

# Essais et modélisations d'assemblages soudés entre tubes elliptiques

E. Bortolotti (Arcelor Innovation–CSA  
Construction), J.P. Jaspart, C. Pietrapertosa  
(Université de Liège), G. Nicaud, P.D. Petitjean,  
J.P. Grimault (Arcelor Tubes)

## 1. INTRODUCTION

Les tubes elliptiques de construction permettent la réalisation de structures élancées et hautement esthétiques.

Les assemblages soudés entre de tels éléments ne sont actuellement pas considérés dans les normes ou codes de calcul. L'Eurocode 3 considère les assemblages « poutre-poteau » dans l'annexe J tandis que les sections creuses rectangulaires ou circulaires sont considérées dans l'annexe K.

Lorsque le dimensionnement de nœuds entre sections elliptiques doit être justifié auprès de bureaux de contrôle, il faut faire appel à des vérifications expérimentales ou numériques. Cette méthode a déjà été appliquée pour démontrer la capacité portante d'un assemblage, rencontré dans une poutre en treillis.

Parallèlement, une étude fondamentale a débuté sur des assemblages simples.

Ce travail ouvre la voie de la formulation analytique.

## 2. EXEMPLE DE VALIDATION.

Certains bâtiments comportent des verrières supportées par des poutres en treillis pouvant être réalisées à partir de tubes elliptiques.

Le nœud présenté à la figure 1 est de ce type. Sa capacité portante a dû être justifiée auprès du bureau de contrôle.

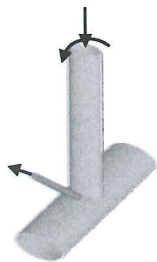


Figure 1 - Géométrie du nœud.

L'assemblage est constitué d'une membrure elliptique, d'un tirant circulaire et d'une entretoise elliptique, comprimée et fléchie.

Cette pièce a été testée expérimentalement (figure 2). Les essais permettent d'affirmer que l'assemblage est apte à répondre aux sollicitations.

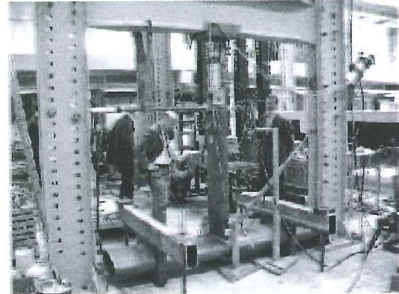


Figure 2 - Dispositif expérimental.

Les essais ont été également simulés sur ordinateur à l'aide de la méthode des éléments finis (figure 3). Ces simulations permettent de modéliser de façon satisfaisante le comportement de cet assemblage. De plus, elles mettent en lumière la forte influence du bras de levier de l'effort de compression de l'entretoise qui se développe suite à la flexion.

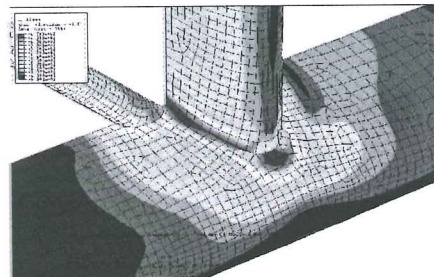


Figure 3 - Simulation du nœud.

## 3. DEVELOPPEMENTS FONDAMENTAUX.

En parallèle avec cette validation, des assemblages simples ont été étudiés afin de mieux appréhender le comportement d'assemblage entre sections elliptiques.

Ces nœuds sont constitués d'une membrure elliptique sur laquelle sont soudés des tirants elliptiques orientés à 90° par rapport à la membrure (figure 4).



Figure 4 - Géométrie des nœuds simples.

Deux types de nœuds ont été testés selon la géométrie de la membrure (320X160X8mm ou 220X110X8mm), les tirants étant identiques (120x60x4mm). Ces assemblages ont été soumis à effort axial de traction ou de compression.

Les courbes expérimentales « force-déplacement entre mors » font apparaître un comportement différent en traction et en compression (figure 5). En traction, la courbe présente une inflexion à corrélérer avec l'apparition de rotules plastiques, visibles grâce à la chaux, le long de la membrure. La rigidité reste néanmoins importante après ce stade en raison du développement de contraintes membranaires dues à la déformation. La ruine survient au niveau du tirant. En compression, la membrure subit un flambement local, appelé « Snap-through » qui se traduit par un maximum local de la courbe. Le comportement post-critique présente une reprise de rigidité due aux contraintes membranaires qui retiennent la pénétration des bras dans la membrure. L'essai a été arrêté lors du contact des deux bras.

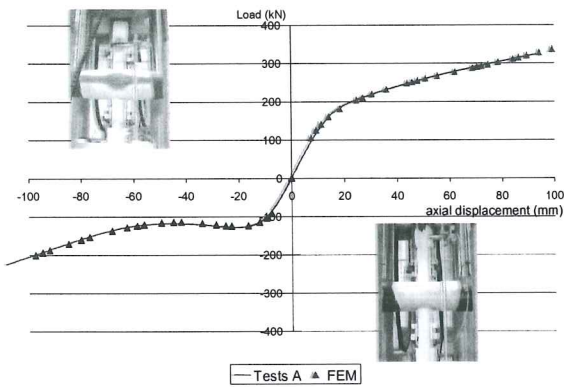


Figure 5 - Courbes expérimentale et numérique.

Des modèles numériques et leurs hypothèses de calcul ont été calibrés de sorte que les résultats de simulation concordent avec ceux de la phase expérimentale (figures 5 et 6). Ces modèles permettent dès lors de faire varier à souhait les paramètres. L'influence de la géométrie, de l'épaisseur et de la qualité d'acier a été quantifiée.

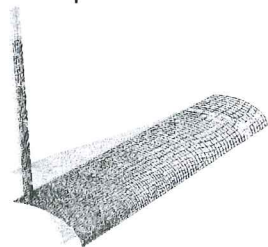


Figure 6 – Modélisation de nœuds simples.

Cette étude paramétrique constitue le fondement de réflexions analytiques. Les modes de ruine possibles sont au niveau de la membrure : la plastification (rotules), l'instabilité ou le poinçonnement « punching shear » tandis que le tirant peut périr par instabilité ou par plastification.

Les modèles théoriques existants dans la littérature peuvent être modifiés pour tenir compte du caractère elliptique de la section, ce qui permettra à terme de se dispenser d'essais expérimentaux ou de calculs par ordinateur.

La méthodologie retenue consiste à découpler les phénomènes et les modes de ruine.

La charge plastique de la membrure doit ainsi être modifiée par des coefficients correcteurs tenant compte des contraintes membranaires en traction et de l'instabilité en compression. Ces coefficients, ainsi que la longueur effective sur laquelle ce modèle considère la distribution de contraintes comme constante, ont été déterminés numériquement. Leur expression analytique doit encore être développée.

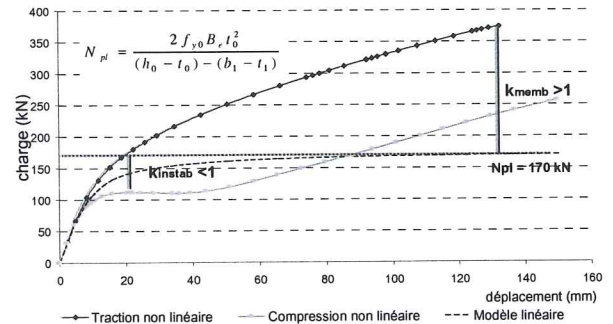


Figure 7 - Illustration des coefficients correcteurs.

#### 4. CONCLUSIONS.

Les modèles numériques se révèlent fiables et permettent de calculer le comportement d'assemblage entre sections creuses elliptiques.

Le développement des solutions analytiques doit être poursuivi et étendu à d'autres types d'assemblages entre sections elliptiques.

Ces formulations pourront alors être introduites dans des méthodes de dimensionnement et codes de calcul.