

Chapitre 2

Modes de ruine

2.1. Introduction

Les poutres avec ouvertures présentent plusieurs avantages dans le domaine de la construction métallique mais leur résistance est très affectée par la présence des ouvertures dans l'âme qui doivent être prises en compte lors de la conception et du dimensionnement. Ces ouvertures provoquent un changement du comportement et de la stabilité de ce type des poutres ainsi qu'une diminution de leur résistance. Cependant, il est souvent possible d'assimiler la résistance de la poutre avec ouverture à une valeur qui serait obtenue avec une âme non perforée par l'introduction d'un renforcement approprié autour de l'ouverture (voir Figure.2.1).



Figure 2. 1. Photographie des poutres ajourées renforcées

2.2 : Modes de ruine :

L'influence d'ouvertures rapprochées sur le comportement d'une poutre ajourée est complexe. Divers modes de ruine peuvent prédominer, selon :

- Que l'ouverture se situe dans une zone de fort cisaillement ou de forte flexion
- La forme des ouvertures, par exemple circulaire, rectangulaire ou oblongue
- L'espacement des ouvertures, des effets d'interaction pouvant apparaître dans le montant d'âme situé entre les ouvertures
- La position de l'ouverture sur la hauteur de la section
- La dissymétrie de la section en ce qui concerne l'aire de la semelle
- L'élançement de l'âme, qui influence sur la résistance au voilement

Les différents modes de ruine pouvant survenir au niveau ou à proximité des ouvertures isolées de grandes dimensions sont les suivants [41] :

- flexion globale de la section transversale perforée;
- cisaillement pur de la section transversale perforée;
- flexion Vierendeel autour de l'ouverture d'âme;
- flambement du Té comprimé.

Pour les poutres comportant des ouvertures d'âme multiples, des modes de ruine supplémentaires doivent être considérés :

- flambement du montant d'âme entre deux ouvertures adjacentes;
- flexion du montant d'âme;
- ruine par cisaillement du montant d'âme ou de la soudure du montant d'âme;
- flambement par compression de l'âme;
- instabilité globale de la poutre provoquée par le déversement;

Ces modes de ruines sont influencés par la géométrie et l'élançement de l'âme, la forme et les dimensions des ouvertures, modes de chargement et les appuis latéraux prévus.

2.2.1. Ruine par flexion de la section perforée

La ruine par flexion de la section ajourée correspond à un mode de rupture global. Il se produit dans les sections perforées soumises à la flexion pure ou lorsque l'effet de l'effort tranchant est négligeable devant celui de la flexion. Dans ce cas la ruine survient par apparition de deux rotules plastiques dans les Tés supérieur et inférieur de la section perforée [42 ,43] comme illustré sur la (figure 2.2).

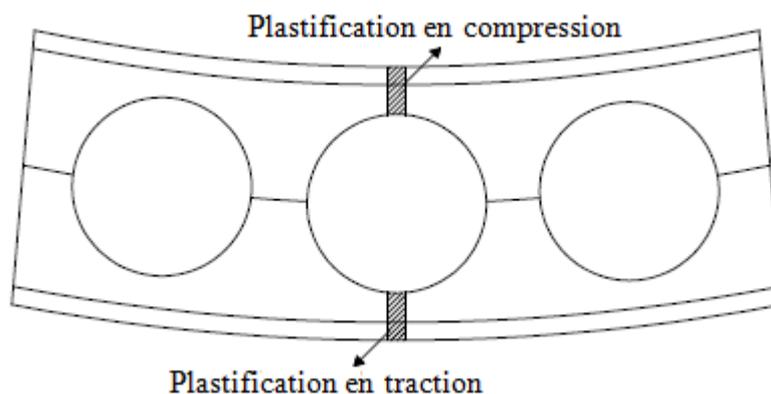


Figure 2. 2. Ruine par flexion transversale de la section perforée

2.2.2. Ruine par cisaillement pur de la section perforée

La ruine par cisaillement pur de la section transversale ajourée correspond également à une ruine dite globale, où la section perforée se plastifie sous l'effet d'un effort tranchant élevé, comme illustré sur la (figure 2.3).

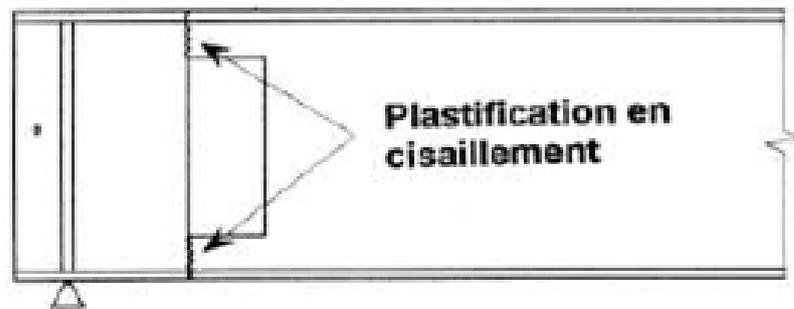


Figure 2. 3. Ruine par cisaillement de la section perforée

2.2.3. Ruine par flexion Vierendeel de la section perforée

Ce mode de ruine a été décrit pour la première fois par Altifillisch [44] et Topra etCook [42].

La ruine par mécanisme Vierendeel est de type local. Elle correspond à la ruine par formation de quatre rotules plastiques aux quatre angles de l'ouverture, comme illustré sur la figure 2.4. Ce mode de ruine peu survenir à proximité des ouvertures de grande hauteur ou très rapprochées sollicité essentiellement à l'effort tranchant. Chaque Té est soumis à une combinaison de cisaillement qui a pour effet de réduire leur capacité axiale et leur moment résistant.

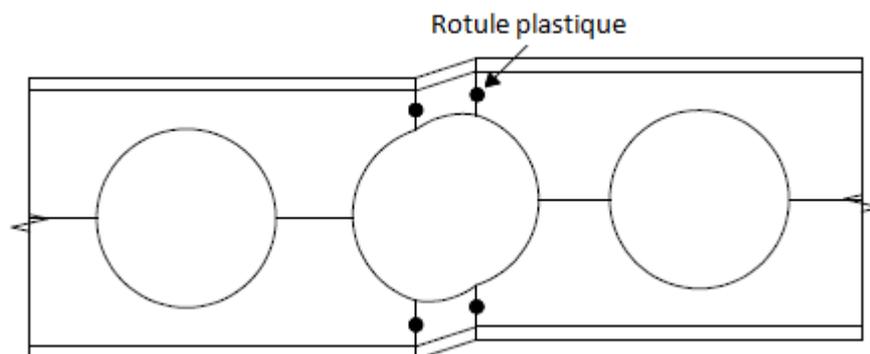


Figure 2. 4. Mécanisme de ruine par flexion Vierendeel

2.2.4. Ruine par flambement du montant d'âme sous cisaillement

Sous l'effet du cisaillement longitudinal et de la flexion locale induite, les montants, risquent de subir des déformées hors plan à double courbure dans la hauteur (figure 2.5). Cette instabilité s'apparente surtout à un phénomène de voilement local et/ou de déversement local, mais l'usage, veut que l'on parle globalement de «flambement» du montant [45]. Les premiers cas de flambement de montant dans les poutres ajourées ont été rapportés dans les références [46 ; 43,47]. La résistance du montant au flambement dépend de plusieurs paramètres : l'espacement des ouvertures, l'élancement de l'ouverture, la nuance de l'acier et enfin la symétrie ou dis symétrie de la section.



Figure 2. 5. Flambement du montant

2.2.5. Ruine par déversement

Dans la zone des moments positifs, les poutres en acier sont plus sensibles au déversement que les poutres composites si celles-ci sont convenablement connectées à la dalle, qui offre un appui latéral pour la poutre. Les travaux de Nethercot et Kerdal [48] ont conclu que les ouvertures d'âme ont peu d'effet sur le déversement des poutres ajourées. De ce fait, ils ont proposé d'utiliser les mêmes méthodes pour l'analyse du déversement des poutres à âme pleine en considérant une section adéquate de l'âme. Des travaux plus récents ont abouti aux mêmes conclusions [49].



Figure 2. 6. Déversement d'une poutre cellulaire

2.2.6. Ruine par écoulement du joint de soudure

L'effort longitudinal de cisaillement est susceptible de produire l'écoulement du joint de soudure à mi-hauteur du montant d'âme (figure 2.7). Cette ruine peut survenir lorsque l'épaisseur de l'âme ou la largeur du montant d'âme est faible. Ce mode de ruine a été étudié pour la première fois par Husain et Spiers [50] qui ont effectué des essais sur six poutres ajourées ayant des montants d'âme étroits. Comme il a été mentionné au paragraphe 2.2.3, la ruine par flexion Vierendeel, contrairement à la ruine par écoulement du joint de soudure, survient lorsque les montants d'âme sont larges. Pour réaliser un équilibre raisonnable entre ces deux modes de ruine, Dougherty [51] suggère pour les ouvertures hexagonales de satisfaire les relations suivantes entre les dimensions des ouvertures et celles des montants :

- largeur du montant d'âme : $w = \frac{h_0}{4}$;

et pour les poutres ajourées avec des ouvertures de 60° sans plaques intercalaires

- largeur du côté incliné $s = 0.289h_0$;
- pas des ouvertures d'âme $p = 1.1h_0$.

h_0 étant la hauteur des ouverture hexagonale

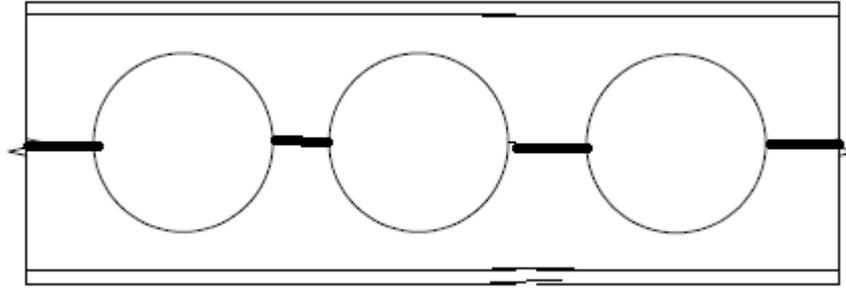


Figure 2. 7. Ruine par écoulement du joint de soudure

2.2.7. Ruine par flambement du montant d'âme sous compression

Le flambement du montant d'âme sous compression est susceptible de se produire au droit des charges concentrées et des réactions d'appui (figure 2.8). Contrairement au voilement par cisaillement, le flambement du montant d'âme sous compression se manifeste seulement par un déplacement latéral et non par une torsion. Les premières publications ayant décrits ce mode de ruine sont ceux de Toprac et Cook [44] et Husein et Speirs [50]. Ce mode de ruine n'est généralement pas déterminant si on prévoit un raidissage adéquat au droit des charges concentrées ou des réactions d'appui.



Figure 2. 8. Flambement du montant d'âme sous compression

2.3. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents modes de ruine locaux pouvant survenir au niveau ou à proximité des ouvertures et les différents modes de ruine globaux dont l'impression de faire une étude sur leurs charges ultimes associées, celle ci fait objet dans le chapitre 4.