

Chapitre III : Principes de base pour la conception parasismique des bâtiments

Introduction:

Les principes suivants concernent la conception de la structure porteuse et des éléments non-porteurs (avant tout les cloisons et les éléments de façade), pour laquelle une collaboration étroite entre l'architecte et l'ingénieur civil est primordiale.

III.1-Vérification de la régularité : [RPA]

a) Régularité en plan :

_ Le bâtiment doit présenter une configuration sensiblement symétrique vis à vis de deux directions orthogonales aussi bien pour la distribution des rigidités que pour celle des masses.

_ A chaque niveau et pour chaque direction de calcul, la distance entre le centre de gravité des masses et le centre des rigidités ne dépasse pas 15% de la dimension du bâtiment mesurée perpendiculairement à la direction de l'action sismique considérée.

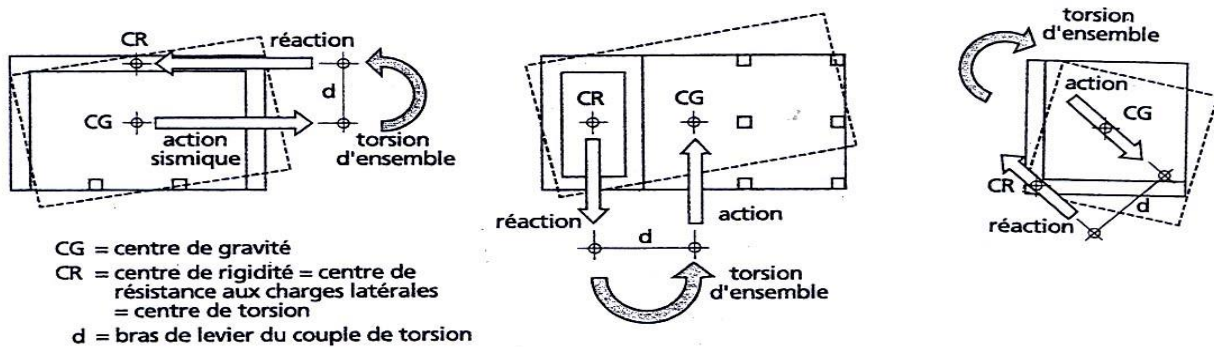


Figure III.1: position de centre de masse par rapport au centre de rigidité

_ La forme du bâtiment doit être compacte avec un rapport longueur/largeur du plancher inférieur ou égal 4

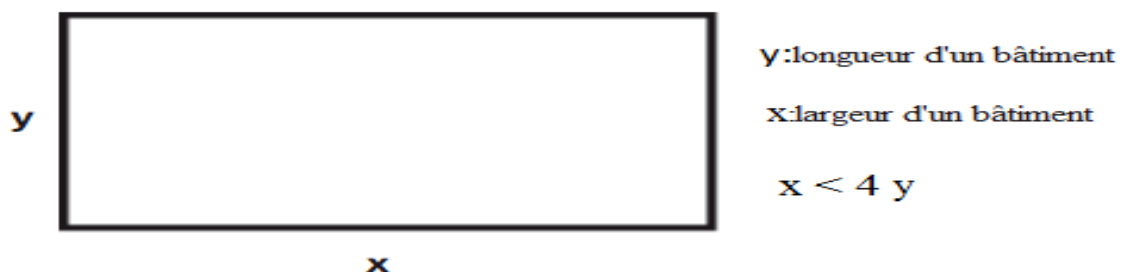


Figure III.2: relation entre longueur et largeur d'un bâtiment

_ La somme des dimensions des parties rentrantes ou saillantes du bâtiment dans une direction donnée ne doit pas excéder 25% de la dimension totale du bâtiment dans cette direction.

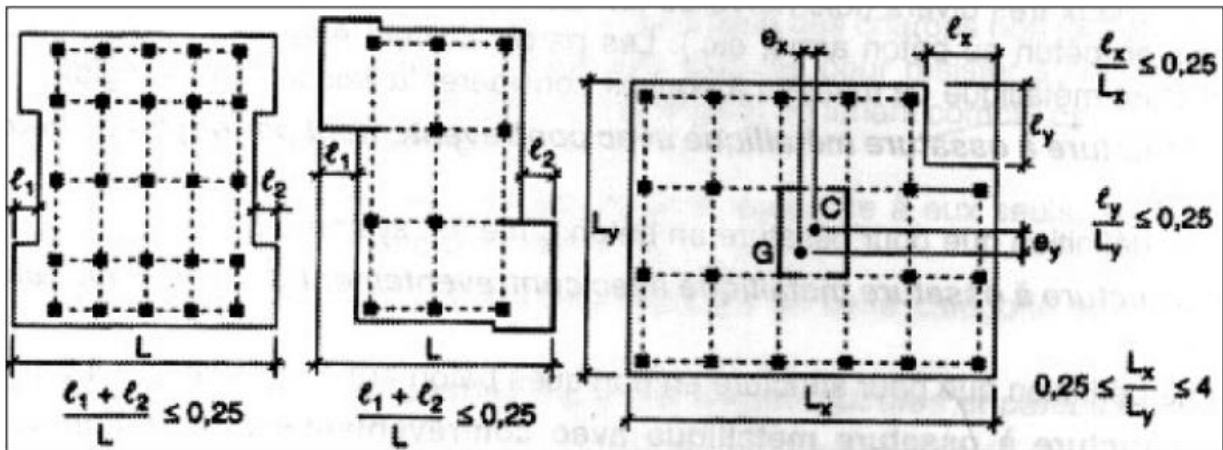


Figure III.3: Limites des décrochements en plan.

_ Les planchers doivent présenter une rigidité suffisante vis à vis de celle des contreventements verticaux pour être considérés comme indéformables dans leur plan . Dans ce cadre la surface totale des ouvertures de plancher doit rester inférieure à 15% de celle de ce dernier.

b- Régularité en élévation :

_ Le système de contreventement ne doit pas comporter d'élément porteur vertical discontinu, dont la charge ne se transmette pas directement à la fondation.

_ Aussi bien la raideur .que la masse des différents niveaux restent constants ou diminuent progressivement et sans chargement brusque de la base au sommet du bâtiment

_ Dans le cas de décrochements en élévation, la variation des dimensions en plan du bâtiment entre deux niveaux successifs ne dépasse pas 20% dans les deux directions de calcul et ne s'effectue que dans le sens d'une diminution avec la hauteur. La plus grande dimension latérale du bâtiment n'excède pas 1,5 fois sa plus petite dimension.

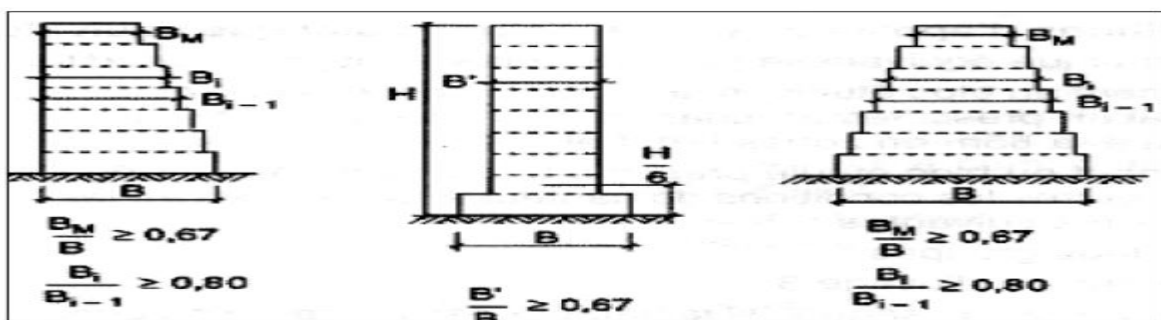


Figure III.4: Limites des décrochements en élévation.

III.2-Eviter les rez-de-chaussée flexibles

De nombreux effondrements de bâtiments lors des tremblements de terre sont à mettre sur le compte d'éléments de stabilisation présents dans les étages supérieurs, mais absents au rez-de-chaussée où seules des colonnes relativement minces subsistent. Cela entraîne un rez-de-chaussée flexible horizontalement (« soft storey ») et conduit au dangereux mécanisme de colonnes (mécanisme d'étage).

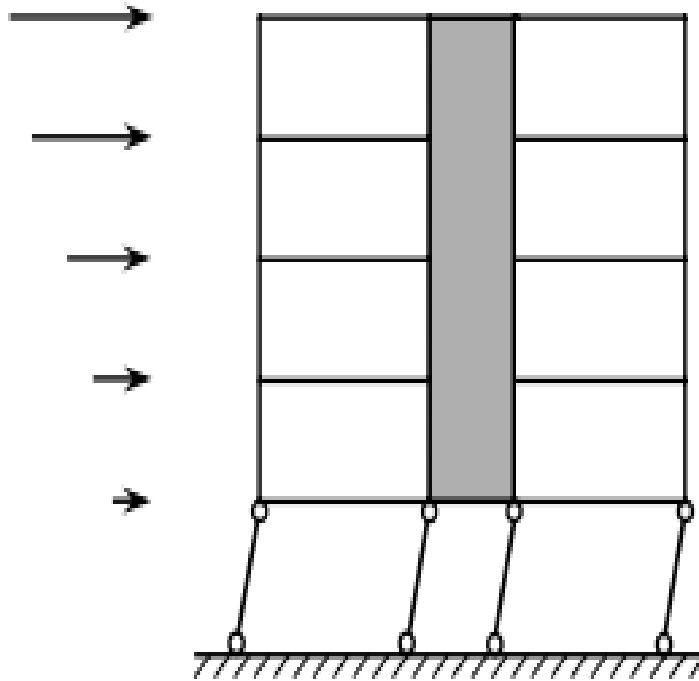


Figure III.5: Eviter les rez-de-chaussée flexibles

III.3-Eviter les étages supérieurs flexibles

Un étage peut également être plus flexible que les autres s'il est équipé de contreventements moins résistants ou que ces dispositifs font totalement défaut. Il arrive aussi que la résistance ultime dans le plan horizontal soit fortement réduite à partir d'une certaine hauteur dans toute la partie supérieure du bâtiment. Un tel ouvrage est également exposé au redouté mécanisme de colonnes (ou d'étage).

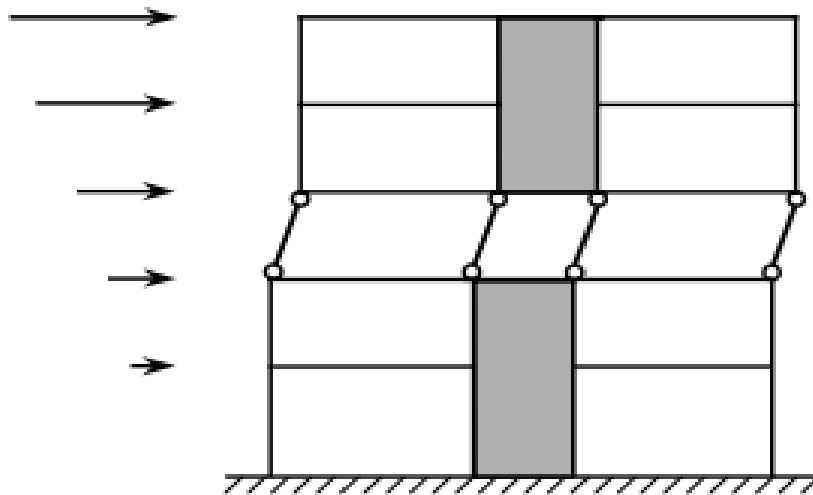


Figure III.6: Eviter les étages supérieurs flexible

III.4-Eviter les colonnes courtes

Dans les cadres avec des poutres massives, les colonnes peuvent être sollicitées au plus jusqu'à leur moment plastique M_{pl} . Dans le cas de colonnes courtes et massives, il se produit un énorme gradient de moment et ainsi un grand effort tranchant, qui entraîne, avant même d'atteindre M_{pl} , une rupture par cisaillement (une alternative pour éviter une telle rupture est de les dimensionner au cisaillement et de les construire selon les règles du dimensionnement en capacité).

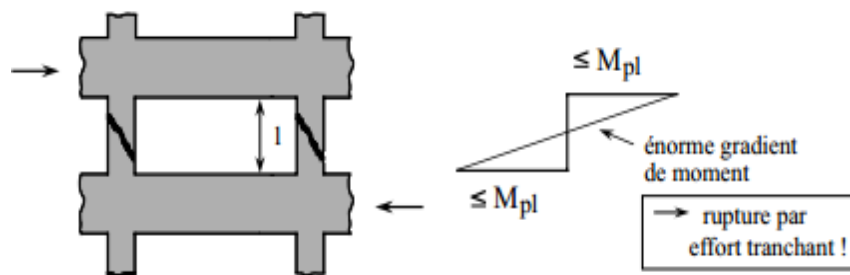


Figure III.7: Eviter les colonnes courtes

III.5-Eviter les remplissages partiels dans les cadres

L'insertion sans joint de remplissage partiel dans les cadres a pour conséquence l'apparition du phénomène des colonnes courtes ou captives (voir principe précédent). Cela entraîne une rupture par cisaillement ou – en cas de résistance au cisaillement suffisante – un mécanisme de colonnes avec des effets du 2ème ordre importants (effet- $N-\Delta$).

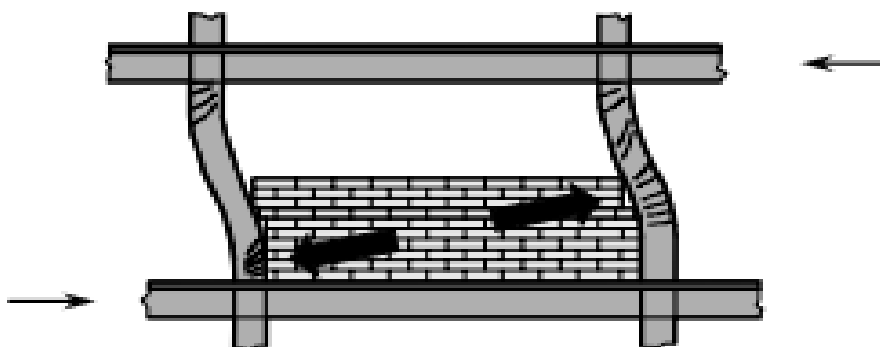


Figure III.8: Eviter les remplissages partiels dans les cadres

III.6-Eviter les contreventements dissymétriques :

L'effondrement des bâtiments sous l'effet d'un tremblement de terre est souvent dû à la dissymétrie de leurs contreventements. Les deux sections horizontales schématisées dans la figure comprennent uniquement les éléments de contreventement – tels que parois ou treillis – N'y figurent pas les colonnes, généralement disposées en grille dont la rigidité horizontale par effet de cadre est faible. Si les colonnes sont avant tout destinées à reprendre les charges verticales, elles doivent également être à même de suivre les déplacements horizontaux de l'ensemble du bâtiment sans perdre de leur capacité portante.

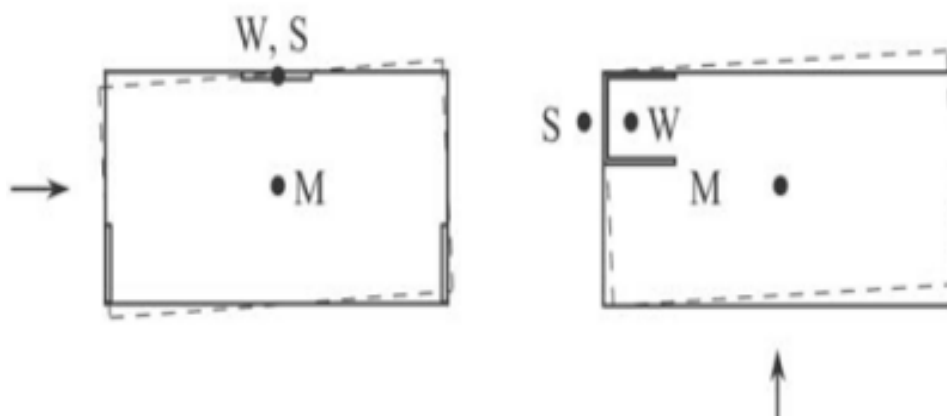


Figure III .9: Contreventements dissymétriques

III.7-Eviter les contreventements décalés :

Les contreventements sont décalés lorsque leur position diffère d'un étage à l'autre. Les moments de flexion et les efforts tranchants induits par cette disposition ne peuvent généralement pas être reportés de manière satisfaisante, même en consentant d'importants surcoûts. Les décalages perturbent la transmission des efforts, réduisent la capacité portante et diminuent la ductilité (aptitude à se déformer plastiquement) des contreventements.

Ils sont en outre responsables d'importantes sollicitations et déformations affectant d'autres éléments porteurs (p. ex. dalles ou colonnes). En comparaison avec des contreventements continus sur toute la hauteur du bâtiment et construits dans les règles de l'art, les décalages augmentent la vulnérabilité de l'ouvrage et réduisent notablement sa tenue au séisme dans la plupart des cas. C'est pourquoi il faut absolument éviter de décaler les contreventements.

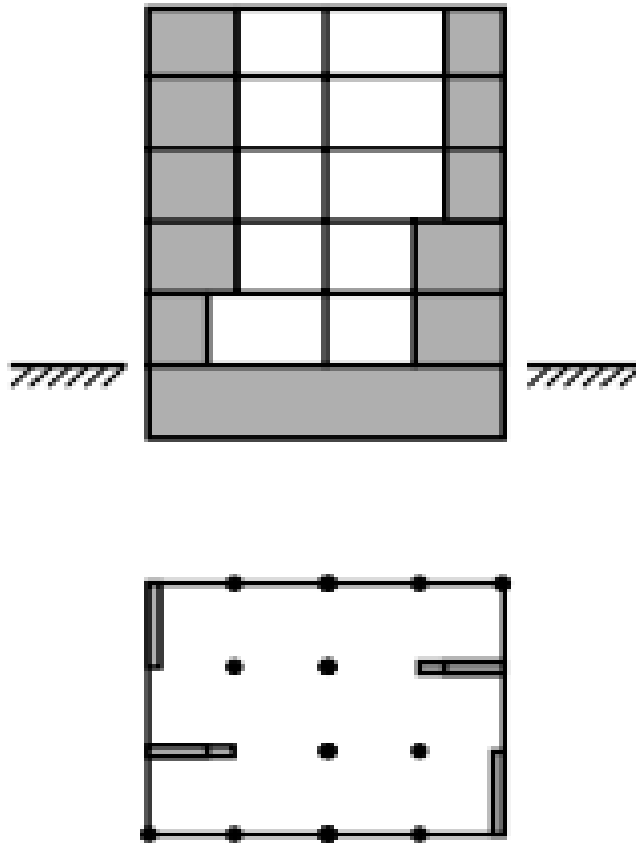


Figure III.10 Contreventements décalés

III.8-Eviter les systèmes mixtes de cadres et de parois porteuses en maçonnerie

Les systèmes porteurs mixtes composés de cadres et de parois porteuses en maçonnerie ne sont pas bien adaptés à la reprise des efforts sismiques. Même avec un cadre relativement massif, les forces sismiques sont pratiquement toutes reprises par les parois en maçonnerie qui sont nettement plus rigides que le cadre . Lorsque les parois en maçonnerie s'effondrent suite aux forces sismiques , elles ne peuvent alors plus reprendre les charges verticales , ce qui conduit le plus souvent à un effondrement total.

Les systèmes mixtes de cadres et de parois en maçonnerie sont aussi mal adaptés aux modifications d'utilisation de plus en plus fréquentes tout au long de la vie d'un bâtiment. Pour cette raison également ils devraient être évités. A long terme, il est donc aussi dans l'intérêt du maître de l'ouvrage d'opter pour une structure porteuse avec quelques refends élancés en béton armé disposés sur toute la hauteur du bâtiment. Des modifications ultérieures compliquées et coûteuses sur la structure porteuse sont ainsi automatiquement évitées.

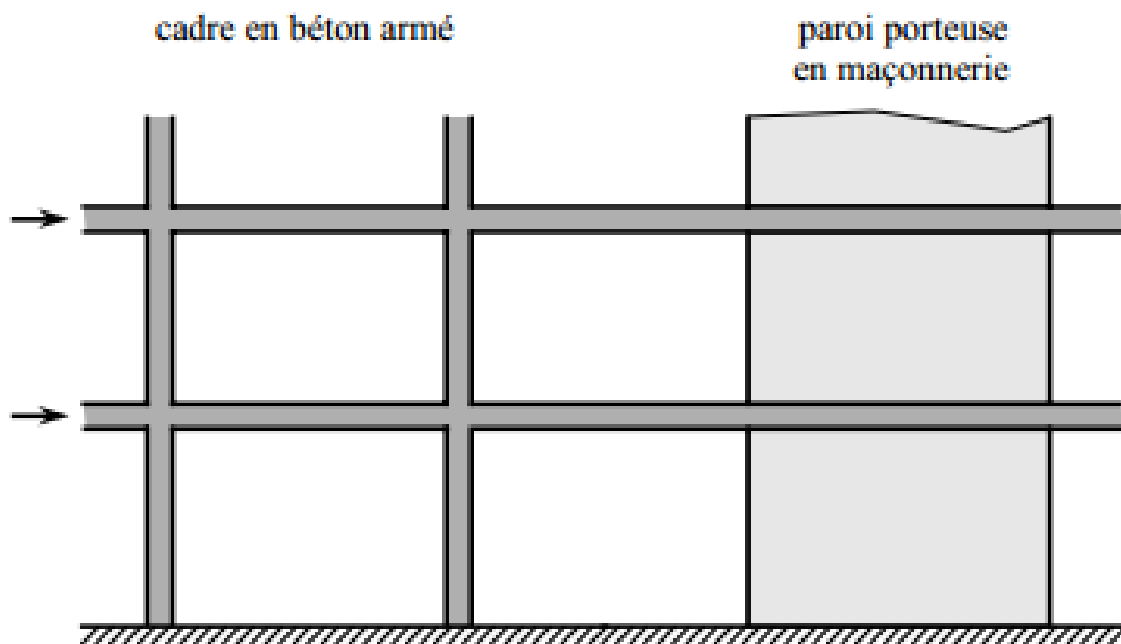


Figure III.11: Eviter les systèmes mixtes de cadres et de parois porteuses en maçonnerie

III.9-Eviter « le remplissage » des cadres par de la maçonnerie

Le remplissage des cadres par de la maçonnerie est une combinaison extrêmement défavorable de deux méthodes de construction très différentes: les cadres sont souples et plus ou moins ductiles, la maçonnerie est rigide et en même temps fragile. Au début d'un tremblement de terre, la maçonnerie reprend presque toutes les forces sismiques, mais après elle s'écroule souvent par compression oblique ou glissement (faible frottement suite à un manque de compression). Il peut aussi arriver que la maçonnerie cisaille les piliers.

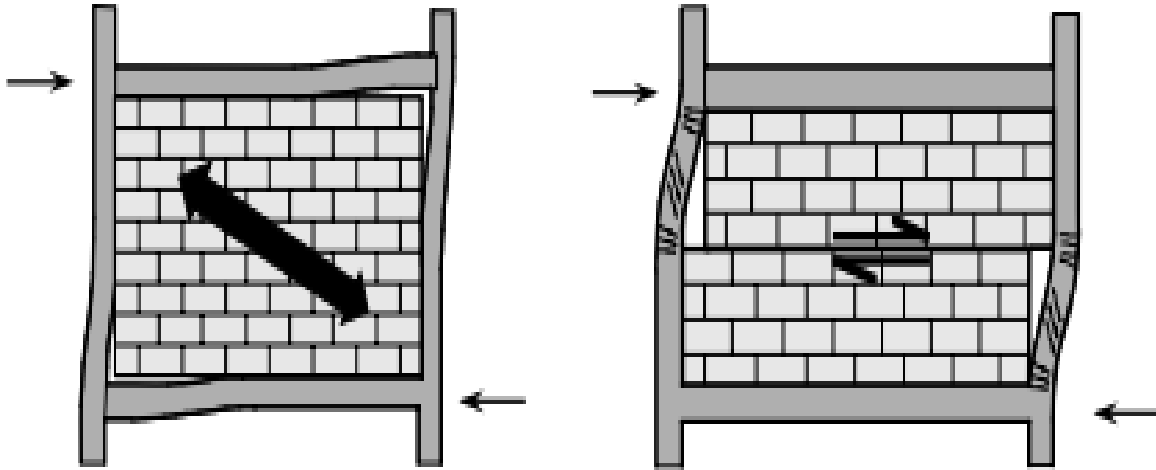


Figure III.12: Eviter le remplissage des cadre par de la maçonnerie

III.10-Préférer des plans compacts

Lors de la conception en plan d'un bâtiment, on devrait se faire une image aussi réaliste que possible du comportement dynamique de ses composants. Dans la configuration en L peu compacte de l'exemple proposé, les ailes gauche et droite du bâtiment présentent des rigidités très différentes vis-à-vis des actions sismiques dans les deux directions principales horizontales. Elles tendent à osciller très différemment l'une de l'autre, en se gênant donc mutuellement.

Les angles des dalles et l'extrémité des ailes subissent de grosses sollicitations, si bien qu'il faut procéder à un renforcement parasismique souvent très onéreux. Le problème peut être évité en séparant les deux ailes par un joint exécuté dans les règles de l'art. Il en résulte deux bâtiments rectangulaires, très compacts qui peuvent osciller indépendamment.

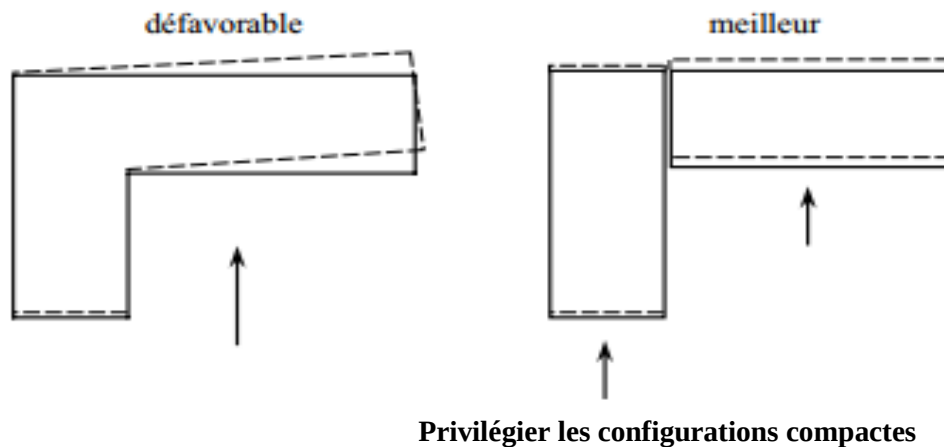


Figure III.13: Concevoir les joints entre deux bâtiments

III.11- joints entre deux bâtiments

Les joints doivent être :

- _ vides de tous matériaux ; cette disposition peut entraîner des difficultés d'exécution ;
- _ suffisamment larges pour éviter tout entrechoquement entre les blocs adjacents sous charge sismique de calcul , avec un minimum de 4 cm en zones Ia, 1b, et de 6 cm en zones II, III du zonage sismique de la France (décret du 14 mai 1991) ;
- _ rectilignes, sans décrochements.

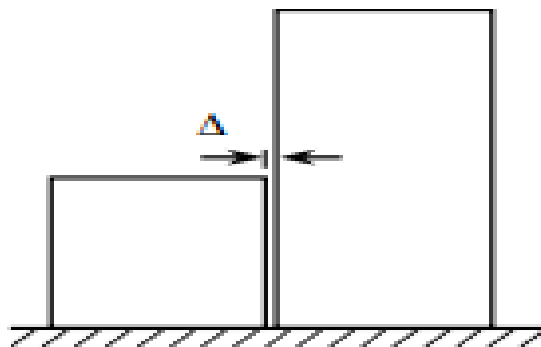


Figure III.14: Concevoir les joints entre deux bâtiments

III.12-Tenir compte du danger de liquéfaction du sol

Certains sols sableux ou limoneux saturés peuvent présenter une bonne capacité portante pour les charges statiques. Mais lorsqu'ils sont soumis à un charges statiques . Mais lorsqu'ils sont soumis à un tremblement de terre , ils peuvent se liquéfier . Suivant la nature de la structure porteuse, des bâtiments entiers peuvent s'enfoncer dans le sol ou s'incliner si le terrain est inhomogène ou inégalement liquéfié, causant souvent leur effondrement total. C'est pourquoi il faut étudier le danger de liquéfaction des sols sableux ou limoneux. Il peut s'avérer nécessaire de prévenir ce phénomène d'enfoncement dans le sol en consolidant le sol par des injections, en prévoyant des fondations sur pieux, etc.

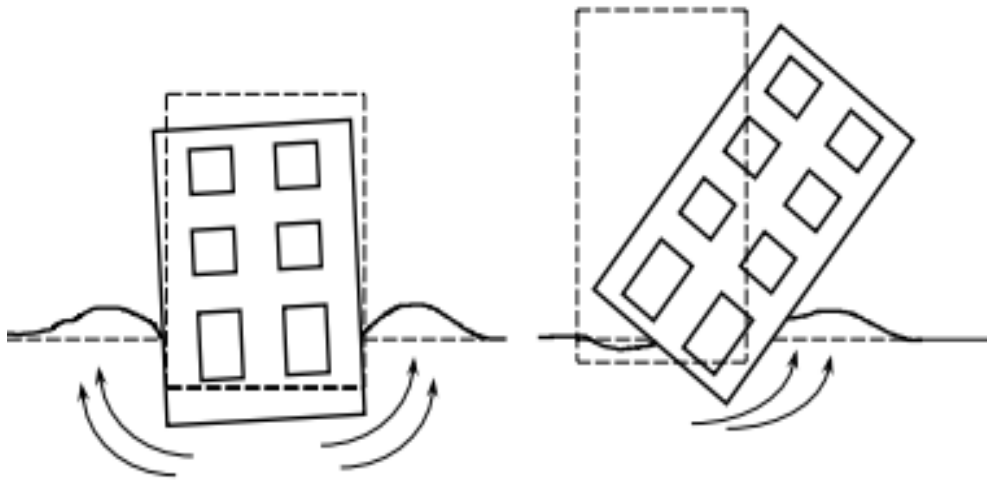


Figure III.15: danger de liquéfaction du sol