



PRINCIPES ET RECOMMANDATIONS DE CONCEPTION

2	PRINCIPES ET RECOMMANDATIONS DE CONCEPTION	35
2.1	Choix du site	
2.2	Reconnaissances et études de sol	
2.3	Implantation des ouvrages	
2.4	Infrastructure et fondations	
2.5	Superstructure	
2.6	Modélisation et méthodes de calcul	



2. PRINCIPES ET RECOMMANDATIONS DE CONCEPT

2.1 Choix du site

Pour le choix du site, une attention particulière doit être portée aux conditions défavorables ou pénalisantes suivantes :

- présence ou proximité de failles reconnues actives
- zones potentiellement liquéfiables
- terrains instables :
 - Pentes instables, abords de falaises, rives et berges sujettes à affouillement
 - Terrains compressibles, gorgés d'eau, mal drainés ou inondables
 - Terrains susceptibles de s'effondrer sous l'effet des secousses
 - Présence de cavités souterraines
 - Présence de remblais non compactés
- topographie superficielle accidentée :
 - Crêtes, pitons rocheux
 - Bords de vallées encaissées
 - Abords de changements de pente importants
- présence d'alluvions d'épaisseur variable en pied de pente ou d'épaisseur importante en milieu de vallées (susceptible d'amplification).
- présence de formations géologiques différentes

Le choix définitif du site sera arrêté sur la base des résultats d'investigations dont l'importance sera en rapport avec celle de l'ouvrage projeté.

Le type et l'importance de ces investigations pourront être utilement orientés par les résultats d'études de microzonage sismique là où elles existent.

2.2 Reconnaissances et études de sol

Les reconnaissances et les études de sol sont obligatoires et sont, en principe, les mêmes que dans le cas des situations non sismiques mais doivent, en outre, permettre la connaissance des conditions

de sol et de la position de la nappe phréatique, ainsi que la classification du site (cf. commentaires (1) & (2)) et la détection des zones liquéfiables et/ou instables.

Des reconnaissances et études complémentaires peuvent s'avérer nécessaires en présence notamment de zones liquéfiables ou instables, ainsi que pour la prise en compte éventuelle des propriétés dynamiques des sols dans les calculs.

En annexe B, sont données certaines indications et recommandations concernant les reconnaissances et études géotechniques à même de caractériser correctement les sols du site d'implantation des ouvrages et en particulier de classer sismiquement ce site en rapport avec les prescriptions de calcul du présent DTR.

Commentaire (1): Pour permettre de classer le site dans la catégorie la plus appropriée, il convient de déterminer les propriétés du sol sur une profondeur minimale de 30 m, sauf si le substratum rocheux se trouve à une moindre profondeur (cf. § 3.2).

Commentaire (2) : Pour les constructions en R+1 (au maximum) ou 8 m de hauteur moyenne (type maison d'habitation individuelle dont la surface totale des planchers n'excède pas 300 m²), les données et les conclusions des études de POS ou de Microzonage sismique, quand elles existent, peuvent être utilisées pour l'identification des risques cartographiés (retrait-gonflement, liquéfaction, glissement, etc) et la détermination des conditions et des propriétés du site.

2.3 Implantation des ouvrages

Lors de l'implantation des ouvrages, il faudrait :

- Eviter absolument la proximité immédiate d'une faille reconnue active pour les ouvrages importants et ceux d'importance vitale.
- Si le tracé de la faille a été localisé à l'issue d'une étude de site préalable ou d'une étude de microzonage sismique, les ouvrages d'importance moyenne doivent faire l'objet d'un niveau de protection plus élevé et être implantés en dehors d'une bande de 100 m de large, au minimum, de part et d'autre de la trace de la faille.
- Pour les ouvrages d'importance faible, la largeur de la bande à neutraliser où l'implantation des constructions est interdite est ramenée à 50 m, de part et d'autre de la faille.
- Eviter, autant que possible, les terrains instables et les terrains à topographie accidentée ainsi que le bord des falaises
- Eviter, autant que possible, les sols liquéfiables, les sols fortement fracturés, les sols faiblement cimentés et les zones de remblais.

Il est par ailleurs recommandé de :

- préférer les sols rocheux et les sols fermes aux sols meubles, de faible portance et donnant lieu à des tassements excessifs et irréguliers.
- veiller à ce que la couche d'appui des fondations soit suffisamment épaisse et qu'elle ne repose pas elle-même sur une couche instable.
- planter, autant que possible, les bâtiments élevés sur des sites rocheux ou sites de sols fermes de faible épaisseur et les bâtiments bas sur des sites de sols fermes ou meubles relativement épais, afin d'éviter les phénomènes de résonance.
- pour la construction sur des terrains en pente, réaliser les déblais sur la base d'une étude de stabilité de la pente. La capacité portante ainsi que la stabilité des fondations du bâtiment doivent être assurées. La pente des talus issus des terrassements, en l'absence de tout dispositif de soutènement ou justification de sa stabilité, ne doit pas dépasser 2/3.
- L'implantation d'un bloc de bâtiment en tête d'un terrain ou sur sa pente devrait, de préférence, se faire sur plateformes horizontales; dans le cas contraire, les éléments de fondations seront

répartis, si possible, sur des niveaux horizontaux.

- planter un ouvrage d'un même côté d'une discontinuité telle que fracture, contact de formations géologiques différentes, changement brusque de pente; sinon, le scinder par des joints de rupture en blocs distincts, implantés de part et d'autre de la discontinuité.

2.4 Infrastructure et fondations

L'infrastructure, constituée des éléments structuraux des sous-sols éventuels et le système de fondations doivent former un ensemble résistant et rigide, prenant appui sur des formations en place compactes et homogènes.

En outre, cet ensemble devra être capable de transmettre les charges sismiques horizontales en plus des charges verticales, de limiter les tassements différentiels et d'empêcher les déplacements horizontaux relatifs des points d'appui par solidarisation au moyen de longrines ou autre dispositif équivalent.

Les fondations sur remblais ne sont pas admises. Toutefois, la construction sur sols reconstitués est admise sous réserve d'investigations et d'études de sols définissant tous les paramètres géotechniques du nouveau site d'implantation nécessaires à la conception et au dimensionnement des ouvrages concernés.

Sauf étude spécifique, le système de fondation doit être homogène (fondations superficielles, pieux, etc) avec un seul mode de fondation par bloc de construction, délimité par des joints. L'étude spécifique doit démontrer le caractère adéquat d'une solution de fondation de type mixte (cf. Commentaire (1)).

Commentaire (1) : le terme « fondation mixte » désigne l'ensemble semelle et pieux conçu et calculé avec contact direct entre les deux et en tenant compte des possibilités réelles de mobilisation simultanée des réactions dans le sol, par les pieux et la semelle.

2.5 Superstructure

2.5.1 Régularité

Pour offrir une meilleure résistance aux séismes, les ouvrages doivent de préférence avoir, d'une part, des formes simples et, d'autre part, une distribution aussi régulière que possible des masses et des rigidités, tant en plan qu'en élévation.

Le but recherché est d'assurer la meilleure répartition possible des sollicitations à travers la structure de façon à faire participer tous les éléments à l'absorption et à la dissipation de l'énergie développée par l'action sismique.

2.5.2 Joints

La disposition des joints sismiques peut coïncider avec les joints de dilatation ou de rupture. Les joints sismiques doivent assurer l'indépendance complète des blocs qu'ils délimitent et empêcher leur entrechoquement.

En cas de sol de fondation homogène, il n'est pas nécessaire de les poursuivre en fondation. Les joints doivent être plans, sans décrochement et débarrassés de tout matériau ou corps étranger.

Les joints doivent être protégés contre l'insertion de tout corps étranger.

En cas de nécessité de bourrage des joints, le matériau doit être totalement compressible.

Ces joints sont disposés de façon à:

- Limiter des longueurs de bâtiments à un maximum de 200 m.
- Séparer les blocs de bâtiments ou ouvrages accolés de géométries différentes et/ou de rigidités et de masses inégales.

- Simplifier les formes en plan de bâtiments présentant des configurations complexes (forme en T, U, L, H, etc).

2.5.3 Matériaux et techniques de construction

Le présent DTR concerne essentiellement les structures réalisées avec les matériaux suivants :

- Béton armé
- Charpente métallique laminée à chaud ou formée à froid (PAF)
- Maçonneries diverses (briques, blocs de béton, pierre, etc) convenablement chaînées horizontalement et verticalement par des éléments en béton armé coulés en place.
- Bois de construction

Le comportement des matériaux aux séismes ne peut être dissocié du type de structure qu'ils constituent :

- L'emploi de matériaux fragiles dont les résistances en traction et en cisaillement sont faibles (béton non armé, maçonnerie non chaînée) est à proscrire pour la réalisation des éléments de contreventement. Ils peuvent être utilisés par contre, pour certains éléments non-structuraux.
- Les assemblages qui assurent la transmission des efforts entre les éléments constructifs, garantissant ainsi la continuité mécanique de la structure, doivent être réalisés en acier ou en béton armé coulé en place.
- L'utilisation de la précontrainte pour les éléments de contreventement en zone sismique est soumise à la procédure d'avis technique. Par contre, l'utilisation d'éléments en béton précontraint tels que poutres, pannes, poutrelles de plancher, prédalles, ne participant pas au système de contreventement, est permise.
- Les structures préfabriquées doivent faire l'objet d'avis technique précisant les conditions générales de conception, de calcul, de fabrication et de mise en œuvre pour leur utilisation en zones sismiques.

2.5.4 Systèmes structurels

Les ouvrages doivent comporter des contreventements dans au moins deux directions horizontales. Il est recommandé que les éléments soient des contreventements disposés de façon à :

- Reprendre une charge verticale suffisante pour assurer leur stabilité
- Assurer une transmission directe des forces aux fondations
- Minimiser les effets de torsion (cf. Commentaire 1)

Les éléments de contreventement devraient présenter une configuration régulière et former un système continu et cohérent aussi monolithique que possible. Par ailleurs, ce système doit être suffisamment redondant de façon à assurer une marge importante entre la limite d'élasticité et le seuil de rupture de la structure. Une attention particulière doit être accordée à l'étude et à la réalisation de tous les assemblages, en tenant compte des conséquences que peut avoir toute défaillance à ce niveau sur le comportement de la structure.

Commentaire (1) : Les effets de torsion comptent très souvent parmi les cas de pathologie sismique les plus remarquables constatés après les événements sismiques. Cela vient du fait que la présence de la torsion d'axe vertical entraîne des concentrations de contraintes dans les angles (au niveau des nœuds et autres zones critiques) ainsi que des déplacements importants au niveau des structures résistantes les plus éloignées du centre de rigidité des planchers.

Pour minimiser les effets de la torsion, il est recommandé d'adopter, autant que faire se peut, des configurations régulières, voire symétriques (surtout pour les systèmes de contreventements), pour diminuer les excentricités de torsion.

2.5.5 Ductilité

La structure et ses éléments doivent avoir une ductilité suffisante pour pouvoir dissiper une grande part de l'énergie induite par le mouvement sismique et conserver leur résistance de calcul sous déformations imposées.

Le développement des rotules plastiques doit se faire, en dehors des nœuds, de préférence dans les éléments horizontaux (poutres, linteaux) plutôt que verticaux (poteaux, voiles) de façon à ne remettre en cause ni le cheminement des forces verticales, ni la stabilité de la structure et/ou de ses éléments porteurs. Quant aux éléments porteurs, qui ne participent pas au contreventement, ils doivent pouvoir conserver leur capacité portante sous l'effet des déformations imposées.

Dans le présent DTR, il est attendu des différentes structures, résistant au séisme, un niveau adéquat de ductilité, auquel correspondent un certain nombre de dispositions constructives et des valeurs spécifiques des coefficients de comportement, R.

2.5.6 Éléments non-structuraux

En plus de l'étude du système structurel, il y a lieu de tenir compte de la présence d'éléments dits non-structuraux qui peuvent modifier considérablement le comportement de la structure et donner lieu à des désordres importants (cf. § 6.2).

2.6 Modélisation et méthodes de calcul

Le choix des méthodes de calcul et la modélisation de la structure doivent avoir pour objectif de reproduire au mieux le comportement réel de l'ouvrage. Dans le cas des ouvrages qui relèvent du présent DTR, il est admis que les structures soumises à une action sismique puissent subir des déformations dans le domaine post-élastique. Il est, alors, fait recours à des méthodes de calcul linéaire équivalent, utilisant un modèle élastique de la structure où l'action sismique est introduite sous forme de spectre de réponse.

Un coefficient de comportement unique associé à la structure permet alors :

- de déterminer les efforts de dimensionnement de la structure
- d'estimer les déformations inélastiques subies par la structure pour la vérification des critères d'endommagement.

D'autres méthodes de calcul plus élaborées peuvent éventuellement être utilisées, sous réserve de justification scientifique appropriée.

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