

ETUDE DU VOILEMENT DES PROFILS EN "U" SOU MIS A LA COMPRESSION

Par

Djamel Eldine KERAL

Professeur, Institut de Génie Civil, UST Oran

Mustapha DJAFOUR

Chargé de Cours, Institut de Génie Civil, Université de Tlemcen

Abdellatif MEGNOUNIF

Chargé de Cours, Institut de Génie Civil, Université de Tlemcen

Résumé

Le comportement des profils à parois minces et sections transversales de type "U" soumis à une compression uniforme fait l'objet de cette étude.

Un programme nommé "ASCOP", basé sur la méthode des bandes finies, a été utilisé pour déterminer la charge critique et le mode d'instabilité de ce type de profil.

Le comportement de plusieurs profils ayant des sections transversales de dimensions différentes a été analysé.

Sur la base des résultats obtenus, une courbe de voilement des profils en "U" a été élaborée. Cette courbe donne les coefficients de voilement en fonction du rapport de la largeur des semelles sur celle de l'âme. Ce rapport constitue un paramètre important de la stabilité des profils en "U".

Mots clés : bande finie • charge critique • flambement • mode d'instabilité • profil • stabilité • voilement.

adaptées aux différents types d'applications dans la construction.

Les profils en "U" constituent un de ces types. Mais comme les épaisseurs de leurs parois sont généralement très faibles, celles-ci peuvent devenir instables sous l'action des forces agissant dans leurs plans. Des recherches axées autour du rapport largeur-épaisseur considèrent ces profils comme des poutres ou comme un assemblage de plaques [5].

Généralement, sous l'effet des efforts de compression, ces profils peuvent périr soit par instabilité globale (flambement) soit par instabilité locale (voilement) [1]. Dans ce dernier cas, il est bien connu que les profils minces possèdent une réserve de résistance post-critique relativement importante que les codes de calcul prennent en considération en utilisant le concept de largeur effective [3]. Ils supposent que la section d'un profilé est constituée par un ensemble de plaques (éléments plans) indépendantes les unes des autres et dont les liaisons sont remplacées par des appuis simples. L'interaction entre les parois se trouve ainsi éliminée, ce qui constitue une simplification importante par rapport au comportement réel de ces éléments plans.

Dans ce travail, le programme élaboré "ASCOP" a été utilisé pour déterminer les contraintes critiques ainsi que les formes d'instabilité correspondantes des profils en "U" à parois minces soumis à la compression. Ce programme utilise la méthode numérique des bandes finies basée sur les fonctions déplacement de type harmonique [2] et [3].

1 INTRODUCTION

Vu le développement important qu'a connu la construction métallique, on arrive actuellement à réaliser des profils formés à froid de section ayant des formes variées. Ces sections, qui peuvent être plus résistantes du point de vue structurel, sont souvent mieux

2 ETUDE DES PROFILS EN "U"

Le comportement d'un grand nombre de profils en "U" a été étudié [6]. Cependant, on se limitera à exposer les résultats obtenus pour les cinq (5) profils U1, U2, U3, U4 et U5 illustrant les différents types de comportement observés. Les dimensions de ces profils sont données en figure 1.

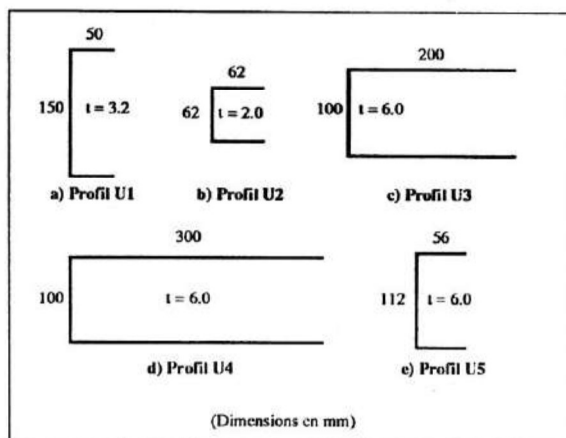


Figure 1 : Géométries des profils étudiés.

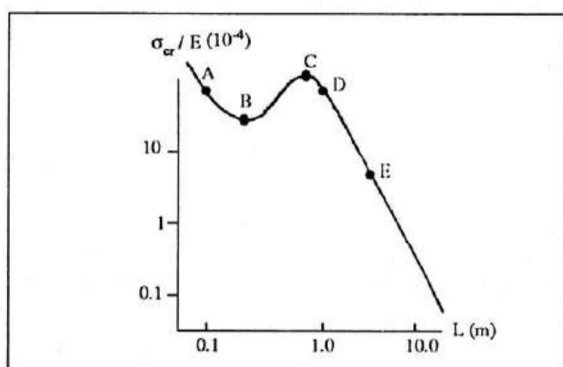


Figure 2 : Contraintes critiques en fonction de la longueur de la demi-onde du profil U1 (mode symétrique).

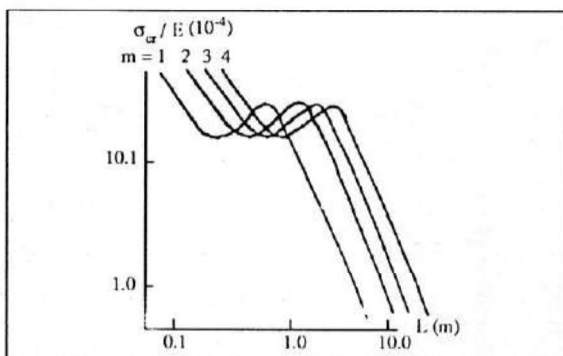


Figure 3 : Contraintes critiques en fonction de la portée (profil U1).

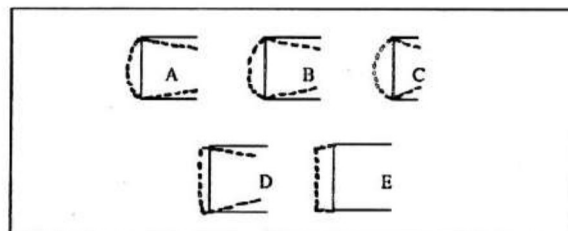


Figure 4 : Modes d'instabilité du profil U1.

Les résultats obtenus sont décrits ci-après.

L'étude de la stabilité du premier profil U1 nous a permis d'obtenir les courbes des figures 2 et 3.

La courbe ABCDE est obtenue en considérant que l'instabilité s'effectue avec une seule onde dans le sens de la longueur, c'est-à-dire que la déformation se fait suivant une demi-sinusoïde qui représente le premier terme de la série. Cette courbe peut être divisée en trois zones principales qui définissent nettement trois modes d'instabilité :

- la zone I caractérise un voilement local, c'est à dire qu'il y a uniquement une déformation de la section sans aucun déplacement latéral (exemple : le mode correspondant au point A) ;
- la zone III caractérise un flambement d'ensemble. Ce mode est défini par un déplacement de la section sans déformation des éléments qui la constituent (point E) ;
- la zone II caractérise une interaction entre le mode local et le mode d'ensemble (point D par exemple).

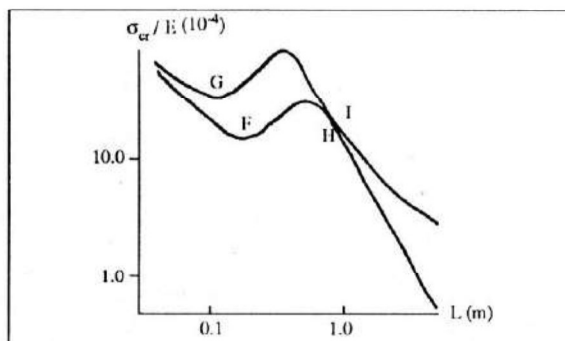


Figure 5a : Contraintes critiques en fonction de la longueur de la demi-onde du profil U1 (modes symétrique et antisymétrique).

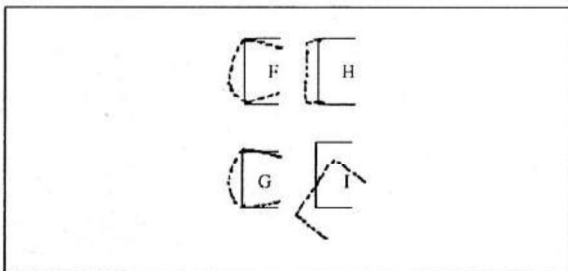


Figure 5b : Modes d'instabilité du profil U1.

Quant à la figure 3, elle représente la variation des contraintes critiques en fonction de la longueur pour différents termes de la série de Fourier. Il est évident que c'est l'enveloppe des points les plus bas de ces courbes qui définit la variation de la contrainte critique en fonction de la longueur du profil.

Pour ce profilé, les courbes correspondantes aux deux premiers modes de voilement sont données en figure 5a. La courbe inférieure caractérisant le premier mode est un mode symétrique alors que celle correspondant au second mode est antisymétrique. D'après les modes d'instabilité représentés en figure 5b, on note qu'au point H on a flambement d'ensemble par flexion alors qu'au point I on a flambement flexionnel torsionnel autour de l'axe X.

Les figures 6, 8, 10 et 12 regroupent les courbes obtenues pour les deux premiers modes d'instabilité concernant les profils U2, U3, U4 et U5. La variation de ces courbes est similaire au premier profil sauf, qu'il faut noter la présence d'une interaction entre le mode symétrique et le mode antisymétrique.

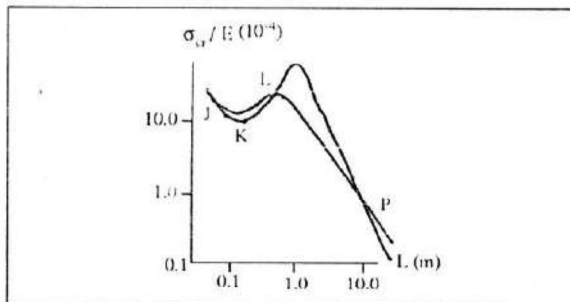


Figure 6 : Contraintes critiques en fonction de la longueur de la demi-onde du profil U2 (modes symétrique et antisymétrique).

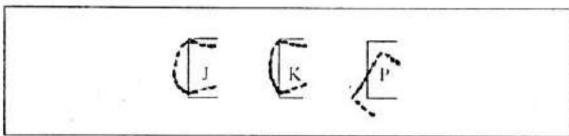


Figure 7 : Modes d'instabilité du profil U2.

Ainsi, le comportement de ces profils se traduit soit par un voilement des semelles en interaction avec un voilement de l'âme comme pour le cas des profils U₁, U₂ et U₅ soit uniquement par voilement des semelles comme pour le cas des profils U₃ et U₄. Ceci s'explique par l'importance de la largeur des semelles U₃ et U₄ par rapport à la hauteur de l'âme.

3 COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES RESULTATS THEORIQUES

En général le voilement local est caractérisé par un voilement des éléments constituant la section et donc l'instabilité se produit comme pour des plaques isolées. Tandis que pour le mode d'ensemble, c'est la section

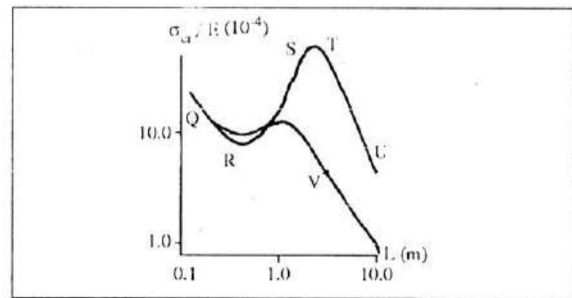


Figure 8 : Contraintes critiques en fonction de la longueur de la demi-onde du profil U3 (modes symétrique et antisymétrique).

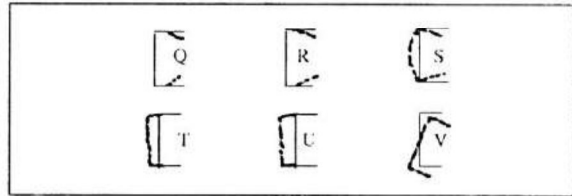


Figure 9 : Modes d'instabilité du profil U3.

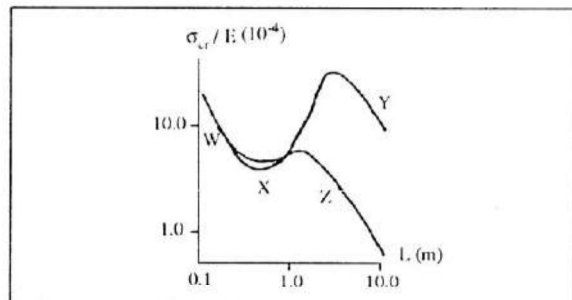


Figure 10 : Contraintes critiques en fonction de la longueur de la demi-onde du profil U4 (modes symétrique et antisymétrique).

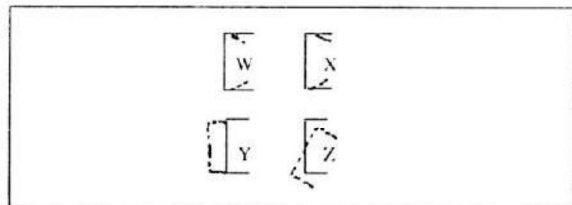


Figure 11 : Modes d'instabilité du profil U4.

droite du profil qui est supposée ne subir aucune distorsion. Elle est considérée comme un corps rigide. La valeur critique de la charge peut alors être estimée par la théorie d'Euler.

Le problème dans l'étude du voilement local est le bord commun qui existe entre les semelles et l'âme. En effet, ce bord ne peut être considéré ni comme un appui simple ni comme un encastrement. La figure 14 représente la variation du rapport σ_{cr}/E du profil en U en fonction de sa longueur ainsi que celle des plaques isolées constituant ce profil avec diverses conditions d'appuis. De cette figure on remarque que la valeur

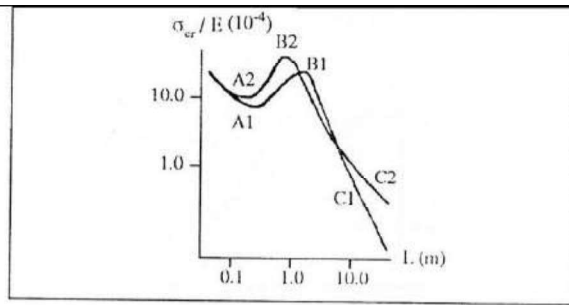


Figure 12 : Contraintes critiques en fonction de la longueur de la demi-onde du profil U5 (modes symétrique et antisymétrique).

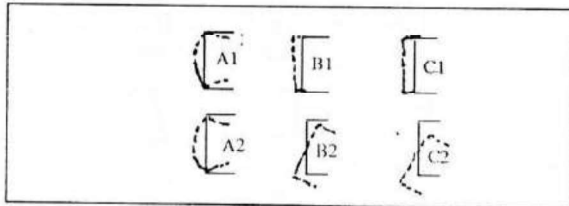


Figure 13 : Modes d'instabilité du profil U5.

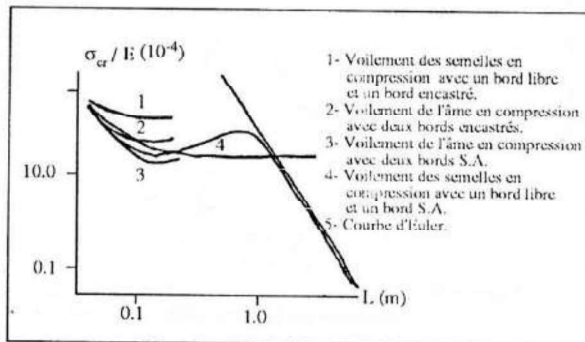


Figure 14 : Comparaison des résultats théoriques avec ceux de la méthode des bandes fines.

minimale de σ_{cr}/E du profil considéré est comprise entre celle de la courbe 4 et celle de la courbe 1. Pour ce qui est du voilement de l'âme, on remarque aussi que la valeur minimale σ_{cr}/E reste comprise entre celle de la courbe 3 et celle de la courbe 2.

Ainsi, l'âme se comporte comme un appui pour les semelles, mais la résistance à la rotation de cet appui n'est ni nulle ni infinie.

En ce qui concerne le mode d'ensemble, la courbe d'Euler est située toujours plus haut que la courbe caractérisant l'instabilité des profils.

4 ELABORATION D'UNE COURBE DE VOILEMENT DES PROFILS EN "U"

L'analyse de la stabilité de divers profils en "U" a montré que l'instabilité locale se caractérise par un voilement des semelles et/ou de l'âme. Ces profils sont

considérés comme un assemblage de trois plaques entre lesquelles existe une certaine interaction ; mais le problème qui se pose est de déterminer laquelle des plaques périclète la première et pour quelle valeur du rapport σ_{cr}/E .

Les variations du coefficient de voilement K en fonction du rapport b_2/b_1 pour les cas de la semelle et de l'âme sont représentées dans les figures 15 et 16. La valeur de K est donnée par la formule classique [8] :

$$K = \frac{12(1 - \nu^2) \sigma_{cr}}{\pi^2 E} \left(\frac{b}{l} \right)^2$$

où :

$b = b_2$ pour la semelle
 $b = b_1$ pour l'âme

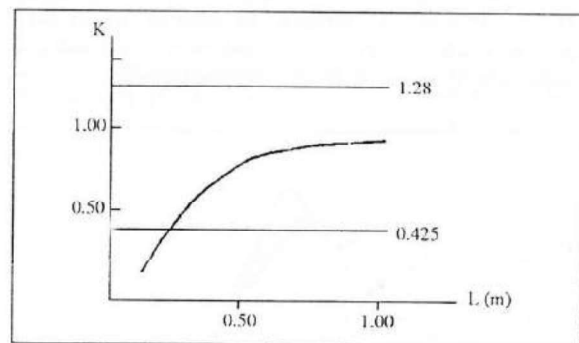


Figure 15 : Variation du coefficient de voilement en fonction du rapport b_2/b_1 (cas de la semelle).

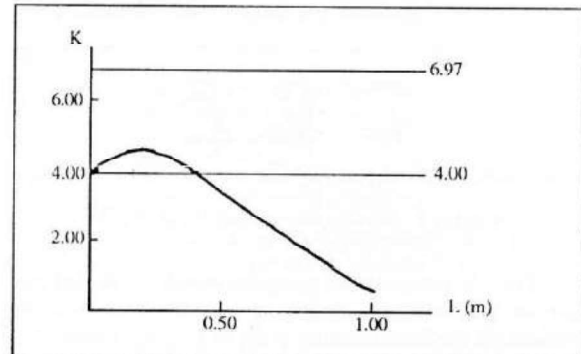


Figure 16 : Variation du coefficient de voilement en fonction du rapport b_2/b_1 (cas de l'âme).

Les valeurs de σ_{cr}/E calculées, sont remplacées dans l'équation pour obtenir les valeurs de K correspondantes. Ces courbes montrent que pour des valeurs du rapport b_2/b_1 inférieures à 0.345 l'instabilité du profil est caractérisée par un voilement de l'âme tandis que pour les rapports dépassant 0.345 c'est le voilement des semelles qui prédominera.

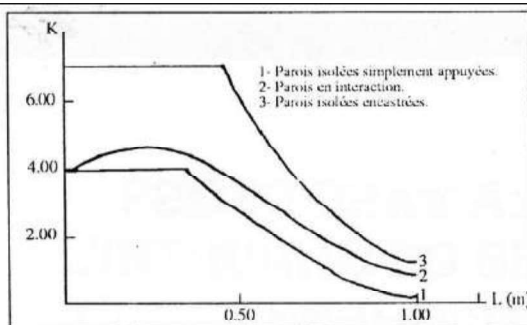


Figure 17 : Variation du coefficient de voilement du profil en U en fonction du rapport b_2/b_1 (avec et sans interaction des parois).

En considérant maintenant l'interaction entre les éléments du profil, on obtient la courbe 17-2 représentant la variation du coefficient de voilement en fonction du rapport b_2/b_1 . Cette courbe se trouve entre les courbes 17-1 en considérant un appui simple, et 17-3 en considérant un encastrement.

5 CONCLUSION

La méthode des bandes finies a été utilisée pour étudier le comportement des profils à parois minces en "U" soumis à une compression uniforme. Les résultats obtenus sont :

- l'instabilité des profils en "U" se produit selon trois modes : local, global et une interaction entre les deux,
- l'âme se comporte comme un appui semi-rigide pour les semelles. Les profils en "U" sont donc considérés comme un assemblage de plaques entre lesquelles existe une certaine interaction,
- le rapport de la largeur des semelles sur celle de l'âme constitue un paramètre important dans

l'étude de la stabilité de ces profils,

- Les coefficients de voilement des profils en "U" peuvent être déterminés directement à partir du graphe élaboré en fonction de leurs dimensions ②

BIBLIOGRAPHIE

- [1] E.M Batista : "Etude de stabilité des profils à parois minces et sections ouvertes de types U et C". Thèse de Doctorat, Université de Liège ; Collection des publications N° 119, 1989.
- [2] Y.K Cheung : "Finite strip method in structural analysis", Pergamon Press, 1976.
- [3] M. Djafour : "Utilisation de la méthode des bandes finies dans l'étude du comportement des tôles trapézoïdales soumises à la flexion". Thèse de magister, UST Oran, 1991.
- [4] ECCS - TECHNICAL COMMITTEE 7 : "European recommendations for the design of light gauge steel members". First edition, 1987.
- [5] G.J Hancock : "The behavior and design of cold formed channels in compression". Steel construction, vol 17 n°3.
- [6] D. Kerdal, A. Megnounif & M. Djafour : "Elaboration de courbe de voilement de profils en U soumis à la compression". Rapport de recherche UST Oran, 1992.
- [7] S.C Lau & G.J Hancock : "Distorsionnal buckling formulas of channel columns". Journal of the structural division, ASCE Vol 113 N°3, pp 1063-1078, May 1987.
- [8] S.P Timoshenko & J.M Gere : "Théorie de la stabilité élastique". Dunod, Paris 1966.