

## CHAPITRE 4

### DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS

#### CALCUL DES PIECES SOLLICITEES EN TRACTION SIMPLE

##### 1. Introduction

Le dimensionnement d'un élément tendu est en principe très simple – donner une aire de section transversale suffisante pour supporter la force appliquée. Une fois que l'on a établi la grandeur de la force à transmettre et que l'on s'est assuré de la résistance du matériau, l'aire de section transversale exigée peut être calculée facilement. Cependant, l'assemblage d'éléments tendus constitue, comme avec d'autres types d'éléments, un aspect très important qui peut dans de nombreux cas gouverner le calcul de l'élément et représente donc un critère majeur dans le dimensionnement et le choix d'une section.

En général, les éléments tendus sont dimensionnés en utilisant des profils laminés (cornières, profils en I, en H, en U), des ronds ou des barres de section rectangulaire. Ce cours concerne le calcul des tirants faits de tels profils soumis à des efforts statiques - les câbles et les filins ne sont pas couverts.

##### 2. Assemblage

Il est courant de supposer que la distribution des contraintes de traction dans un élément tendu est uniforme. Les dispositions constructives d'assemblage peuvent affecter la validité de cette hypothèse de deux façons. Premièrement, si l'assemblage est boulonné, l'aire de section transversale est réduite au niveau des trous de boulons et les contraintes exercées autour des trous sont augmentées localement comme indiqué à la figure 1. Deuxièmement, une certaine excentricité dans les assemblages est souvent inévitable et des moments secondaires sont donc induits. Ces problèmes peuvent être pris en compte en utilisant une aire nette efficace plutôt que l'aire brute dans l'évaluation de la résistance plastique de calcul.

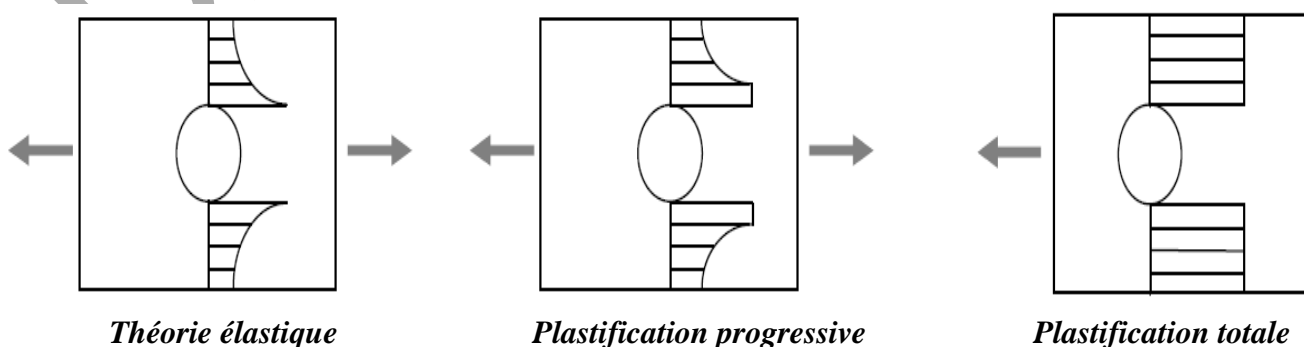


Figure 1. Distribution des contraintes dans une section comportant des trous

### 3. Résistance de la section transversale

Dans chaque section transversale, la valeur de calcul d'une sollicitation ne doit pas excéder la résistance de calcul correspondante.

La valeur de calcul de l'effort de traction  $N_{Ed}$  dans chaque section transversale doit satisfaire à la condition suivante :  $N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$

Pour les éléments tendus assemblés sans boulons, la résistance de calcul à la traction de la section transversale est la résistance de calcul plastique de la section transversale brute.  $N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \dots\dots\dots (1)$

Où :  $A$  représente l'aire brute de la section transversale

$f_y$  représente la limite élastique de l'acier

$\gamma_{M0}$  représente le coefficient partiel de sécurité pour l'acier.

Pour les éléments assemblés au moyen de boulons, la résistance de la section est affaiblie par la réduction de l'aire de section transversale due à la présence des trous et une vérification supplémentaire est exigée. Bien que les trous induisent des concentrations de contraintes (comme on peut le voir à la figure 1) la ductilité de l'acier permet de supposer qu'à l'état limite ultime la répartition des contraintes dans la section nette est uniforme. Ainsi, la résistance ultime de calcul de la section nette est prise égale à :

$$N_{u,Rd} = 0,9 \frac{A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \dots\dots\dots (2)$$

Où :  $A_{net}$  représente l'aire nette de la section transversale

$f_u$  représente la résistance ultime à la traction de l'acier

$\gamma_{M2}$  représente le coefficient partiel de sécurité pour la résistance de la section nette, et dont la valeur est probablement différente de celle de  $\gamma_{M0}$

Le facteur 0,9 est un coefficient de réduction prenant en compte les excentricités inévitables, les concentrations de contraintes ...etc.

La résistance de calcul à la traction ( $N_{t,Rd}$ ) est donc prise égale à la plus petite valeur donnée par les relations 1 et 2 et comparée à la valeur de calcul de l'effort de traction appliquée ( $N_{sd}$ ).

### 4. Détermination de l'Aire Nette

L'aire nette de la section transversale est l'aire brute diminuée des trous de fixation et autres ouvertures. (Des règles particulières s'appliquent aux cornières assemblées par une seule aile, ainsi qu'aux profils en T et en U assemblés par leurs ailes). Pour chaque trou de fixation, la déduction est l'aire de

section transversale brute du trou (figure 2). Lorsque les fixations ne sont pas en quinconce, l'aire totale à déduire de toute section transversale perpendiculaire à l'axe de l'élément est la somme maximale des aires de section des trous. Lorsque les fixations sont en quinconce, l'aire totale à déduire est la plus grande des deux valeurs suivantes: l'aire des trous traversant une section transversale perpendiculaire, ou la somme des aires de tous les trous en ligne diagonale ou brisée quelconque traversant l'élément moins  $\frac{S^2 \cdot t}{4p}$  pour chaque intervalle dans la chaîne des trous.

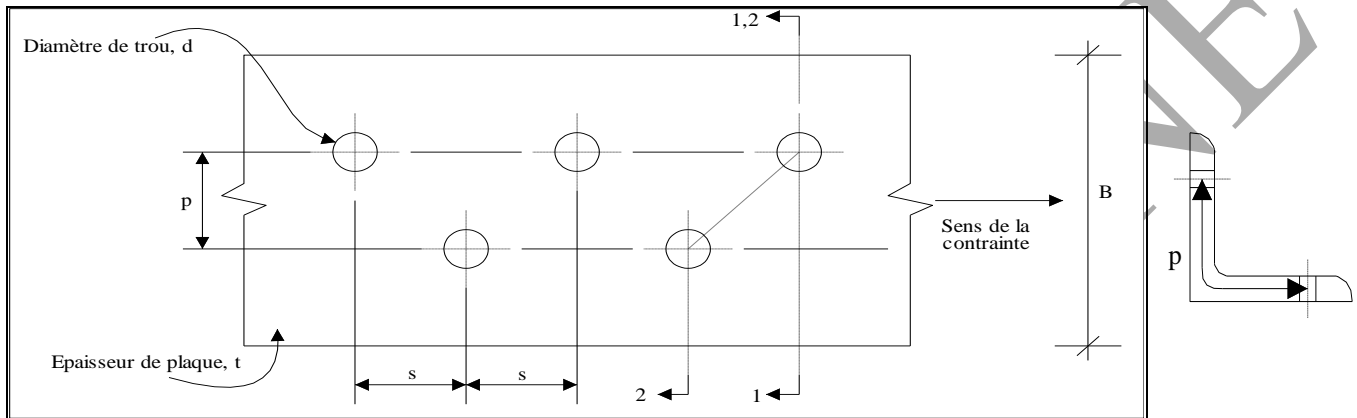


Figure 2. Aire Nette

Sur la section 1-1, Aire nette =  $B \cdot t - d \cdot t$  - L'aire minimum est prise égale à  $A_{net}$

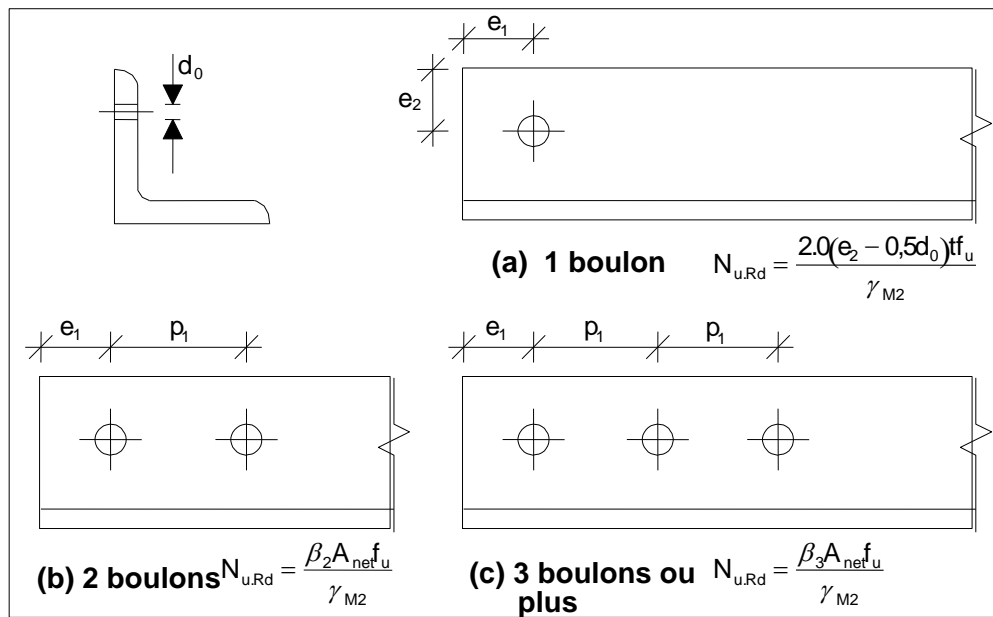
Sur la section 2-2, Aire nette =  $Bt - 2dt + \frac{S^2 \cdot t}{4p}$  - L'aire minimum est prise égale à  $A_{net}$

où  $s$  : espacement des centres des trous qui bordent l'intervalle considéré, mesuré parallèlement à l'axe de l'élément

$p$  : espacement des trous perpendiculairement à l'axe de l'élément (pour les éléments comportant des trous dans plus d'un plan,  $p$  se mesure selon la ligne moyenne dans l'épaisseur de la section).

## 5. Cornières assemblées par une seule aile

Lorsque des éléments sont assemblés de façon non symétrique, ou lorsque l'élément lui-même n'est pas symétrique (cornières, tés, profils en U) il convient de prendre en compte l'excentricité de l'assemblage. Dans le cas particulier d'une cornière assemblée par une seule file de boulons sur une seule aile, l'élément peut être traité comme chargé concentriquement et la résistance ultime de calcul basée sur une section nette modifiée peut être déterminée comme indiqué dans la figure 3.



où

$$\beta_2 = 0,4 \text{ si } p_1 \leq 2,5 d_0$$

$$\beta_2 = 0,7 \text{ si } p_1 \geq 5,0 d_0$$

$$\beta_3 = 0,5 \text{ si } p_1 \leq 2,5 d_0$$

$$\beta_3 = 0,7 \text{ si } p_1 \geq 5,0 d_0$$

$A_{net}$  : aire nette de la cornière.

Pour une cornière à ailes inégales assemblée par son aile la plus petite,  $A_{net}$  est prise égale à l'aire de section nette d'une cornière à ailes égales équivalente, soit :

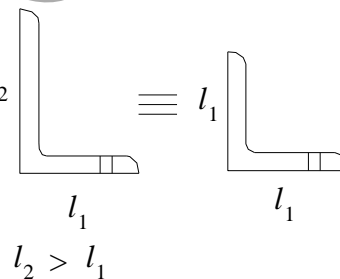
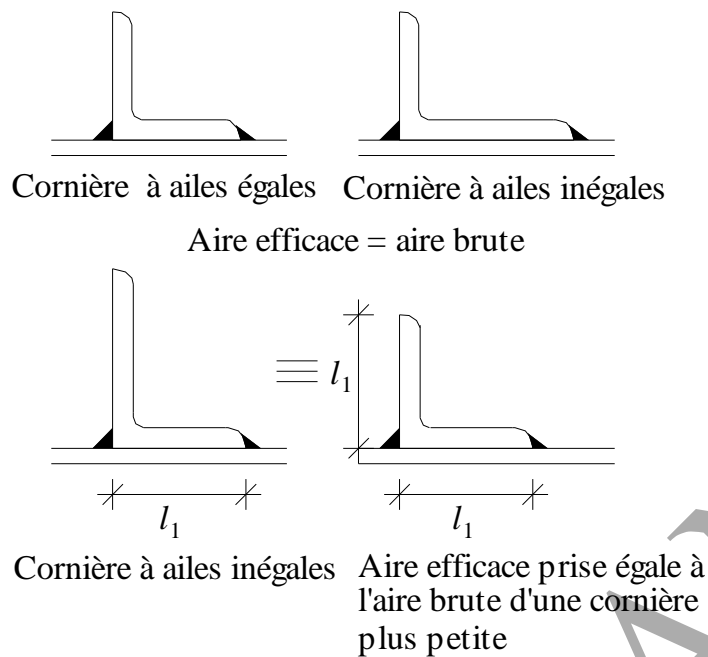


Figure 3. Résistance ultime de calcul de la section nette pour les cornières

Pour les cornières assemblées par une seule aile par soudage plutôt que par boulonnage, l'excentricité inhérente dans l'assemblage peut être prise en compte en utilisant une aire de section transversale "efficace" puis en traitant l'élément comme sollicité concentriquement. La figure 4 montre des exemples de l'aire de section transversale efficace à adopter.



**Figure 4. Aires efficaces de cornières assemblées par une seule aile par soudage**

L'EC3 suggère que les profils assemblés par leurs ailes, profils en T et en U, peuvent être traités de façon similaire, mais il ne donne pas de détails. Une approche peut consister à dimensionner l'aire nette de la section transversale ( $A_{net}$ ) pour un seul profil en T assemblé par sa semelle ou un seul profil en U assemblé par son âme, comme étant l'aire nette de la partie assemblée de la section transversale augmentée de la moitié de l'aire du ou des élément(s) en console.

On utilise alors cette aire nette pour évaluer la résistance ultime de calcul de la section nette (équation 2) qui, à condition qu'elle soit inférieure à la résistance plastique de calcul de la section brute (équation 1), représente la résistance de calcul à la traction.

## 6. Etat limite de service, corrosion et fatigue

Comme les éléments tendus transmettent les efforts très efficacement, ils ont tendance à avoir des aires de section transversale relativement faibles. Ceci rend les éléments tendus de faible section sujets à un allongement excessif sous l'effet de la charge axiale - ce qui peut permettre un déplacement considérable d'une structure si le tirant fait partie d'un système de contreventement - et à une flèche latérale sous l'effet du poids propre. Les profils laminés légers sont également facilement endommagés pendant le transport. Pour ces raisons, la bonne pratique limite l'élancement des éléments tendus à 300 pour les éléments principaux et 400 pour les éléments secondaires. Un autre aspect concerne les conséquences de la perte de matériau provoquée par la corrosion, qui sont plus importantes pour les éléments tendus car ils subissent des contraintes relativement élevées.