement $s \leq \min(h/4, 24\varnothing_t, 17.5\text{cm}, 6\varnothing_\ell)$

$s' \leq h/2$ ou $s' \leq \min(h/4, 12\varnothing_\ell)$

Section adoptée après calculs et vérifications



DIMENSIONNEMENT DES POTEAUX (SELON CBA 93 ET RPA 2024)

REPÉRAGE DES POTEAUX LES PLUS SOLICITÉES EN FLEXION COMPOSÉE & EN COMPRESSION CENTRÉE

- Calcul en flexion composée à l'ELU (CBA 93)
- Vérification de l'effort normal réduit sous combinaisons sismiques
- Vérification en flexion composée à l'ELS (CBA 93)

REPÉRAGE DES POTEAUX LES PLUS SOLICITÉES EN CISAILLEMENT

- Calcul au cisaillement (RPA 2024, CBA 93)

VÉRIFICATION DE L'EFFORT NORMAL RÉDUIT SOUS COMBINAISONS SISMIQUES

$$G + 0.3Q + E_x + 0.3E_y$$

$$\left(v = \frac{N_d}{B_c \cdot f_{c28}} \right) \leq 0.35$$

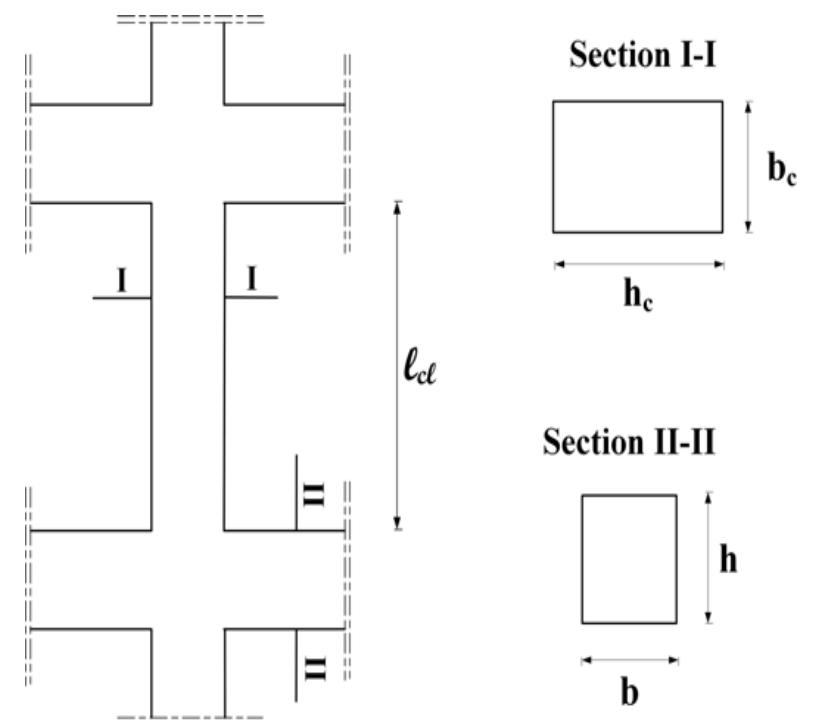
Niveau	B_c	f_{c28}	N_d	v
RDC	40x40	25	536.9	0.134
1 ^{er} Etage	35x35	25	357.39	0.116
2 ^{ème} Etage	35x35	25	357.39	0.116

Vérifié

COFFRAGE

Les poteaux doivent être coulés sur toute leur hauteur (ℓ_{cl}) en une seule fois

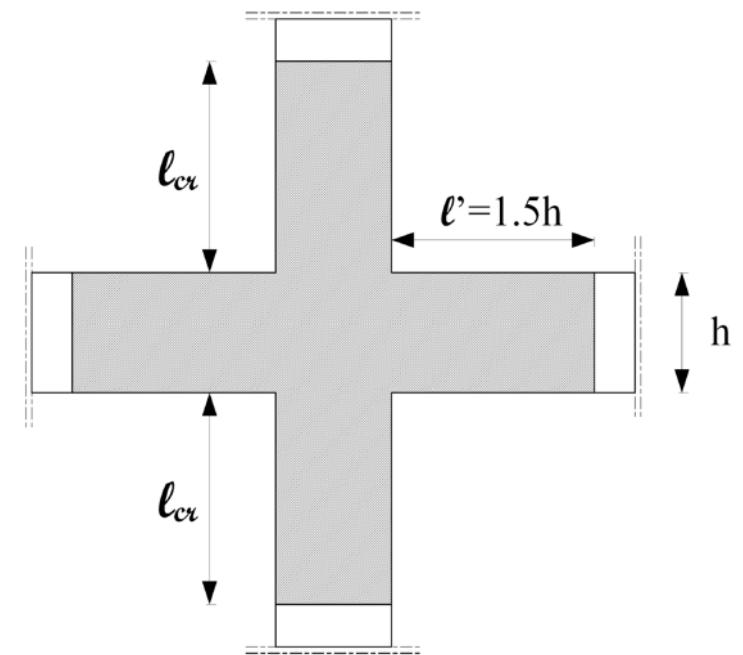
$$\left\{ \begin{array}{l} Min(b_c, h_c) \geq 25cm: \text{en zones I, II et III} \\ \\ Min(b_c, h_c) \geq 30cm: \text{en zones IV, V et VI} \\ \\ Min(b_c, h_c) \geq \frac{l_{cl}}{20}: \text{quelle que soit la zone} \\ \\ \frac{1}{4} < \frac{b_c}{h_c} < 4: \text{quelle que soit la zone} \end{array} \right.$$



FERRAILLAGE

Ductilité pour la zone critique

$$l_{cr} = \max (1.5h_c; \frac{l_{cl}}{6}; 60 \text{ cm})$$



h_c (unités: cm): la plus grande dimension de la section transversale du poteau

l_{cl} (unités: cm): la longueur libre du poteau

FERRAILLAGE

Armatures longitudinales

HA

Minimal

{
0.8% en zones I et II
0.9% en zone III
1.0% en zones IV, V et VI

Maximal

{
4% en zone courante
8% en zone de recouvrement

Diamètre minimum : 12 mm

Longueur minimale des
recouvrements de barres
longitudinales

{
50 ϕ_l en zones I, II et III
60 ϕ_l en zones IV, V et VI

Armatures transversales

$$\frac{A_t}{t} = \frac{(p_a V_u)}{(h_c f_e)}$$

A_t : section droite ou équivalente des brins de l'armature transversale

V_u : effort tranchant de calcul

h_c : hauteur totale de la section brute dans la direction considérée

f_e : contrainte limite élastique de l'acier d'armature transversale

p_a : coefficient correcteur qui tient compte du mode fragile de la rupture, par effort tranchant; il est pris égal à 2.50, si l'élancement géométrique λ_g dans la direction considérée est supérieur ou égal à 5, et égal à 3.75, dans le cas contraire.

t : espacement des armatures transversales

Espacement

En zone critique

$$\left\{ \begin{array}{l} t \leq \text{Min } (10\phi_l; 12.5 \text{ cm}): \text{en zones I, II et III} \\ t \leq \text{Min } (b_0/3; 10 \text{ cm}; 6\phi_l): \text{en zones IV, V et VI} \end{array} \right.$$

En dehors zone critique

$$\left\{ \begin{array}{l} t' \leq 15\phi_l : \text{en zones I, II et III} \\ t' \leq \text{Min } (b_c/2; h_c/2; 10\phi_l) : \text{en zones IV, V et VI} \end{array} \right.$$

ϕ_l diamètre minimal des armatures longitudinales du poteau.

Armatures transversales
minimale en %

$$\left(\frac{A_r}{t \cdot b_c} \right)$$

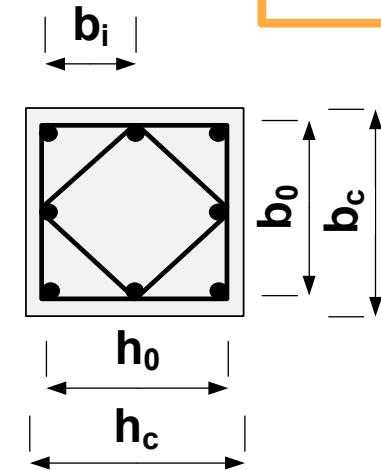
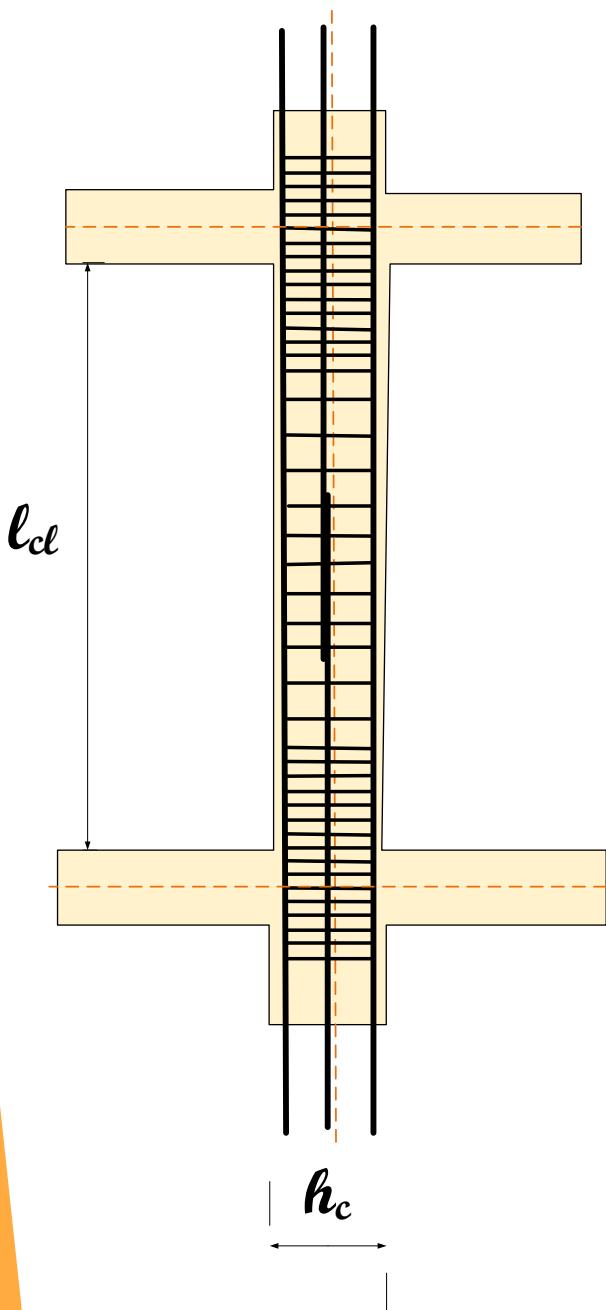
0.3% si : $\lambda_g \geq 5$
 0.8% si : $\lambda_g \leq 3$
 interpoler entre les 2 valeurs limites précédentes
 si : $3 < \lambda_g < 5$

λ_g est l'élancement géométrique du poteau

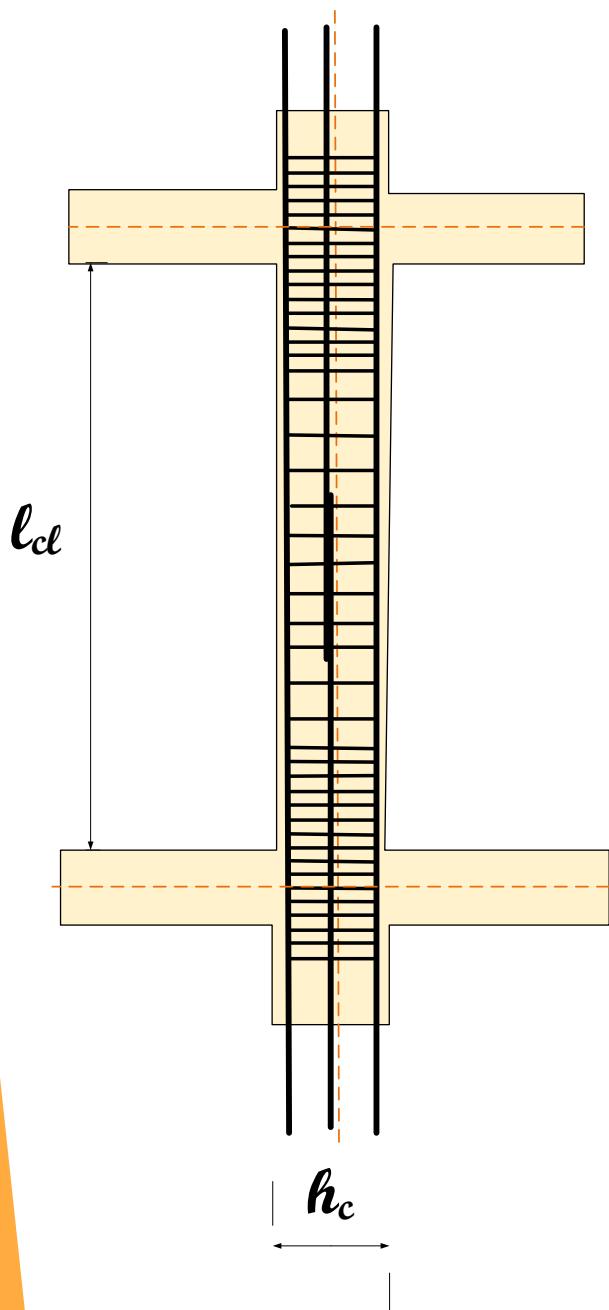
$$\lambda_g = \left(\frac{l_f}{h_c} \text{ ou } \frac{l_f}{b_c} \right)$$

h_c, b_c : dimensions de la section droite du poteau, dans la direction de déformation considérée;
 l_f : longueur de flambement du poteau.

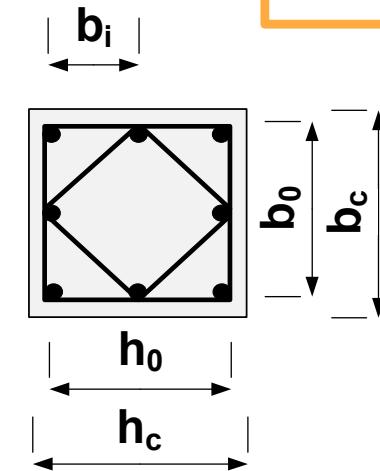
DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX



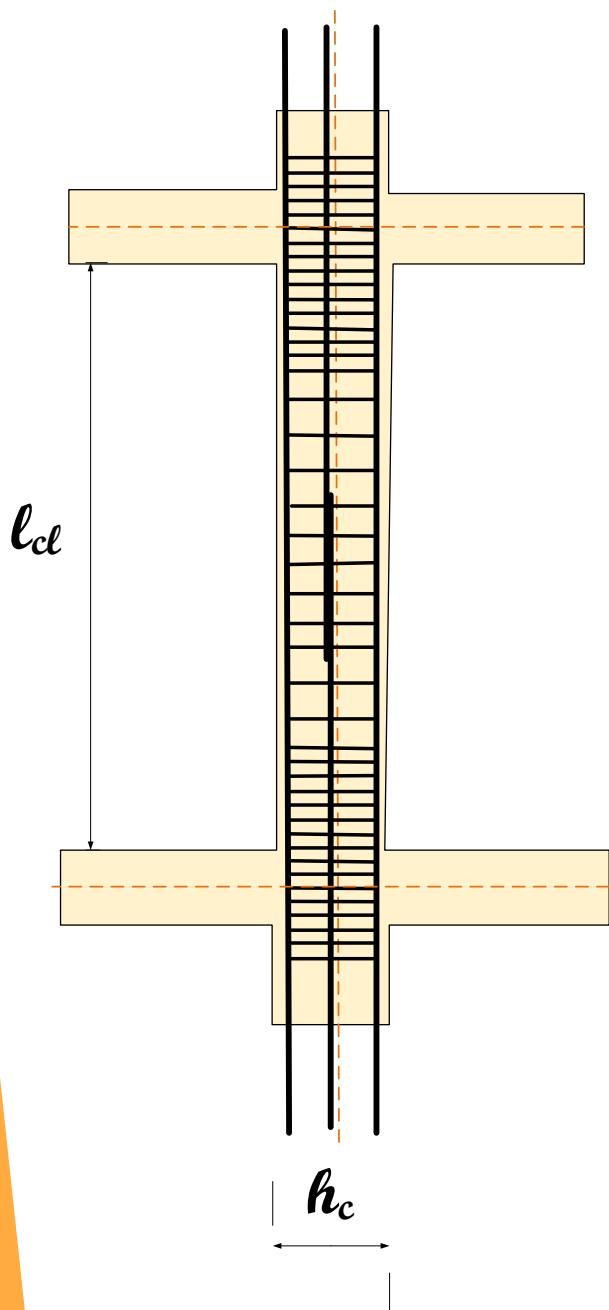
DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX



Zone critique

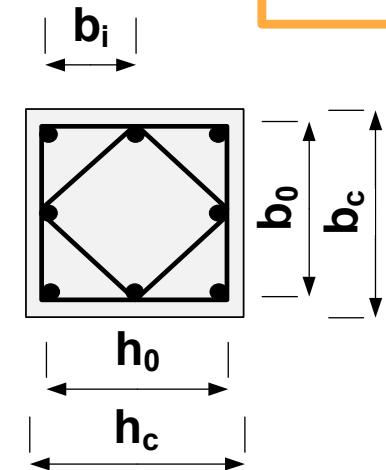


DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX

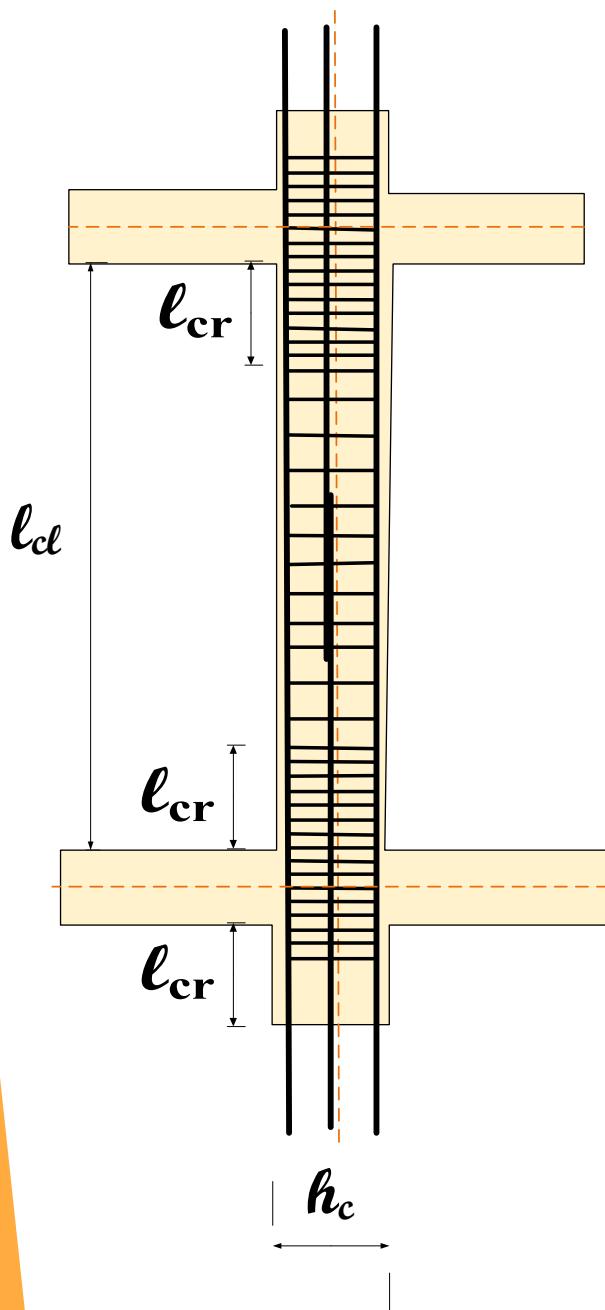


Zone critique

$$l_{cr} = \max (1.5h_c, l_{cl}/6, 60\text{cm})$$

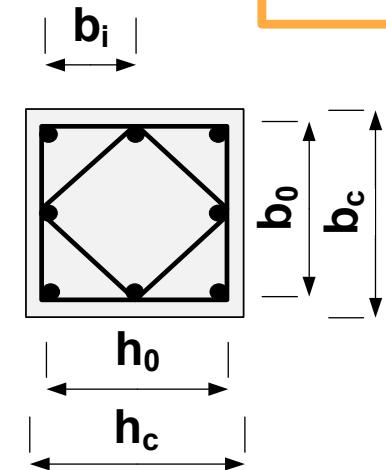


DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX

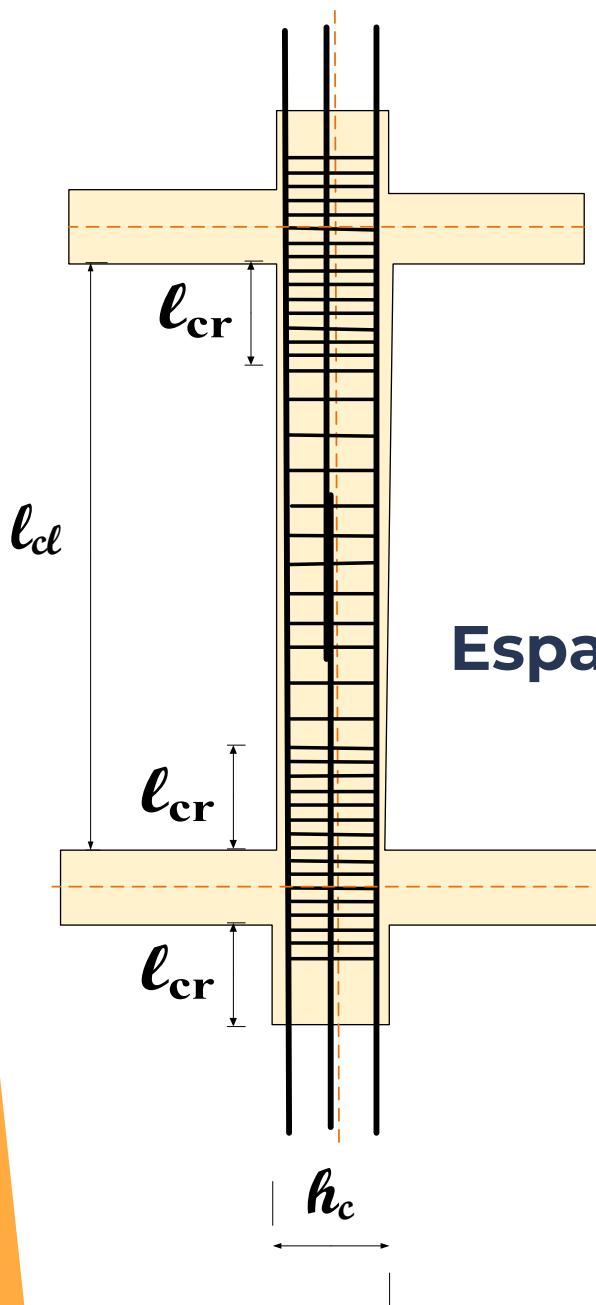


Zone critique

$$\ell_{cr} = \max (1.5h_c, \ell_{cl}/6, 60\text{cm})$$



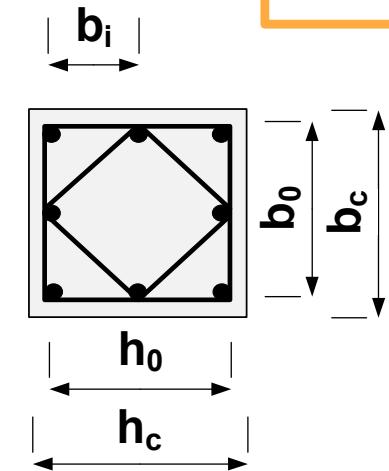
DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX



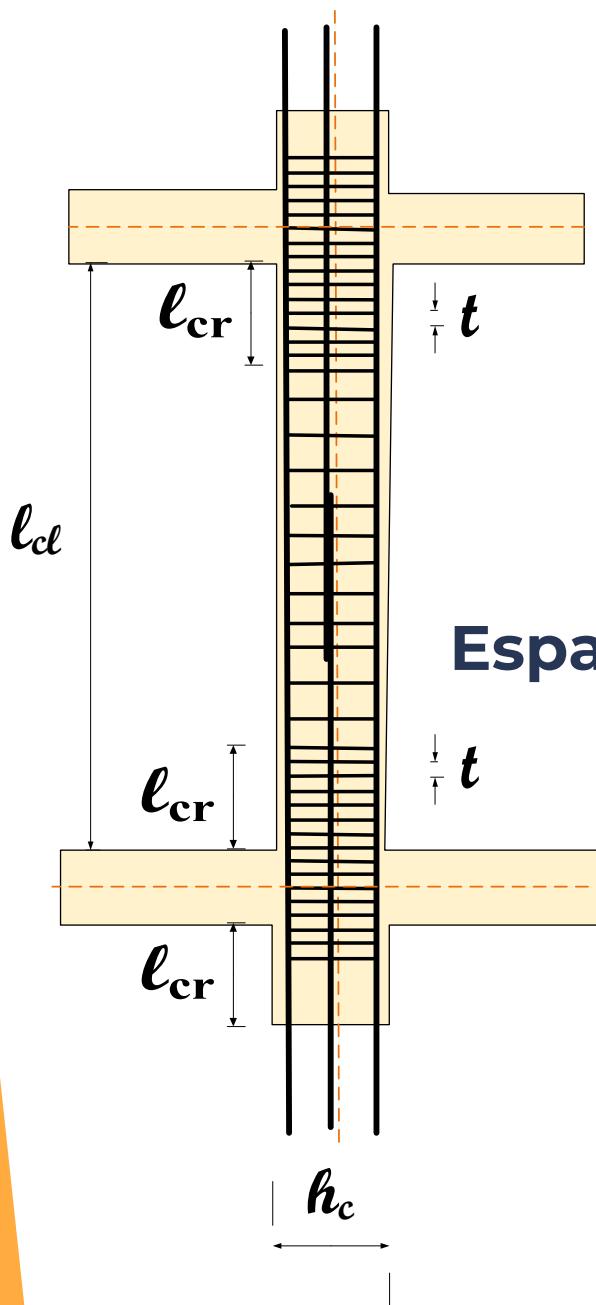
Zone critique

$$\ell_{cr} = \max (1.5h_c, \ell_{cl}/6, 60\text{cm})$$

Espacement



DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX



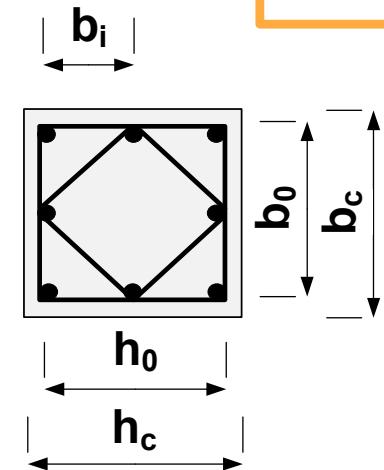
Zone critique

$$l_{cr} = \max (1.5h_c, l_{cl}/6, 60\text{cm})$$

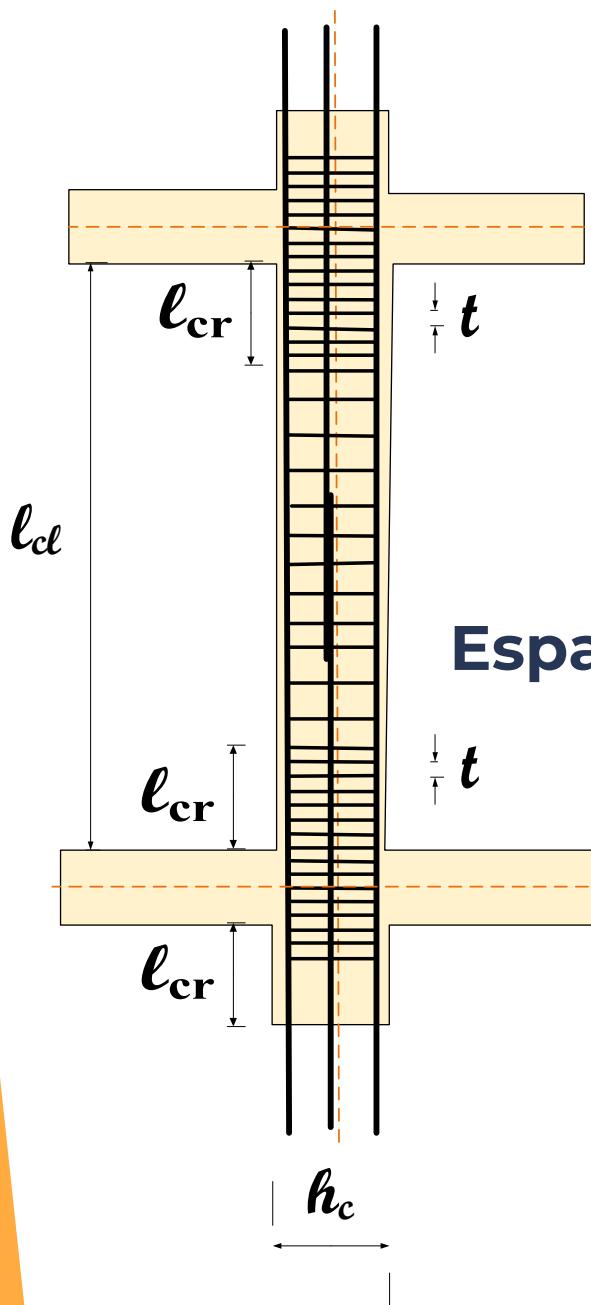
Espacement

$t \leq \min (10\varnothing_l, 12.5\text{cm})$ en zone I, II, III

$t \leq \min (b_0/3, 10\text{cm}, 6\varnothing_l)$ en zone IV, V, VI



DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX



Zone critique

$$\ell_{cr} = \max (1.5h_c, \ell_{cl}/6, 60\text{cm})$$

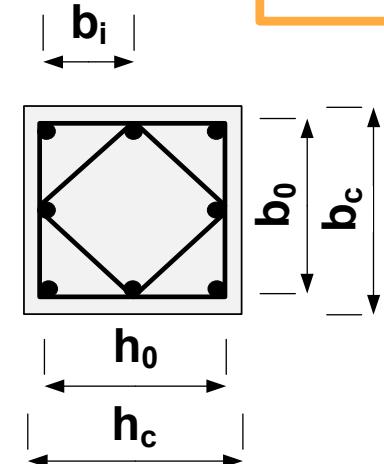
Espacement

$t \leq \min (10\varnothing_l, 12.5\text{cm})$ en zone I, II, III

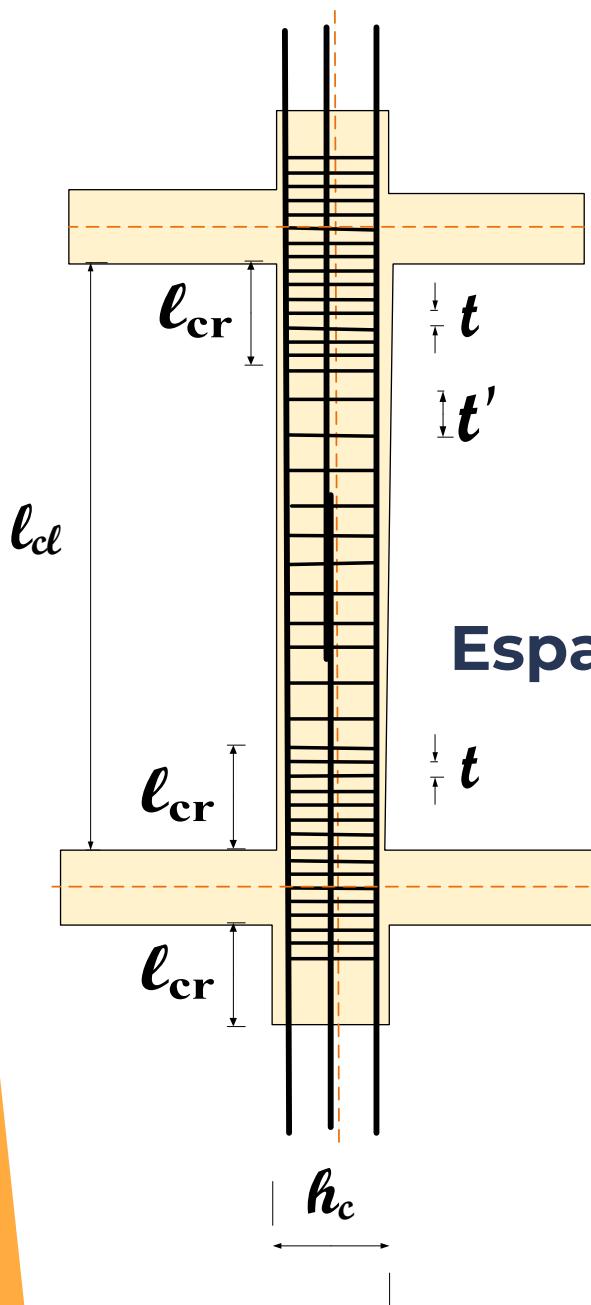
$t \leq \min (b_0/3, 10\text{cm}, 6\varnothing_l)$ en zone IV, V, VI

$t' \leq 15\varnothing_l$ en zone I, II, III

$t' \leq \min (b_c/2, h_c/2, 10\varnothing_l)$ en zone IV, V, VI



DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX



Zone critique

$$\ell_{cr} = \max (1.5h_c, \ell_{cl}/6, 60\text{cm})$$

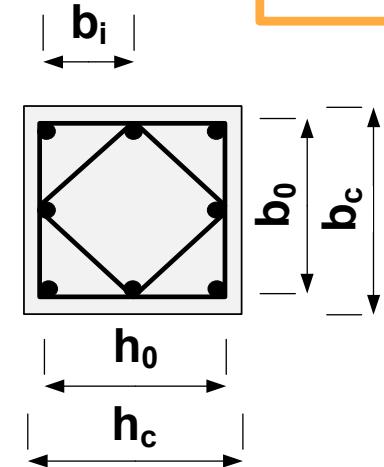
Espacement

$t \leq \min (10\varnothing_l, 12.5\text{cm})$ en zone I, II, III

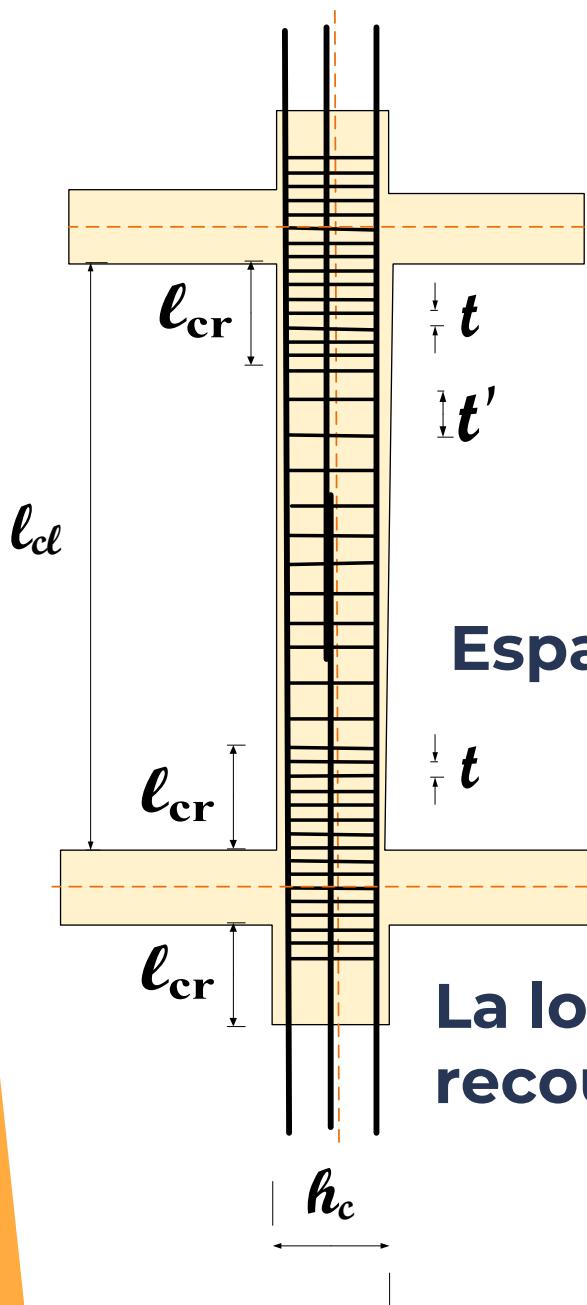
$t \leq \min (b_0/3, 10\text{cm}, 6\varnothing_l)$ en zone IV, V, VI

$t' \leq 15\varnothing_l$ en zone I, II, III

$t' \leq \min (b_c/2, h_c/2, 10\varnothing_l)$ en zone IV, V, VI



DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX



Zone critique

$$\ell_{cr} = \max (1.5h_c, \ell_{dl}/6, 60\text{cm})$$

Espacement

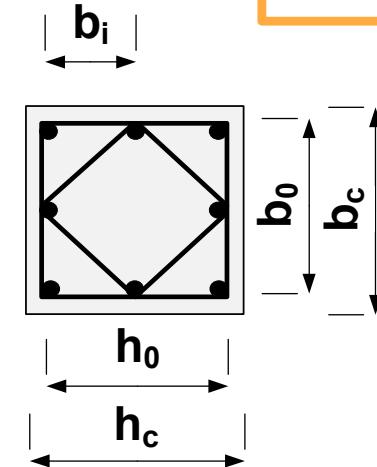
$t \leq \min (10\varnothing_l, 12.5\text{cm})$ en zone I, II, III

$t \leq \min (b_0/3, 10\text{cm}, 6\varnothing_l)$ en zone IV, V, VI

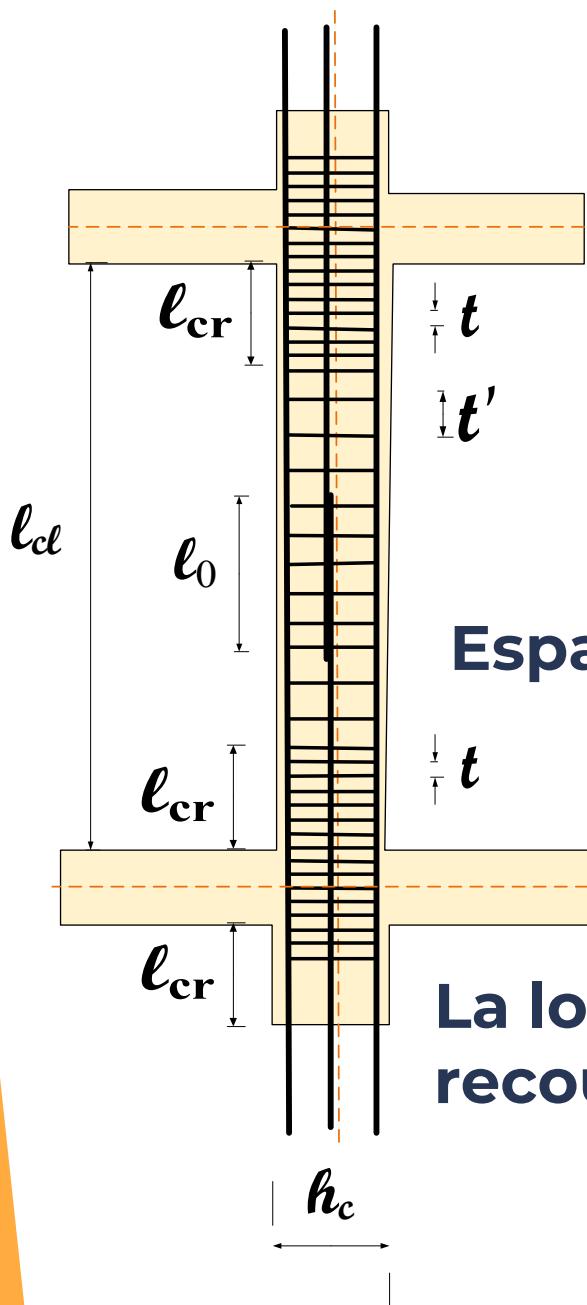
$t' \leq 15\varnothing_l$ en zone I, II, III

$t' \leq \min (b_c/2, h_c/2, 10\varnothing_l)$ en zone IV, V, VI

La longueur minimale des recouvrements



DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX



Zone critique

$$\ell_{cr} = \max (1.5h_c, \ell_{cl}/6, 60\text{cm})$$

Espacement

$$t \leq \min (10\varnothing_l, 12.5\text{cm}) \text{ en zone I, II, III}$$

$$t \leq \min (b_0/3, 10\text{cm}, 6\varnothing_l) \text{ en zone IV, V, VI}$$

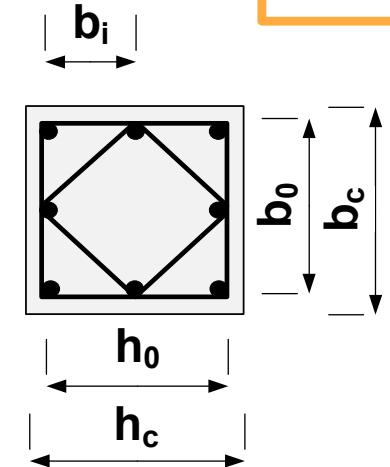
$$t' \leq 15\varnothing_l \text{ en zone I, II, III}$$

$$t' \leq \min (b_c/2, h_c/2, 10\varnothing_l) \text{ en zone IV, V, VI}$$

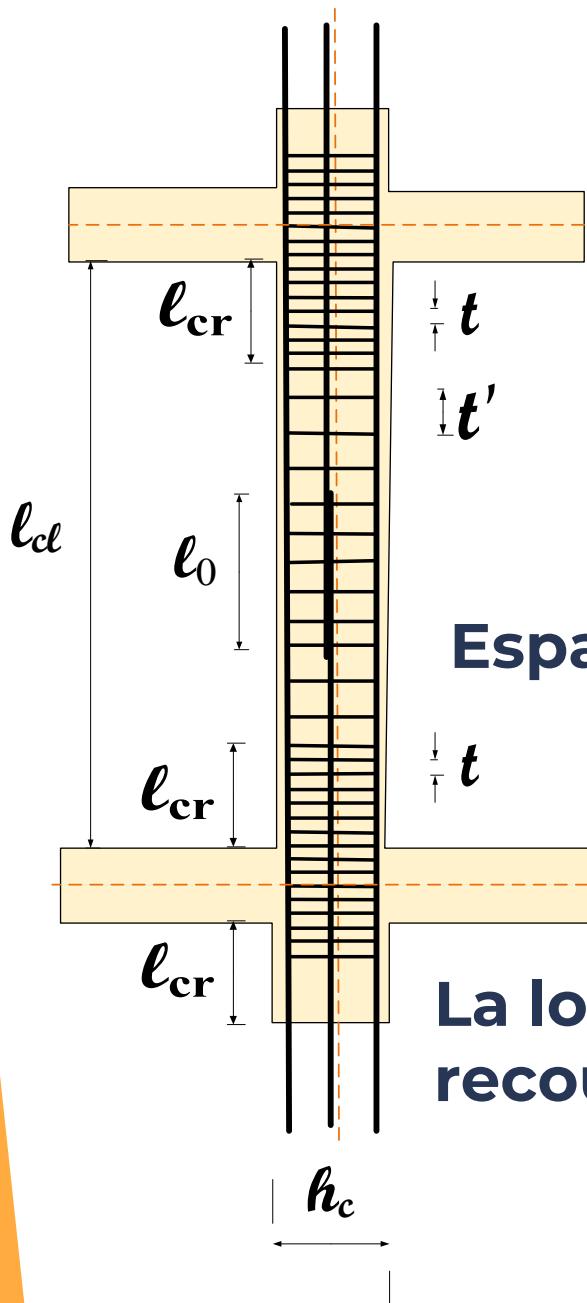
La longueur minimale des recouvrements

$50\varnothing_l$ en zone I, II, III

$60\varnothing_l$ en zone IV, V, VI



DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX



Zone critique

$$\ell_{cr} = \max (1.5h_c, \ell_{cl}/6, 60\text{cm})$$

Espacement

$$t \leq \min (10\varnothing_l, 12.5\text{cm}) \text{ en zone I, II, III}$$

$$t \leq \min (b_0/3, 10\text{cm}, 6\varnothing_l) \text{ en zone IV, V, VI}$$

$$t' \leq 15\varnothing_l \text{ en zone I, II, III}$$

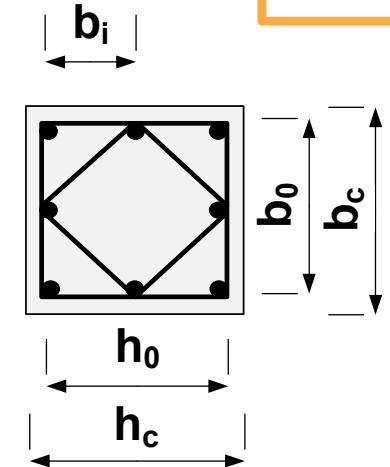
$$t' \leq \min (b_c/2, h_c/2, 10\varnothing_l) \text{ en zone IV, V, VI}$$

La longueur minimale des recouvrements

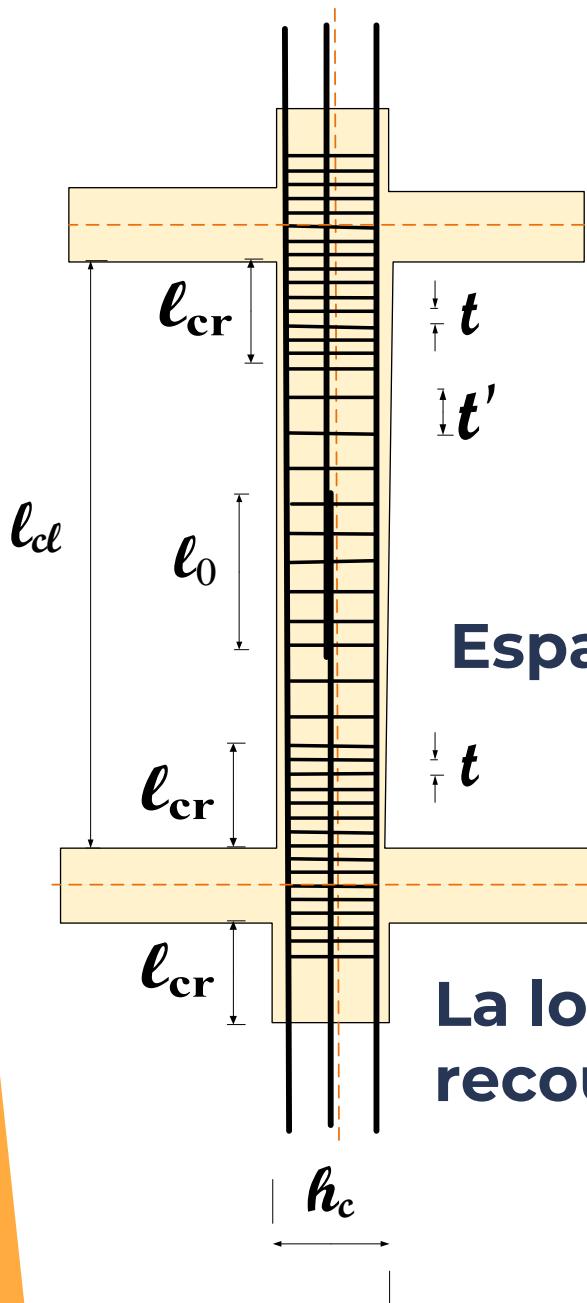
50 \varnothing_l en zone I, II, III

60 \varnothing_l en zone IV, V, VI

Diamètre minimum



DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POTEAUX



Zone critique

$$\ell_{cr} = \max (1.5h_c, \ell_{cl}/6, 60\text{cm})$$

Espacement

$$t \leq \min (10\varnothing_l, 12.5\text{cm}) \text{ en zone I, II, III}$$

$$t \leq \min (b_0/3, 10\text{cm}, 6\varnothing_l) \text{ en zone IV, V, VI}$$

$$t' \leq 15\varnothing_l \text{ en zone I, II, III}$$

$$t' \leq \min (b_c/2, h_c/2, 10\varnothing_l) \text{ en zone IV, V, VI}$$

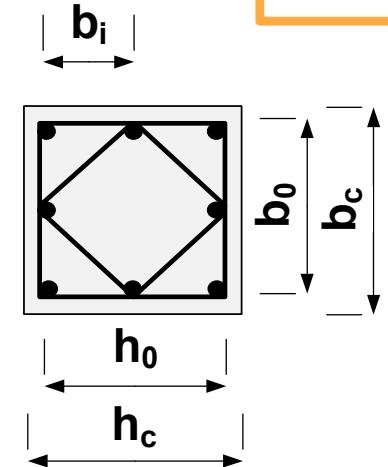
La longueur minimale des recouvrements

$50\varnothing_l$ en zone I, II, III

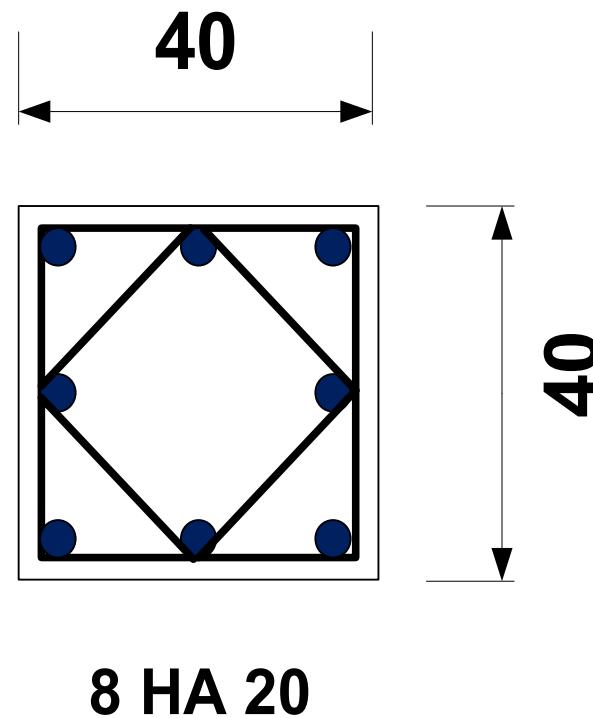
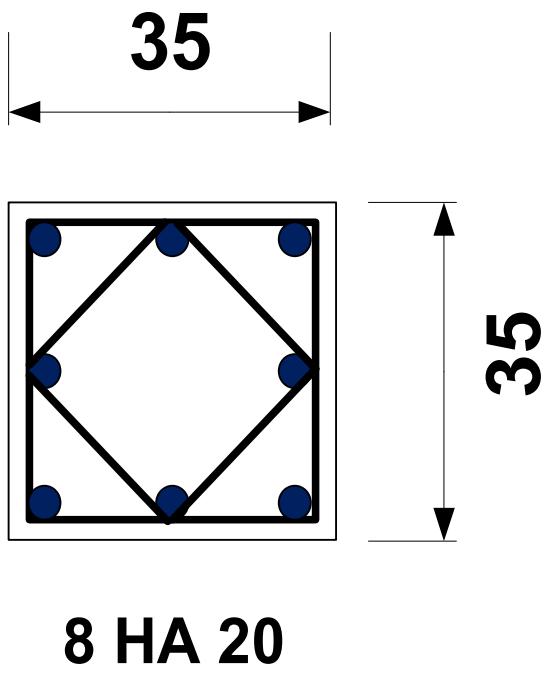
$60\varnothing_l$ en zone IV, V, VI

Diamètre minimum

$\varnothing_l = 12\text{mm}$



Section adoptée après calculs et vérifications



DIMENSIONNEMENT DU NŒUD VIS-À-VIS DES MOMENTS FLÉCHISSANT

- la somme des moments résistants ultimes, des extrémités de poteaux ou montants aboutissant au nœud, est au moins égale, en valeur absolue, à la somme des valeurs absolues, des moments résistants ultimes des extrémités des poutres ou traverses
- Cette exigence ne s'applique pas au dernier niveau de bâtiments à plusieurs étages

DIMENSIONNEMENT BETON ARME

8

Nœud

Nœud

DIMENSIONNEMENT BETON ARME

8

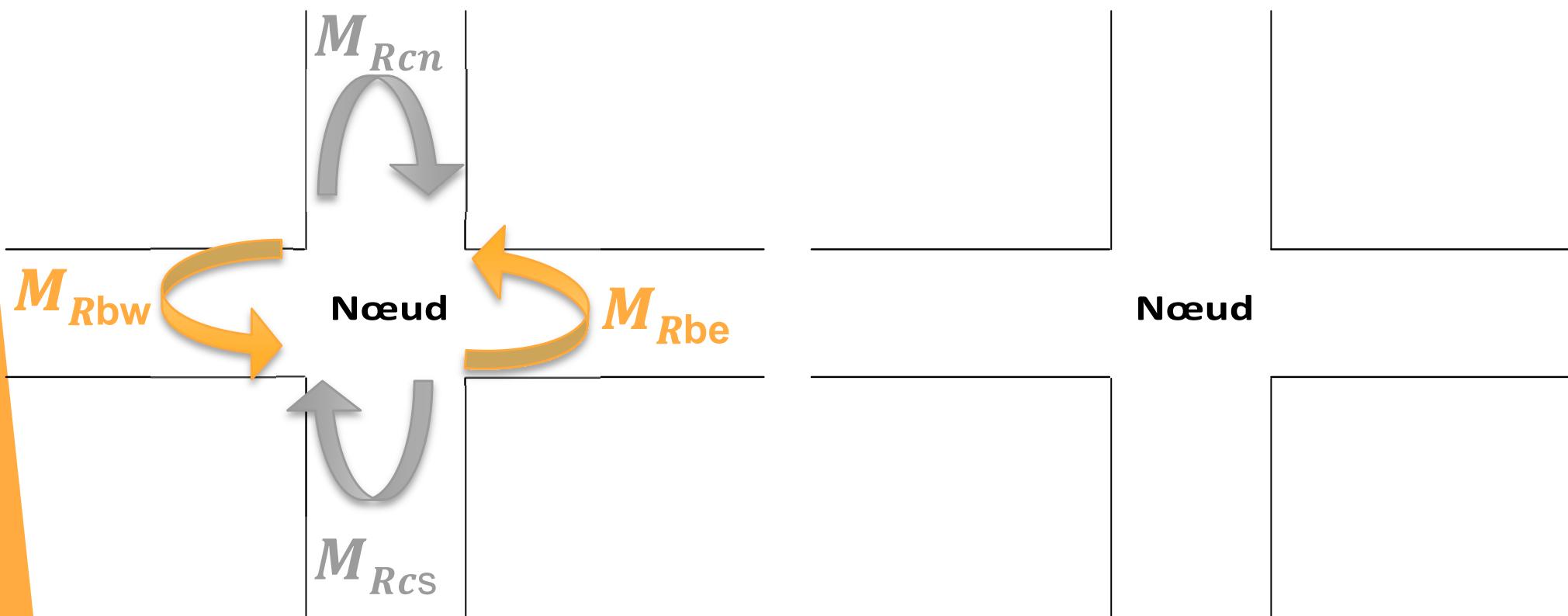
$$M_{Rcn}$$

Nœud

$$M_{Rcs}$$

DIMENSIONNEMENT BETON ARME

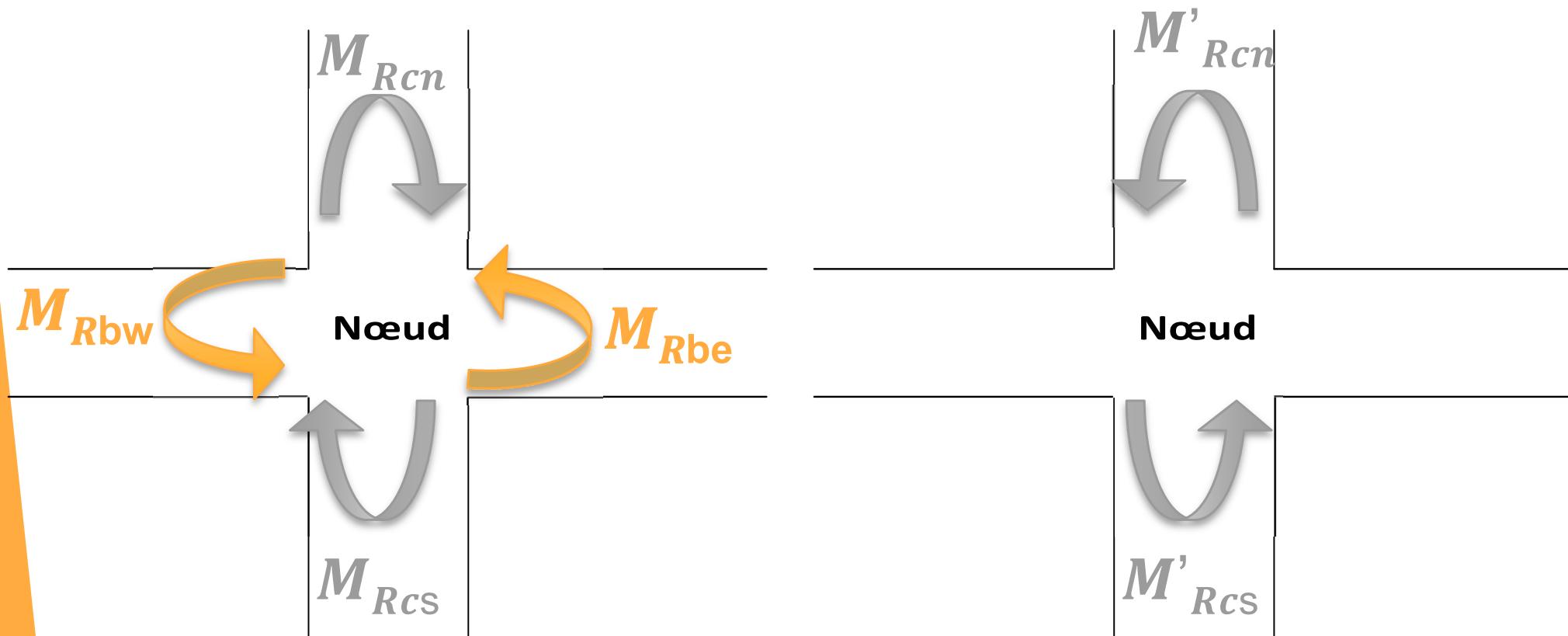
8



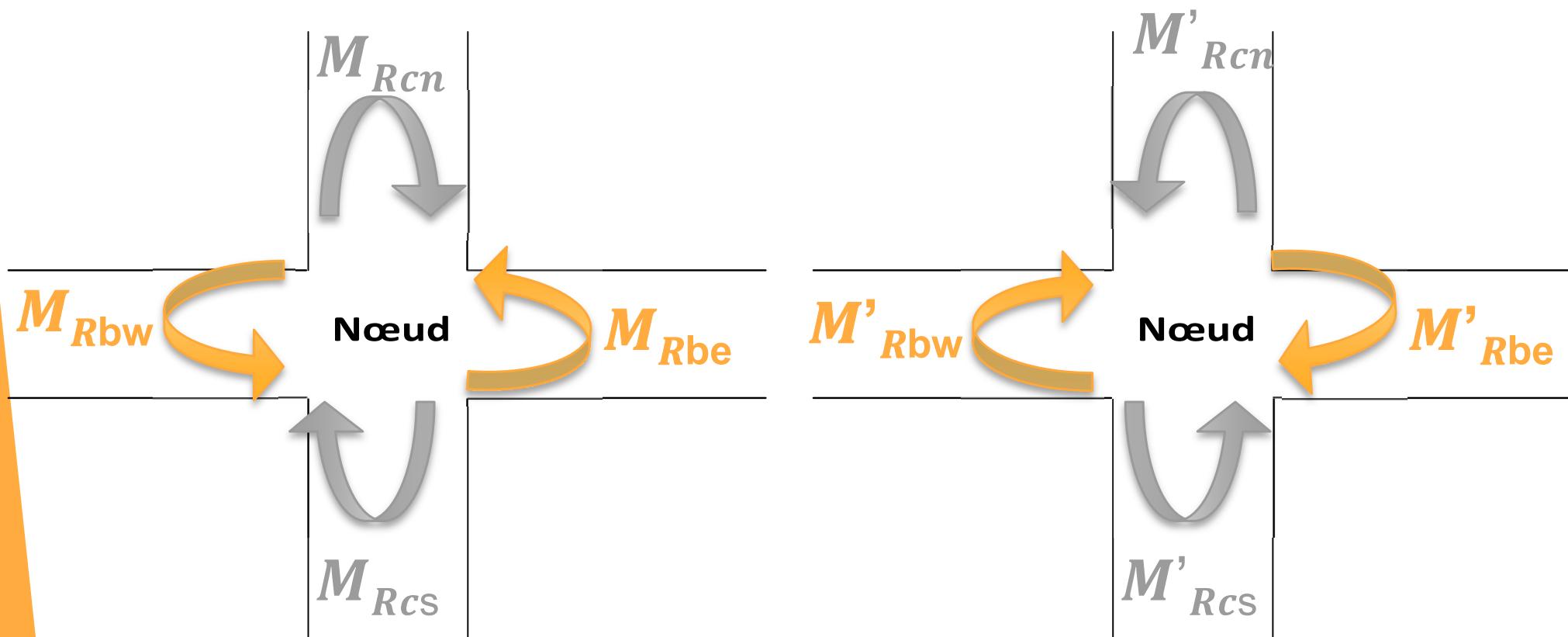
$$|M_{Rcn}| + |M_{Rcs}| \geq (\Omega |M_{Rbw}| + |M_{Rbe}|)$$



$$|M_{Rcn}| + |M_{Rcs}| \geq (\Omega |M_{Rbw}| + |M_{Rbe}|)$$

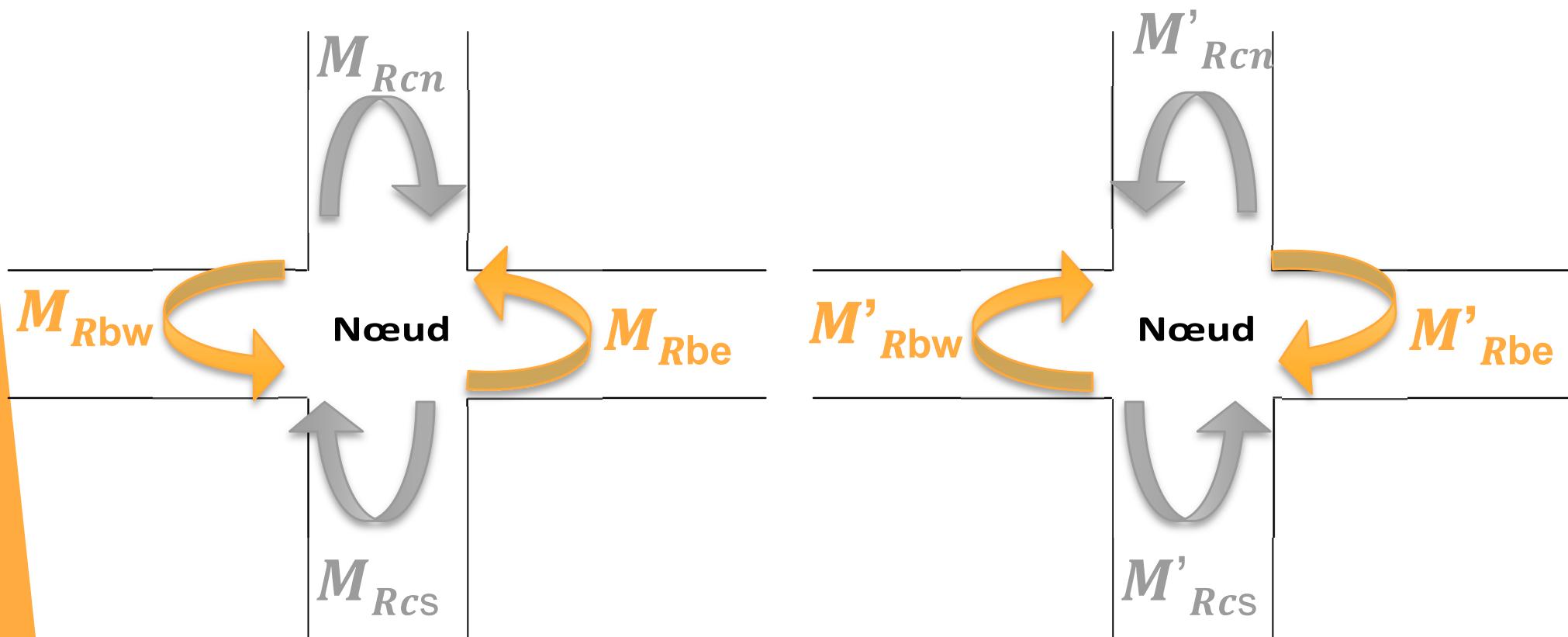


$$|M_{Rcn}| + |M_{Rcs}| \geq (\Omega |M_{Rbw}| + |M_{Rbe}|)$$



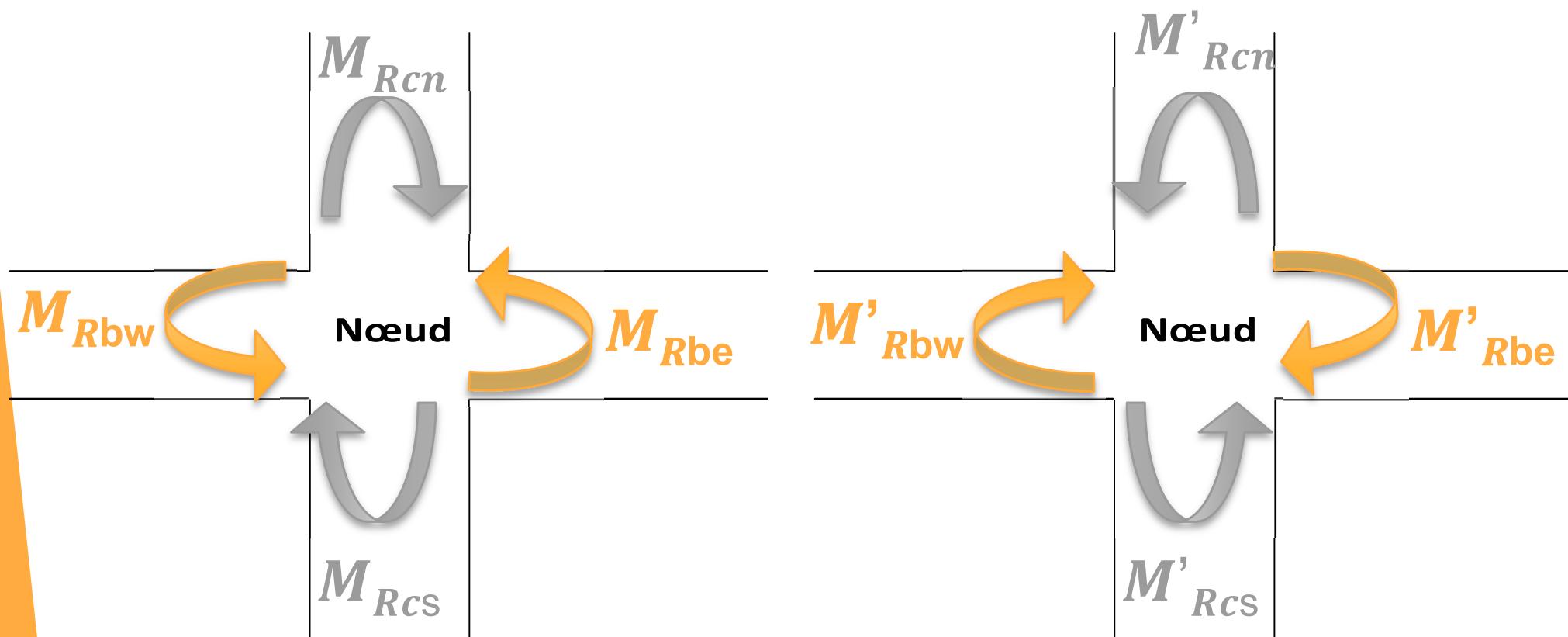
$$|M_{Rcn}| + |M_{Rcs}| \geq (\Omega |M_{Rbw}| + |M_{Rbe}|)$$

$$|M'_{Rcn}| + |M'_{Rcs}| \geq (\Omega |M'_{Rbw}| + |M'_{Rbe}|)$$



$$|M_{Rcn}| + |M_{Rcs}| \geq (\Omega |M_{Rbw}| + |M_{Rbe}|)$$

$$|M'_{Rcn}| + |M'_{Rcs}| \geq (\Omega |M'_{Rbw}| + |M'_{Rbe}|)$$



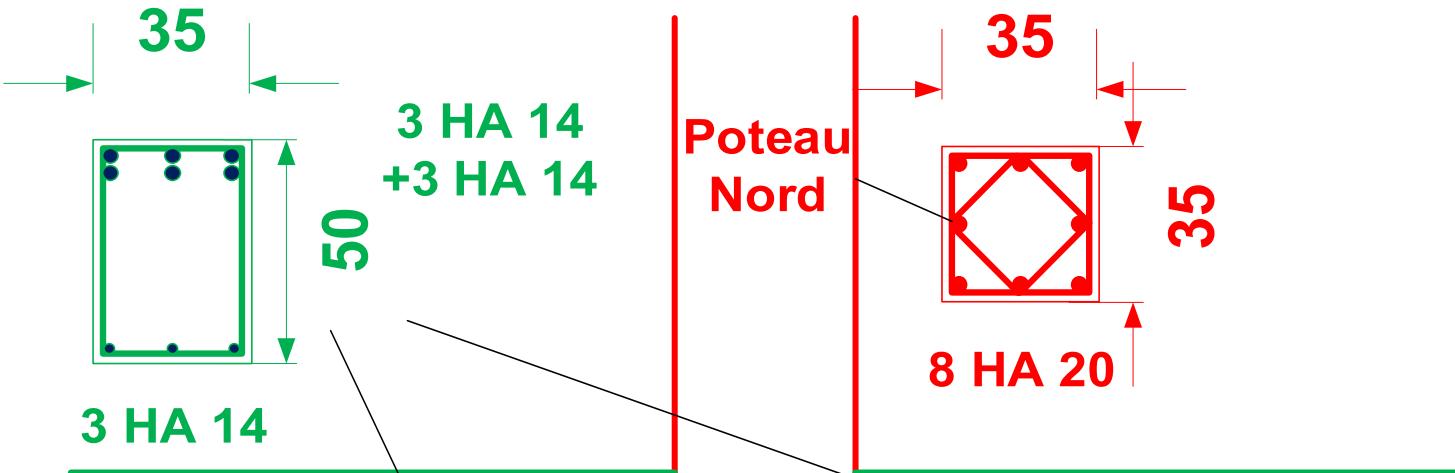
$$\Omega = \begin{cases} 1.1 : \text{en zones sismiques I, II et III} \\ 1.3 : \text{en zones sismiques IV, V et VI} \end{cases}$$

Position du nœud



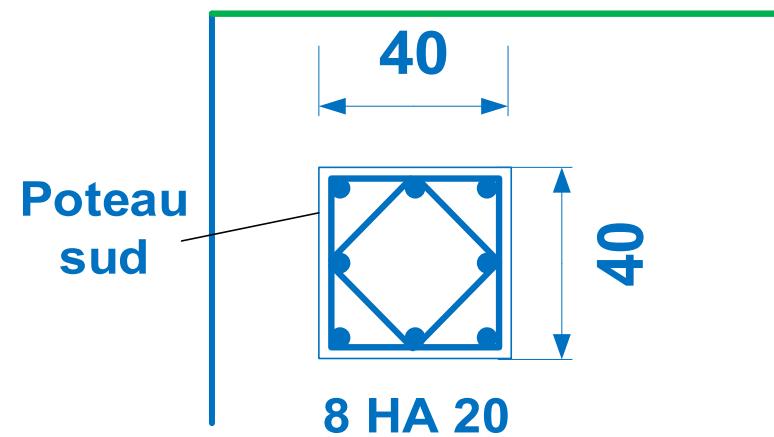
DIMENSIONNEMENT BETON ARME

8



Poutre West

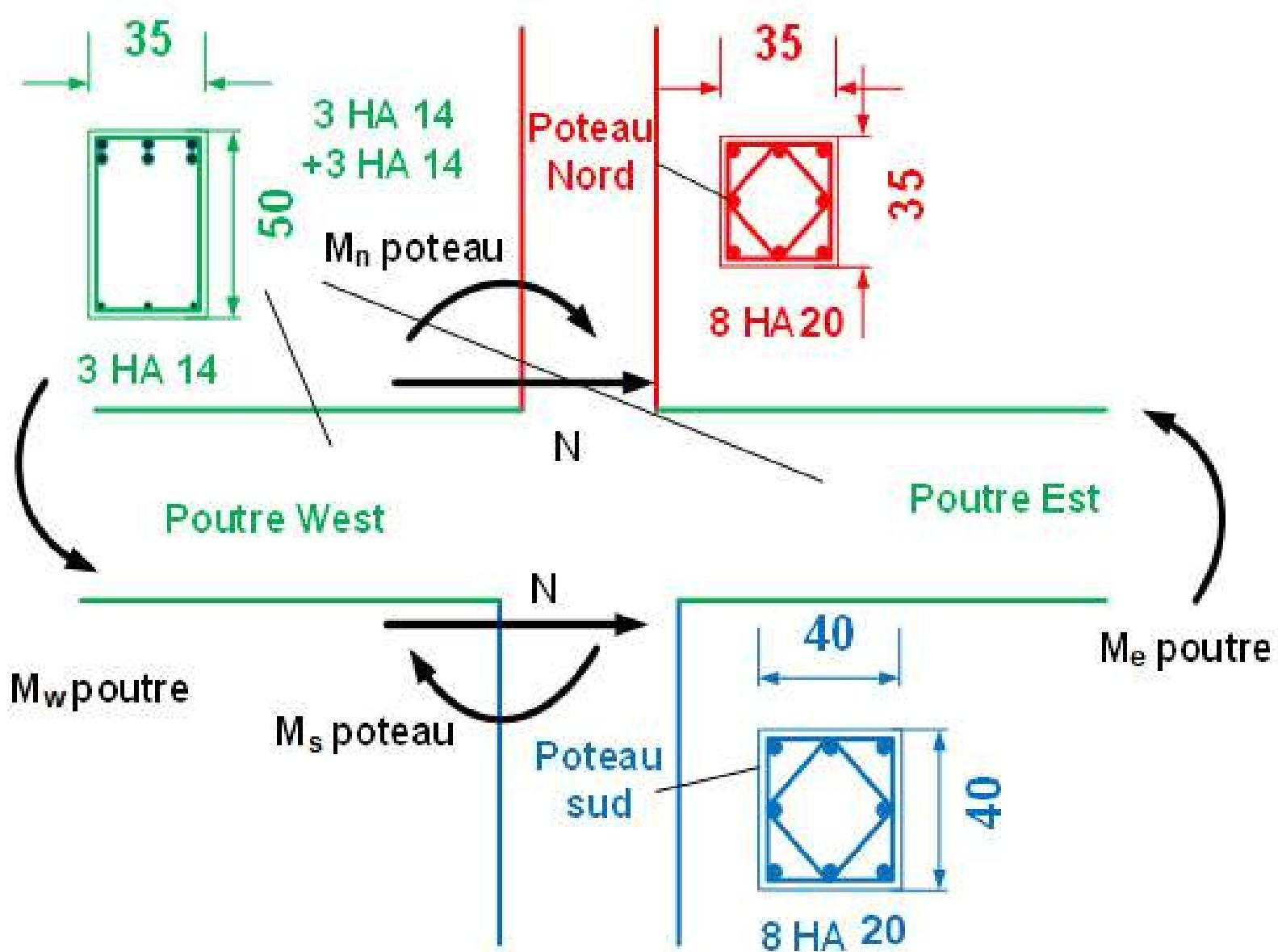
Poutre Est



Poteau
sud

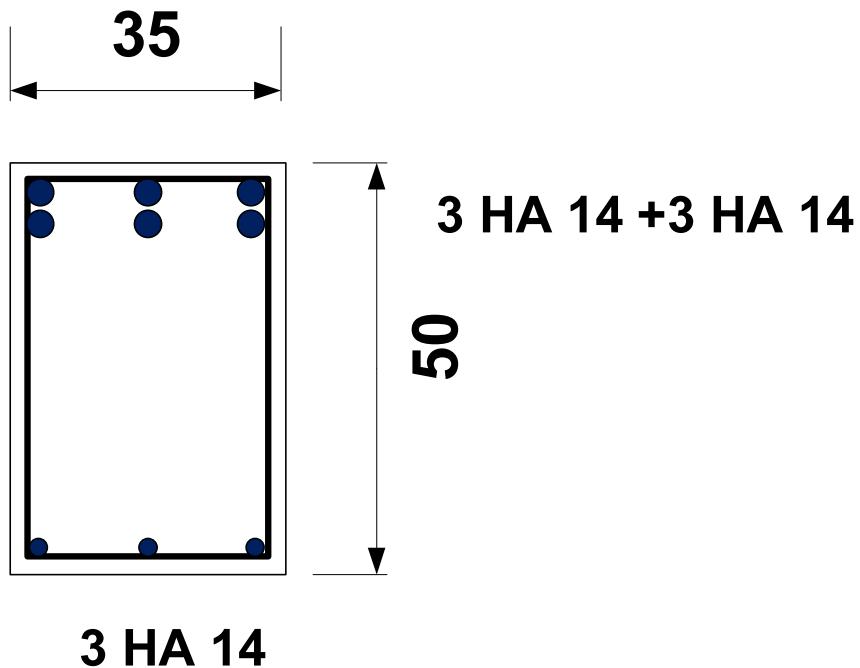
DIMENSIONNEMENT BETON ARME

8



Moments résistants ultimes des poutres

Utilisation des logiciels tel que SOCOTEC, Section Designer ,,,

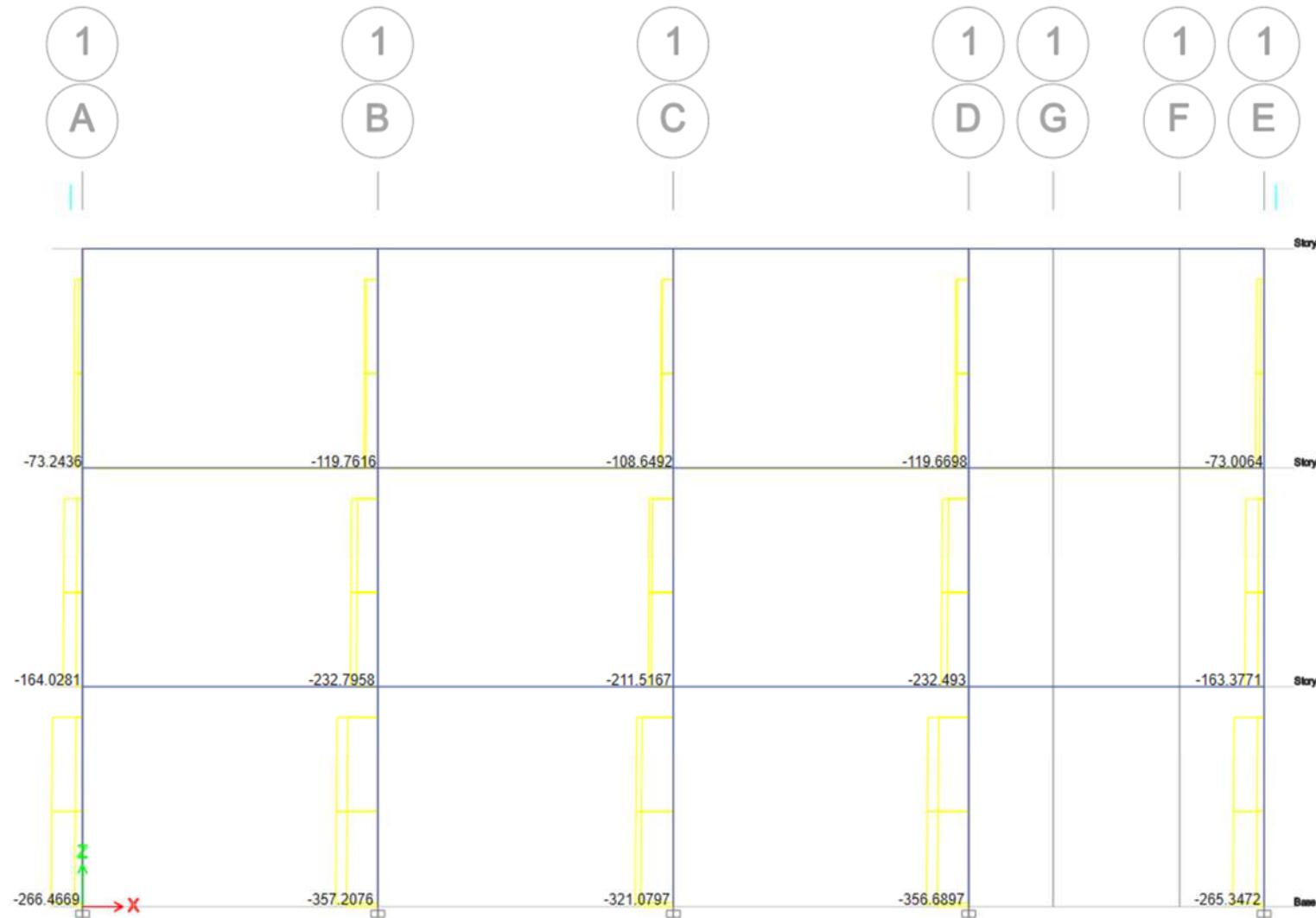


Poutre principale

$$M_w = 82,71 \text{ kN.m}$$

$$M_e = 206,25 \text{ kN.m}$$

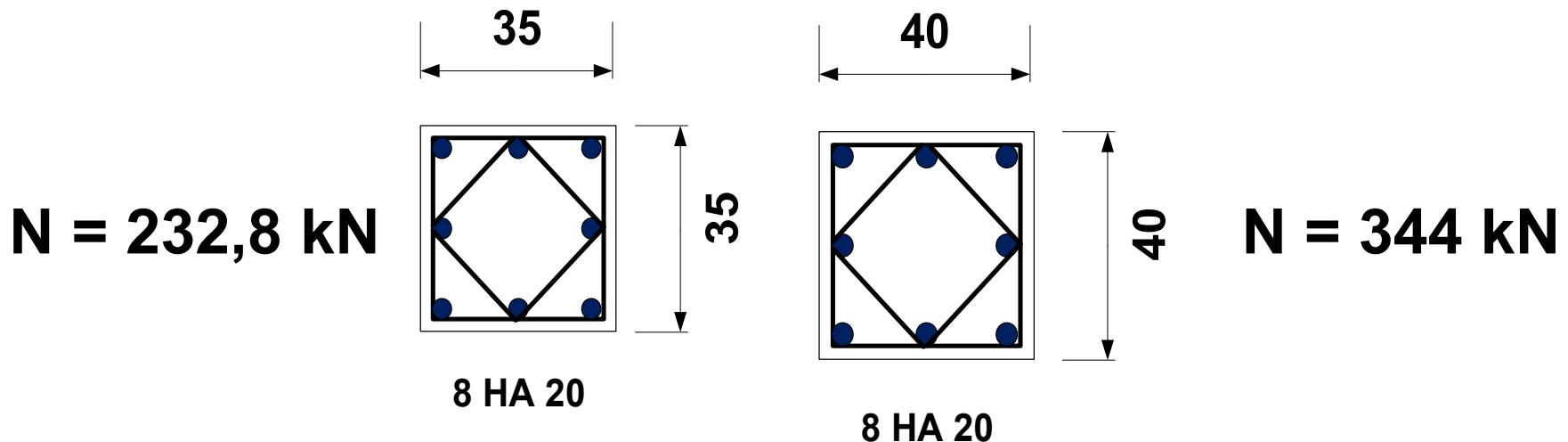
Diagramme efforts normales pour les poteaux



Moments résistants ultimes des poteaux

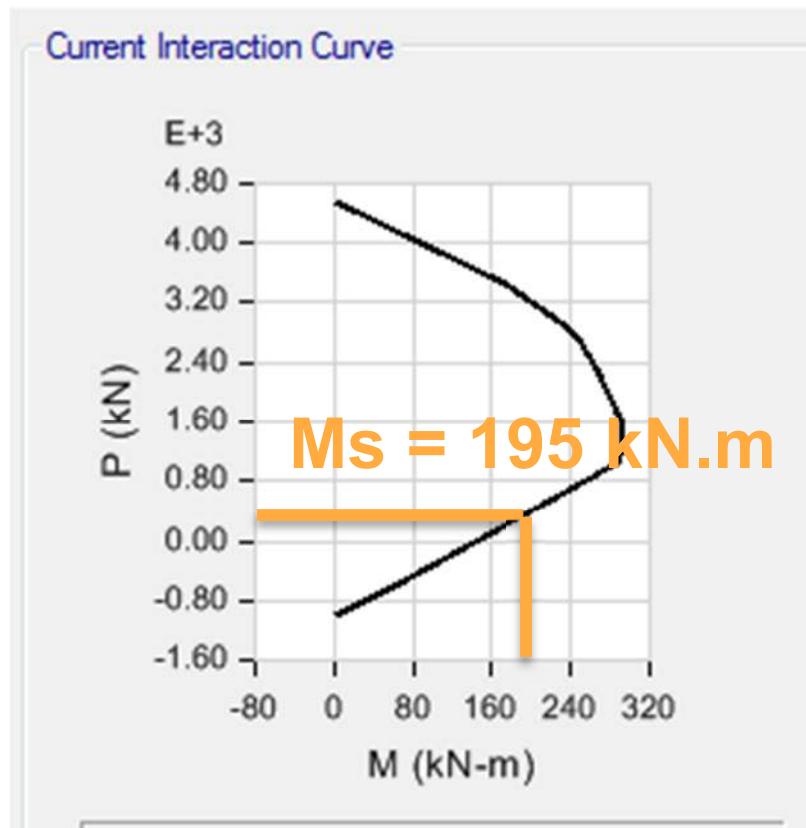
Utilisation des logiciels tel que SOCOTEC, Section Designer ,,,

Utilisation de la courbe d'interaction M-N

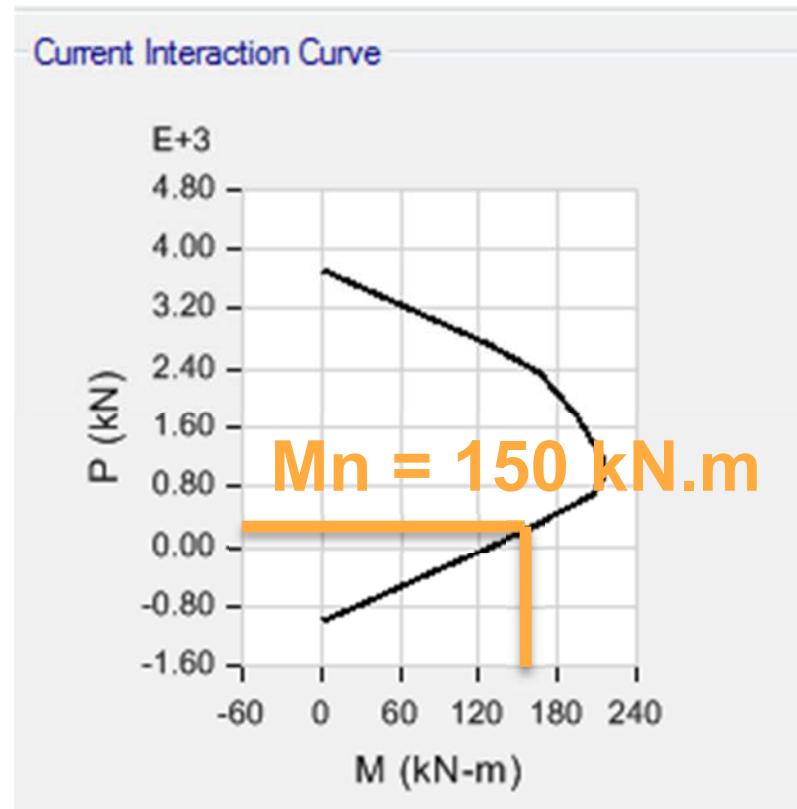


$$G + 0.3Q + E_x + 0.3E_y$$

Poteau 40x40



Poteau 35x35



$$(195+150) \geq 1,1 \times (82,71+206,25)$$

$$345 \text{ kN.m} \geq 316 \text{ kN.m}$$

Vérifié

MERCI

de votre attention