

Dynamique des structures

Abdellatif MEGNOUNIF

e-mail: abdellatif_megnounif@yahoo.fr

Chap. 17B

Règles Parasismiques Algériennes (RPA 2024) Partie I : Règles générales

1. Introduction

DTR B-C 2-48

Approuvé par la commission technique permanente pour le contrôle technique de la construction (CTP) le 15 Mai 2024.

RPA 2024 : Continuité des RPA 81, version 1983, RPA 88, RPA 99 et sa version 2003 dont il garde la philosophie originelle

Séismes récents en Algérie (Bejaia 2021, 2022; Mila 2020; Alger 2014; Médéa 2016) ou à l'étranger (Chine 2008; Chili 2010; Japon 2011; New Zélande 2011 et Turkiye/syrie 2023)

Progrès de la recherche

Evolution des réglementations internationales

Retour d'expérience

Amélioration de la présentation

Réorganisation du contenu

1. Introduction

11(10) Chapitres

1. Définit leur domaine d'application et les conditions d'application.
2. Présente les règles générales de conception en zone sismique.
3. Donne les critères de classification des zones sismiques, des ouvrages, des sites, des systèmes de contreventement, l'action sismique (type 1 et 2, accélération, déplacement, spectre horizontal/vertical, coefficients de site et topographie), actions sismiques en accélération ou en déplacement, séparation des catégories d'importance des bâtiments (coefficient d'importance).
4. Présente les règles de calcul en insistant sur la méthode statique équivalente.
5. Résume les différentes justifications vis-à-vis de la sécurité (adoption de nouvelles combinaisons d'actions, adoption d'une nouvelle limitation des déplacements inter-étages en fonction du type de structures)
6. Concerne les prescriptions complémentaires et surtout les éléments non-structuraux et équipements (adoption de forces horizontales sur les éléments non structuraux et analyse sismiques des équipements).
7. Présente les prescriptions au dimensionnement des structures ou éléments de structures en béton armé coulé en place ainsi que les dispositions constructives les concernant. Ajout de 03 annexes définissant les dispositions constructives des voiles de grandes dimensions en béton peu armé.
8. Présente les dispositions au dimensionnement des structures en ossatures métalliques.
9. Traite des constructions en maçonnerie porteuse chaînée.
10. Présente les prescriptions concernant les fondations et murs de soutènement. Accompagné de 02 annexes complémentaires.
11. Nouveau chapitre sur l'isolation pour promouvoir l'utilisation de ce dispositif en zones sismiques.

Bleu : Inchangé ; Rouge : ajouté; Noir : modifié (titre du chapitre inchangé, qlqs changements à l'intérieur)

10 (01)

Annexes

- A. Une annexe de classification des wilayas et communes d'Algérie est donnée dans cette partie**
- B. Recommandations : études géotechniques**
- C. Facteurs d'amplification topographique**
- D. Dispositions : voiles de grandes dimensions**
- E. Constructions en profilés formés à froid (PAF)**
- F. Constructions en bois**
- G. Dispositions d'isolation et comportement**
- H. Liste des séismes notables (depuis 1365)**
- I. Actions sismiques et périodes de retour**
- J. Introduction au calcul capacitaire**

2. Domaines d'application et conditions d'application

2003, 2024

A toutes les constructions courantes, sauf



2024

Essentielle
ment
applicable

- ✓ Centrales nucléaires, installations GNL, installation de fabrication et de stockage des produits inflammables, explosifs, toxiques, ou polluants, ... même un dommage léger n'est pas toléré
- ✓ Ouvrages d'art (barrages, ouvrages maritimes, ponts, tunnels, ...)
- ✓ Réseaux et ouvrages enterrés
- ✗ ~~Structures en plaques et coques minces~~
- ✓ Bâtiments de grande longueur^(*) dont les points d'appui ne sont pas solidarités par des longrines, halls industriels, parking couverts, etc.

- ✓ Ne s'applique pas en zone de sismicité négligeable (Zone 0) de la classification des zones sismiques

- ✓ Bâtiments à 01 ou plusieurs niveaux d'usage courant (habitation, service, production, etc...)
- ✓ Bâtiments assimilés (châteaux d'eau, etc...)

(*) Bâtiment de grande longueur : dont la distance entre 02 appuis extrêmes > 200 m. Produire une justification spéciale relative aux effets de la variabilité spatiale du mouvement sismique

2. Domaines d'application et conditions d'application

Conditions d'application

2024

A appliquer **concomitamment à tous les DTR**, en vigueur, pour la conception, le calcul et l'exécution des constructions

Les exigences, limitations et dispositions constructives prescrites, par ce DTR, s'appliquent **en sus de celles** définies par les autres DTR en vigueur.

2003

~~Si action, du vent est défavorable~~

~~Ce sont ces actions qu'il faut prendre en considération pour la vérification de la résistance et de la stabilité de l'ouvrage, avec respect des dispositions constructives des règles RPA~~

3. Règles générales de conception (même Structure)

i. Choix du site (*idem*)

2003, 2024

Faire attention



- ✓ Aux failles reconnues actives
- ✓ Aux zones suspectes de liquéfaction.
- ✓ Aux terrains instables (pentes instables, abords de falaises, rives et berges sujettes à affouillement, terrains **compressibles tassants** inondables, cavités souterraines, remblais non compactés, ...)
- ✓ À la topographie superficielle accidentée (crêtes, pitons rocheux, bords de vallées encaissées, abords de changement de pente importante,...)
- ✓ À la présence d'alluvion d'épaisseur variable en pied de pente ou d'épaisseur importante en milieu de vallées.
- ✓ À la présence de formations géologiques différentes.

Choix du site : arrêté à la base des résultats d'investigations qui peuvent être orientées par les résultats d'études de micro zonage sismique là où elles existent

2003

ii. Reconnaissance et étude de sol

2024

Obligatoires pour tous les ouvrages, et sont en principe **les mêmes que dans le cas des situations non, sismiques**

~~Obligatoires pour les ouvrages d'importance moyenne ou plus, implantés en zones de sismicité moyenne à élevée.~~

~~Exception faite pour les R+2 au maximum ou 11m de hauteur moyenne.~~

2003, 2024

Doivent permettre la connaissance des conditions de sol et de la position de la nappe phréatique, ainsi de classer le site et de détecter les zones liquéfiables et/ou instables

En zones liquéfiables ou instables et aussi pour le calcul des propriétés mécaniques des sols, prévoir des reconnaissances et études complémentaires

2024

Nouveau

Annexe B : recommandations concernant les reconnaissances et études géotechniques, afin de classer le site sismiquement

R+1 (max) ou 8 m de hauteur (habitation individuelle surface des planchers < 300 m²) : Données et conclusions du POS ou de micro zonage à utiliser pour identifier les risques cartographiés et déterminer les propriétés du sol.

iii. Implantation des ouvrages

Eviter ?

2003, 2024

- ✓ Eviter la proximité immédiate d'une **faille**. 100 m (de part et d'autre) pour les ouvrages importants et 50 m pour les ouvrages d'importance faible.
- ✓ Eviter les terrains **instables**, les terrains à topographie accidentée et le bord des falaises
- ✓ Eviter les sols **liquéfiables**, les sols fortement fracturés, les sols faiblement cimentés et les zones de remblais.

iii. Implantation des ouvrages

Recommandé ?

2003, 2024

- ✓ **Prioriser les sols rocheux et les sols fermes.**
- ✓ **Une couche d'appui des fondations suffisamment épaisse et qu'elle ne repose pas sur une couche instable.**
- ✓ **Eviter le phénomène de résonance en implantant les bâtiments élevés sur des sites rocheux ou fermes de faible épaisseur et les bâtiments bas sur des sites fermes ou meubles relativement épais.**
- ✓ **Une pente des talus dont la stabilité ne doit pas dépassée 2/3. Favoriser plusieurs blocs sur plates formes horizontales sur terrain en pente.**
- ✓ **Planter l'ouvrage d'un même côté d'une discontinuité telle que la fracture, contact de formations géologiques différentes,...sinon le scinder par joints en blocs distincts implantés de part et d'autre de la discontinuité.**

Infrastructure (y compris les éléments des sous sols) et fondations doivent former un ensemble résistant et rigide

Ensemble capable :

- ✓ de transmettre les charges sismiques horizontales en plus des charges verticales.
- ✓ De limiter les tassements différentiels
- ✓ D'empêcher les déplacements horizontaux relatifs des points d'appui par solidarisation au moyen de longrines.

Système de fondations homogène (superficielles, radier, pieux,...) avec un seul mode de fondation par bloc, délimité par des joints. **Sauf étude spécifique, opter pour des fondations mixtes (pieux-semelle)**

Il doit constituer une assise horizontale unique sur toute l'emprise du bloc

v. Superstructure

2003, 2024

- ✓ Régularité en plan (axisymétrie) et en élévation.
- ✓ Prévoir des joints sismiques pour limiter les longueurs des bâtiments trop importants, séparer les blocs à rigidité et masse inégales et simplifier les formes en plan.
- ✓ Choisir des matériaux de ductilité importante pour une bonne déformation plastique et de rigidité acceptable pour limiter les problèmes de stabilité de forme.
- ✓ Prévoir et bien disposer des contreventements dans au moins les 02 directions horizontales pour reprendre une charge verticale suffisante, assurer une transmission directe des forces aux fondations et minimiser les effets de torsion. **Pour minimiser les effets de la torsion, il est recommandé d'adopter, autant que faire se peut, des configurations régulières, voire symétriques (surtout les systèmes de contreventement) (diminuer les excentricités de torsion)**
- ✓ La structure et ses éléments doivent avoir une ductilité suffisante pour dissiper une grande part de l'énergie communiquée par le séisme et conserver leur résistance de calcul sous déformations imposées.
- ✓ Favoriser les rotules plastiques dans les poutres et linteaux au lieu des poteaux et voiles.
- ✓ Tenir compte de la présence d'éléments non structuraux qui peuvent modifier le comportement de la structure et donner lieu à des désordres importants.

vi. Modélisation et méthodes de calcul

2003, 2024

- ✓ Reproduire au mieux le comportement réel de l'ouvrage lors du choix des méthodes de calcul et de la modélisation.
- ✓ Les déformations post-élastiques sont admises dans ce règlement. On utilise les méthodes de calcul linéaire équivalent en considérant un comportement élastique de la structure sous l'effet d'un spectre de réponse comme action sismique.
- ✓ Le post élastique est pris en compte en utilisant un coefficient de comportement.
- ✓ On peut aussi utiliser d'autres méthodes plus précises et correctes sous réserve de justification scientifique appropriée.

2024

Commentaire : L'analyse statique non linéaire (Analyse en poussée progressive « Push-over ») peut également être utilisée (détail Annexe J).

4. Critères de classification

i. Classification des zones sismiques

2003

05 zones de sismicité



2024

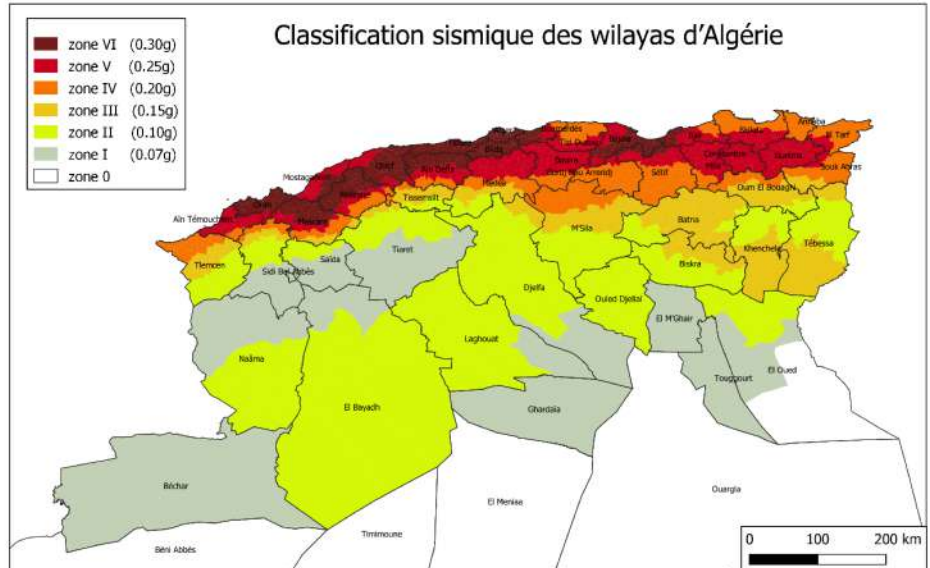
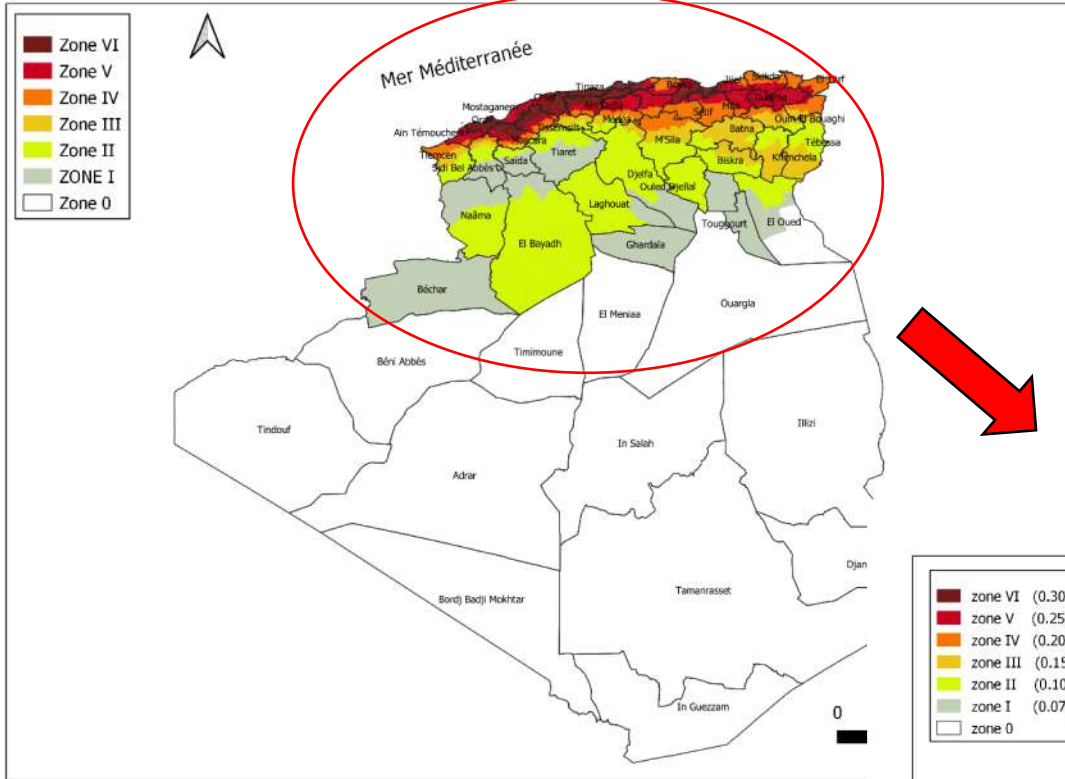
07 zones de sismicité

- ✓ **Zone 0** : sismicité négligeable
- ✓ **Zone I** : sismicité faible
- ✓ **Zones IIa et IIb** : sismicité moyenne
- ✓ **Zone III** : sismicité élevée

- ✓ **Zone 0** : sismicité très faible
- ✓ **Zone I** : sismicité faible
- ✓ **Zones II** : sismicité faible à moyenne
- ✓ **Zone III** : sismicité moyenne
- ✓ **Zone IV** : sismicité moyenne à élevée
- ✓ **Zones V & VI** : Sismicité élevée

4. Critères de classification *i. Classification des zones sismiques*

Classification sismique des wilayas d'Algérie



**Conditions
d'application**

ii. Classification des sites

Catégories et critères de classification

En fonction des propriétés mécaniques des sols

2003

2024

04
Catégories

05
Catégories



Catégorie S₁ : Rocheux

- ❖ Roche ou autre formation géologique caractérisée par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement $V_s > 800$ m/s

- ❖ $PI > 5$ MPa
- ❖ $E_p > 100$ MPa
- ❖ $q_u > 10$ MPa
- ❖ $V_s \geq 800$ m/s

Catégorie S₂ : Ferme

- ❖ Dépôts de sables et de graviers très denses et/ou d'argile surconsolidée sur 10 à 20m d'épaisseur avec $V_s \geq 400$ ~~360~~ m/s à partir de 10m de profondeur

- ❖ $q_c > 15$ MPa
- ❖ $N > 50$
- ❖ $PI > 2$ MPa
- ❖ $E_p : 20 - 100$ MPa
- ❖ $q_u = 0,4 - 10$ MPa
- ❖ ~~400~~ ~~360~~ $< V_s \leq 800$ m/s

Catégorie S₃ : Meuble

- ❖ Dépôts épais de sables et de graviers moyennement denses ou d'argile moyennement raide avec $V_s \geq 200$ ~~180~~ m/s à partir de 10m de profondeur

- ❖ $q_c = 1,5 \sim 15$ MPa
- ❖ $N = 10 \sim 50$
- ❖ $PI = 1 \sim 2$ MPa
- ❖ $E_p = 5 \sim 20$ MPa
- ❖ $q_u = 0,1 \sim 0,4$ MPa
- ❖ ~~200~~ ~~180~~ $< V_s \leq 400$ ~~360~~ m/s

Catégorie S₄ : Très meuble

- ❖ Dépôts de sables lâches avec ou sans présence de couches d'argile molle avec $V_s < 200$ ~~180~~ m/s
- ❖ Dépôts d'argile molle à moyennement raide avec $V_s < 200$ ~~180~~ m/s dans les 20 premiers mètres

- ❖ $q_c < 1,5$ MPa
- ❖ $N < 40$ ~~15~~
- ❖ $PI < 1$ MPa
- ❖ $E_p < 5$ MPa
- ❖ $q_u < 0,1$ MPa
- ❖ $V_s < 200$ ~~180~~ m/s

- ✓ q_c : résistance de pointe
- ✓ N: nombre de coups
- ✓ PI : pression limite moyenne
- ✓ E_p Module pressiométrique
- ✓ q_u : résistance en compression simple
- ✓ V_s : vitesse des ondes de cisaillement

Les 04 catégories sont identiques

Ajout de la 5^{ème} catégorie

2024

05^{ème}
Catégorie

Etapes pour classer un site

1. Vérifier les **04 conditions** nécessitant des investigations approfondies. Si une des conditions est vérifiée, on classe le site en S5.
2. Vérifier l'existence d'épaisseur totale d'argile molle > à 3m. Si oui, classer en S4.
3. Classer le site en utilisant les valeurs moyennes harmoniques des Vs ou les résultats des **essais géotechniques.**

Catégorie S₅ : Site nécessitant des investigations approfondies et des études spécifiques

- ❖ Présence de sols **instables**, tels que les sols **liquéfiables**, sols faiblement cimentés, anciens **remblais**.
- ❖ Présence de sols **vaseux ou d'argile** avec une très forte teneur en matière organique sur 3 m
- ❖ Présence **d'argile très plastique** sur 7.5 m
- ❖ Présence sur 37 m d'une couche d'argile molle à moyennement raide.

Essais de pénétromètre statique, SPT, pressiomètre,
...

iii. Actions sismiques

2024

New !

07 zones sismiques



Chaque zone est associée à un coefficient d'accélération de référence de zone **A**

Zone	Niveau	A
0	Très faible	/
I	Faible	0.07 (0.05)
II	Faible à moyen	0.10
III	Moyen	0.15
IV	Moyen à élevée	0.20
V	Elevée	0.25
VI	Elevée	0.30 (0.35)

- ❖ Mouvement du au séisme est représenté par un **spectre de réponse élastique** en accélération
- ❖ Une **seule forme de spectre** pour les niveaux d'effondrement et de limitation des dommages.
- ❖ L'action sismique **horizontale** décrites par 02 composantes orthogonales indépendantes, représentées par le **même spectre**.
- ❖ Tenir compte de la **magnitude des séismes** lors du choix de la forme appropriée du spectre.
- ❖ Autre que le site S1 (rocheux), considérer le **coefficient de site** approprié
- ❖ Des représentations temporelles du mouvement sismique peuvent être utilisées.
- ❖ Certaines types de structure exigent de prendre en compte les **variabilités spatiales et temporelle** du mouvement du sol.
- ❖ A proximité des pentes, prendre **une amplification supplémentaire** de l'accélération (**coefficient d'amplification topographique**)

2003

A(Zone, Gr)



2024

A(Zone)



Spectre de réponse élastique horizontal

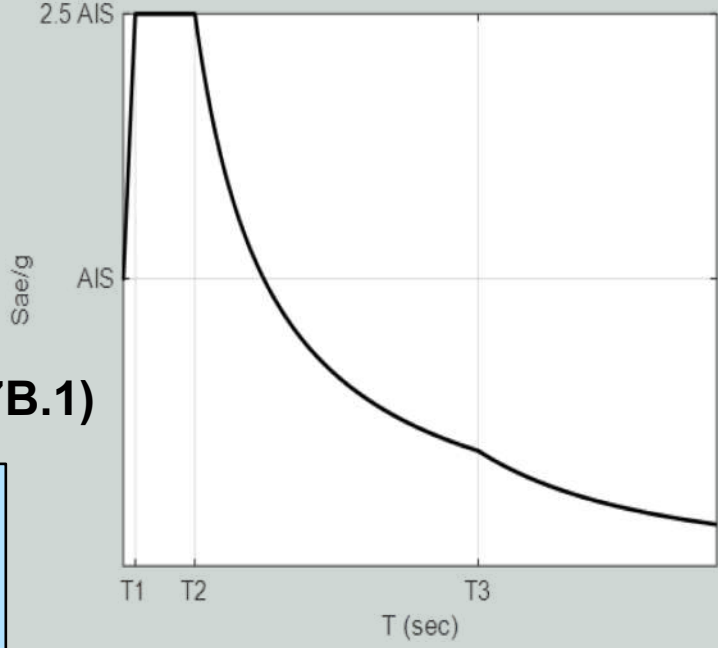
2024

Horizontal

$$D = \begin{cases} 2.5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta(T_2/T)^{\frac{2}{3}} & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta(T_2/3.0)^{\frac{2}{3}}(3.0/T)^{\frac{5}{3}} & T \geq 3.0s \end{cases}$$

$$\frac{S_{ae}}{g} = \begin{cases} AIS \left(1 + \frac{T}{T_1} (2.5\eta - 1) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ AIS(2.5\eta) & T_1 \leq T \leq T_2 \\ AIS(2.5\eta) \left(\frac{T_2}{T} \right) & T_2 \leq T \leq T_3 \\ AIS(2.5\eta) \left(\frac{T_2 T_3}{T^2} \right) & T_3 \leq T \leq 4.0 s \end{cases}$$

(17B.1)

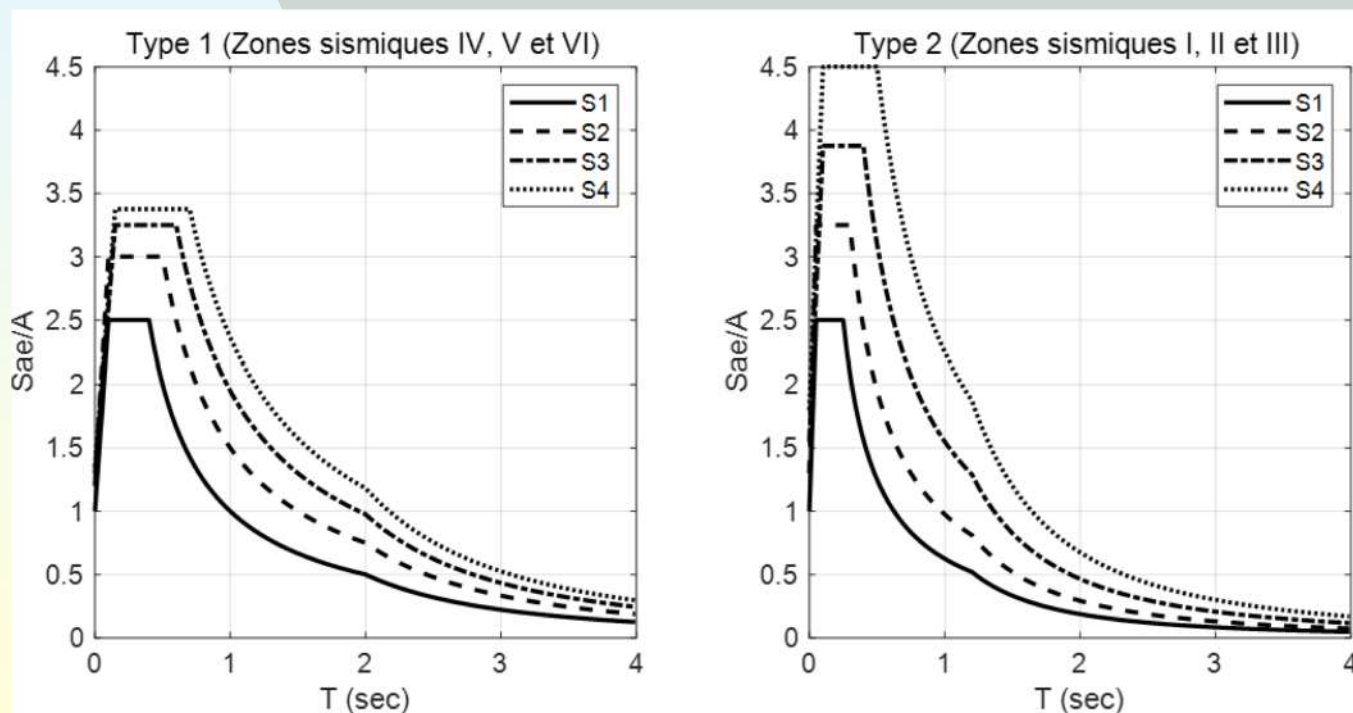


- ✓ S_{ae} : Spectre de réponse élastique normalisé par rapport à « g »
- ✓ T : période d'un S1DDL
- ✓ A : Coefficient d'accélération de calcul pour un sol de classe S1 pour une période de retour de non effondrement $T_r=475$ ans.
- ✓ T_1 : Limite inférieure des périodes correspondant au palier constant
- ✓ T_2 : Limite supérieure des périodes
- ✓ T_3 : Début de la branche à déplacement spectral constant
- ✓ I : Coefficient d'importance
- ✓ S : Coefficient de site
- ✓ η : coefficient de correction d'amortissement

2024

02 types de forme de spectre, selon la magnitude moment M_w des séismes qui contribuent le plus à l'alea sismique

Zone	Type Spectre
IV, V et VI	Type 1
I, II et III	Type 2



Spectres Type 1 et 2, pour 5% d'amortissement et normalisé par A, pour S1, S2, S3 et S4 et un ouvrage d'importance moyenne ($I=1$)

Type 1

Zones IV, V et VI

S, T1, T2 et T3 ?

Site	S	T1(s)	T2(s)	T3(s)
S1	1,00	0,10	0,40	2,0
S2	1,20	0,10	0,50	2,0
S3	1,30	0,15	0,60	2,0
S4	1,35	0,15	0,70	2,0

Type 2

Zones I, II et III

Site	S	T1(s)	T2(s)	T3(s)
S1	1,00	0,05	0,25	1,20
S2	1,30	0,05	0,30	1,20
S3	1,55	0,10	0,40	1,20
S4	1,80	0,10	0,50	1,20

Coefficient de correction de
l'amortissement

η ?

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \xi}}$$

ξ : en %

(17B.2)

	Portiques (*)		Voiles (**)
Remplissage	BA	Acier	BA/Maçonnerie
Léger	6	4	10
Dense	7	5	10

(*) : Sans présence de voiles ou de noyaux en BA
 (**): Valeurs valable même si les voiles sont associés à des portiques

I : Importance ?

En fonction du groupe d'importance (cf. 3.4)

Déplacement de calcul au niveau sol

$$d_g ?$$

Correspondant à l'accélération de calcul (A.I.S) au niveau du sol

Structures à période longue

$$d_g = (A.I.S) g (0.025 T_2 T_3) \quad (17B.3)$$

Spectre de réponse élastique en déplacement

$$S_{De}(T) = \begin{cases} S_{ae}(T) \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 & T \leq T_4 \\ d_g \left[2.5\eta + \frac{(T - T_4)}{(T_5 - T_4)} (1 - 2.5\eta) \right] & T_4 \leq T \leq T_5 \\ d_g & T > T_5 \end{cases} \quad (17B.4)$$



Site	T4(s)	T5(s)
S1	6,00	10,0
S2	6,00	10,0
S3	6,00	10,0
S4	6,00	10,0

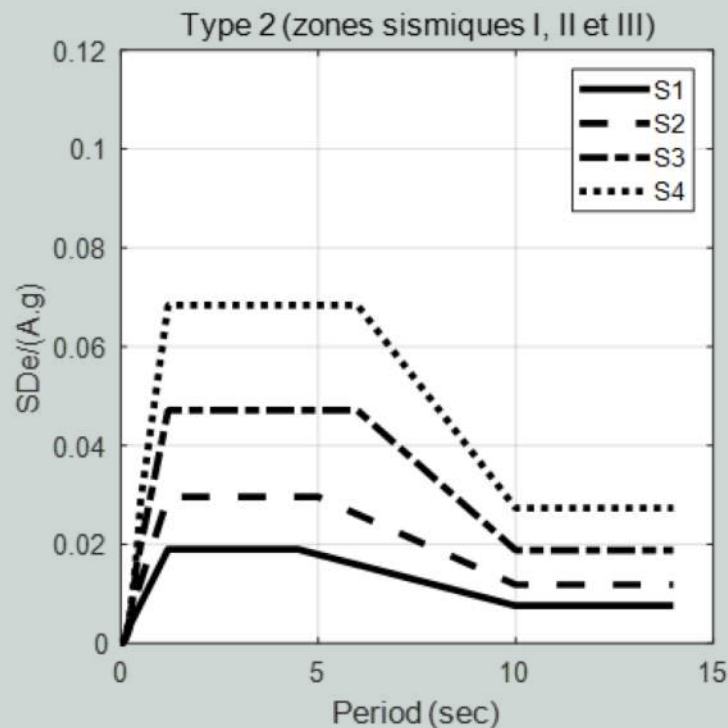
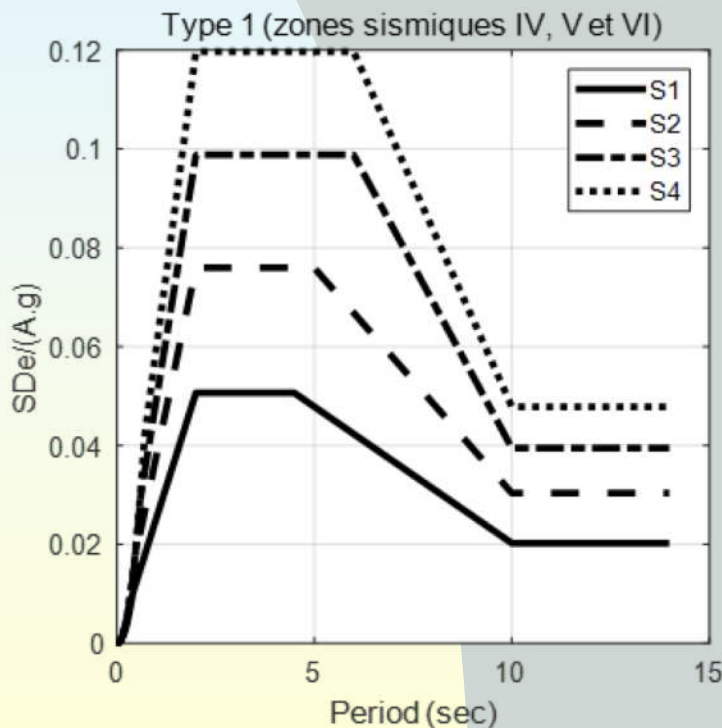
Spectre en Déplacement (par rapport à A.g)

De même

2024

02 types de forme de spectre en déplacement

Zone	Type Spectre
IV, V et VI	Type 1
I, II et III	Type 2



Spectres en déplacement Type 1 et 2, pour 5% d'amortissement et normalisé par (A g), pour S1, S2, S3 et S4

Spectre de réponse élastique vertical

2024

Vertical

Avec S=1

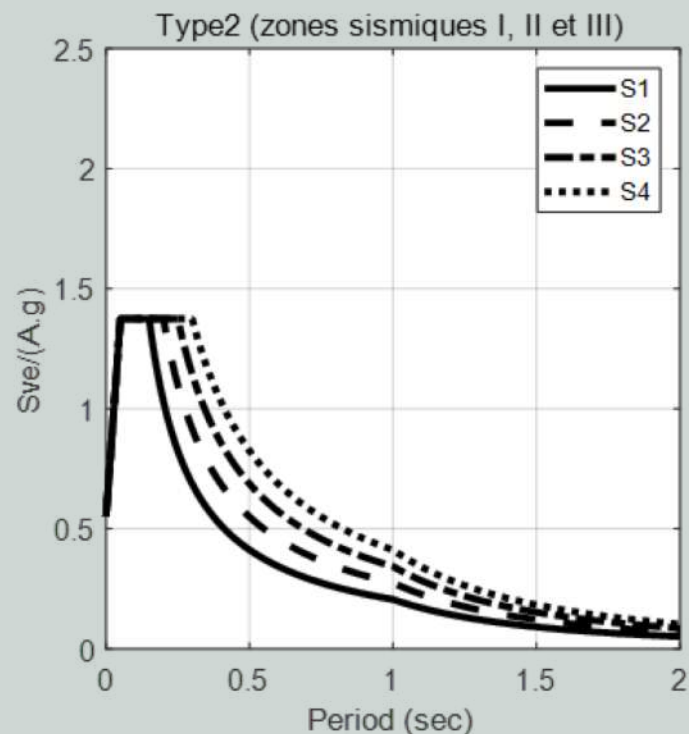
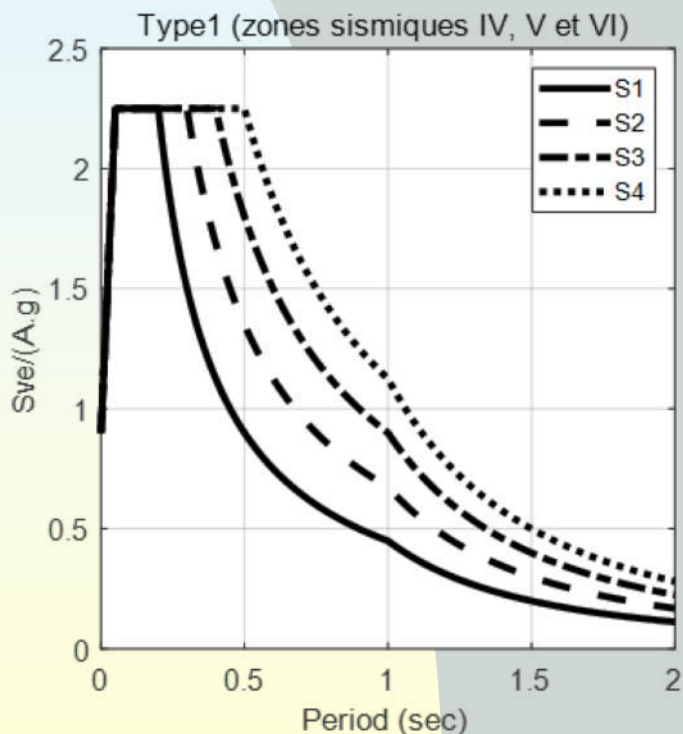
$$\frac{S_{ve}}{g} = \begin{cases} A_v I \left(1 + \frac{T}{T_1} (2.5\eta - 1) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ A_v I (2.5\eta) & T_1 \leq T \leq T_2 \\ A_v I (2.5\eta) \left(\frac{T_2}{T} \right)^\alpha & T_2 \leq T \leq T_3 \\ A_v I (2.5\eta) \left(\frac{T_2 T_3}{T^2} \right)^\alpha & T_3 \leq T \leq 4.0 \text{ s} \end{cases} \quad (17B.5)$$



2024

02 types de forme de spectre vertical, selon la magnitude moment Mw des séismes qui contribuent le plus à l'alea sismique

Zone	Type Spectre
IV, V et VI	Type 1
I, II et III	Type 2



Spectre vertical Type 1 et 2, pour 5% d'amortissement et normalisé par (A g), pour S1, S2, S3 et S4 (I=1)

Type 1

Zones IV, V et VI

 A_v , T1, T2, T3 et α ?

Site	A_v/A	T1(s)	T2(s)	T3(s)	α
S1	0,90	0,05	0,20	1,0	0,6
S2	0,90	0,05	0,30	1,0	0,6
S3	0,90	0,05	0,40	1,0	0,6
S4	0,90	0,05	0,50	1,0	0,6

Type 2

Zones I, II et III

Site	A_v/A	T1(s)	T2(s)	T3(s)	α
S1	0,55	0,05	0,15	1,0	0,8
S2	0,55	0,05	0,20	1,0	0,8
S3	0,55	0,05	0,25	1,0	0,8
S4	0,55	0,05	0,30	1,0	0,8

2003

Spectre de calcul horizontal

2024

Spectre de Calcul
Spectre inélastique (réduit)

Horizontal

Spectre de calcul

$$\frac{S_{ad}}{g} = \begin{cases} A I S \left(\frac{2}{3} + \frac{T}{T_1} \left(2.5 \frac{Q_F}{R} - \frac{2}{3} \right) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ A I S \left(2.5 \frac{Q_F}{R} \right) & T_1 \leq T \leq T_2 \\ A I S \left(2.5 \frac{Q_F}{R} \right) \left(\frac{T_2}{T} \right) & T_2 \leq T \leq T_3 \\ A I S \left(2.5 \frac{Q_F}{R} \right) \left(\frac{T_2 T_3}{T^2} \right) & T_3 \leq T \leq 4.0 s \end{cases}$$

$$\frac{S_a}{g} = \begin{cases} 1.25 A \left(1 + \frac{T}{T_1} \left(2.5 \eta \frac{Q}{R} - 1 \right) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2.5 \eta (1.25 A) \left(\frac{Q}{R} \right) & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2.5 \eta (1.25 A) \left(\frac{Q}{R} \right) \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3.0 s \\ 2.5 \eta (1.25 A) \left(\frac{Q}{R} \right) \left(\frac{T_2}{3} \right)^{2/3} \left(\frac{3}{T} \right)^{5/3} & T > 3.0 s \end{cases}$$

(17B.6)

Les valeurs du spectre de calcul ne doivent pas être inférieures à (0.2 A.I)

- ✓ **R**: Coefficient de comportement de la structure
- ✓ **Q_F** : Facteur de qualité

Spectre de calcul
Vertical

2024

Spectre de Calcul

Vertical

Avec $S=1$
Et $Q_F=1$

$$\frac{S_{vd}}{g} = \begin{cases} A_v I \left(\frac{2}{3} + \frac{T}{T_1} \left(\frac{2.5}{R} - \frac{2}{3} \right) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ A_v I \left(\frac{2.5}{R} \right) & T_1 \leq T \leq T_2 \\ A_v I \left(\frac{2.5}{R} \right) \left(\frac{T_2}{T} \right)^\alpha & T_2 \leq T \leq T_3 \\ A_v I \left(\frac{2.5}{R} \right) \left(\frac{T_2 T_3}{T^2} \right)^\alpha & T_3 \leq T \leq 4.0 \text{ s} \end{cases} \quad (17B.7)$$

iv. Classification des bâtiments selon leur importance

Classification qui permet de protéger les personnes, puis les biens économiques et culturels de la communauté.

2003, 2024

04 Groupes

Groupe 1A : Ouvrages d'importance vitale

- ❖ Centres de décisions stratégiques.
- ❖ Casernes pompiers, police, militaires,...
- ❖ Etablissement de santé.
- ❖ Établissement de communications
- ❖ Bâtiments de production et stockage d'eau potable
- ❖ Ouvrages à caractère culturel ou historique
- ❖ Centres de distribution et de production d'énergie
- ❖ Administratifs devant rester fonctionnels en cas de séisme

Groupe 1B : Ouvrages de grande importance

- ❖ (+ 300 personnes) mosquée, écoles, universités, sports, culturels,...
- ❖ Habitation collective +48m
- ❖ Bibliothèques et salles d'archive, musée,
- ❖ Établissements de santé (autre que gr 1A)
- ❖ Etablissements de production ou de distribution d'énergie (autre que gr 1A)
- ❖ Châteaux d'eau et réservoirs.

Groupe 2 : Ouvrages courants ou d'importance moyenne

- ❖ Non classés en 1A, 1B ou 3
- ❖ Habitation collective - 48m
- ❖ Bâtiments pouvant accueillir au plus 300 personnes
- ❖ Parkings,

Groupe 3 : Ouvrages de faible importance

- ❖ Bâtiments industriels ou agricoles abritant des biens de faibles valeurs
- ❖ Bâtiments à risque limité pour les personnes,
- ❖ Constructions provisoires

Importance	Groupe d'importance			
	1A	1B	2	3
I	1,40	1,20	1,0	0,80

Coefficient d'importance

v. Classification des systèmes de contreventement

Classification en tenant compte de la fiabilité des systèmes structuraux et de leur capacité de dissipation vis-à-vis de l'action sismique.

On fixe un coefficient de comportement à attribuer à chaque catégorie..

Béton armé

09 systèmes

2003, 2024

Idem

30 systèmes

BA : 09 systèmes
 Acier : 07 systèmes
 PAF : 02 systèmes
 Bois : 04 systèmes
 Maçonnerie : 01 système
 Autres : 07 systèmes

	Système de contreventement	Catégorie
1	Système à ossature (Remplissage ne gêne pas les déformations Cloisons désolidarisées)	Système dont la résistance à l'effort tranchant à la base du bâtiment dépasse 65% de tout le système, pour les charges verticales et horizontales. 05 niveaux ou 17 m (Zones I et II) 04 niveaux ou 14 m (Zone III) 03 niveaux ou 11 m (Zone IV) 03 niveaux ou 11 m (Zone V et VI)
2	Système à contreventement mixte, équivalent à une ossature	Portiques et voiles reprennent les sollicitations dues aux charges verticales et horizontales. Ossature : 50 à 65 % du total. 07 niveaux ou 23 m (Zones I et II) 06 niveaux ou 20 m (Zone III) 05 niveaux ou 17 m (Zone IV) 05 niveaux ou 17 m (Zone V et VI)

**Béton
armé**

09 systèmes

	Système de contreventement	Catégorie
3	<p>Système à ossature et système mixte, équivalent à une ossature, avec remplissage en maçonnerie rigide.</p> <p>(Éléments de remplissage doivent être disposés symétriquement en plan par rapport au centre de masse de chaque étage)</p>	<p>Mixte avec remplissage en maçonnerie rigide non structural et interagissant avec la structure</p> <p>05 niveaux ou 17 m (Zones I et II)</p> <p>04 niveaux ou 14 m (Zone III)</p> <p>03 niveaux ou 11 m (Zone IV)</p> <p>02 niveaux ou 08 m (Zone V et VI)</p>
4	<p>Système à contreventement mixte, équivalent à des voiles.</p>	<p>Portiques et voiles reprennent les sollicitations dues aux charges verticales et horizontales.</p> <p>Voiles : 50 à 65 % du total.</p>
5	<p>Système de contreventement constitué par des voiles</p>	<p>Voiles dont la résistance à l'effort tranchant à la base du bâtiment dépasse 65% de tout le système, pour les charges verticales et horizontales.</p> <p>Bâtiments limités à 48 m</p>
6	<p>Système à ossature à noyau ou à effet noyau</p>	<p>Systèmes à contreventement mixte ou systèmes de voiles, dont la rigidité à la torsion n'atteint pas un seuil et dont les rayons de giration restent inférieurs au rayon de giration du plancher</p>

Béton
armé

09 systèmes

	Système de contreventement	Catégorie
7	Système fonctionnant en console verticale à masses réparties prédominantes	Cas d'un réservoir cylindrique, des silos et cheminées de forme cylindrique, et autre
8	Système à pendule inversé	50% ou plus de la masse est concentrée dans le tiers supérieur de la structure ou dans lequel l'essentiel de la dissipation d'énergie se fera à la base d'un élément unique de l'ouvrage.
9 (New)	Système de voiles de grandes dimensions en béton peu armé	<p>Longueur du voile : $l_w \geq \min(4.0 \text{ m}; 2 h_w/3)$ h_w: hauteur total du voile</p> <p>Doit comprendre au moins 02 voiles dans chaque direction horizontale</p> <p>Les 02 voiles doivent porter au moins 20% de la charge gravitaire totale.</p> <p>Les 02 voiles doivent avoir une période \leq à 0.5 s</p> <p>Voir annexe D pour dispositions constructives</p>

Acier

07 systèmes

2003, 2024

Idem

	Systeme de contreventement	Catégorie
10	Ossatures en portiques sans remplissage ou avec remplissage isolé (Ossature contreventée par portiques autostables ductiles)	Portiques à haute ductilité. Reprennent à eux seuls les charges horizontales par flexion. Zones dissipatives dans les rotules plastiques près du nœud poteau-poutre
11	Ossatures en portiques avec remplissage maçonnerie rigide (Ossature contreventée par portiques auto stables ordinaires)	Portiques à moyenne ductilité, présence de maçonnerie rigide. Zones dissipatives dans les rotules plastiques près du nœud poteau-poutre Limité à 05 niveaux ou 17 m
12 (12.a et 12.b)	Ossature avec palées de contreventement à barres centrées 12a : à barres centrées en X 12b : à barres centrées en V En K non autorisé (Ossature contreventée par des palées triangulaires concentriques. 9.a : palées triangulées en X 9.b : palées triangulées en V En K ne sont pas autorisées)	les éléments soumis aux efforts normaux (palées) reprennent la totalité des charges horizontales. Zones dissipatives dans les diagonales tendues Limité à 10 niveaux ou 32 m En X : les diagonales tendues reprennent les forces horizontales, diagonales comprimées négligées En V : Participation conjointe des diagonales tendues et comprimées. Le point d'intersection des diagonales situé sur une membrure horizontale continue.

Acier

07 systèmes

	Système de contreventement	Catégorie
13 (13.a et 13.b)	<p>Ossature en portiques avec palées de contreventement à barres centrées</p> <p>13.a : à barres centrée en X</p> <p>13.B : à barres centrées en V</p> <p>En K, non autorisées sauf justifications spécifiques probantes (Ossature avec contreventements mixtes)</p> <p>10.a : mixte avec des palées en X</p> <p>10.b : mixte avec des palées en V)</p>	<p>Portiques ductiles combinés avec des palées de contreventement, agissant dans le même plan.</p> <p>Les palées doivent reprendre au plus 20% des charges verticales</p> <p>En X : les diagonales tendues reprennent les forces horizontales, diagonales comprimées négligées</p> <p>En V : Participation conjointe des diagonales tendues et comprimées.</p> <p>Le point d'intersection des diagonales situé sur une membrure horizontale continue.</p>
14	<p>Système en pendule inversé</p> <p>(Portiques fonctionnant en console verticale)</p>	<p>De faible degré d'hyperstaticité concerne essentiellement des portiques classiques à un seul niveau avec une traverse rigide, et des structures élancées de type « tube ».</p> <p>Ces structures se traduisent par un comportement dissipatif localisé uniquement aux extrémités des poteaux.</p>

2024

New !

Profilé formé
à froid (PAF)

02 systèmes

	Système de contreventement	Catégorie
15 (New)	Système de contreventement en panneaux en PAF	<p>Contreventement par panneaux avec plaques en tôles d'acier capables de reprendre toutes les forces latérales.</p> <p>05 niveaux ou 17 m (Zones I et II) 05 niveaux ou 17 m (Zone III) 04 niveaux ou 14 m (Zone IV) 03 niveaux ou 11 m (Zone V et VI)</p>
16 (New)	Système de contreventement en PAF en diagonales tendues	<p>Stabilité et résistance latérale assurées par un système en diagonales travaillant en traction uniquement.</p> <p>03 niveaux ou 11 m (Zones I et II) 03 niveaux ou 11 m (Zone III) 02 niveaux ou 08 m (Zone IV) 02 niveaux ou 08 m (Zone V et VI)</p>

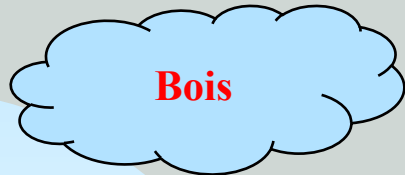
Maçonnerie

01 système

2003, 2024

Idem

	Systeme de contreventement	Catégorie
17	Structures en maçonnerie porteuse chaînée (la maçonnerie porteuse ordinaire est interdite en zone sismique)	<p>En maçonnerie de moellons ou petits éléments manufacturés et comportant des chaînages en BA mis en œuvre après exécution de la maçonnerie. Résistent en même temps aux charges verticales et horizontales.</p> <p>05 niveaux ou 17 m en Zone I et II 04 niveaux ou 14 m en zone IIa III 03 niveaux ou 11 m en Zones IIb et III IV 02 niveaux ou 08 m en Zones V et VI</p>



2024



04 systèmes

02 niveaux ou 08 m de hauteur

	Système de contreventement	Catégorie
18 (New)	Consoles; poutres à joints cantilevers	Porte à faux et poutres à joints cantilevers sont des structures non dissipatives
19 (New)	Poutres, Arcs à 02 ou 03 articulations, Treillis assemblés par connecteurs à dents.	Capacité réduite de dissipation. Disposition spéciale pour les arcs pour équilibrer les poussées latérales et les forces sismiques.
20 (New)	Murs en ossature et diaphragmes collés assemblés entre eux par clous ou boulons, Treillis avec assemblage broché et boulonné, Ossature avec remplissage non porteur	Ossature formée par panneaux de murs, assemblés entre eux par des clous ou boulons, avec des diaphragmes collés. Aussi, portiques en treillis avec assemblage poteaux-poutres par une couronne de broches et de boulons
21 (New)	Portique hyperstatique avec assemblages boulonnés ou brochés, Treillis avec assemblages cloués.	



Autres
structures

05 systèmes

2003, 2024

Idem

	Système de contreventement	Catégorie
22	Structures à ossature métallique avec contreventement par diaphragme	Résistent à l'action sismique par l'effet de diaphragmes des parois verticales (murs) et horizontales (planchers).
23	Structure à ossature métallique avec contreventement par noyau ou à effet noyau en BA	Même définition que pour ossature en BA (système 6)
24	Structure à ossature métallique avec contreventement par voiles en BA	Même définition que pour structure en portiques en BA (système 4)
25	Structure à ossature métallique avec contreventement mixte composé d'un noyau en BA et de palées et/ou portiques métalliques en périphérie	
26 (New)	Structure à ossature métallique avec contreventement mixte composé d'un noyau en BA et de portiques métalliques en périphérie Systeme comportant des transparences (étages souples) (Soft floor)	

Critères de classification

vi. Coefficient de comportement global de la structure

R: Coefficient de comportement global de la structure

Valeur unique. Dépend du système de contreventement (déjà défini).
Pour chaque direction principale, prendre une seule valeur de R

		Système de contreventement	R
Béton armé	1	Système à ossature	5,5 ^(a)
	2	Système à contreventement mixte, équivalent à une ossature	5,5 ^(a)
	3	Système à ossature ou mixte équivalent à ossature avec remplissage maçonnerie rigide	3,5 ^(a)
	4	Système à contreventement mixte, équivalent à des voiles	4,5 ^(b)
	5	Système de contreventement constitué par des voiles	4,5 ^(b)
	6	Système à ossature à noyau ou à effet noyau	3,0 ^(b)
	7	Système fonctionnant en console verticale à masses réparties prédominantes	3,0 ^(b)
	8	Système à pendule inversé	2,0 ^(c)
	9	Système de voiles de grandes dimensions en béton peu armé	1,5 ^(c)
Acier	10	Ossatures en portiques sans remplissage ou avec remplissage isolé	6,5 ^(a)
	11	Ossatures en portiques avec remplissages maçonnerie rigide	3,0 ^(a)
	12a	Ossature avec palées de contreventement à barres centrées en X	4,0 ^(b)
	12b	Ossature avec palées de contreventement à barres centrées en V	2,5 ^(b)
	13a	Ossature en portiques avec palées de contreventement à barres centrées en X	4,5 ^(b)
	13b	Ossature en portiques avec palées de contreventement à barres centrées en V	3,5 ^(b)
	14	Système en pendule inversé	2,0 ^(b)

(a), (b) et (c), 03 catégories de pondération selon redondance, géométrie des éléments constitutifs et régularité en plan et en élévation

		Système de contreventement	R
PAF	15	Système de contreventement en panneaux en PAF	2,0 ^(b)
	16	Système de contreventement en PAF, en diagonales tendues	1,5 ^(c)
Maçonnerie	17	Maçonnerie porteuse chaînée	2,5 ^(b)
Bois	18	Consoles ; poutres à joints cantilevers	1,5 ^(c)
	19	Poutres, Arcs à 02 ou 03 articulations, Treillis assemblés par connecteurs à dents	1,5 ^(c)
	20	Voiles en ossature et diaphragmes collés assemblés entre eux par clous et boulons, Treillis avec remplissage broché et boulonné, Ossatures avec remplissage non porteur	2,0 ^(b)
	21	Portique hyperstatique avec assemblages boulonnés et brochés, Treillis avec assemblages cloués	2,5 ^(b)
Autres systèmes	22	Ossature métallique avec contreventement par diaphragme	2,0 ^(b)
	23	Ossature métallique avec contreventement par noyau ou effet noyau en BA	2,5 ^(b)
	24	Ossature métallique avec contreventement par voiles en BA	3,5 ^(b)
	25	Ossature métallique avec contreventement mixte composé d'un noyau en BA et de palées métalliques en périphérique	2,5 ^(b)
	26	Ossature métallique avec contreventement mixte composé d'un noyau en BA et de portiques métalliques en périphérie	3,5 ^(b)

vii. Classification des ouvrages selon leur configuration

Selon configuration en plan et en élévation.
Régulier ou non régulier

Bâtiment régulier

Régularité en plan & Régularité en élévation

		Définitions
Régularité en plan	a1	Configuration symétrique vis-à-vis de 02 directions orthogonales pour la distribution des rigidités et des masses
	a2	Distance entre centre de gravité des masses et centre de rigidité ne dépasse pas 15% de la dimension du bâtiment mesurée perpendiculairement à direction de l'action sismique considérée et ceci pour chaque niveau et chaque direction de calcul
	a3	Forme du bâtiment compact avec longueur/largeur du plancher ≤ 4 . La somme des dimensions des parties rentrantes ou saillantes $< 25\%$ de la dimension totale du bâtiment dans la direction considérée
	a4	Planchers avec rigidité suffisante vis-à-vis de celle des contreventements verticaux (planchers rigides). La surface totale des ouvertures de plancher $< 15\%$ de la surface du plancher.
Elévation	b1	Pas de discontinuité dans l'élément porteur vertical (pb de transmission directe de la charge à la fondation)
	b2	Rapport de masse, sur rigidité de 02 niveaux consécutifs, sa variation $\leq 25\%$ dans chaque direction de calcul
	b3	Pas de changements brusques (constantes ou progressif) de la raideur et de la masse d'un niveau à un autre (de la base au sommet)
	b4	Pour les décrochements en élévation, la variation des dimensions en plan entre 02 niveaux successifs $< 20\%$ dans les 02 directions de calcul et ne s'effectue que dans le sens d'une diminution avec la hauteur. La plus grande dimension latérale $\leq 1,5$ sa plus petite dimension

viii. Facteur de qualité

$$Q_F = 1 + \sum_1^5 P_q \quad (17B.8)$$

2024

Dépend de :

- ✓ La redondance et de la géométrie des éléments qui la constituent
- ✓ La régularité en plan et en élévation
- ✗ ~~La qualité du contrôle de la construction~~

Cat	Critère q	P_q	
		Obs ervé	Non observé
(a)	1. Régularité en plan 2. Régularité en élévation 3. Conditions minimales sur le nombre étage. La structure doit comporter au moins 02 niveaux 4. Conditions minimales sur les travées. La structure doit présenter, à chaque niveau, au minimum 03 travées.	0 0 0 0	0,05 0,20 0,20 0,10
(b)	1. Régularité en plan 2. Régularité en élévation 3. Redondance en plan Chaque étage, en plan, au moins 04 files de voiles dans la direction des forces latérales. Condition valable uniquement les systèmes de contreventement (4) et (5)	0 0 0	0,05 0,20 0,05

Catégories de pondération (c)



$Q_F=1$

Merci. Fin du chapitre 17B

Dynamique des structures

Abdellatif MEGNOUNIF

Prochain Cours

Chap. 17C

**Règles Parasismiques
Algériennes (RPA 2024)
Partie II : Méthodes de calcul**