

## **VI. 1. Introduction**

L'analyse globale consiste à déterminer la distribution des sollicitations ainsi que les déformations correspondantes dans une structure. En ce qui concerne, le règlement CCM97, celui-ci privilégie la méthode globale d'analyse élastique car il considère cette dernière comme plus commode et plus répandue en Algérie. Par contre, l'Eurocode 3 prévoit différentes approches analytiques allant de la simple analyse supposant que les assemblages de l'ossature sont tous normalement articulés, à l'analyse élastique-plastique sophistiquée des ossatures semi-continues supposant des assemblages semi-rigides à résistance partielle.

Par ailleurs, le RPA 99 (version 2003) dans son article (8.1.1.3) n'autorise pas l'utilisation de la méthode d'analyse plastique globale. De plus, il interdit toute redistribution de moments obtenus suite à l'emploi de la méthode d'analyse élastique.

## **VI. 2. Analyse élastique au premier ordre**

La procédure usuelle d'analyse d'une structure métallique s'effectue dans le cadre des hypothèses classiques du calcul élastique linéaire dit au premier ordre ;

Le comportement du matériau est supposé indéfiniment élastique linéaire,

Les déplacements de structure, sous les chargements qui lui sont appliqués, sont supposé négligeables par rapport aux dimensions géométriques.

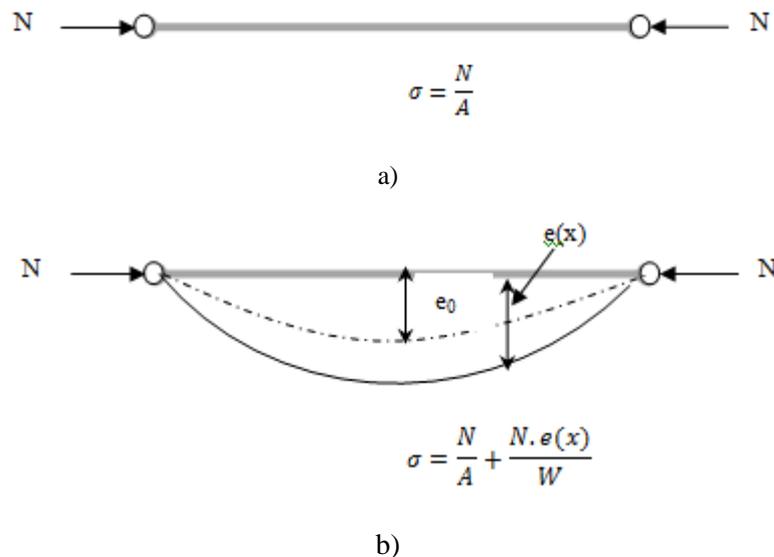
## **VI. 3. Effets du second ordre et chargement critique**

On suppose, dans ce qui suit, que le matériau possède un comportement idéal indéfiniment élastique. On fait donc abstraction des effets sur l'équilibre des structures et de leurs éléments, des plastifications et des hétérogénéités de caractéristiques rencontrées dans les pièces réelles.

La manifestation première et élémentaire des effets du second ordre est le phénomène de flambement des pièces comprimées.

Une illustration très simple peut en être donnée en comparant le comportement d'une barre idéalement rectiligne articulée à ses deux extrémités, soumise à une compression axiale comme seule action extérieure, et celui de la même barre supposée présenter une courbure préalable au chargement.

Dans le premier cas, la sollicitation dans la barre se réduit à un effort normal constant, égal à la force extérieure appliquée, et l'équilibre est obtenu sans aucune déformation latérale. Dans le second cas, le défaut de rectitude provoque dans chaque section l'apparition d'un moment de flexion additionnel, égal au produit de la force extérieure par l'excentricité de la ligne moyenne de la barre par rapport à la droite joignant ses extrémités ;



**Figure 6.1** : Effet du second ordre dans une barre bi-articulée : a) Barre rectiligne, b) Barre avec une courbure initiale

### VI. 3.1. Choix d'une méthode de calcul

Alors que la détermination des efforts intérieurs au premier ou second ordre dépend du comportement structural du cadre, le choix entre méthode élastique et méthode plastique est en principe laissé à l'ingénieur. Toutefois, si la méthode élastique peut être utilisée dans tous les cas, la méthode plastique ne peut être envisagée que si les sections transversales et le matériau utilisé satisfont certaines conditions strictes ;

Diverses conditions doivent être respectées pour que l'analyse plastique soit envisageable ;

- L'acier doit avoir une limite de rupture supérieure d'au moins 20 % à la limite d'élasticité,

$$F_u / F_y > 1.2 \quad (6.1)$$

- Un allongement à rupture d'au moins 15% :

$$A_L \% \geq 15 \% \quad (6.2)$$

- Une déformation plastique ultime supérieure à 20 fois la déformation élastique :

$$\varepsilon_u > 20. \varepsilon_y \quad (6.3)$$

Les sections transversales des éléments au droit et dans le voisinage des rotules plastiques doivent être de classe 1 de façon à pouvoir développer, sans risque de voilement local, les déformations plastiques attendues, tout en équilibrant les sollicitations correspondant à leur capacité.

Les assemblages au droit et dans le voisinage des rotules plastiques doivent présenter une capacité de déformation équivalente à celle de l'élément attaché ou, à défaut, présenter une capacité résistante supérieure d'au moins 20 % par rapport à celle de cet élément.

Les tronçons affectés par les plastifications doivent comporter un maintien latéral contre le déversement à la fois au droit et de part et d'autre de leurs sections plastifiées.

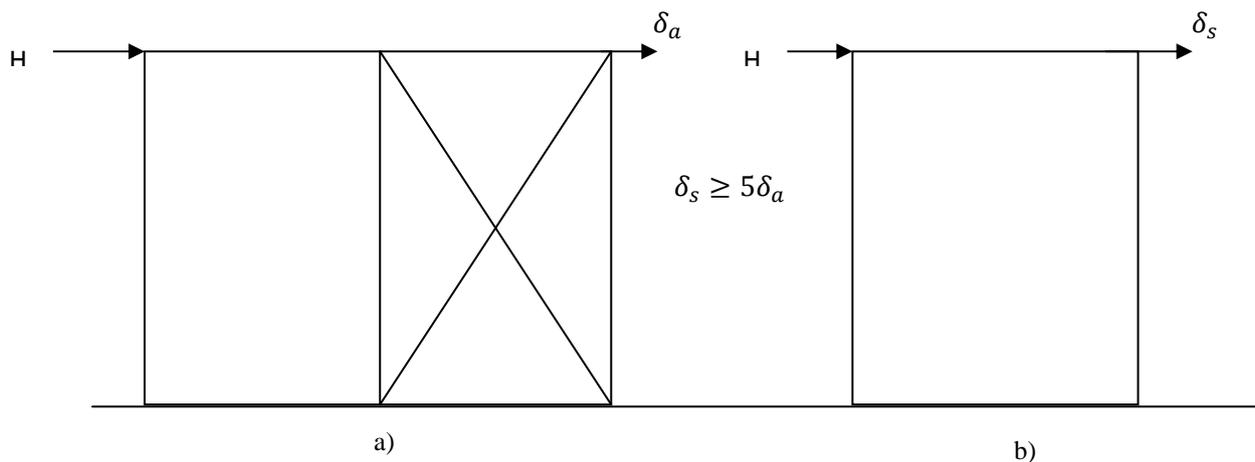
De plus, indépendamment de ces conditions codifiées, l'analyse plastique ne présente de véritable intérêt pratique que dans la mesure où la structure concernée présente un degré d'hypèrstaticité important, où les éléments affectés par les plastifications peuvent être mis à l'arbi assez facilement de tout risque de déversement et où les critères d'état limite de service et de stabilité des éléments ne sont pas déterminants par rapport aux critères de résistance des sections.

#### **VI. 4. Classification en ossature souples ou ossature rigide**

Lorsque le comportement de l'ossature soumise à des forces horizontales est suffisamment rigide pour pouvoir négliger toutes sollicitations supplémentaires provoquées par les déplacements horizontaux de ces nœuds, on pourra dire alors que l'ossature est une ossature souple.

Pour une ossature classée comme rigide, une analyse du premier ordre peut toujours être utilisée. Alors que pour une ossature classée comme souple, une analyse du second ordre doit être effectuée. Il convient de noter que les systèmes de contreventement peuvent également être classés en ossatures souples ou rigides.

La classification d'une ossature (ou d'un système de contreventement) comme souple ou rigide est basée sur la valeur du rapport de la valeur de calcul de charge verticale totale  $V_{sd}$  appliquée sur l'ossature à sa valeur critique élastique  $V_{cr}$  provoquant une instabilité latérale (mode à nœuds déplaçables).



**Figure 6.2** : Structure en charpente métallique : a) Avec système de contreventement, b) Sans système de contreventement

Selon CCM97, La règle de classification est la suivante :

La structure est classée comme rigide

$$V_{sd}/V_{cr} \leq 0.1 \quad (6.4)$$

La structure est classée comme souple

$$V_{sd}/V_{cr} > 0.1 \quad (6.5)$$

avec  $V_{sd}$  ; valeur de calcul de la réaction verticale totale au niveau de la fondation.  $V_{cr}$  ; valeur critique élastique de la charge verticale totale pour l'instabilité suivant un mode à nœuds déplaçables.

#### VI. 4.1. Calcul du coefficient d'amplification critique

D'après l'eurocode 3, le coefficient d'amplification critique  $\alpha_{cr}$  peut être calculé pour chaque étage à partir de la formule approchée suivante (dans le cas des portiques à pentes faibles)

$$\alpha_{cr} = \left[ \frac{H_{Ed}}{V_{Ed}} \times \frac{h}{\delta_{H,Ed}} \right] \quad (6.6)$$

avec

$h$  ; hauteur de l'étage,  $H_{Ed}$  ; réaction horizontale totale à la base du  $i^{\text{eme}}$  étage,  $V_{Ed}$  ; Charge de calcul verticale totale sur la structure à la partie inférieure de l'étage,  $\delta_{H,Ed}$  ; Déplacement horizontal au sommet du  $i^{\text{eme}}$  étage, par rapport à la base du  $i^{\text{eme}}$  étage

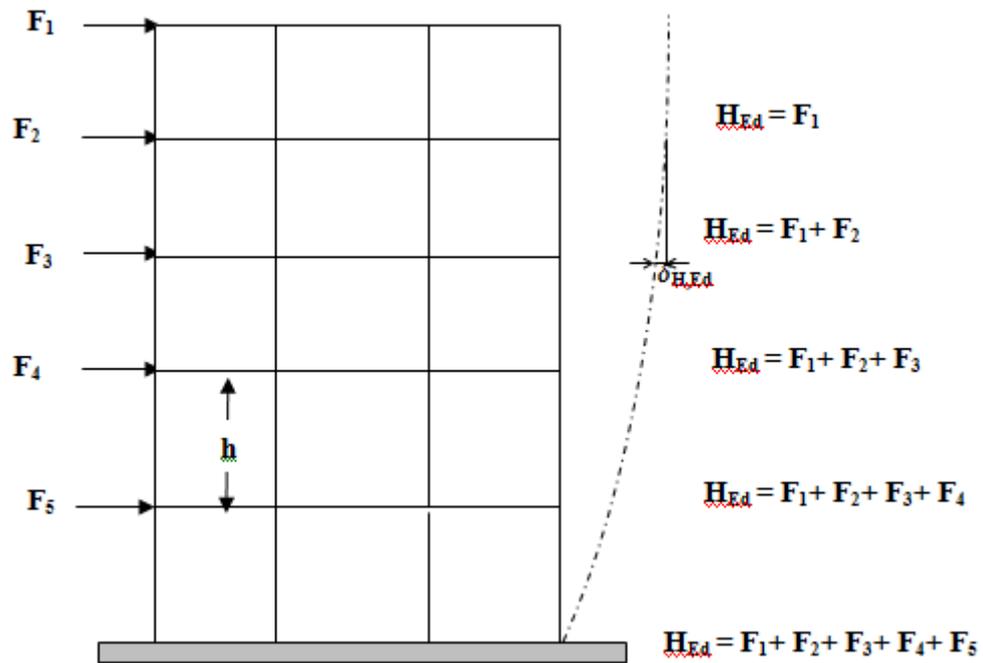


Figure 6.3 : déplacement du bâtiment due aux charges horizontales

$\alpha_{cr} \geq 10$  ; L'ossature est dite rigide

$\alpha_{cr} < 10$  ; L'ossature est dite souple, les effets du second ordre deviennent non négligeables.

#### VI. 4.2. Prise en compte des imperfections

Les effets des imperfections doivent être pris en compte dans les cas suivants :

- Analyse globale
- Analyse des systèmes de contreventement
- Calcul des éléments

Les imperfections d'ossature peuvent soit être quantifiées sous forme d'un faux-aplomb initial de l'ossature, ou les introduire sous forme de charges latérales équivalentes au niveau des planchers.

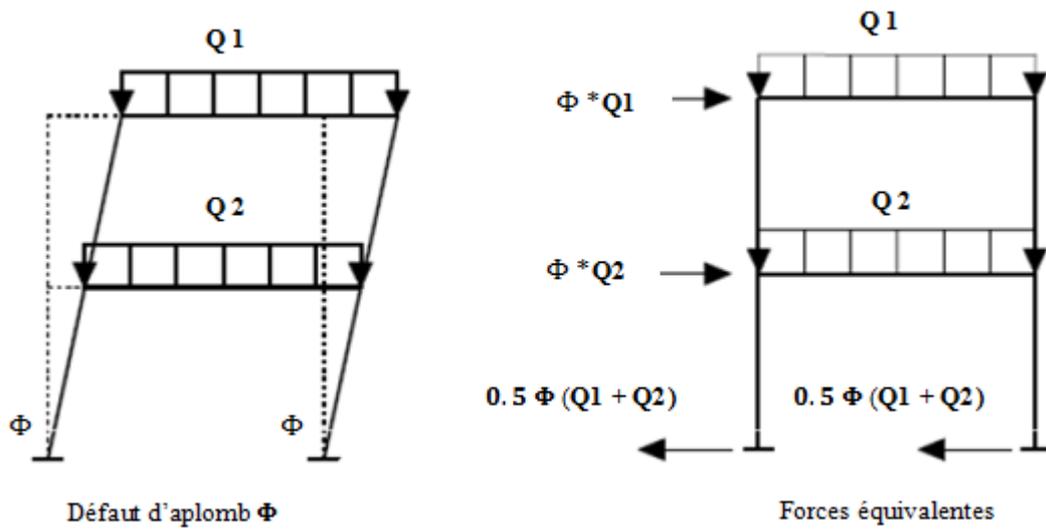


Figure 6.4 : Imperfection globale d'ossature

- L'imperfection initiale globale d'aplomb peut être négligée si  $H_{Ed} > 0.15 V_{Ed}$
- L'imperfection initiale globale d'aplomb doit être prise en compte dans l'analyse globale si  $H_{Ed} \leq 0.15 V_{Ed}$ . dans ce cas, cette imperfection peut être remplacée par une charge horizontale équivalente :

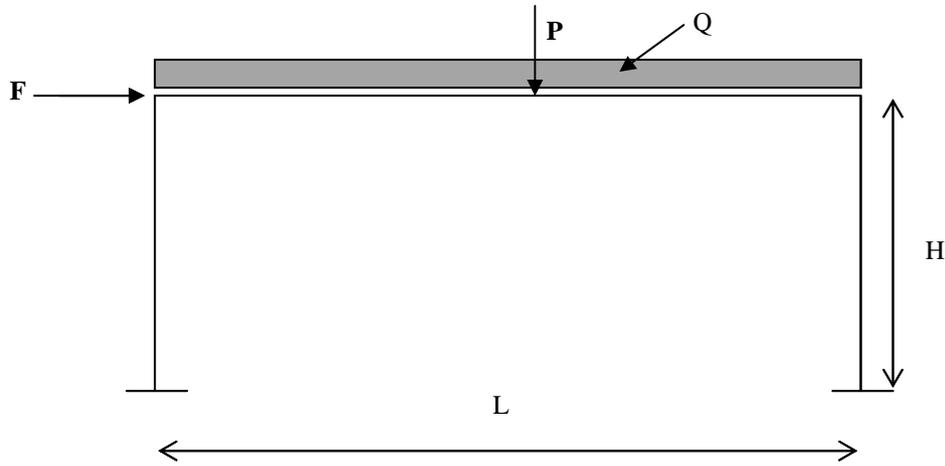
$$H_{Ed,\Phi} = \Phi \cdot V_{Ed} \quad (6.7)$$

avec 
$$\Phi = \frac{1}{200} \cdot \frac{2}{\sqrt{h}} \sqrt{0.5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)} \quad (6.8)$$

h : hauteur de l'étage, m : nombre de poteaux

**Application**

La figure ci-après représente un portique de deux poteaux soumis aux chargements verticaux et horizontaux.



**Figure 6.5 :** portique soumis aux chargements verticaux et horizontaux

- 1- Calculer le coefficient d'amplification  $\alpha_{cr}$  ?
- 2- prise en compte de l'imperfection ? Si oui la calculer ?

On donne :  $P = 160 \text{ kN}$  ,  $F = 15 \text{ kN}$  ,  $Q = 26 \text{ kN/m}$  ,  $H = 450 \text{ cm}$  ,  $L = 700 \text{ cm}$

**Solution**

$$\alpha_{cr} = \left[ \frac{H_{Ed}}{V_{Ed}} \times \frac{h}{\delta_{H,Ed}} \right] = \left[ \frac{1500}{16000 + 7 * 2600} \times \frac{4500}{20} \right] = 9.86 < 10$$

Donc, les effets du second ordre ne sont pas à négligé

$$H_{Ed} = 1500 \text{ dan} < 0.15 V_{Ed} = 0.15 \times 34200 = 5130 \text{ dan}$$

L'imperfection initiale d'aplomb doit être prise en compte dans l'analyse globale.

$$\Phi = \frac{1}{200} \cdot \frac{2}{\sqrt{h}} \sqrt{0.5 \left( 1 + \frac{1}{m} \right)} = \frac{1}{200} \cdot \frac{2}{\sqrt{4.5}} \sqrt{0.5 \left( 1 + \frac{1}{2} \right)} = 0.004$$

L'imperfection initiale d'aplomb peut être remplacée par une charge horizontale équivalente ;

$$H_{Ed,\Phi} = \Phi \cdot V_{Ed} = 0.004 \times 34200 = 136.8 \text{ dan}$$