

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de La Recherche
Scientifique

Université : **MOHAMED BOUDIAF M'SILA**

Faculté : **de Technologie**

Département : **Génie Civil**

Option : **structure**

Cours de Génie parasismique

Module : Génie parasismique

Option : Structure

Niveau : 2ème Année Master

Présenté par: Dr MENASRI YUCEF

Objectifs de l'enseignement :

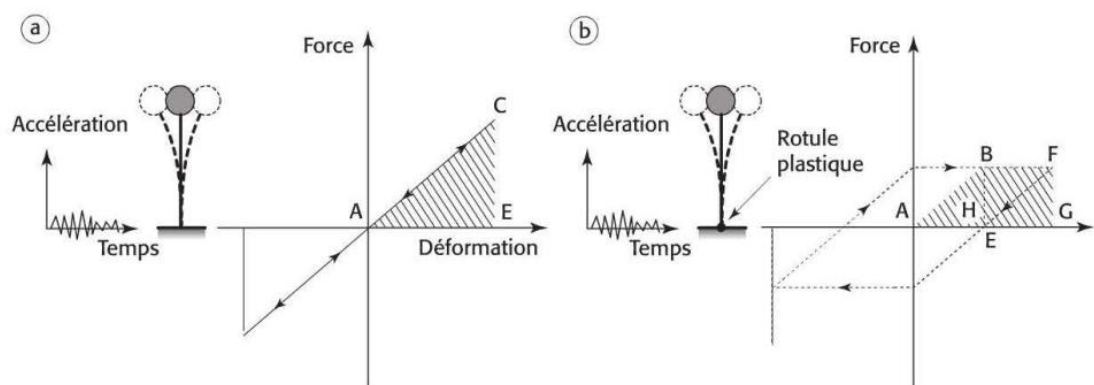
Fournir aux étudiants des connaissances en Génie parasismique afin que le futur cadre soit capable d'utiliser les méthodes usuelles de calculs parasismiques en prenant du recul sur le règlement en vigueur (RPA 2024 et Eurocode 8-1).

Chapitre 2 : Objectifs de la protection parasismique et méthodes de dimensionnement

- Objectifs de comportement

La conception parasismique pour les structures courantes de Génie Civil est basée sur le principe de ductilité et de dimensionnement en capacité. En vue d'un dimensionnement optimal des structures, les ingénieurs sont tenus de trouver un compromis entre les exigences structurales de résistance, rigidité et ductilité d'une part, et les objectifs d'utilisation et de fonction relevant d'exigences architecturales d'autre part.

La figure 1.4-2 établie pour un oscillateur simple soumis à une accélération horizontale montre l'évolution des déformations : diagramme a pour un oscillateur « élastique », diagramme b pour un oscillateur « élasto-plastique » avec une rotule plastique formée à la base. L'effet de l'amortissement n'est pas pris en compte. Il est toutefois possible de traduire l'effet de la ductilité par une augmentation de l'amortissement, mais cela ne rend pas compte de l'augmentation des déplacements.



Les objectifs fondamentaux de la protection parasismique reposent sur la limitation des dommages et la garantie de la sécurité des occupants. Le RPA 2024 définit plusieurs niveaux de performance en fonction de l'intensité du séisme considéré :

1. **Séisme de service :**

La structure doit rester pratiquement élastique. Les déformations et fissurations doivent être limitées de manière à assurer la continuité d'usage du bâtiment.

2. **Séisme de dimensionnement :**

La structure peut subir des dommages modérés, mais sans effondrement. Les éléments non structuraux peuvent être affectés, toutefois la stabilité globale doit être préservée.

3. **Séisme extrême ou rare :**

Le bâtiment peut être gravement endommagé, mais l'effondrement global doit être évité afin de préserver la vie humaine.

Ces objectifs de comportement s'inscrivent dans une approche fondée sur la performance (Performance-Based Seismic Design, PBSB), permettant une évaluation plus réaliste du comportement structurel en situation sismique.

Il est nécessaire pour l'analyse sismique de définir le niveau de performance de la structure lors de sa sollicitation par un séisme. La notion de niveau de performance est ainsi venue se substituer à la notion des états limites (de service et ultime) habituellement utilisée. En effet, des niveaux de performance plus détaillés sont définis par les différentes méthodes utilisant ce concept.

Dans l'ATC40 la vulnérabilité est évaluée pour les mêmes niveaux de performance que dans la méthode " FEMA 356"(figure 2.1). Cette dernière définit 4 niveaux de performance et des états de dommage limites correspondants :

- **Opérationnel O** : les fonctions du bâtiment restent opérationnelles, les dommages sont insignifiants.
- **Immediate Occupancy IO** (Occupation immédiate) : le bâtiment est sûr et habitable, les réparations sont mineures.
- **Life Safety LS** (Sécurité des personnes) : la structure reste stable avec une marge de sécurité confortable: les dommages sont non structuraux et restent localisés.
- **Collapse Prévention CP** (prévention à l'effondrement) : les dommages ne sont pas limités.

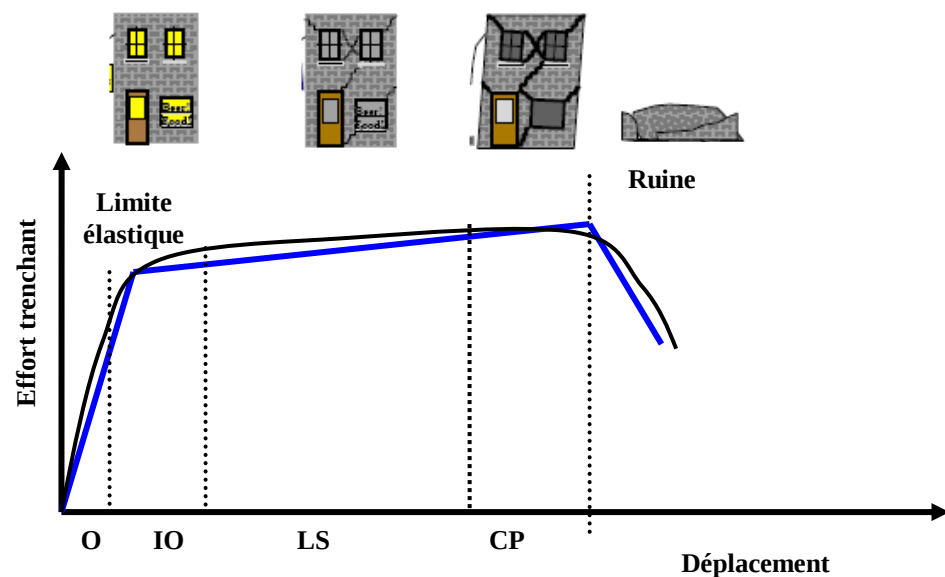


Figure 2.1 Niveaux de performance selon le FEMA 356 .

- Méthodes de dimensionnement

Dans l'évaluation de la vulnérabilité sismique à l'échelle d'une structure on préconise l'utilisation des méthodes de calculs.

Plusieurs méthodes sont utilisées, en fonction de la typologie structurale et des objectifs recherchés. Parmi les méthodes les plus courantes, on peut citer [20] :

- Les méthodes d'analyse linéaires souvent préconisées par les codes parasismiques (analyse en forces latérales, analyses modales avec l'utilisation d'un spectre de réponse).
- Les méthodes non-linéaires (analyses statiques non linéaires "Pushover", analyses dynamiques temporelles non linéaires avec utilisation d'accélérogrammes). le Tableau 4.5 illustre les quatre grandes approches analytiques.

Tableau 4.5 Grandes approches analytiques

Action (forces) Structure	Statique	Dynamique
	Force de Remplacement	Linéaire Dynamique
Non –linéaire	Pushover	Non –linéaire Dynamique

Méthodes d'analyse linéaires

Méthode statique équivalente (force de remplacement)

Cette Méthode est fréquemment utilisée si ses conditions d'application telles que décrites dans le RPA sont satisfaites. C'est une méthode d'usage relativement simple et qui a plusieurs décennies d'expérience.

La Méthode statique équivalente a comme principe de base de substituer aux efforts dynamiques développés dans une structure par le mouvement sismique du sol, des sollicitations statiques calculées à partir d'un système de forces, dans la direction du séisme,

Méthode dynamique linéaire

Si les conditions de régularité ou de hauteur d'une structure, exigées par la méthode statique équivalente ne sont pas satisfaites, il est admis d'utiliser une méthode dynamique pour l'analyse de l'action sismique [8]. La méthode dynamique linéaire basée sur :

- La réponse maximale de la structure au moyen de spectres de réponse adaptés au site de la construction
- Un calcul direct en fonction du temps par l'utilisation d'accélérogrammes adaptés au site de la construction.

Méthodes non - linéaires

Méthode statique non- linéaire "Pushover"

Cette méthode de calcul prenant en compte le comportement post élastique de la structure est destinée à estimer la résistance de bâtiments existants ou pour permettre de localiser les rotules plastiques et les endommagements éventuels. Le Pushover est une méthode maintenant reconnue et utilisée sur le plan international (ATC 40 et FEMA 356).

Méthode dynamique non - linéaire

Elle consiste à intégrer dans le temps l'équation complète du mouvement avec tous ses termes, linéaire et non linéaire. Il n'est évidemment pas possible de faire une théorie générale, chaque type de non linéarité ayant son caractère propre et relevant d'algorithmes spécifiques pour la résolution, on peut seulement faire quelques observations distraitées de l'expérience acquise sur un certain nombre de cas :

- Principes de vérification

Les vérifications imposées par le **RPA 2024** concernent principalement :

- **La stabilité globale** : éviter tout mécanisme d'effondrement.
- **Les déplacements inter-étages** : limités pour prévenir les dommages aux éléments non structuraux.

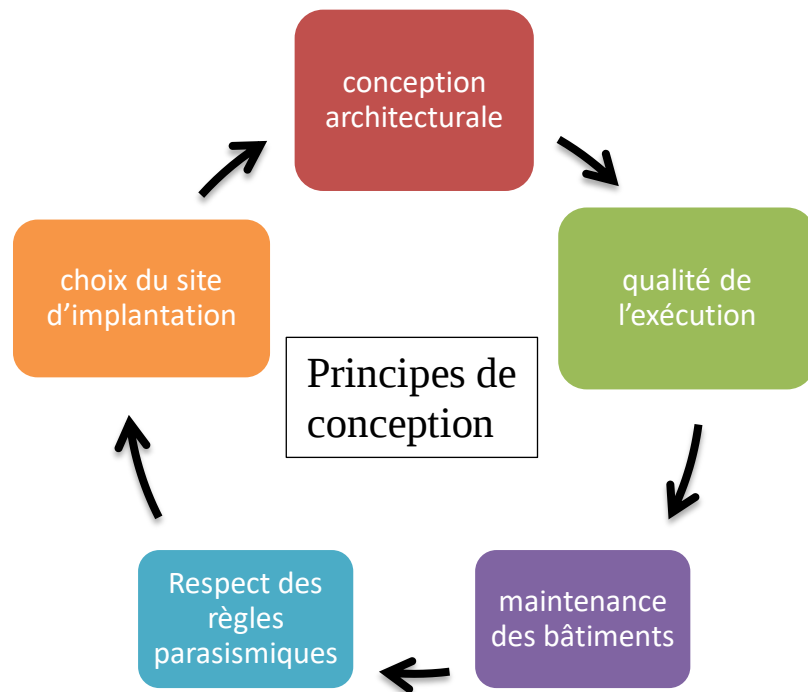
$$\Delta_i \leq \theta_{\max} \times h_i$$

où $\theta_{\max}$ représente la dérive inter-étage maximale admissible.

- **Les efforts dans les éléments structuraux** : vérifier la résistance en flexion, cisaillement et torsion.
- **Les fondations** : s'assurer que les pressions de contact et la stabilité au renversement respectent les critères de sécurité.

- Principes de conception

Le principe de la conception parasismique repose sur 5 piliers indissociables sont (figure 2.2) :



Choix du site d'implantation : Les terrains situés sur les reliefs et en haut des ruptures de pente sont à proscrire.

La zone de limite entre les sols rocheux et les sols mous est également à éviter.

Conception architecturale :

Le type d'architecture doit permettre une bonne résistance au séisme (forme, hauteur et élancement du bâtiment).

Respect des règles parasismiques :

Les règles parasismiques fixent les niveaux de protection requis par commune (définie dans le zonage sismique national) et par type de bâtiment. Ces règles définissent également les modalités de calcul et de dimensionnement des différents organes de structure des constructions. Pour les maisons individuelles, il pourra y avoir maintien des règles simplifiées actuellement en vigueur.

Qualité de l'exécution : Elle concerne non seulement les matériaux et éléments non structuraux (couplages et joints), mais également le respect des règles de l'art. La protection contre le feu est aussi point important de la construction parasismique.

Maintenance des bâtiments : Elle permet de garantir l'efficacité de la construction parasismique à long terme.

