

## les structures hyperstatiques (statiquement indéterminées)

### Structures isostatiques et hyperstatiques

Les structures peuvent être isostatiques et hyperstatiques. On considère une structure isostatique si on peut déterminer les réactions des appuis ainsi que les efforts internes à n'importe quel point de la structure en utilisant seulement les équations d'équilibre de la statique.

Dans le cas où le nombre d'équations de la statique ne suffit pas pour déterminer les réactions et les efforts, on est en présence d'une structure hyperstatique.

### Liaisons surabondantes

On appelle liaisons surabondantes, les liaisons supplémentaires qu'il faudrait supprimer du système hyperstatique pour obtenir un système isostatique. On a deux types de liaisons surabondantes :

- Les liaisons surabondantes extérieures que l'on retrouve dans les appuis (les réactions).
- Les liaisons surabondantes intérieures sont celles qui proviennent des contours fermés.

Le nombre de liaisons surabondantes représente le degré d'hyperstaticité du système.

### Calcul du degré d'hyperstaticité

Il existe plusieurs méthodes pour calculer ce degré: méthode de la suppression des liaisons surabondantes, la méthode de l'arbre ouvert, la méthode des contours fermés.

Les conditions d'équilibre écrites pour chaque barre conduit à 3 équations. Soit  $\Sigma Li$  le nombre d'inconnues introduit par l'ensemble des liaisons on a : le degré d'hyperstaticité est donné par la formule suivante

$$d = \Sigma Li - 3b \quad d : \text{degré d'hyperstaticité} ; \Sigma Li \text{ le nombre d'inconnues} ; b : \text{nombre de barres}$$

### Méthode des contours fermés

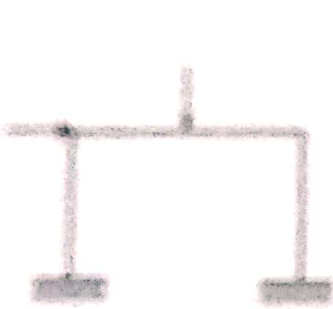
Un contour fermé est un ensemble de barres encastrées entre elles ou avec le terrain. Le degré d'hyperstaticité est égal à 3.

Pour une structure formée de plusieurs contours fermés, le degré d'hyperstaticité est égal à  $3C$  ou  $C$  est le nombre de contours fermés. L'existence d'une articulation réduit le degré d'hyperstaticité de 1 et l'existence d'un appui simple réduit le degré d'hyperstaticité de 2.

le degré d'hyperstaticité est donné par la formule suivante :

$$d = 3c - 1a - 2s$$

- c) le nombre de contours fermés de la structure
- d) le nombre d'appuis fixes
- e) le nombre d'appuis mobiles

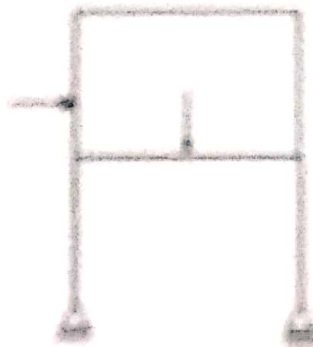


Structure hyperstatique

Caractérisation

$$d = 4 + 0 - 2 \cdot 2 = 0$$

Dans 5 fois hyperstatique

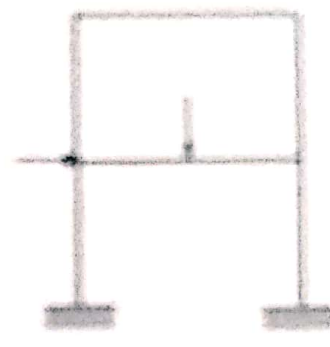


Structure hyperstatique

Caractérisation

$$d = 3 + 0 - 2 \cdot 2 = -1$$

Dans 3 fois hyperstatique



Structure hyperstatique

Caractérisation et établissement

$$d = 4 + 0 - 2 \cdot 2 = 0$$

Dans 5 fois hyperstatique

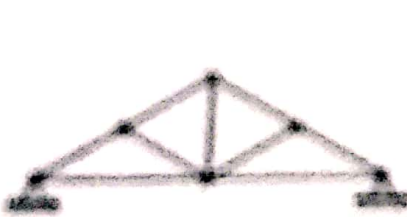
### Structures en treillis

La formule ci-dessous permet de déterminer le degré d'hyperstativité dans le cas des systèmes en treillis :

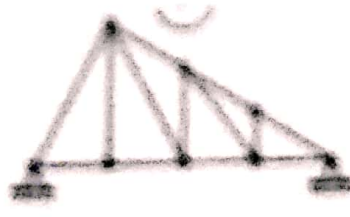
de la forme

$d =$  nombre de barres ;  $f =$  nombre de liaisons ;  $n =$  nombre de nœuds

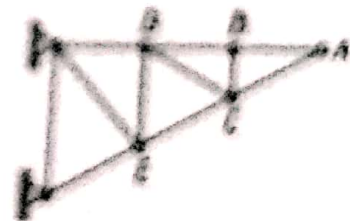
Applications :



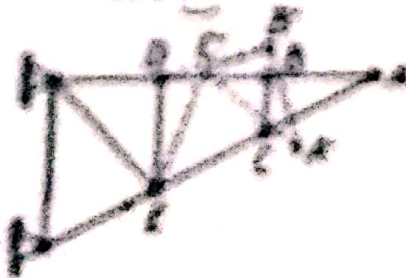
5 nœuds  
5 barres



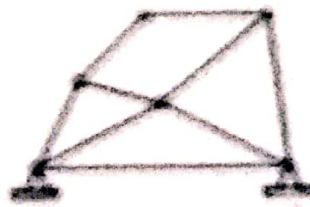
5 nœuds  
6 barres



7 nœuds  
11 barres



7 nœuds  
10 barres



4 nœuds  
6 barres



6 nœuds  
14 barres

# structures hyperstatiques

Ex: calculez le degré d'hyperstaticité des structures suivantes:

