

Chapitre 04 : Introduction aux différents règlements

I. Généralités et Nécessité de la Réglementation : Le matériau béton, par nature non homogène, associé à l'acier induit un comportement autrement plus complexe que ne peut le décrire les hypothèses très simplificatrices de la RdM. C'est pourquoi, des règles de calcul précises et dédiées au béton armé ont été établies. Les progrès scientifiques dans la compréhension du comportement des matériaux et des phénomènes physiques ont amené les règles de calcul à évoluer. Cette évolution s'inscrit dans une logique de progrès visant à optimiser la qualité des bétons la durabilité des ouvrages. Jusque dans les années 1970, on utilisait uniquement le modèle de comportement linéaire des matériaux (contraintes proportionnelles aux déformations : Loi de Hooke). Avec l'évolution de la notion de sécurité et des progrès scientifiques, les modèles de calcul se sont rapprochés du comportement réel, non linéaire, des matériaux. Les règles de calcul du béton armé aux états limites de 1980 (BAEL80) ont été les premières à intégrer pleinement le modèle de comportement non linéaire des matériaux. Ces règles ont ensuite évolué en BAEL83, BAEL91 et BAEL91 révisées 99. L'Eurocode 2, qui a remplacé les règles BAEL depuis 2014, est dans la lignée des règles de calcul modernes intégrant les notions probabilistes de sécurité et les comportements non linéaires des matériaux.

II. Introduction aux différents Normes de construction :

1. Généralités : Toutes les normes constituent un ensemble de textes cohérent, homogène, logique et complet. Ces normes sont sous forme de livres dans lesquels on retrouve les combinaisons de charges, les charges minimales, les facteurs de pondération et bien d'autres règles à suivre. Il existe plusieurs normes dans le monde selon les pays. Par exemple, au Canada, toutes les poutres manufacturées sont répertoriées dans un manuel produit par l'Institut Canadien de l'acier de construction incluant les dimensions des poutres ainsi que plusieurs détails techniques comme leurs moments d'inertie. D'autre part certains ouvrages peuvent faire l'objet de règles particulières auxquelles il est alors fait référence. Ces règles particulières peuvent concerner certains types d'ouvrages (par exemple cuvelages, cheminées, canalisations, etc.), certains procédés de construction (par exemple les coffrages glissants), ou encore des constructions non traditionnelles utilisées dans le bâtiment et dont les conditions de calcul sont fixées dans le cadre des procédures ministérielles.

2. Normes BAEL : Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en Béton Armé suivant la méthode des Etats Limites. Le BAEL se base sur plusieurs objectifs :

- Il sert à un guide de calcul et de dimensionnement en béton armé :
 - ✓ Dimensionnement et redimensionnement de tous les éléments porteurs d'un bâtiment (plancher, poutres, poteaux, semelles...).
- Il sert à un guide utile de calcul et de vérification lors du suivi des travaux au chantier.
 - ✓ Calcul manuel des éléments en doute.
 - ✓ Etude de la crédibilité des solutions proposées en chantier.

Les Règles **BAEL** comportent une partie concernant les ossatures et éléments courants des structures en béton armé qui définit des règles de calcul ou de dispositions constructives applicables à de nombreux éléments d'ouvrages. Ces règles, dont une longue expérience a montré la validité, permettent d'éviter certains calculs laborieux dont la précision risquerait d'ailleurs souvent d'être illusoire.

Par Exemple :

- **L'article A1** du BAEL précise les domaines d'application ainsi que le principe des justifications. Cet article écarte du domaine d'application les constructions en béton non armé ou en béton léger, les structures mixtes acier béton et les éléments soumis à des températures s'écartant des influences climatiques normales. De plus, un dosage en ciment de 300kg/m³ minimum est requis.
- **L'article A.1.2** du BAEL précise : « qu'un Etat Limite est celui pour lequel une condition requise d'une construction (ou d'un de ces éléments) est strictement satisfaite et cesserait de l'être en cas de modification défavorable d'une action ». Nous distinguons 2 états limites :
 - 1- Les Etats Limites Ultimes (ELU) :** Il s'agit de l'état pour lequel la valeur maximale de la capacité portante est atteinte, et son dépassement entraînerait la **ruine** de l'ouvrage. Ils correspondent à la limite :
 - ✓ De l'équilibre statique : non renversement de la construction.
Exemple: Vérification de la stabilité d'un mur de soutènement.
 - ✓ De résistance pour les matériaux constitutifs : le béton est défini par sa résistance caractéristique à la compression affectée d'un coefficient de sécurité γ_b et l'acier est défini par sa limite d'élasticité affectée d'un coefficient de sécurité γ_s .
 - ✓ De stabilité de forme : instabilité élastique due au flambement pour les pièces élancées.
 - 2- Les Etats Limites de Service (ELS) :** Il s'agit du mode sollicitation de « tous les jours », l'ouvrage ne doit pas subir de déformation irréversible. Les matériaux sont employés dans leur domaine de comportement élastique. Tout naturellement, c'est le « modèle élastique linéaire » qui est utilisé pour les calculs à l'ELS. Il n'est pas suffisant qu'une construction soit stable et résistante, il est aussi nécessaire qu'elle ne présente pas une fissuration ou des déformations excessives. Cela pourrait entraîner des désordres dans les revêtements et les cloisons et donc une gêne sérieuse à l'exploitation. Il est donc nécessaire d'effectuer des vérifications portant sur :
 - ✓ La limite d'ouverture des fissures : cela évite la corrosion rapide des aciers et donc augmente la durabilité et la sécurité des ouvrages.
 - ✓ La limitation de la compression du béton.
 - ✓ La limite de déformation : les déformations (flèches par exemple) doivent rester dans des limites admissibles c'est à dire compatibles avec l'utilisation de l'élément.

3. Eurocodes : Les Eurocodes sont des normes européennes de conception et de calcul des bâtiments et des structures de génie civil. Elles ont pour objet d'harmoniser les règles de conception et de calcul utilisables pour vérifier la stabilité et le dimensionnement des différents éléments constituant les bâtiments ou les ouvrages de génie civil, quels que soient les types d'ouvrages ou de matériaux. Elles forment un ensemble cohérent et homogène de textes :

- Générales pour des ouvrages en :- béton- bois- acier- maçonnerie- mixte.
- Spécifiques suivant le type d'ouvrage :- ponts- silos, réservoirs...

Les normes « Eurocode » permettent une optimisation de la durabilité des structures. Elles supposent que:

- Le choix du système structural et le projet de structure sont réalisés par un personnel suffisamment qualifié et expérimenté.
- L'exécution est confiée à un personnel suffisamment compétent et expérimenté.
- Une surveillance et une maîtrise de la qualité adéquates sont assurées au cours de la réalisation, dans les bureaux d'études, les usines, les entreprises et sur le chantier.
- Les matériaux utilisés sont conformes aux normes appropriées.
- La structure bénéficiera de la maintenance adéquate.
- L'utilisation de la structure sera conforme aux hypothèses admises dans le projet.

Les Eurocodes constituent un ensemble de 58 normes regroupées en 10 groupes de normes (NF EN 1990 à NF EN 1999), chacun vise un aspect spécifique de la conception ou un type particulier de la construction.

- ✓ **Eurocode 0** : Base de calcul
- ✓ **Eurocode 1** : Actions sur les structures.
- ✓ **Eurocode 2** : Calcul de structures en béton.
- ✓ **Eurocode 3** : Calcul des structures en acier.
- ✓ **Eurocode 4** : Calcul des structures mixtes acier-béton.
- ✓ **Eurocode 5** : Calcul des structures en bois.
- ✓ **Eurocode 6** : Calcul des ouvrages en maçonnerie.
- ✓ **Eurocode 7** : Calcul géotechnique.
- ✓ **Eurocode 8** : Conception et dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes.
- ✓ **Eurocode 9** : Calcul des structures en alliage aluminium.

Les différents articles des normes « Eurocode » se décomposent en deux principales catégories.

🚧 **Les Principes** : Les Principes (P) sont des énoncés d'ordre général et des définitions ou des prescriptions qui ne comportent pas d'alternative et qui sont des bases pour garantir les niveaux de performances structurales.

🚧 **Les Règles d'application** : Les Règles d'application sont conformes aux principes. Il est possible d'utiliser d'autres règles sous réserve de démontrer leur conformité aux principes.

Les Eurocodes définissent des exigences fondamentales pour atteindre des niveaux de performance appropriés en matière de fiabilité des constructions dont les quatre composantes sont :

- La sécurité structurale pour les personnes et les animaux domestiques.
- L'aptitude au service, fonctionnement, confort...
- La robustesse en cas de situations accidentelles.
- La durabilité, compte tenu des conditions environnementales.

La sécurité structurale est l'aptitude d'une structure à assurer la sécurité des personnes à l'égard des risques d'origine structurale. La durabilité structurale est l'aptitude d'une structure à rester fiable pendant une durée d'utilisation conventionnelle.

 **La directive sur les produits de construction :** La « Directive sur les Produits de Construction » couvre tous les produits destinés à être incorporés durablement dans un bâtiment ou un ouvrage de génie civil, dès lors qu'ils peuvent avoir une incidence sur la sécurité, la santé, l'environnement ou l'isolation. Les produits de construction visés par cette directive doivent être conçus de telle sorte que les ouvrages dans lesquels ils sont utilisés satisfassent aux exigences essentielles suivantes :

- La résistance mécanique et la stabilité.
- La sécurité en cas d'incendie.
- L'hygiène, la santé et l'environnement.
- La sécurité d'utilisation.
- La protection contre le bruit.
- L'économie d'énergie et l'isolation thermique.

Les produits concernés doivent porter le marquage CE symbolisant la conformité à ces dispositions.

 **Transposition Nationale des Eurocodes :** Les normes européennes « Eurocode » ne peuvent être utilisées dans chaque pays qu'après modification en normes nationales. Elles sont complétées par une Annexe Nationale (AN). Dans chaque pays, l'Annexe Nationale définit les conditions d'application de la norme européenne. Elle permet de tenir compte des particularités géographiques, géologiques ou climatiques ainsi que des niveaux de protection spécifiques à chaque pays. En effet, le choix des niveaux de fiabilité et de sécurité des projets est une prérogative des États. Les Eurocodes offrent la souplesse nécessaire pour que des modulations puissent être effectuées au niveau de clauses bien identifiées afin de les adapter aux contextes nationaux.

4. Les règles parasismiques RPA 99 version 2003 : La réglementation parasismique est le document technique "DTR BC 2- 48" dit: "**REGLES PARASISMIQUES ALGERIENNES RPA99**". La première application de loi nationale Algérienne sur la conception de la résistance des bâtiments aux tremblements de terre date de 1983, et ce à la suite du tremblement de terre d'El Asnam 1980 avec une magnitude de **7,3** sur l'échelle de Richter. Avant cette date, en Algérie le code du bâtiment français a été appliqué, et qui ne prévoyait pas une conception parasismique des bâtiments face aux tremblements de terre. En 1980 il a été adopté une loi, et qui à par la suite été révisé en 1988 « tremblement de terre de Oued Djer », 1999 « séisme de d'Ain Témouchent » et 2003 suite du tremblement de terre dévastateur de Boumerdes. La réglementation parasismique Algérienne RPA99/Version 2003 se traduit par un ensemble de règles de conception et de calcul qui nécessite, pour leur bonne application, la maîtrise de leur interprétation et qui vise à assurer une protection acceptable des vies humaines et des constructions vis à vis des effets des actions sismiques par une conception et un dimensionnement appropriés.

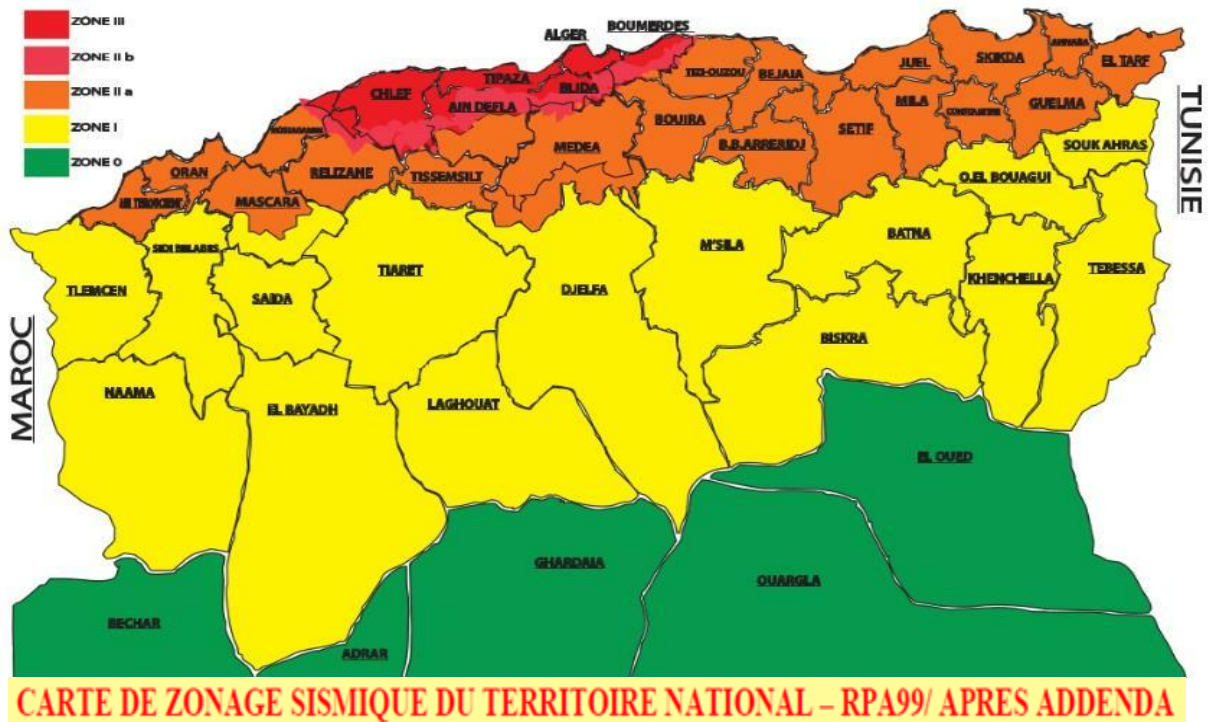
4-1. Historique de Règles Parasismique Algérien (RPA) :

- **1978** : Version préliminaire du code parasismique Algérien.
 - ✓ Inspirée du code Américain (UBC 73/76).
 - ✓ Les forces sismiques sont calculées à l'aide de la méthode statique équivalente.
- **1981** : Edition de la première version du code parasismique algérien (RPA 81) après le séisme d'El Asnam (M 7,2 / 10 octobre 1980) et mise en application par arrêté en parallèle avec le "PS-69 + compléments".
- **1983**: RPA – 81 (version 83) exclusivement.
- **1984**: Evaluation du RPA –81 (version 83) à la suite des résultats des études de microzonage de Chlef.
- **1988**: Révision du RPA – 81 (version 83) Réaménagement du document.
- **1999** : Seconde révision du code :
 - ✓ Modifications dans la méthode statique équivalente.
 - ✓ Meilleure explicitation de la méthode dynamique :(méthode modale spectrale) - Chapitres « Matériaux » et « Fondations » individualisés.
 - ✓ Version plus complète et mieux lisible.
- **2003** : Troisième révision suite au séisme de Boumerdes (M 6,8 / 21 mai 2003), portant la définition d'un nouveau zonage sismique.

4-2. Critères de Classification « Application du RPA99 » :

 **Règles générales de conception zones sismiques :** Le RPA divise le territoire national en cinq (05) zones de sismicité croissante:

- Zone **O** : sismicité négligeable.
- Zone **I** : sismicité faible.
- Zone **II b** : sismicité moyenne.
- Zone **II a** : sismicité élevée.
- Zone **III** : sismicité très élevée.



Catégories et Critères de Classification des Sites: Les sites sont classés en quatre (04) catégories en fonction des propriétés mécaniques des sols qui les constituent.

- ✓ Catégorie S1 (site rocheux).
- ✓ Catégorie S2 (site ferme).
- ✓ Catégorie S3 (site meuble).
- ✓ Catégorie S4 (site très meuble).

Les Critères de classification : Pénétrömètre statique, Essai SPT, Pressiomètre, Résistance en compression simple et Vitesse des ondes de cisaillement.

	Description	q_c (MPa)	N	P_l (MPa)	E_p (MPa)	q_u (MPa)	V_s (m/s)
S1	Rocheux	-	-	>5	>100	>10	≥ 800
S2	Ferme	>15	>50	>2	>20	>0.4	$\geq 400 < 800$
S3	Meuble	1.5 ~ 15	10 ~ 50	1 ~ 2	5 ~ 20	0.1 ~ 0.4	$\geq 200 < 400$
S4	Très Meuble ou Présence de 3m au moins d'argile molle	<1.5	<10	<1	<5	< 0.1	$\geq 100 < 200$

Tableau : Classification des Sites

Avec : q_c : résistance au pénétrömètre statique. N : résistance SPT. p_l : pression limite pressiomètre. E_p : module pressiomètre. q_u : résistance en compression simple. V_s : vitesse d'onde de cisaillement.

🔥 **Classification des Ouvrages Selon leur Importance:** Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa destination et de son importance vis à vis des objectifs de protection fixés par la collectivité. Cette classification qui vise à protéger les personnes, puis les biens économiques et culturels de la communauté.

Groupe 1A : Ouvrages d'importance vitale comme :

- ✓ Bâtiments abritant les centres de décisions stratégiques.
- ✓ Bâtiments des établissements publics de santéetc.

Groupe 1B : Ouvrages de grande importance.

- ✓ Ouvrages abritant fréquemment de grands rassemblements de personnes (mosquée, université, constructions sportives.....).

Groupe 2 : Ouvrages courants ou d'importance moyenne , comme:

- ✓ Bâtiments d'habitation collective ou à usage de bureaux dont la hauteur ne dépasse pas 48 m.

Groupe 3 : Ouvrages de faible importance.

- ✓ Bâtiments à risque limité pour les personnes.
- ✓ Constructions provisoires.

🔥 **Classification des Systèmes de Contreventement:** Les ouvrages doivent en général comporter des contreventements dans au moins les deux directions horizontales. Ces contreventements doivent être 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.

L'objet de la classification des systèmes structuraux se traduit, dans les règles et méthodes de calcul, par l'attribution pour chacune des catégories de cette classification, d'une valeur numérique du coefficient de comportement R (voir tableau). Le RPA99 donne pour chaque système de contreventement un coefficient de comportement global de la structure R . La plus petite valeur de R est retenue dans le cas d'utilisation de système de contreventement différent dans les deux directions. Les systèmes de contreventement retenus dans RPA99 sont classés selon les catégories suivantes :

Structures en Béton Armé :

- 1.a:** Portiques autostables en béton armé sans remplissage en maçonnerie rigide .
- 1.b:** Portiques autostables en béton armé avec remplissage en maçonnerie rigide.
- 2.** Système de contreventement constitué par des voiles porteurs en béton armé.
- 3.** Structure à ossature en béton armé contreventée entièrement par noyau en béton armé.
- 4.a** Système de contreventement mixte assuré par des voiles et des portiques avec justification d'interaction portiques –voiles.
- 4.b** Système de contreventement de structures en portiques par des voiles en béton armé.
- 5.** Système fonctionnant en console verticale à masses réparties prédominantes
- 6.** Système à pendule inverse.

Structure en béton armé : Valeurs du coefficient de comportement : R

Catégorie	Type de contreventement	R
1a	Portiques autostables sans remplissage en maçonnerie rigide	5
1b	Portiques autostables avec remplissage en maçonnerie rigide	3.5
2	Voiles porteurs	3.5
3	Noyau	3.5
4a	Mixte portiques/voiles avec interaction	5
4b	Portiques contreventés par voiles	4
5	Console verticale à masses réparties	2
6	Pendule inverse	2

Structure en acier : Valeurs du coefficient de comportement : R

Catégorie	Type de contreventement	R
7	Portiques autostables ductiles	6
8	Portiques autostables ordinaires	4
9a	Ossature contreventée par palées triangulées en X	4
9b	Ossature contreventée par palées triangulées en V	3
10a	Mixte portiques/palées triangulées en X	5
10b	Mixte portiques/palées triangulées en V	4
11	portiques en console verticale	2

Structure en maçonnerie et autres systèmes : Valeurs du coefficient de comportement : R

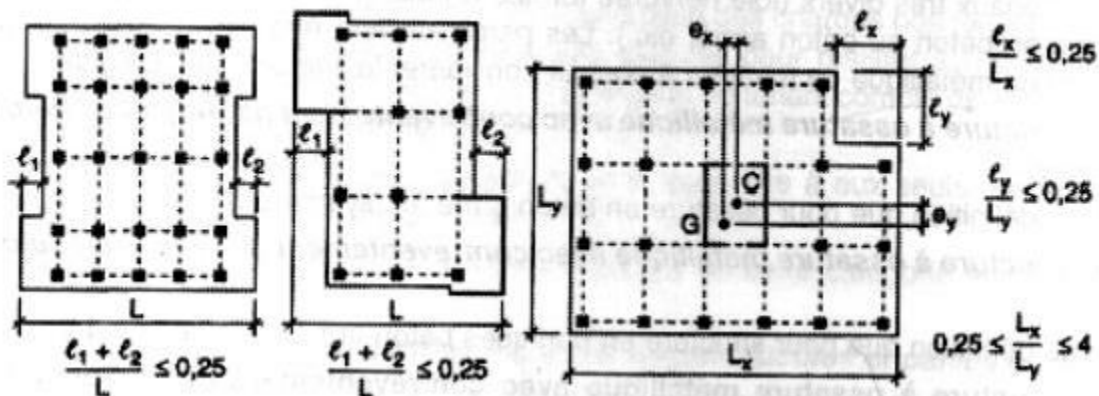
Catégorie	Type de contreventement	R
12	Maçonnerie chaînée	2.5
13	Ossature métallique contreventée par diaphragme	2
14	Ossature métallique contreventée par noyau en béton armé	3
15	Ossature métallique contreventée par voiles en béton armé	3.5
16	ossature métal avec CV mixte noyau BA et palées ou portiques métal en façade	4
17	Systèmes comportant des transparences (étages souples)	2

🔥 Classification des Ouvrages selon leur Configuration :

- Chaque bâtiment (et sa structure) doit être classée selon sa configuration en plan et en élévation en bâtiment régulier ou non, selon les critères ci-dessous :

1- Régularité en plan :

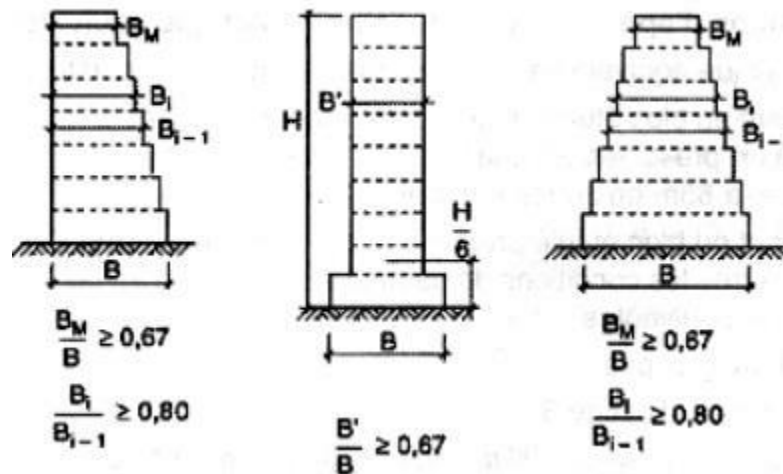
- ✚ Le bâtiment doit présenter une configuration sensiblement symétrique vis à vis de deux directions orthogonales aussi bien pour la distribution des rigidités que pour celle des masses.
- ✚ A chaque niveau et pour chaque direction de calcul, la distance entre le centre de gravité des masses et le centre des rigidités ne dépasse pas 15% de la dimension du bâtiment mesurée perpendiculairement à la direction de l'action sismique considérée.
- ✚ La forme du bâtiment doit être compacte avec un rapport longueur/largeur du plancher inférieur ou égal 4 (voir Figure) 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. (voir Figure).
- ✚ 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.



Limites des décrochements en plan

2- 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.



Limites des décrochements en élévation

- ❖ Un bâtiment est classé régulier en plan si tous les critères de régularité en plan sont respectés. Par contre, il est classé irrégulier en plan si l'un de ces critères n'est pas satisfait.
- ❖ Un bâtiment est classé régulier en élévation si tous les critères de régularité en élévation sont respectés. Par contre, il est classé irrégulier en élévation si l'un de ces critères n'est pas satisfait.
- ❖ Un bâtiment est classé régulier s'il est à la fois régulier en plan et en élévation.

