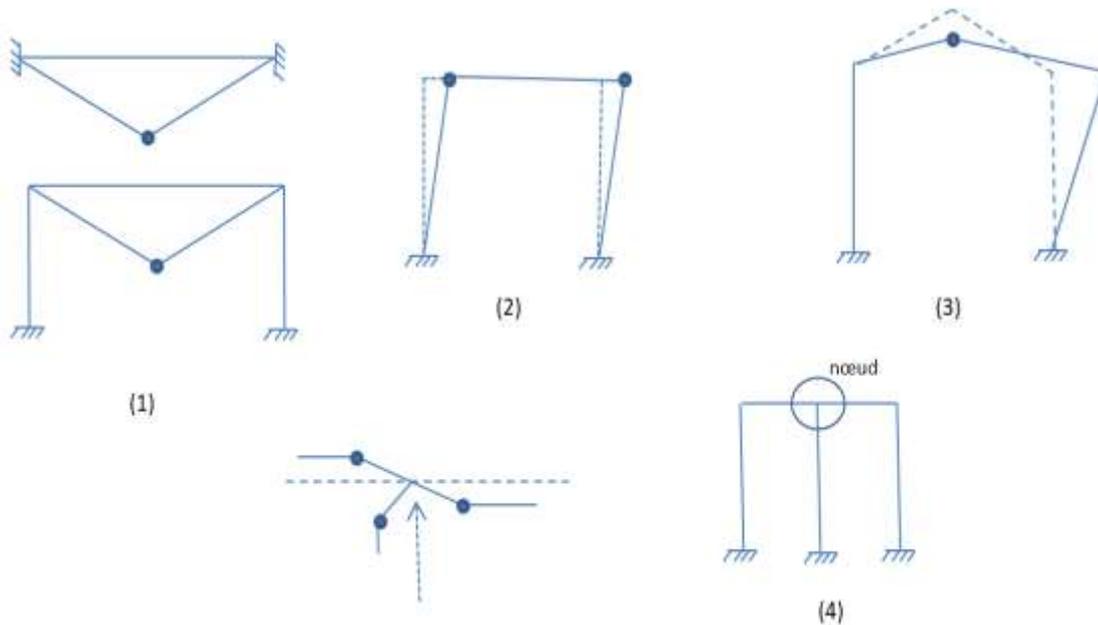


#### 4.5- Notion de mécanisme indépendant:



Lorsque le nombre de sections potentiellement critiques dans une structure croit, alors le nombre de mécanisme croit aussi rapidement chaque système comprend  $(n-h)$  mécanisme .

$n$  : nombre de sections potentiellement critiques

$h$  : degré hyperstatique de la structure.

On peut distinguer quatre types de mécanismes :

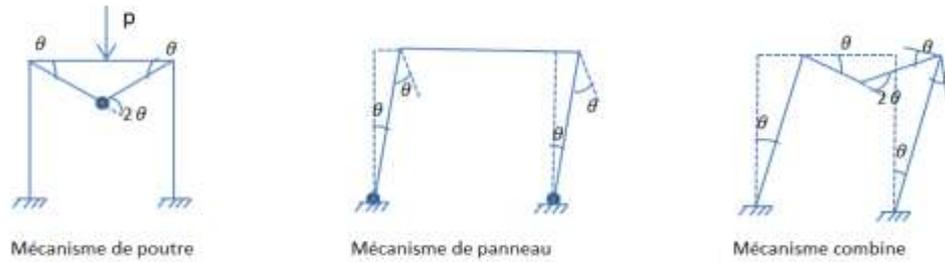
1- mécanisme de poutre

2- mécanisme de panneau déformation parallélépipédique du cadre

3- mécanisme de portique affaissement et déformation latérale d'un cadre à deux versent

4- mécanisme de nœud : rotation d'un nœud à trois branches ou plus.

D'autres mécanismes peuvent être tirés à partir de combinaison de mécanismes indépendants :



Mécanismes combinés

#### 4-6. Détermination du nombre de mécanisme Independent.

La relation entre le degré hyperstatique  $h$  de la structure, le nombre de rotules plastiques possibles (sections potentiellement critique)  $n$  et le nombre de mécanismes Independent  $m$  est donnée sous la forme simple  $m = n - h$ .

Le nombre de mécanismes combiné  $mc$  est donné par le nombre de permutation possibles de mécanismes indépendants comme suite ;

$$Mc = (2^m - 1) - m.$$

Pour la structure simple présentée ci –contre ; fig 9.

#### 5-Calcul à la limite – Bases théoriques.

Une structure calculée **élastiquement** doit satisfaire trois conditions, qui sont ;

- 1- Compatibilité et continuité : la déformée de la structure doit être compatible avec les conditions aux limites et appuis de la structure et elle ne doit pas permettre aucune discontinuité.
- 2- Equilibre : toutes les forces extérieures appliquées au système doivent être équilibrées.
- 3- Résistance : les efforts internes doivent être en tout point inférieurs à la résistance ultime.

**En calcul plastique** les deux dernières conditions restent inchangées mais la première est remplacée par la condition de mécanisme. Un nombre suffisant de rotules doivent se former pour que la structure se transforme en un mécanisme.

## **1- Méthode statique**

Pour calculer la charge ultime d'une structure on est obligé de partir des deux conditions énoncées précédemment et de satisfaire la notion de mécanisme par un principe de tâtonnement. Notre but est de trouver un diagramme des moments statiquement admissible qui transforme la structure en un mécanisme. Ceci se fait par ;

- 1- Rendre la structure isostatique
- 2- Tracer le diagramme des moments de la structure fondamentale isostatique chargée par les charges effectives.
- 3- Tracer le diagramme des moments pour chaque grandeur hyperstatique (dont la valeur est encore inconnue).
- 4- Combiner ces diagrammes des moments de telle façon à atteindre mais à ne pas dépasser la valeur  $M_p$  le plus souvent possible.
- 5- Soit déduire la valeur de la charge  $P_u$  en fonction de  $M_p$  dans le cas de l'analyse d'une structure, soit déterminer  $M_p$  nécessaire pour les charges qui sont connues, si on effectue un dimensionnement.
- 6- Vérifier que la structure soit transformée en un mécanisme, cette dernière vérification ne doit pas être obligatoirement dans cette position, habituellement elle se fait un peu plus en avant.

N.B.

On appelle diagramme des moments statiquement admissible un diagramme satisfaisant les conditions d'équilibre (permettant d'équilibrer les forces extérieures appliquées à la structure) tout en respectant la condition de résistance  $M \leq M_p$  mais sans considérer la condition de compatibilité, il existe une infinité de diagrammes possibles.

## **7- Méthode cinématique.**

La détermination de la charge limite dans la méthode cinématique consiste à envisager successivement tous les mécanismes de ruine possibles dans une structure. D'après le théorème cinématique la véritable charge limite est la plus petite des charges trouvées. Nous pouvons appliquer le principe des travaux virtuels à un mécanisme qui se déforme sous charges constantes.

Travail extérieur : courbe charge- déformation au droit de la charge  $P_j$ .  
Dessin 11

Travail intérieur : courbe moment- rotation de la rotule plastique i. dessin 12

Pour l'ensemble de la structure, l'équation d'équilibre des travaux s'écrit ;

$$\sum_{j=1}^n \lambda P_{uj} . \delta j = \sum_{i=1}^m M_{pi} . \theta i$$

Cette équation est basée sur les hypothèses suivantes :

- Les rotules sont ponctuelles de longueur négligeable, elles ont un comportement élastique-plastique idéalisé.
- Une fois le mécanisme formé, seules les rotules plastiques fournissent un travail intérieur.
- Le travail fourni par l'effort normal et l'effort tranchant est négligée.
- Les déplacements virtuels et angles de rotation des rotules sont infiniment faibles.

### **7.1- Exemple d'application du théorème cinématique.**

Si on peut relever tous les mécanismes possibles, la plus petite des valeurs  $\lambda^k$  obtenue sera égale a  $\lambda_r$  (multiplicateur de ruine), la marche à suivre est la suivante ;

- Déterminer les emplacements des sections potentiellement critiques.
- Rechercher tous les mécanismes possibles
- Pour chaque mécanisme k, calculer le multiplicateur de ruine réel et le mécanisme correspondant.

### **7.2- Convention de signe**

Les moments de flexion et les rotations des rotules plastiques sont positifs lorsque les fibres du coté inférieur et intérieur de la structure sont tendues.

### **Exercices.**