



# *Systemes Hyperstatique*

## *(Méthodes des Forces)*

**Isostatique:** Un système est isostatique lorsque le nombre d'équations d'équilibre (*3 dans le plan, 6 dans l'espace*) et d'efforts internes connus est suffisant pour déterminer toutes les réactions d'appuis.

**Hyperstatique:** lorsqu'il est possible de couper la structure ou un appui sans altérer l'équilibre du système

*Avantages:* réserve de résistance, système plus rigide, plus facile à construire

*Inconvénient:* plus difficile et plus long à calculer





## Degré d'hyperstaticité

$$p = r - (k + n) + 3 \cdot n_{cf}$$

$p$  : degré d'hyperstaticité

$r$  : nombre de réactions d'appuis

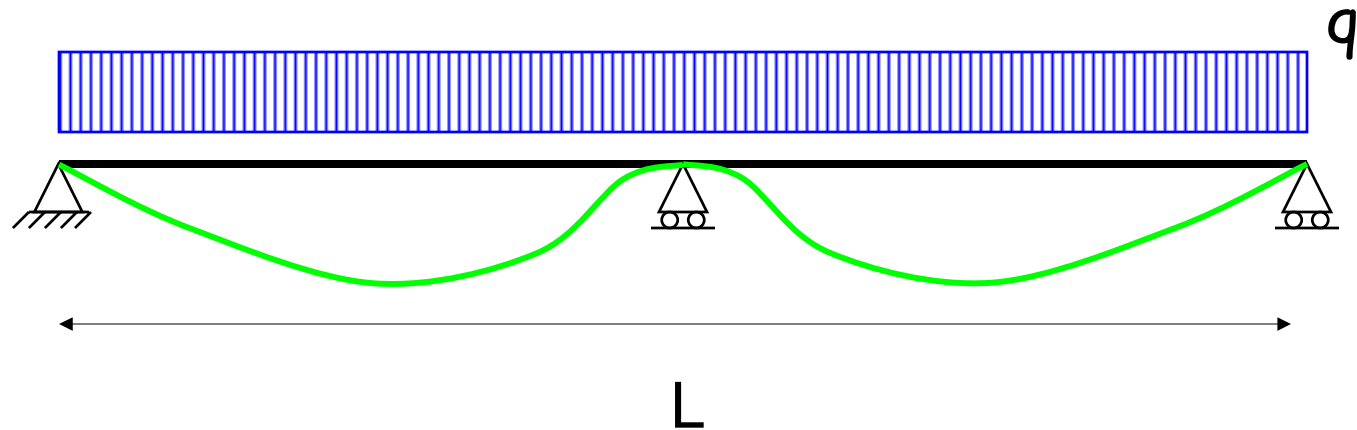
$k$  : nbre équations d'équilibre (3 (plan) ou 6 (espace))

$n$  : nbre d'efforts internes connus

$n_{cf}$  : nbre de contour fermé



# *La méthode des forces*



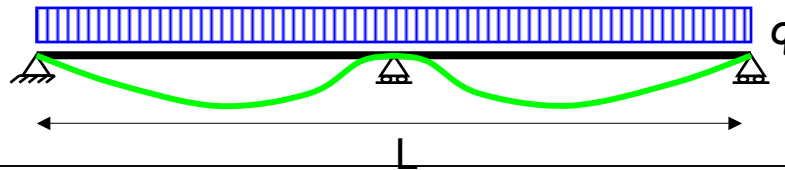
$$p = r - (k + n) + 3 \cdot n_{cf} \Rightarrow p = 4 - (3 + 0) + 3 \cdot 0 = 1$$

Systeme 1 fois hyperstatique ou plutôt système possédant  
1° d'indétermination statique

Utiliser des conditions supplémentaires : conditions géométriques  
(conditions cinématiques)



# La méthode des forces



$$a_0 + a_1 \cdot X = 0$$

1. Calcul du degré d'hyperstaticité
2. Choix de la condition cinématique à exploiter
3. Définition du système fondamental
4. Calcul de  $a_0$
5. Calcul de  $a_1$
6. Signe de  $a_1$  et  $a_0$
7. Détermination du signe ( $a_1 > 0$ )
8. Calcul de 
$$X = -\frac{a_0}{a_1}$$
9. Calcul de la structure « isostatique »



# Définitions essentielles

Systeme fondamental :

- la structure initiale, rendue isostatique en autorisant toute liberté à la condition cinématique
- sans aucune charge (déplacement imposé) extérieure

$a_0$  : - Dans le système fondamental  
- sous l'effet des charges extérieures  
- lorsque  $X = 0$   
- le déplacement associé à l'inconnue

$a_1$  : - Dans le système fondamental  
- lorsque  $X = 1$   
- le déplacement associé à l'inconnue

$X$  : Force associée au déplacement connu

## Calcul d'autres propriétés

$$P_{totale} = P_0 + P_1 \cdot X$$

$P_{totale}$  : propriété du système (moment, déplacements...)

$P_0$  : Propriété dans le système fondamental sous l'action des charges extérieures lorsque l'inconnue est nulle

$P_1$  : Propriété dans le système fondamental lorsque l'inconnue  $X=1$

$X$  : valeur réelle de l'inconnue