

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : Génie civil

Spécialité : Construction métallique et mixte

Par : TOUIL Othmane-Ilies et BENYAHIA Bilal

Sujet

**Etude paramétrique du calcul de la contrainte nominale
d'un élément de structure à parois minces**

Soutenu publiquement, le 23 / 09 / 2018, devant le jury composé de :

M. ABOUBAKR N.	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
Mme DJAFOUR N.	Maitre de conférences B	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
M. MEGNOUNIF A.	Professeur	Univ. Tlemcen	Co- Directeur de mémoire
M. BOUMECHRA N.	Professeur	Univ. Tlemcen	Examineur 1
M. MISSOUM A.	Maitre de conférences B	Univ. Tlemcen	Examineur 2

Remerciements

Grâce à Dieu le miséricordieux qui nous a donné la force et l'esprit pour accomplir ce modeste travail.

A cet effet nous tenons à remercier nos encadreurs, Madame Djafour Naoual et Monsieur Megnounif Abdellatif qui ont bien voulu nous encadrer, nous conseiller et nous orienter dans notre travail et nous prodiguer la meilleure des connaissances pour arriver aux résultats auxquels nous sommes arrivés.

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres du jury : Messieurs les Professeurs Boumechra Nadir et au Maitre de conférences Missoum Abdelghani pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce mémoire et Monsieur le Professeur Aboubakr Nabil d'avoir accepté de présider ce jury. Nous tenons aussi à remercier l'ensemble des enseignants de notre cursus universitaire.

Enfin, notre reconnaissance va à toutes les personnes qui nous ont rendu la tâche aisée pour parvenir à l'accomplissement de cet œuvre.

Table des matières :

<u>Remerciements</u>	I
Résumé	II
<u>Abstract</u>	III
ملخص	VI
<u>Introduction générale</u>	V
Chapitre 1 : Présentation des technologies de fabrication pour les éléments en acier formés à froid	-1-
1.1 Introduction.....	- 2 -
1.2 Comportement du fer pur.....	- 2 -
1.2.1 Associations fer-carbone	- 2 -
1.2.2 Traitements thermiques des aciers de construction :	- 4 -
1.2.2.1 Désoxydation des aciers	- 6 -
1.2.3 Composition chimique des aciers :.....	- 8 -
1.2.4 Traitements mécaniques :	- 10 -
1.3 Produits laminés à chaud	- 11 -
1.4 Produits façonnés à froid	- 12 -
1.4.1 Technologies de fabrication :	- 13 -
1.4.2 Types de sections des éléments formés à froid.....	- 15 -
1.4.3 Avantages des éléments formés à froid	- 18 -
1.5 Les modes d'instabilité :	- 19 -
1.5.1 L'instabilité locale :	- 20 -
1.5.2 Le flambement global :.....	- 20 -
1.5.3 Le mode distorsionnel :	- 21 -
1.6 Conclusion :	- 21 -
Chapitre 2 : Présentation du concept de la largeur efficace selon (Eurocode 3 partie 1-3)	-22-
2.1 Introduction.....	- 23 -

2.2	L'Eurocode :	- 23 -
2.3	Le concept de la largeur efficace	- 23 -
2.3.1	Influence des arrondis	- 27 -
2.4	Calcul de la contrainte nominale par l'Eurocode :	- 31 -
2.4.1	Section en C soumise à la flexion	- 31 -
2.4.2	Section en C soumise à la compression	- 40 -
2.5	Conclusion	- 46 -
Chapitre 3 : Présentation de la méthode de la force directe (Direct Strength Method) AISI		3-- 47 -
3.1	Introduction :	- 48 -
3.2	Les normes nord-américaines (AISI, 2007)	- 48 -
3.3	Les normes australiennes/nouvelles Zélande (AS/NZS, 2005)	- 49 -
3.4	Calcul la contrainte nominale par la méthode de la force directe DSM (direct strength method)	- 49 -
3.4.1	Présentation :	- 49 -
3.4.2	Les avantages de la DSM :	- 50 -
3.4.3	Les conditions d'applicabilité de la DSM (2) :	- 50 -
3.4.4	Cas de la flexion :	- 53 -
3.4.5	Cas de la compression	- 54 -
3.5	Aperçu de la recherche complète [9]	- 55 -
3.5.1	DSM prédiction de la résistance des poutres	- 55 -
3.5.2	DSM prédiction de résistance pour les poteaux	- 56 -
3.5.3	Les problèmes étudiés	- 57 -
3.6	Conclusion	- 57 -
Chapitre 4 : Présentation des programmes de calcul		- 58 -
4.1	Introduction	- 59 -
4.2	Section en C :	- 59 -
4.2.1	Eurocode :	- 59 -
4.2.2	Méthode de la force directe (DSM) :	- 75 -
4.2.3	Programme cufsmv5.01 [11]	- 82 -
4.3	Section en Z	- 86 -
4.3.1	Méthode de la largeur efficace :	- 87 -

4.3.2	Méthode de la force directe :	- 97 -
4.4	Conclusion :	- 102 -
Chapitre 5 : Calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes de la largeur efficace et DSM.....- 103 -		
5.1	Introduction.....	- 104 -
5.2	Calcul de la contrainte nominale pour les sections en C par les deux méthodes :-	104 -
5.2.1	Cas de Compression pour les sections en C :	- 105 -
5.2.2	Cas de flexion pour les sections en C :	- 139 -
5.3	Calcul de la contrainte nominale pour les sections en Z par les deux méthodes .-	169 -
5.3.1	Cas de compression pour les sections en Z	- 170 -
5.3.2	Cas de flexion :	- 181 -
5.4	Conclusion :	- 194 -
Conclusion générale		195
Bibliographie		197

Liste des tableaux

Tableau 2.3-1 : conditions d'utilisation.....	- 30 -
Tableau 2.4-1 : Parois comprimées sur deux appuis	- 38 -
Tableau 2.4-2 : Parois comprimées en consol	- 39 -
Tableau 3.4-1 : Les conditions d'application de la DSM pour les poteaux.....	- 51 -
Tableau 3.4-2 : les conditions d'application de la DSM pour les Poutres.....	- 52 -
Tableau 5.2-1: les résultats obtenus par les deux méthodes dans le cas de compression...	- 105 -
Tableau 5.2-2:résultats obtenus par program CUFSM v5.01pour les sections avec coins arrondis	- 109 -
Tableau 5.2-3 : résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections a coins arrondis	- 110 -
Tableau 5.2-4::résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif...	- 111 -
Tableau 5.2-5: résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections a coins vif.....	- 112 -
Tableau 5.2-6: Résultat de résistance calculée par la largeur efficace	- 113 -
Tableau 5.2-7:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins arrondis	- 115 -
Tableau 5.2-8:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis-	116 -
Tableau 5.2-9:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif	- 117 -
Tableau 5.2-10:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis	- 118 -
Tableau 5.2-11: résultats de résistances de sections calculées par la largeur efficace	- 119 -
Tableau 5.2-12:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins arrondis ...	- 121 -
Tableau 5.2-13:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis	- 122 -
Tableau 5.2-14:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif ..	- 123 -
Tableau 5.2-15:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif.....	- 124 -
Tableau 5.2-16: résultats de résistances des sections calculés par la largeur efficace	- 125 -
Tableau 5.2-17:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins arrondis ...	- 127 -

Tableau 5.2-18:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis.....-	128 -
Tableau 5.2-19:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif .. -	129 -
Tableau 5.2-20:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif..... -	130 -
Tableau 5.2-21les résultats de résistances de sections calculés par la largeur efficace..... -	131 -
Tableau 5.2-22:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins arrondis ...-	133 -
Tableau 5.2-23:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis.....-	134 -
Tableau 5.2-24:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif .. -	135 -
Tableau 5.2-25:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif..... -	136 -
Tableau 5.2-26: les résultats de résistance de sections obtenus par la largeur efficace	137 -
Tableau 5.2-27:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins arrondis ...-	139 -
Tableau 5.2-28:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis.....-	140 -
Tableau 5.2-29:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif .. -	141 -
Tableau 5.2-30:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif..... -	142 -
Tableau 5.2-31 : résultats de résistances des sections calculés par la largeur efficace	143 -
Tableau 5.2-32:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins arrondis ...-	145 -
Tableau 5.2-33:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis.....-	146 -
Tableau 5.2-34:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif .. -	147 -
Tableau 5.2-35:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif..... -	148 -
Tableau 5.2-36 : résultats de résistances des sections calculés par la largeur efficace	149 -
Tableau 5.2-37:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections a coins arrondis-	151 -
Tableau 5.2-38:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coin rrondis-	152 -
Tableau 5.2-39:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif .. -	153 -
Tableau 5.2-40:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif..... -	154 -
Tableau 5.2-41les résultats de résistances de sections calculés par la largeur efficace..... -	155 -
Tableau 5.2-42:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins arrondis ...-	157 -

Tableau 5.2-43:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis.....-	158 -
Tableau 5.2-44:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif .. -	159 -
Tableau 5.2-45:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif..... -	160 -
Tableau 5.2-46résultats de résistance obtenus par la largeur efficace..... -	161 -
Tableau 5.2-47:résultats obtenus par programCUFSMv5.01 pour les sections avec coins arrondis	163 -
Tableau 5.2-48:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis.....-	164 -
Tableau 5.2-49résultats obtenus par programCUFSMv5.01 pour les sections avec coins vif.....-	165 -
Tableau 5.2-50:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins a vif .. -	166 -
Tableau 5.2-51résultats des résistances obtenus par la largeur efficace..... -	167 -
Tableau 5.3-1 :les résultats obtenus par les deux méthodes dans le cas de la variation de la hauteur	170 -
Tableau 5.3-2 :les résultats obtenus par Eurocode et DSM..... -	172 -
Tableau 5.3-3: les résultats des deux méthodes dans le cas de la variation de la largeur .. -	174 -
Tableau 5.3-4les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur par rapport à la fixation de la hauteur	176 -
Tableau 5.3-5les résultats des deux méthodes dans le cas de la variation du raidisseur -	178 -
Tableau 5.3-6 les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de largeur et l'épaisseur	180 -
Tableau 5.3-7: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de la hauteur..... -	182 -
Tableau 5.3-8: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur quand la hauteur est fixe..... -	184 -
Tableau 5.3-9: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de la largeur -	186 -
Tableau 5.3-10: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur quand la largeur est fixe	188 -
Tableau 5.3-11: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation du raidisseur et fixité de l'épaisseur	190 -
Tableau 5.3-12: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur et fixation du raidisseur..... -	192 -

Liste des figures

Figure 1.2-1 Diagramme simplifié fer-carbone	- 3 -
Figure 1.2-2 Solidification d'un acier hypoeutectoïdes.....	- 4 -
Figure 1.2-3 :: Schémas des traitements thermiques types.....	- 5 -
Figure 1.2-4 : Effet de l'écroutissage	- 11 -
Figure 1.4-1: Procédé de profilage	- 13 -
Figure 1.4-2: Procédé de pliage	- 14 -
Figure 1.4-3: Etapes de formage pour une presse plieuse	- 15 -
Figure 1.4-4: les profils larges	- 16 -
Figure 1.4-5 : Les profils longs	- 16 -
Figure 1.4-6: Les profils longs composé	- 17 -
Figure 1.4-7: Les raidisseurs	- 18 -
Figure 1.5-1 : Les modes d'instabilité.....	- 19 -
Figure 1.5-2 : l'instabilité locale.....	- 20 -
Figure 1.5-3 : Le flambement global	- 20 -
Figure 1.5-4 : le mode distorsionnel.....	- 21 -
Figure 2.3-1 : Evolution de la distribution des contraintes lors du chargement d'un élément raidi	- 24 -
Figure 2.3-2 : Largeur efficace d'un élément plan raidi uniformément comprimé.....	- 25 -
Figure 2.3-3 Largeurs efficaces de section en C fléchie et comprimée.....	- 25 -
Figure 2.3-4 : Influence des arrondis.....	- 27 -
Figure 2.3-5: largeur des section transversales des parois bp tenant compte d'arrondi.....	- 28 -
Figure 2.3-6 : prise en compte approchée des arrondis	- 29 -
Figure 2.4-1 : Propriété géométrique de raidisseur	- 34 -
Figure 2.4-2.: Parties efficaces de la section	-37-
Figure 2.4-3 : Section transversale efficace en compression.....	- 46 -
Figure 4.2-1:exemple traité par prof Dubina	- 64 -
Figure 4.2-2:exemple traité par prof Dubina	- 72 -
Figure 4.2-3:exemple traite par prof B.W.Schafer	-80-
Figure 4.2-4 : Résultat cufsmv5.01 d'une section C180-80-25-1,7 soumise à la compression ...-	

-

Figure 5.2-1 : Résistance de sections calculés de l'AISI 2002.....	- 108 -
Figure 5.2-2: les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes.....	- 114 -
Figure 5.2-3: les courbes des résultats de résistances calculés par les deux méthodes	- 120 -
Figure 5.2-4 :les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes.....	- 126 -
Figure 5.2-5:les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes.....	- 132 -
Figure 5.2-6 : les courbes des résultats de résistances obtenus par les deux méthodes.....	- 138 -
Figure 5.2-7les courbes des résultats de résistances obtenus par les deux méthodes.....	- 144 -
Figure 5.2-8: les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes.....	- 150 -
Figure 5.2-9 les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes.....	- 156 -
Figure 5.2-10: les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes.....	- 162 -
Figure 5.2-11les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes.....	- 168 -
Figure 5.3-11les résultats obtenus par Eurocode et DSM	- 171 -
Figure 5.3-2les courbes des deux méthodes dans le cas de la variation de l'épaisseur.....	- 173 -
Figure 5.3-3: les courbes des deux méthodes dans le cas de la variation de la largeur.....	- 175 -
Figure 5.3-4les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur par rapport à la fixation de la hauteur	- 177 -
Figure 5.3-5 les courbes des résultats des deux méthodes dans le cas de variation du raidisseur	- 179 -
Figure 5.3-6: les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de la largeur et l'épaisseur	- 181 -
Figure 5.3-7les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de la hauteur	- 183 -
Figure 5.3-8: les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur quand la hauteur est fixe.....	- 185 -
Figure 5.3-9: les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de la largeur.....	- 187 -
Figure 5.3-10les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur quand la largeur est fixe	- 189 -
Figure 5.3-11: les courbes des deux résultats dans le cas de variation du raidisseur et fixité de l'épaisseur.....	- 191 -
Figure 5.3-12: les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur et fixation	- 193 -

Notations

b_{eff} : la largeur efficace

A_{br} : Aire de la section brute

A_{eff} : Aire efficace de la section transversale

F_y : la limite d'élasticité de l'acier

M_c, R_{rd} : Moment résistant

$\bar{\lambda}_p$: L'élancement réduit

ρ : Coefficient de réduction

$w_{eff,y}$: Module de résistance

κ_σ : Coefficient de voilement

I_{eff} : Moment d'inertie

M_{ne} : La résistance nominale a la flexion du mode global

M_{nl} : La résistance nominale pour le voilement

M_{nd} : La résistance nominale pour le mode distorsionnel

F_{cr} : Facteur de charge

M_{crl} : Le moment critique du mode local

M_{crd} : Le moment critique du mode distorsionnel

M_{cre} : Le moment critique du mode global

P_{ne} : La charge nominale du mode global

P_{nd} : La charge nominale du mode distorsionnel

P_{nl} : La charge nominale du mode local

P_{crl} : La charge critique du mode local

P_{crd} : La charge critique du mode distorsionnel

P_{cre} : La charge critique du mode global

f_u : La résistance à la traction

f_{ya} : la limite d'élasticité moyenne,

f_{yb} : la limite d'élasticité de base ;

E : Module de young

G : Module de cisaillement

v : Coefficient de poisson

ψ : rapport de la contrainte

θ : Angle en général

f_{cr} : La contrainte critique

Résumé

L'expansion de l'utilisation des profilés formés à froid a été rendu possible grâce aux avantages qu'ils présentent. En effet ces matériaux offrent une diversité de formes dans les projets de construction. Leur résistance, poids léger, variété, et la facilité de production, ont convaincu les ingénieurs, les constructeurs et les manufacturiers des produits de construction que les profilés en acier formés à froid peuvent produire une fonction appropriée et un grand esthétique pour plusieurs de leurs applications à un coût réduit.

Cependant, ils ne sont pas exempts de problèmes d'instabilités. Ainsi notre but est de calculer la contrainte nominale par la largeur efficace et la méthode de la résistance directe. Les deux méthodes sont basées sur le logiciel MATLAB, avec la particularité quant à la seconde méthode où il a été combiné au logiciel CUSFM. Enfin nous avons procédé à la comparaison des résultats obtenus à partir des deux méthodes.

Mots clés :

Profilés formés à froid, contrainte nominale, mode d'instabilité, DSM, Eurocode 3

Abstract

The expansion of the use of cold formed sections has been made possible by the advantages they offer. Indeed, these materials offer a variety of forms in construction projects. Their strength, light weight, variety, and ease of production, have convinced engineers, builders and manufacturers of construction products that cold-formed steel profiles can produce an appropriate function and a great esthetic for many of their applications at a reduced cost.

However, they are not free of problems of instability. So our goal is to calculate the nominal stress by the effective width and the method of the direct force. Both methods are based on the MATLAB software, with the particularity of the second method where it was combined with the CUSFM software. Finally, we proceeded to the comparison of the results obtained from the two methods.

Keywords:

Cold formed sections, nominal stress, mode of instability, DSM, Eurocode 3

ملخص

لقد أصبح التوسع في استخدام الأقسام المتشكلة على البارد ممكنا بفضل المزايا التي تقدمها. في الواقع توفر هذه المواد مجموعة متنوعة من الأشكال في مشاريع البناء. مقاومتهم، خفيفة الوزن، ومتنوعة، وسهولة الإنتاج، وأقنع المهندسين والبنائين والشركات المصنعة للمنتجات المبنى الذي قطاعات صلب الباردة شكلت يمكن أن يؤدي إلى وظيفة مناسبة وجمالية كبيرة لعدة طلباتهم بتكلفة مخفضة. ومع ذلك، فهي ليست خالية من مشاكل عدم الاستقرار. أيضا هدفنا هو حساب الضغط الاسمي بواسطة العرض الفعال وطريقة القوة المباشرة. تعتمد كلتا الطريقتين على برنامج MATLAB، مع خصوصية الطريقة الثانية حيث تم دمجها مع برنامج CUSFM. وأخيرا، شرعنا في مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من الطريقتين.

كلمات

، الكود الأوربي DSM المقاطع الباردة المشكلة، الإجهاد الاسمية، طريقة عدم الاستقرار،

Introduction générale

La recherche en matière de profilés formés à froid n'a cessé d'évoluer en particulier dans le domaine des constructions, Cette expansion remarquable de l'utilisation des profils formés à froid, par rapport aux profils réalisés par laminage à chaud, est à associer aux nombreux avantages qu'ils possèdent par rapport à ces derniers, leur mode de fabrication, par profilage ou par pliage, permet la réalisation d'une très grande variété de formes, soit de sections, soit de tôles profilées. A travers ces procédés on vise plusieurs objectifs à savoir la facilité de produire des formes complexes et une parfaite adéquation de la forme du profilé à sa fonction Leurs manipulations tout aussi faciles qu'elle permet bien des avantages et en particulier l'économie dans leur consommation. D'autre part les avantages cités jusqu'ici, il y en a d'autres comme la possibilité d'effectuer diverses opérations secondaires en même temps que le formage telles que le perçage, la grugeage et la mise en peinture et la possibilité de fabrication à partir de feuillards déjà galvanisés, ce qui peut dispenser, en partie, des traitements spéciaux de la surface du profil afin de le protéger contre la corrosion, spécialement dans le cas des tôles minces. Les éléments essentiels de l'ossature subissent des compressions et des flexions dues aux charges, entraînant trois modes d'instabilité : local, distorsionnel ou global. Pour pallier ces derniers inconvénients deux méthodes de calcul sont généralement privilégiées, la méthode la plus connue est la méthode de la largeur efficace mais elle devient compliquée lorsque nous avons des formes complexes. Pour remédier à ces problèmes, une nouvelle méthode a été développée par Schaefer et Pékôz (1998), appelée la Méthode de la force directe (DSM). Notre objectif est de présenter ces deux méthodes, de les utiliser pour différentes sections en C et en Z pour calculer les contraintes nominales. A partir des résultats obtenus il s'agit pour nous de dresser une étude comparative pour faire sortir les avantages et les inconvénients de chacune des deux méthodes. Pour ce faire notre mémoire sera subdivisé en cinq chapitres traitant chacun un point spécifique tel que nous allons l'exposer comme suit.

Le premier chapitre évoque le passage de la fabrication de l'acier à celle des profilés formés à froid pour ensuite se consacrer à l'analyse proprement dite de ces profilés.

En effet, il est question de passer en revue les processus technologiques de fabrication de ces éléments, leurs diverses formes et leurs avantages ainsi que les problèmes nés de l'instabilité à savoir le mode local, le mode global et le mode distorsionnel.

Le deuxième chapitre consiste en la présentation, après un rappel historique de la norme européenne Eurocode 3 (partie1-3), du concept de la largeur efficace. Cette dernière nous a amené à examiner les conditions de son application ainsi que les différentes équations qui permettent le calcul de la contrainte nominale.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation de la méthode de la résistance directe DSM après avoir effectué un historique de la norme nord-américaine AISI, ce qui a nécessité de faire l'exposé de ses conditions d'application et les équations de calcul de la contrainte nominale dans sa version DSM.

Le quatrième chapitre traite pour sa part de la présentation des programmes de calcul selon le logiciel MATLAB auquel a été adjoint un autre logiciel CUSFM dans le cas de la DSM.

Le dernier chapitre enfin est entièrement consacré à l'étude paramétrique de la contrainte nominale, dans ses versions DSM et la largeur efficace Eurocode (partie1-3).

A ce niveau il est question de relever les comparaisons entre les valeurs de la contrainte nominale ainsi calculée.

Chapitre I

*Présentation des technologies de
fabrication pour les éléments en acier
formés à froid*

1.1 Introduction

Dans ce chapitre nous nous intéressons à l'étude des profilés formés à froid. Comme les profilés sont obtenus à partir de l'acier nous nous interrogeons sur le matériau acier en procédant à l'analyse de sa fabrication. Ensuite sera abordé dans un second point les méthodes de production des profilés laminés à froid. Comme ces derniers présentent, selon des études, des instabilités lors de leurs utilisations, nous finirons par la présentation de ces modes d'instabilités. Cependant, il est opportun de rappeler succinctement quelques sommaires relatifs aux notions essentielles de la métallurgie des aciers courants, les plus utiles à une utilisation raisonnée de ces matériaux en construction métallique.

1.2 Comportement du fer pur [2]

Le fer n'existe naturellement que sous formes oxydées. [2] Lorsqu'il est pur, ses atomes sont disposés suivant un réseau cristallin régulier qui subit des transformations réversibles quand la température varie, les caractéristiques de ces différentes structures peuvent être énumérées comme suit :

- À température ambiante : la structure cristalline est cubique centrée (fer α)
- À 910° C : la structure cristalline devient cubique à faces centrées (fer γ)
- À 1390° C : retour à la structure cristalline cubique centrée (fer δ)
- À 1536° C : fusion

1.2.1 Associations fer-carbone

Généralement, il s'agit de solutions solides d'insertion et non de substitution : les atomes de carbone, de taille réduite, s'insèrent dans le réseau cristallin du fer, en le déformant, mais sans se substituer des atomes de fer de ce réseau. Suivant ce principe, deux constituants des aciers peuvent se former :

- **La ferrite** : fer α associé à l'infime teneur en carbone compatible avec le réseau cubique centré.
- **L'austénite** : fer γ et carbone en teneur plus élevée du fait de sa meilleure solubilité dans le réseau cristallin cubique à faces centrées (jusqu'à 1,9 %)

Le carbone peut également former un composé chimique avec le fer : la cémentite ou carbure de fer Fe_3C . La teneur en carbone qui correspond à cette combinaison chimique est de 7%.

Enfin, le carbone en excès dans le fer, peut rester à l'état libre, sous forme de lamelles ou de nodules de graphite.

La cémentite et le graphite sont des constituants extérieurs au réseau cristallin du fer et se localisent donc aux joints de grains

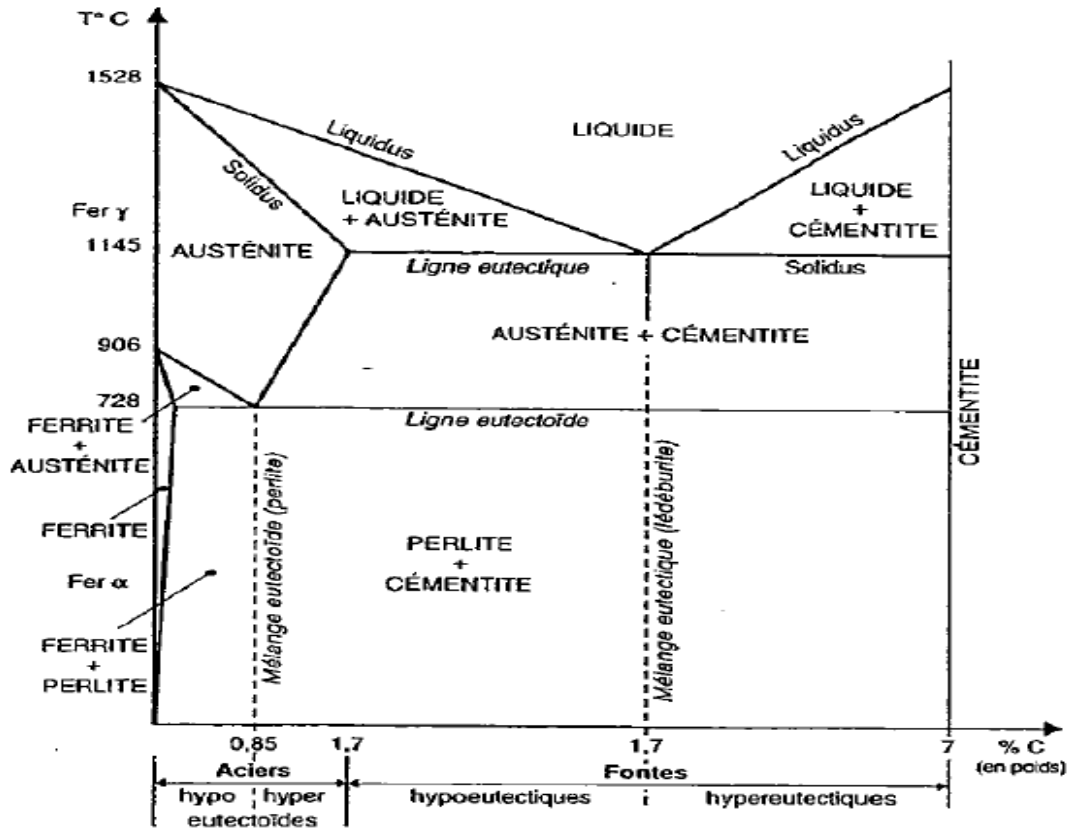


Figure 1.2-1 Diagramme simplifié fer-carbone

Ce diagramme décrit les constituants des aciers en fonction de leur teneur en carbone et de la température, en supposant que les évolutions de cette dernière s'effectuent suffisamment lentement pour permettre l'établissement des équilibres. Certaines teneurs en carbone correspondent à des mélanges particuliers qui sont à signaler :

- Mélange eutectique à 4,4 % (lédéburite) : il se comporte en corps pur lors de sa liquéfaction à 1145° C
- Mélange eutectoïde à 0,85 % (perlite) : la transformation ferrite-austénite est brutale à 728° C, à l'image de la liquéfaction d'un corps pur (absence de coexistence des deux formes cristallines) ; à température ambiante, ce mélange est un agrégat lamellaire de ferrite et de cémentite
- Mélange à 1,7 % frontière entre aciers et Fontes : après leur solidification complète, les aciers passent systématiquement par une phase d'austénite pure, ce qui n'est pas le cas des fontes pour lesquelles l'excès de Carbone former de la cémentite.

Les aciers de construction courants sont des aciers hypoeutectoïdes (teneur en carbone inférieure à 0,85 %) et présentent donc une structure ferrito-perlitique.

1.2.2 Traitements thermiques des aciers de construction :

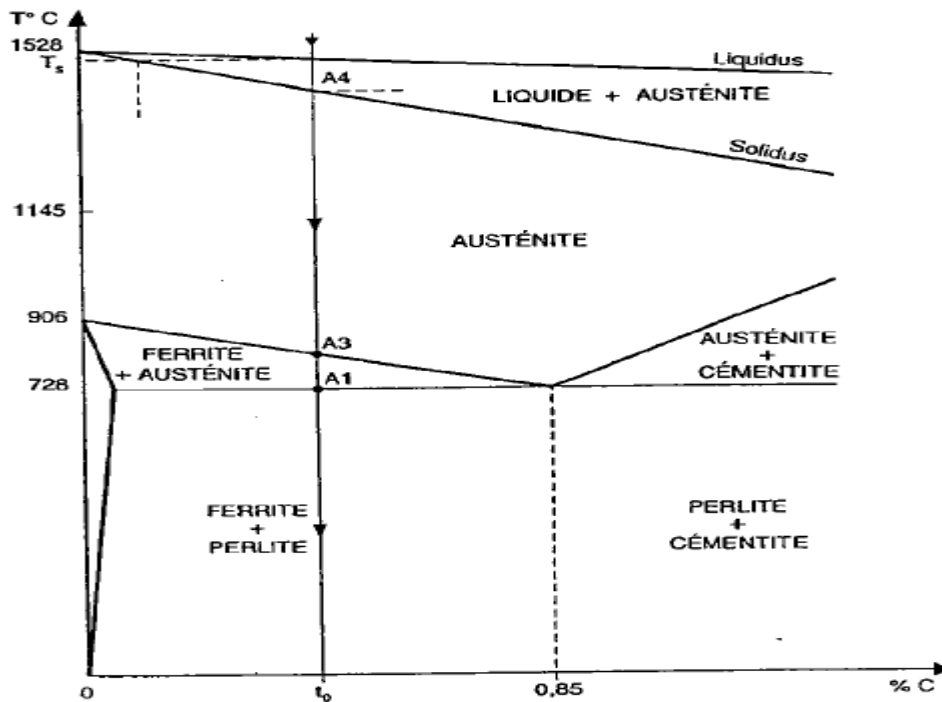


Figure 1.2-2 Solidification d'un acier hypoeutectoïdes

Pour situer les températures en cause dans les traitements thermiques, on utilise couramment les repères suivants, appelés points critiques :

- A_1 : 728° C seuil d'apparition des premiers cristaux d'austénite
- A_2 : 769° C disparition du magnétisme du fer α
- A_3 : seuil d'austénitisation complète, fonction de la teneur en carbone
- A_4 : début de la liquéfaction, fonction de la teneur en carbone

Les traitements thermiques, d'une manière générale, exploitent les transformations cristallines que la température provoque, pour modifier, en jouant sur les vitesses de variation de cette température, la structure d'un acier et ainsi lui donner (ou rétablir) des caractéristiques mécaniques recherchées (**Figure 1-2-3:recuit de cristallisation**)

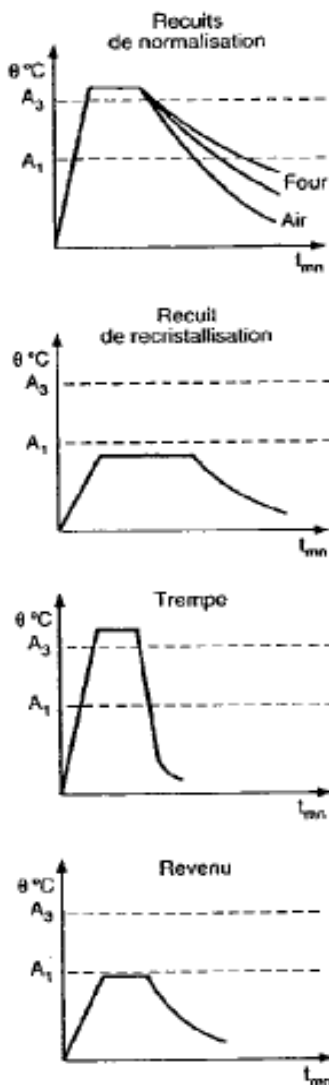


Figure 1.2-3 :: Schémas des traitements thermiques

Recuits : échauffement — maintien a un palier — refroidissement a l'air calme ou en four.

❖ **Recuits de recristallisation** : 600 à 700°C

Sans austénitisation - rétablissement d'un réseau cristallin de ferrite normal pour les aciers rendus moins ductiles par déformations et orientation privilégiée des grains dues à un écrouissage.

❖ **Recuits de normalisation** : environ 900°C début d'austénitisation — régénération partielle du grain, limitée pour éviter le grossissement des grains de ferrite et conserver une structure fine (dureté et résistance accrues)

❖ **Trempe et revenu** : échauffement au-dessus de 900°C maintien jusqu'à complète austénitisation refroidissement rapide voire brutal.

La chute rapide de température empêche le carbone d'évacuer le réseau cristallin du fer(α) qui cherche à s'établir.

Le constituant obtenu est donc hors d'équilibre est caractérisé par une structure cristalline distordue. C'est la martensite, qui présente à la fois une dureté très élevée et une grande fragilité ; l'acier sous cette forme est impropre à l'usage dans le domaine de la construction métallique.

L'apparition de martensite est conditionnée par la présence d'une quantité suffisante de carbone en dessous d'une teneur limite de l'ordre 0,15 %, les aciers ne sont plus exposés au risque de fragilisation par effet de trempe.

Généralement, la perte de ductilité engendrée par la trempe est atténuée par un traitement de revenu qui permet un retour partiel vers l'équilibre : réchauffage à 550-600° C, maintien puis refroidissement à l'air calme. Lors du réchauffage, les atomes de carbone peuvent migrer pour former de la cémentite aux joints de grains.

1.2.2.1 Désoxydation des aciers :

L'élaboration des aciers à partir de la fonte issue du haut fourneau est fondée sur des réactions d'oxydation en phase liquide qui permettent de réduire considérablement la teneur en carbone et d'éliminer un certain nombre d'éléments indésirables.

En fin d'opération, l'oxygène en excès a néanmoins des effets négatifs : dégagements gazeux d'oxydes de carbone à la solidification et précipitation d'oxydes de fer fragilisant.

Une désoxydation est donc nécessaire, par des éléments d'addition tels que le manganèse, le silicium et l'aluminium. Suivant son importance, on obtient :

- Des aciers effervescents, ainsi désignés en raison des dégagements gazeux qui se produisent lors de leur solidification et qui génèrent des soufflures dans les lingots,
- Des aciers calmes (non effervescents) qui sont exempts des telles soufflures grâce à une addition plus importante d'éléments réducteurs,
- Des aciers complètement calmés obtenus grâce à l'addition d'aluminium ou d'éléments équivalents qui permettent, avec la désoxydation, un affinement du grain et la fixation de la totalité de l'azote sous forme de nitrures.

1.2.2.2 Effets du mode d'élaboration des produits en acier :

Le laminage à chaud des profils en acier permet, par principe, d'affiner dans une certaine mesure la structure cristalline, en étirant et fragmentant les inclusions et les ségrégations. Les caractéristiques mécaniques dans la direction du travers court s'en trouvent défavorisées, conduisant aux risques d'arrachement lamellaire, alors que celles obtenues dans la direction du laminage sont améliorées.

Les recherches conduites par la sidérurgie sur les modes d'élaboration des produits ont abouti à la définition de conditions de laminage telles que l'acier subit en même temps que la déformation mécanique, un véritable traitement thermique.

Le *laminage de normalisant* permet ainsi d'obtenir un matériau de condition équivalente à celle qui aurait été le résultat d'un recuit de normalisation effectuée après laminage. Cette équivalence est traduite dans les normes, les produits bénéficiant de ce procédé de laminage étant identifiés par la lettre *N* en codification de leur état de livraison, comme les aciers normalisés classiques. Également, sont apparus depuis quelques années les produits en acier élaborés par *laminage thermomécanique* : la pièce subit en même temps que les déformations mécaniques nécessaires à l'obtention du profil recherché, un régime thermique spécifiquement étudié, y compris des phases de refroidissement accéléré, permettant d'obtenir simultanément une résistance mécanique améliorée et des caractéristiques élevées de ductilité. L'état de livraison correspondant est identifié par la lettre *M* dans les désignations normalisées. Le chauffage ultérieur de ces produits à des températures supérieures à 580° C peut sensiblement en altérer les caractéristiques.

Dans tous les cas, les caractéristiques mécaniques des produits finis dépendent, dans une certaine mesure, de l'épaisseur ; plus celle-ci est importante plus le refroidissement est ralenti, entraînant un grossissement du grain et une baisse de la limite d'élasticité.

Les normes de référence des aciers de construction tiennent compte de ce phénomène en instituant une réduction de la limite d'élasticité de référence des aciers pour les épaisseurs supérieures à 16 mm

Le formage à froid (enrage, pliage, laminage) entraîne l'écrouissage de l'acier par dépassement de la limite d'élasticité. La dureté et la limite d'élasticité sont accrues alors que la ductilité et l'allongement à la rupture se trouvent réduits. Du fait du caractère hors d'équilibre de la transformation subie, les aciers écrouis peuvent être affectés par le phénomène de vieillissement qui se traduit par une fragilisation apparaissant progressivement dans le temps. La finesse du grain et certains éléments d'addition permettent de prévenir les risques de vieillissement

1.2.3 Composition chimique des aciers :

L'ensemble des constituants entrant dans la composition chimique d'un acier est une forme essentielle de caractérisation de ce matériau qui reflète la famille à laquelle il appartient et la qualité de son élaboration. Elle permet d'apprécier, au moins qualitativement, ses possibilités d'emploi, notamment du point de vue de la soudabilité

1.2.3.1 Le carbone, constituant essentiel

Une bonne part des caractéristiques mécaniques des aciers de construction dépend de cet élément. C'est aussi un critère important de classification, pour séparer les aciers des fontes tout d'abord, pour distinguer différentes catégories de domaines d'emploi ensuite. C'est ainsi que la teneur des aciers utilisés en construction métallique ne dépasse guère 0,3 % alors que la construction mécanique fait usage d'aciers beaucoup plus chargés en carbone, dépassant la teneur de 0,85 % dans le domaine de l'outillage.

Pour les aciers dont la structure est en équilibre, un diagramme permet de déduire directement de la teneur en carbone, les proportions approximatives de ferrite ou de cémentite et de perlite que contient le matériau.

D'une manière générale, l'augmentation de la teneur en carbone a pour résultats :

- Le relèvement de la dureté.
- L'accroissement de la résistance à la traction (gain de 70 MPa environ pour 0,1 % de carbone supplémentaire).
- L'élévation de la sensibilité à la trempe.
- La dégradation de la soudabilité.

Sur ce dernier aspect, l'importance du rôle du carbone conduit à privilégier sa teneur dans l'analyse de la soudabilité des aciers. Pour tenir compte de la présence d'autres constituants chimiques ayant, comme lui, un rôle négatif, on utilise couramment un indice global, appelé carbone équivalent (CEV),

1.2.3.2 Impuretés indésirables

Les processus d'élaboration des produits s'efforcent généralement de les éliminer ou d'en réduire la teneur à des valeurs aussi faibles que possible. On cite ci-dessous les trois principales, avec leurs effets négatifs.

a) **Phosphore (P) :**

- Grossissement du grain entraînant la fragilité à froid
- Effets de ségrégation chimique - baisse de la soudabilité

b) **Soufre (S) :**

- Diminution de la résilience
- Augmentation des hétérogénéités
- Baisse de la forgeabilité

c) **Azote (N) :**

- -diminution de la résilience
- Accroissement de la sensibilité au vieillissement

1.2.3.3 Eléments d'addition et d'alliage :

A l'inverse des impuretés, il s'agit de composants volontairement introduits dans la composition de l'acier, pour en améliorer certaines caractéristiques, le plus souvent en vue d'une utilisation bien spécifique ; certaines additions peuvent ainsi avoir, suivant les critères de jugement, des effets bénéfiques ou néfastes.

❖ **Silicium (Si) :**

- Calmage de l'acier
- Augmentation des caractéristiques mécaniques
- Amélioration de la tenue à la corrosion

❖ **Manganèse (Mn) :**

- Augmentation des caractéristiques mécaniques
- Amélioration de la ductilité

❖ **Cuivre (Cu) :**

- Amélioration de la tenue à la corrosion

❖ **Chrome (Cr) :**

- Amélioration de la tenue à la corrosion
- Augmentation des caractéristiques mécaniques

❖ **Nickel (Ni) :**

- Amélioration de la tenue à la corrosion
- Réduction de la fragilité a basses températures

❖ **Vanadium (V) :**

- Augmentation des caractéristiques mécaniques

❖ **Aluminium (Al) :**

- Calmage de l'acier
- Agent d'affinement du grain

1.2.4 Traitements mécaniques :

On peut modifier les propriétés d'un acier par des traitements mécaniques. Lors d'un laminage par exemple, on observe une modification de la structure cristalline originelle.

Les cristaux sont fragmentés, resserrés entre eux et orientés, donnant plus de cohésion à la pièce.

Il en résulte une différence de comportement entre les sens longitudinal et transversal, les propriétés mécaniques de l'acier sont améliorées dans la direction du laminage mais diminuées dans le sens perpendiculaire. Ce phénomène est appelé **corroyage**.

Les opérations de pliage ou d'étirage sont des traitements mécaniques souvent effectués à froid. Elles engendrent des déformations plastiques dues au dépassement de la limite d'élasticité de l'acier. Ces déformations ont pour conséquence un **écrouissage** du métal. L'effet de l'écrouissage est d'augmenter la limite d'élasticité dans la direction de l'allongement et de diminuer la ductilité et la ténacité, en génie civil, l'écrouissage trouve plusieurs applications : profilés laminés à froid, câbles étirés pour ponts suspendus, quelques types de barres d'armature, etc.

Considérons la courbe contrainte déformation spécifique d'une éprouvette soumise à un effort normal de traction (fig. 1-6). En appliquant un effort de traction au-delà de la limite d'élasticité f_y , jusqu'au point C de la courbe $(\sigma - \xi)$, et en relâchant ensuite la force, l'éprouvette étirée va conserver une déformation spécifique permanente ξ_0 . Si l'on applique à nouveau un effort de traction, l'éprouvette va se comporter élastiquement de 0 à C puis va entrer directement dans

le domaine d'écrouissage, il n'y a donc plus de palier d'écoulement. Par conséquent, l'allongement de rupture ξ_r est réduit et l'acier est moins ductile et moins tenace que le matériau de base non écroui. La nouvelle limite d'élasticité f_y' , qui correspond en fait à une limite apparente d'élasticité puisqu'il n'y a plus de palier d'écoulement, est par contre supérieure à la limite d'élasticité primitive f_y . [3]

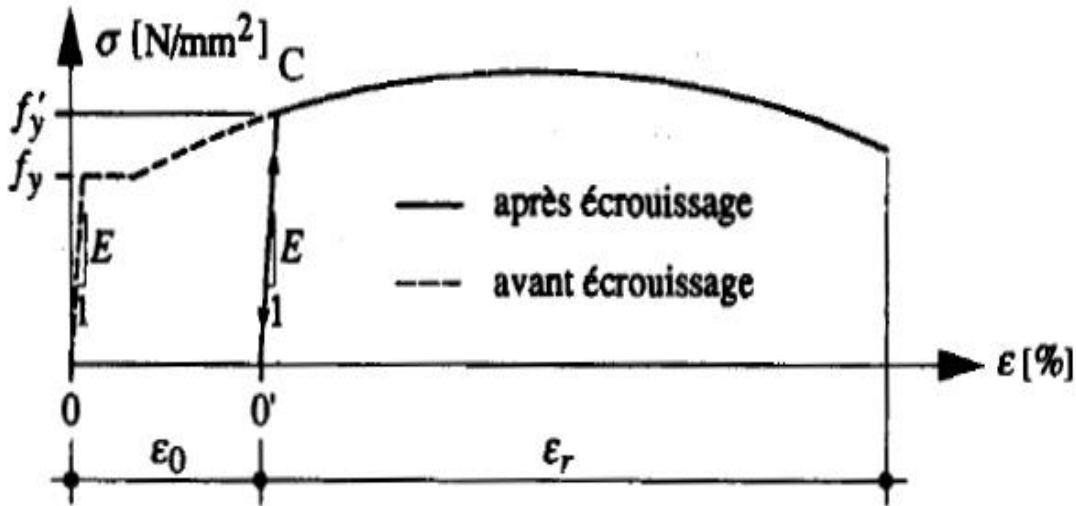


Figure 1.2-4 : Effet de l'écrouissage

1.3 Produits laminés à chaud

Une fois terminées les phases d'affinage de l'acier, le métal en fusion est coulé dans des lingotières. Mais l'acier ne peut généralement pas être utilisé en lingots par les industries transformatrices ou les utilisateurs directs. Ces lingots sont donc réchauffés puis transformés par laminage à chaud. Le laminage consiste à écraser le métal, préalablement réchauffé, entre deux cylindres dont les sens de rotation sont opposés. Une première phase de dégrossissage est effectuée dans un laminoir spécial appelé *blooming* ou *slabbing*, suivant que le produit doit présenter une section carrée (*bloom*) ou rectangulaire (*brame*). *Pour* la finition, le matériel utilisé varie selon la forme des produits finis ; on utilise des cylindres cannelés pour les profilés et des cylindres lisses pour les tôles.

Un procédé plus récent que la coulée classique passant par des lingots est la coulée continue. Dans ce procédé l'acier n'est plus coulé dans plusieurs lingotières, mais il est coulé dans un moule sans fond en cuivre refroidi à l'eau, il se solidifie pendant son passage et ressort de façon continue sous forme de barre carrée ou rectangulaire selon la section du moule.

Le boudin d'acier sortant de la machine de coulée continue est sectionné à la longueur voulue par un chalumeau. Ce procédé présente l'avantage de supprimer l'étape des lingots pour lesquels un réchauffement intermédiaire est nécessaire et de diminuer la durée de fabrication des profilés.

1.4 Produits façonnés à froid

L'acier laminé à froid est principalement un acier laminé à chaud qui a subi d'autres traitements. Une fois que l'acier laminé à chaud a refroidi, il est ensuite relaminé à température ambiante pour atteindre les dimensions exactes et une meilleure qualité de surface.

L'acier « laminé » à froid est souvent utilisé pour décrire une gamme de procédés de finition, quoique techniquement « laminé à froid » s'applique seulement aux plaques qui ont subi une compression entre des rouleaux. Les formes d'acier qui en sont tirées, telles que barres ou tubes, sont « étirées », et non laminées.

Depuis les dernières décennies, les éléments en acier formés à froid sont largement utilisés dans le domaine de la construction métallique. La facilité de leur fabrication permet de produire une grande variété de formes et l'utilisation d'aciers à haute résistance rend les rapports largeur-épaisseurs des parois relativement grands. L'utilisation de matériaux de construction en acier formés à froid est devenue de plus en plus populaire depuis l'introduction des normes codifiées en 1946. Dans l'industrie de la construction, des éléments structurels et non structurels sont créés à partir de tôles d'acier de minces épaisseurs. Ces éléments englobent des colonnes, des poutres, des solives, des talons, des planchers, des sections bâties et d'autres composants. La fabrication de produits en acier formés à froid se fait à température ambiante par laminage ou par pressage.

1.4.1 Technologies de fabrication :

Les éléments formés à froid sont fabriqués par les procédés de profilage ou de pliage à la presse plieuse.

1.4.1.1 Procédé de profilage :

Le profilage consiste à faire passer une bande d'acier en continu à travers une série de rouleaux opposés pour déformer progressivement l'acier plastiquement afin de former la forme souhaitée.

Chaque paire de rouleaux produit une quantité fixe de déformation dans une séquence du type représenté sur la figure 1.4-1.

Dans le cas des sections creuses rectangulaires formées à froid, les roulements façonnent d'abord la section en une section circulaire et après une soudure est appliquée entre les bords opposés de la bande avant le roulement final (appelé le classement par taille) dans une forme carrée ou rectangulaire



Figure 1.4-1: Procédé de profilage

1.4.1.2 Procédé de pliage

Le pliage est le procédé le plus simple, il consiste à faire plier la tôle découpée en dimensions bien précises pour obtenir la forme désirée et ceci après l'avoir placée entre les mors d'une plieuse (Figure 1.4-2). On peut donc réaliser tous les types de section de profilé qu'on peut imaginer.

Dans la fabrication du profilé par pliage, les efforts appliqués à l'élément se concentrent dans ses coins arrondis, c'est cela qui donne la particularité, du point de vue comportement, à ces profilés formés à froid.

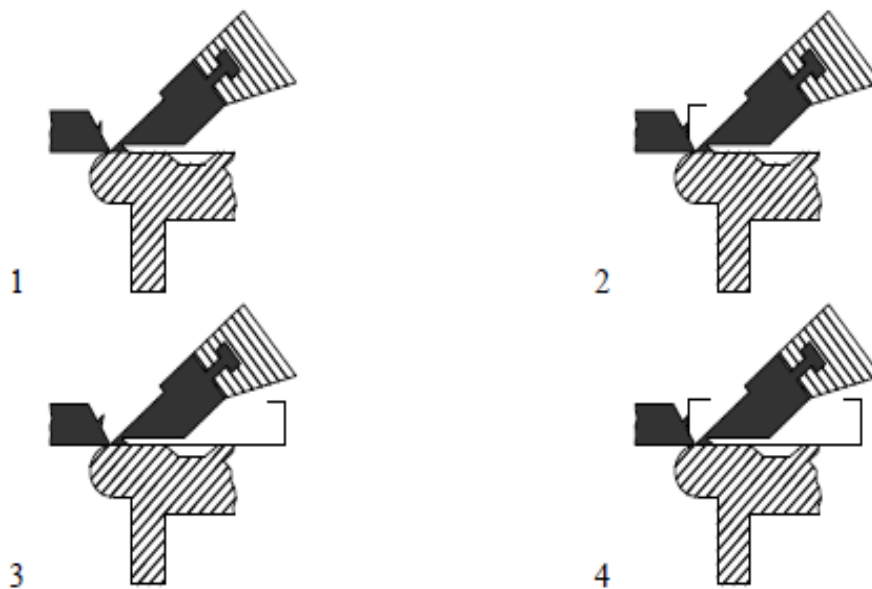


Figure 1.4-2: Procédé de pliage

1.4.1.3 Presse plieuse :

La presse plieuse est largement utilisée, ce processus peut produire une plus grande variété de formes en coupe transversale. Les étapes de formations pour la presse plieuse sont illustrées dans la figure ci-dessous (voir figure 1.4-3). Habituellement, chaque pli est formé séparément.

La mise en place d'une presse plieuse typique est illustrée dans la figure 1.4-3.

Ce procédé présente également des limitations sur la géométrie des profilées qui peuvent être formés et, sur les longueurs des éléments qui peuvent être produits.

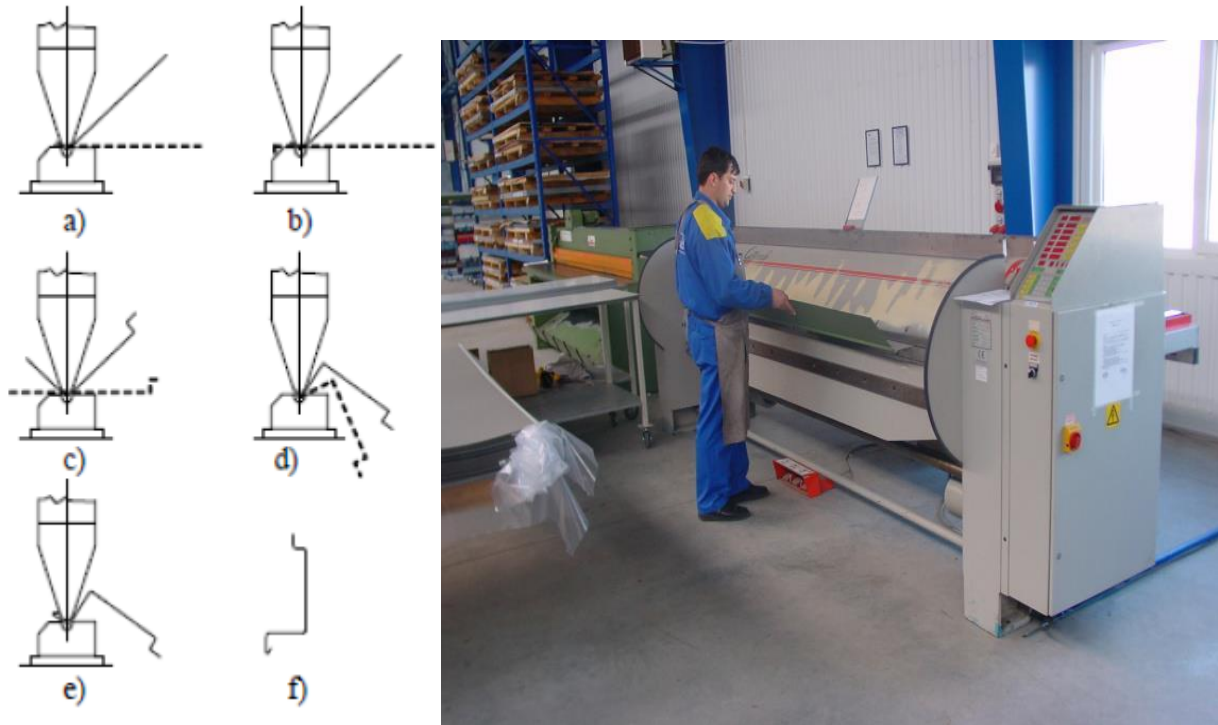


Figure 1.4-3: Etapes de formage pour une presse plieuse

1.4.2 Types de sections des éléments formés à froid

D'après le mode de fabrication et du besoin on distingue :

1.4.2.1 Les profils larges :

Ce sont les tôles nervurées. Elles sont souvent utilisées dans la charpente métallique comme étant des coffrages perdus pour les planchers mixtes, des couvertures de bâtiments ou bien comme bardage des constructions industrielles (figure 1.4-4).

Ces éléments travaillent souvent en flexion sous les charges transversales. Cependant, les zones qui peuvent être sous l'effet de la compression et/ou du cisaillement, et due à leurs faibles épaisseurs, elles peuvent devenir instables par voilement.

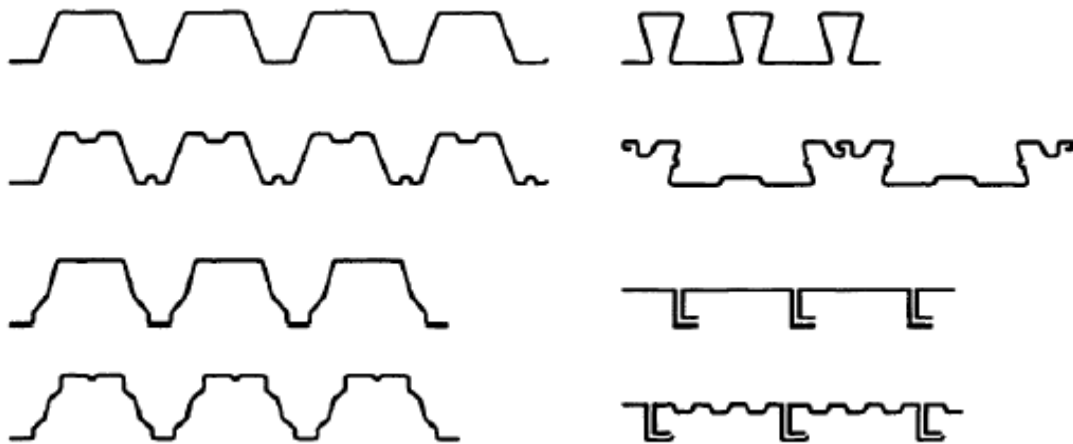


Figure 1.4-4: les profils larges

1.4.2.2 Les profils longs :

Ce sont des profilés utilisés comme étant des éléments de structures. Ils sont généralement exposés à toutes les sollicitations possibles. Ils peuvent être simples ou bien reconstituer ouverts ou fermés en formes quelconques (figure 1.4-5 et 1.4-6).

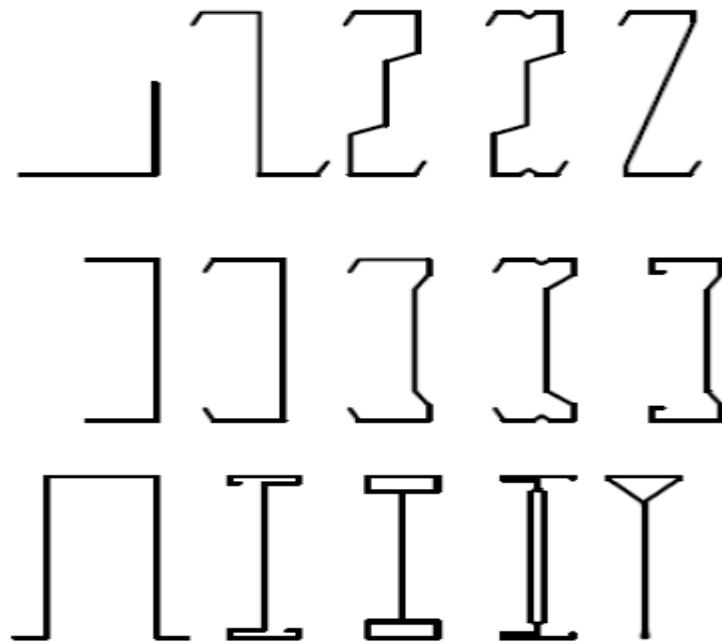


Figure 1.4-5 : Les profils longs

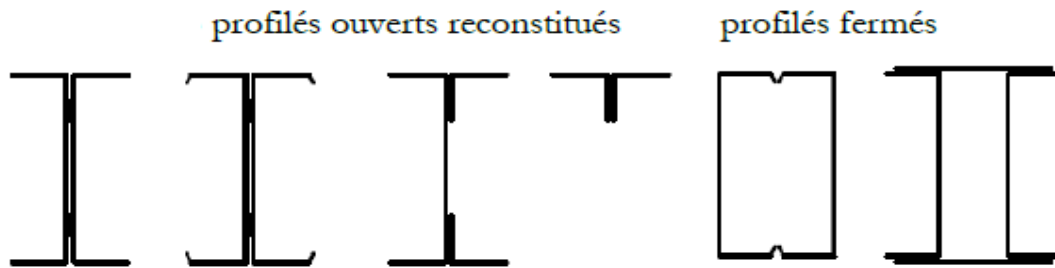
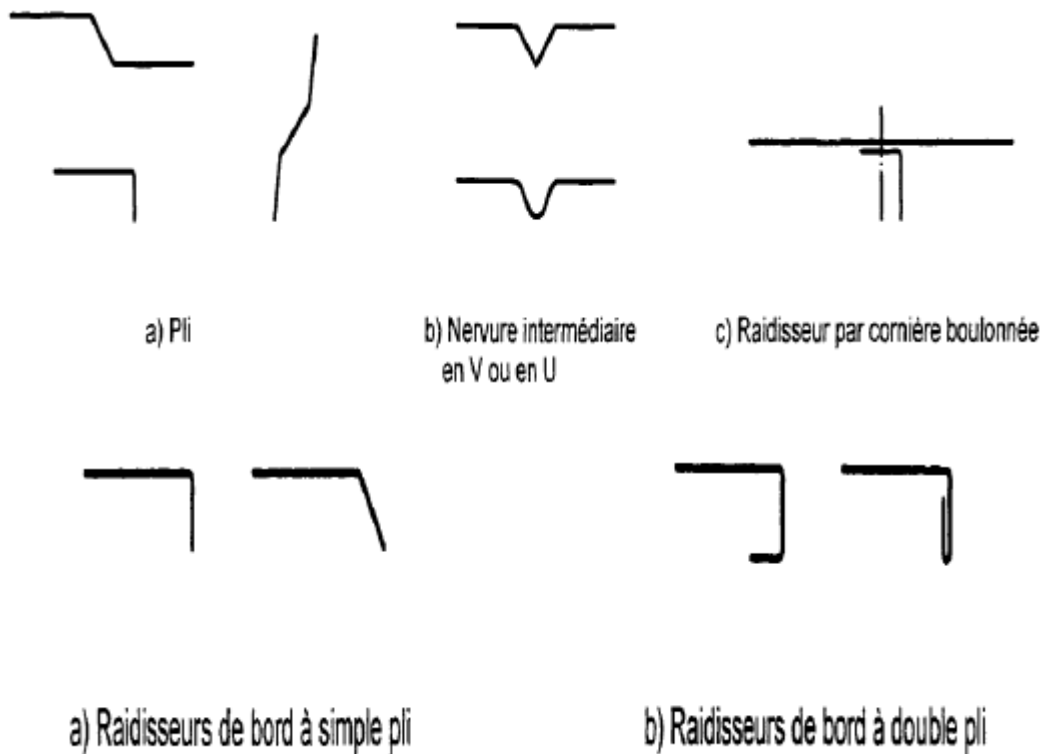


Figure 1.4-6: Les profils longs composé

1.4.2.3 Les raidisseurs :

Afin d'augmenter la rigidité des sections transversales et des tôles, on utilise des raidisseurs qui constituent souvent des plis, des nervures intermédiaires ou bien des éléments indépendants qu'on ajoute au profilé par boulonnage. Ces raidisseurs dans les profilés peuvent être de bord, un simple ou double pli par exemple ou bien intermédiaire dans la semelle ou l'âme (figure 1.4-7).



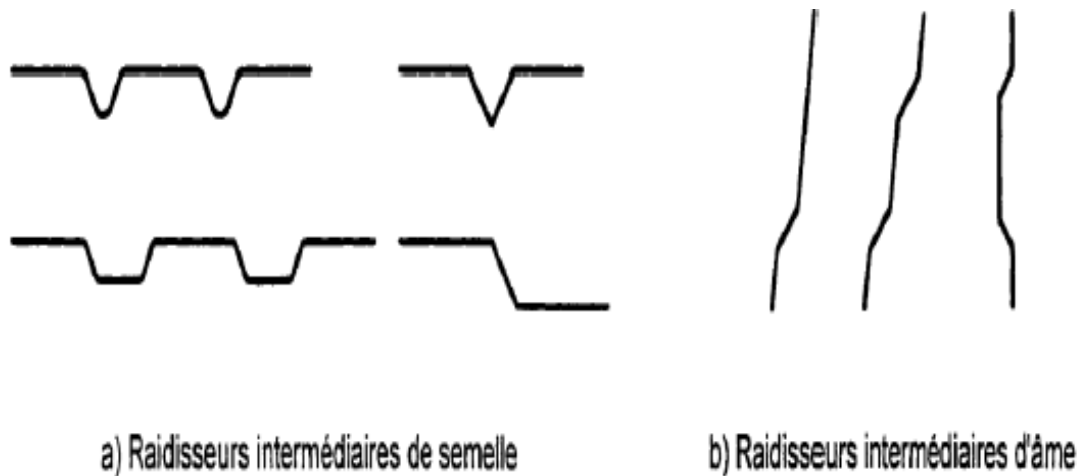


Figure 1.4-7: Les raidisseurs

1.4.3 Avantages des éléments formés à froid

Par rapport aux profils laminés à chaud, les éléments formés à froid présentent plusieurs avantages comme, on peut citer :

- La facilité de produire des formes complexes et d'atteindre ainsi une parfaite adéquation de la forme du profil à sa section ;
- Leur légèreté qui facilite la manutention, le transport et le montage, ils sont donc, plus économique ;
- Diverses opérations secondaires telles que le perçage, la grugeage, le marquage ou la mise en peinture peuvent être réalisés en même temps que le formage.
- Procédé de production très flexible, le sur mesure très simple à exécuter
- Les outillages nécessaires offrent des avantages et peuvent être réalisés rapidement
- Temps de production réduit et donc livraison rapide
- Rapport résistance mécanique/poids excellent
- Relativement peu de chutes
- Une large gamme de qualités d'aciers, épaisseurs précises de 0,2 à 8mm, pré laqué, inox, zingué, etc...
- Pratique et constructif

En plus des avantages, ces types de profilés présentent certains inconvénients dont ceux dus aux défauts classiques de la charpente métallique comme la résistance au feu, les instabilités. Aussi, dû à leur légèreté et à la minceur de leurs éléments, on ne peut pas vraiment réaliser de très grande structure

1.5 Les modes d'instabilité :

Malgré les nombreux avantages que les profils formés à froid apportent à la construction métallique, les formes parfois complexes des sections et la minceur des parois exigent du projeteur une connaissance plus approfondie de leur comportement structural que celle requise en construction métallique traditionnelle.

Les profilés formés à froid, qui sont généralement composés de plaques minces, ont un comportement très différent de celui des profilés formés à chaud. La minceur des parois peut, en effet, provoquer un voilement des plaques et une interaction entre ces modes d'instabilité.

Les profilés formés à froid comprimés et/ou fléchis peuvent subir trois types d'instabilité de base : **Locale**, **Globale** ou **distorsionnel**, comme montré dans la figure 1.5-1.

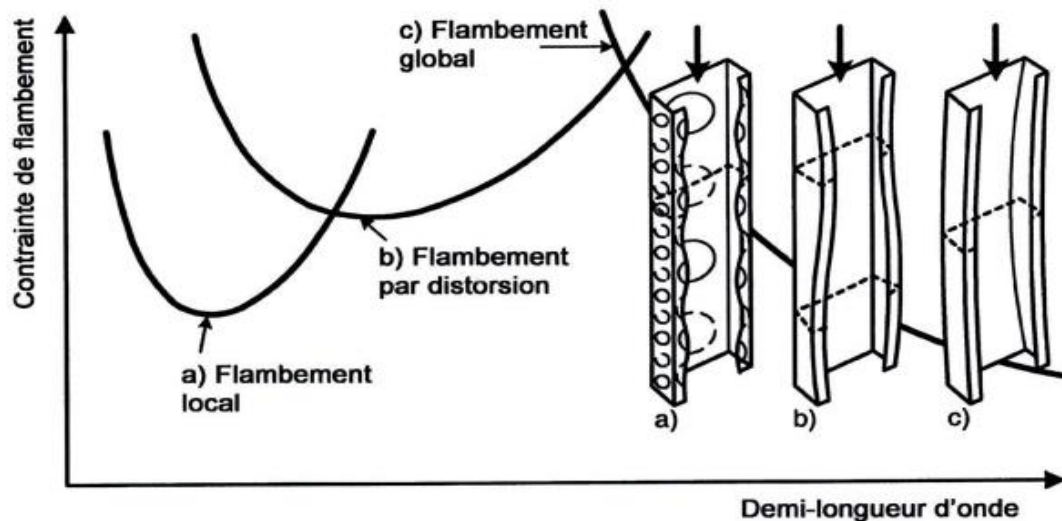
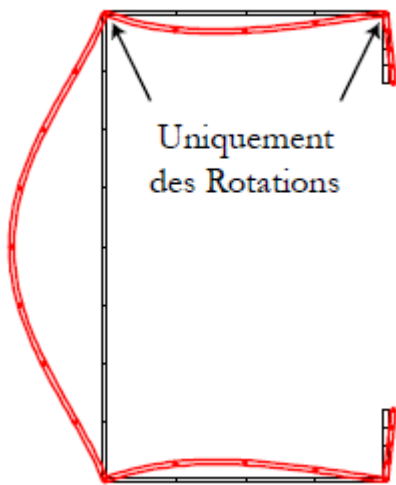


Figure 1.5-1 : Les modes d'instabilité

1.5.1 L'instabilité locale : [4]



Le mode local est généralement caractérisé par le voilement des parois planes (éléments plaques) qui constituent la section. Elle se produit en développant dans le sens longitudinal des ondes (sinusoïdales) ayant des longueurs de demi-onde inférieures à la plus grande dimension caractéristique de la section (voir Figure 1.5-1 (a)). La section transversale de l'élément voilé se déforme en engendrant des rotations sans aucune translation au niveau des lignes d'intersection entre les parois planes.

Figure 1.5-2 : l'instabilité locale

1.5.2 Le flambement global : [4]

Le mode global est un mode qui couvre toute la longueur de la barre/poutre. Il se produit avec une seule demi-onde de longueur égale à la longueur de flambement (voir Figure 1.5-1 (c)). On l'appelle aussi, flambement de corps rigide parce que la section transversale se déplace comme un corps rigide en translation et/ou en rotation sans subir de déformation. Il comprend le flambement par flexion, par torsion et par flexion-torsion (voir Figure 1.5-3).

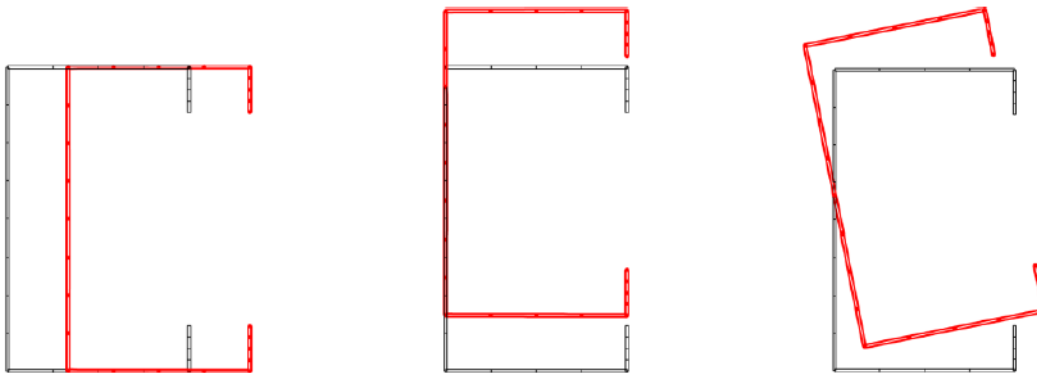
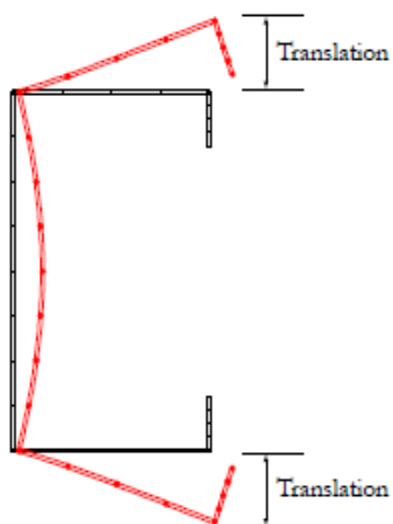


Figure 1.5-3 : Le flambement global

1.5.3 Le mode distorsionnel : [4]



Le mode le moins maîtrisé parmi les trois instabilités pures est le mode distorsionnel. Il présente, comme le voilement, des ondulations harmoniques le long de la longueur de l'élément. La longueur de sa demi-onde dépend du chargement et de la géométrie mais globalement, elle est plus grande que celle du mode local (voir Figure 1.5-1 (b)). Quant à la déformation de la section transversale, elle se produit en engendrant des rotations et des déplacements au niveau des lignes d'intersection entre les parois planes de la section.

Figure 1.5-4 : le mode distorsionnel

1.6 Conclusion :

Quel que soit le mode de fabrication, les profilés minces formés à froid restent toujours soumis à un inconvénient majeur celui de l'instabilité. L'instabilité est de trois types à savoir local, global, ou distorsionnel ; ce qui rend l'étude de ces types de profilés difficile à maîtriser. Donc ce qui reste à étudier les méthodes qui existent actuellement pour l'analyse et la compréhension du comportement des profilés minces formés à froid et dans un souci de pratique, a poussé les chercheurs à les synthétiser dans les codes de calcul comme celui de l'Eurocode (code européen) et l'AISI (code américain) qu'on va exposer successivement dans les chapitres qui vont suivre.

Chapitre II

Présentation du concept de la largeur efficace selon (Eurocode 3 partie 1-3)

2.1 Introduction

Ce chapitre aborde la première méthode de calcul de la contrainte nominale .il s'agit en l'occurrence de la référence EUROCODE. En effet ce dernier permet de calculer la contrainte nominale par la méthode de la largeur efficace selon des normes bien précises

2.2 L'Eurocode :

La norme EN 1993-1-3 définit des exigences de calcul relatives aux profilés et plaques nervurées formés à froid [5]. Elle s'applique aux produits en acier formés à froid par des procédés tels que le profilage aux galets ou le pliage à la presse plieuse, à partir de tôles ou bandes d'acier laminées à chaud ou à froid, de faible épaisseur, revêtues ou non revêtues. Elle peut également être utilisée pour le calcul des tôles profilées en acier destinées aux dalles mixtes acier-béton en phase de coulage L'EN 1993-1-3 donne des méthodes pour le dimensionnement par calcul et pour le dimensionnement assisté par des essais. Les méthodes de dimensionnement par calcul ne s'appliquent que dans des gammes bien définies de caractéristiques de matériaux et de proportions géométriques pour lesquelles on dispose d'une expérience suffisante et d'une validation par essais. Ces limitations ne s'appliquent pas au dimensionnement assisté par des essais. L'EN 1993-1-3 ne couvre pas la prise en compte des charges d'essais relatifs aux phases d'exécution et d'entretien. Les règles de calcul données dans la présente norme ne sont applicables que si les tolérances des profilés formés à froid sont conformes à l'EN 10902.

2.3 Le concept de la largeur efficace

Du moment que les épaisseurs des parois formant les éléments structuraux en acier formé à froid (AFF) sont petites devant leurs largeurs, les phénomènes d'instabilité et le comportement postcritique sont deux paramètres principaux dans le calcul de la charge de ruine de ces éléments structuraux. À la différence des produits laminés à chaud, les éléments de structures en AFF flambent normalement avant la plastification de leur section. De plus, les éléments comprimés en AFF ne s'effondrent pas quand la contrainte d'instabilité est atteinte. Une charge additionnelle peut être supportée par l'élément après l'instabilité, suite à une redistribution des contraintes. Ce phénomène, dénommé réserve postcritique, est d'autant plus prononcé que l'élanement est élevé. Pour l'élément

plan raidi uniformément comprimé de la figure 2.3-1 le schéma montre une idéalisation de la distribution de la contrainte longitudinale pendant les étapes consécutives du chargement. La contrainte est uniformément distribuée au début de la mise en charge. Lorsque la contrainte appliquée approche de la contrainte critique, la distribution des contraintes n'est plus uniforme, et la contrainte maximum augmente au-delà de la contrainte d'instabilité jusqu'à ce qu'elle atteigne la limite d'élasticité, on considère alors qu'il y a ruine de l'élément. Cette idéalisation ignore les variations longitudinales de la contrainte mais cible le comportement moyen de la contrainte membranaire. Le comportement post-critique élastique d'une paroi mince peut être analysé en utilisant la théorie des grands déplacements, mais le résultat est généralement trop complexe pour être appliqué dans la pratique. Par conséquent le concept de largeur efficace présenté par Von Karman, Sechler, et Donnell en 1932 (Von Karman et al, 1932) et modifié plus tard par Winter (1947), est devenu la base des méthodes de calcul des éléments structuraux en AFF de la première version des règles AISI en 1946 jusqu'aux dernières versions des règlements les plus importants (AISI/NAS, 2004a; CEN/EC3, 1996 ; AS/NZS 4600, 1996).

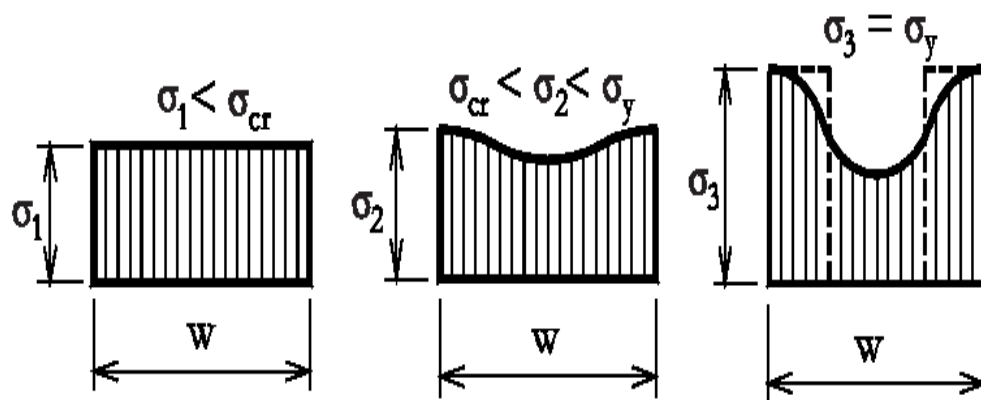


Figure 2.3-1 : Evolution de la distribution des contraintes lors du chargement d'un élément raidi

Dans l'approche de la largeur efficace au lieu de considérer la distribution non uniforme de la contrainte à travers la largeur de l'élément on suppose que toute la charge est supportée par une largeur fictive b qui est soumise à une contrainte uniformément distribuée égale à la contrainte au bord de la plaque, comme représentée dans la figure 2.3-2.

Le calcul de la force post critique d'un élément plan raidi est ainsi simplifié et se ramène à déterminer la largeur efficace.

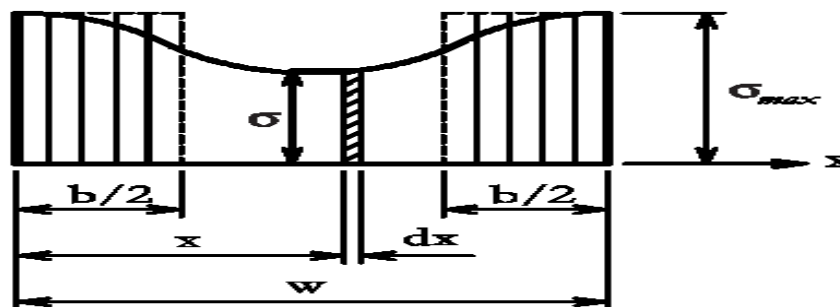


Figure 2.3-2 : Largeur efficace d'un élément plan raidi uniformément comprimé

Les formules de base ont été développées sous la conduite du professeur George Winter à l'université de Cornell au début des années 40 et sont maintenant connues simplement en tant qu'équations de Winter. Ces équations sont apparues dans les premières règles de calcul des éléments structuraux en AFF et elles demeurent d'actualité.

Pour la section en C de la figure 2.3-3 la largeur efficace doit être déterminée pour chaque partie en compression et alors la charge ultime de la section peut être obtenue en supposant que la charge n'est reprise que par les secteurs efficaces

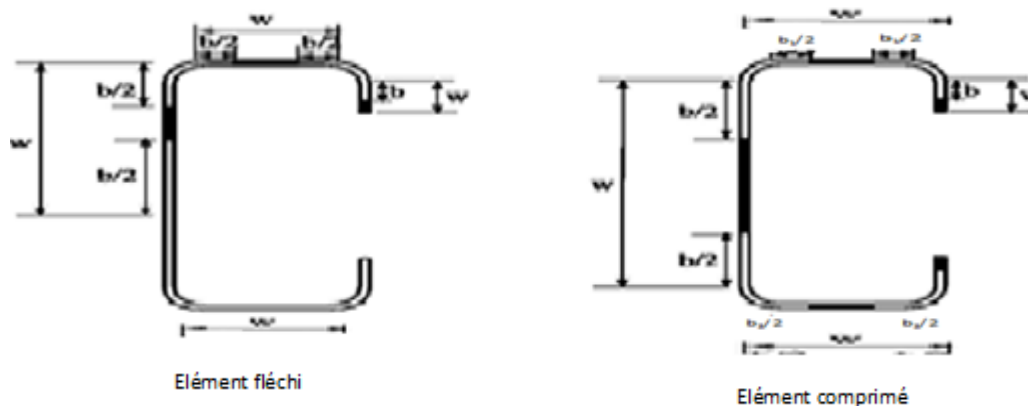


Figure 2.3-3 Largeurs efficaces de section en C fléchi et comprimée

Dans la limite $\sigma_{max} = f_y$, on peut également considérer que la largeur b_{eff} représente une largeur particulière de la plaque pour laquelle la force de la plaque est obtenue lorsque la contrainte appliquée ($\sigma_{max} = f_y$) provoque le flambement.

Par conséquent, pour une longue plaque, la valeur de b_{eff} à utiliser pour la conception de force peut être déterminée à partir de l'équation. (2.3-1) comme suit :

$$\sigma_{Max} = f_y = \frac{k_{\sigma} \times \pi^2 \times E}{12(1-\nu^2)} \times \left(\frac{t}{b_{eff}} \right)^2 \quad (2-1)$$

ou
$$b_{eff} = \frac{\sqrt{k_{\sigma} \times \pi}}{\sqrt{12(1-\nu^2)}} \times t \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (2-2)$$

$$b_{eff} = C \times t \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (2-3)$$

C : est une constante pour un type donné d'élément en forme de plaque, en fonction de la valeur du coefficient de flambement, $K\sigma$.

Si $K\sigma = 4$, $\nu = 0.3$, et $C = 1.9$, l'équation devient

$$b_{eff} = 1,9 \times t \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (2-4)$$

Qui représente la formule Von Karman pour la conception d'éléments raidis comme dérivé en 1932. Étant donné que la contrainte de flambement critique élastique de la plaque complète est donnée par

$$\sigma_{cr} = \frac{k_{\sigma} \times \pi^2 \times E}{12(1-\nu^2)} \times \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (2-5)$$

En suite par remplacement
$$\frac{b_{eff}}{b} = \sqrt{\frac{\sigma_{cr}}{f_y}} \quad (2-6)$$

L'élancement réduit ou relatif de la plaque, λ_p , est défini comme suit :

$$\overline{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{1,052}{\sqrt{k_{\sigma}}} \times \frac{b}{t} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{b/t}{28,4 \times \varepsilon \times \sqrt{k_{\sigma}}} \quad (2-7)$$

Avec
$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$$

A la fin, la largeur effective, b_{eff} , d'une paroi mince (par exemple la plaque) en compression, de la largeur b , est calculée avec la formule suivante :
$$b_{eff} = \rho \times b \quad (2-8)$$

Avec
$$\rho = \frac{b_{eff}}{b} = \frac{1}{\lambda_p} \quad \text{mais } \rho \leq 1 \quad (2-9)$$

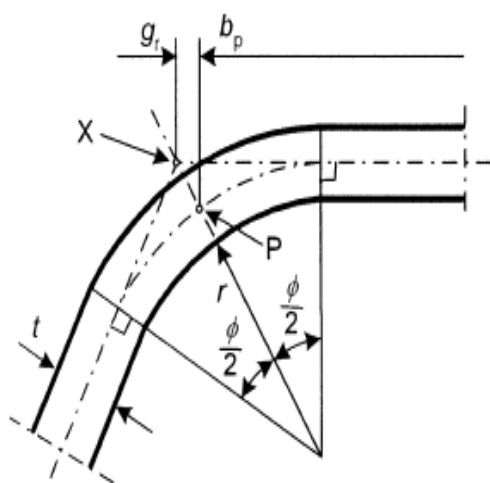
ρ : est le facteur de réduction de la plaque dans la partie post-flambement.

2.3.1 Influence des arrondis

Dans les sections transversales comportant des arrondis, Il convient de mesurer les largeurs de référence des Parois b_p à partir des points médians des plis adjacents, comme indiqué à la Figure (2.3-4.)

Dans les sections comportant des arrondis, il convient de calculer les caractéristiques de section à partir de la géométrie nominale de la section transversale.

À moins que des méthodes plus précises ne soient utilisées pour déterminer les caractéristiques de section, le mode opératoire approximatif suivant peut être employé. L'influence des arrondis sur la résistance des sections transversales peut être négligée si les rayons internes $r \leq 5t$ et $r \leq 0,10 b_p$; la section transversale est alors assimilée à une section constituée des parois planes à angles vifs (selon la Figure 2.3-6), noter l'utilisation de la valeur b_p pour toutes les parois planes, y compris les parois soumises à la traction). Pour les propriétés de rigidité des sections transversales, il convient toujours de prendre en compte l'influence des arrondis.



(a) Point médian d'arrondi ou de pli
X est l'intersection des lignes médianes

P est le point médian de l'arrondi

$$r_m = r + t/2$$

$$g_r = r_m \left(\tan\left(\frac{\phi}{2}\right) - \sin\left(\frac{\phi}{2}\right) \right)$$

Figure 2.3-4 : Influence des arrondis

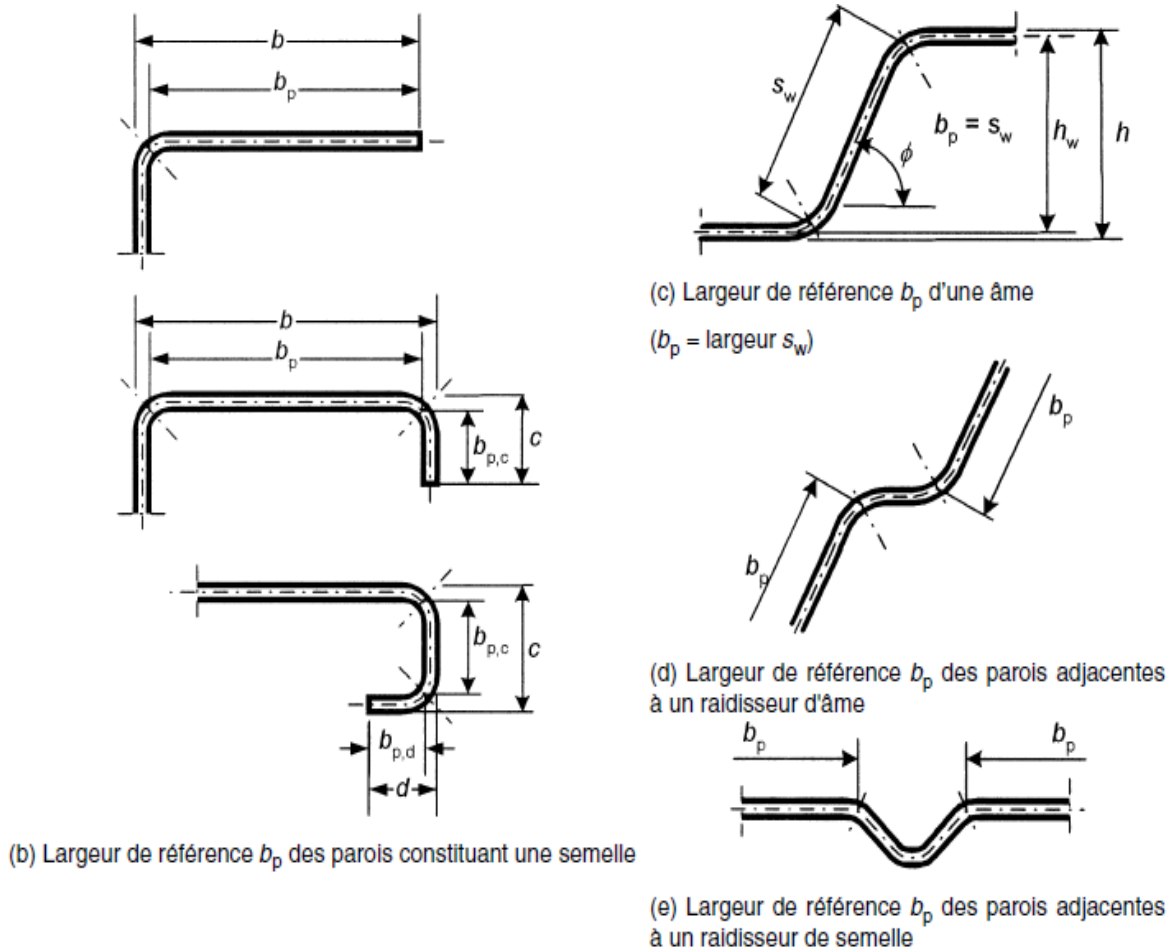


Figure 2.3-5: largeur des section transversales des parois b_p tenant compte des rayons d'arrondi

L'influence des arrondis sur les caractéristiques de section peut être prise en compte en réduisant les

$$A_g \approx A_{g,sh} (1 - \delta)$$

$$I_g \approx I_{g,sh} (1 - 2\delta)$$

$$I_w \approx I_{w,sh} (1 - 4\delta)$$

$$\delta = 0,43 \frac{\sum_{j=1}^m \frac{\phi_j}{90^\circ}}{\sum_{i=1}^n b_{p,i}}$$

caractéristiques calculées pour une section transversale similaire comportant des angles vifs, voir Figure(2.3-5), à l'aide des approximations suivantes :

Les réductions données par ces expressions peuvent

également être appliquées lors du calcul des caractéristiques de section efficace $A_{eff}, I_{eff,y}, I_{eff,z}$ et w_{eff} , à condition que les largeurs de référence des parois soient mesurées entre les points d'intersection de leurs lignes médianes.

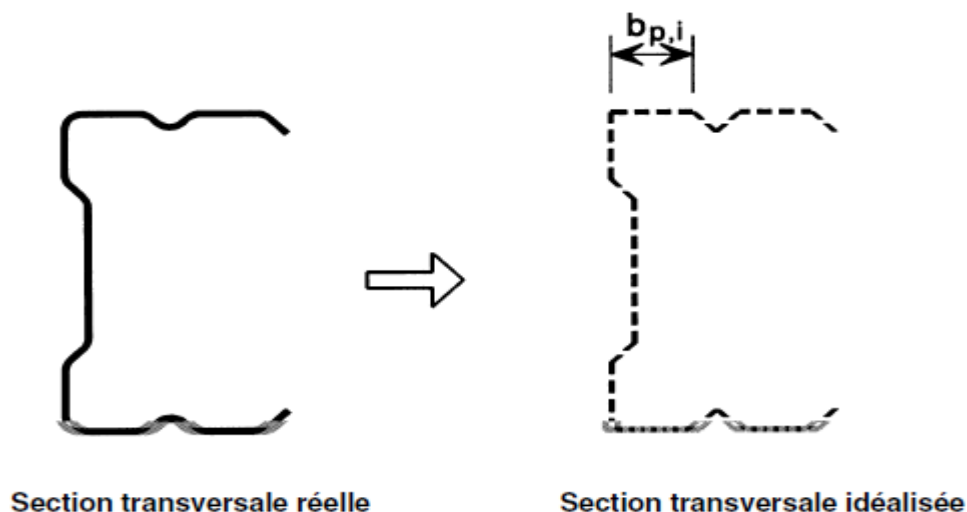


Figure 2.3-6 : prise en compte approchée des arrondis

Lorsque le rayon interne $r > 0,04 \times t \times E/f_y$, il convient alors de déterminer la résistance de la section transversale par des essais.

Proportions géométriques

Il convient de ne pas appliquer les dispositions données dans la présente Partie 1-3 de l'EN 1993 pour le dimensionnement par le calcul aux sections transversales dont les rapports largeur sur épaisseur ne se situent pas dans la gamme de valeurs b/t , h/t , c/t et d/t données dans le Tableau 2.3-1.

Les limites b/t , h/t , c/t et d/t données dans le Tableau 2.3-1 représentent le domaine pour lequel une expérience suffisante et une vérification par des essais existent déjà. Les sections transversales présentant des rapports largeur sur épaisseur plus élevés peuvent également être utilisées, à condition que leur résistance aux états limites ultimes et leur comportement aux états limites de service soient vérifiés par des essais, et/ou des calculs lorsque les résultats sont confirmés par un nombre approprié d'essais.

Afin de garantir une rigidité suffisante du raidisseur et d'éviter son flambement, il convient de retenir des dimensions de raidisseurs dans les gammes suivantes :

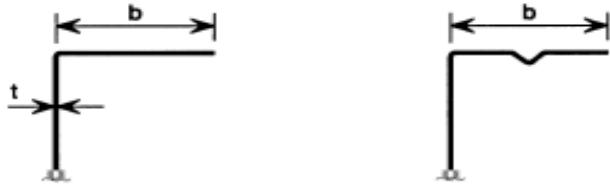
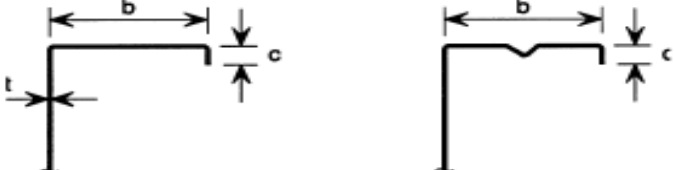
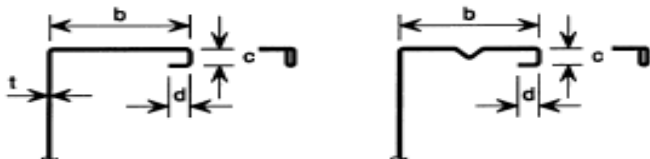


$$0,2 \leq c/b \leq 0,6$$

$$0,1 \leq d/b \leq 0,3$$

Avec les dimensions b , c et d telles qu'indiquées dans le Tableau 2-1.

Si $c/b < 0,2$ ou $d/b < 0,1$, il convient d'ignorer le raidisseur de bord ($c=0$ ou $d=0$).

Tableau 2.3-1 : conditions d'utilisation

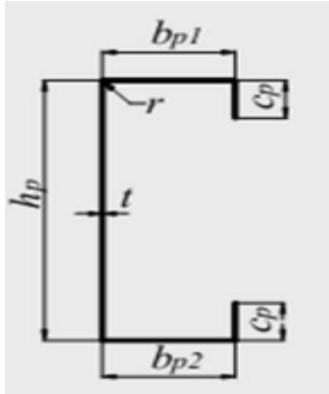
Pari de la section transversale	Valeur maximale
	$b/t \leq 50$
	$b/t \leq 60$ $c/t \leq 50$
	$b/t \leq 90$ $c/t \leq 60$ $d/t \leq 50$
	$b/t \leq 500$
	$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ $h/t \leq 500 \sin \phi$

Lorsque les caractéristiques de section transversale efficace sont déterminées par des essais et par des calculs, ces limites ne s'appliquent pas.

Le bord tombé C est mesuré perpendiculairement à la semelle si l'angle entre ces parois n'est pas droit.

2.4 Calcul de la contrainte nominale par l'Eurocode :

Nous allons présenter dans ce qui suit, la procédure de calcul des propriétés efficaces d'un profilé de section transversale, en C et Z.



Déterminons d'abord les caractéristiques géométriques nominales de la section transversale la

- Hauteur de l'âme de la section sont donnée par $h_p = h - t_{nom}$ (2-10)

- La largeur de la semelle supérieure $b_{p1} = b_1 - t_{nom}$ (2-11)

- La largeur de la semelle inférieure $b_{p2} = b_2 - t_{nom}$ (2-12)

- La largeur du raidisseur $c_{p1} = c_1 - t_{nom}/2$ (2-13)

Avec : h, b_1, b_2, c_1 les dimensions totales de la section et t_{nom} est l'épaisseur nominale de la section.

2.4.1 Section en C soumise à la flexion

On suppose que la section est soumise à la flexion et nous allons dresser les différentes étapes de calculs des caractéristiques efficaces nécessaires dans le calcul de la contrainte nominale du profilé.

2.4.1.1 Vérification des proportions géométriques de la section brute

La méthode de calcul de l'EN1993-1-3 ne peut être appliquée que si les conditions sur les proportions géométriques énumérées ci-dessous sont satisfaites.

$$h/t \leq 500 \quad (2-14)$$

$$b/t \leq 60 \quad (2-15)$$

$$c/t \leq 50 \quad (2-16)$$

Pour assurer une rigidité suffisante et pour éviter le flambement du raidisseur de bord, les dimensions de ce dernier devraient être comprises entre les valeurs suivantes.

$$0,2 \leq c/b \leq 0,6 \quad (2-17)$$

L'influence des arrondis est négligée si :

$$r/t \leq 5 \quad (2-18)$$

$$r/b_p \leq 0,1 \quad (2-19)$$

2.4.1.2 Calcul de la section efficace

Le point de départ du calcul de la section efficace est bien sur la section brute de la section transversale, elle est donnée dans le cas de notre section par

$$A_g = t(h_p + b_{p1} + b_{p2} + C_{p1} + C_{p2}) \quad (2-20)$$

La position de l'axe neutre par rapport à la semelle supérieur est donnée par :

$$Z_G = \frac{[b_{p2} \times h_p + \frac{h_p^2}{2} + \frac{C_{p2}^2}{2} + C_{p1}(h_p - \frac{C_{p1}}{2})] \times t}{A_g} \quad (2-21)$$

Pour calculer les propriétés de la section efficace de la semelle et du bord tombé comprimés, il convient d'appliquer la procédure itérative. Le calcul s'effectue en trois étapes.

❖ Première étape

Au bout de cette étape c'est la section transversale efficace initiale du raidisseur qui est obtenue en utilisant les largeurs efficaces de la semelle, lesquelles sont déterminées en considérant que la semelle comprimée est doublement soutenue, que le raidisseur confère un maintien total ($K=\infty$) et que la résistance de calcul n'est pas réduite c'est-à-dire :

$$\sigma_{com,Ed} = f_{yb} / \gamma_{M0} \quad (2-22)$$

2.4.1.3 Calcul de la largeur efficace de la semelle comprimée

Dans le cas de la compression uniforme le rapport des contraintes $\psi = 1$, et le coefficient de flambement $k_\sigma = 4$

$$\varepsilon = \sqrt{235 / f_{yb}} \quad (2-23)$$

$$\text{L'élanement réduit : } \bar{\lambda}_{p,b1} = \frac{b_{p1}/t}{28,4 \times \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} \quad (2-24)$$

$$\text{Le coefficient de réduction de la largeur est : } \rho = \frac{\bar{\lambda}_{p,b} - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_{p,b}^2} \quad (2-25)$$

$$\text{La largeur efficace est donc : } b_{eff} = \rho \times b_{p1} \quad (2-26)$$

$$b_{e1} = b_{e2} = 0,5 \times b_{eff} \quad (2-27)$$

2.4.1.4 Calcul de la largeur efficace du bord tombé

Le coefficient de flambement est donné par :

$$\text{Si } \frac{c_p}{b_{p1}} \leq 0,35 \quad k_\sigma = 0,5 \quad (2-28)$$

$$\text{Si } 0,35 < \frac{c_p}{b_{p1}} \leq 0,6 \quad k_\sigma = 0,5 + 0,83^3 \sqrt{\left(\frac{c_p}{b_{p1}} - 0,35\right)^2} \quad (2-29)$$

$$\text{L'élancement réduit : } \bar{\lambda}_{p,c} = \frac{c_{p1}/t}{28,4 \times \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} \quad (2-30)$$

Le coefficient de réduction de la largeur est :

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_{p,c}^{-0,188}}{\bar{\lambda}_{p,c}^2} \quad (2-31)$$

Mais si $\rho > 1$ donc on prend $\rho = 1$

$$\text{La largeur efficace est : } C_{eff} = \rho \times C_{p1} \quad (2-32)$$

L'expression de l'aire efficace du raidisseur de bord est donnée par :

$$A_s = t(b_{e2} + C_{eff}) \quad (2-33)$$

❖ Deuxième étape

La section transversale efficace initiale du raidisseur obtenu dans la première étape utilisée pour déterminer le coefficient de réduction, en tenant compte des effets du maintien élastique continu.

La contrainte critique de flambement élastique du raidisseur de bord est donnée par ce qui suit :

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2\sqrt{KEI_s}}{A_s} \quad (2-34)$$

Où : K est la rigidité du support élastique par unité de longueur

$$K = \frac{Et^3}{4(1-\nu^2)} \times \frac{1}{b_1^2 \times h_p + b_1^3 + 0,5 \times b_1 \times b_2 \times h_p \times k_f} \quad (2-35)$$

Avec : b_1 : la distance entre la jonction âme-semelle et le centre de gravité de l'aire efficace du raidisseur de bord (semelle supérieure) comme montres dans la figure (2.4-1)

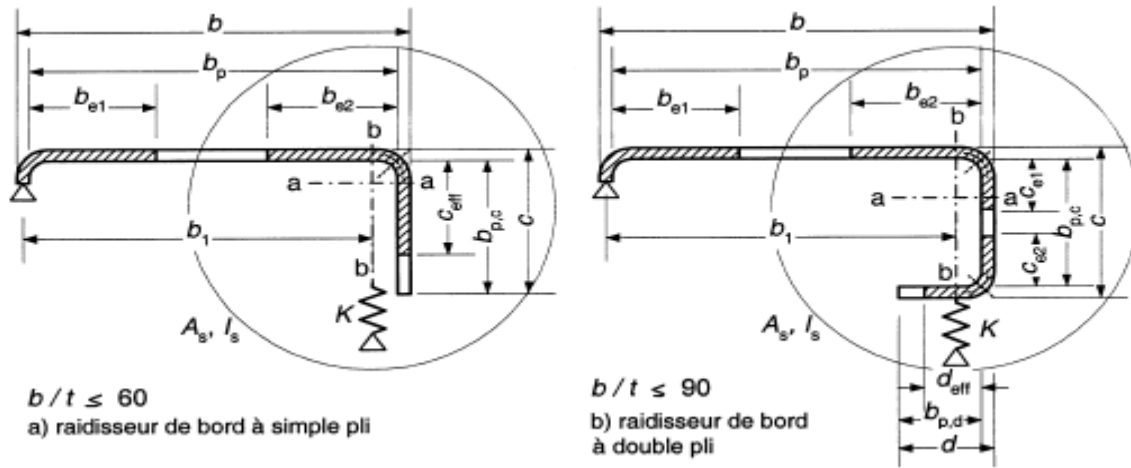


Figure 2.4-1 : Propriété géométrique de raidisseur

$$b_1 = b_{p1} - \frac{t \times b_{e2}^2 / 2}{t(b_{e2} + c_{eff})} \quad (2-36)$$

$k_f = 0$ Pour la flexion par rapport à l'axe y-y

I_s : est le moment d'inertie de la section efficace du raidisseur

$$I_s = \frac{b_{e2} \times t^3}{12} + (b_{e2} \times t) \left[\frac{c_{eff}^2}{2(b_{e2} + c_{eff})} \right]^2 + \frac{t \times c_{eff}^3}{12} + (t \times c_{eff}) \left[\frac{c_{eff}}{2} - \frac{c_{eff}^2}{2(b_{e2} + c_{eff})} \right]^2 \quad (2-37)$$

2.4.1.5 Coefficient de réduction de l'épaisseur χ_d pour le raidisseur de bord :

Pour calculer le coefficient de réduction de l'épaisseur χ_d il faut passer d'abord par le calcul de l'élanement réduit.

$$\text{L'élanement réduit : } \bar{\lambda}_d = \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr,s}}} \quad (2-38)$$

Le coefficient de réduction sera :

$$\text{Si } \bar{\lambda}_d \leq 0,65 \quad \chi_d = 1.0 \quad (2-39)$$

$$\text{Si } 0,65 < \bar{\lambda}_d < 1,38 \quad \chi_d = 1,47 - 0,723\bar{\lambda}_d \quad (2-40)$$

$$\text{Si } \bar{\lambda}_d > 1,38 \quad \chi_d = 0,66/\bar{\lambda}_d \quad (2-41)$$

❖ **Troisième étape :**

Etant donné que le coefficient de réduction pour le flambement du raidisseur est $\chi_d < 1$, procéder par itérations pour en affiner la valeur.

Les itérations sont exécutées sur la base des valeurs modifiées de $\sigma_{com,Ed}$, $\bar{\lambda}_{p,red}$ lesquelles sont

obtenues en utilisant
$$\sigma_{com,Ed} = \chi_d \times f_{yb} / \gamma_{M0} \quad (2-42)$$

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_d} \quad (2-43)$$

Le processus d'itération s'arrête lorsque la valeur du coefficient de réduction χ_d converge.

2.4.1.6 Propriétés de la section efficace de l'âme

La position de l'axe neutre par rapport à la semelle comprimée :

$$h_c = \frac{C_{p2} \left(h_p - \frac{C_{p2}}{2} \right) + b_{p2} \times h_p + \frac{h_p^2}{2} + \frac{C_{eff}^2 \times \chi_d}{2}}{C_{p2} + b_{p2} + h_p + b_{e1} + (b_{e2} + C_{eff}) \times \chi_d} \quad (2-44)$$

Le rapport de contraintes :
$$\psi = \frac{h_c - h_p}{h_c} \quad (2-45)$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2 \quad (2-46)$$

L'élanement réduit :
$$\bar{\lambda}_{p,h} = \frac{h_p/t}{28,4 \times \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} \quad (2-47)$$

Le coefficient de réduction de la largeur est :
$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_{p,h} - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_{p,h}^2} \quad (2-48)$$

La largeur efficace de la zone comprimée de l'âme est :
$$h_{eff} = \rho \times h_c \quad (2-49)$$

A proximité de la semelle comprimée :
$$h_{e1} = 0,4 \times h_{eff} \quad (2-50)$$

A proximité de l'axe neutre :
$$h_{e2} = 0,6 \times h_{eff} \quad (2-51)$$

La largeur efficace de l'âme est :

A proximité de la semelle comprimée :
$$h_1 = h_{e1} \quad (2-52)$$

A proximité de la semelle tendue :
$$h_2 = h_p - (h_c - h_{e2}) \quad (2-53)$$

2.4.1.7 Propriétés de la section efficace

Aire de la section transversale efficace :

$$A_{eff} = t(C_{p2} + b_{p2} + h_1 + h_2 + b_{e1} + (b_{e2} + C_{eff})\chi_d) \quad (2-54)$$

Position de l'axe neutre vis-à-vis de la semelle comprimée :

$$Z_c = \frac{\left[C_{p2} \left(h_p - \frac{C_{p2}}{2} \right) + b_{p2} \times h_p + h_2 \left(h_p - \frac{h_p}{2} \right) + \frac{h_1^2}{2} + C_{eff}^2 \times \chi_d \right] \times t}{A_{eff}} \quad (2-55)$$

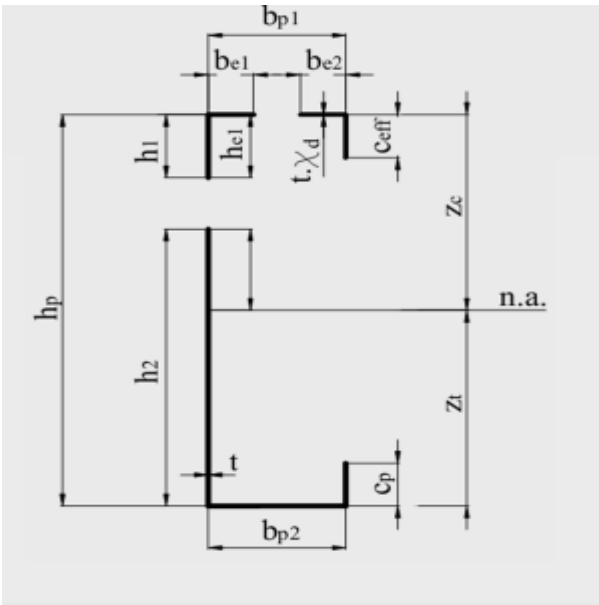
Position de l'axe neutre par rapport à la semelle tendue : $Z_t = h_p - Z_c$ (2-56)

Le moment d'inertie de la section efficace est alors donné par

$$\begin{aligned} I_{eff,y} = & \frac{t \times h_1^3}{12} + t \times h_1 \left(Z_c - \frac{h_1}{2} \right)^2 + \frac{t \times h_2^3}{12} + t \times h_2 \left(Z_t - \frac{h_2}{2} \right)^2 + \frac{b_{p2} \times t^3}{12} + b_{p2} \times t (Z_t)^2 + \\ & \frac{t \times C_{p2}^3}{12} + t \times C_{p2} \left(Z_t - \frac{C_{p2}}{2} \right)^2 + \frac{b_{e1} \times t^3}{12} + b_{e1} \times t (Z_c)^2 + \frac{b_{e2} \times (\chi_d \times t)^3}{12} + b_{e2} \times t (\chi_d) (Z_c)^2 + \\ & \frac{t (\chi_d) \times C_{eff}^3}{12} + t (\chi_d) \times C_{eff} \left(Z_c - \frac{C_{eff}}{2} \right)^2 \end{aligned} \quad (2-57)$$

Le module de résistance de la section efficace par rapport à la semelle comprimée est

$$W_{eff,y,c} = \frac{I_{eff,y}}{Z_c} \quad (2-58)$$



Le module de résistance de la section efficace par rapport à la semelle tendue est :

$$W_{eff,y,t} = \frac{I_{eff,y}}{Z_t} \quad (2-59)$$

Figure 2.4-2: parties efficaces de la section

2.4.1.8 Moment fléchissant

Le moment résistant d'une section transversale soumise à la flexion selon un axe principal doit être obtenu de la façon suivante :

Si le module élastique de la section efficace w_{eff} est inférieur au module élastique de la section brute w_{el} :

$$M_{c,Rd} = w_{eff,y,t} \times f_{yb} / \gamma_{M0} \quad (2-60)$$

Si le module élastique de la section efficace est égal au module élastique de la section brute w_{el}

$$M_{c,Rd} = f_{yb} (w_{el} + (w_{pl} - w_{el}) 4 \left(1 - \frac{\bar{\lambda}_{e \max}}{\bar{\lambda}_{e0}} \right)) / \gamma_{M0} \quad (2-61)$$

où : $\bar{\lambda}_{e \max}$ est l'élanement de la paroi qui correspond à la plus grande valeur de $\bar{\lambda}_e / \bar{\lambda}_{e0}$;

Pour les parois planes sur deux appuis $\bar{\lambda}_e = \bar{\lambda}_p$ et $\bar{\lambda}_{e0} = 0,5 + \sqrt{0,25 - 0,055(3 + \psi)}$

Où : ψ est le rapport de contraintes $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$, Tableau (2.4-1)

Pour les parois en débord et $\bar{\lambda}_e = \bar{\lambda}_p$ et $\bar{\lambda}_{e0} = 0,673$;

Pour les parois raidies et, $\bar{\lambda}_e = \bar{\lambda}_d$ et $\bar{\lambda}_{e0} = 0,65$

L'expression (2-61) peut être utilisée sous réserve de satisfaire aux conditions suivantes :

- Le moment fléchissant est appliqué uniquement autour d'un axe principal de la section transversale ;
- La barre n'est pas soumise à une torsion, ni sujette au flambement par torsion, ou par flexion-torsion, ou par distorsion ;
- L'angle φ entre l'âme et la semelle est supérieur à 60° .

Si les conditions ne sont pas satisfaites, l'expression suivante peut être utilisée :

$$M_{c,Rd} = w_{el} \times f_{ya} / \gamma_{M0} \quad (2-62)$$

Il convient de déterminer le module d'inertie de la section efficace W_{eff} à partir d'une section transversale efficace soumise uniquement à un moment fléchissant par rapport à l'axe principal approprié, avec une contrainte maximale $\sigma_{com,Ed} = f_{yb} / \gamma_{M0}$ en tenant compte des effets du flambement local et par distorsion,

Tableau 2.4-1 : Parois comprimées sur deux appuis

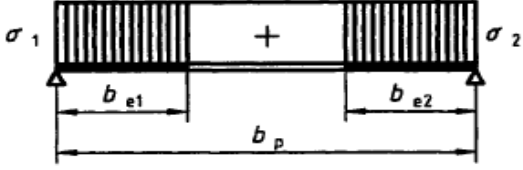
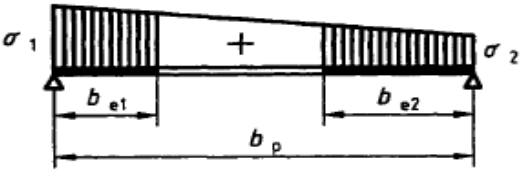
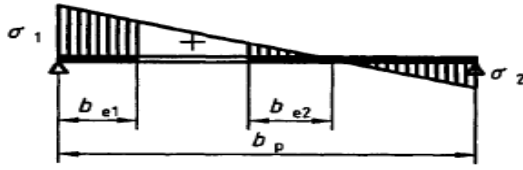
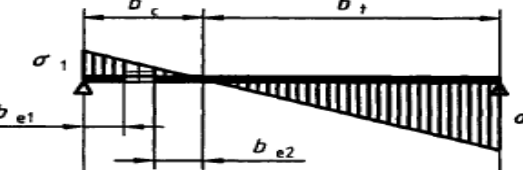
Distribution des contraintes [compression positive]		Largeur efficace b_{eff}				
	$\psi = +1 :$ $b_{eff} = \rho b_p$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,5 b_{eff}$					
	$+1 > \psi \geq 0 :$ $b_{eff} = \rho b_p$ $b_{e1} = 2 b_{eff} / (5 - \psi)$ $b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$					
	$0 > \psi \geq -1 :$ $b_{eff} = \rho b_c$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,6 b_{eff}$					
	$\psi < -1 :$ $b_{eff} = \rho b_c$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,6 b_{eff}$					
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	+1	$+1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -3$
Coefficient de voilement k_σ	4,0	$8,2 / (1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$	23,9	$5,98(1 - \psi)^2$
De manière alternative pour $+1 \geq \psi \geq -1$:						
$k_\sigma = \frac{16}{\left[(1 + \psi)^2 + 0,112(1 - \psi)^2 \right]^{0,5} + (1 + \psi)}$						

Tableau 2.4-2 : Parois comprimées en consol

Distribution des contraintes [compression positive]		Largeur efficace b_{eff}			
		$+1 > \psi \geq 0 :$ $b_{eff} = \rho b_p$			
		$\psi < 0 :$ $b_{eff} = \rho b_c$			
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	+1	0	-1	$+1 \geq \psi \geq -1$	
Coefficient de voilement k_σ	0,43	0,57	0,85	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$	
		$+1 > \psi \geq 0 :$ $b_{eff} = \rho b_p$			
		$\psi < 0 :$ $b_{eff} = \rho b_c$			
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	+1	$+1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Coefficient de voilement k_σ	0,43	$\frac{0,578}{\psi+0,34}$	1,70	$1,70 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

2.4.2 Section en C soumise à la compression

On suppose que la section en C est soumise à la compression et nous allons dresser les différentes étapes de calcul de la section efficace nécessaire dans le calcul de la contrainte nominale du profilé.

2.4.2.1 Calcul de la section efficace

Le point de départ du calcul de la section efficace est bien sur la section brute de la section transversale, elle est donnée dans le cas de notre section par

$$A_{br} = t(cp_1 + cp_2 + bp_1 + bp_2 + hp)$$

La position de l'axe neutre par rapport à la semelle supérieur est donnée par :

$$Z_{b1} = \frac{\left[cp_2(hp - cp_2/2)b_{p2}h_p + \frac{h_p^2}{2} + \frac{cp_2^2}{2} \right] t}{A_{br}} \quad (2-63)$$

❖ Première étape :

Au bout de cette étape, la section transversale efficace initiale du raidisseur est obtenue en utilisant les largeurs efficaces de la semelle, lesquelles sont déterminées en considérant que la semelle comprimée est doublement soutenue, que le raidisseur confère un maintien total ($K=\infty$) et que la résistance de calcul n'est pas réduite c'est-à-dire $\sigma_{com,Ed} = f_{yb} / \gamma_{M0}$

2.4.2.2 Calcul de la Largeur efficace des semelles comprimées

Dans le cas de la compression uniforme le rapport des contraintes $\psi = 1$, et le coefficient de flambement $k_\sigma = 4$.

▪ Pour la semelle supérieure :

L'élanement réduit :
$$\bar{\lambda}_{p,b1} = \frac{b_{p1}/t}{28,4 \times \varepsilon \sqrt{k_{\sigma 1}}} \quad (2-64)$$

Le coefficient de réduction de la largeur est :

$$\rho_1 = \frac{\bar{\lambda}_{p,b1} - 0,055(3 + \psi)}{(\bar{\lambda}_{p,b1})^2} \quad (2-65)$$

La largeur efficace est :
$$b_{eff1} = \rho_1 \times b_{p1} \quad (2-66)$$

$$b_{e11} = b_{e12} = 0,5 \times b_{eff1} \quad (2-67)$$

Chapitre II : présentation du concept de la largeur efficace selon (Eurocode 3 partie 1-3)

Toutes les équations de cette parité sont pareilles de la flexion (2-1) à (2-17).

▪ **Pour la semelle inferieur**

$$\text{L'élancement réduit : } \bar{\lambda}_{p,b2} = \frac{b_{p2}/t}{28,4 \times \varepsilon \sqrt{k_{\sigma 2}}} \quad (2-68)$$

$$\text{Le coefficient de réduction de la largeur est : } \rho_2 = \frac{\bar{\lambda}_{p,b2}^{-0,055(3+\psi)}}{(\bar{\lambda}_{p,b2})^2} \quad (2-69)$$

$$\text{La largeur efficace est : } b_{eff2} = \rho_2 \times b_{p2} \quad (2-70)$$

$$b_{e21} = b_{e22} = 0,5 \times b_{eff2} \quad (2-71)$$

2.4.2.3 Calcul de la Largeur efficace du bord tombé

▪ **Pour le bord tombé supérieur**

Le coefficient de flambement est :

$$\text{Si } c_{p,1}/b_{p1} \leq 0,35 \quad k_{\sigma 1} = 0,5$$

$$\text{Si } 0,35 < c_{p,1}/b_{p1} \leq 0,6 \quad k_{\sigma 1} = 0,5 + 0,83$$

$$\text{L'élancement réduit : } \bar{\lambda}_{p,c1} = \frac{c_{p1}/t}{28,4 \times \varepsilon \sqrt{k_{\sigma 1}}} \quad (2-72)$$

$$\text{Le coefficient de réduction de la largeur est : } \rho_1 = \frac{\bar{\lambda}_{p,c1}^{-0,188}}{\bar{\lambda}_{p,c1}^2} \quad (2-73)$$

$$\text{La largeur efficace de bord supérieur est : } c_{eff1} = \rho_1 \times c_{p1} \quad (2-74)$$

$$\text{Aire efficace du raidisseur du bord supérieur donné par : } A_s = t(b_{e12} + c_{eff1}) \quad (2-75)$$

▪ **Pour le bord tombé inférieur :**

Le coefficient de flambement est :

$$\text{Si } c_{p2}/b_{p2} \leq 0,35 \quad k_{\sigma 2} = 0,5$$

$$\text{Si } 0,35 < c_{p2}/b_{p2} \leq 0,6 \quad k_{\sigma 2} = 0,5 + 0,83 \sqrt{\left(\frac{b_{pc}}{b_{p2}} - 0,35\right)^2}$$

$$\text{L'élancement réduit : } \bar{\lambda}_{p,c2} = \frac{c_{p2}/t}{28,4 \times \varepsilon \sqrt{k_{\sigma 2}}} \quad (2-76)$$

$$\text{Le coefficient de réduction de la largeur est : } \rho_2 = \frac{\bar{\lambda}_{p,c2}^{-0,188}}{\bar{\lambda}_{p,c2}^2} \quad (2-77)$$

Mais si $\rho_2 \leq 1$ donc $\rho_2=1$

$$\text{La largeur efficace du bord inferieur est : } c_{eff2} = \rho_2 \times c_{p2} \quad (2-78)$$

$$\text{Aire efficace du raidisseur du bord inferieur : } A_s = t(b_{e22} + c_{eff2}) \quad (2-79)$$

❖ **Deuxième étape :**

La section transversale efficace initiale du raidisseur obtenu dans la première étape va être utilisée pour déterminer le coefficient de réduction, en tenant compte des effets du maintien élastique continu.

La contrainte critique de flambement élastique du raidisseur de bord est donnée par ce qui suit :

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2\sqrt{KEI_s}}{A_s} \quad (2-80)$$

K : est la rigidité du support élastique par unité de longueur

I_s : est le moment d'inertie de la section efficace du raidisseur

❖ **Pour le raidisseur du bord supérieur**

La rigidité du support élastique est

$$K_1 = \frac{Et^3}{4(1-\nu^2)} \times \frac{1}{b_1^2 \times h_p + b_1^3 + 0,5 \times b_1 \times b_2 \times h_p \times k_{f1}} \quad (2-81)$$

Avec :

b_1 : distance entre la jonction âme-semelle et le centre de gravité de l'aire efficace du raidisseur de

$$\text{bord (semelle supérieure). } b_1 = b_{p1} - \frac{b_{e12}^2/2}{(b_{e12} + c_{eff1})} \quad (2-82)$$

b_2 : distance entre la jonction âme-semelle et le centre de gravité de l'aire efficace du raidisseur

$$\text{(Semelle inférieure) } b_2 = b_{p2} - \frac{b_{e22}^2/2}{(b_{e22} + c_{eff2})} \quad (2-83)$$

$$K_{f1} = \frac{A_{s2}}{A_{s1}} \quad \text{Pour une barre en compression axiale}$$

Le moment d'inertie efficace :

$$I_{s1} = \frac{b_{e12} \times t^3}{12} + (b_{e12} \times t) \left[\frac{c_{eff1}^2}{2(b_{e12} + c_{eff1})} \right]^2 + \frac{t \times c_{eff1}^3}{12} + (t \times c_{eff1}) \left[\frac{c_{eff1}}{2} - \frac{c_{eff1}^2}{2(b_{e12} + c_{eff1})} \right]^2 \quad (2-84)$$

❖ **Pour le raidisseur du bord inférieur :**

La rigidité du support élastique est :

$$K_2 = \frac{Et^3}{4(1-\nu^2)} \times \frac{1}{b_2^2 \times h_p + b_2^3 + 0,5 \times b_1 \times b_2 \times h_p \times k_{f2}} \quad (2-85)$$

Le moment d'inertie efficace :

$$I_{s2} = \frac{b_{e22} \times t^3}{12} + (b_{e22} \times t) \left[\frac{C_{eff2}^2}{2(b_{e22} + C_{eff2})} \right]^2 + \frac{t \times C_{eff2}^3}{12} + (t \times C_{eff2}) \left[\frac{C_{eff2}}{2} - \frac{C_{eff2}^2}{2(b_{e22} + C_{eff2})} \right]^2 \quad (2-86)$$

2.4.2.4 Coefficient de réduction de l'épaisseur χ_d pour le raidisseur de bord

- Pour le raidisseur du bord supérieur :

L'élanement réduit :

$$\bar{\lambda}_{d1} = \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr,s1}}} \quad (2-87)$$

Le coefficient de réduction sera :

Si $\bar{\lambda}_{d1} \leq 0,65$ $\chi_{d1} = 1.0$
 Si $0,65 < \bar{\lambda}_{d1} < 1,38$ $\chi_{d1} = 1,47 - 0,723\bar{\lambda}_{d1}$
 Si $\bar{\lambda}_{d1} > 1,38$ $\chi_{d1} = 0,66/\bar{\lambda}_{d1}$

- Pour le raidisseur du bord inférieur :

L'élanement réduit sera : $\bar{\lambda}_{d2} = \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr,s2}}}$

Si $\bar{\lambda}_{d2} \leq 0,65$ $\chi_{d2} = 1.0$
 Si $0,65 < \bar{\lambda}_{d2} < 1,38$ $\chi_{d2} = 1,47 - 0,723\bar{\lambda}_{d2}$
 Si $\bar{\lambda}_{d2} > 1,38$ $\chi_{d2} = 0,66/\bar{\lambda}_{d2}$

- ❖ Troisième étape :

Etant donné que le coefficient de réduction pour le flambement du raidisseur est $\chi_d < 1$, procéder par itérations pour en affiner la valeur :

$$\sigma_{com,Ed,1} = \chi_{d1} \times f_{yb} / \gamma_{M0} \quad \bar{\lambda}_{p,red,1} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_{d1}} \quad (2-88)$$

$$\sigma_{com,Ed,2} = \chi_{d2} \times f_{yb} / \gamma_{M0} \quad \bar{\lambda}_{p,red,2} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_{d2}} \quad (2-89)$$

Le processus d'itération s'arrête lorsque la valeur du coefficient de réduction χ converge.

2.4.2.5 Propriétés de la section efficace de l'âme :

Le rapport de contraintes : $\psi = 1$ (compression uniforme), donc le coefficient de flambement est $k_\sigma = 4$ Pour un élément sollicité en compression.

$$\text{L'élançement réduit : } \bar{\lambda}_{ph} = \frac{h_p/t}{28,4 \times \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} \quad (2-90)$$

$$\text{Le coefficient de réduction de la largeur est : } \rho = \frac{\bar{\lambda}_{p,h} - 0,055(3+\psi)}{(\bar{\lambda}_{p,h})^2} \quad (2-91)$$

$$\text{La largeur efficace de l'âme est : } h_{eff} = \rho \times h_p \quad (2-92)$$

$$h_{e1} = h_{e2} = 0.5h_{eff} \quad (2-93)$$

- **Propriétés de la section efficace**

L'aire de la section efficace d'une section en C soumise à un effort de compression

$$A_{eff} = t(b_{e11} + b_{e21} + h_{e1} + h_{e2} + (b_{e12} + C_{eff1}) \times \chi_{d1} + (b_{e22} + C_{eff2}) \times \chi_{d2}) \quad (2-94)$$

Position de l'axe neutre par rapport à la semelle supérieure :

$$Z_c = \frac{\left[C_{eff2} \times \chi_{d2} \left(h_p - \frac{C_{eff2}}{2} \right) + b_{e22} \times \chi_{d2} \times h_p + h_{e2} \left(h_p - \frac{h_{e2}}{2} \right) + \frac{h_{e1}^2}{2} + (C_{eff1}^2 \times \frac{\chi_{d1}}{2}) \right] \times t}{A_{eff}} \quad (2-95)$$

2.4.2.6 Compression axiale

La résistance de calcul à la compression d'une section transversale $N_{c,Rd}$ est déterminée de la façon suivante :

Si l'aire efficace A_{eff} est inférieure à l'aire brute A_g (section avec réduction due à un flambement local et/ou par distorsion

$$N_{c,Rd} = A_{eff} \times f_{yb} / \gamma_{M0} \quad (2-96)$$

Si l'aire efficace A_{eff} est égale à l'aire brute A_g (section sans réduction due à un flambement local

$$\text{et/ou par distorsion } N_{c,Rd} = (f_{yb} + (f_{ya} - f_{yb})4 \left(1 - \frac{\bar{\lambda}_e}{\lambda_{e0}} \right)) / \gamma_{M0} \quad (2-97)$$

Sans être supérieure $A_g \times f_{ya} / \gamma_{M0}$

$$\text{Avec : } f_{ya} = f_{yb} + (f_u - f_{yb}) \frac{kn t^2}{A_g} \text{ avec } f_{ya} \leq (f_u + f_{yb})/2 \quad (2-98)$$

K : est un coefficient numérique dépendant du type de formage, comme suit :

K=7 pour le profilage ; K=5 pour les autres méthodes de formage

n : est le nombre de plis à 90° de la section transversale avec un rayon interne $r \leq 5t$ (il convient de tenir compte des fractions de plis à 90° comme des fractions de n) ;

A_{eff} : est l'aire efficace de la section transversale, obtenue d'après (2.5-31) en prenant pour hypothèse une contrainte de compression uniforme égale à f_{yb}/γ_{M0} ;

f_u : est la résistance à la traction

f_{ya} : est la limite d'élasticité moyenne augmenté,

f_{yb} : est la limite d'élasticité de base ;

$\bar{\lambda}_{e\ max}$: est l'élanement de la paroi qui correspond à la plus grande valeur de $\bar{\lambda}_e/\bar{\lambda}_{e0}$;

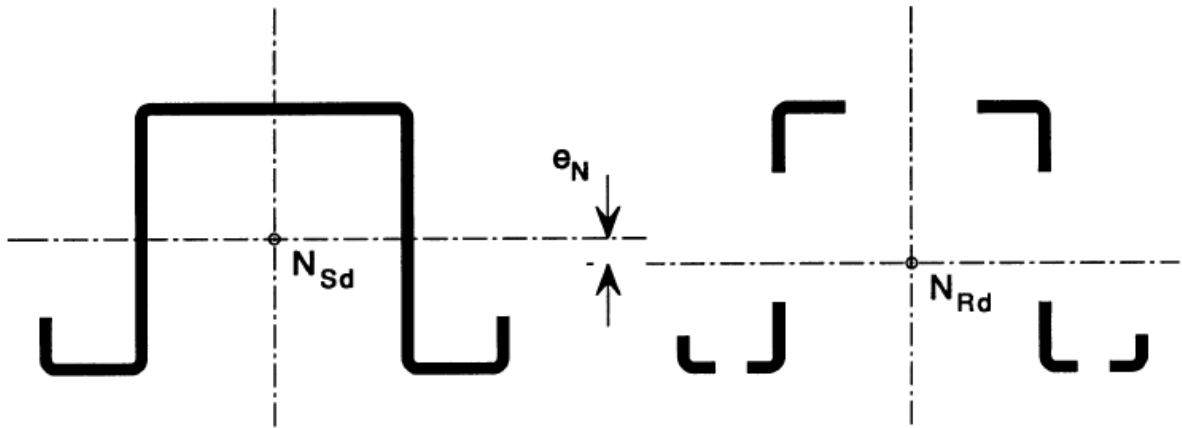
Pour les parois planes $\bar{\lambda}_e = \bar{\lambda}_p$ et $\bar{\lambda}_{e0} = 0,673$

Pour les parois raidies $\bar{\lambda}_e = \bar{\lambda}_d$ et $\bar{\lambda}_{e0} = 0,65$,

L'effort normal dans une barre est généralement pris comme agissant au droit du centre de gravité de sa section transversale brute. Il s'agit d'une hypothèse prudente pouvant toutefois être utilisée sans analyse supplémentaire. Une analyse plus fine peut conduire à une répartition plus réaliste des efforts internes, par exemple dans le cas d'une concentration uniforme de l'effort normal dans la paroi comprimée.

La résistance de calcul à la compression d'une section transversale fait référence à la charge axiale agissant au centre de gravité de sa section transversale efficace. Si ce dernier ne coïncide pas avec le centre de gravité de sa section transversale brute, il convient de prendre en compte le déplacement e_N de l'axe neutre (voir Figure 2.4-3),

Lorsque le déplacement de l'axe neutre est favorable lors du contrôle du critère de contrainte, il convient alors de négliger ce déplacement uniquement s'il a été calculé à la limite d'élasticité et non sous contraintes de compression réelles.



2.4-3 : Section transversale efficace en compression

2.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la méthode de calcul de la contrainte nominale laquelle est basée sur le concept de la largeur efficace (Eurocode partie 1-3).

On sait que la méthode de la largeur efficace passe par le calcul du module d'inertie effectif w_{eff} qui autorise le calcul du moment résistant en flexion, et l'aire efficace A_{eff} pour le calcul de l'effort résistant en compression.

Ainsi, l'Eurocode nous a conduits à procéder à des calculs itératifs qui ne sont pas simples, notamment en ce qui concerne les sections avec des raidisseurs intermédiaires dans l'âme. C'est là une méthode très complexe à utiliser d'autant plus qu'elle est basée sur des conditions d'application relatives aux intervalles des valeurs des sections

Chapitre III

*Présentation de la méthode de la résistance
directe (Direct Strength Method) AISI*

3.1 Introduction :

Comme annoncé dans la conclusion du chapitre 1 ce chapitre soulève l'intérêt du calcul de la contrainte nominale en se référant aux normes nord-américaines appelées AISI 2016. En effet ce cadre de calcul établit des normes différentes de celui de l'Eurocode en introduisant la méthode DSM (direct strength method).

3.2 Les normes nord-américaines (AISI)

La première édition du cahier des charges nord-américain unifié a été préparée et émise en 2001, ainsi que des commentaires. Elle est applicable aux Etats-Unis, au Canada et au Mexique pour la conception des pièces de charpente en acier formées à froid. [6]

Cette édition du cahier des charges a été développée sur la base du cahier des charges de 1996 AISI avec le supplément 1999 (AISI, 1999) et la norme 1994 canadienne (CSA, 1994), qui est basée sur la conception d'état de limite (LSD), comme en Europe et l'Australie.

Puisque le cahier des charges est destiné pour l'usage au Canada, au Mexique et aux Etats-Unis, il était nécessaire de développer un format qui faciliterait la remise de seules conditions dans chaque pays. Ceci a eu comme conséquence un format qui a contenu un document de base, les chapitres A au G, destiné à l'utilisation dans chacun des trois pays, et trois annexes particulières de pays, l'annexe A pour les Etats-Unis, l'annexe B pour le Canada, et l'annexe C relative au Mexique.

Les trois méthodes de conception sont identifiées par ASD, LRFD et LSD.

L'utilisation d'ASD et de LRFD est limitée aux USA et au Mexique, et le LSD est limité au Canada.

Une nouvelle méthode de dimensionnement a été développée pour les éléments en acier formés à froid, la méthode de la résistance directe (Direct Strength Method). Cette dernière a été adoptée en 2004 comme annexe 1 des spécifications nord-américaines pour le dimensionnement des éléments de structures en acier formés à froid. (AISI, 2004).

3.3 Les normes australiennes/nouvelles Zélande (AS/NZS)

Les normes australienne/new zélandaises (AS/NZS) sont très semblables aux normes nord-américaines (AISI, 2004). Seulement les AS/NZS4600 utilisent la méthode des états limites (LSD), en plus, des dispositions complémentaires ont été incluses pour le flambement par distorsion. On note aussi que dans l'édition 2005 la méthode de la résistance directe a été incluse.

3.4 Calcul la contrainte nominale par la méthode de la résistance directe DSM (direct strength method)

3.4.1 Présentation :

Lorsque les sections deviennent plus complexes et optimisées, avec des bords supplémentaires et/ou des raidisseurs, le calcul de la largeur efficace devient extrêmement compliqué et long, et l'interaction qui existe entre les éléments (par exemple âme/semelle et semelle/raidisseur) est généralement ignorée. Pour remédier à ces problèmes, une nouvelle méthode a été développée par Schaefer et Peköz (1998a), appelée la méthode de la force directe (DSM). La nouvelle méthode évite les calculs des largeurs/sections efficaces et utilise des courbes de résistance pour tout le profilé. Des solutions de flambement élastiques pour le profilé sont employées plutôt que les solutions traditionnelles pour chaque paroi individuelle. Le développement de la méthode de la force directe est basé sur la même hypothèse que la méthode de la largeur effective, c'est-à-dire que la résistance ultime est une fonction des charges élastiques de flambement (d'élasticité) et de la limite du matériau. La méthode de force directe utilise le flambement élastique pour toute la section transversale et propose des dispositions spécifiques pour le flambement local, distorsionnel et global pour des éléments en compression et en flexion. [7]

3.4.2 Les avantages de la DSM :

Les utilisateurs de la spécification principale sont conscients de la complexité impliquée dans les calculs de conception actuels pour les éléments en acier formés à froid. Les avantages de la DSM.

Les utilisateurs de la spécification principale sont conscients de la complexité impliquée dans les calculs de conception actuels pour les éléments en acier formés à froid. Une nouvelle méthode de conception a été créée et vise à atténuer la complexité actuelle, à faciliter le calcul, à fournir une procédure de conception plus robuste et flexible, et à intégrer avec les méthodes numériques établies. Les avantages de la méthode de la force directe sont multiples, nous allons en citer ci-dessous les plus importants.

❖ Améliorations de la conception quotidienne

- ✓ Pas de calcul des propriétés efficaces pour le calcul de la résistance.
- ✓ Aucun calcul d'élément.
- ✓ Pas d'itération pour les poutres
- ✓ Les propriétés brutes de la section sont utilisées pour les calculs de la résistance

❖ Amélioration théorique

- ✓ L'interaction entre les différents éléments de la section transversale (Âme/semelle ou semelle/raidisseur) dans le flambage local est prise en compte.
- ✓ Le flambement distorsionnel est explicitement traité dans le processus de conception.

❖ Changements philosophiques

- ✓ Encourage l'optimisation des sections
- ✓ Fournit une base solide pour les extensions de l'analyse rationnelle
- ✓ Des possibilités d'application beaucoup plus large

3.4.3 Les conditions d'applicabilité de la DSM (2) :

Comme chaque méthode de calcul en construction métallique il y a certaines conditions pour l'utiliser. Pour appliquer la méthode de la résistance directe (DSM) aux éléments structuraux poteaux et poutres les conditions mentionnées dans les tableaux (3.4-1).et (3.4-2) doivent être vérifiées.

Tableau 3.4-1 : Les conditions d'application de la DSM pour les poteaux

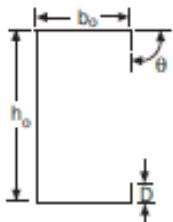
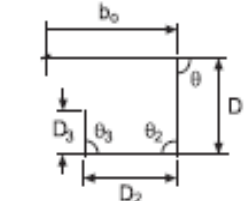
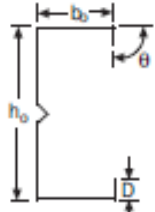
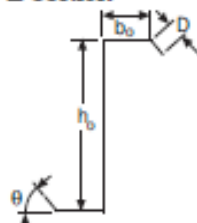
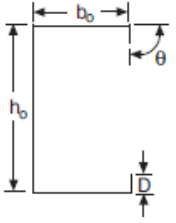
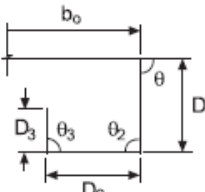
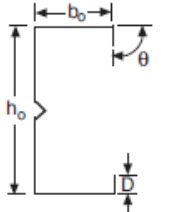
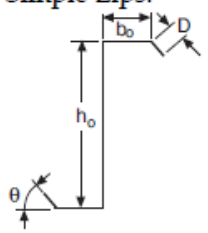
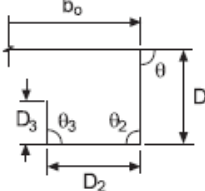
<p>Lipped C-Sections Simple Lips:</p>  <p>Complex Lips:</p> 	<p>For all C-sections: $h_o/t < 472$ $b_o/t < 159$ $4 < D/t < 33$ $0.7 < h_o/b_o < 5.0$ $0.05 < D/b_o < 0.41$ $\theta = 90^\circ$ $E/F_y > 340$ [$F_y < 86$ ksi (593 MPa or 6050 kg/cm²)]</p> <p>For C-sections with complex lips: $D_2/t < 34$ $D_2/D < 2$ $D_3/t < 34$ $D_3/D_2 < 1$</p> <p>Note: a) θ_2 is permitted to vary (D_2 lip is permitted to angle inward, outward, etc.) b) θ_3 is permitted to vary (D_3 lip is permitted to angle up, down, etc.)</p>
<p>Lipped C-Section with Web Stiffener(s)</p> 	<p>For one or two intermediate stiffeners: $h_o/t < 489$ $b_o/t < 160$ $6 < D/t < 33$ $1.3 < h_o/b_o < 2.7$ $0.05 < D/b_o < 0.41$</p> <p>$E/F_y > 340$ [$F_y < 86$ ksi (593 MPa or 6050 kg/cm²)]</p>
<p>Z-Section</p> 	<p>$h_o/t < 137$ $b_o/t < 56$ $0 < D/t < 36$ $1.5 < h_o/b_o < 2.7$ $0.00 < D/b_o < 0.73$ $\theta = 50^\circ$ $E/F_y > 590$ [$F_y < 50$ ksi (345 MPa or 3520 kg/cm²)]</p>

Tableau 3.4-2 : les conditions d'application de la DSM pour les Poutres

<p>C-Sections Simple Lips:</p>  <p>Complex Lips:</p> 	<p>For all C-sections $h_o/t < 321$ $b_o/t < 75$ $0 < D/t < 34$ $1.5 < h_o/b_o < 17.0$ $0 < D/b_o < 0.70$ $44^\circ < \theta < 90^\circ$ $E/F_y > 421$ [$F_y < 70$ ksi (483 MPa or 4920 kg/cm²)] For C-sections with complex lips: $D_2/t < 34$ $D_2/D < 2$ $D_3/t < 34$ $D_3/D_2 < 1$ Note: a) θ_2 is permitted to vary (D_2 lip is permitted to angle inward or outward) b) θ_3 is permitted to vary (D_3 lip is permitted to angle up or down).</p>
<p>Lipped C-Sections with Web Stiffener</p> 	<p>$h_o/t < 358$ $b_o/t < 58$ $14 < D/t < 17$ $5.5 < h_o/b_o < 11.7$ $0.27 < D/b_o < 0.56$ $\theta = 90^\circ$ $E/F_y > 578$ [$F_y < 51$ ksi (352 MPa or 3590 kg/cm²)]</p>
<p>Z-Sections Simple Lips:</p>  <p>Complex Lips:</p> 	<p>For all Z-sections: $h_o/t < 183$ $b_o/t < 71$ $10 < D/t < 16$ $2.5 < h_o/b_o < 4.1$ $0.15 < D/b_o < 0.34$ $36^\circ < \theta < 90^\circ$ $E/F_y > 440$ [$F_y < 67$ ksi (462 MPa or 4710 kg/cm²)] For Z-sections with complex lips: $D_2/t < 34$ $D_2/D < 2$ $D_3/t < 34$ $D_3/D_2 < 1$ Note: a) θ_2 is permitted to vary (D_2 lip is permitted to angle inward, outward, etc.) b) θ_3 is permitted to vary (D_3 lip is permitted to angle up, down, etc.)</p>

La DSM utilise la section entière dans la détermination de l'instabilité élastique et offre des dispositions spécifiques pour les résistances vis-à-vis des 3 modes d'instabilité, le mode local, le mode distorsionnel et le mode global, pour la compression et la flexion des éléments structuraux en acier formés à froid. Dans ce qui suit nous présentons ces dispositions pour les éléments de structure fléchis et comprimés. [8]

3.4.4 Cas de la flexion :

La résistance nominale M_n vis-à-vis des trois modes d'instabilité : local, distorsionnel et global est donnée par les expressions ci-dessous

3.4.4.1 Le mode global

La résistance nominale M_{ne} pour le mode global est :

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{pour } M_{cre} \leq 0.56M_y & M_{ne} = M_{cre} \\ \text{Pour } 0.56M_y \leq M_{cre} \leq 2.78M_y & M_{ne} = \frac{10}{9} M_y \left[1 - \frac{10M_y}{36M_{cre}} \right] \dots(3-1) \\ \text{pour } M_{cre} > 2.78M_y & M_{ne} = M_y \end{array} \right.$$

$$\text{Où } M_{cre} = \sigma_{cre} \cdot S_y \quad (3-2)$$

$$M_y = S_f F_y b \quad (3-3)$$

Avec : S_f est le moment statique.

M_{cre} : Le moment critique minimum par flexion, torsion et flexion torsion

3.4.4.2 Le mode local :

La résistance nominale M_{nl} pour le voilement local est :

$$\lambda_l = \sqrt{\frac{M_{ne}}{M_{crl}}} \quad (3-1)$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{Pour } \lambda_l \leq 0.776 & M_{nl} = M_{ne} \\ \text{Pour } \lambda_l > 0.776 & M_{nl} = \left[\left[1 - 0.15 \left(\frac{M_{crl}}{M_{ne}} \right)^{0.4} \right] \times \left(\frac{M_{crl}}{M_{ne}} \right)^{0.4} \right] M_{ne} \end{array} \right. \quad (3-2)$$

M_{ne} :est la résistance nominale à la flexion du mode global

$$M_{crl} : \text{est le moment critique du mode local ou } M_{crl} = \sigma_{crL} \cdot S_y \quad (3-3)$$

3.4.4.3 Le mode distorsionnel

La résistance nominale M_{nd} pour le mode distorsionnel est :

$$\lambda_d = \sqrt{\frac{M_y}{M_{crd}}} \quad (3-4)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{pour } \lambda_l \leq 0.673 \quad M_{nd} = M_y \\ \text{Pour } \lambda_l > 0.673 \quad M_{nd} = \left[\left[1 - 0.22 \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} \right] \times \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} \right] M_y \end{array} \right\} \quad (3-5)$$

$$\text{Où } M_{crd} = \sigma_{cr} \cdot S_y \quad (3-6)$$

M_{crd} : est le moment critique élastique du mode distorsionnel

Le moment nominal de l'élément de structure en acier formé à froid soumis à la flexion est alors donné par la plus petite des trois valeurs des moments des modes local, distorsionnel et global

$$M_n = \min(M_{nd}, M_{ne}, M_{nl}) \quad (3-7)$$

3.4.5 Cas de la compression

La résistance nominale vis-à-vis des trois modes d'instabilité : local, distorsionnel et global est donnée par les expressions ci-dessous

3.4.5.1 Mode global

La résistance axiale nominale P_{ne} du mode global est :

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{P_y}{P_{cre}}} \quad (3-8)$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{Pour } \lambda_c \leq 1,5 \quad P_{ne} = (0.685 \lambda_c^2) P_y \\ \text{Pour } \lambda_c \geq 1,5 \quad P_{ne} = \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right) P_y \end{array} \right) \quad (3-9)$$

$$P_y = A_g \times F_{yb} \quad (3-10)$$

3.4.5.2 Mode local

La résistance nominale en compression P_{nl} pour le voilement est :

$$\lambda_l = \sqrt{\frac{P_{ne}}{P_{crl}}} \quad (3-11)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pour } \lambda_l \leq 0,776 \quad P_{nl} = P_{ne} \\ \text{Pour } \lambda_l > 0,776 \quad P_{nl} = \left[1 - 0,15 \left(\frac{P_{crl}}{P_{ne}} \right)^{0,4} \right] \times \left(\frac{P_{crl}}{P_{ne}} \right)^{0,4} P_{ne} \end{array} \right\} \quad (3-12)$$

3.4.5.3 3.4.5.2 Mode distorsionnel

La résistance nominale en compression P_{nd} pour le mode distorsionnel est :

$$\lambda_d = \sqrt{\frac{P_y}{P_{crd}}} \quad (3-13)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pour } \lambda_d \leq 0,56 \quad P_{nd} = P_y \\ \text{Pour } \lambda_d > 0,561 \quad P_{nd} = \left[1 - 0,25 \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0,6} \right] \times \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0,6} P_y \end{array} \right\} \quad (3-14)$$

La force nominale de l'élément de structure en acier formé à froid soumis à la compression est alors donné par la plus petite des trois valeurs des forces des modes local, distorsionnel et global

$$P_n = \min(P_{ne}, P_{nd}, P_{nl})$$

3.5 Aperçu de la recherche complète [9]

3.5.1 DSM prédiction de la résistance des poutres

Selon DSM, la capacité des éléments est prédite à partir de la charge élastique (ou moment) et de la charge de compression ou moment. Les formules originales sont légèrement réarrangées conformément au but de cette étude.

Dans la recherche présentée, le comportement de flambement local et de distorsionnel est étudié, il est donc supposé que le flambage global soit empêché par des restrictions appropriées. Dans la prévision de la capacité, on peut donc supposer que la résistance à la déformation globale M_{ne} est égale au moment de rendement M_y .

Cela signifie en outre que Eq. (3-1) n'est pas nécessaire, alors que dans Eqs. (3-5) et (3-8) M_{ne} peut être remplacé par M_y . De plus, pour pouvoir faire la distinction entre les divers effets des coins arrondis, il est plus pratique de réécrire les Eqs. (3-18) et (3-19) comme suit :

✓ **Mode Local :**

$$\left. \begin{array}{l} \text{Si } \lambda_l \leq 0.776 \quad M_{nl} = f_y W_{el} \\ \text{Si } \lambda_l > 0.776 \quad M_{nl} = \left[\left[1 - 0.15 \left(\frac{0.15}{\lambda_l^{0.8}} \right) \right] \times \frac{1}{\lambda_l^{0.8}} f_y W_{el} \right] \end{array} \right\} \quad (3-15)$$

✓ **Mode distorsionnel :**

$$\left. \begin{array}{l} \text{Si } \lambda_d \leq 0.673 \quad M_{nd} = f_y W_{el} \\ \text{Si } \lambda_d > 0.673 \quad M_{nd} = \left[\left[1 - \left(\frac{0.22}{\lambda_d} \right) \right] \times \left(\frac{1}{\lambda_d} \right) f_y W_{el} \right] \end{array} \right\} \quad (3-16)$$

$$\lambda_l = \sqrt{f_y / \sigma_{crl}} \quad \text{et} \quad \lambda_d = \sqrt{f_y / \sigma_{crd}} \quad (3-17)$$

et la résistance finale est la moindre des résistances locales M_{nl} et M_{nd} , prédites par les équations. (3-18) et (3-19): $M_n = \min(M_{nd}, M_{nl})$ (3-18)

3.5.2 DSM prédiction de résistance pour les poteaux

Des équations similaires à (3-18) et (3-19) peuvent également être dérivées pour les colonnes. Après le réarrangement des formules DSM, nous obtenons :

✓ **Mode Local :**

$$\left. \begin{array}{l} \text{Si } \lambda_l \leq 0.776 \quad P_{nl} = f_y A \\ \text{Si } \lambda_l > 0.776 \quad P_{nl} = \left[\left[1 - \left(\frac{0.15}{\lambda_l^{0.8}} \right) \right] \times \left(\frac{1}{\lambda_l^{0.8}} \right) f_y A \right] \end{array} \right\} \quad (3-19)$$

✓ **Mode distorsionnel :**

$$\left. \begin{array}{l} \text{Si } \lambda_d > 0.561 \quad P_{nd} = f_y A \\ \text{Si } \lambda_d > 0.561 \quad P_{nd} = \left[\left[1 - \left(\frac{0.25}{\lambda_d^{1.2}} \right) \right] \times \left(\frac{1}{\lambda_d^{1.2}} \right) f_y A \right] \end{array} \right\} \quad (3-20)$$

$$\lambda_l = \sqrt{f_y / \sigma_{crl}} \quad \text{et} \quad \lambda_t = \sqrt{f_y / \sigma_{crd}}$$

Où l'élanement est défini en (3-20). En supposant à nouveau que le flambement global soit exclu, c'est-à-dire que la résistance au flambement global P_{ne} est égale à la charge de rendement de la section transversale P_y , la résistance finale est définie par Eq. (3-24), Comme suit :

$$P_n = \min(P_{nd}, P_{nl}) \quad (3-21)$$

3.5.3 Les problèmes étudiés

Observer les équations. (3-18) - (3-19), (3-22) et (3-23) il est clair que la résistance des éléments dépend finalement des paramètres suivants : contraintes critiques σ_{crl} et σ_{crd} pour déformation locale et distorsion, propriétés de section (à savoir : module de section et zone de section A), et la limite d'élasticité.

La limite d'élasticité est évidemment indépendante du modèle de section transversale ou de la méthode de calcul, mais les autres paramètres déterminants sont influencés par l'un ou l'autre ou les deux modèles de section appliquée (c.-à-d. et la méthode de calcul appliquée (c'est-à-dire si un FSM conventionnel ou un cFSM est utilisé).

3.6 Conclusion

Tout comme la méthode de la largeur efficace (Eurocode partie1-3), la méthode DSM, extraits 'intéresse aussi au calcul de la contrainte nominale. Toutefois à la différence de la première DSM présente bien des avantages à partir du moment où elle utilise la section brute et donc nous fait éviter le calcul des itérations longs et fastidieux ; mais elle nécessite le calcul des contraintes critiques élastiques de chaque mode de flambement.

Chapitre IV

Présentation des programmes de calcul

4.1 Introduction

Dans le cadre de notre travail relatif au calcul de la contrainte nominale, nous avons eu recours à deux méthodes de calcul que sont la méthode de la largeur efficace selon Eurocode3 partie1-3 et la méthode de la force directe DSM selon AISI. Pour les rendre utilisable nous avons optés pour le logiciel MATLAB 2016a.

A présent voyons le programme de calcul pour les deux méthodes :

4.2 Section en C :

4.2.1 Eurocode :

Pour les sections en C l'utilisation de l'Eurocode et en particulier le concept de la largeur efficace pour déterminer la contrainte nominale nécessite le calcul des caractéristiques efficaces de la section transversale. Comme le calcul traditionnel est fastidieux suivant un processus long, nous avons programmé MATLAB 2016a pour faciliter les calculs et minimiser les erreurs.

Nous avons calculé pour l'ensemble des sections en C les caractéristiques efficaces nécessaires pour le calcul des contraintes nominales. Le matériau utilisé pour toutes les sections, à une limite d'élasticité de 350 N/mm².

4.2.1.1 Cas de Flexion :

Le cas de flexion nécessite un certain nombre de conditions géométriques qui soient réunies. Le recours au logiciel Matlab 2016a, qui suit un processus itératif, permet d'obtenir des résultats adéquats en ce qui concerne les caractéristiques efficaces de chaque élément de la section et en particulier le coefficient de réduction pour ensuite pouvoir déterminer la contrainte nominale, ci-dessous se présente le programme de calcul dans ce cas :

Programme exécute sur MATLAB :

```
clear all ; clc
disp('*****EUROCODE METHODE*****')
disp('cas de Flexion pour une section en C') ;
h=input('Entrez h (mm) : ');
```

```

b1=input('Entrez b1 (mm) : ');
b2=input('Entrez b2 (mm) : ');
c1=input('Entrez c1 (mm) : ');
c2=input('Entrez c2 (mm) : ');
tn =input('Entrez t nom (mm) : '); % t nominale
t =input('Entrez t (mm) : ');
teta=input('Entrez téta (°) : ');
r=input('Entrez r (mm): ');
fyb =input('Entrez fyb (N/mm²) : ');
E =input('Entrez E (N/mm²) : ');
v =input('Entrez le facteur de poisson(v) : ');
Gm0=1 ;
bp1=b1-tn ;
bp2=b2-tn ;
hp=h-tn ;
cp1=c1-tn/2 ;
cp2=c2-tn/2 ;
Ag=t*(bp1+hp+bp2+cp1+cp2) ;disp('Ag='),disp(Ag);
zc=(( (cp1^2)/2)+( (hp^2)/2)+(bp2*hp)+(cp2*(hp-(cp2/2))))*t/Ag
if b1/t<60 && b2/t<60 && c1/t<50 && c2/t<50 && h/t<500 && c1>0.2*b1
&&c2>0.2*b2 && 0.2<c1/b1 && c1/b1<0.6 && 0.2<c2/b2 &&c2/b2<0.6 && ...
    r/t<5 && r/bp1<0.1 && r/bp2<0.1
    disp(' calcul de la largeur efficace de semelle comprimée');
    psi=1;%psi=s2/s1==> distribution des contraintes uniformes
    kb=4 ; % élément appui appui
    Lb=(bp1/t)*(sqrt((12*(1-(v^2))*fyb)/((pi^2)*E*kb)))
    Rb=(Lb-(0.055*(3+psi)))/(Lb^2) ;
    if Rb>1
        Rb=1 ;
    end
    disp('Rb ='), disp(Rb) ;
    beff=Rb*bp1 ;
    bel=0.5*beff ; disp('bel=be2 = '), disp(bel)

```

```

iteration = 0 ; % nombre de répétitions
tXd = 1 ; % ancienne valeur de Xd
while iteration <1000 % changer selon le besoin
    iteration = iteration + 1 ;
    disp('itération : '), disp(iteration) ;
    Scom=tXd*fyb/Gm0
    Lb1=(bp1/t)*(sqrt((12*(1-(v^2))*Scom)/((pi^2)*E*kb)))
    Rb1=(Lb1-0.055*(3+psi))/(Lb1^2);
    if Rb1>1
        Rb1=1 ;
    end
    disp('Rb1 ='), disp(Rb1) ;
    beff1=Rb1.*bp1 ; disp('beff 1=') ,disp(beff1) ;
    be2=0.5.*beff1; disp('be2 ='), disp(be2) ;
    disp('Calcul de la largeur efficace du raidisseur ')
    if cp1/bp1<0.35
        kc1=0.5 ;
    else if 0.35<cp1/bp1 && cp1/bp1<=0.6
        kc1=0.5+0.83*nthroot(((cp1/bp1)-0.35)^2),3) ;
    end
end
disp('Kc1 ='), disp(kc1) ;
Lc=(cp1/t)*(sqrt((12*(1-(v^2))*Scom)/((pi^2)*E*kc1)))
Rc=(Lc-0.188)/(Lc^2) ;
if Rc>1
    Rc=1 ;
end
disp('Rc ='), disp(Rc)
ceff=Rc*cp1 ; disp('ceff ='),disp(ceff);
As=(be2+ceff)*t ;disp('As='),disp(As);
B1=(be2*(bp1-be2/2)+ceff*bp1)/(be2+ceff)
B2=0;
Kf=0;%Kf=(As2/As1)==>As2=0***traction de la semelle inferieure***

```

Chapitre 4 : Présentation des programmes de calcul

```
K=(E*(t^3)/(4*(1-v^2)))*(1/((B1^2*hp)+(B1^3)+0.5*B1*B2*hp*Kf))
Is=(be2*(t^3)/12)+be2*t*(((ceff^2)/2)/(be2+ceff))^2+(t*(ceff^3)/12)
+t*ceff*(((ceff/2)-(((ceff^2)/2)/(be2+ceff))))^2
Scr=(2*sqrt(K*E*Is))/As
Ld=sqrt(Scom/Scr)
if Ld<0.65
    Xd=1 ;
else if 0.65<Ld && Ld<1.35
    Xd=1.47-0.723*Ld;
else
    Xd=0.66/Ld;
end
end
disp('Xd ='), disp(Xd) ;
Tred=t*Xd ; disp('Tred ='), disp(Tred)
if tXd==Xd
    break;
end
tXd = Xd;
end
disp('%calcul de la largeur efficace de lame') ;
hc=(cp2*(hp-(cp2/2))+bp2*hp+((hp^2)/2)+(ceff^2)*Xd/2)/...
(cp2+bp2+hp+be1+(be2+ceff)*Xd)
psi2=(hc-hp)/hc           %psi=sigma2/sigma1
if 0>psi2 && psi2>=-1
    kh=7.81-6.29*psi2+9.78*psi2^2;
else if -1>psi2 && psi2>-3
    kh= 5.98*((1-psi2) ^2);
end
end
Sm=fyb*hc/(hc+t/2);%contrainte à ligne moyenne (Sm/hc)=(fy/(hc+tn/2));
ep=sqrt(235/Sm);
disp('kh ='), disp(kh) ;
```

```

Lh=(hp/t)/(28.4*ep*sqrt(kh))
Rh=(Lh-0.055*(3+psi2))/(Lh^2);
if Rh>1
    Rh=1;
end
heff=Rh*hc
h1=0.4*heff ; disp('h1 =') , disp(h1) ;
he2=0.6*heff ; disp( he2) ;
h2=hp-hc+he2 ;disp('h2 =') , disp(h2) ;
Aeff=t*(cp2+bp2+h2+h1+be1+(be2+ceff)*Xd)
Zc=t*(cp2*(hp-(cp2/2))+bp2*hp+h2*(hp-h2/2)+((h1^2)/2)...
    +((ceff^2)*Xd/2))/Aeff
Zt=hp-Zc ;disp('Zt ='),disp(Zt) ;
Ieff=(t*(h1^3)/12)+t*h1*((Zc-h1/2)^2)+(t*(h2^3)/12)+t*h2*...
((Zt-h2/2)^2)+(bp2*(t^3)/12)+bp2*t*(Zt^2)+(t*(cp2^3)/12)+t*cp2*...
((Zt-cp2/2)^2)+(be1*(t^3)/12)+be1*t*(Zc^2)+(be2*(Tred^3)/12)+...
be2*Tred*(Zc^2)+(Tred*(ceff^3)/12)+Tred*ceff*((Zc-ceff/2)^2)
Weffc=Ieff/Zc ;disp('Weff ,y,c =') ,disp(Weffc) ;
Wefft=Ieff/Zt ;disp('Weff,y,t =') , disp(Wefft) ;
Weff=min(Weffc,Wefft) ;
McRd=Weff*fyb/Gm0 ; disp('McRd =') ,disp(McRd )
else
    disp( 'conditions géométriques non vérifiées' ) ;
end

```


Pour valider ce programme dans le cadre de la flexion nous nous sommes référés au travail de Prof Dubina (voir pages 91-105 in Behaviour and Resistance of cross section) qui consiste en l'application du calcul de la contrainte nominale par la méthode de la largeur efficace. [10]

Resistance of sections



Behaviour and Resistance of Cross Section

Design Against Local and Distortional Buckling (EN1993-1-3)

- **EXAMPLE 1: Calculation of effective section properties for a cold-formed lipped channel section in bending**

The dimensions of the cross section and the material properties are:

Total height	$h = 150 \text{ mm}$
Total width of flange in compression	$b_1 = 47 \text{ mm}$
Total width of flange in tension	$b_2 = 41 \text{ mm}$
Total width of edge fold	$c = 16 \text{ mm}$
Internal radius	$r = 3 \text{ mm}$
Nominal thickness	$t_{nom} = 1 \text{ mm}$
Steel core thickness (§§2.4.2.3)	$t = 0.96 \text{ mm}$
Basic yield strength	$f_{yb} = 350 \text{ N/mm}^2$
Modulus of elasticity	$E = 210000 \text{ N/mm}^2$
Poisson's ratio	$\nu = 0.3$
Partial factor (§§2.3.1)	$\gamma_{M0} = 1.00$



Resistance of sections



Behaviour and Resistance of Cross Section

EXAMPLE 1: CFS in bending

- **Effective section properties of the flange and lip in compression**

the reduction factor for buckling of the stiffener is $\chi_d < 1$
 $\chi_d = 0.646$

iterate to refine the value
 iterations are carried out based on modified values of ρ
 $\sigma_{com,Ed,d} = \chi_d f_{yb} / \gamma_{M0}$ and $\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_d}$

Initial values (iteration 1):

$\chi_d = 0.646$
 $b_{e2} = 17.57 \text{ mm}$
 $c_{eff} = 12.77 \text{ mm}$



Final values (iteration n):

$\chi_d = \chi_{d,n} = 0.614$
 $b_{e2} = b_{e2,n} = 20.736 \text{ mm}$
 $c_{eff} = c_{eff,n} = 12.77 \text{ mm}$

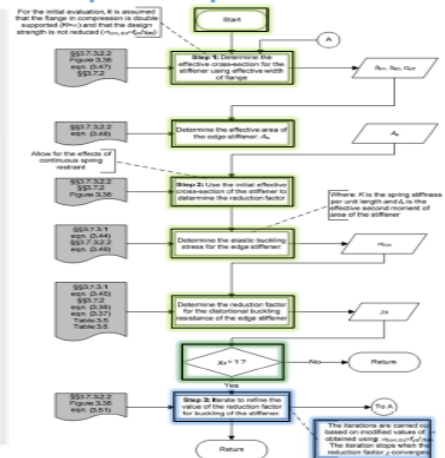


Figure 4.2-1: exemple traité par Prof Dubina

Les résultats que nous avons pu obtenir sont similaires à ceux obtenus par Prof Dubina dans la première itération. Cependant les résultats du coefficient de réduction sont un peu différents de ceux de Dubina puisque notre programme nous a permis de prendre 15 chiffres après la virgule est donc sont beaucoup plus précis que des chiffres arrondis.

Observons ci-dessous nos résultats de calcul :

```
*****EUROCODE METHODE*****
cas de Flexion pour une section en C
  Entrez h (mm) : 150
Entrez b1 (mm) : 47
Entrez b2 (mm) : 41
Entrez c1 (mm) : 16
Entrez c2 (mm) : 16
Entrez t nom (mm) : 1
Entrez t (mm) : 0.96
Entrez teta (°) : 90
Entrez r (mm) : 3
Entrez fyb (N/mm²) : 350
Entrez E (N/mm²) : 210000
Entrez le facteur de poisson(v) : 0.3
Ag=
    2.553600000000000e+02

zc =
    72.819548872180462

calcul de la largeur efficace de semell compriemer
Lb =
    1.028827168548114

Rb =
    0.764136389883581
fx
```

Chapitre 4 : Présentation des programmes de calcul

```
Rb =
  0.764136389883581

be1=be2 =
  17.575136967322358

iteration :
  1

Scom
  350

Lb1 =
  1.028827168548114

Rb1 =
  0.764136389883581

beff 1=
  35.150273934644716

be2 =
  17.575136967322358

Calcule de la largeur efficace de raidisseure
Kc1 =
  0.5000000000000000

ceff =
  12.776895224956895

As=
  29.137950904588081

B1 =
  40.911618479722208

K =
  0.160578262283332

Is =
  4.580276683608087e+02

Scr =
  2.697552274966677e+02

Ld =
  1.139066521000681

Xd =
  0.646454905316508

Tred =
  0.620596709103847

iteration :
  61

Scom
  2.694842235157052e+02

Lb1 =
  0.902765751441931

Rb1 =
  0.837763777274799

beff 1=
  38.537133754640742

be2 =
  19.268566877320371

Calcule de la largeur efficace de raidisseure
Kc1 =
  0.5000000000000000

Lc =
  0.860387188030187

Rc =
  0.908304697359059

ceff =
  14.078722809065418

As=
  32.013398098930359

B1 =
  40.433165738543600

K =
  0.164816277517112

Is =
  6.116458355159888e+02

Scr =
  2.874470989214987e+02

Ld =
  0.968250450441790

Xd =
  0.769954924330586

Tred =
  0.739156727357362
```

4.2.1.2 Cas de compression :

Le cas de compression nécessite aussi un certain nombre de conditions géométriques qui soient réunies. Le recours au logiciel Matlab 2016a, qui suit un processus itératif, permet d'obtenir des résultats adéquats en ce qui concerne les caractéristiques efficaces de chaque élément de la section et en particulier le coefficient de réduction pour ensuite pouvoir déterminer la contrainte nominale, ci-dessous se présente le programme de calcul dans ce cas :

Script MATLAB

```
clear all; clc
disp('***** METHODE de la largeur efficace (EUROCODE)*****')
disp('cas de Compression pour une section en c') ;
h =input('Entrez h (mm) : ');
b1=input('Entrez b1 (mm) : ');
b2=input('Entrez b2 (mm) : ');
c1=input('Entrez c1 (mm) : ');
c2=input('Entrez c2 (mm) : ');
tn =input('Entrez t nom (mm) : '); % t nominale
t =input('Entrez t (mm) : ');
teta=input('Entrez téta (°) : ');
r =input('Entrez r (mm) : ');
fyb =input('Entrez fyb (N/mm²) : ');
E =input('Entrez E(N/mm²) : ');
v =input('Entrez le facteur de poisson(v) : ');
Gm0=1 ;
bp1=b1-tn ;
bp2=b2-tn ;
hp=h-tn ;
cp1=c1-tn/2 ;
cp2=c2-tn/2 ;
Ag=t*(bp1+hp+bp2+cp1+cp2); disp('Ag='),disp(Ag);%Aire brute
zc=((cp1^2)/2)+((hp^2)/2)+(bp2*hp)+(cp2*(hp-(cp2/2))) *t/Ag ;%CDG
disp('Zc ='),disp(zc) ;
```

Chapitre 4 : Présentation des programmes de calcul

```
if h/t<500 && b1/t<60 && b2/t<60 && c1/t<50 && c2/t<50 && 0.2<c1/b1
&& c1/b1<0.6 && 0.2<c2/b2 &&c2/b2<0.6 &&r/t<5 && r/bp1<0.1 && r/bp2<0.1
    disp('%calcul de la largeur efficace des semelles comprimées');
    psi=1;%psi=s2/s1==>    distribution des contraintes uniformes %
    ks=4 ; %élément comprimé appui appui%
    eps=sqrt(235/fyb);
    lb1=(bp1/t)/(28.4*eps*sqrt(ks))
    rb1=(lb1-(0.055*(3+psi)))/(lb1^2);
    if rb1>1
        rb1=1 ;
    end
    disp('Rb1 ='), disp(rb1) ;
    beff1=rb1*bp1;
    be11=0.5*beff1
    lb2=(bp2/t)/(28.4*eps*sqrt(ks))
    rb2=(lb2-(0.055*(3+psi)))/(lb2^2);
    if rb2>1
        rb2=1;
    end
    disp('Rb2 ='), disp(rb2) ;
    beff2=rb2*bp2;
    be21=0.5*beff2
    iteration=0 ;
    tXd1=1;tXd2=1 ; %ancienne valeur de Xd
    while iteration<100
        iteration = iteration + 1;
        disp('iteration : '), disp(iteration);
        Scm1=tXd1*fyb/Gm0
        Scm2=tXd2*fyb/Gm0
        eps1=sqrt(235/Scm1);
        eps2=sqrt(235/Scm2);
        Lb1=(bp1/t)/(28.4*eps1*sqrt(ks))
        Rb1=(Lb1-(0.055*(3+psi)))/(Lb1^2);
```

```
if Rb1>1
    Rb1=1;
end
disp('Rb1 ='), disp(Rb1) ;
beff1=Rb1*bp1;
be12=0.5*beff1
Lb2=(bp2/t) / (28.4*eps2*sqrt(ks))
Rb2=(Lb2-(0.055*(3+psi))) / (Lb2^2) ;
if Rb2>1
    Rb2=1;
end
disp('Rb2 ='), disp(Rb2) ;
beff2=Rb2*bp2;
be22=0.5*beff2; disp('be22 ='), disp(be22);
disp('% Calcul de la largeur efficace du raidisseur ')
if cp1/bp1<0.35
    kc1=0.5;
else if 0.35<cp1/bp1 && cp1/bp1<=0.6
    kc1=0.5+0.83*nthroot((((cp1/bp1)-0.35)^2),3) ;
    end
end
Lc1=(cp1/t) / (28.4*eps1*sqrt(kc1))
Rc1=(Lc1-0.188) / (Lc1^2);
if Rc1>1
    Rc1=1;
end
ceff1=Rc1*cp1
if cp2/bp2<0.35
    kc2=0.5;
else if 0.35<cp2/bp2 && cp2/bp2<=0.6
    kc2=0.5+0.83*nthroot((((cp2/bp2)-0.35)^2),3) ;
    end
end
end
```

```

Lc2=(cp2/t)/(28.4*eps2*sqrt(kc2))
Rc2=(Lc2-0.188)/(Lc2^2);
    if Rc1>1
        Rc1=1;
    end
disp('Rc2 ='), disp(Rc2);
ceff2=Rc2*cp2
As1=(be12+ceff1)*t
As2=(be22+ceff2)*t
B1=(be12*(bp1-be12/2)+ceff1*bp1)/(be12+ceff1)
B2=(be22*(bp2-be22/2)+ceff2*bp2)/(be22+ceff2)
Kf1=As2/As1;
K1=(E*(t^3)/(4*(1-v^2)))*(1/(((B1^2)*hp)+(B1^3)+0.5*B1*B2*hp*Kf1))
Is1=(be12*(t^3)/12)+be12*t*(((ceff1^2)/2)/(be12+ceff1))^2+...
    (t*(ceff1^3)/12)+t*ceff1*(((ceff1/2)-(((ceff1^2)/2)/...
    (be12+ceff1))))^2)
Scr1=(2*sqrt(K1*E*Is1))/As1
Ld1=sqrt(Scom1/Scr1)
    if Ld1<0.65
        Xd1=1;
    else if 0.65<Ld1 && Ld1<1.35
        Xd1=1.47-0.723*Ld1;
    else
        Xd1=0.66/Ld1;
    end
end
disp('Xd1 ='), disp(Xd1) ;
Tred1=t*Xd1;disp('Tred1 ='),disp(Tred1);%manque des iteration%
Kf2=As1/As2 ;
K2=(E*(t^3)/(4*(1v^2)))*(1/(((B2^2)*hp)+(B2^3)+0.5*B2*B1*hp*Kf2))
Is2=(be22*(t^3)/12)+be22*t*(((ceff2^2)/2)/(be22+ceff2))^2+...
    (t*(ceff2^3)/12)+t*ceff2*(((ceff2/2)-(((ceff2^2)/2)/...
    (be22+ceff2))))^2); disp('Is2 ='),disp(Is2) ;
Scr2=(2*sqrt(K2*E*Is2))/As2 ;disp('Scr2 ='),disp(Scr2) ;

```

```
Ld2=sqrt (Scom2/Scr2)
if Ld2<0.65
    Xd2=1 ;
else if 0.65<Ld2 && Ld2<1.35
    Xd2=1.47-0.723*Ld2 ;
else
    Xd2=0.66/Ld2 ;
end
end
disp('Xd2 ='), disp(Xd2) ;
Tred2=t*Xd2; disp('Tred2 ='),disp(Tred2);%manque des iteration%
if Xd1==tXd1 || Xd2==tXd2
    break
end
tXd1=Xd1 ;tXd2=Xd2 ;
end
disp('%calcul de la largeur efficace de lame') ;
psi=1;%psi=s2/s1==> distribution des contraintes uniformes %
kp=4 ; %élément comprimé appui appui
Lp=(hp/t) / (28.4*eps*sqrt(kp))
Rp=(Lp-0.055*(3+psi)) / (Lp^2)
heff=Rp*hp
he1=0.5*heff ; disp('he1 =') , disp(he1) ;
he2=0.5*heff ;disp('he2 =') , disp(he2) ;
Aeff=t*(be11+be21+he1+he2+(be12+ceff1)*Xd1+(be22+ceff2)*Xd2) ;
disp('Aeff =') , disp(Aeff) ;
NcRd=Aeff*fyb/Gm0 ;disp('NcRd = ') ,disp(NcRd) ;
else
disp('conditions géométriques non vérifiées') ;
end
```


Resistance of sections

Behaviour and Resistance of Cross Section

EXAMPLE 2: CFS in compression

- Effective section properties of the flange and lip in compression*

the reduction factor for buckling of the stiffener is $\chi_d < 1$

$$\chi_{d1} = 0.584$$

$$\chi_{d2} = 0.665$$

iterate to refine the value

iterations are carried out based on modified values of ρ

For the upper edge stiffener:

Initial values (iteration 1):

$$\chi_{d1} = 0.584$$

$$b_{e12} = 17.57 \text{ mm}$$

$$c_{eff1} = 12.77 \text{ mm}$$

Final values (iteration n):

$$\chi_{d1} = \chi_{d1,n} = 0.622$$

$$b_{e12} = b_{e12,n} = 20.65 \text{ mm}$$

$$c_{eff1} = c_{eff1,n} = 15.16 \text{ mm}$$

For the bottom edge stiffener:

Initial values (iteration 1):

$$\chi_{d2} = 0.665$$

$$b_{e22} = 16.86 \text{ mm}$$

$$c_{eff2} = 13.62 \text{ mm}$$

Final values (iteration n):

$$\chi_{d2} = \chi_{d2,n} = 0.693$$

$$b_{e22} = b_{e22,n} = 18.92 \text{ mm}$$

$$c_{eff2} = c_{eff2,n} = 15.49 \text{ mm}$$

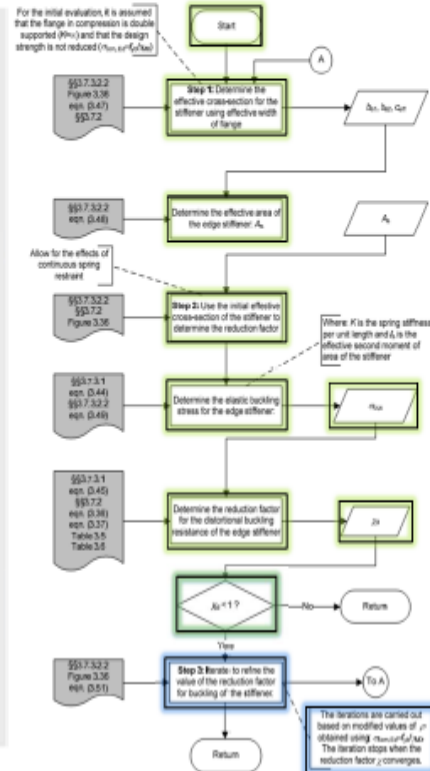


Figure 4.2-2: exemple traité par prof Dubina

Nous avons pris le même exemple de Prof Dubina dans le cas de compression pour valider ce programme qui consiste en l'application du calcul de la contrainte nominale par la méthode de la largeur efficace

Voir ci-nos résultats pour ce cas :

```
***** METHODE de la largeur efficace (EUROCODE)
cas de Compréssion pour une section en c
Entrez h (mm) : 150
Entrez b1 (mm) : 47
Entrez b2 (mm) : 41
Entrez c1 (mm) : 16
Entrez c2 (mm) : 16
Entrez t nom (mm) : 1
Entrez t (mm) : 0.96
Entrez teta (°) : 90
Entrez r (mm): 3
Entrez fyb (N/mm2) : 350
Entrez E (N/mm2) : 210000
Entrez le facteur de poisson(v) : 0.3
Ag=
    2.5536000000000000e+02

Zc =
    72.819548872180462

%calculé de la largeur efficace de semell(1) comprimer
Lb1 =
    1.029528453679389

Rb1 =
    0.763757363201801

be11 =
    17.566419353641411

Lb2 =
    0.895242133634252

Rb2 =
    0.842516677169773

be21 =
    16.850333543395454

iteration :
    1

Scom1 =
    350

Scom2 =
    350

Lb1 =
    1.029528453679389

Rb1 =
    0.763757363201801
```

Chapitre 4 : Présentation des programmes de calcul

```

be12 =                Kc2 =                Ld1 =
  17.566419353641411    0.592989148491061    1.225798989213629

%calcul de la largeur Lc2 =                Xd1 =
Lb2 =                0.900987660500209    0.583747330798546
  0.895242133634252

Rc2 =                Tred1 =
Rb2 =                0.878302921671452    0.560397437566605
  0.842516677169773

ceff2 =                K2 =
be22 =                13.613695285907504    0.151240475066693
  16.850333543395454

As1=                Is2 =
% Calcul de la largeur 29.123207480673894    5.380223344406879e+02
Kc1 =                As2=                Scr2 =
  0.5000000000000000    29.245467676130840    2.826931212681798e+02

Lc1 =                B1 =                Ld2=
  0.981199264419874    40.914091699064230    1.112695679385219

Rc1 =                B2 =                Xd2 =
  0.823887426154445    35.339852418821152    0.665521023804486

ceff1 =                K1 =                Tred2 =
  12.770255105393895    0.119795276755270    0.638900182852307

iteration :                % Calcul de la largeur
  100                Kc1 =
                0.5000000000000000

Scom1 =                Lc1 =
  2.580901065555809e+02    0.842575584337848

Scom2 =                Rc1 =
  2.727567711518491e+02    0.922023651522278

Lb1 =                ceff1 =
  0.884076833225338    14.291366598595310

Rb1 =                Kc2 =
  0.849646571590291    0.592989148491061

be12 =                Lc2 =
  19.541871146576700    0.795376199687368

%calcul de la largeur efficace
Lb2 =                Rc2 =
  0.790304148732408    0.960091417150620

Rb2 =                ceff2 =
  0.913099294721695    14.881416965834612

be22 =                As1=
  18.261985894433899    32.479908235365130

```

```
As2=
  31.817666745857768

B1 =
  40.356367386625571

B2 =
  34.968830898044359

K1 =
  0.124074813779735

Is1 =
  6.395811221637258e+02

Scr1 =
  2.513706011854359e+02

Ld1 =
  1.013277587213669

Xd1 =
  0.737400304444518

Tred1 =
  0.707904292266737

K2 =
  0.153610778093560

Is2 =
  7.008012318733059e+02

Scr2 =
  2.988681167951428e+02

Ld2=
  0.955318035361197

Xd2 =
  0.779305060433855

Tred2 =
  0.748132858016500
```

4.2.2 Méthode de la force directe (DSM) :

4.2.2.1 Cas de flexion :

Nous avons utilisé le programme Matlab 2016a pour le cas de calcul de la contrainte nominale par la méthode de la force directe (DSM). Un processus qui nécessite le calcul des contraintes critiques élastiques pour les différents modes d'instabilités de base à savoir le mode local, le mode distorsionnel et le mode global. Ces dernières sont obtenues soit en utilisant les méthodes manuelles connues, soit en utilisant le logiciel CUFSM. Notre choix est porté sur l'utilisation de ce dernier.

CUFSM, est un logiciel développé par Ben Schäfer. Il utilise la méthode des bandes finies pour identifier et calculer les charges critiques élastiques à partir des facteurs de charge.

Nous avons calculé pour l'ensemble des sections en C les contraintes critiques élastiques des différents modes d'instabilité. Le matériau utilisé pour toutes les sections, a une limite d'élasticité de 350 N/mm².

Les contraintes critiques élastiques sont ensuite utilisées dans les différentes procédures de la DSM pour calculer les contraintes nominales des différents modes et ceci pour le cas de la flexion.

Programme de la DSM

```

disp('***** Direct Strength Method *****');
disp('cas de flexion pour une section en C') ;
h =input('Entrez h (mm) : ');
b1=input('Entrez b1 (mm) : ');
b2=input('Entrez b2 (mm) : ');
c1=input('Entrez c1 (mm) : ');
c2=input('Entrez c2 (mm) : ');
t =input('Entrez t (mm) : ');
teta=input('Entrez teta (°) : ');
r =input('Entrez r (mm): ');
fyb =input('Entrez fyb (N/mm²) : ');
E =input('Entrez E(N/mm²) : ');
v =input('Entrez le facteur de poisson(v) : ');
Mcre=input('Entrez Mcre : ');
Mcrd=input('Entrez Mcrd : ');
Mcrl=input('Entrez Mcrl : ');
Ag=t*(b1+h+b2+c1+c2) ;disp('Ag = '); disp(Ag) ;
if (h/t < 321) && (b1/t < 75) && (b2/t)<75 && (0 < c1/t) &&...
(c1/t < 34) && (0 < c2/t) &&(c2/t < 34) && (1.5 < h/b1) &&...
(h/b1) <17 &&(1.5 < h/b2)&& (h/b2) < 17 && 0 < c1/b1 &&...
c1/b1 < 0.7 && 0 < c2/b2 && c2/b2 < 0.7 && 44 < teta &&...
teta <= 90 && E/fy > 483%Fy < 70 ksi (483 MPa or 4920 kg/cm2
zc=(( (c1^2)/2)+( (h^2)/2)+(b2*h)+(c2*(h-(c2/2))))*t/Ag ;
disp('zc ='),disp(zc) ;
zt=h-zc ;
z=min(zc,zt) ;
I=(t*(h^3)/12)+t*h*((zc-h/2)^2)+(b2*(t^3)/12)+b2*t*(zt^2)+...
(t*(c2^3)/12)+t*c2*((zt-c2/2)^2)+(b1*(t^3)/12)+b1*t*(zc^2)+ ...

```

```
(t*(c1^3)/12)+t*c1*((zc-c1/2)^2) ;
Sf=I/z ; disp('Sf = '), disp(Sf);
My=Sf*fy; disp('My= '); disp(My);
display('Mode global : ');
if Mcre<0.56*My
    Mne=Mcre;
else if 0.56*My<=Mcre <=2.78*My
    Mne=(10/9)*My*(1-((10*My)/(36*Mcre)));
else
    Mne=My;
end
end
display(Mne) ;
display('Mode local : ');
Ll=sqrt(Mne/Mcrl);
if Ll<=0.776
    Mnl=Mne;
else
    Mnl=(1-0.15*((Mcrl/Mne)^0.4))*((Mcrl/Mne)^0.4)*Mne;
end
display(Mnl);
display('Mode distorsionnel : ');
Ld=sqrt(My/Mcrd) ;
if Ld<=0.673
    Mnd=My ;
else
    Mnd=(1-0.22*((Mcrd/My)^0.5))*((Mcrd/My)^0.5)*My ;
end
display(Mnd);
Mn=min(min(Mne, Mnl),Mnd); display(Mn);
else
display('Condition géométrique non vérifiée')
end
```

Le programmer est validé par recours à B.W.Schafer article 1 « Designing Cold-Formed Steel Using the Direct Strength Method »

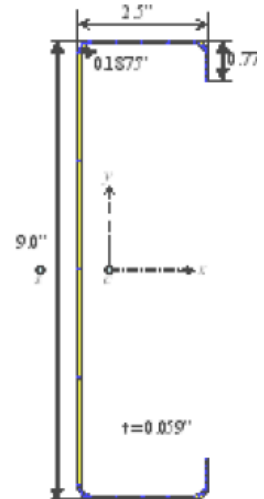
8.1 C-section with lips

Given:

- Steel: $F_y = 55$ ksi
- Section 9CS2.5x059 as shown to the right
- Finite strip analysis results (Section 3.2.1)

Required:

- Bending capacity for fully braced member
- Bending capacity at $L=56.2$ in. (AISI 2002 Example II-1)
- Effective moment of inertia
- Compression capacity for a fully braced member
- Compression capacity at a uniform compressive stress of 37.25 ksi (AISI 2002 Example III-1)
- Beam-column design (AISI 2002 Example III-1)



8.1-1 Computation of bending capacity for a fully braced member (AISI 2002 Example I-8)

Determination of the bending capacity for a **fully braced member** is equivalent to determining the effective section modulus at yield in the main *Specification*. see AISI (2002) example I-8.

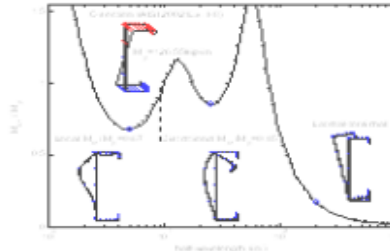
Finite strip analysis of 9CS2.5x059 in pure bending as summarized in Example 3.2.1

Inputs from the finite strip analysis include:

$$M_y \approx 126.55 \text{ kip}\cdot\text{in}$$

$$M_{cr1} \approx 0.67 \cdot M_y \quad M_{cr1} = 85 \text{ kip}\cdot\text{in}$$

$$M_{crd} \approx 0.85 \cdot M_y \quad M_{crd} = 108 \text{ kip}\cdot\text{in}$$



per DSM 1.2.2, M_n is the minimum of M_{ne} , M_{nl} , M_{nd} . For a fully braced member lateral-torsional buckling will not occur and thus $M_{ne} = M_y$, M_{nl} and M_{nd} must still be checked.

$$M_{ne} \approx M_y \quad M_{ne} = 127 \text{ kip}\cdot\text{in} \quad (\text{fully braced})$$

Local buckling check per DSM 1.2.2.2

$$\lambda_1 \approx \sqrt{\frac{M_{ne}}{M_{cr1}}} \quad \lambda_1 = 1.22 \quad (\text{subscript "l" = "l"})$$

$$M_{nl} \approx \begin{cases} M_{ne} & \text{if } \lambda_1 \leq 0.776 \\ \left[\left[1 - 0.15 \cdot \left(\frac{M_{cr1}}{M_{ne}} \right)^{0.4} \right] \left(\frac{M_{cr1}}{M_{ne}} \right)^{0.4} \cdot M_{ne} \right] & \text{if } \lambda_1 > 0.776 \end{cases}$$

$$M_{nl} = 94 \text{ kip}\cdot\text{in}$$

Equation numbers refer to the relevant parts of DSM (Appendix 1 AISI 2004) (Eq. 1.2.2-7) (Eq. 1.2.2-5) (Eq. 1.2.2-6)

Distortional buckling check per DSM 1.2.2.3

$$\lambda_d = \sqrt{\frac{M_y}{M_{crd}}} \quad \lambda_d = 1.08 \quad (\text{Eq. 1.2.2-10})$$

$$M_{nd} = \begin{cases} M_y & \text{if } \lambda_d \leq 0.673 \\ \left[\left[1 - 0.22 \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} \right] \left(\frac{M_{crd}}{M_y} \right)^{0.5} \right] M_y & \text{if } \lambda_d > 0.673 \end{cases} \quad \begin{matrix} (\text{Eq. 1.2.2-8}) \\ (\text{Eq. 1.2.2-9}) \end{matrix}$$

$M_{nd} = 93 \text{ kip}\cdot\text{in}$

Predicted bending capacity per 1.3

$$M_n = \min((M_{ne} \quad M_{nl} \quad M_{nd})) \quad M_n = 93 \text{ kip}\cdot\text{in}$$

The geometry of this section falls within the "pre-qualified" beams of DSM 1.1.1.2 and the higher ϕ and lower Ω of DSM Section 1.2.2 may therefore be used.

LRFD: $\phi_b = 0.9 \quad \phi_b \cdot M_n = 84 \text{ kip}\cdot\text{in}$

ASD: $\Omega_b = 1.67 \quad \frac{M_n}{\Omega_b} = 56 \text{ kip}\cdot\text{in}$

Figure 4.2-3: exemple traite par prof B.W.Schafer

Voir ci-après nos résultats pour ce cas :

```
***** Direct Strength Method*****
cas de flexion
Entrez h (mm ou in) : 9
Entrez b1 (mm ou in) : 2.5
Entrez b2 (mm ou in) : 2.5
Entrez c1 (mm ou in) : 0.773
Entrez c2 (mm ou in) : 0.773
Entrez t (mm ou in) : 0.059
Entrez teta (°) : 90
Entrez r (mm ou in): 0.1875
Entrez fyb (N/mm² ou ksi) : 55
Entrez le facteur de poisson(v) : 0.3
Entrez Mcre : 126.55
Entrez Mcrd : 108
Entrez Mcr1 : 85
Ag =
  0.9172140000000000
zc =
  4.5000000000000000
Sf =
  2.468010854589333
My =
  1.2655000000000000e+02
Mode global :
Mne =
  1.2655000000000000e+02
Mode local :
Mnl =
  94.119348047703710
Mode distorsionnel :
Mnd =
  93.147655865644651
Mn =
  93.147655865644651
```


Après validation de notre programme par l'exemple de B.Schafer, nous avons pu aboutir à des résultats similaire et conformes aux critères d'utilisation.

4.2.2.2 Cas de Compression :

Dans le cadre de la compression nous avons utilisé le programme Matlab 2016a pour le cas de calcul de la contrainte nominale par la méthode de la force directe (DSM). Un processus qui nécessite le calcul des contraintes critiques élastiques pour les différents modes d'instabilités de base à savoir le mode local, le mode distorsionnel et le mode global. Ces dernières sont obtenues soit en utilisant les méthodes manuelles connues, soit en utilisant le logiciel CUFSM. Notre choix est porté sur l'utilisation de ce dernier.

CUFSM, est un logiciel développé par Ben Schäfer. Il utilise la méthode des bandes finies pour identifier et calculer les charges critiques élastiques à partir des facteurs de charge.

Nous avons calculé pour l'ensemble des sections en C les contraintes critiques élastiques des différents modes d'instabilité. Le matériau utilisé pour toutes les sections, a une limite d'élasticité de 350 N/mm².

Les contraintes critiques élastiques sont ensuite utilisées dans les différentes procédures de la DSM pour calculer les contraintes nominales des différents modes et ceci pour le cas de la compression.

Script Matlab

```
clear all;clc
disp('***** Direct Strength Method *****')
disp('cas de compression') ;
h =input('Entrez h (mm ou in) : ');
b1=input('Entrez b1 (mm ou in) : ');
b2=input('Entrez b2 (mm ou in) : ');
c1=input('Entrez c1 (mm ou in) : ');
c2=input('Entrez c2 (mm ou in) : ');
t =input('Entrez t (mm ou in) : ');
teta= 90 ;%input('Entrez t eta ( ) : ');
r =input('Entrez r (mm ou in): ');
fyb =input('Entrez fyb (N/mm2 ou ksi) : ');
```

Chapitre 4 : Présentation des programmes de calcul

```
E = input('Entrez E(N/mm2) : ');
Ag=t*(b1+h+b2+c1+c2) ;disp('Ag'), disp(Ag);
Py=Ag*fy; disp('Py'); disp(Py);
if (h/t < 472) && (b1/t < 159) && (b2/t)<159 && (4 < c1/t) &&...
    (c1/t < 33) && (4 < c2/t) && (c2/t < 33) && (0.7 < h/b1) && ...
    (h/b1) < 5.0 &&(0.7 < h/b2) && (h/b2) < 5.0 && 0.05 < c1/b1 &&...
    c1/b1 < 0.41 && 0.05 < c2/b2 && c2/b2 < 0.41 && teta == 90 && ...
    E/fy > 340 %Fy < 86 ksi (593 MPa or 6050 kg/cm2)]%
    Pcre= input('Entrez Pcre : ');
    Pcrd=input('Entrez Pcrd : ');
    Pcr1=input('Entrez Pcr1 : ');
    display('Mode global : ');
    Le=sqrt(Py/Pcre);
    if Le<= 1.5
        Pne=0.658*Py*(Le^2);
    else
        Pne=Py*(0.877/(Le^2));
    end
    display(Pne) ;
    display('Mode local : ');
    Ll=sqrt(Pne/Pcr1);
    if Ll<=0.776
        Pnl=Pne;
    else
        Pnl=1-0.15*((Pcr1/Pne)^0.4)*(Pcr1/Pne);
    end
    display(Pnl);
    display('Mode distorsionnel : ');
    Ld=sqrt(Py/Pcrd) ;
    if Ld<=0.561
        Pnd=Py ;
    else
        Pnd=(1-0.15*((Pcr1/Pne)^0.6))*((Pcrd/Py)^0.6)*Py ;
```

```
end
display(Pnd);
Pn=min(min(Pne, Pnl),Pnd);
display(Pn);
else
display('Condition géométrique non vérifiée')
end
```

4.2.3 Programme cufsmv5.01 [11]

Pour déterminer les charge critique nous avons utilisé le programme Cufsmv5.01 (classified and unclassified finite strength method)

Nous avons eu recours à la méthode des bandes finies FSM pour obtenir les contraintes et les charges critiques, par contre nous n'avons pas utiliser la méthode de classification des bandes finies cFSM car elle donne des résultats différents à celle des bandes finies classique, voir ci-après les étapes d'utilisation de CUFSMv5.01.

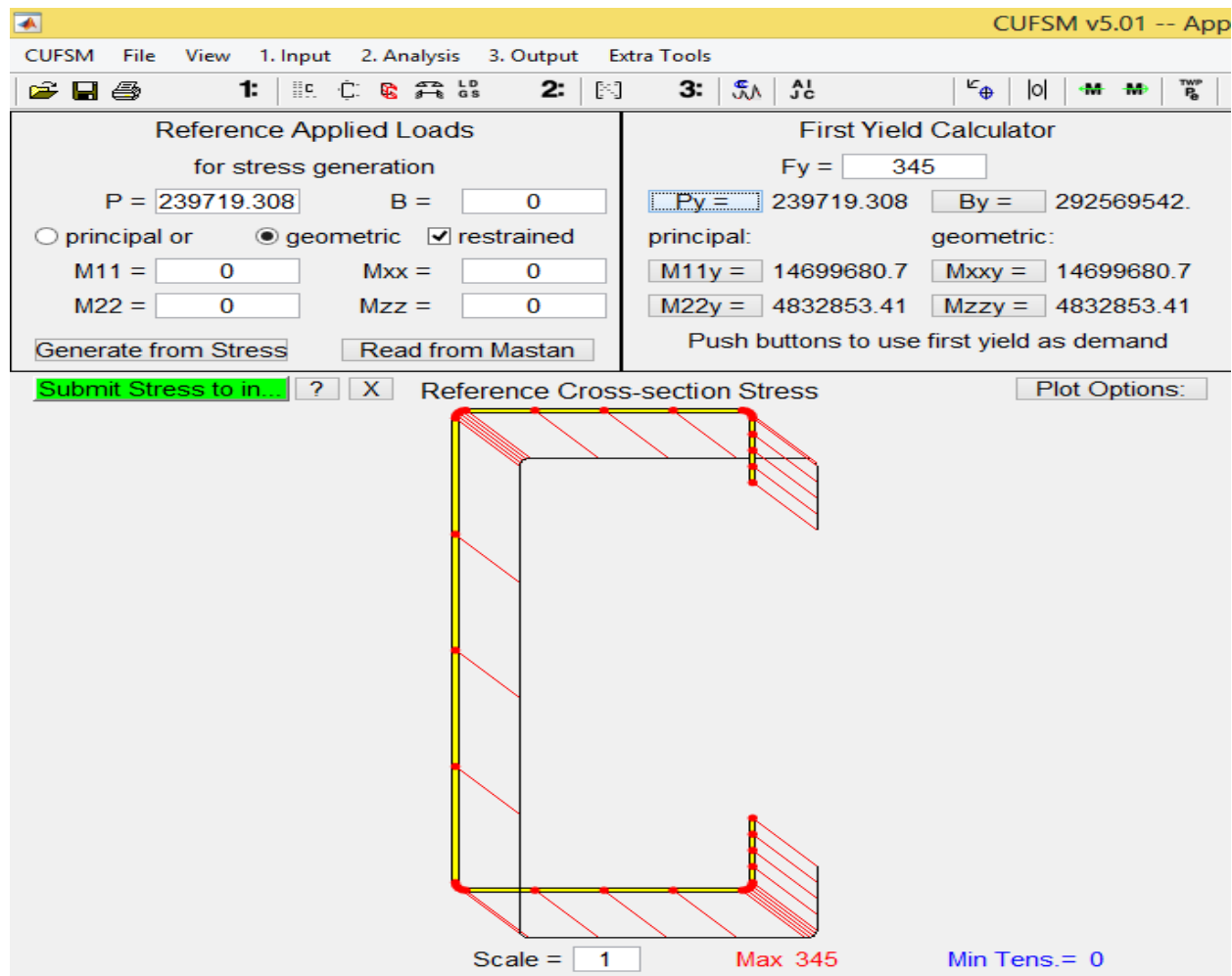
Chapitre 4 : Présentation des programmes de calcul

The screenshot displays the CUFSM v5.01 software interface. The main window is titled "CUFSM v5.01 -- Finite Strip Pre-Processor -- General Input". The interface is divided into several panels:

- Material Properties:** Shows material data for mat# 100: $E_x = 210000.00$, $E_y = 210000.00$, $\nu_x = 0.30$, $\nu_y = 0.30$, $G_{xy} = 80769.23$.
- Nodes:** Lists 12 nodes with their coordinates (x, y, z) and stress values. For example, node 1 has coordinates (1739, 1739, 122051) and stress 0.935.
- Elements:** Lists 10 elements with their node IDs and thickness (1.250000). For example, element 1 has nodes 1 and 2.
- Modify:** A panel with buttons for "Double Elem.", "Divide Elem.", "Delete Elem.", "Trans. Node", "Move/Rot Model", and "Duplicate".
- C and Z Template:** The central window showing a diagram of a C-section with dimensions: $h = 180$, $b_1 = 80$, $b_2 = 80$, $d_1 = 25$, $d_2 = 25$, $\theta_1 = 90$, $\theta_2 = 90$. It also includes input fields for Section Dimensions and Element Discretization. A green "Submit to In..." button is highlighted.
- Springs:** A panel for defining springs with columns for spring#, node#, nodej, ku, kv, kw, kq, local, discrete, and y/L.
- General Constraints:** A panel for defining general constraints with columns for node#e, DOFe, coeff., node#k, and DOFk.

Après le lancement du programme cliquer sur **input** et faire entrer les données de la section et sauvegarder vos données en cliquant sur le bouton **submit to in**

Deuxièmement cliquer sur **Applied Load** et faire entrer **fy** la limite d'élasticité, pour le cas de compression appuyer sur **Py** et pour la flexion appuyer sur **M11y** comme le montre la figure ci-dessous, et sauvegarder.

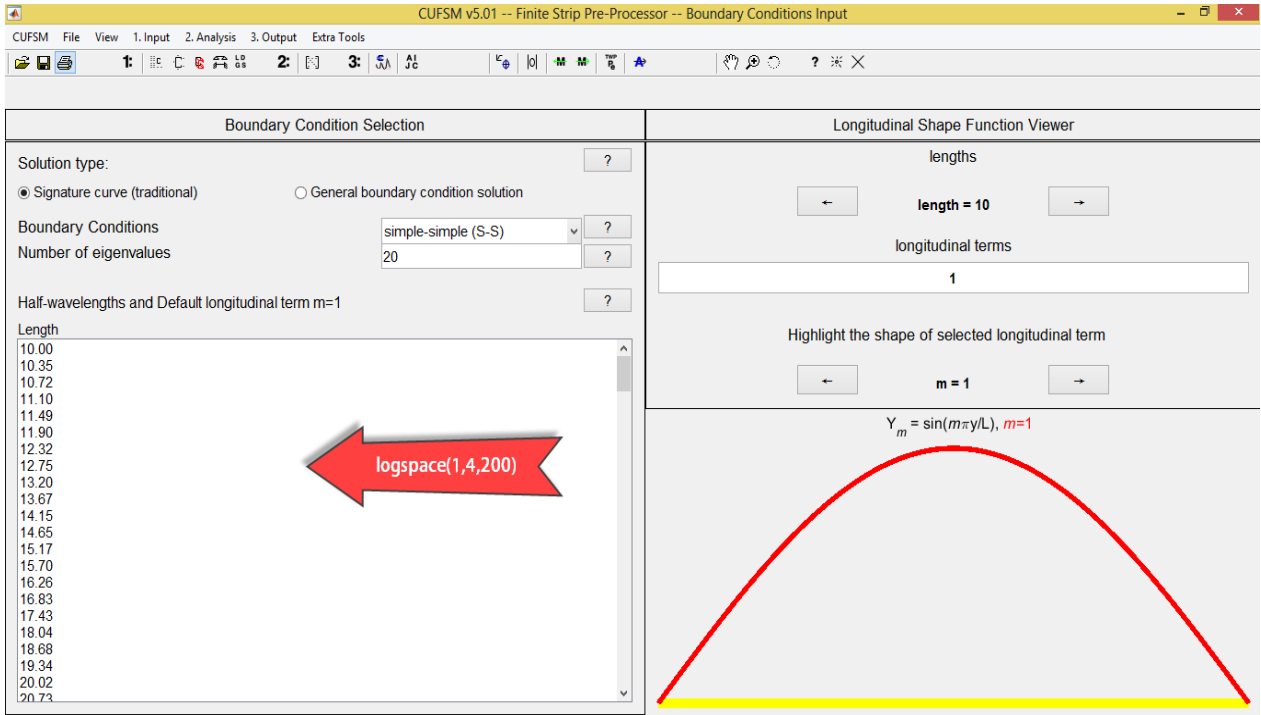


3eme étape : cliquer sur **boundary condition**

Pour de meilleurs résultats nous avons fait entrer une longueur dans **logspace de (1,4,200)**

C'est à dire dans une longueur de 10 à 10^4 donnant 200 points.

Chapitre 4 : Présentation des programmes de calcul



4^{ème} étape : analyser et obtenir une courbe de signature comme le montre la figure ci-après.

Si vous faites entrer la valeur de f_y dans **Applied Load**, vous lisez le rapport de F_{cr}/P_y ou M_{cr}/M_y

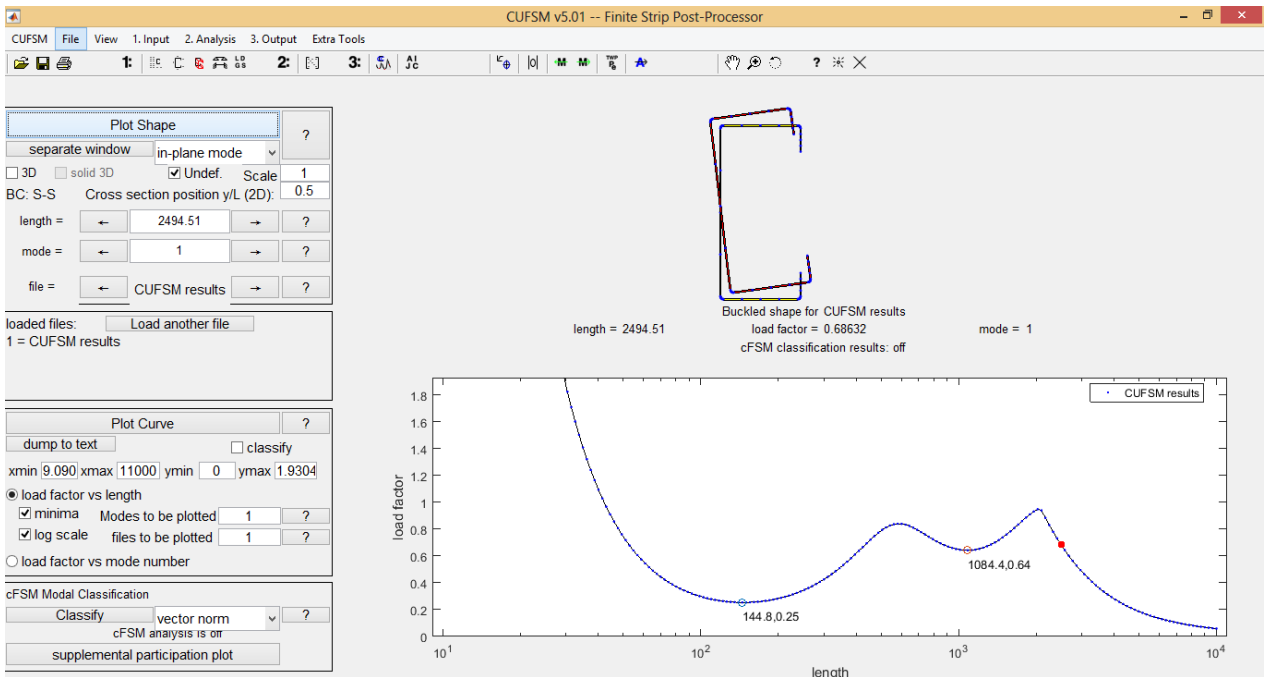


Figure 4.2-4 : Résultat cufsmv5.01 d'une section C180-80-25-1,7 soumise à la compression

Nous avons choisi une longueur de 2.86 m pour les poteaux et 2,49 m pour les poutres

Le mode global est défini selon ces dernières longueurs précises

Pour faciliter la lecture des modes d'instabilités nous avons proposé d'entrer une valeur de $f_y = 1$, dans ce cas la lecture de courbe de signature donne les valeur des contrainte critique f_{cr} ou σ_{cr} (Local, distorsionnel et Global) comme le montre la figure ci-dessus.

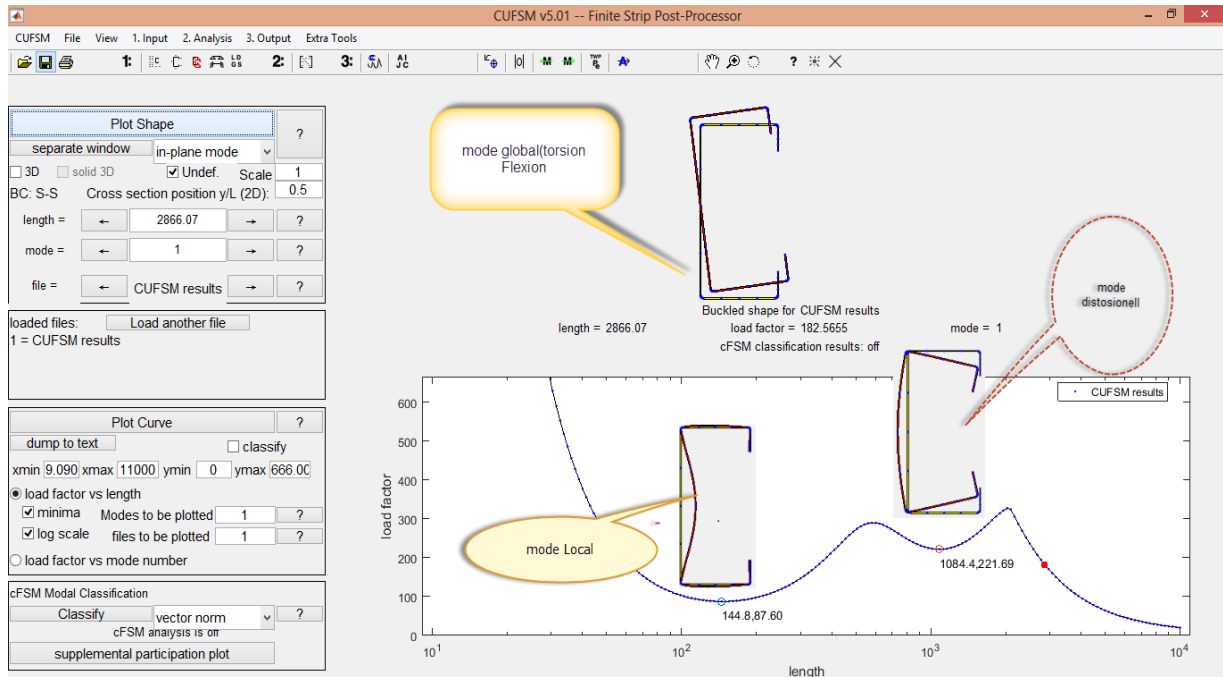


Figure 4.2-5: Résultat cufsmv5.01 d'une section C180-80-25-1,7 soumise à la compression

4.3 Section en Z

Pour les sections en Z l'utilisation de l'Eurocode et en particulier le concept de la largeur efficace pour déterminer la contrainte nominale nécessite le calcul des caractéristiques efficaces de la section transversale. Comme le calcul traditionnel est fastidieux suivant un processus long, nous avons programmé MATLAB 2016a pour faciliter les calculs et minimiser les erreurs.

Nous avons calculé pour l'ensemble des sections en Z les caractéristiques efficaces nécessaires pour le calcul des contraintes nominales. Le matériau utilisé pour toutes les sections, à une limite d'élasticité de 350 N/mm².

4.3.1 Méthode de la largeur efficace :

4.3.1.1 Cas de Flexion :

Le cas de flexion nécessite un certain nombre de conditions géométriques qui soient réunies. Le recours au logiciel Matlab 2016a, qui suit un processus itératif, permet d'obtenir des résultats adéquats en ce qui concerne les caractéristiques efficaces de chaque élément de la section et en particulier le coefficient de réduction pour ensuite pouvoir déterminer la contrainte nominale, ci-dessous se présente le programme de calcul dans ce cas :

Script MATLAB

```
clear all ; clc
disp('*****EUROCODE METHODE*****')
disp('cas de flexion pour une section en Z' ) ;
h =input('Entrez h (mm ou in) : ');
b1=input('Entrez b1 (mm ou in) : ');
b2=input('Entrez b2 (mm ou in) : ');
c1=input('Entrez c1 (mm ou in) : ');
c2=input('Entrez c2 (mm ou in) : ');
t =input('Entrez t (mm ou in) : ');
teta=input('Entrez téta (°) : ');
r =input('Entrez r (mm ou in): ');
fyb =input('Entrez fyb (N/mm² ou ksi) : ');
E=input('Entrez E(N/mm² ou ksi) : ');
v =input('Entrez le facteur de poisson(v) : ');
G=E/(2*(v+1)) ;
Ag=t*(b1+hp+b2+c1+c2) ;disp('Ag='),disp(Ag);
zc=(( (c1*c1*sind(teta))/2)+((hp^2)/2)+(b2*hp)+...
(c2*(hp-(c2*(sind(teta))/2))))*t/Ag ;disp('zc ='),disp(zc) ;
If (b1/t)<60 && (b2/t)<60 && (c1/t<50) && (c2/t<50) && (hp/t<500)
    0.2<=(c1/b1) && (c1/b1)<0.6 && 0.2<=(c2/b2) && ...
    (c2/b2)<0.6 && (r/t)<5 && (r/b1)<0.1 && (r/b2)<0.1
disp(' calcul de la largeur efficace de semelle comprimée') ;
psi=1;%psi=s2/s1==> distribution des contraintes uniformes
```



```
kb=4 ; % élément appui appui
Lb=(bp1/t)*(sqrt((12*(1-(v^2))*fyb)/((pi^2)*E*kb)));
disp('Lb ='), disp(Lb) ;
Rb=(Lb-(0.055*(3+psi)))/(Lb^2);
if Rb>1
    Rb=1 ;
end
disp('Rb ='), disp(Rb) ;
beff=Rb*bp1 ;
be1=0.5*beff ; disp('be1=be2 = '), disp(be1)
iteration = 0 ; % nombre de répétitions
tXd = 1 ; % ancienne valeur de Xd
while iteration <100% changer selon le besoin
    iteration = iteration + 1 ;
    disp('itération : '), disp(iteration) ;
    Scom=tXd*fyb/Gm0 ; disp('Scom') ;disp(Scom) ;
    Lb1=(bp1/t)*(sqrt((12*(1-(v^2))*Scom)/((pi^2)*E*kb)));
    disp('Lb1 ='), disp(Lb1) ;
    Rb1=(Lb1-0.055*(3+psi))/(Lb1^2);
    if Rb1>1
        Rb1=1 ;
    end
    disp('Rb1 ='), disp(Rb1) ;
    beff1=Rb1.*bp1 ;disp('beff 1=') ,disp(beff1) ;
    be2=0.5.*beff1;    disp('be2 ='), disp(be2) ;
    disp('Calcul de la largeur efficace du raidisseur ')
    if cp1/bp1<0.35
        kc1=0.5 ;
    else if 0.35<cp1/bp1 && cp1/bp1<=0.6
        kc1=0.5+0.83*nthroot(((cp1/bp1)-0.35)^2),3) ;
    end
end
disp('Kc1 ='), disp(kc1) ;
```

```

Lc=(cp1/t)*(sqrt((12*(1-(v^2))*Scom)/((pi^2)*E*kc1)));
disp('Lc = '), disp(Lc) ;
Rc=(Lc-0.188)/(Lc^2) ;
if Rc>1
    Rc=1 ;
end
disp('Rc ='), disp(Rc)
ceff=Rc*cp1 ; disp('ceff ='),disp(ceff);
As=(be2+ceff)*t ;disp('As='),disp(As);
ys1=ceff*ceff*sind(teta)/(2*(be1+ceff))
B1=(be2*(bplbe2/2)+ceff*(bpl+(ceff*cosd(teta))/2))/...
    (be2+ceff); disp('B1 =') , disp(B1);
B2=0;
Kf=0;%Kf=(As2/As1==>As2=0***traction de la semelle inferieure**
K=(E*(t.^3)/(4*(1v.^2)))*(1/(((B1^2)*hp)+(B1^3)+0.5*B1*B2*hp*Kf));
    dip('K='),disp(K);
Is=(be2*(t^3)/12)+be2*t*(ys1^2)+((t*(ceff*sind(teta))^3)/12)+t*ceff..
*(((ceff*sind(teta))/2)-ys1)^2) ;disp('Is ='),disp(Is) ;
Scr=(2*sqrt(K*E*Is))/As ;disp('Scr ='),disp(Scr) ;
Ld=sqrt(Scom/Scr);disp('Ld ='),disp(Ld)
if Ld<0.65
    Xd=1 ;
else if 0.65<Ld && Ld<1.35
    Xd=1.47-0.723*Ld ;
    else
        Xd=0.66/Ld ;
    end
end
disp('Xd ='), disp(Xd) ;
Tred=t*Xd ; disp('Tred ='), disp(Tred)
if tXd==Xd
    break ;
end

```

```

        tXd = Xd ;
    end
disp('%calcul de la largeur efficace de lame') ;
hc=(cp2*(hp*(cp2*(sind(teta))/2))+bp2*hp+((hp^2)/2)+(ceff*...
    (ceff*sind(teta))*Xd/2))/(cp2+bp2+hp+be1+(be2+ceff)*Xd) ;
disp('hc ='),        disp(hc) ;
psi2=(hc-hp)/hc ;disp('psi ='),disp(psi2) ; %fi=sigma2/sigma1
if 0>psi2 && psi2>=-1
    kh=7.81-6.29*psi2+9.78*psi2^2 ;
else if -1>psi2 && psi2>-3
    kh= 5.98*((1-psi2)^2) ;
    end
end
end
% (Sm/hc)=(fy/(hc+tn/2));
Sm=fyb*hc/(hc+t/2) ;
ep=sqrt(235/Sm);
disp('kh ='),disp(kh) ;
Lh=(hp/t)/(28.4*ep*sqrt(kh)) ; disp('Lh =') ; disp(Lh);
Rh=(Lh-0.055*(3+psi2))/(Lh^2) ;
if Rh>1
    Rh=1 ;
end
disp('Rh') , disp(Rh) ;
heff=Rh*hc ;disp('heff =');disp(heff)
h1=0.4*heff ; disp('h1 =') , disp(h1) ;
he2=0.6*heff ;
h2=hp-hc+he2 ;disp('h2 =') , disp(h2) ;
Aeff=t*(cp2+bp2+h2+h1+be1+(be2+ceff)*Xd) ;
disp('Aeff =') ,disp(Aeff) ;
Zc=t*(cp2*(hp-(cp2*(sind(teta))/2))+bp2*hp+h2*(hp-h2/2)+((h1^2)/2)+
    (ceff*ceff*(sind(teta))*Xd/2))/Aeff ; disp('Zc =') , disp(Zc) ;
Zt=hp-Zc ; disp('Zt ='),disp(Zt) ;
Ieffi=(t*(h1^3)/12)+t*h1*((Zc-h1/2)^2)+(t*(h2^3)/12)+t*h2*...

```

```

((Zt-h2/2)^2)+(bp2*(t^3)/12)+bp2*t*(Zt^2)+((t*(cp2*sind(teta))^3)/12)...
+t*cp2*((Zt-(cp2*sind(teta))/2)^2)+(be1*(t^3)/12)+be1*t*(Zc^2)+...
(be2*(Tred^3)/12)+be2*Tred*(Zc^2)+((Tred*(ceff*sind(teta))^3)/12)...
+Tred*ceff*((Zc-(ceff*sind(teta))/2)^2) ;
disp('Ieff =') , disp(Ieffi) ;
Weffc=Ieffi/Zc ;disp('Weff ,y,c =') ,disp(Weffc) ;
Wefft=Ieffi/Zt ;disp('Weff,y,t =') , disp(Wefft) ;
Weffi=min(Weffc,Wefft) ;
McRd=Weffi*fyb/Gm0 ; disp('McRd =') ,disp(McRd )
else
    disp( 'conditions géométriques non vérifiées' ) ;
end

```

4.3.1.2 Cas de Compression :

Le cas de compression nécessite aussi un certain nombre de conditions géométriques qui soient réunies. Le recours au logiciel Matlab 2016a, qui suit un processus itératif, permet d'obtenir des résultats adéquats en ce qui concerne les caractéristiques efficaces de chaque élément de la section et en particulier le coefficient de réduction pour ensuite pouvoir déterminer la contrainte nominale, ci-dessous se présente le programme de calcul dans ce cas :

Script MATLAB :

```

Clear ;clc
disp('cas de compression de la section en z') ;
h =input('Entrez h (mm ou in) : ');
b1=input('Entrez b1 (mm ou in) : ');
b2=input('Entrez b2 (mm ou in) : ');
c1=input('Entrez c1 (mm ou in) : ');
c2=input('Entrez c2 (mm ou in) : ');
t =input('Entrez t (mm ou in) : ');
r =input('Entrez r (mm ou in): ');
fyb =input('Entrez fyb (N/mm² ou ksi) : ');
teta=50; %input('Entrez teta (°) : ');
E =210000; %input('Entrez E(N/mm²) : ');

```

Chapitre 4 : Présentation des programmes de calcul

```
v = 0.3;%input('Entrez le facteur de poisson(v) : ');
Gm0=1 ;

G=E/(2*(v+1))
%g=t*(bp1+hp+bp2+cp1+cp2) ;disp('Ag='),disp(Ag);
zc=(( (cp1^2)/2)+(hp^2)/2)+(bp2*hp)+(cp2*(hp-(cp2/2))))*t/Ag
;disp('zc ='),disp(zc) ;

if bp1/t<60 && bp2/t<60 && cp1/t<50 && cp2/t<50 && hp/t<500 &&
0.2<=cp1/bp1 && cp1/bp1<0.6...
    && 0.2<=cp2/bp2 &&cp2/bp2<0.6 &&r/t<5 && r/bp1<0.1 &&
r/bp2<0.1

disp(' %calcul de la largeur efficace de semelle(1) comprimée')
;

psi=1;%psi=s2/s1==> distribution des contraintes uniformes %
ks=4 ; %élément comprimé appui appui%
eps=sqrt(235/fyb);
Lb1=(bp1/t)/(28.4*eps*sqrt(ks)); disp('Lb1 ='), disp(Lb1) ;
Rb1=(Lb1-(0.055*(3+psi)))/(Lb1^2);
if Rb1>1
    Rb1=1 ;
end
disp('Rb1 ='), disp(Rb1) ;
beff1=Rb1*bp1 ;
bell1=0.5*beff1 ;disp('bell1 ='), disp(bell1) ;

Lb2=(bp2/t)/(28.4*eps*sqrt(ks)); disp('Lb2 ='), disp(Lb2) ;
Rb2=(Lb2-(0.055*(3+psi)))/(Lb2^2);
if Rb2>1
    Rb2=1 ;
end
disp('Rb2 ='), disp(Rb2) ;
```

```
beff2=Rb2*bp2 ;
be21=0.5*beff2 ;disp('be21 ='), disp(be21) ;

iteration=0 ;
tXd1=1 ;tXd2=1 ;

while iteration<100
    iteration = iteration + 1 ;
    disp('itération : '), disp(iteration) ;

    Scm1=tXd1*fyb/Gm0 ; disp('Scm1 =') ;disp(Scm1) ;
    Scm2=tXd2*fyb/Gm0 ; disp('Scm2 =') ;disp(Scm2) ;
    eps1=sqrt(235/Scm1);
    eps2=sqrt(235/Scm2);
    lb1=(bp1/t)/(28.4*eps1*sqrt(ks)); disp('Lb1 ='), disp(lb1)
    rb1=(lb1-(0.055*(3+psi)))/(lb1^2);
    if rb1>1
        rb1=1 ;
    end
    disp('Rb1 ='), disp(rb1) ;
    beff1=rb1*bp1 ;
    be12=0.5*beff1 ;disp('be12 ='), disp(be12) ;
    disp(' %calcul de la largeur efficace de semelle (2)
comprimée') ;

    lb2=(bp2/t)/(28.4*eps2*sqrt(ks)); disp('Lb2 ='), disp(lb2)
;
    rb2=(lb2-(0.055*(3+psi)))/(lb2^2);
    if rb2>1
        rb2=1 ;
    end
    disp('Rb2 ='), disp(rb2) ;
    beff2=rb2*bp2 ;
```

```
be22=0.5*beff2 ;disp('be22 ='), disp(be22) ;

disp('% Calcul de la largeur efficace du raidisseur ')
if cp1/bp1<0.35
    kc1=0.5 ;
else
    if 0.35 <cp1/bp1 && cp1/bp1 <=0.6
        kc1=0.5+0.83*nthroot((((cp1/bp1)-0.35)^2),3) ;
    end
end
disp('Kc1 ='), disp(kc1)
Lc1=(cp1/t)/(28.4*eps1*sqrt(kc1)) ; disp('Lc1 ='),
disp(Lc1) ;

Rc1=(Lc1-0.188)/(Lc1^2) ;
if Rc1>1
    Rc1=1 ;
end
disp('Rc1 ='), disp(Rc1)
ceff1=Rc1*cp1 ; disp('ceff1 ='),disp(ceff1);

if cp2/bp2<0.35
    kc2=0.5 ;
else if 0.35<cp2/bp2 && cp2/bp2<=0.6
    kc2=0.5+0.83*nthroot((((cp2/bp2)-0.35)^2),3) ;
end
end
disp('Kc2 ='), disp(kc2)
Lc2=(cp2/t)/(28.4*eps2*sqrt(kc2)) ; disp('Lc2 ='),
disp(Lc2) ;

Rc2=(Lc2-0.188)/(Lc2^2) ;
if Rc2>1
    Rc2=1 ;
```

```

end
disp('Rc2 ='), disp(Rc2)
ceff2=Rc2*cp2 ; disp('ceff2 ='),disp(ceff2);

As1=(be12+ceff1)*t ;disp('As1='),disp(As1);
As2=(be22+ceff2)*t ;disp('As2='),disp(As2);

xs1=((be12*be12/2)+ceff1*(be12+(ceff1*cosd(teta))/2)))/(be12+ceff1)
ys1=ceff1*ceff1*sind(teta)/(2*(be12+ceff1))
B1=(be12*(bp1-
be12/2)+ceff1*(bp1+(ceff1*cosd(teta))/2))/(be12+ceff1); disp('B1 =') ,
disp(B1);
B2=(be22*(bp2-
be22/2)+ceff2*(bp2+(ceff2*cosd(teta))/2))/(be22+ceff2); disp('B2 =') ,
disp(B2);
Kf1=As2/As1 ;
K1=(E*(t^3)/(4*(1-
v^2)))*(1/(((B1^2)*hp)+(B1^3)+0.5*B1*B2*hp*Kf1));disp('K1 =') ,
disp(K1) ;

Is1=(be12*(t^3)/12)+be12*t*(ys1^2)+(t*((ceff1*sind(teta))^3)/12)+t*ce
ff1...
*(((ceff1*sind(teta))/2)-ys1)^2) ;disp('Is1
='),disp(Is1) ;
Scr1=(2*sqrt(K1*E*Is1))/As1 ;disp('Scr1 ='),disp(Scr1) ;
Ld1=sqrt(Scom1/Scr1);disp('Ld1 = '),disp(Ld1) ;
if Ld1<0.65
    Xd1=1 ;
else if 0.65<Ld1 && Ld1<1.35
    Xd1=1.47-.723*Ld1 ;
else
    Xd1=0.66/Ld1 ;
end

```



```

end
disp('Xd1 ='), disp(Xd1) ;
Tred1=t*Xd1 ; disp('Tred1 ='), disp(Tred1) ;%manque des
iteration%

xs2=((be22*be22/2)+ceff2*(be22+(ceff2*cosd(teta))/2)))/(be22+ceff2)
ys2=(ceff2*ceff2*sind(teta))/(2*(be22+ceff2))
Kf2=As1/As2 ;
K2=(E*(t^3)/(4*(1-
v^2)))*(1/((B2^2*hp)+(B2^3)+0.5*B2*B1*hp*Kf2));disp('K2 ='), disp(K2)
;

Is2=(be22*(t^3)/12)+be22*t*(ys2^2)+(t*((ceff2*sind(teta))^3)/12)+t*ce
ff2*(((ceff2*sind(teta))/2)-ys2)^2 ;disp('Is2 ='),disp(Is2) ;
Scr2=(2*sqrt(K2*E*Is2))/As2 ;disp('Scr2 ='),disp(Scr2) ;
Ld2=sqrt(Scom2/Scr2);disp('Ld2= '),disp(Ld2)
if Ld2<0.65
    Xd2=1 ;
else if 0.65<Ld2 && Ld2<1.35
    Xd2=1.47-.723*Ld2 ;
else
    Xd2=0.66/Ld2 ;
end
end
disp('Xd2 ='), disp(Xd2) ;
Tred2=t*Xd2 ; disp('Tred2 ='), disp(Tred2) ;%manque des
iteration%

if tXd1==Xd1 || tXd2==Xd2
    break
end

```

```
tXd1=Xd1 ;tXd2=Xd2 ;
end

disp('%calcul de la largeur efficace de lame') ;
psi=1;%psi=s2/s1==>  distribution des contraintes uniformes %
kp=4 ; %élément comprimé appui appui
Lp=(hp/t)/(28.4*eps*sqrt(kp)) ;           disp('Lp =') ,
disp(Lp);
Rp=(Lp-0.055*(3+psi))/(Lp^2) ;disp('Rp =') , disp(Rp) ;
if Rp>1
    Rp=1 ;
end
heff=Rp*hp ;disp('heff =');disp(heff) ;
he1=0.5*heff ; disp('he1 =') , disp(he1) ;
he2=0.5*heff ;disp('he2 =') , disp(he2) ;
Aeffi=t*(be11+be21+he1+he2+(be12+ceff1)*Xd1+(be22+ceff2)*Xd2)
;disp('Aeff =') , disp(Aeffi) ;
NcRd=Aeffi*fyb/Gm0 ;disp('NcRd = ') ,disp(NcRd) ;
rap1=hp/t;
rap2=bp1/t;
rap3=cp1/t ;
else

    disp('conditions géométriques non vérifiées') ;
end
```

4.3.2 Méthode de la force directe :

4.3.2.1 Cas de Flexion :

Nous avons utilisé le programme Matlab 2016a pour le cas de calcul de la contrainte nominale par la méthode de la force directe (DSM). Un processus qui nécessite le calcul des contraintes critiques élastiques pour les différents modes d'instabilités de base à savoir le mode local, le mode distorsionnel et le mode global. Ces dernières sont obtenues soit en utilisant les méthodes

manuelles connues, soit en utilisant le logiciel CUFSM. Notre choix est porté sur l'utilisation de ce dernier.

CUFSM, est un logiciel développé par Ben Schäfer. Il utilise la méthode des bandes finies pour identifier et calculer les charges critiques élastiques à partir des facteurs de charge.

Nous avons calculé pour l'ensemble des sections en Z les contraintes critiques élastiques des différents modes d'instabilité. Le matériau utilisé pour toutes les sections, a un $E=210000\text{n/mm}^2$

Les contraintes critiques élastiques sont ensuite utilisées dans les différentes procédures de la DSM pour calculer les contraintes nominales des différents modes et ceci pour le cas de la flexion.

Script MATLAB:

```
clear all;clc
disp('***** Direct Strength Method*****');
disp('cas de flexion') ;
h =input('Entrez h (mm ou in) : ');
b1=input('Entrez b1 (mm ou in) : ');
b2=input('Entrez b2 (mm ou in) : ');
c1=input('Entrez c1 (mm ou in) : ');
c2=input('Entrez c2 (mm ou in) : ');
t =input('Entrez t (mm ou in) : ');
teta=input('Entrez téta (°) : ');
r =input('Entrez r (mm ou in): ');
fyb =input('Entrez fyb (N/mm² ou ksi) : ');
E =input('Entrez E(N/mm² ou ksi) : ');
v =input('Entrez le facteur de poisson(v) : ');
Mcre=input('Entrez Mcre : ');
Mcrd=input('Entrez Mcrd : ');
Mcrl=input('Entrez Mcrl : ');
Ag=t*(b1+h+b2+c1+c2) ;disp('Ag = '); disp(Ag) ;
```

Chapitre 4 : Présentation des programmes de calcul

```
if (h/t < 183) && (b1/t < 71) && (b2/t)<71 && (10 < c1/t) &&...
    (c1/t < 16) && (10 < c2/t) &&...
    (c2/t < 16) && (2.5 < h/b1) && (h/b1) <4.1 &&(2.5 < h/b2) ...
    && (h/b2) < 4.1 && 0.15 < c1/b1 &&...
    c1/b1 < 0.34 && 0.15 < c2/b2 && c2/b2 < 0.34 && 36 < teta &&...
    teta <= 90 && E/fyb > 440 %Fy < 70 ksi (483 MPa or 4920 kg/cm2
zc=((c1^2)/2)+(h^2)/2+(b2*h)+(c2*(h-(c2/2))))*t/Ag;
disp('zc ='),disp(zc) ;
zt=h-zc ;
z=min(zc,zt) ;
I=(t*(h^3)/12)+t*h*((zc-h/2)^2)+(b2*(t^3)/12)+b2*t*(zt^2)+...
    (t*(c2^3)/12)+t*c2*((zt-c2/2)^2)+(b1*(t^3)/12)+...
    b1*t*(zc^2)+(t*(c1^3)/12)+t*c1*((zc-c1/2)^2) ;
Sf=I/z ; disp('Sf = '), disp(Sf);
My=Sf*fyb; disp('My= '); disp(My);

display('Mode global : ');

if Mcre<0.56*My
    Mne=Mcre;
else if 0.56*My<=Mcre <=2.78*My
    Mne=(10/9)*My*(1-((10*My)/(36*Mcre)));
else
    Mne=My;
end
end
display(Mne) ;
display('Mode local : ');
Ll=sqrt(Mne/Mcrl);
if Ll<=0.776
    Mnl=Mne;
else
    Mnl=(1-0.15*((Mcrl/Mne)^0.4))*((Mcrl/Mne)^0.4)*Mne;
```

```
end
display(Mnl);
display('Mode distorsionnel : ');
Ld=sqrt(My/Mcrd) ;
if Ld<=0.673
    Mnd=My ;
else
    Mnd=(1-0.22*((Mcrd/My)^0.5))*((Mcrd/My)^0.5)*My ;
end
display(Mnd);
Mn=min(min(Mne, Mnl),Mnd);
display(Mn);
else
    display('Condition géométrique non vérifiée')
end
```

4.3.2.2 Cas de compression :

Nous avons utilisé le programme Matlab 2016a pour le cas de calcul de la contrainte nominale par la méthode de la force directe (DSM). Un processus qui nécessite le calcul des contraintes critiques élastiques pour les différents modes d'instabilités de base à savoir le mode local, le mode distorsionnel et le mode global. Ces dernières sont obtenues soit en utilisant les méthodes manuelles connues, soit en utilisant le logiciel CUFSM. Notre choix est porté sur l'utilisation de ce dernier.

CUFSM, est un logiciel développé par Ben Schäfer. Il utilise la méthode des bandes finies pour identifier et calculer les charges critiques élastiques à partir des facteurs de charge.

Les contraintes critiques élastiques sont ensuite utilisées dans les différentes procédures de la DSM pour calculer les contraintes nominales des différents modes et ceci pour le cas de la compression.

Script MATLAB:

```
clear all;clc
disp('***** Direct Strength Method*****');
disp('cas des compression') ;
h =input('Entrez h (mm ou in) : ');
b1=input('Entrez b1 (mm ou in) : ');
b2=input('Entrez b2 (mm ou in) : ');
c1=input('Entrez c1 (mm ou in) : ');
c2=input('Entrez c2 (mm ou in) : ');
t =input('Entrez t (mm ou in) : ');
teta=50 ;%input('Entrez teta (°) : ');
r =input('Entrez r (mm ou in): ');
fyb =input('Entrez fyb (N/mm² ou ksi) : ');
E = input('Entrez E(N/mm²) : ');
Ag=t*(b1+h+b2+c1+c2) ;disp('Ag'), disp(Ag);
Py=Ag*fy; disp('Py'); disp(Py) ;
if (h/t < 137) && (b1/t < 56) && (b2/t)<56 && ...
    (c1/t < 36) && (c2/t < 36) && (1.3 < h/b1)...
    && (h/b1) < 2.7 &&(1.3 < h/b2) && (h/b2) < 2.7 &&...
    0.05 < c1/b1 && c1/b1 < 0.41 && 0.05 < c2/b2 &&...
    c2/b2 < 0.41 && teta == 90 && E/fy > 590
    %Fy < 50 ksi (345 MPa or 6050 kg/cm2)]%
    Pcre= input('Entrez Pcre : ');
    Pcrd=input('Entrez Pcrd : ');
    Pcr1=input('Entrez Pcr1 : ') ;
    display('Mode global : ');
    Le=sqrt(Py/Pcre);
    if Le<= 1.5
        Pne=0.658*Py*(Le^2);
    else
        Pne=Py*(0.877/(Le^2));
    end
    display(Pne) ;
```

```
display('Mode local : ');
Ll=sqrt(Pne/Pcrl);
if Ll<=0.776
    Pnl=Pne;
else
    Pnl=1-0.15*((Pcrl/Pne)^0.4)*(Pcrl/Pne);
end
display(Pnl);
display('Mode distorsionnel : ');
Ld=sqrt(Py/Pcrrd) ;
if Ld<=0.561
    Pnd=Py ;
else
    Pnd=(1-0.15*((Pcrl/Pne)^0.6))*((Pcrrd/Py)^0.6)*Py ;
end
display(Pnd);
Pn=min(min(Pne, Pnl),Pnd);
display(Pn);
else
    display('Condition géométrique non vérifiée')
end
```

4.4 Conclusion :

Le calcul de la contrainte nominale dans les différents cas de paramètres a été rendu possible grâce à l'emploi des deux méthodes à partir du programme MATLAB qui nous a facilité la tâche notamment nous faisons gagner du temps que n'aurait pas permis le calcul traditionnel.

Rappelons que MATLAB a été associé avec le logiciel CUSFM dans le cas de la méthode DSM.

Chapitre IV

Calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes de la largeur efficace et la méthode de la résistance directe (DSM)

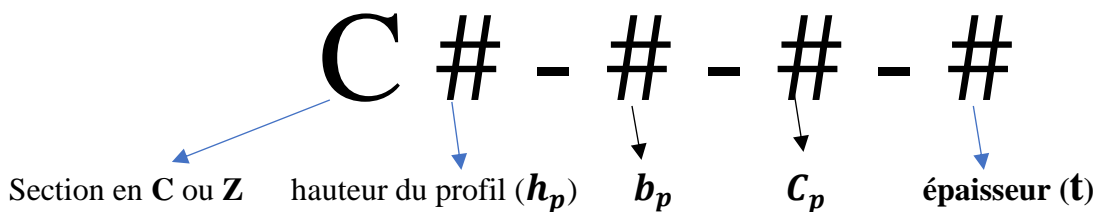
5.1 Introduction

Les deux méthodes, (Eurocode partie1-3), et DSM, examinées aux chapitres précédents vont nous servir de base pour le calcul de la contrainte nominale des profilés formés à froid pour les sections en C et Z.

Notre objectif est de procéder à la comparaison des résultats auxquelles nous font aboutir les utilisations différentes de ces méthodes.

Dans ce but, nous avons eu recours à la programmation itérative en matière de l'Eurocode selon le logiciel MATLAB pour minimiser les risques d'erreurs, tandis qu'en ce qui concerne la méthode de la force directe nous avons eu besoin du logiciel CUSFM qui s'adapte mieux aux calculs des contraintes critiques élastiques

Pour faciliter la lecture des profils, on a utilisé le système de codification suivant :



5.2 Calcul de la contrainte nominale pour les sections en C par les deux méthodes :

Dans une première étape nous nous sommes intéressés au calcul dans le cas de la compression ensuite nous aborderons le calcul dans le cas de la flexion.

L'utilisation de l'Eurocode et en particulier le concept de la largeur efficace pour calculer la contrainte nominale nécessite le calcul des caractéristiques efficaces de la section transversale. Ces dernières sont obtenues par un processus long, et c'est pour cela nous avons programmé MATLAB pour faciliter les calculs et minimiser les erreurs.

Nous avons calculé pour l'ensemble des sections en C les caractéristiques efficaces nécessaires pour le calcul des contraintes nominales.

Ensuite, l'utilisation de la méthode de la force directe (DSM) pour calculer la contrainte nominale nécessite le calcul des contraintes critiques élastiques pour les différents modes d'instabilités de base à savoir le mode local, le mode distorsionnel et le mode global. Ces dernières sont obtenues soit en utilisant les méthodes manuelles connues, soit en utilisant le logiciel CUFSM. Notre choix est porté sur l'utilisation de ce dernier.

CUFSM, est un logiciel développé par Ben Schäfer. Il utilise la méthode des bandes finies pour identifier et calculer les charges critiques élastiques à partir des facteurs de charge.

Nous avons calculé pour l'ensemble des sections en C les contraintes critiques élastiques des différents modes d'instabilité.

Les contraintes critiques élastiques sont ensuite utilisées dans les différentes procédures de la DSM pour calculer les contraintes nominales des différents modes et ceci pour le cas de la compression et de la flexion.

5.2.1 Cas de Compression pour les sections en C :

Nous avons utilisé un nombre important de sections en faisant varier l'ensemble des paramètres géométriques h,b,c et t. nous avons extrapolé ces sections, figurant dans le tableau suivant, à partir de l'AISI 2002 ces dernières vérifient toutes les conditions d'utilisation..

Le tableau (5.2-1) résume les résultats obtenus par les deux méthodes : Eurocode et DSM (sa nouvelle proposition incluse) dans le cas de la compression.

Tableau 5.2-1: les résultats obtenus par les deux méthodes dans le cas de compression

N°	h (mm)	b (mm)	c (mm)	t (mm)	Pn	Pn(modif)	Nc,Rd
1	305	102	22	2.67	175547.26	254358.99	283294.95
2	305	102	21	2.16	110896.09	174931.98	193402.464
3	305	102	20	1.78	71110.41	124916.88	193402.464
4	305	89	22	2.67	136953.97	233632.18	277251.731
5	305	89	21	2.16	80946.39	163955.26	192399.365
6	305	89	20	1.78	52510.08	116350.75	135130.477
7	305	64	22	2.67	113475.39	199578.66	250589.533
8	305	64	21	2.16	62204.97	134878.65	181925.276
9	305	64	20	1.78	39099.87	94321.70	133050.881
10	254	102	22	2.67	203813.15	268273.01	283305.977
11	254	102	21	2.16	132749.59	185530.80	193836.417
12	254	102	20	1.78	87793.96	132108.44	193836.417

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM

13	254	89	22	2.67	189276.80	255804.17	277456.446
14	254	89	21	2.16	122534.29	176909.91	192800.72
15	254	89	20	1.78	80696.74	125972.63	135648.346
16	254	89	20	1.65	70608.74	110500.84	118426.393
17	254	64	22	2.67	135026.65	220381.63	250276.163
18	254	64	21	2.16	33625.26	100965.46	182303.077
19	254	64	20	1.78	50102.45	108425.16	133621.806
20	254	64	20	1.65	39672.82	95975.33	117397.943
21	254	51	20	1.78	45603.68	94799.23	126510.358
22	254	51	20	1.65	35637.15	82712.86	113384.821
23	229	64	22	2.67	140122.39	233154.69	249886.413
24	229	64	21	2.16	87020.30	161459.86	182397.097
25	229	64	20	1.78	54795.87	115055.19	133803.96
26	229	64	20	1.65	51656.15	100950.62	117606.725
27	229	64	20	1.50	35508.78	85211.60	99800.4075
28	203	102	22	2.67	225395.67	273941.23	282598.151
29	203	102	21	2.16	149329.31	194219.05	193961.398
30	203	102	20	1.78	100324.97	138561.56	193961.398
31	203	89	22	2.67	212822.72	265628.53	277001.333
32	203	89	21	2.16	140487.34	184199.73	192890.868
33	203	89	20	1.78	94768.68	131426.38	136042.88
34	203	89	20	1.65	82619.15	115367.74	118876.357
35	203	89	20	1.50	65683.62	97429.23	100201.494
36	203	64	22	2.67	148892.15	236274.93	249214.857
37	203	64	21	2.16	94835.55	163800.99	182383.501
38	203	64	20	1.78	57371.85	116849.54	133941.597
39	203	64	20	1.65	52255.85	102564.83	117788.684
40	203	64	20	1.50	42098.50	86608.63	100016.165
41	203	51	20	1.78	51891.69	109583.30	126824.358
42	203	51	20	1.65	47212.05	95852.75	113815.019
43	203	51	20	1.50	37335.61	81204.50	98345.3984
44	178	102	22	2.67	230894.24	271004.95	281751.757
45	178	102	21	2.16	152412.33	192136.07	193792.42
46	178	102	20	1.78	102961.84	139928.18	193792.42
47	178	64	22	2.67	181996.41	240418.47	248184.548
48	178	64	21	2.16	127062.47	167048.24	182201.2
49	178	64	20	1.78	86993.59	119345.91	133991.271
50	178	64	20	1.65	72825.51	104810.40	117904.847
51	178	64	20	1.50	61348.55	88557.78	100187.213
52	152	102	22	2.67	240165.68	265506.02	280245.579
53	152	102	21	2.16	157574.44	189086.43	193315.742
54	152	102	20	1.78	107925.96	138058.34	193315.742
55	152	64	22	2.67	209992.34	246168.42	246480.728
56	152	64	21	2.16	138458.83	171235.17	181721.144
57	152	64	20	1.78	96015.15	122729.25	133895.592
58	152	64	20	1.65	82227.43	107852.76	117917.337

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM

59	152	64	20	1.50	68448.16	91198.43	100293.678
60	102	102	22	2.67	227055.14	249126.25	273517.85
61	102	102	21	2.16	160698.88	178786.07	190487.611
62	102	102	20	1.78	109345.84	131287.78	190487.611
63	102	64	22	2.67	204175.90	234750.84	239366.982
64	102	64	21	2.16	157072.96	174656.33	178944.069
65	102	64	20	1.78	110580.48	131599.16	132733.171
66	102	64	20	1.65	94942.01	117819.04	117197.939
67	102	64	20	1.50	80090.58	100113.86	99979.4621
68	102	51	20	1.78	101599.85	122540.28	125663.999
69	102	51	20	1.65	87068.22	107940.16	113393.807
70	102	51	20	1.50	35277.62	35277.62	98347.9462
71	305	64	16	2.58	85610.81	160250.86	223299.498
72	305	64	16	1.81	37000.59	82184.57	129809.548
73	305	64	16	1.44	21721.21	54125.19	87512.3662
74	254	64	16	2.58	108165.29	177043.99	223043.316
75	254	64	16	1.81	49642.09	95722.10	130357.567
76	254	64	16	1.44	25243.66	62499.52	87947.1367
77	254	64	16	1.15	16094.26	42509.08	58831.3366
78	254	51	16	2.58	90854.68	157054.84	207723.551
79	254	51	16	1.81	35146.33	81103.83	123002.874
80	254	51	16	1.44	22907.41	54516.02	86551.1689
81	254	51	16	1.15	13499.38	36038.48	58783.7279
82	203	64	16	2.58	116585.46	202410.83	222126.342
83	203	64	16	1.81	53537.18	113058.64	130797.7
84	203	64	16	1.44	36165.49	76591.86	88349.8133
85	203	64	16	1.15	22335.53	53236.75	59236.084
86	203	51	16	2.58	100415.13	181522.86	206474.496
87	203	51	16	1.81	40509.16	98485.56	123221.196
88	203	51	16	1.44	25552.61	67420.14	87045.8291
89	203	51	16	1.15	18472.33	45820.29	59167.2966
90	203	51	16	0.88	9825.21	28955.42	35723.9397
100	203	41	13	2.58	100630.87	158498.56	186239.232
101	203	41	13	1.81	40817.84	85746.90	109900.488
102	203	41	13	1.44	24494.73	53164.04	78480.326
103	203	41	13	1.15	13628.81	34893.98	55493.626
104	203	41	13	0.88	7718.53	22209.17	34932.6089

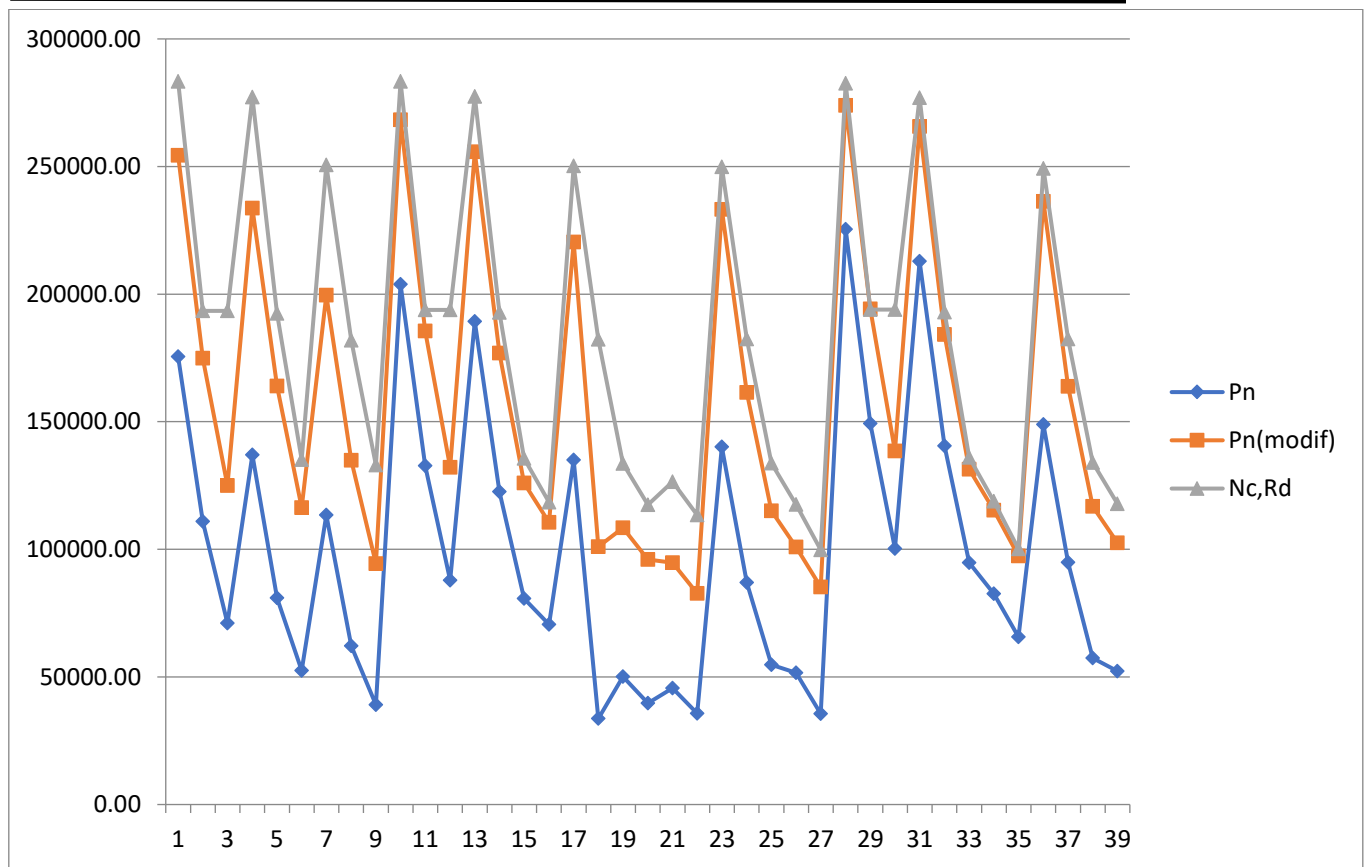


Figure 5.2-1 : Résistance de sections calculés de l'AISI 2002

Les courbes obtenues expriment la variation de la contrainte nominale calculée par les deux méthodes, dont la courbe Nc,rd représente la contrainte nominale selon la méthode de la largeur efficace, Eurocode, et celle Pn représente la contrainte nominale selon la méthode de la DSM ,AISI et (Pn modif) représente la contrainte nominale selon la méthode DSM proposée par Z. Beregszászi, S. Ádány en 2011.

Nous remarquons que les courbes présentent des similitudes indiquant qu'il existe des différences moins importantes dans les résultats selon le choix de l'une ou l'autre des méthodes

5.2.1.1 Cas de la variation de la hauteur (h) :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin arrondi de $r=3$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 355 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la hauteur, de raison arithmétique de 5mm, se situe entre les valeurs de 200mm et 350mm incluses.

Tableau 5.2-2: résultats obtenus par program CUFSM v5.01 pour les sections avec coins arrondis

<i>section</i>	<i>Fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>Py</i>	<i>Pcr(Local)</i>	<i>Pcr(Dist)</i>	<i>Pcr (Global)</i>
<i>C200-105-32-1.8</i>	79.52	206.26	314853.55	70527.19	182929.91	157426.77
<i>C205-105-32-1.8</i>	75.97	202.00	318048.55	68062.39	180969.62	163158.90
<i>C210-105-32-1.8</i>	72.78	197.74	321243.55	65854.93	178932.66	169295.35
<i>C215-105-32-1.8</i>	69.58	193.83	324438.55	63589.96	177143.45	175196.82
<i>C220-105-32-1.8</i>	66.74	189.57	327633.55	61595.11	174956.31	181508.99
<i>C225-105-32-1.8</i>	63.90	185.31	330828.55	59549.14	172692.50	175669.96
<i>C230-105-32-1.8</i>	61.42	181.41	334023.55	57786.07	170686.03	181708.81
<i>C235-105-32-1.8</i>	58.93	177.15	337218.55	55978.28	168272.05	175690.86
<i>C240-105-32-1.8</i>	56.80	173.24	340413.55	54466.17	166121.81	169525.95
<i>C245-105-32-1.8</i>	54.67	168.98	343608.55	52915.72	163557.67	163557.67
<i>C250-105-32-1.8</i>	52.54	165.08	346803.55	51326.92	161263.65	168199.72
<i>C255-105-32-1.8</i>	50.77	160.82	349998.55	50049.79	158549.34	162049.33
<i>C260-105-32-1.8</i>	48.99	156.91	353193.55	48740.71	156111.55	156817.93
<i>C265-105-32-1.8</i>	47.22	153.01	356388.55	47399.68	153603.46	159662.07
<i>C270-105-32-1.8</i>	45.80	149.10	359583.55	46386.28	151025.09	163970.10
<i>C275-105-32-1.8</i>	44.02	145.55	362778.55	44984.54	148739.20	157083.11
<i>C280-105-32-1.8</i>	42.60	141.65	365973.55	43916.83	146023.45	150781.10
<i>C285-105-32-1.8</i>	41.18	137.74	369168.55	42823.55	143237.40	154312.45
<i>C290-105-32-1.8</i>	39.76	134.19	372363.55	41704.72	140753.42	147455.96
<i>C295-105-32-1.8</i>	38.70	130.64	375558.55	40935.88	138205.55	150598.98
<i>C300-105-32-1.8</i>	37.63	126.74	378753.55	40147.88	135215.02	154152.69
<i>C305-105-32-1.8</i>	36.21	123.19	381948.55	38958.75	132536.15	147050.19
<i>C310-105-32-1.8</i>	35.15	119.99	385143.55	38129.21	130178.52	149820.84
<i>C315-105-32-1.8</i>	34.08	116.44	388338.55	37280.50	127375.04	133588.46
<i>C320-105-32-1.8</i>	33.02	113.25	391533.55	36412.62	124899.20	145650.48
<i>C325-105-32-1.8</i>	32.31	109.70	394728.55	35920.30	121971.12	138944.45
<i>C330-105-32-1.8</i>	31.24	106.50	397923.55	35017.27	119377.06	132110.62
<i>C335-105-32-1.8</i>	30.53	103.31	401118.55	34496.20	116725.50	142798.20
<i>C340-105-32-1.8</i>	29.47	100.47	404313.55	33558.02	114420.73	135040.72
<i>C345-105-32-1.8</i>	28.76	97.27	407508.55	33008.19	111657.34	134885.33
<i>C350-105-32-1.8</i>	28.05	94.43	410703.55	32445.58	109247.14	127728.80

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins arrondis par la méthode DSM (P_n) et DSM dans sa nouvelle proposition (P_n modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-3 : résultats de la DSM et La DSM prédiction pour les sections a coins arrondis

h/t	P_{ne}	P_{nL}	P_{nd}	P_n	$P_{nL}(Modif)$	$P_{nd}(Modif)$	$P_n(modif)$
111.11	136320.25	92662.39	186281.69	92662.39	158795.27	186281.69	158795.27
113.89	140655.89	93405.62	186339.66	93405.62	157759.15	186339.66	157759.15
116.67	145181.74	94253.31	186332.01	94253.31	156863.88	186332.01	156863.88
119.44	149456.13	94868.81	186418.89	94868.81	155843.84	186418.89	155843.84
122.22	153913.34	95608.43	186279.08	95608.43	154993.89	186279.08	154993.89
125.00	150410.74	93077.76	186068.50	93077.76	154027.48	186068.50	154027.48
127.78	154751.01	93798.62	185959.88	93798.62	153263.95	185959.88	153263.95
130.56	151013.86	91295.26	185606.51	91295.26	152394.90	185606.51	152394.90
133.33	146892.15	88812.59	185360.27	88812.59	151764.86	185360.27	151764.86
136.11	142621.69	86249.73	184856.27	86249.73	151042.82	184856.27	151042.82
138.89	146315.91	86737.08	184464.76	86737.08	150223.88	184464.76	150223.88
141.67	141731.24	84218.13	183801.49	84218.13	149691.28	183801.49	149691.28
144.44	137529.33	81825.89	183256.25	81825.89	149078.25	183256.25	149078.25
147.22	140016.10	81955.87	182633.36	81955.87	148380.84	182633.36	148380.84
150.00	143605.93	82659.27	181930.53	82659.27	148022.31	181930.53	148022.31
152.78	137761.89	79604.12	181365.40	79604.12	147157.99	181365.40	147157.99
155.56	132235.03	76874.12	180501.19	76874.12	146652.52	180501.19	146652.52
158.33	135332.02	77325.22	179549.60	77325.22	146075.23	179549.60	146075.23
161.11	129318.88	74393.14	178745.72	74393.14	145422.77	178745.72	145422.77
163.89	132075.30	74906.09	177861.29	74906.09	145190.71	177861.29	145190.71
166.67	135191.91	75505.82	176643.37	75505.82	144906.27	176643.37	144906.27
169.44	128963.02	72470.76	175583.61	72470.76	144040.48	175583.61	144040.48
172.22	131392.88	72777.46	174698.96	72777.46	143630.40	174698.96	143630.40
175.00	117157.08	67074.86	173465.83	67074.86	143160.92	173465.83	143160.92
177.78	127735.47	70298.97	172415.90	70298.97	142629.57	172415.90	142629.57
180.56	121854.28	67875.94	170997.82	67875.94	142624.46	170997.82	142624.46
183.33	115861.01	65119.13	169771.35	65119.13	141979.10	169771.35	141979.10
186.11	125234.02	68075.92	168455.78	68075.92	141887.10	168455.78	141887.10
188.89	118430.72	65037.30	167356.00	65037.30	141118.84	167356.00	141118.84
191.67	118294.43	64603.73	165861.01	64603.73	140933.28	165861.01	140933.28
194.44	112018.16	62003.88	164591.62	62003.88	140706.13	164591.62	140706.13

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coins vifs de $r=0$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 355 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la hauteur, de raison arithmétique de 5mm, se situe entre les valeurs de 200mm et 350mm incluses.

Tableau 5.2-4::résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif

<i>section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>Py</i>	<i>Pcr(Local)</i>	<i>Pcr(Dist)</i>	<i>Pcr (Global)</i>
C200-105-32-1.8	83.147	205.687	302886.00	70941.02	175492.15	167102.63
C205-105-32-1.8	79.392	201.268	306081.00	68451.78	173533.27	173580.69
C210-105-32-1.8	75.847	196.865	309276.00	66077.91	171508.79	180097.08
C215-105-32-1.8	72.562	192.478	312471.00	63869.07	169419.14	186646.41
C220-105-32-1.8	69.473	188.105	315666.00	61775.39	167262.97	193224.05
C225-105-32-1.8	66.577	183.715	318861.00	59799.46	165012.81	199823.45
C230-105-32-1.8	63.874	179.339	322056.00	57946.49	162696.34	206439.71
C235-105-32-1.8	61.308	174.991	325251.00	56170.39	160326.75	213068.72
C240-105-32-1.8	58.928	170.673	328446.00	54520.19	157906.66	122365.10
C245-105-32-1.8	56.646	166.386	331641.00	52918.69	155437.80	126012.37
C250-105-32-1.8	54.527	162.133	334836.00	51429.87	152923.85	129651.33
C255-105-32-1.8	52.499	157.917	338031.00	49989.55	150368.57	133269.91
C260-105-32-1.8	50.607	153.742	341226.00	48643.45	147776.81	136894.10
C265-105-32-1.8	48.794	149.612	344421.00	47339.94	145153.56	140493.69
C270-105-32-1.8	47.101	145.528	347616.00	46121.30	142501.02	144075.57
C275-105-32-1.8	45.471	141.497	350811.00	44934.44	139827.34	147639.06
C280-105-32-1.8	43.951	137.52	354006.00	43827.94	137134.94	151181.50
C285-105-32-1.8	42.48	133.602	357201.00	42743.38	134430.33	154701.24
C290-105-32-1.8	41.106	129.728	360396.00	41730.81	131699.87	158197.60
C295-105-32-1.8	39.778	125.906	363591.00	40740.63	128952.93	161668.95
C300-105-32-1.8	38.529	122.152	366786.00	39808.16	126207.45	165112.59
C305-105-32-1.8	37.33	118.469	369981.00	38905.33	123468.39	168529.99
C310-105-32-1.8	36.189	114.86	373176.00	38041.88	120740.83	171110.13
C315-105-32-1.8	35.106	111.329	376371.00	37219.38	118031.01	170602.08
C320-105-32-1.8	34.06	107.851	379566.00	36416.95	115314.29	170026.32
C325-105-32-1.8	33.076	104.432	382761.00	35662.54	112598.58	169384.14
C330-105-32-1.8	32.118	101.091	385956.00	34918.69	109906.14	168676.91
C335-105-32-1.8	32.211	107.128	389151.00	35309.70	117433.71	167904.95
C340-105-32-1.8	30.343	111.949	392346.00	33535.08	123726.03	167070.87
C345-105-32-1.8	29.503	119.126	395541.00	32872.24	132730.19	166172.90
C350-105-32-1.8	28.711	123.663	398736.00	32248.20	138898.28	165220.47

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins vifs par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du

logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-5: résultats de la DSM et La DSM prédiction pour les sections a coins vif

<i>h/t</i>	<i>Pne</i>	<i>PnL</i>	<i>Pnd</i>	<i>Pn</i>	<i>PnL(Modif)</i>	<i>Pnd(Modif)</i>	<i>Pn(modif)</i>
111.11	95284.80	1.31	178970.02	95284.80	155257.72	178970.02	155257.72
113.89	96026.25	1.33	179024.40	96026.25	154280.35	179024.40	154280.35
116.67	96687.97	1.34	179017.39	96687.97	153317.12	179017.39	153317.12
119.44	97306.16	1.36	178947.72	97306.16	152416.88	178947.72	152416.88
122.22	97865.84	1.37	178813.17	97865.84	151544.55	178813.17	151544.55
125.00	98377.54	1.39	178597.85	98377.54	150708.65	178597.85	150708.65
127.78	98853.96	1.41	178313.91	98853.96	149920.73	178313.91	149920.73
130.56	99275.90	1.42	177966.60	99275.90	149143.04	177966.60	149143.04
133.33	72485.57	1.44	177555.79	72485.57	148428.58	177555.79	148428.58
136.11	73120.02	1.46	177080.91	73120.02	147705.81	177080.91	147705.81
138.89	73744.03	1.48	176542.47	73744.03	147044.25	176542.47	147044.25
141.67	74326.20	1.50	175941.11	74326.20	146381.62	175941.11	146381.62
144.44	74903.54	1.52	175278.14	74903.54	145770.92	175278.14	145770.92
147.22	75441.64	1.54	174555.13	75441.64	145159.50	174555.13	145159.50
150.00	75970.34	1.56	173772.07	75970.34	144598.57	173772.07	144598.57
152.78	76462.45	1.58	172932.65	76462.45	144030.46	172932.65	144030.46
155.56	76949.53	1.61	172037.27	76949.53	143515.67	172037.27	143515.67
158.33	77398.23	1.63	171088.97	77398.23	142986.85	171088.97	142986.85
161.11	77843.29	1.65	170077.92	77843.29	142508.42	170077.92	142508.42
163.89	78275.28	1.68	169008.83	78275.28	142020.74	169008.83	142020.74
166.67	78638.70	1.70	167892.63	78638.70	141571.64	167892.63	141571.64
169.44	78972.50	1.73	166732.10	78972.50	141126.89	166732.10	141126.89
172.22	79069.32	1.76	165530.33	79069.32	140701.61	165530.33	140701.61
175.00	78344.23	1.79	164291.49	78344.23	140300.49	164291.49	140300.49
177.78	77601.96	1.81	162997.52	77601.96	139896.12	162997.52	139896.12
180.56	76831.61	1.84	161653.14	76831.61	139530.52	161653.14	139530.52
183.33	76042.92	1.87	160274.35	76042.92	139150.97	160274.35	139150.97
186.11	76128.27	1.82	166533.97	76128.27	140455.35	166533.97	140455.35
188.89	74478.69	1.78	171754.77	74478.69	138463.59	171754.77	138463.59
191.67	73686.61	1.73	178754.83	73686.61	138123.94	178754.83	138123.94
194.44	72907.25	1.69	183662.04	72907.25	137819.83	183662.04	137819.83

Nous avons effectué nos calculs à partir de la méthode de la largeur efficace pour déterminer les valeurs de la contrainte nominale dans le cas de variation de la hauteur pour les sections en C variant dans un intervalle de 200mm jusqu'à 350mm à raison de 5mm.

Tableau 5.2-6: Résultat de résistance calculée par la largeur efficace

<i>section</i>	<i>h/t</i>	<i>Ag</i>	<i>Ag(Vif)</i>	<i>Aeff</i>	<i>Nc,Rd</i>
<i>C200-105-32-1.8</i>	111.11	886.91	853.20	433.06	151571.47
<i>C205-105-32-1.8</i>	113.89	895.91	862.20	433.07	151574.49
<i>C210-105-32-1.8</i>	116.67	904.91	871.20	433.07	151573.76
<i>C215-105-32-1.8</i>	119.44	913.91	880.20	433.06	151569.61
<i>C220-105-32-1.8</i>	122.22	922.91	889.20	433.04	151562.36
<i>C225-105-32-1.8</i>	125.00	931.91	898.20	433.01	151552.25
<i>C230-105-32-1.8</i>	127.78	940.91	907.20	432.97	151539.54
<i>C235-105-32-1.8</i>	130.56	949.91	916.20	432.93	151524.44
<i>C240-105-32-1.8</i>	133.33	958.91	925.20	432.88	151507.17
<i>C245-105-32-1.8</i>	136.11	967.91	934.20	432.82	151487.88
<i>C250-105-32-1.8</i>	138.89	976.91	943.20	432.76	151466.76
<i>C255-105-32-1.8</i>	141.67	985.91	952.20	432.70	151443.96
<i>C260-105-32-1.8</i>	144.44	994.91	961.20	432.63	151419.61
<i>C265-105-32-1.8</i>	147.22	1003.91	970.20	432.55	151393.84
<i>C270-105-32-1.8</i>	150.00	1012.91	979.20	432.48	151366.76
<i>C275-105-32-1.8</i>	152.78	1021.91	988.20	432.40	151338.48
<i>C280-105-32-1.8</i>	155.56	1030.91	997.20	432.31	151309.10
<i>C285-105-32-1.8</i>	158.33	1039.91	1006.20	432.22	151278.71
<i>C290-105-32-1.8</i>	161.11	1048.91	1015.20	432.14	151247.39
<i>C295-105-32-1.8</i>	163.89	1057.91	1024.20	432.04	151215.22
<i>C300-105-32-1.8</i>	166.67	1066.91	1033.20	431.95	151182.27
<i>C305-105-32-1.8</i>	169.44	1075.91	1042.20	431.85	151148.59
<i>C310-105-32-1.8</i>	172.22	1084.91	1051.20	431.76	151114.26
<i>C315-105-32-1.8</i>	175.00	1093.91	1060.20	431.66	151079.33
<i>C320-105-32-1.8</i>	177.78	1102.91	1069.20	431.55	151043.84
<i>C325-105-32-1.8</i>	180.56	1111.91	1078.20	431.45	151007.85
<i>C330-105-32-1.8</i>	183.33	1120.91	1087.20	431.35	150971.40
<i>C335-105-32-1.8</i>	186.11	1129.91	1096.20	431.24	150934.53
<i>C340-105-32-1.8</i>	188.89	1138.91	1105.20	431.14	150897.28
<i>C345-105-32-1.8</i>	191.67	1147.91	1114.20	431.03	150859.69
<i>C350-105-32-1.8</i>	194.44	1156.91	1123.20	430.92	150821.78

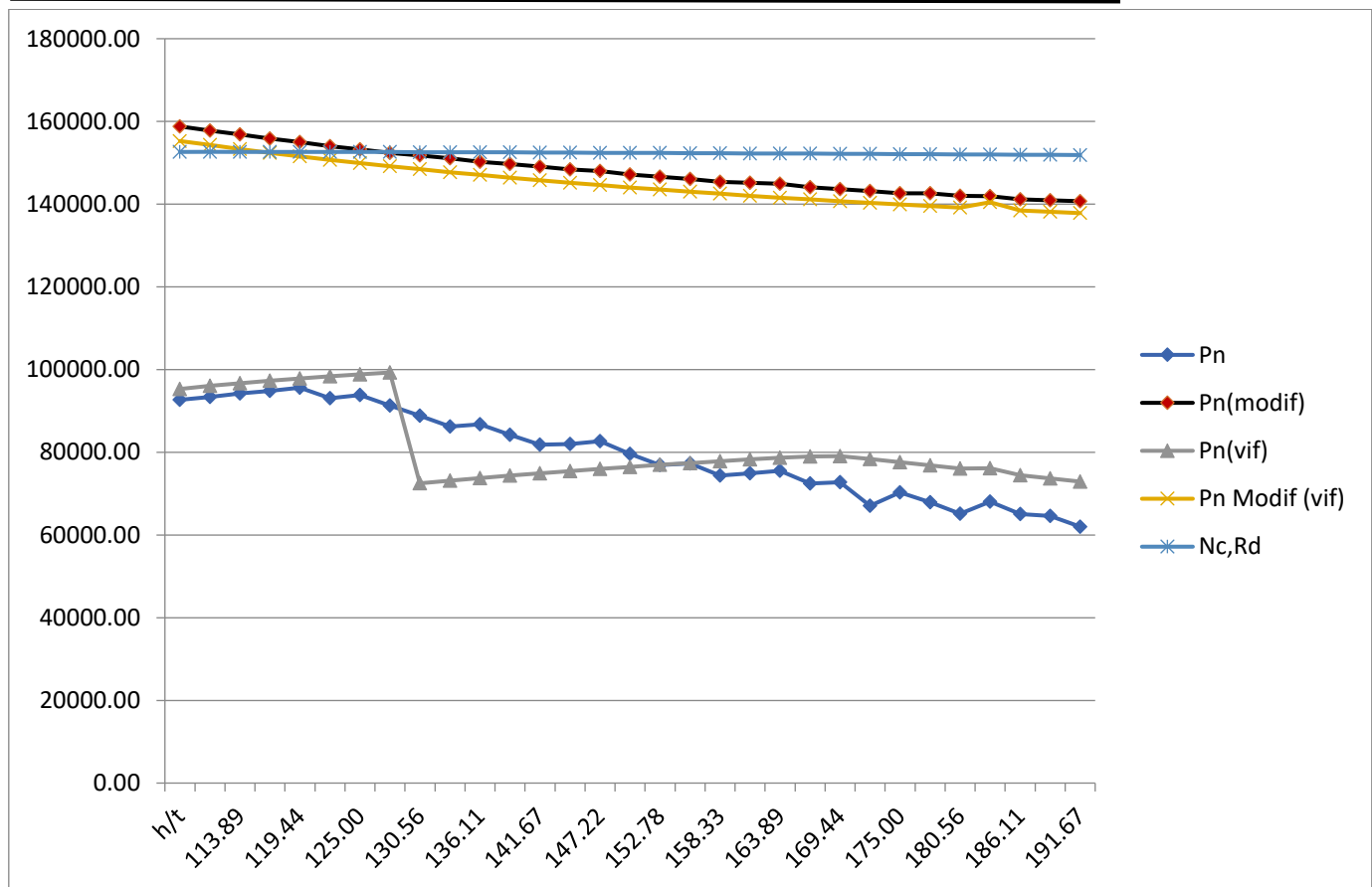


Figure 5.2-2: les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes

Le résultat obtenu démontre bien qu'il existe une différence assez marquée entre l'application des deux méthodes. En effet, les valeurs de la contrainte nominale suivent une courbe linéaire selon les deux méthodes ce qui signifie que dans ce cas lorsque la hauteur varie à la hausse la contrainte nominale est quasi-constante selon la méthode DSM dans sa nouvelle proposition et Eurocode. Tandis que, dans le cas de l'application de l'ancienne DSM, elles suivent une courbe qui commence par augmenter légèrement, devient régulière ensuite et finit par descendre en sa phase finale. Il s'avère que la résistance s'affaiblit au fur et à mesure que la hauteur s'accroît il est à recommander d'éviter une hauteur importante dans ce cas.

5.2.1.2 Cas de la variation d'épaisseur (t) :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin arrondi de $r=3$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 355 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de l'épaisseur, de raison arithmétique de 0.05mm, se situe entre les valeurs de 1mm et 2.50mm incluses.

Tableau 5.2-7: résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins arrondis

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>Py</i>	<i>Pcr(Local)</i>	<i>Pcr(Dist)</i>	<i>Pcr (Global)</i>
<i>C250-59-20-1,00</i>	16.80	73.85	149355.01	7169.04	31513.91	26585.19
<i>C250-60-20-1,05</i>	18.55	75.60	157557.75	8350.56	34032.47	29778.41
<i>C250-60-20-1,10</i>	20.30	77.35	165060.49	9573.51	36478.37	32021.74
<i>C250-65-25-1,15</i>	22.05	84.35	180613.27	11378.64	43527.80	36845.11
<i>C250-70-28-1,20</i>	23.80	97.65	195186.01	13272.65	54456.90	41184.25
<i>C250-70-28-1,25</i>	25.90	102.20	203318.75	15045.59	59369.07	45950.04
<i>C250-70-28-1,30</i>	28.00	106.75	211451.49	16916.12	64492.70	50959.81
<i>C250-70-28-1,35</i>	30.45	110.95	219584.26	19103.83	69608.21	56433.15
<i>C250-70-28-1,40</i>	32.55	115.50	227717.00	21177.68	75146.61	62622.18
<i>C250-70-28-1,45</i>	35.00	120.05	235849.74	23584.97	80896.46	69103.97
<i>C250-70-28-1,50</i>	32.55	126.00	243982.52	22690.37	87833.71	77342.46
<i>C250-70-28-1,55</i>	39.90	129.15	252115.26	28741.14	93030.53	83954.38
<i>C250-70-28-1,60</i>	42.70	133.70	260248.00	31750.26	99414.73	92127.79
<i>C250-70-28-1,65</i>	45.15	138.60	268380.74	34621.11	106278.77	95543.54
<i>C250-70-28-1,70</i>	47.95	143.15	276513.51	37882.35	113094.03	110881.92
<i>C250-70-28-1,75</i>	51.10	147.70	284646.25	41558.35	120120.72	120974.66
<i>C250-70-28-1,80</i>	53.90	152.60	292778.99	45087.96	127651.64	125309.41
<i>C250-70-28-1,85</i>	57.05	157.15	300911.77	49048.62	135109.38	129692.97
<i>C250-70-28-1,90</i>	60.20	162.05	309044.51	53155.65	143087.61	133816.27
<i>C250-70-28-1,95</i>	63.35	166.95	317177.25	57409.08	151293.55	137972.10
<i>C250-70-28-2,00</i>	66.50	171.50	325309.99	61808.90	159401.89	158751.27
<i>C250-70-28-2,05</i>	70.00	176.40	333442.76	66688.55	168055.15	172389.91
<i>C250-70-28-2,10</i>	73.50	181.30	341575.50	71730.86	176936.11	186841.80
<i>C250-70-28-2,15</i>	77.00	186.20	349708.24	76935.81	186044.78	192689.24
<i>C250-70-28-2,20</i>	80.50	191.10	357841.02	82303.43	195381.19	218640.86
<i>C250-70-28-2,25</i>	84.35	196.00	365973.76	88199.67	204945.30	235321.12
<i>C250-70-28-2,30</i>	87.85	200.90	374106.50	93900.73	214737.13	253270.10
<i>C250-70-28-2,35</i>	91.70	205.80	382239.24	100146.68	224756.67	261069.40
<i>C250-70-28-2,40</i>	95.90	211.05	390372.01	106961.93	235394.32	279896.73
<i>C250-70-28-2,45</i>	99.75	215.95	398504.75	113573.85	245877.43	288118.93
<i>C250-70-28-2,50</i>	103.95	221.20	406637.49	120771.33	256994.89	308231.22

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins arrondis par la méthode DSM (P_n) et DSM dans sa nouvelle proposition (P_n modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-8:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis

h/t	P_{ne}	P_{nL}	P_{nd}	P_n	$P_{nL}(Modif)$	$P_{nd}(Modif)$	$P_n(modif)$
250.00	23315.21	13185.41	52948.80	13185.41	42358.09	52948.80	42358.09
238.10	26115.67	14977.69	56559.88	14977.69	46403.55	56559.88	46403.55
227.27	28083.06	16478.87	59980.44	16478.87	50308.36	59980.44	50308.36
217.39	32313.16	19181.51	68719.21	19181.51	56803.39	68719.21	56803.39
208.33	36118.58	21768.12	80195.97	21768.12	63188.26	80195.97	63188.26
200.00	40298.18	24424.46	85538.85	24424.46	67959.10	85538.85	67959.10
192.31	44691.75	27219.38	90988.01	27219.38	72787.12	90988.01	72787.12
185.19	49491.88	30353.08	96384.31	30353.08	78011.70	96384.31	78011.70
178.57	54919.65	33669.92	102035.15	33669.92	82953.76	102035.15	82953.76
172.41	60604.19	37275.86	107783.63	37275.86	88286.52	107783.63	88286.52
166.67	67829.34	39534.17	114271.87	39534.17	88879.03	114271.87	88879.03
161.29	73627.99	45335.49	119563.18	45335.49	99113.63	119563.18	99113.63
156.25	80796.07	49866.73	125589.32	49866.73	104930.29	125589.32	104930.29
151.52	83791.69	52640.55	131869.75	52640.55	110478.74	131869.75	110478.74
147.06	97243.44	59833.24	138070.83	59833.24	116398.24	138070.83	116398.24
142.86	106094.77	65406.61	144355.32	65406.61	122680.17	144355.32	122680.17
138.89	109896.35	68868.66	150891.78	68868.66	128699.26	150891.78	128699.26
135.14	113740.74	72540.55	157338.46	72540.55	135076.24	157338.46	135076.24
131.58	117356.87	76150.04	164035.57	76150.04	141500.41	164035.57	141500.41
128.21	121001.53	79801.84	170810.58	79801.84	147972.47	170810.58	147972.47
125.00	137977.88	89183.86	177486.69	89183.86	154492.88	177486.69	154492.88
121.95	148397.74	96026.15	184410.99	96026.15	161357.51	184410.99	161357.51
119.05	158918.97	102992.87	191407.69	102992.87	168266.48	191407.69	168266.48
116.28	163609.04	107566.10	198475.11	107566.10	175220.48	198475.11	175220.48
113.64	180379.63	117345.97	205611.59	117345.97	182219.98	205611.59	182219.98
111.11	190876.75	124725.82	212815.47	124725.82	189551.06	212815.47	189551.06
108.70	201602.46	132102.57	220085.20	132102.57	196640.55	220085.20	196640.55
106.38	207106.89	137499.86	227419.26	137499.86	204058.09	227419.26	204058.09
104.17	217750.07	145362.12	234997.20	145362.12	211797.52	234997.20	211797.52
102.04	223365.98	150916.68	242456.11	150916.68	219298.94	242456.11	219298.94
100.00	234099.18	158969.67	250156.94	158969.67	227118.82	250156.94	227118.82

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coins vifs de $r=0$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 355 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de l'épaisseur, de raison arithmétique de 0.05mm, se situe entre les valeurs de 1mm et 2.50mm incluses.

Tableau 5.2-9:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>Py</i>	<i>Pcr(Local)</i>	<i>Pcr(Dist)</i>	<i>Pcr (Global)</i>
<i>C250-59-20-1,00</i>	17.75	56.386	142800.00	7242.00	23005.49	18971.18
<i>C250-60-20-1,05</i>	19.535	61.758	150675.00	8409.82	26586.82	20761.29
<i>C250-60-20-1,10</i>	21.434	65.98	157850.00	9666.73	29756.98	21817.58
<i>C250-65-25-1,15</i>	23.291	79.346	173075.00	11517.40	39236.60	29831.70
<i>C250-70-28-1,20</i>	25.203	93.406	187320.00	13488.65	49990.89	38394.18
<i>C250-70-28-1,25</i>	27.343	97.761	195125.00	15243.72	54501.76	40147.25
<i>C250-70-28-1,30</i>	29.57	102.145	202930.00	17144.69	59223.67	41894.03
<i>C250-70-28-1,35</i>	31.883	106.605	210735.00	19196.75	64186.87	43635.99
<i>C250-70-28-1,40</i>	34.283	111.147	218540.00	21406.31	69400.19	45373.90
<i>C250-70-28-1,45</i>	36.769	115.366	226345.00	23778.51	74607.19	47106.92
<i>C250-70-28-1,50</i>	39.342	119.969	234150.00	26319.80	80259.26	48836.33
<i>C250-70-28-1,55</i>	41.984	122.014	240327.50	28828.31	83780.91	49259.58
<i>C250-70-28-1,60</i>	44.745	130.217	249760.00	31930.03	92922.85	52285.47
<i>C250-70-28-1,65</i>	47.576	134.287	257565.00	35011.18	98821.80	54006.23
<i>C250-70-28-1,70</i>	50.493	139.239	265370.00	38283.79	105571.01	55723.91
<i>C250-70-28-1,75</i>	53.496	145.545	273175.00	41753.63	113597.87	57439.34
<i>C250-70-28-1,80</i>	56.584	150.857	280980.00	45425.64	121108.00	59152.71
<i>C250-70-28-1,85</i>	59.758	154.661	288785.00	49306.33	127610.79	60865.15
<i>C250-70-28-1,90</i>	63.017	159.993	296590.00	53400.61	135578.07	62574.56
<i>C250-70-28-1,95</i>	66.362	167.41	304395.00	57715.03	145596.48	64283.01
<i>C250-70-28-2,00</i>	69.792	173.133	312200.00	62254.46	154434.64	65990.16
<i>C250-70-28-2,05</i>	73.307	178.957	320005.00	67024.59	163620.39	67695.69
<i>C250-70-28-2,10</i>	76.908	182.291	327810.00	72032.03	170733.75	69400.19
<i>C250-70-28-2,15</i>	80.593	188.107	335615.00	77280.63	180375.80	71103.39
<i>C250-70-28-2,20</i>	84.363	194.018	343420.00	82776.98	190370.46	72806.02
<i>C250-70-28-2,25</i>	88.217	200.025	351225.00	88525.76	200725.09	74506.86
<i>C250-70-28-2,30</i>	92.156	206.125	359030.00	94533.62	211443.03	76207.71
<i>C250-70-28-2,35</i>	96.179	212.317	366835.00	100805.21	222529.45	77907.37
<i>C250-70-28-2,40</i>	100.286	218.602	374640.00	107346.13	233991.58	79605.65
<i>C250-70-28-2,45</i>	104.478	229.065	382445.00	114163.11	250299.33	81303.44
<i>C250-70-28-2,50</i>	108.753	235.746	390250.00	121259.60	262856.79	77559.40

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à vifs par la méthode DSM (P_n) et DSM dans sa nouvelle proposition (P_n modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-10:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis

h/t	P_{ne}	P_{nL}	P_{nd}	P_n	$P_{nL}(Modif)$	$P_{nd}(Modif)$	$P_n(modif)$
250.00	16637.73	10645.97	43759.83	10645.97	41357.09	43759.83	41357.09
238.10	18207.65	11895.80	48514.62	11895.80	45258.39	48514.62	45258.39
227.27	19134.01	12898.97	52674.68	12898.97	49113.69	52674.68	49113.69
217.39	26162.40	16807.24	63750.99	16807.24	55573.55	63750.99	55573.55
208.33	33671.69	20923.68	75198.55	20923.68	61969.60	75198.55	61969.60
200.00	35209.14	22486.78	80218.37	22486.78	66568.55	80218.37	66568.55
192.31	36741.06	24090.68	85351.46	24090.68	71303.93	85351.46	71303.93
185.19	38268.77	25734.54	90616.10	25734.54	76173.00	90616.10	76173.00
178.57	39792.91	27417.91	96013.43	27417.91	81174.87	96013.43	81174.87
172.41	41312.77	29139.19	101360.17	29139.19	86306.94	101360.17	86306.94
166.67	42829.46	30898.19	106970.08	30898.19	91568.41	106970.08	91568.41
161.29	43200.66	32058.38	110740.18	32058.38	96290.11	110740.18	96290.11
156.25	45854.36	34525.15	118938.52	34525.15	102469.72	118938.52	102469.72
151.52	47363.46	36392.09	124568.16	36392.09	108107.37	124568.16	108107.37
147.06	48869.87	38293.24	130690.28	38293.24	113867.41	130690.28	113867.41
142.86	50374.30	40228.17	137532.51	40228.17	119748.42	137532.51	119748.42
138.89	51876.93	42195.94	143993.11	42195.94	125748.20	143993.11	125748.20
135.14	53378.74	44196.62	149818.99	44196.62	131866.21	149818.99	131866.21
131.58	54877.89	46228.21	156445.89	46228.21	138100.35	156445.89	138100.35
128.21	56376.20	48291.25	164145.96	48291.25	144450.12	164145.96	144450.12
125.00	57873.37	50384.67	171115.11	50384.67	150913.48	171115.11	150913.48
121.95	59369.12	52507.62	178206.49	52507.62	157489.20	178206.49	157489.20
119.05	60863.96	54660.00	184173.43	54660.00	164176.89	184173.43	164176.89
116.28	62357.68	56840.55	191401.90	56840.55	170973.81	191401.90	170973.81
113.64	63850.88	59049.29	198744.95	59049.29	177879.60	198744.95	177879.60
111.11	65342.52	61284.71	206201.35	61284.71	184892.38	206201.35	184892.38
108.70	66834.16	63547.43	213767.90	63547.43	192011.83	213767.90	192011.83
106.38	68324.76	65836.00	221442.34	65836.00	199236.12	221442.34	199236.12
104.17	69814.15	68149.70	229223.37	68149.70	206564.20	229223.37	206564.20
102.04	71303.11	70488.72	239065.66	70488.72	213995.80	239065.66	213995.80
100.00	68019.59	68019.59	247150.55	68019.59	221528.42	247150.55	221528.42

Nous avons effectué nos calculs à partir de la méthode de la largeur efficace pour déterminer les valeurs de la contrainte nominale dans le cas de variation de l'épaisseur pour les sections en C variant dans un intervalle de 1mm jusqu'à 2.50mm à raison de 0.05mm.

Tableau 5.2-11: résultats de résistances de sections calculées par la largeur efficace

<i>Section</i>	<i>h/t</i>	<i>Ag</i>	<i>Ag(Vif)</i>	<i>Aeff</i>	<i>Nc,Rd</i>
C250-59-20-1,00	250.00	426.7286	408	133.27	46645.21
C250-60-20-1,05	238.10	450.165	430.5	146.61	51314.31
C250-60-20-1,10	227.27	471.6014	451	160.47	56162.91
C250-65-25-1,15	217.39	516.0379	494.5	180.19	63065.87
C250-70-28-1,20	208.33	557.6743	535.2	198.01	69305.06
C250-70-28-1,25	200.00	580.9107	557.5	214.39	75038.23
C250-70-28-1,30	192.31	604.1471	579.8	231.33	80963.92
C250-70-28-1,35	185.19	627.3836	602.1	248.79	87077.30
C250-70-28-1,40	178.57	650.62	624.4	266.78	93373.49
C250-70-28-1,45	172.41	673.8564	646.7	285.28	99847.58
C250-70-28-1,50	166.67	697.0929	669	304.27	106494.63
C250-70-28-1,55	161.29	720.3293	686.65	323.74	113309.66
C250-70-28-1,60	156.25	743.5657	713.6	343.68	120287.68
C250-70-28-1,65	151.52	766.8021	735.9	364.07	127423.66
C250-70-28-1,70	147.06	790.0386	758.2	384.89	134712.54
C250-70-28-1,75	142.86	813.275	780.5	406.14	142149.25
C250-70-28-1,80	138.89	836.5114	802.8	427.80	149728.69
C250-70-28-1,85	135.14	859.7479	825.1	449.85	157445.76
C250-70-28-1,90	131.58	882.9843	847.4	471.04	164863.48
C250-70-28-1,95	128.21	906.2207	869.7	491.95	172183.98
C250-70-28-2,00	125.00	929.4571	892	513.15	179601.18
C250-70-28-2,05	121.95	952.6936	914.3	534.60	187111.06
C250-70-28-2,10	119.05	975.93	936.6	555.23	194330.65
C250-70-28-2,15	116.28	999.1664	958.9	575.92	201572.51
C250-70-28-2,20	113.64	1022.4029	981.2	596.82	208888.23
C250-70-28-2,25	111.11	1045.6393	1003.5	617.36	216074.68
C250-70-28-2,30	108.70	1068.8757	1025.8	636.86	222899.41
C250-70-28-2,35	106.38	1092.1121	1048.1	656.55	229791.05
C250-70-28-2,40	104.17	1115.3486	1070.4	676.43	236748.87
C250-70-28-2,45	102.04	1138.585	1092.7	696.49	243772.12
C250-70-28-2,50	100.00	1161.8214	1115	716.74	250860.08

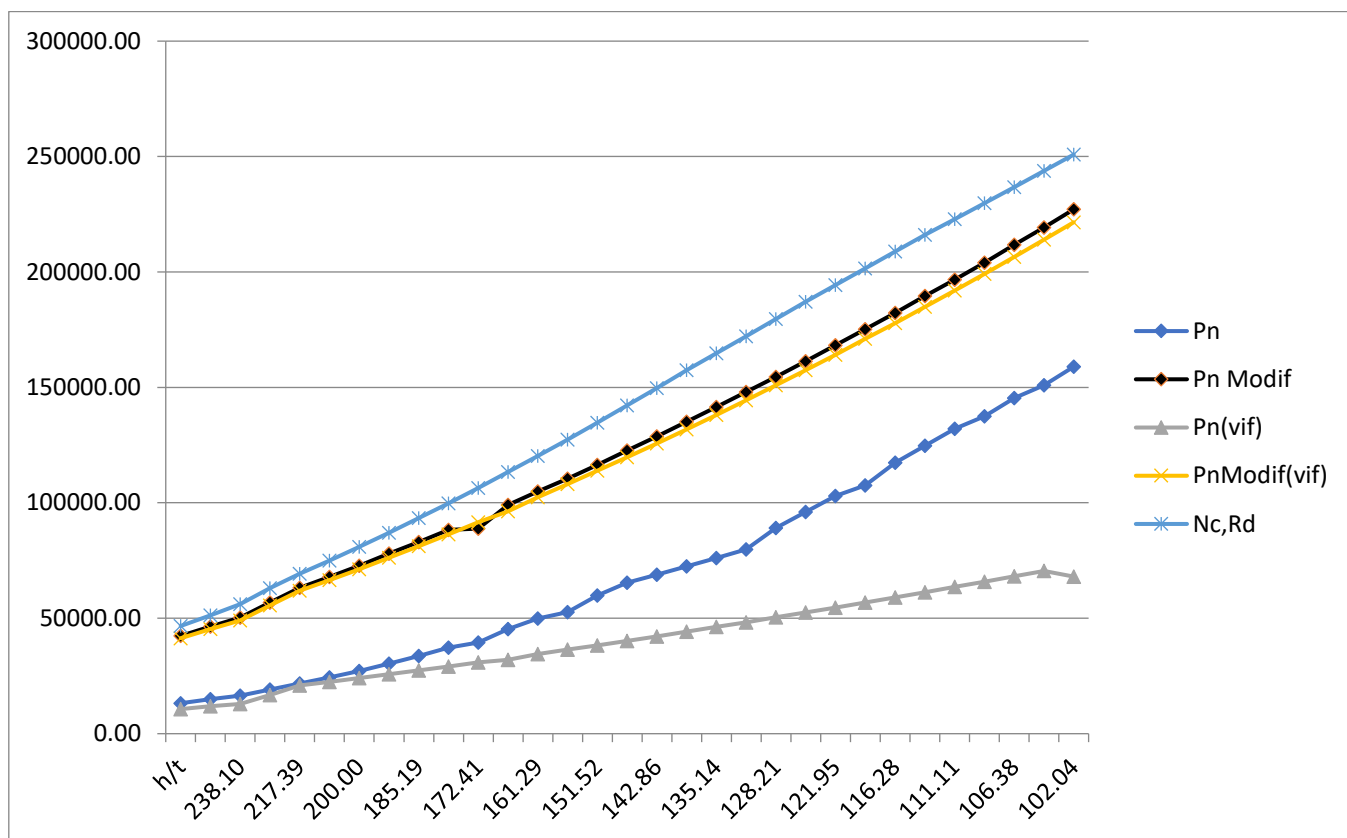


Figure 5.2-3: les courbes des résultats de résistances calculés par les deux méthodes

Dans le cas de la variation de l'épaisseur, nous remarquons que lorsque ce paramètre augmente la contrainte nominale augmente elle aussi. Notons que de l'Eurocode et la proposition nouvelle de la DSM donnent des résultats similaires ; tandis que la version ancienne de la DSM donne un écart de valeurs avec l'Eurocode et cette dernière.

Il est à signaler qu'il y a une différence de résistance exercée sur les profilés avec des coins arrondis et des coins vifs et par conséquent la résistance de l'arrondi est supérieure à celle du vif.

5.2.1.3 Cas de la variation de la largeur (b) :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin arrondi de $r=3$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 345 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, de raison arithmétique de 3mm, se situe entre les valeurs de 50mm et 140 mm incluses.

Tableau 5.2-12:résultats obtenus par program CUF5M pour les sections avec coins arrondis

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>Py</i>	<i>Pcr(Local)</i>	<i>Pcr(Dist)</i>	<i>Pcr (Global)</i>
<i>C180-50-23-1,7</i>	90.045	217.695	202183.32	52769.85	127577.67	111605.19
<i>C180-53-23-1,7</i>	89.7	228.39	208048.32	54092.56	137727.99	114010.48
<i>C180-56-23-1,7</i>	89.355	230.805	211567.32	54795.94	141538.54	125882.55
<i>C180-59-23-1,7</i>	88.665	232.53	215086.32	55277.18	144968.18	117006.96
<i>C180-62-23-1,7</i>	88.32	232.875	218605.32	55962.96	147558.59	122637.58
<i>C180-65-23-1,7</i>	87.975	232.53	222124.32	56641.70	149711.79	128165.73
<i>C180-68-23-1,7</i>	87.63	230.805	225643.32	57313.40	150955.38	133355.20
<i>C180-71-23-1,7</i>	87.285	228.735	229162.32	57978.07	151934.62	129476.71
<i>C180-74-23-1,7</i>	86.94	225.975	232681.32	58635.69	152406.26	134024.44
<i>C180-77-23-1,7</i>	86.595	222.18	236200.32	59286.28	152113.00	147625.20
<i>C180-80-23-1,7</i>	86.25	218.385	239719.32	59929.83	151742.33	142393.27
<i>C180-83-23-1,7</i>	85.905	213.9	243238.32	60566.34	150807.76	146186.23
<i>C180-86-23-1,7</i>	85.56	209.415	246757.32	61195.81	149781.69	140404.91
<i>C180-89-23-1,7</i>	85.215	204.585	250276.32	61818.25	148413.86	143658.61
<i>C180-92-23-1,7</i>	84.87	199.41	253795.32	62433.65	146693.69	146693.69
<i>C180-95-23-1,7</i>	84.525	194.235	257314.32	63042.01	144867.96	149499.62
<i>C180-98-23-1,7</i>	84.18	189.06	260833.32	63643.33	142936.66	134329.16
<i>C180-101-23-1,7</i>	83.835	183.885	264352.32	64237.61	140899.78	128475.23
<i>C180-104-23-1,7</i>	115.575	213.555	315142.70	105572.80	195073.33	188770.48
<i>C180-107-23-1,7</i>	114.885	207.345	319282.70	106321.14	191888.90	180075.44
<i>C180-110-23-1,7</i>	115.575	201.135	323422.70	108346.60	188555.43	194053.62
<i>C180-113-23-1,7</i>	113.85	195.615	327562.70	108095.69	185728.05	184745.36
<i>C180-116-23-1,7</i>	113.505	189.75	331702.70	109130.19	182436.48	176134.13
<i>C180-119-23-1,7</i>	112.815	184.23	335842.70	109820.56	179340.00	167585.51
<i>C180-122-23-1,7</i>	123.51	188.37	356981.85	127799.50	194912.09	179204.89
<i>C180-125-23-1,7</i>	129.03	211.485	377349.41	141128.68	231315.19	201504.58
<i>C180-128-23-1,7</i>	134.205	210.795	390679.00	151974.13	238704.87	209013.27
<i>C180-131-23-1,7</i>	139.38	210.105	404215.56	163303.09	246167.28	216255.32
<i>C180-134-23-1,7</i>	144.9	209.07	417959.12	175542.83	253283.22	237400.78
<i>C180-137-23-1,7</i>	150.075	208.035	431909.67	187880.71	260441.53	244892.79
<i>C180-140-23-1,7</i>	155.25	207	446067.27	200730.27	267640.36	252920.14

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins arrondis par la méthode DSM (P_n) et DSM dans sa nouvelle proposition (P_n modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-13:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis

b/t	P_{ne}	P_{nL}	P_{nd}	P_n	$P_{nL}(Modif)$	$P_{nd}(Modif)$	$P_n(modif)$
29.41	94720.5912	66060.5881	124289.503	66060.5881	107786.265	124289.503	107786.265
31.18	96930.317	67641.3975	130729.33	67641.3975	110759.111	130729.33	110759.111
32.94	104699.806	71454.5662	133576.768	71454.5662	112475.66	133576.768	112475.66
34.71	99648.1419	69393.9677	136257.308	69393.9677	114026.243	136257.308	114026.243
36.47	103667.519	71515.3631	138579.521	71515.3631	115728.43	138579.521	115728.43
38.24	107538.257	73554.6453	140715.886	73554.6453	117424.912	140715.886	117424.912
40.00	111135.313	75458.9631	142463.899	75458.9631	119115.666	142463.899	119115.666
41.76	109249.416	74920.8408	144095.331	74920.8408	120800.667	144095.331	120800.667
43.53	112507.498	76671.1809	145502.172	76671.1809	122479.891	145502.172	122479.891
45.29	120904.344	80662.1881	146565.048	80662.1881	124153.314	146565.048	124153.314
47.06	118491.178	79910.4315	147578.659	79910.4315	125820.91	147578.659	125820.91
48.82	121221.383	81404.3377	148321.489	81404.3377	127482.654	148321.489	127482.654
50.59	118251.767	80388.0999	148999.914	80388.0999	129138.522	148999.914	129138.522
52.35	120709.132	81760.7999	149494.911	81760.7999	130788.487	149494.911	130788.487
54.12	123025.611	83066.0931	149793.421	83066.0931	132432.524	149793.421	132432.524
55.88	125198.677	84303.5319	150006.594	84303.5319	134070.607	150006.594	134070.607
57.65	115718.724	80346.1767	150131.726	80346.1767	135702.71	150131.726	135702.71
59.41	111728.078	78775.6457	150165.964	78775.6457	137328.805	150165.964	137328.805
52.00	156691.211	116660.101	192024.139	116660.101	183773.986	192024.139	183773.986
53.50	152013.05	114627.584	191906.374	114627.584	185790.433	191906.374	185790.433
55.00	160995.469	119817.09	191659.376	119817.09	188602.429	191659.376	188602.429
56.50	155955.224	117238.574	191596.493	117238.574	189993.215	191596.493	189993.215
58.00	150808.176	115041.657	191252.489	115041.657	192185.919	191252.489	191252.489
59.50	145164.073	112415.684	190946.471	112415.684	194160.888	190946.471	190946.471
58.10	155076.618	123602.763	205117.919	123602.763	213158.568	205117.919	205117.919
58.14	172322.793	137061.343	228895.725	137061.343	228848.827	228895.725	228848.827
58.18	178671.541	143925.522	236623.222	143925.522	240259.316	236623.222	236623.222
58.22	184862.295	150806.013	244450.531	150806.013	251933.7	244450.531	244450.531
58.26	200036.371	162825.155	252184.155	162825.155	264095.466	252184.155	252184.155
58.30	206444.672	170090.327	260002.161	170090.327	276304.147	260002.161	260002.161
58.33	213211.734	177653.618	267903.475	177653.618	288781.395	267903.475	267903.475

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coins vifs de $r=0$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 345 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, de raison arithmétique de 3 mm, se situe entre les valeurs de 50mm et 140mm incluses.

Tableau 5.2-14: résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>Py</i>	<i>Pcr(Local)</i>	<i>Pcr(Dist)</i>	<i>Pcr (Global)</i>
<i>C180-50-23-1,7</i>	97.275	215.277	191199.00	53909.81	119306.51	104824.16
<i>C180-53-23-1,7</i>	96.862	229.37	197064.00	55327.57	131016.14	114635.27
<i>C180-56-23-1,7</i>	96.407	233.284	200583.00	56051.03	135631.32	121449.23
<i>C180-59-23-1,7</i>	95.971	235.861	204102.00	56776.44	139535.37	127951.84
<i>C180-62-23-1,7</i>	95.528	237.139	207621.00	57488.75	142710.25	126228.75
<i>C180-65-23-1,7</i>	95.105	237.194	211140.00	58204.26	145162.73	132774.01
<i>C180-68-23-1,7</i>	94.699	236.132	214659.00	58921.72	146921.33	130216.50
<i>C180-71-23-1,7</i>	94.309	234.089	218178.00	59641.01	148037.88	135890.74
<i>C180-74-23-1,7</i>	93.932	231.196	221697.00	60360.70	148566.55	141314.81
<i>C180-77-23-1,7</i>	93.566	227.617	225216.00	61079.88	148588.38	137220.52
<i>C180-80-23-1,7</i>	93.211	223.327	228735.00	61798.89	148065.80	132910.95
<i>C180-83-23-1,7</i>	92.864	218.587	232254.00	62516.04	147152.77	137057.46
<i>C180-86-23-1,7</i>	92.522	231.553	235773.00	63229.53	158243.32	140970.39
<i>C180-89-23-1,7</i>	92.16	208.219	239292.00	63922.18	144420.70	144641.26
<i>C180-92-23-1,7</i>	91.801	202.659	242811.00	64609.54	142631.40	138986.42
<i>C180-95-23-1,7</i>	91.445	197.105	246330.00	65291.73	140732.97	142063.15
<i>C180-98-23-1,7</i>	91.09	191.382	249849.00	65967.38	138598.84	144914.59
<i>C180-101-23-1,7</i>	90.734	185.741	253368.00	66635.05	136408.19	138723.02
<i>C180-104-23-1,7</i>	125.01	215.344	302220.00	109508.76	188641.34	191935.98
<i>C180-107-23-1,7</i>	124.51	208.783	306360.00	110564.88	185399.30	183429.72
<i>C180-110-23-1,7</i>	124.003	202.18	310500.00	111602.70	181962.00	175167.90
<i>C180-113-23-1,7</i>	123.452	195.906	314640.00	112588.22	178666.27	177652.13
<i>C180-116-23-1,7</i>	122.877	189.625	318780.00	113538.35	175213.50	169438.50
<i>C180-119-23-1,7</i>	122.284	183.68	322920.00	114457.82	171924.48	161507.74
<i>C180-122-23-1,7</i>	134.11	187.638	343413.00	133493.09	186774.87	183656.28
<i>C180-125-23-1,7</i>	139.968	214.05	363457.50	147456.29	225501.68	219214.39
<i>C180-128-23-1,7</i>	145.741	212.982	376464.00	159032.58	232405.96	214302.95
<i>C180-131-23-1,7</i>	151.54	211.821	389677.50	171164.43	239251.82	221950.14
<i>C180-134-23-1,7</i>	157.297	210.581	403098.00	183785.81	246042.84	216564.11
<i>C180-137-23-1,7</i>	163.052	209.274	416725.50	196950.51	252782.06	251188.84
<i>C180-140-23-1,7</i>	168.788	207.912	430560.00	210647.42	259474.18	245053.54

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins vifs par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du

logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-15:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif

<i>b/t</i>	<i>Pne</i>	<i>PnL</i>	<i>Pnd</i>	<i>Pn</i>	<i>PnL(Modif)</i>	<i>Pnd(Modif)</i>	<i>Pn(modif)</i>
29.41	89110.75	63941.30	116934.49	63941.30	104811.60	116934.49	104811.60
31.18	95968.37	67727.88	124068.30	67727.88	107861.21	124068.30	107861.21
32.94	100480.04	70108.79	127255.66	70108.79	109601.18	127255.66	109601.18
34.71	104686.54	72334.89	130132.18	72334.89	111341.95	130132.18	111341.95
36.47	104301.20	72473.29	132698.59	72473.29	113072.87	132698.59	113072.87
38.24	108519.94	74694.78	134961.81	74694.78	114805.49	134961.81	114805.49
40.00	107670.95	74628.96	136934.03	74628.96	116538.96	136934.03	116538.96
41.76	111420.57	76638.27	138634.12	76638.27	118273.23	138634.12	118273.23
43.53	114971.34	78550.18	140079.75	78550.18	120007.29	140079.75	120007.29
45.29	113307.52	78126.94	141298.85	78126.94	121740.52	141298.85	121740.52
47.06	111302.74	77534.72	142267.24	77534.72	123473.19	142267.24	123473.19
48.82	114270.35	79195.62	143043.49	79195.62	125204.08	143043.49	125204.08
50.59	117078.42	80778.86	149077.88	80778.86	126931.89	149077.88	126931.89
52.35	119730.35	82279.47	144108.77	82279.47	128644.13	144108.77	128644.13
54.12	116871.00	81291.37	144397.41	81291.37	130352.06	144397.41	130352.06
55.88	119214.92	82653.45	144596.82	82653.45	132055.72	144596.82	132055.72
57.65	121416.77	83946.74	144641.73	83946.74	133754.10	144641.73	133754.10
59.41	117965.21	82666.63	144615.15	82666.63	135446.14	144615.15	135446.14
52.00	156352.19	117955.57	184859.79	117955.57	181236.09	184859.79	181236.09
53.50	152278.02	116295.45	184730.83	116295.45	183457.12	184730.83	183457.12
55.00	147860.29	114414.43	184447.51	114414.43	185666.60	184447.51	184447.51
56.50	149924.80	115813.06	184166.46	115813.06	187844.29	184166.46	184166.46
58.00	145045.07	113624.31	183744.25	113624.31	189999.99	183744.25	183744.25
59.50	139847.33	111206.97	183338.12	111206.97	192136.37	183338.12	183338.12
58.10	157008.49	126457.85	196957.66	126457.85	211138.77	196957.66	196957.66
58.14	181581.72	144015.11	221700.25	144015.11	226867.81	221700.25	221700.25
58.18	180468.98	147102.01	229104.33	147102.01	238361.75	229104.33	229104.33
58.22	186880.86	154298.42	236547.40	154298.42	250140.28	236547.40	236547.40
58.26	184956.00	156884.15	244030.29	156884.15	262165.70	244030.29	244030.29
58.30	208105.96	173699.99	251553.55	173699.99	274462.68	251553.55	251553.55
58.33	206374.43	176605.25	259118.53	176605.25	287022.64	259118.53	259118.53

Nous avons effectué nos calculs à partir de la méthode de la largeur efficace pour déterminer les valeurs de la contrainte nominale dans le cas de variation de la largeur pour les sections en C variant dans un intervalle de 50mm jusqu'à 140 mm à raison de 3 mm.

Tableau 5.2-16: résultats de résistances des sections calculés par la largeur efficace

<i>Section</i>	<i>b/t</i>	<i>Ag</i>	<i>Ag(Vif)</i>	<i>Aeff</i>	<i>Nc,Rd</i>
<i>C180-50-23-1,7</i>	29.41	586.0386	554.2	355.35	122595.78
<i>C180-53-23-1,7</i>	31.18	603.0386	571.2	370.74	127904.25
<i>C180-56-23-1,7</i>	32.94	613.2386	581.4	375.35	129496.78
<i>C180-59-23-1,7</i>	34.71	623.4386	591.6	377.93	130387.30
<i>C180-62-23-1,7</i>	36.47	633.6386	601.8	379.49	130924.83
<i>C180-65-23-1,7</i>	38.24	643.8386	612	380.57	131295.42
<i>C180-68-23-1,7</i>	40.00	654.0386	622.2	380.35	131220.10
<i>C180-71-23-1,7</i>	41.76	664.2386	632.4	379.18	130815.74
<i>C180-74-23-1,7</i>	43.53	674.4386	642.6	379.47	130917.99
<i>C180-77-23-1,7</i>	45.29	684.6386	652.8	380.44	131251.14
<i>C180-80-23-1,7</i>	47.06	694.8386	663	381.25	131532.34
<i>C180-83-23-1,7</i>	48.82	705.0386	673.2	381.94	131767.95
<i>C180-86-23-1,7</i>	50.59	715.2386	683.4	382.50	131963.40
<i>C180-89-23-1,7</i>	52.35	725.4386	693.6	382.97	132123.36
<i>C180-92-23-1,7</i>	54.12	735.6386	703.8	383.34	132251.85
<i>C180-95-23-1,7</i>	55.88	745.8386	714	383.63	132352.34
<i>C180-98-23-1,7</i>	57.65	756.0386	724.2	383.72	132384.88
<i>C180-101-23-1,7</i>	59.41	766.2386	734.4	383.45	132288.82
<i>C180-104-23-1,7</i>	52.00	913.4571	876	510.81	176228.44
<i>C180-107-23-1,7</i>	53.50	925.4571	888	510.79	176221.12
<i>C180-110-23-1,7</i>	55.00	937.4571	900	510.69	176187.63
<i>C180-113-23-1,7</i>	56.50	949.4571	912	510.52	176130.63
<i>C180-116-23-1,7</i>	58.00	961.4571	924	510.30	176052.48
<i>C180-119-23-1,7</i>	59.50	973.4571	936	510.02	175955.28
<i>C180-122-23-1,7</i>	58.10	1034.73	995.4	556.04	191832.47
<i>C180-125-23-1,7</i>	58.14	1093.7664	1053.5	605.64	208946.36
<i>C180-128-23-1,7</i>	58.18	1132.4029	1091.2	630.38	217481.61
<i>C180-131-23-1,7</i>	58.22	1171.6393	1129.5	655.56	226167.51
<i>C180-134-23-1,7</i>	58.26	1211.4757	1168.4	681.17	235003.02
<i>C180-137-23-1,7</i>	58.30	1251.9121	1207.9	707.21	243987.10
<i>C180-140-23-1,7</i>	58.33	1292.9486	1248	733.68	253118.72

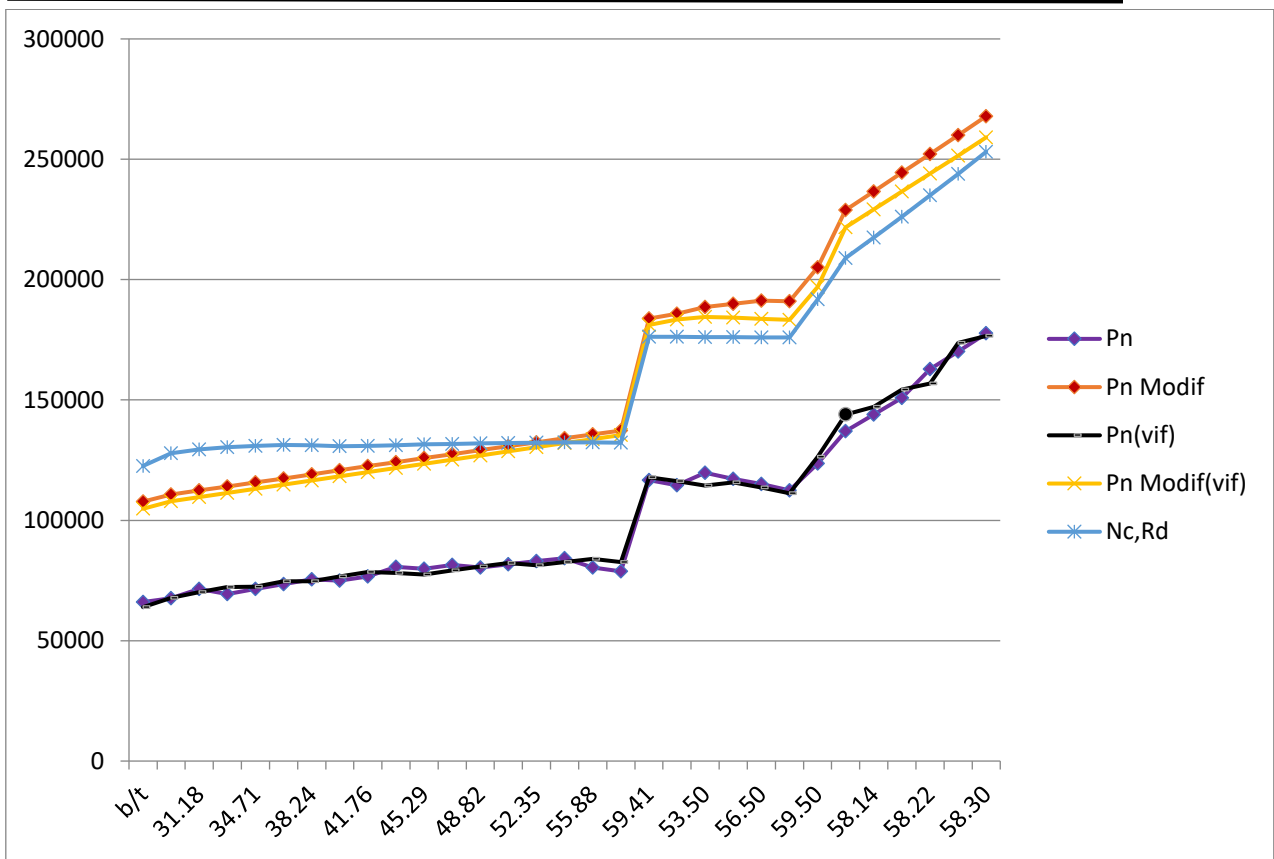


Figure 5.2-4 :les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes

Lorsque la largeur augmente la contrainte nominale prend des valeurs qui augmentent aussi, cependant dans le cas de la version nouvelle de la DSM l'augmentation est trop forte par rapport à celle de l'Eurocode et même à celle de sa version antérieure, il est à rappeler aussi que même dans ce cas la résistance des coins vifs est plus basse que celle des coins arrondis.

5.2.1.4 Cas de la variation de la largeur (b) et l'épaisseur (t) :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin arrondi de $r=3$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 320 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs de 25mm et 70 mm incluses et l'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.05mm se situe entre les valeurs de 0.45mm et 1.95 mm incluses.

Tableau 5.2-17:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins arrondis

<i>Section</i>	<i>fcr(L)ocal</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>Py</i>	<i>Pcr(Local)</i>	<i>Pcr(Dist)</i>	<i>Pcr (Global)</i>
<i>C80-25-10-0,45</i>	27.84	117.76	24296.93	2113.83	8941.27	5709.78
<i>C80-28-10-0,50</i>	33.92	131.52	27956.58	2963.40	11490.15	8582.67
<i>C80-30-10-0,55</i>	40.64	144.00	31456.22	3994.94	14155.30	11481.52
<i>C80-30-10-0,60</i>	48.32	158.08	34315.87	5181.70	16952.04	14378.35
<i>C80-30-15-0,65</i>	56.64	192.64	39255.55	6948.23	23631.84	14917.11
<i>C100-40-15-0,70</i>	42.56	155.84	51235.20	6814.28	24951.54	20186.67
<i>C100-40-15-0,75</i>	48.96	167.68	54894.85	8398.91	28764.90	23220.52
<i>C100-40-15-0,80</i>	55.68	179.84	58554.53	10188.49	32907.64	24885.67
<i>C100-40-15-0,85</i>	62.72	191.68	62214.18	12193.98	37266.29	30298.30
<i>C100-40-15-0,90</i>	70.40	203.84	65873.82	14492.24	41961.63	34452.01
<i>C100-40-15-0,95</i>	78.40	216.00	69533.47	17035.70	46935.09	36505.07
<i>C100-59-15-1,00</i>	82.88	180.16	85353.15	22106.47	48053.82	40542.75
<i>C100-60-15-1,05</i>	90.88	187.20	90292.80	25643.16	52821.29	45959.04
<i>C100-65-25-1,10</i>	98.24	229.76	105152.45	32281.80	75499.46	46161.92
<i>C100-70-25-1,15</i>	105.28	227.20	113612.13	37378.39	80664.61	50102.95
<i>C100-70-25-1,20</i>	114.56	237.44	118551.78	42441.54	87965.42	52518.44
<i>C100-70-25-1,25</i>	124.48	248.00	123491.42	48038.16	95705.85	58534.93
<i>C100-70-25-1,30</i>	134.40	258.24	128431.07	53941.05	103643.88	65114.55
<i>C100-70-25-1,35</i>	144.96	268.80	133370.75	60416.95	112031.43	67885.71
<i>C100-70-25-1,40</i>	155.84	279.36	138310.40	67357.16	120744.98	70676.61
<i>C100-70-25-1,45</i>	167.04	289.92	143250.05	74776.53	129784.54	78357.78
<i>C100-70-25-1,50</i>	178.88	300.48	148189.73	82838.06	139150.15	81207.97
<i>C100-70-25-1,55</i>	191.04	311.04	153129.38	91418.24	148841.75	95858.99
<i>C100-70-25-1,60</i>	203.52	321.60	158069.02	100531.90	158859.37	105748.18
<i>C100-70-25-1,65</i>	216.32	332.48	163008.67	110193.86	169366.01	109378.82
<i>C100-70-30-1,70</i>	228.16	360.32	173388.35	123625.89	195235.28	114609.70
<i>C100-70-30-1,75</i>	241.92	371.52	178488.00	134936.93	207224.57	118159.06
<i>C100-70-30-1,80</i>	256.00	382.72	183587.65	146870.12	219570.83	130163.64
<i>C100-70-30-1,85</i>	270.08	393.92	188687.33	159252.10	232274.10	133968.00
<i>C100-70-30-1,90</i>	285.12	405.12	193786.98	172664.20	245334.31	137976.33
<i>C100-70-30-1,95</i>	300.16	416.64	198886.62	186555.65	258950.38	161694.83

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins arrondis par la méthode DSM (P_n) et DSM dans sa nouvelle proposition (P_n modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-18:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis

<i>b/t</i>	<i>P_{ne}</i>	<i>P_{nL}</i>	<i>P_{nd}</i>	<i>P_n</i>	<i>P_{nL}(Modif)</i>	<i>P_{nd}(Modif)</i>	<i>P_n(modif)</i>
55.56	5007.48	3169.73	11506.82	3169.73	8631.97	11506.82	8631.97
56.00	7527.00	4648.68	13993.38	4648.68	10695.83	13993.38	10695.83
54.55	10069.29	6235.76	16465.54	6235.76	12873.93	16465.54	12873.93
50.00	12609.81	7906.59	18796.13	7906.59	14975.24	18796.13	14975.24
46.15	13082.31	8974.04	23612.96	8974.04	18164.12	23612.96	18164.12
57.14	17703.71	10846.68	27870.67	10846.68	21331.56	27870.67	21331.56
53.33	20364.40	12785.35	30931.05	12785.35	24072.56	30931.05	24072.56
50.00	21824.74	14312.33	34106.98	14312.33	26924.28	34106.98	26924.28
47.06	26341.26	17223.38	37336.25	17223.38	29884.54	37336.25	29884.54
44.44	29590.51	19733.12	40671.38	19733.12	33005.92	40671.38	33005.92
42.11	31329.79	21667.29	44079.05	21667.29	36229.60	44079.05	36229.60
59.00	35362.03	25661.59	49758.35	25661.59	45376.35	49758.35	45376.35
57.14	39676.47	29122.91	53592.97	29122.91	49625.68	53592.97	49625.68
59.09	40484.01	31912.26	68532.58	31912.26	59433.13	68532.58	59433.13
60.87	43940.29	35396.46	73677.03	35396.46	65825.97	73677.03	65825.97
58.33	46058.67	38105.00	78400.23	38105.00	70788.83	78400.23	70788.83
56.00	51067.80	42539.26	83241.21	42539.26	75944.61	83241.21	75944.61
53.85	56252.43	47156.89	88102.84	47156.89	81151.63	88102.84	81151.63
51.85	58605.79	50316.10	93075.52	50316.10	86545.07	93075.52	86545.07
50.00	60972.29	53545.88	98108.96	53545.88	92053.66	98108.96	92053.66
48.28	66647.49	58826.04	103199.96	58826.04	97675.43	103199.96	97675.43
46.67	69042.03	62279.74	108345.48	62279.74	103472.52	108345.48	103472.52
45.16	78466.55	70111.02	113542.52	70111.02	109376.98	113542.52	109376.98
43.75	84554.48	76049.00	118788.28	76049.00	115387.04	118788.28	115387.04
42.42	87359.55	80083.61	124127.12	80083.61	121500.90	124127.12	121500.90
41.18	92049.47	86093.71	136203.13	86093.71	131603.40	136203.13	131603.40
40.00	94847.48	90348.78	141836.62	90348.78	138189.31	141836.62	138189.31
38.89	101733.15	97358.04	147507.33	97358.04	144875.14	147507.33	144875.14
37.84	104646.06	101821.31	153212.76	101821.31	151599.12	153212.76	151599.12
36.84	107652.44	106480.99	158950.42	106480.99	158539.88	158950.42	158539.88
35.90	118856.02	116772.31	164762.47	116772.31	165515.46	164762.47	164762.47

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin vif de $r=0$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 320 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs de 25mm et 70 mm incluses et l'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.05mm se situe entre les valeurs de 0.45mm et 1.95 mm incluses.

Tableau 5.2-19:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>Py</i>	<i>Pcr(Local)</i>	<i>Pcr(Dist)</i>	<i>Pcr (Global)</i>
<i>C80-25-10-0,45</i>	34.249	124.696	21600.00	2311.81	8416.98	8390.93
<i>C80-28-10-0,50</i>	41.827	142.163	24960.00	3262.51	11088.71	10779.68
<i>C80-30-10-0,55</i>	50.273	156.981	28160.00	4424.02	13814.33	13753.87
<i>C80-30-10-0,60</i>	59.811	172.7	30720.00	5741.86	16579.20	16131.26
<i>C80-30-15-0,65</i>	70.256	224.934	35360.00	7763.29	24855.21	19624.58
<i>C100-40-15-0,70</i>	51.808	175.256	47040.00	7615.78	25762.63	24800.81
<i>C100-40-15-0,75</i>	59.462	188.762	50400.00	9365.27	29730.02	28521.68
<i>C100-40-15-0,80</i>	67.642	202.416	53760.00	11363.86	34005.89	32647.94
<i>C100-40-15-0,85</i>	76.345	216.215	57120.00	13627.58	38594.38	37217.61
<i>C100-40-15-0,90</i>	85.572	230.066	60480.00	16173.11	43482.47	39574.52
<i>C100-40-15-0,95</i>	95.322	244.067	63840.00	19016.74	48691.37	47851.67
<i>C100-59-15-1,00</i>	101.042	198.072	79360.00	25058.42	49121.86	43167.38
<i>C100-60-15-1,05</i>	111.112	205.033	84000.00	29166.90	53821.16	52117.80
<i>C100-65-25-1,10</i>	120.28	265.895	98560.00	37046.24	81895.66	60910.39
<i>C100-70-25-1,15</i>	129.467	260.522	106720.00	43177.24	86884.09	66135.05
<i>C100-70-25-1,20</i>	140.955	272.579	111360.00	49052.34	94857.49	69332.04
<i>C100-70-25-1,25</i>	152.928	284.494	116000.00	55436.40	103129.08	77253.46
<i>C100-70-25-1,30</i>	165.388	296.586	120640.00	62351.28	111812.92	80693.83
<i>C100-70-25-1,35</i>	178.334	308.696	125280.00	69817.76	120854.48	89610.04
<i>C100-70-25-1,40</i>	191.764	320.842	129920.00	77856.18	130261.85	99341.70
<i>C100-70-25-1,45</i>	205.679	333.092	134560.00	86488.02	140065.19	97023.65
<i>C100-70-25-1,50</i>	220.079	345.331	139200.00	95734.37	150218.99	100745.57
<i>C100-70-25-1,55</i>	234.963	357.672	143840.00	105615.87	160773.56	104478.63
<i>C100-70-25-1,60</i>	250.33	370.054	148480.00	116153.12	171705.06	108224.75
<i>C100-70-25-1,65</i>	266.181	382.444	153120.00	127367.61	182999.45	111984.79
<i>C100-70-30-1,70</i>	281.619	419.996	163200.00	143625.69	214197.96	134510.97
<i>C100-70-30-1,75</i>	289.387	433.023	168000.00	151928.18	227337.08	138834.68
<i>C100-70-30-1,80</i>	315.636	446.372	172800.00	170443.44	241040.88	143173.98
<i>C100-70-30-1,85</i>	333.365	459.451	177600.00	185017.58	254995.31	147528.44
<i>C100-70-30-1,90</i>	351.575	472.744	182400.00	200397.75	269464.08	151900.44
<i>C100-70-30-1,95</i>	370.265	486.165	187200.00	216605.03	284406.53	156290.36

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins vifs par la méthode DSM (P_n) et DSM dans sa nouvelle proposition (P_n modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-20: résultat de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif

b/t	P_{ne}	P_{nL}	P_{nd}	P_n	$P_{nL}(Modif)$	$P_{nd}(Modif)$	$P_n(modif)$
55.56	7358.84	4193.78	10528.11	4193.78	8293.76	10528.11	8293.76
56.00	9453.78	5571.67	12983.10	5571.67	10325.15	12983.10	10325.15
54.55	11952.65	7222.12	15372.45	7222.12	12470.06	15372.45	12470.06
50.00	13843.79	8708.82	17554.30	8708.82	14501.76	17554.30	14501.76
46.15	16633.65	10907.19	22828.26	10907.19	17703.83	22828.26	17703.83
57.14	21266.41	12699.88	27067.91	12699.88	21063.12	27067.91	21063.12
53.33	24055.90	14798.08	30031.00	14798.08	23740.93	30031.00	23740.93
50.00	26986.06	17067.40	33085.52	17067.40	26546.63	33085.52	26546.63
47.06	30047.55	19506.09	36226.13	19506.09	29476.26	36226.13	29476.26
44.44	31901.74	21532.18	39440.90	21532.18	32526.63	39440.90	32526.63
42.11	36524.47	24882.02	42732.65	24882.02	35694.47	42732.65	35694.47
59.00	36764.07	27479.85	48355.08	27479.85	45309.48	48355.08	45309.48
57.14	42786.61	31982.81	52001.60	31982.81	49614.60	52001.60	49614.60
59.09	50069.05	38483.29	68464.19	38483.29	59879.27	68464.19	59879.27
60.87	54315.38	42770.59	73486.92	42770.59	66548.90	73486.92	66548.90
58.33	56854.73	46016.64	78177.01	46016.64	71554.55	78177.01	71554.55
56.00	61874.96	50714.13	82913.66	50714.13	76697.47	82913.66	76697.47
53.85	64525.73	54229.96	87731.84	54229.96	81974.84	87731.84	81974.84
51.85	69783.23	59325.41	92608.53	59325.41	87383.45	92608.53	87383.45
50.00	75153.66	64627.03	97542.42	64627.03	92919.98	97542.42	92919.98
48.28	75303.89	66973.78	102538.35	66973.78	98581.74	102538.35	98581.74
46.67	78069.65	70920.33	107579.08	70920.33	104365.93	107579.08	104365.93
45.16	80839.54	74945.86	112675.11	74945.86	110269.67	112675.11	110269.67
43.75	83614.42	79048.82	117815.96	79048.82	116290.17	117815.96	116290.17
42.4242	86394.68	83227.61	122994.75	83227.61	122425.00	122994.75	122425.00
41.1765	98214.71	94373.18	135579.65	94373.18	132967.52	135579.65	132967.52
40	101239.38	98074.97	141052.28	98074.97	138124.54	141052.28	138124.54
38.8889	104269.27	103745.55	146586.84	103745.55	146216.67	146586.84	146216.67
37.8378	107304.22	107304.22	152114.75	107304.22	153004.21	152114.75	152114.75
36.8421	110345.07	110345.07	157686.66	110345.07	159897.32	157686.66	157686.66
35.8974	113391.93	113391.93	163289.94	113391.93	166893.53	163289.94	163289.94

Nous avons effectué nos calculs à partir de la méthode de la largeur efficace pour déterminer les valeurs de la contrainte nominale dans le cas de variation de la largeur et l'épaisseur pour les sections en C, l'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs de 25mm et 70 mm incluses et l'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.05mm se situe entre les valeurs de 0.45mm et 1.95 mm incluses.

Tableau 5.2-21 les résultats de résistances de sections calculés par la largeur efficace

<i>Section</i>	<i>b/t</i>	<i>Ag</i>	<i>Ag (Vif)</i>	<i>Aeff</i>	<i>Nc,Rd</i>
<i>C80-25-10-0,45</i>	55.56	75.9279	67.5	29.11	9316.60
<i>C80-28-10-0,50</i>	56.00	87.3643	78	35.30	11294.60
<i>C80-30-10-0,55</i>	54.55	98.3007	88	42.23	13515.18
<i>C80-30-10-0,60</i>	50.00	107.2371	96	49.82	15943.52
<i>C80-30-15-0,65</i>	46.15	122.6736	110.5	61.66	19730.86
<i>C100-40-15-0,70</i>	57.14	160.11	147	70.03	22410.67
<i>C100-40-15-0,75</i>	53.33	171.5464	157.5	79.92	25575.27
<i>C100-40-15-0,80</i>	50.00	182.9829	168	90.33	28905.90
<i>C100-40-15-0,85</i>	47.06	194.4193	178.5	101.23	32393.48
<i>C100-40-15-0,90</i>	44.44	205.8557	189	112.59	36028.84
<i>C100-40-15-0,95</i>	42.11	217.2921	199.5	124.38	39802.75
<i>C100-59-15-1,00</i>	59.00	266.7286	248	137.90	44127.94
<i>C100-60-15-1,05</i>	57.14	282.165	262.5	150.23	48074.35
<i>C100-65-25-1,10</i>	59.09	328.6014	308	173.94	55661.94
<i>C100-70-25-1,15</i>	60.87	355.0379	333.5	173.94	55661.94
<i>C100-70-25-1,20</i>	58.33	370.4743	348	203.65	65167.90
<i>C100-70-25-1,25</i>	56.00	385.9107	362.5	220.05	70416.53
<i>C100-70-25-1,30</i>	53.85	401.3471	377	236.95	75823.91
<i>C100-70-25-1,35</i>	51.85	416.7836	391.5	254.33	81384.33
<i>C100-70-25-1,40</i>	50.00	432.22	406	272.16	87092.09
<i>C100-70-25-1,45</i>	48.28	447.6564	420.5	290.44	92941.45
<i>C100-70-25-1,50</i>	46.67	463.0929	435	309.15	98926.63
<i>C100-70-25-1,55</i>	45.16	478.5293	449.5	328.26	105041.84
<i>C100-70-25-1,60</i>	43.75	493.9657	464	347.75	111281.27
<i>C100-70-25-1,65</i>	42.4242424	509.4021	478.5	367.62	117639.08
<i>C100-70-30-1,70</i>	41.1764706	541.8386	510	400.67	128214.00
<i>C100-70-30-1,75</i>	40	557.775	525	422.00	135039.23
<i>C100-70-30-1,80</i>	38.8888889	573.7114	540	443.66	141972.32
<i>C100-70-30-1,85</i>	37.8378378	589.6479	555	465.65	149007.36
<i>C100-70-30-1,90</i>	36.8421053	605.5843	570	487.93	156138.44
<i>C100-70-30-1,95</i>	35.8974359	621.5207	585	510.50	163359.62

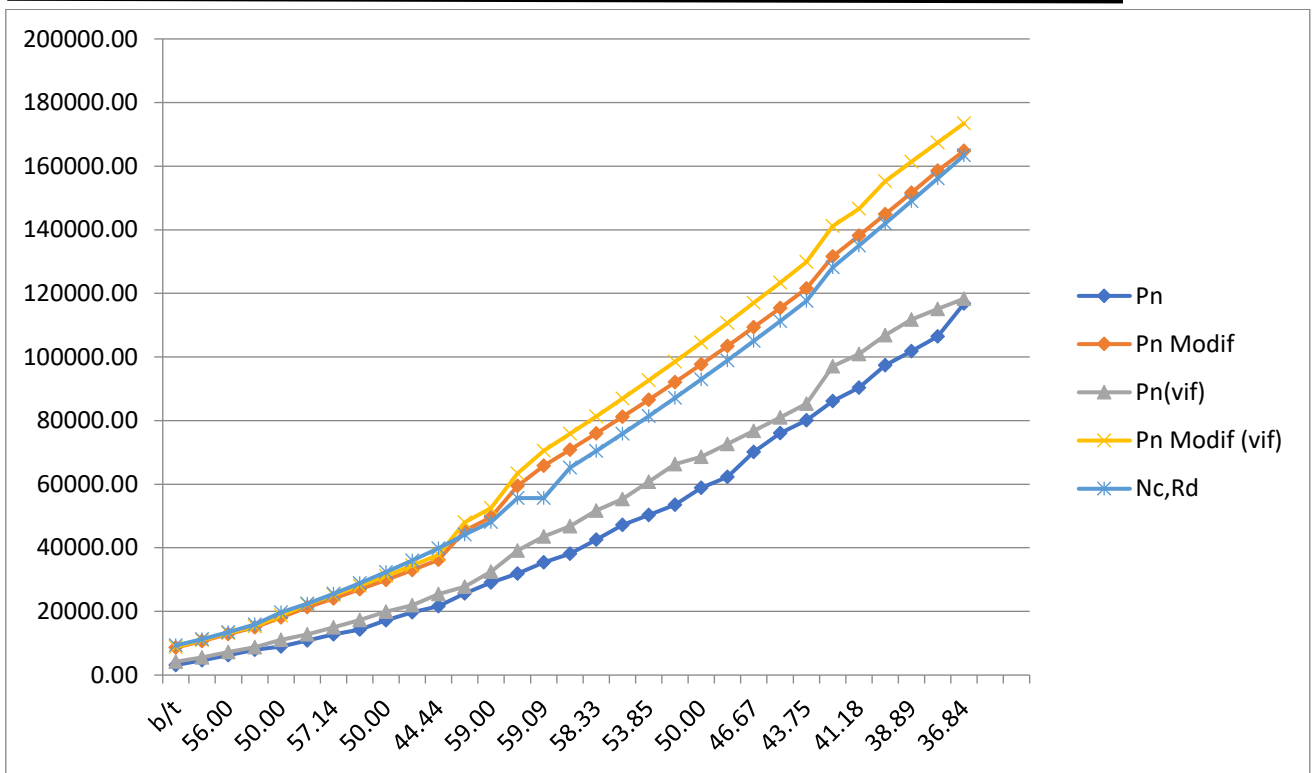


Figure 5.2-5: les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes

Dans ce cas présent où la largeur et l'épaisseur varient positivement la contrainte nominale augmente de manière rapide, les deux méthodes donnent à peu près les mêmes résultats. Il en est ainsi même avec l'emploi de la DSM dans sa nouvelle version qui se situe de manière supérieure à la version antérieure et à celle de l'Eurocode.

5.2.1.5 Cas de la variation de la largeur de raidisseur (C) :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin arrondi de $r=3$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 280 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur du raidisseur, de raison arithmétique de 1mm, se situe entre les valeurs de 10mm et 33mm incluses.

Tableau 5.2-22:résultats obtenus par program CUFMS pour les sections avec coins arrondis

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>Py</i>	<i>Pcr(Local)</i>	<i>Pcr(Dist)</i>	<i>Pcr (Global)</i>
<i>C120-50-10-1,5</i>	119.56	193.20	108666.01	46400.39	74979.55	41727.75
<i>C120-50-11-1,5</i>	119.56	203.00	109506.01	46759.07	79391.86	48730.18
<i>C120-50-12-1,5</i>	119.56	212.24	110346.01	47117.75	83642.28	57048.89
<i>C120-60-13-1,5</i>	117.32	195.72	119586.01	50106.54	83590.62	51063.23
<i>C120-60-14-1,5</i>	117.32	203.56	120426.01	50458.50	87549.71	52385.32
<i>C120-60-15-1,5</i>	117.32	211.12	121266.01	50810.46	91434.57	57358.82
<i>C120-80-16-1,5</i>	112.28	164.92	138906.01	55701.31	81815.64	47505.86
<i>C120-80-17-1,5</i>	112.28	171.08	139746.01	56038.15	85384.81	55199.67
<i>C120-80-18-1,5</i>	112.28	177.24	140586.01	56374.99	88990.95	49767.45
<i>C120-80-19-1,5</i>	112.28	182.84	141426.01	56711.83	92351.19	54307.59
<i>C120-80-20-1,5</i>	112.28	188.44	142266.01	57048.67	95745.03	48939.51
<i>C120-80-21-1,5</i>	112.28	193.48	143106.01	57385.51	98886.25	53378.54
<i>C120-80-22-1,5</i>	112.28	198.52	143946.01	57722.35	102057.72	54699.48
<i>C120-80-23-1,5</i>	112.28	203.28	144786.01	58059.19	105114.64	63705.85
<i>C120-80-24-1,5</i>	112.28	207.48	145626.01	58396.03	107908.87	50386.60
<i>C120-80-25-1,5</i>	112.28	211.40	146466.01	58732.87	110581.84	51702.50
<i>C120-80-26-1,5</i>	112.28	215.32	147306.01	59069.71	113278.32	56565.51
<i>C120-80-27-1,5</i>	112.28	218.96	148146.01	59406.55	115850.18	50814.08
<i>C120-80-28-1,5</i>	112.00	222.04	148986.01	59594.40	118145.91	59296.43
<i>C120-80-29-1,5</i>	112.00	225.12	149826.01	59930.40	120460.11	60829.36
<i>C120-80-30-1,5</i>	112.00	227.64	150666.01	60266.40	122491.47	66443.71
<i>C120-80-31-1,5</i>	112.00	230.16	151506.01	60602.40	124537.94	49087.95
<i>C120-80-32-1,5</i>	112.00	232.12	152346.01	60938.40	126294.84	53625.80
<i>C120-80-33-1,5</i>	110.04	223.72	157386.01	61852.70	125751.42	52881.70

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins arrondis par la méthode DSM (P_n) et DSM dans sa nouvelle proposition (P_n modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-23:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis

<i>c/t</i>	<i>P_{ne}</i>	<i>P_{nL}</i>	<i>P_{nd}</i>	<i>P_n</i>	<i>P_{nL}(Modif)</i>	<i>P_{nd}(Modif)</i>	<i>P_n(modif)</i>
6.67	36595.24	33603.17	69572.61	33603.17	69063.81	69572.61	69063.81
7.33	42752.04	37422.60	71678.64	37422.60	69597.68	71678.64	69597.68
8.00	49109.17	41176.28	73662.11	41176.28	70131.55	73662.11	70131.55
8.67	44782.45	39491.60	77011.03	39491.60	75499.23	77011.03	75499.23
9.33	45941.92	40269.75	78922.96	40269.75	76029.55	78922.96	76029.55
10.00	50053.98	42756.48	80763.92	42756.48	76559.87	80763.92	76559.87
10.67	41662.64	38910.68	82709.87	38910.68	86347.58	82709.87	82709.87
11.33	48410.11	43164.80	84640.21	43164.80	86869.74	84640.21	84640.21
12.00	43646.05	40316.24	86549.12	40316.24	87391.91	86549.12	86549.12
12.67	47627.76	42857.42	88314.48	42857.42	87914.07	88314.48	87914.07
13.33	42919.95	40010.44	90065.06	40010.44	88436.24	90065.06	88436.24
14.00	46812.98	42521.31	91682.27	42521.31	88958.40	91682.27	88958.40
14.67	47971.45	43312.99	93289.68	43312.99	89480.57	93289.68	89480.57
15.33	55870.03	48093.42	94829.67	48093.42	90002.74	94829.67	90002.74
16.00	44189.05	41117.33	96247.54	41117.33	90524.90	96247.54	90524.90
16.67	45343.09	41921.77	97604.11	41921.77	91047.07	97604.11	91047.07
17.33	49607.95	44639.28	98957.43	44639.28	91569.23	98957.43	91569.23
18.00	44563.95	41581.61	100251.85	41581.61	92091.40	100251.85	92091.40
18.67	52002.97	46217.19	101433.48	46217.19	92531.84	101433.48	92531.84
19.33	53347.35	47106.26	102614.70	47106.26	93053.55	102614.70	93053.55
20.00	58271.13	50081.90	103685.95	50081.90	93575.25	103685.95	93575.25
20.67	43050.13	40871.20	104757.92	40871.20	94096.96	104757.92	94096.96
21.33	47029.82	43485.97	105721.71	43485.97	94618.66	105721.71	94618.66
22.00	46377.25	43280.01	107502.49	43280.01	97140.28	107502.49	97140.28

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coins vifs de $r=0$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 280 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur du raidisseur, de raison arithmétique de 1 mm, se situe entre les valeurs de 10mm et 33mm incluses.

Tableau 5.2-24: résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>Py</i>	<i>Pcr(Local)</i>	<i>Pcr(Dist)</i>	<i>Pcr (Global)</i>
<i>C120-50-10-1,5</i>	163.085	228.582	100800.00	58710.60	82289.52	77354.64
<i>C120-50-11-1,5</i>	163.355	244.016	101640.00	59297.87	88577.81	84896.99
<i>C120-50-12-1,5</i>	163.559	258.637	102480.00	59862.59	94661.14	87441.06
<i>C120-60-13-1,5</i>	160.676	238.899	111720.00	64109.72	95320.70	92928.30
<i>C120-60-14-1,5</i>	160.781	251.51	112560.00	64633.96	101107.02	101637.26
<i>C120-60-15-1,5</i>	160.867	263.488	113400.00	65151.14	106712.64	104409.00
<i>C120-80-16-1,5</i>	154.383	200.629	131040.00	72251.24	93894.37	88059.82
<i>C120-80-17-1,5</i>	154.451	210.179	131880.00	72746.42	98994.31	95745.35
<i>C120-80-18-1,5</i>	154.507	219.309	132720.00	73236.32	103952.47	98071.55
<i>C120-80-19-1,5</i>	154.552	228.078	133560.00	73721.30	108793.21	106640.03
<i>C120-80-20-1,5</i>	154.588	236.464	134400.00	74202.24	113502.72	109322.40
<i>C120-80-21-1,5</i>	154.615	244.453	135240.00	74679.05	118070.80	112107.20
<i>C120-80-22-1,5</i>	154.634	252.042	136080.00	75152.12	122492.41	114995.86
<i>C120-80-23-1,5</i>	154.646	259.23	136920.00	75621.89	126763.47	117987.88
<i>C120-80-24-1,5</i>	154.65	266.028	137760.00	76087.80	130885.78	121083.17
<i>C120-80-25-1,5</i>	154.648	272.382	138600.00	76550.76	134829.09	124282.13
<i>C120-80-26-1,5</i>	154.639	278.217	139440.00	77010.22	138552.07	127584.61
<i>C120-80-27-1,5</i>	154.623	283.669	140280.00	77466.12	142118.17	130990.46
<i>C120-80-28-1,5</i>	154.599	288.758	141120.00	77917.90	145534.03	134500.46
<i>C120-80-29-1,5</i>	154.568	293.506	141960.00	78365.98	148807.54	138113.90
<i>C120-80-30-1,5</i>	154.53	297.652	142800.00	78810.30	151802.52	141831.51
<i>C120-80-31-1,5</i>	154.482	301.427	143640.00	79249.27	154632.05	120956.17
<i>C120-80-32-1,5</i>	154.426	304.904	144480.00	79683.82	157330.46	116517.44
<i>C120-80-33-1,5</i>	152.284	292.735	149520.00	81319.66	156320.49	108133.93

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins vifs par la méthode DSM (P_n) et DSM dans sa nouvelle proposition (P_n modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-25:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif

<i>c/t</i>	<i>P_{ne}</i>	<i>P_{nL}</i>	<i>P_{nd}</i>	<i>P_n</i>	<i>P_{nL}(Modif)</i>	<i>P_{nd}(Modif)</i>	<i>P_n(modif)</i>
6.67	58424.18	49740.60	69492.16	49740.60	71389.31	69492.16	69492.16
7.33	61580.31	51694.85	72044.60	51694.85	72025.32	72044.60	72025.32
8.00	62748.27	52513.34	74421.81	52513.34	72651.84	74421.81	72651.84
8.67	67545.90	56432.46	78484.37	56432.46	78717.72	78484.37	78484.37
9.33	70806.82	58396.33	80801.23	58396.33	79327.48	80801.23	79327.48
10.00	71975.68	59194.70	82983.10	59194.70	79934.24	82983.10	79934.24
10.67	70292.60	60291.32	85326.84	60291.32	91063.39	85326.84	85326.84
11.33	74097.34	62601.79	87660.52	62601.79	91661.11	87660.52	87660.52
12.00	75325.48	63435.34	89875.15	63435.34	92256.52	89875.15	89875.15
12.67	79070.71	65671.67	91989.84	65671.67	92849.79	91989.84	91989.84
13.33	80339.25	66517.14	94007.83	66517.14	93441.28	94007.83	93441.28
14.00	81624.93	67369.35	95933.15	67369.35	94030.98	95933.15	94030.98
14.67	82926.33	68227.58	97771.01	68227.58	94619.05	97771.01	94619.05
15.33	84241.41	69090.75	99526.29	69090.75	95205.68	99526.29	95205.68
16.00	85568.36	69957.67	101205.15	69957.67	95790.62	101205.15	95790.62
16.67	86905.63	70827.72	102803.16	70827.72	96374.28	102803.16	96374.28
17.33	88251.58	71699.82	104312.77	71699.82	96956.41	104312.77	96956.41
18.00	89604.67	72573.09	105757.86	72573.09	97536.99	105757.86	97536.99
18.67	90963.74	73446.71	107143.77	73446.71	98115.77	107143.77	98115.77
19.33	92327.26	74319.99	108475.71	74319.99	98692.93	108475.71	98692.93
20.00	93694.23	75192.38	109717.83	75192.38	99268.46	109717.83	99268.46
20.67	87379.95	71910.22	110905.39	71910.22	99841.65	110905.39	99841.65
21.33	85982.56	71269.59	112049.88	71269.59	100412.91	112049.88	100412.91
22.00	83821.38	70539.49	114134.63	70539.49	103413.91	114134.63	103413.91

Nous avons effectué nos calculs à partir de la méthode de la largeur efficace pour déterminer les valeurs de la contrainte nominale dans le cas de variation de la largeur du raidisseur pour les sections en C variant dans un intervalle de 10mm jusqu'à 33 mm à raison de 1 mm.

Tableau 5.2-26: les résultats de résistance de sections obtenus par la largeur efficace

<i>Section</i>	<i>c/t</i>	<i>Ag</i>	<i>Ag (Vif)</i>	<i>Aeff</i>	<i>Nc,Rd</i>
<i>C120-50-10-1,5</i>	6.67	388.0929	360	258.49	72378.51
<i>C120-50-11-1,5</i>	7.33	391.0929	363	263.33	73731.84
<i>C120-50-12-1,5</i>	8.00	394.0929	366	267.99	75037.90
<i>C120-60-13-1,5</i>	8.67	427.0929	399	284.77	79735.05
<i>C120-60-14-1,5</i>	9.33	430.0929	402	289.06	80935.90
<i>C120-60-15-1,5</i>	10.00	433.0929	405	293.24	82108.05
<i>C120-80-16-1,5</i>	10.67	496.0929	468	302.57	84719.61
<i>C120-80-17-1,5</i>	11.33	499.0929	471	306.58	85843.66
<i>C120-80-18-1,5</i>	12.00	502.0929	474	310.53	86947.50
<i>C120-80-19-1,5</i>	12.67	505.0929	477	314.41	88033.99
<i>C120-80-20-1,5</i>	13.33	508.0929	480	318.23	89105.48
<i>C120-80-21-1,5</i>	14.00	511.0929	483	322.01	90163.97
<i>C120-80-22-1,5</i>	14.67	514.0929	486	325.75	91211.11
<i>C120-80-23-1,5</i>	15.33	517.0929	489	329.13	92156.80
<i>C120-80-24-1,5</i>	16.00	520.0929	492	330.21	92457.55
<i>C120-80-25-1,5</i>	16.67	523.0929	495	331.19	92732.38
<i>C120-80-26-1,5</i>	17.33	526.0929	498	332.09	92984.56
<i>C120-80-27-1,5</i>	18.00	529.0929	501	332.92	93216.81
<i>C120-80-28-1,5</i>	18.67	532.0929	504	333.68	93431.43
<i>C120-80-29-1,5</i>	19.33	535.0929	507	337.04	94370.56
<i>C120-80-30-1,5</i>	20.00	538.0929	510	339.25	94989.29
<i>C120-80-31-1,5</i>	20.67	541.0929	513	341.17	95529.00
<i>C120-80-32-1,5</i>	21.33	544.0929	516	342.93	96021.57
<i>C120-80-33-1,5</i>	22.00	562.0929	534	343.52	96184.39

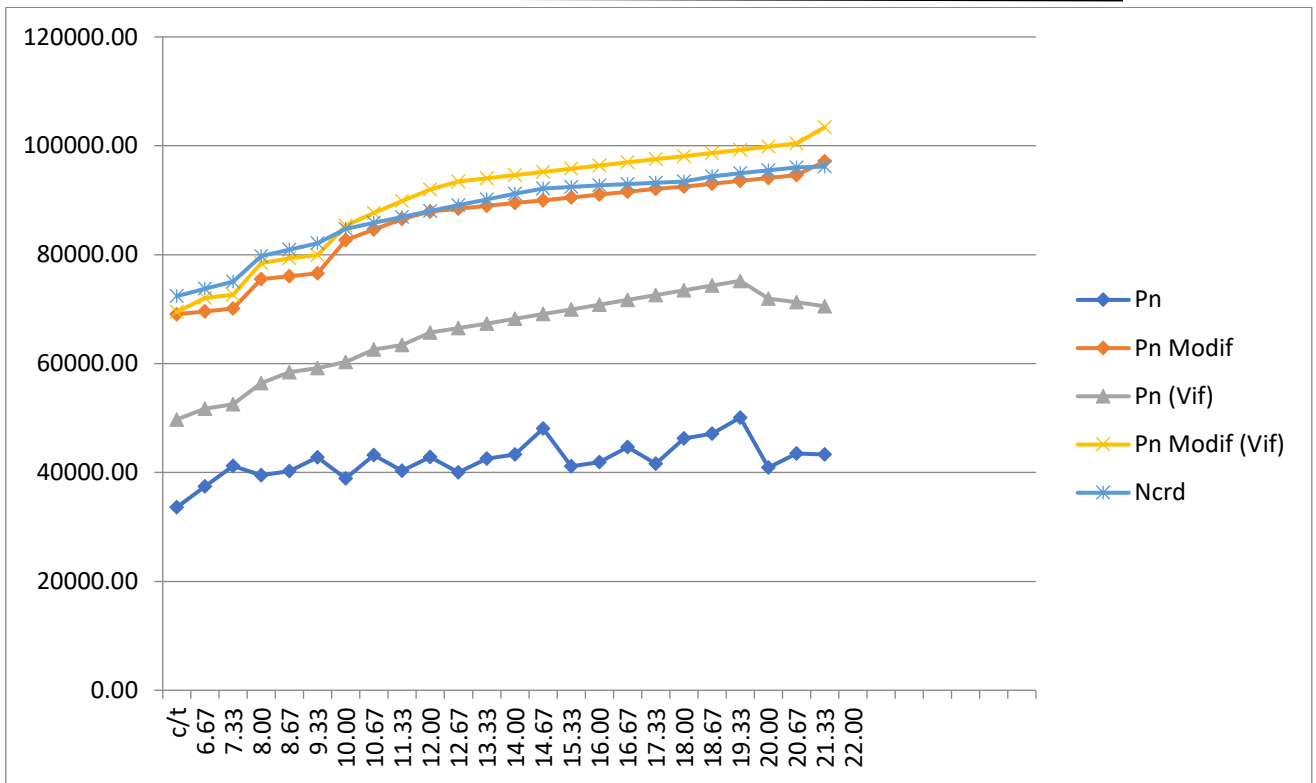


Figure 5.2-6 : les courbes des résultats de résistances obtenus par les deux méthodes

Nous constatons que lorsque le raidisseur varie selon une progression constante la contrainte nominale, dans les deux cas d'application, augmente de manière lente mais continue contrairement au cas précédent. Remarquons que la version antérieure de DSM donne des valeurs plus ou moins constante à la contrainte nominale au cours de la série de variation du paramètre considéré, et que la courbe obtenue selon la méthode DSM se situe toujours au-dessus de celle obtenue à partir de la méthode Eurocode.

5.2.2 Cas de flexion pour les sections en C :

5.2.2.1 Cas de la variation de la hauteur (h) :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin arrondi de $r=3$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 355 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la hauteur, de raison arithmétique de 5mm, se situe entre les valeurs de 200mm et 350 mm incluses.

Tableau 5.2-27: résultats obtenus par program CUF5M pour les sections avec coins arrondis

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>My</i>	<i>Mcr(Local)</i>	<i>Mcr(Dist)</i>	<i>Mcr (Global)</i>
<i>C200-105-32-1.8</i>	241.76	341.51	21999166.04	14981432.07	21163197.73	18809286.96
<i>C205-105-32-1.8</i>	240.69	337.61	22675064.95	15373694.04	21563986.77	20498258.72
<i>C210-105-32-1.8</i>	239.63	333.70	23356483.41	15765626.30	21955094.40	22305441.65
<i>C215-105-32-1.8</i>	238.56	329.80	24043408.23	16157170.33	22336326.24	23009541.67
<i>C220-105-32-1.8</i>	237.50	325.89	24735827.35	16548268.50	22707489.51	22460131.23
<i>C225-105-32-1.8</i>	236.08	322.34	25433729.80	16913430.32	23093826.66	24441814.34
<i>C230-105-32-1.8</i>	234.66	318.79	26137105.50	17276626.74	23471120.74	25170032.60
<i>C235-105-32-1.8</i>	233.24	315.24	26845945.26	17637786.03	23839199.39	24483502.07
<i>C240-105-32-1.8</i>	231.46	311.69	27560240.58	17969276.86	24197891.23	25162499.65
<i>C245-105-32-1.8</i>	229.33	308.14	28279983.62	18268869.42	24547025.79	27403304.13
<i>C250-105-32-1.8</i>	227.20	304.95	29005167.26	18563307.04	24915438.67	26568733.21
<i>C255-105-32-1.8</i>	224.72	301.40	29735784.77	18822751.76	25245681.27	28903182.80
<i>C260-105-32-1.8</i>	221.88	298.20	30471830.09	19044893.81	25596337.28	27973140.02
<i>C265-105-32-1.8</i>	218.33	295.01	31213297.50	19196177.96	25938250.23	28685020.41
<i>C270-105-32-1.8</i>	214.78	291.81	31960181.72	19335909.94	26271269.37	29371407.00
<i>C275-105-32-1.8</i>	210.87	288.97	32712477.84	19431211.84	26627956.96	30095479.61
<i>C280-105-32-1.8</i>	206.97	285.78	33470181.28	19513115.69	26943495.93	30826036.96
<i>C285-105-32-1.8</i>	202.71	282.94	34233287.86	19547207.37	27283930.43	33548622.11
<i>C290-105-32-1.8</i>	198.45	276.19	35001793.60	19566002.62	27231395.42	32271653.70
<i>C295-105-32-1.8</i>	194.19	276.55	35775694.81	19569305.06	27869266.26	32985190.62
<i>C300-105-32-1.8</i>	189.57	273.71	36554987.97	19520363.58	28183895.73	35933553.18
<i>C305-105-32-1.8</i>	185.31	270.87	37339669.92	19491307.70	28490168.15	34800572.37
<i>C310-105-32-1.8</i>	181.05	268.03	38129737.62	19446166.19	28787951.90	35193747.82
<i>C315-105-32-1.8</i>	176.44	265.19	38925188.25	19345818.56	29077115.62	35927948.75
<i>C320-105-32-1.8</i>	172.53	262.35	39726019.08	19306845.27	29357528.10	36667115.61
<i>C325-105-32-1.8</i>	168.27	259.51	40532227.63	19212275.90	29629058.40	37370713.88
<i>C330-105-32-1.8</i>	164.37	256.67	41343811.59	19142184.77	29891575.78	40682310.61
<i>C335-105-32-1.8</i>	160.11	253.83	42160768.72	19014506.69	30144949.64	41486196.42
<i>C340-105-32-1.8</i>	156.56	250.99	42983096.94	18955545.75	30389049.53	37051429.56
<i>C345-105-32-1.8</i>	152.65	248.50	43810794.24	18838641.52	30667555.97	35355310.95
<i>C350-105-32-1.8</i>	149.10	245.66	44643858.79	18750420.69	30893550.28	38438362.42

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins arrondis par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies FSM et non pas par cFSM (nous n'avons pas utilisé la méthode de classification des modes d'instabilités) qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-28:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis

<i>h/t</i>	<i>Mne</i>	<i>MnL</i>	<i>Mnd</i>	<i>Mn</i>	<i>MnL (Modif)</i>	<i>Pnd (Modif)</i>	<i>Pn (Modif)</i>
111.11	16502154.0	13585079.5	16921230.2	13585079.5	16438663.7	16921230.2	16438663.7
113.89	17452838.7	14224105.4	17368471.4	14224105.4	16918231.8	17368471.4	16918231.8
116.67	18403175.8	14859814.8	17814830.1	14859814.8	17400306.4	17814830.1	17400306.4
119.44	18960660.8	15282792.1	18260162.2	15282792.1	17884850.7	18260162.2	17884850.7
122.22	19076196.9	15467886.2	18704321.5	15467886.2	18371829.0	18704321.5	18371829.0
125.00	20091212.2	16128207.9	19154913.6	16128207.9	18851527.6	19154913.6	18851527.6
127.78	20664273.1	16550061.5	19604622.6	16550061.5	19332977.2	19604622.6	19332977.2
130.56	20743536.9	16707598.9	20053317.6	16707598.9	19816130.0	20053317.6	19816130.0
133.33	21305680.0	17113801.0	20500865.3	17113801.0	20290297.4	20500865.3	20290297.4
136.11	22414577.6	17799203.5	20947130.2	17799203.5	20754412.4	20947130.2	20754412.4
138.89	22454806.3	17916306.2	21401246.0	17916306.2	21218697.7	21401246.0	21218697.7
141.67	23597671.0	18603310.7	21844857.8	18603310.7	21671335.8	21844857.8	21671335.8
144.44	23612615.3	18684712.5	22296699.4	18684712.5	22111074.6	22296699.4	22111074.6
147.22	24198597.5	19041760.8	22747377.7	19041760.8	22523985.2	22747377.7	22523985.2
150.00	24777631.2	19390015.3	23196768.8	19390015.3	22933306.4	23196768.8	22933306.4
152.78	25372802.2	19730092.4	23655684.4	19730092.4	23325298.0	23655684.4	23325298.0
155.56	25972692.0	20066209.3	24102477.4	20066209.3	23712266.4	24102477.4	23712266.4
158.33	27255527.8	20728343.1	24559253.9	20728343.1	24079368.1	24559253.9	24079368.1
161.11	27173937.4	20694086.5	24882182.9	20694086.5	24439775.2	24882182.9	24439775.2
163.89	27774762.1	20996279.6	25444739.1	20996279.6	24793123.5	25444739.1	24793123.5
166.67	29139131.7	21652215.8	25897237.1	21652215.8	25122711.0	25897237.1	25122711.0
169.44	29123082.8	21633356.4	26348316.6	21633356.4	25460155.3	26348316.6	25460155.3
172.22	29616171.9	21856472.1	26797860.2	21856472.1	25789317.8	26797860.2	25789317.8
175.00	30234015.2	22116112.6	27245748.5	22116112.6	26091458.0	27245748.5	26091458.0
177.78	30856037.5	22398556.5	27691859.5	22398556.5	26421012.1	27691859.5	26421012.1
180.56	31467536.5	22650742.6	28136069.2	22650742.6	26722592.0	28136069.2	26722592.0
183.33	32969646.0	23324437.8	28578251.0	23324437.8	27034460.9	28578251.0	27034460.9
186.11	33621128.9	23570552.9	29018275.9	23570552.9	27315917.7	29018275.9	27315917.7
188.89	32368755.4	22967344.8	29456012.0	22967344.8	27630219.4	29456012.0	27630219.4
191.67	31922960.1	22711102.2	29907878.0	22711102.2	27913133.9	29907878.0	27913133.9
194.44	33600839.5	23447533.9	30341099.2	23447533.9	28209076.5	30341099.2	28209076.5

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coins vifs de $r=0$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 355 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la hauteur, de raison arithmétique de 5 mm, se situe entre les valeurs de 200mm et 350mm incluses.

Tableau 5.2-29: résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif

<i>section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>My</i>	<i>Mcr(Local)</i>	<i>Mcr(Dist)</i>	<i>Mcr (Global)</i>
C200-105-32-1.8	265.7	336.076	20599519.68	15417725.01	19501420.21	16741200.63
C205-105-32-1.8	264.592	332.095	21249492.52	15837875.28	19878451.32	17277932.44
C210-105-32-1.8	263.429	328.239	21904952.45	16254647.09	20253689.26	17820203.30
C215-105-32-1.8	262.195	324.432	22565888.22	16666656.51	20622806.33	18366598.90
C220-105-32-1.8	260.751	320.721	23232289.53	17064345.71	20988966.56	18918020.64
C225-105-32-1.8	259.2	317.062	23904146.98	17453394.08	21349568.03	19473193.49
C230-105-32-1.8	257.385	313.559	24581452.09	17822245.20	21711931.08	20034645.13
C235-105-32-1.8	255.316	310.02	25264196.92	18170010.43	22063116.42	20597650.67
C240-105-32-1.8	252.917	306.631	25952374.40	18489568.10	22416345.11	21166610.35
C245-105-32-1.8	250.087	303.265	26645977.91	18771303.32	22762795.75	21738464.31
C250-105-32-1.8	246.787	299.961	27345001.34	19009551.68	23105447.74	22313983.27
C255-105-32-1.8	243.014	296.698	28049439.17	19201144.82	23442852.12	22892530.02
C260-105-32-1.8	238.821	293.549	28759286.20	19347384.48	23781013.25	23476245.83
C265-105-32-1.8	234.276	290.324	29474537.71	19451202.25	24104692.08	24057532.82
C270-105-32-1.8	229.407	287.159	30195189.24	19512641.63	24424846.05	24649821.47
C275-105-32-1.8	224.35	284.011	30921236.73	19541350.59	24737947.51	25240613.58
C280-105-32-1.8	219.204	280.893	31652676.35	19544769.77	25045113.29	25833755.33
C285-105-32-1.8	213.982	277.842	32389504.59	19523298.51	25349759.82	26430109.46
C290-105-32-1.8	208.738	274.855	33131718.11	19481263.59	25651882.76	27029508.93
C295-105-32-1.8	203.568	271.859	33879313.92	19427448.38	25944778.60	27629487.13
C300-105-32-1.8	198.339	268.92	34632289.12	19349108.71	26234690.68	28232339.65
C305-105-32-1.8	191.381	265.99	35390641.04	19079144.43	26517060.88	28835895.55
C310-105-32-1.8	188.403	263.127	36154367.13	19187580.93	26797718.76	29442588.94
C315-105-32-1.8	183.591	260.27	36923465.16	19095256.03	27070620.50	30049564.06
C320-105-32-1.8	178.87	257.432	37697932.80	18994448.56	27337054.19	30657339.44
C325-105-32-1.8	174.292	254.611	38477768.08	18891175.08	27596797.21	31265625.30
C330-105-32-1.8	169.86	251.804	39262969.01	18786501.17	27849500.42	31874452.44
C335-105-32-1.8	165.526	249.017	40053533.81	18675778.13	28095805.15	32486010.94
C340-105-32-1.8	161.38	246.18	40849460.74	18569819.65	28327662.66	33094852.27
C345-105-32-1.8	157.303	243.402	41650748.21	18455739.85	28557395.54	33705428.02
C350-105-32-1.8	153.39	240.621	42457394.69	18345182.45	28777861.32	34314783.98

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins vifs par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du

logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies FSM et non pas par cFSM (nous n'avons pas utilisé la méthode de classification des modes d'instabilités) qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-30:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif

<i>h/t</i>	<i>Mne</i>	<i>MnL</i>	<i>Mnd</i>	<i>Mn(Vif)</i>	<i>Mnl (Modif)</i>	<i>Mnd(Modif)</i>	<i>Mn(modif vif)</i>
111.11	15065188.6	12903240.8	15752638.7	12903240.8	15894560.2	15752638.7	15752638.7
113.89	15544507.8	13294382.7	16179283.2	13294382.7	16372909.6	16179283.2	16179283.2
116.67	16028339.7	13687112.4	16607333.9	13687112.4	16852797.6	16607333.9	16607333.9
119.44	16516020.4	14080647.8	17035463.7	14080647.8	17333712.1	17035463.7	17035463.7
122.22	17007966.5	14472537.6	17464586.4	14472537.6	17812243.2	17464586.4	17464586.4
125.00	17503581.6	14863976.3	17893872.2	14863976.3	18290334.8	17893872.2	17893872.2
127.78	18004038.0	15252331.0	18325556.7	15252331.0	18763809.0	18325556.7	18325556.7
130.56	18507137.7	15636001.4	18755581.1	15636001.4	19232224.4	18755581.1	18755581.1
133.33	19014922.7	16013993.2	19188051.3	16013993.2	19692861.5	19188051.3	19188051.3
136.11	19525970.8	16382549.7	19620155.9	16382549.7	20141994.9	19620155.9	19620155.9
138.89	20040638.2	16739941.7	20052801.6	16739941.7	20577194.6	20052801.6	20052801.6
141.67	20558628.5	17084691.9	20485482.9	17084691.9	20996816.1	20485482.9	20485482.9
144.44	21080932.3	17417269.2	20920136.2	17417269.2	21400773.4	20920136.2	20920136.2
147.22	21604028.7	17736108.9	21351698.2	17736108.9	21789553.0	21351698.2	21351698.2
150.00	22134137.6	18044103.4	21783721.7	18044103.4	22162510.7	21783721.7	21783721.7
152.78	22665468.5	18340520.5	22214982.1	18340520.5	22522730.4	22214982.1	22214982.1
155.56	23199801.0	18628232.0	22645800.3	18628232.0	22872602.8	22645800.3	22645800.3
158.33	23737533.1	18907195.5	23077304.9	18907195.5	23211805.9	23077304.9	23077304.9
161.11	24278585.5	19178397.0	23509475.0	19178397.0	23541636.5	23509475.0	23509475.0
163.89	24821811.8	19443858.6	23939936.1	19443858.6	23865386.9	23939936.1	23865386.9
166.67	25368273.7	19699569.0	24370819.7	19699569.0	24177300.5	24370819.7	24177300.5
169.44	25916959.5	19885740.3	24800472.3	19885740.3	24402889.9	24800472.3	24402889.9
172.22	26468996.6	20203493.7	25230930.6	20203493.7	24794162.5	25230930.6	24794162.5
175.00	27023052.1	20448281.9	25659983.6	20448281.9	25094891.4	25659983.6	25094891.4
177.78	27579360.7	20687729.3	26088035.4	20687729.3	25389886.2	26088035.4	25389886.2
180.56	28137779.6	20923895.5	26514946.5	20923895.5	25681795.4	26514946.5	25681795.4
183.33	28698314.9	21157173.8	26940527.0	21157173.8	25971080.6	26940527.0	25971080.6
186.11	29261985.3	21386230.0	27364955.1	21386230.0	26255425.4	27364955.1	26255425.4
188.89	29826225.7	21614048.5	27785112.0	21614048.5	26540097.5	27785112.0	26540097.5
191.67	30393113.9	21836516.7	28205586.8	21836516.7	26818654.6	28205586.8	26818654.6
194.44	30961247.6	22057642.8	28623598.6	22057642.8	27096931.6	28623598.6	27096931.6

Nous avons effectué nos calculs à partir de la méthode de la largeur efficace pour déterminer les valeurs de la contrainte nominale dans le cas de variation de la hauteur pour les sections en C variant dans un intervalle de 200mm jusqu'à 350 mm à raison de 5 mm.

Tableau 5.2-31 : résultats de résistances des sections calculés par la largeur efficace

<i>section</i>	<i>h/t</i>	<i>SY</i>	<i>Sy (Vif)</i>	<i>Ieff</i>	<i>Weff</i>	<i>Mc,Rd</i>
<i>C200-105-32-1.8</i>	111.11	61969.48	58026.816	4632364.11	40073.35	14025673.78
<i>C205-105-32-1.8</i>	113.89	63873.42	59857.7254	4883045.04	41123.50	14393225.67
<i>C210-105-32-1.8</i>	116.67	65792.91	61704.0914	5140772.49	42174.36	14761024.68
<i>C215-105-32-1.8</i>	119.44	67727.91	63565.8823	5405568.15	43225.88	15129059.75
<i>C220-105-32-1.8</i>	122.22	69678.39	65443.0691	5677453.29	44278.06	15497320.91
<i>C225-105-32-1.8</i>	125.00	71644.31	67335.6253	5956448.78	45330.85	15865799.24
<i>C230-105-32-1.8</i>	127.78	73625.65	69243.527	6242575.13	46384.25	16234486.76
<i>C235-105-32-1.8</i>	130.56	75622.38	71166.7519	6535852.51	47438.22	16603376.38
<i>C240-105-32-1.8</i>	133.33	77634.48	73105.28	6836300.76	48492.75	16972461.82
<i>C245-105-32-1.8</i>	136.11	79661.93	75059.0927	7143939.43	49547.82	17341737.55
<i>C250-105-32-1.8</i>	138.89	81704.70	77028.1728	7458787.78	50603.42	17711198.71
<i>C255-105-32-1.8</i>	141.67	83762.77	79012.5047	7780864.82	51659.55	18080841.08
<i>C260-105-32-1.8</i>	144.44	85836.14	81012.0738	8110189.27	52716.17	18450661.04
<i>C265-105-32-1.8</i>	147.22	87924.78	83026.8668	8446779.67	53773.30	18820655.46
<i>C270-105-32-1.8</i>	150.00	90028.68	85056.8711	8790654.27	54830.92	19190821.72
<i>C275-105-32-1.8</i>	152.78	92147.82	87102.0753	9141831.17	55889.02	19561157.63
<i>C280-105-32-1.8</i>	155.56	94282.20	89162.4686	9500328.21	56947.60	19931661.41
<i>C285-105-32-1.8</i>	158.33	96431.80	91238.0411	9866163.07	58006.66	20302331.66
<i>C290-105-32-1.8</i>	161.11	98596.60	93328.7834	10239353.25	59066.19	20673167.31
<i>C295-105-32-1.8</i>	163.89	100776.61	95434.6871	10619916.06	60126.19	21044167.6
<i>C300-105-32-1.8</i>	166.67	102971.80	97555.744	11007868.63	61186.66	21415332.04
<i>C305-105-32-1.8</i>	169.44	105182.17	99691.9466	11403227.98	62247.60	21786660.41
<i>C310-105-32-1.8</i>	172.22	107407.71	101843.2877	11806010.92	63309.01	22158152.73
<i>C315-105-32-1.8</i>	175.00	109648.42	104009.761	12216234.14	64370.88	22529809.22
<i>C320-105-32-1.8</i>	177.78	111904.28	106191.36	12633914.21	65433.23	22901630.29
<i>C325-105-32-1.8</i>	180.56	114175.29	108388.0791	13059067.54	66496.05	23273616.54
<i>C330-105-32-1.8</i>	183.33	116461.44	110599.9127	13491710.41	67559.34	23645768.72
<i>C335-105-32-1.8</i>	186.11	118762.73	112826.8558	13931858.99	68623.11	24018087.73
<i>C340-105-32-1.8</i>	188.89	121079.15	115068.9035	14379529.34	69687.36	24390574.58
<i>C345-105-32-1.8</i>	191.67	123410.69	117326.0513	14834737.39	70752.09	24763230.44
<i>C350-105-32-1.8</i>	194.44	125757.35	119598.2949	15297498.96	71817.30	25136056.54

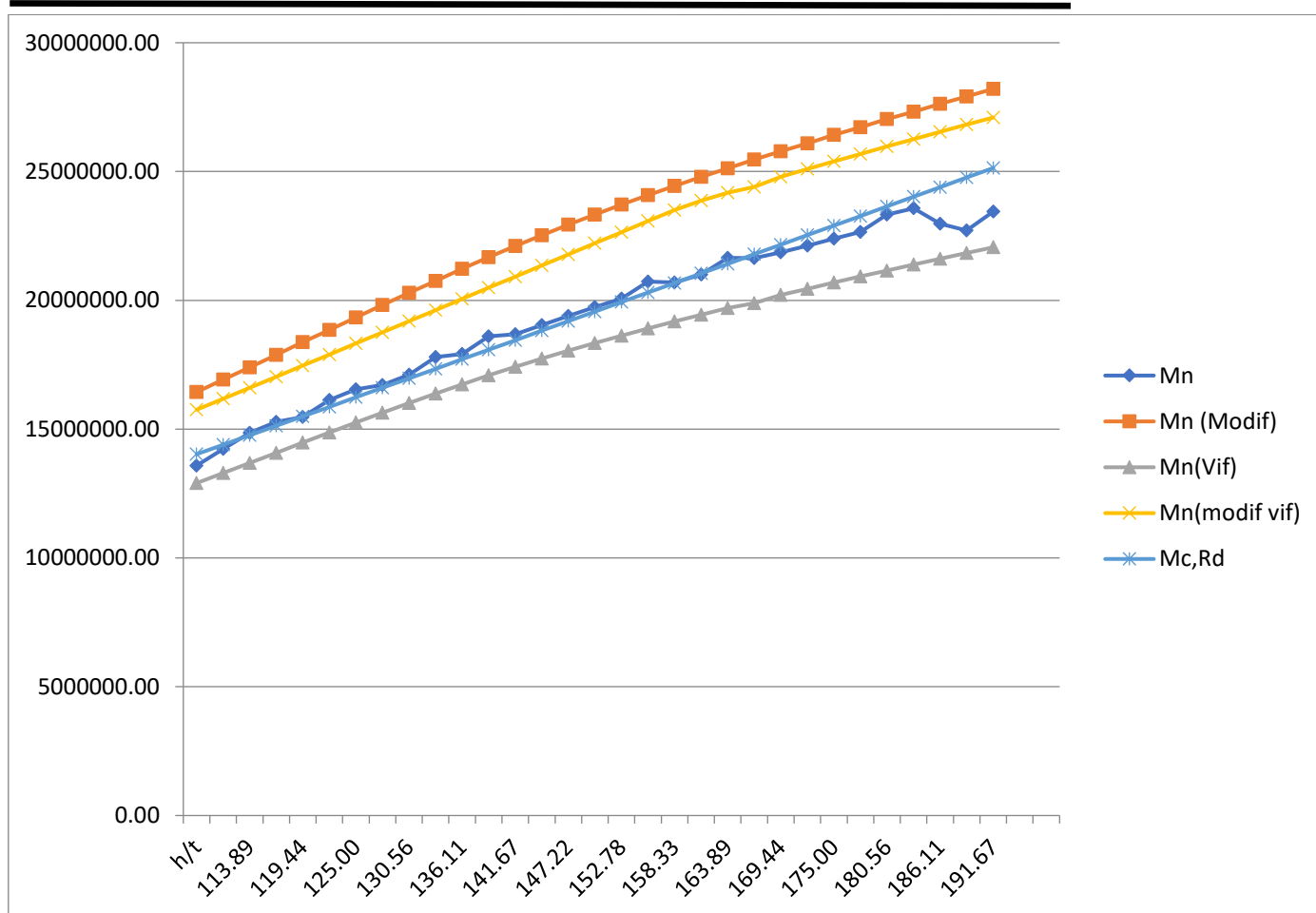


Figure 5.2-7 les courbes des résultats de résistances obtenus par les deux méthodes

Nous observons dans les conditions précisées que la contrainte nominale augmente en suivant une courbe ascendante quelle que soit la méthode appliquée et quel que soit le type de coins de la section. Toutefois en ce qui concerne l'application de la DSM dans sa nouvelle version la courbe reste supérieure à celle de l'Eurocode.

5.2.2.2 Cas de la variation de la largeur l'épaisseur (t) :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin arrondi de $r=3 \text{ mm}$ et soumises à une charge de $F_{yb} = 350 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les

valeurs de 59mm et 70 mm incluses et l'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.05mm se situe entre les valeurs de 1mm et 2.50 mm incluses.

Tableau 5.2-32: résultats obtenus par program CUFMSM pour les sections avec coins arrondis

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>My</i>	<i>Mcr(Local)</i>	<i>Mcr(Dist)</i>	<i>Mcr (Global)</i>
<i>C250-59-20-1,00</i>	92.05	205.80	11121446.18	2924940.34	6539410.35	6283617.09
<i>C250-60-20-1,05</i>	101.15	214.90	11771598.51	3401991.97	7227761.49	6403749.59
<i>C250-60-20-1,10</i>	116.55	229.95	12332150.81	4106606.22	8102223.08	7386958.34
<i>C250-65-25-1,15</i>	119.70	254.80	13738340.95	4698512.60	10001512.21	8586463.09
<i>C250-70-28-1,20</i>	128.10	269.15	15064287.91	5513529.38	11584437.40	9641144.26
<i>C250-70-28-1,25</i>	138.95	281.40	15691966.61	6229710.74	12616341.15	10748997.1
<i>C250-70-28-1,30</i>	150.15	293.30	16319645.27	7001127.82	13675862.73	11211596.3
<i>C250-70-28-1,35</i>	162.05	305.20	16947323.93	7846610.98	14778066.46	12456283.1
<i>C250-70-28-1,40</i>	173.95	317.10	17575002.59	8734776.28	15922952.34	13831527
<i>C250-70-28-1,45</i>	186.90	329.35	18202681.25	9720231.78	17128723.05	15326657.6
<i>C250-70-28-1,50</i>	175.00	318.85	18830359.91	9415179.95	17154457.87	15648029.1
<i>C250-70-28-1,55</i>	213.50	353.85	19458038.57	11869403.52	19672076.99	16442042.6
<i>C250-70-28-1,60</i>	227.15	366.10	20085717.23	13035630.48	21009660.22	18157488.4
<i>C250-70-28-1,65</i>	241.50	378.35	20713395.89	14292243.16	22391180.95	20029853.8
<i>C250-70-28-1,70</i>	256.55	390.60	21341074.55	15643007.64	23816639.19	23581887.4
<i>C250-70-28-1,75</i>	271.60	403.20	21968753.24	17047752.51	25308003.73	24297441.1
<i>C250-70-28-1,80</i>	287.35	415.80	22596431.90	18551670.59	26844561.10	25036846.5
<i>C250-70-28-1,85</i>	303.45	428.40	23224110.56	20135303.86	28426311.33	27520571
<i>C250-70-28-1,90</i>	320.25	441.00	23851789.22	21824387.14	30053254.42	32247619
<i>C250-70-28-1,95</i>	337.05	453.60	24479467.88	23573727.57	31725390.37	33145199.5
<i>C250-70-28-2,00</i>	354.55	466.55	25107146.54	25433539.45	33467826.34	34045290.7
<i>C250-70-28-2,05</i>	372.40	479.15	25734825.20	27381854.01	35230975.70	37289761.7
<i>C250-70-28-2,10</i>	390.95	491.75	26362503.86	29446916.81	37039317.92	43524493.9
<i>C250-70-28-2,15</i>	409.50	505.05	26990182.52	31578513.55	38946833.38	44641761.9
<i>C250-70-28-2,20</i>	428.75	517.65	27617861.18	33831879.95	40846816.69	48773142.8
<i>C250-70-28-2,25</i>	448.35	530.60	28245539.88	36182536.58	42820238.45	53214597.1
<i>C250-70-28-2,30</i>	468.30	543.90	28873218.54	38632366.40	44868981.60	54512636.6
<i>C250-70-28-2,35</i>	488.95	556.85	29500897.20	41212753.38	46935927.44	55786196.6
<i>C250-70-28-2,40</i>	509.95	569.80	30128575.86	43897335.02	49049321.49	60558437.5
<i>C250-70-28-2,45</i>	531.30	583.45	30756254.52	46687994.35	51270676.28	62127634.1
<i>C250-70-28-2,50</i>	553.00	596.40	31383933.18	49586614.42	53478222.13	67475456.3

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins arrondis par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies FSM et non pas par cFSM (nous n'avons pas

utilisé la méthode de classification des modes d'instabilités) qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-33:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis

<i>h/t</i>	<i>Mne</i>	<i>MnL</i>	<i>Mnd</i>	<i>Mn</i>	<i>MnL(Modif)</i>	<i>Mnd(Modif)</i>	<i>Mn(Modif)</i>
250.00	6281861.3	4115789.6	7089383.4	4115789.57	5945355.9	7089383.4	5945355.90
238.10	6400860.1	4391852.1	7633899.5	4391852.10	6510542.1	7633899.5	6510542.14
227.27	7348100.3	5130338.9	8213401.9	5130338.93	7176072.0	8213401.9	7176071.99
217.39	8480457.4	5903184.4	9521620.4	5903184.40	8070799.7	9521620.4	8070799.67
208.33	9473298.3	6707503.0	10661696.3	6707502.97	9066055.7	10661696.3	9066055.70
200.00	10365154.1	7420750.3	11294771.1	7420750.25	9720011.7	11294771.1	9720011.72
192.31	10801166.9	7936031.7	11930695.3	7936031.75	10389201.6	11930695.3	10389201.56
185.19	11713821.8	8703919.5	12574395.8	8703919.50	11081749.6	12574395.8	11081749.56
178.57	12635298.4	9490021.3	13225546.6	9490021.30	11780481.0	13225546.6	11780481.04
172.41	13552859.9	10307331.0	13889220.0	10307330.96	12509939.8	13889220.0	12509939.84
166.67	13928832.1	10381791.7	14198904.8	10381791.66	12648464.0	14198904.8	12648463.97
161.29	14512862.4	11537853.0	15236908.1	11537852.95	14001867.3	15236908.1	14001867.30
156.25	15459835.9	12417088.7	15920369.6	12417088.73	14764114.5	15920369.6	14764114.47
151.52	16403691.5	13320315.3	16609896.1	13320315.27	15547289.3	16609896.1	15547289.28
147.06	17751444.1	14469407.1	17305242.8	14469407.14	16350838.8	17305242.8	16350838.78
142.86	18279093.5	15183149.5	18011579.5	15183149.47	17159315.0	18011579.5	17159314.96
138.89	18812735.6	15917332.8	18723270.8	15917332.77	17987528.3	18723270.8	17987528.33
135.14	19755676.7	16897841.1	19440097.9	16897841.13	18827712.3	19440097.9	18827712.35
131.58	21056970.8	18110340.1	20161851.0	18110340.09	19686817.8	20161851.0	19686817.83
128.21	21619356.1	18905488.6	20888328.9	18905488.64	20550245.8	20888328.9	20550245.83
125.00	22182139.7	19717514.6	21624689.7	19717514.57	21432009.6	21624689.7	21432009.55
121.95	23112644.1	20763657.6	22360030.6	20763657.62	22324768.5	22360030.6	22324768.52
119.05	24363400.0	22029257.3	23099536.6	22029257.34	23235111.4	23099536.6	23099536.59
116.28	24952632.7	22898564.9	23853635.9	22898564.93	24149213.7	23853635.9	23853635.86
113.64	25859767.7	23984966.7	24600925.8	23984966.66	25080356.3	24600925.8	24600925.77
111.11	26756672.5	25080222.6	25357137.3	25080222.56	26021587.5	25357137.3	25357137.35
108.70	27361286.6	26001067.4	26122044.4	26001067.41	26972732.2	26122044.4	26122044.40
106.38	27963748.1	26935996.6	26885007.9	26885007.94	27939962.4	26885007.9	26885007.94
104.17	28849855.5	28069727.3	27651134.2	27651134.17	28916597.5	27651134.2	27651134.17
102.04	29474274.0	29040414.4	28430575.5	28430575.48	29902471.8	28430575.5	28430575.48
100	30365734.9	30203634.9	29202546.1	29202546.13	30897420.3	29202546.1	29202546.13

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin vif de $r=0$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 350 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM de 59mm et 70 mm incluses et l'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.05mm se situe entre les valeurs de 1mm et 2.50 mm incluses.

Tableau 5.2-34: résultats obtenus par program CUFM pour les sections avec coins vif

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>My</i>	<i>Mcr(Local)</i>	<i>Mcr(Dist)</i>	<i>Mcr (Global)</i>
<i>C250-59-20-1,00</i>	96.922	202.579	10293266.66	2850411.40	5957713.33	5068639.78
<i>C250-60-20-1,05</i>	106.579	211.534	10899805.00	3319115.19	6587655.29	5537754.93
<i>C250-60-20-1,10</i>	116.944	222.644	11418843.35	3815329.19	7263819.88	5811832.38
<i>C250-65-25-1,15</i>	126.265	256.534	12779375.00	4610250.81	9366697.68	8120781.64
<i>C250-70-28-1,20</i>	135.582	272.82	14055612.48	5444823.00	10956149.13	10594719.10
<i>C250-70-28-1,25</i>	147.096	284.894	14641263.00	6153346.35	11917737.09	11057081.82
<i>C250-70-28-1,30</i>	159.078	297.225	15226913.52	6920762.71	12930912.49	11519943.18
<i>C250-70-28-1,35</i>	171.525	309.416	15812564.04	7749285.85	13979029.47	11983483.89
<i>C250-70-28-1,40</i>	184.439	321.84	16398214.56	8641343.70	15078861.07	12447697.26
<i>C250-70-28-1,45</i>	197.818	334.194	16983865.08	9599183.49	16216873.73	12912687.04
<i>C250-70-28-1,50</i>	211.662	346.745	17569515.60	10625139.46	17406119.10	13378533.55
<i>C250-70-28-1,55</i>	232.717	338.075	17599680.56	11702128.17	17000034.30	13027736.11
<i>C250-70-28-1,60</i>	240.744	371.942	18740816.64	12890683.32	19915705.21	14313057.76
<i>C250-70-28-1,65</i>	255.98	384.492	19326467.16	14134825.90	21231062.89	14781876.02
<i>C250-70-28-1,70</i>	271.68	397.384	19912117.68	15456354.66	22607877.06	15249154.85
<i>C250-70-28-1,75</i>	287.842	410.045	20497768.20	16857481.70	24014306.75	15722725.25
<i>C250-70-28-1,80</i>	304.465	422.963	21083418.72	18340465.94	25478588.66	16194896.78
<i>C250-70-28-1,85</i>	321.551	435.914	21669069.24	19907745.38	26988144.71	16668281.44
<i>C250-70-28-1,90</i>	339.097	448.832	22254719.76	21561453.45	28538943.94	17142937.80
<i>C250-70-28-1,95</i>	357.103	462.056	22840370.28	23303899.28	30152943.23	17618865.86
<i>C250-70-28-2,00</i>	375.568	475.045	23426020.80	25137325.09	31795468.72	18096199.48
<i>C250-70-28-2,05</i>	394.429	488.229	24011671.32	27059712.88	33494840.79	18559924.25
<i>C250-70-28-2,10</i>	413.869	501.67	24597321.84	29085911.41	35256395.56	19055123.56
<i>C250-70-28-2,15</i>	433.698	514.795	25182972.36	31205156.42	37040195.02	19536734.10
<i>C250-70-28-2,20</i>	453.981	528.194	25768622.88	33424186.24	38888091.41	20019937.61
<i>C250-70-28-2,25</i>	474.721	541.835	26354273.40	35745505.78	40799050.65	20504603.58
<i>C250-70-28-2,30</i>	495.913	555.146	26939923.92	38171024.26	42730260.01	20990972.95
<i>C250-70-28-2,35</i>	517.558	568.719	27525574.44	40703089.30	44726620.49	21478913.54
<i>C250-70-28-2,40</i>	539.655	582.552	28111224.96	43343894.59	46789286.64	21968520.72
<i>C250-70-28-2,45</i>	562.202	596.111	28696875.48	46095545.11	48875780.40	22459896.56
<i>C250-70-28-2,50</i>	585.199	609.818	29282526.00	48960299.81	51020032.69	24515665.42

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins vifs par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies FSM et non pas par cFSM (nous n'avons pas

utilisé la méthode de classification des modes d'instabilités) qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-35:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif

<i>h/t</i>	<i>Mne</i>	<i>MnL</i>	<i>Mnd</i>	<i>Mn (Vif)</i>	<i>MnL(Modif)</i>	<i>Mnd(Modif)</i>	<i>Mn(Modif Vif)</i>
250.00	4985324.67	3508242.60	6520288.44	3508242.60	5606034.75	6520288.44	5606034.75
238.10	5489358.91	3938142.56	7024449.26	3938142.56	6142705.21	7024449.26	6142705.21
227.27	5763140.08	4265106.27	7509342.42	4265106.27	6652633.38	7509342.42	6652633.38
217.39	7992382.16	5641526.72	8880100.80	5641526.72	7651588.25	8880100.80	7651588.25
208.33	9862085.28	6856576.66	9999134.95	6856576.66	8631113.97	9999134.95	8631113.97
200.00	10284346.04	7351480.50	10587591.51	7351480.50	9253491.79	10587591.51	9253491.79
192.31	10706836.16	7859258.16	11187229.98	7859258.16	9892367.73	11187229.98	9892367.73
185.19	11129654.68	8379602.54	11792172.12	8379602.54	10547319.14	11792172.12	10547319.14
178.57	11552798.63	8912254.29	12407357.21	8912254.29	11218044.03	12407357.21	11218044.03
172.41	11976323.87	9456926.58	13028226.91	9456926.58	11904164.56	13028226.91	11904164.56
166.67	12400272.96	10013370.07	13658280.31	10013370.07	12605355.80	13658280.31	12605355.80
161.29	12216898.17	10237829.64	13557251.58	10237829.64	13044283.97	13557251.58	13044283.97
156.25	13249577.99	11160584.99	14937876.61	11160584.99	14051673.56	14937876.61	14051673.56
151.52	13675005.75	11750864.81	15585558.73	11750864.81	14796152.77	15585558.73	14796152.77
147.06	14099592.30	12351146.43	16243493.74	12351146.43	15554466.68	16243493.74	15554466.68
142.86	14527456.25	12963597.14	16903327.97	12963597.14	16326291.32	16903327.97	16326291.32
138.89	14954548.92	13585587.29	17571762.79	13585587.29	17111329.94	17571762.79	17111329.94
135.14	15382242.24	14217735.28	18245411.48	14217735.28	17909348.23	18245411.48	17909348.23
131.58	15810564.27	14859800.82	18923142.59	14859800.82	18720024.17	18923142.59	18720024.17
128.21	16239512.34	15511572.99	19609530.43	15511572.99	19543098.06	19609530.43	19543098.06
125.00	16669153.05	16172877.24	20296777.91	16172877.24	20378297.40	20296777.91	20296777.91
121.95	17091733.16	16837421.53	20990738.48	16837421.53	21224270.18	20990738.48	20990738.48
119.05	17530520.25	17523218.24	21692071.86	17523218.24	22083976.22	21692071.86	21692071.86
116.28	17962250.54	17962250.54	22392640.48	17962250.54	22953853.90	22392640.48	22392640.48
113.64	18394756.38	18394756.38	23100465.51	18394756.38	23834807.83	23100465.51	23100465.51
111.11	18827967.28	18827967.28	23814898.62	18827967.28	24726658.39	23814898.62	23814898.62
108.70	19262002.33	19262002.33	24527943.62	19262002.33	25629096.07	24527943.62	24527943.62
106.38	19696790.12	19696790.12	25247547.52	19696790.12	26541916.10	25247547.52	25247547.52
104.17	20132375.01	20132375.01	25973479.27	20132375.01	27464884.30	25973479.27	25973479.27
102.04	20568804.20	20568804.20	26698392.17	20568804.20	28397754.77	26698392.17	26698392.17
100.00	21740997.51	21740997.51	27427829.92	21740997.51	29340317.35	27427829.92	27427829.92

Nous avons effectué nos calculs à partir de la méthode de la largeur efficace pour déterminer les valeurs de la contrainte nominale dans le cas de variation de la largeur et l'épaisseur pour les sections en C. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs de 59mm et 70

mm incluses et l'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.05mm se situe entre les valeurs de 1mm et 2.50 mm incluses.

Tableau 5.2-36 : résultats de résistances des sections calculés par la largeur efficace

<i>Section</i>	<i>h/t</i>	<i>Sy</i>	<i>Sy (Vif)</i>	<i>I_{eff}</i>	<i>W_{eff}</i>	<i>Mc,Rd</i>
<i>C250-59-20-1,00</i>	250.00	31775.56	29409.3	2518818.54	16088.06	5630819.408
<i>C250-60-20-1,05</i>	238.10	33633.14	31142.33	2731733.57	17629.51	6170328.022
<i>C250-60-20-1,10</i>	227.27	35234.72	32625.26	2940453.65	19211.19	6723915.362
<i>C250-65-25-1,15</i>	217.39	39252.40	36512.50	3286515.62	21438.92	7503620.86
<i>C250-70-28-1,20</i>	208.33	43040.82	40158.89	3605748.47	23484.04	8219414.607
<i>C250-70-28-1,25</i>	200.00	44834.19	41832.18	3845648.34	25332.38	8866333.199
<i>C250-70-28-1,30</i>	192.31	46627.56	43505.46	4089248.04	27236.12	9532642.437
<i>C250-70-28-1,35</i>	185.19	48420.93	45178.75	4336313.06	29193.67	10217785.48
<i>C250-70-28-1,40</i>	178.57	50214.29	46852.04	4586624.28	31203.47	10921213.7
<i>C250-70-28-1,45</i>	172.41	52007.66	48525.32	4839976.70	33263.96	11642386.56
<i>C250-70-28-1,50</i>	166.67	53801.03	50198.61	5096178.42	35373.63	12380771.49
<i>C250-70-28-1,55</i>	161.29	55594.40	50284.80	5355049.60	37530.98	13135843.67
<i>C250-70-28-1,60</i>	156.25	57387.76	53545.19	5616421.55	39734.53	13907085.8
<i>C250-70-28-1,65</i>	151.52	59181.13	55218.47	5880135.88	41982.82	14693987.79
<i>C250-70-28-1,70</i>	147.06	60974.50	56891.76	6146043.71	44274.42	15496046.49
<i>C250-70-28-1,75</i>	142.86	62767.87	58565.05	6414004.94	46607.90	16312765.31
<i>C250-70-28-1,80</i>	138.89	64561.23	60238.33	6683887.61	48981.87	17143653.89
<i>C250-70-28-1,85</i>	135.14	66354.60	61911.62	6955567.23	51394.94	17988227.71
<i>C250-70-28-1,90</i>	131.58	68147.97	63584.91	7228926.23	53845.74	18846007.68
<i>C250-70-28-1,95</i>	128.21	69941.34	65258.20	7494608.81	56217.05	19675967.11
<i>C250-70-28-2,00</i>	125.00	71734.7044	66931.48	7758142.98	58574.40	20501038.63
<i>C250-70-28-2,05</i>	121.95	73528.072	68604.77	8022982.92	60960.45	21336156.43
<i>C250-70-28-2,10</i>	119.05	75321.4396	70278.06	8289048.53	63374.14	22180950.68
<i>C250-70-28-2,15</i>	116.28	77114.8072	71951.34	8545593.18	65683.53	22989236.98
<i>C250-70-28-2,20</i>	113.64	78908.1748	73624.63	8801576.09	67995.80	23798531.3
<i>C250-70-28-2,25</i>	111.11	80701.5425	75297.92	9052900.55	70259.26	24590740.14
<i>C250-70-28-2,30</i>	108.70	82494.9101	76971.21	9294696.10	72411.16	25343905.79
<i>C250-70-28-2,35</i>	106.38	84288.2777	78644.49	9537650.53	74583.87	26104354.11
<i>C250-70-28-2,40</i>	104.17	86081.6453	80317.78	9781761.05	76777.35	26872071.18
<i>C250-70-28-2,45</i>	102.04	87875.0129	81991.07	10027025.79	78991.56	27647045.67
<i>C250-70-28-2,50</i>	100.00	89668.3805	83664.36	10273443.73	81226.48	28429268.66

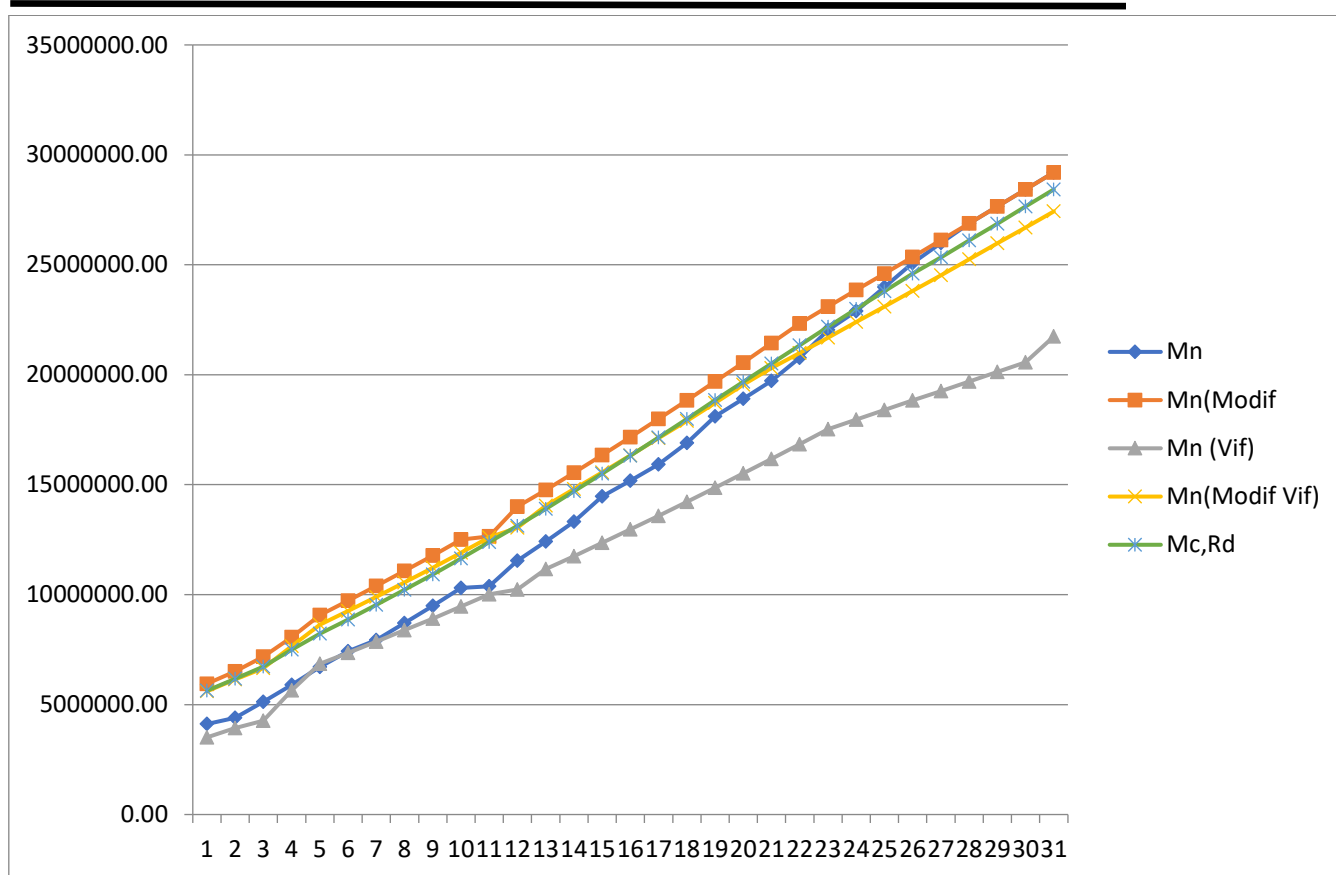


Figure 5.2-8: les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes

:

Nous constatons que dans le cas de variation de la hauteur et l'épaisseur la contrainte nominale connaît des courbes ascendantes selon les deux méthodes, signalons que dans le cas de la DSM quelle que soit la version appliquée les courbes finissent par se juxtaposer. En outre la courbe en coins vifs tend à s'écarter vers le bas tout en restant ascendante.

5.2.2.3 Cas de la variation de la largeur (b) :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin arrondi de $r=3$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 345 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, de raison arithmétique de 3mm, se situe entre les valeurs de 50mm et 140 mm incluses.

Tableau 5.2-37: résultats obtenus par program CUFMSM pour les sections avec coins arrondis

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>My</i>	<i>Mcr(Local)</i>	<i>Mcr(Dist)</i>	<i>Mcr (Global)</i>
<i>C180-50-23-1,7</i>	475.76	581.67	11317118.77	15606306.78	19080662.24	16647481.70
<i>C180-53-23-1,7</i>	466.44	579.60	11754277.79	15891783.57	19747186.68	17067211.35
<i>C180-56-23-1,7</i>	457.82	558.21	12081544.79	16032209.93	19547939.47	18798883.69
<i>C180-59-23-1,7</i>	424.01	536.13	12408811.79	15250429.69	19283293.52	18290588.58
<i>C180-62-23-1,7</i>	436.77	513.71	12736078.79	16123875.75	18964021.32	17588524.81
<i>C180-65-23-1,7</i>	423.66	491.63	13063345.79	16041788.63	18615267.75	17935973.77
<i>C180-68-23-1,7</i>	408.48	469.89	13390612.79	15854485.54	18238014.62	17086421.92
<i>C180-71-23-1,7</i>	391.92	448.85	13717879.79	15583511.44	17846961.60	17257092.77
<i>C180-74-23-1,7</i>	373.98	428.49	14045146.79	15224939.12	17444072.31	16362596.01
<i>C180-77-23-1,7</i>	355.01	409.17	14372413.79	14789213.79	17045682.75	16413296.55
<i>C180-80-23-1,7</i>	336.38	390.54	14699680.79	14332188.77	16640038.65	16419543.44
<i>C180-83-23-1,7</i>	318.09	372.95	15026947.79	13854845.86	16244130.56	16364346.14
<i>C180-86-23-1,7</i>	300.84	356.39	15354214.79	13388875.30	15860903.88	15415631.65
<i>C180-89-23-1,7</i>	284.63	340.86	15681481.79	12937222.48	15493304.01	15320807.71
<i>C180-92-23-1,7</i>	269.10	325.34	16008748.79	12486824.05	15096250.11	15192302.60
<i>C180-95-23-1,7</i>	254.96	311.54	16336015.79	12072315.67	14751422.26	14261341.78
<i>C180-98-23-1,7</i>	241.50	298.08	16663282.79	11664297.95	14397076.33	14563709.16
<i>C180-101-23-1,7</i>	229.08	285.32	16990549.79	11281725.06	14051184.67	13235638.28
<i>C180-104-23-1,7</i>	300.50	325.34	20373902.10	17745668.73	19212589.68	19762685.04
<i>C180-107-23-1,7</i>	285.32	311.88	20758922.10	17167628.58	18766065.58	18558476.36
<i>C180-110-23-1,7</i>	271.52	299.12	21143942.10	16640282.43	18331797.80	18289509.92
<i>C180-113-23-1,7</i>	258.75	287.39	21528962.10	16146721.58	17933625.43	18880899.76
<i>C180-116-23-1,7</i>	246.33	276.00	21913982.10	15646583.22	17531185.68	16873766.22
<i>C180-119-23-1,7</i>	235.29	265.31	22299002.10	15207919.43	17147932.62	17415520.64
<i>C180-122-23-1,7</i>	247.37	268.76	23818223.23	17077666.06	18554395.90	18268577.22
<i>C180-125-23-1,7</i>	248.40	309.12	25110941.37	18079877.79	22499403.47	19963198.39
<i>C180-128-23-1,7</i>	248.75	305.33	26118438.76	18831394.35	23114818.30	22122317.63
<i>C180-131-23-1,7</i>	249.44	301.53	27145187.12	19625970.29	23724893.54	23344860.92
<i>C180-134-23-1,7</i>	249.78	298.08	28191186.51	20410419.04	24357185.15	24582714.64
<i>C180-137-23-1,7</i>	250.13	294.29	29256436.91	21210916.76	24955740.68	22820020.79
<i>C180-140-23-1,7</i>	250.47	290.84	30340938.27	22027521.18	25577410.96	23028772.14

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins arrondis par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies FSM et non pas par cFSM (nous n'avons pas utilisé la méthode de classification des modes d'instabilités) qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-38:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis

<i>b/t</i>	<i>Mne</i>	<i>MnL</i>	<i>Mnd</i>	<i>Mn</i>	<i>MnL(Modif)</i>	<i>Mnd(Modif)</i>	<i>Mn(Modif)</i>
29.41	10200043.5	9941464.43	10497087.4	9941464.43	10674274.7	10497087.4	10497087.4
31.18	10561780.1	10240146.1	10890904.2	10240146.1	11017079.9	10890904.2	10890904.2
32.94	11027491.5	10576641.2	11067254.3	10576641.2	11256625.7	11067254.3	11067254.3
34.71	11189278.2	10514483.3	11226442.7	10514483.3	11280544.4	11226442.7	11226442.7
36.47	11304791.3	10777243.9	11369062.9	10777243.9	11689030.3	11369062.9	11369062.9
38.24	11578268.7	10936936.1	11498796.4	10936936.1	11872451.1	11498796.4	11498796.4
40.00	11639504.7	10935455.5	11615118.7	10935455.5	12027353.4	11615118.7	11615118.7
41.76	11876497.6	11025814.7	11720472.4	11025814.7	12157048.6	11720472.4	11720472.4
43.53	11884755.7	10949123.5	11814925.5	10949123.5	12258480.7	11814925.5	11814925.5
45.29	12084996.5	10971074.7	11902029.7	10971074.7	12331970.7	11902029.7	11902029.7
47.06	12271261.1	10973351.9	11978988.7	10973351.9	12390824.9	11978988.7	11978988.7
48.82	12437704.3	10952423.4	12049981.7	10952423.4	12434398.2	12049981.7	12049981.7
50.59	12340163.8	10773577.9	12116104.2	10773577.9	12471535.3	12116104.2	12116104.2
52.35	12469965.4	10728449.5	12178582	10728449.5	12503367.9	12178582	12178582
54.12	12580995.1	10667401.5	12224630.7	10667401.5	12525783	12224630.7	12224630.7
55.88	12375664.5	10433563.2	12278200.5	10433563.2	12550742.5	12278200.5	12278200.5
57.65	12630332.4	10456960.7	12321431.2	10456960.7	12568720.4	12321431.2	12321431.2
59.41	12146685.4	10075569.1	12359867.3	10075569.1	12586954.5	12359867.3	12359867.3
52.00	16154945.9	14161047.9	15557957.2	14161047.9	16542463	15557957.2	15557957.2
53.50	15898718.8	13858722.8	15608823.4	13858722.8	16565229.4	15608823.4	15608823.4
55.00	15948866.6	13746970.6	15654728.4	13746970.6	16593618.2	15654728.4	15654728.4
56.50	16344396.9	13837128.4	15703835	13837128.4	16623341.5	15703835	15703835
58.00	15565005.7	13253050.5	15743600.6	13253050.5	16640839.6	15743600.6	15743600.6
59.50	15964366.8	13353931.6	15782039.6	13353931.6	16671051.1	15782039.6	15782039.6
58.10	16880203	14403214.3	16940229.3	14403214.3	18112636.7	16940229.3	16940229.3
58.14	18152252.8	15409118.7	18819464.4	15409118.7	19122774.3	18819464.4	18819464.4
58.18	19503077.2	16386997.8	19485514.6	16386997.8	19899387	19485514.6	19485514.6
58.22	20419290.9	17130866	20158007	17130866	20701106.7	20158007	20158007
58.26	21345348.5	17877234	20845578.3	17877234	21508877.3	20845578.3	20845578.3
58.30	20930531	17869056.7	21530396.8	17869056.7	22332080.1	21530396.8	21530396.8
58.33	21374225.9	18348893.6	22230511.6	18348893.6	23170734.7	22230511.6	22230511.6

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coins vifs de $r=0$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 345 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, de raison arithmétique de 3 mm, se situe entre les valeurs de 50mm et 140mm incluses.

Tableau 5.2-39: résultats obtenus par program CUF5M pour les sections avec coins vif

<i>Section</i>	fcr(Local)	fcr(Dist)	My	Mcr(Local)	Mcr(Dist)	Mcr (Global)
<i>C180-50-23-1,7</i>	522.817	613.207	10306051.86	15617910.49	18318096.07	18061848.79
<i>C180-53-23-1,7</i>	515.676	611.836	10736316.96	16047713.00	19040189.05	17682962.99
<i>C180-56-23-1,7</i>	508.471	587.472	11053026.96	16290271.51	18821286.53	18618327.33
<i>C180-59-23-1,7</i>	500.269	562.078	11369736.96	16486744.75	18523707.28	17083672.42
<i>C180-62-23-1,7</i>	490.749	536.384	11686446.96	16623513.50	18169342.51	17701173.28
<i>C180-65-23-1,7</i>	479.544	510.932	12003156.96	16684179.42	17776223.16	17088007.37
<i>C180-68-23-1,7</i>	466.286	486.112	12319866.96	16650960.82	17358942.51	15410368.08
<i>C180-71-23-1,7</i>	450.664	462.189	12636576.96	16506812.52	16928947.44	16714382.03
<i>C180-74-23-1,7</i>	432.37	439.334	12953286.96	16233659.95	16495128.62	15933368.97
<i>C180-77-23-1,7</i>	411.856	417.647	13269996.96	15841530.05	16064273.68	16087621.18
<i>C180-80-23-1,7</i>	390.105	397.179	13586706.96	15363021.21	15641607.78	15257123.66
<i>C180-83-23-1,7</i>	368.21	377.804	13903416.96	14838774.37	15225410.26	14444481.53
<i>C180-86-23-1,7</i>	347.047	359.432	14220126.96	14304499.71	14814981.66	15314005.07
<i>C180-89-23-1,7</i>	327.034	342.25	14536836.96	13779825.91	14420963.62	14452649.71
<i>C180-92-23-1,7</i>	308.243	326.218	14853546.96	13271019.93	14044911.25	13624017.70
<i>C180-95-23-1,7</i>	290.778	310.909	15170256.96	12786020.23	13671215.71	12827881.34
<i>C180-98-23-1,7</i>	274.545	296.655	15486966.96	12324258.97	13316771.55	13474693.72
<i>C180-101-23-1,7</i>	259.551	283.317	15803676.96	11889449.73	12978116.94	12667265.49
<i>C180-104-23-1,7</i>	339.148	322.517	18965161.12	18643468.01	17729237.30	13108499.48
<i>C180-107-23-1,7</i>	321.319	308.335	19337761.12	18010405.98	17282633.55	16074836.22
<i>C180-110-23-1,7</i>	304.808	295.034	19710361.12	17414132.61	16855729.51	16773345.92
<i>C180-113-23-1,7</i>	289.395	282.544	20082961.12	16846111.69	16447304.83	16570654.96
<i>C180-116-23-1,7</i>	275.139	270.714	20455561.12	16313398.93	16051034.12	15534368.15
<i>C180-119-23-1,7</i>	261.847	259.651	20828161.12	15808091.32	15675515.54	16124860.48
<i>C180-122-23-1,7</i>	274.779	262.636	22260799.18	17729855.47	16946339.87	17796895.97
<i>C180-125-23-1,7</i>	275.785	306.908	23513475.00	18796126.68	20917314.74	8934984.19
<i>C180-128-23-1,7</i>	275.662	302.695	24470160.00	19552154.34	21469550.96	20698705.46
<i>C180-131-23-1,7</i>	275.563	298.576	25445475.00	20324149.07	22021472.88	22866778.94
<i>C180-134-23-1,7</i>	275.445	294.414	26439420.00	21109003.02	22562711.30	22178994.85
<i>C180-137-23-1,7</i>	275.254	290.355	27451995.00	21902236.03	23103837.71	23407003.22
<i>C180-140-23-1,7</i>	275.142	286.397	28483200.00	22715723.52	23644936.32	22647033.60

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins vifs par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies FSM et non pas par cFSM (nous n'avons pas utilisé la méthode de classification des modes d'instabilités) qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-40:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif

<i>b/t</i>	<i>Mne</i>	<i>MnL</i>	<i>Mnd</i>	<i>Mn (Vif)</i>	<i>MnL(Modif)</i>	<i>Mnd(Modif)</i>	<i>Mn(Modif Vi)</i>
29.41	9636165.37	9562372.00	9710006.06	9562372.00	10014593.96	9710006.06	9710006.06
31.18	9917321.56	9836442.65	10108763.26	9836442.65	10387709.91	10108763.26	10108763.26
32.94	10255899.71	10113592.59	10282637.92	10113592.59	10646878.88	10282637.92	10282637.92
34.71	10297569.47	10179829.80	10437181.83	10179829.80	10895924.32	10437181.83	10437181.83
36.47	10603620.18	10413838.35	10574465.81	10413838.35	11131623.41	10574465.81	10574465.81
38.24	10734557.99	10514026.25	10696448.19	10514026.25	11349901.25	10696448.19	10696448.19
40.00	10648878.05	10449761.46	10804980.89	10449761.46	11545982.29	10804980.89	10804980.89
41.76	11091988.80	10717043.26	10901770.74	10717043.26	11714678.84	10901770.74	10901770.74
43.53	11142361.54	10693981.05	10988394.80	10693981.05	11849776.50	10988394.80	10988394.80
45.29	11366089.79	10756751.11	11066300.29	10756751.11	11950784.49	11066300.29	11066300.29
47.06	11362027.86	10649775.22	11136841.39	10649775.22	12022643.77	11136841.39	11136841.39
48.82	11317802.88	10504500.41	11199816.16	10504500.41	12073248.46	11199816.16	11199816.16
50.59	11724713.76	10633512.16	11255211.26	10633512.16	12110678.39	11255211.26	11255211.26
52.35	11639227.92	10454021.60	11306172.38	10454021.60	12139964.92	11306172.38	11306172.38
54.12	11505781.26	10247167.83	11353690.72	10247167.83	12163053.65	11353690.72	11353690.72
55.88	11318695.64	10012544.38	11393577.46	10012544.38	12182768.59	11393577.46	11393577.46
57.65	11713991.84	10124429.00	11431243.41	10124429.00	12199565.96	11431243.41	11431243.41
59.41	11474251.23	9867777.97	11466195.76	9867777.97	12215391.57	11466195.76	11466195.76
52.00	12603733.74	12154527.64	14436357.10	12154527.64	16029718.02	14436357.10	14436357.10
53.50	14306461.24	13106615.84	14479161.90	13106615.84	16055209.75	14479161.90	14479161.90
55.00	14751744.42	13237151.01	14518986.02	13237151.01	16079972.67	14518986.02	14518986.02
56.50	14802137.79	13125763.94	14556041.58	13125763.94	16102279.68	14556041.58	14556041.58
58.00	14414895.70	12759033.05	14588731.36	12759033.05	16125205.92	14588731.36	14588731.36
59.50	14838907.14	12877840.84	14620480.73	12877840.84	16147050.43	14620480.73	14620480.73
58.10	16140283.01	14148271.08	15694448.42	14148271.08	17540552.93	15694448.42	15694448.42
58.14	7027777.85	7027777.85	17575628.78	15013542.21	18550403.66	17575628.78	17575628.78
58.18	18260424.39	15873542.21	18197504.78	15873542.21	19302260.72	18197504.78	18197504.78
58.22	19533561.21	16821510.56	18826922.25	16821510.56	20069171.62	18826922.25	18826922.25
58.26	19649280.82	17099354.07	19460474.24	17099354.07	20850103.96	19460474.24	19460474.24
58.30	20565177.60	17845709.82	20101405.49	17845709.82	21643567.64	20101405.49	20101405.49
58.33	20591409.52	18075091.17	20749673.70	18075091.17	22453510.21	20749673.70	20749673.70

Nous avons effectué nos calculs à partir de la méthode de la largeur efficace pour déterminer les valeurs de la contrainte nominale dans le cas de variation de la largeur pour les sections en C variant dans un intervalle de 50mm jusqu'à 140 mm à raison de 3 mm.

Tableau 5.2-41les résultats de résistances de sections calculés par la largeur efficace

<i>Section</i>	<i>b/t</i>	<i>Sy</i>	<i>Sy (Vif)</i>	<i>Ieff</i>	<i>Weff</i>	<i>Mc,Rd</i>
<i>C180-50-23-1,7</i>	29.41	32803.2428	29872.6141	2631430.46	28757.85	9921457.76
<i>C180-53-23-1,7</i>	31.18	34070.3704	31119.7593	2739249.88	29918.17	10321769.8
<i>C180-56-23-1,7</i>	32.94	35018.9704	32037.7593	2798509.09	30411.63	10492010.6
<i>C180-59-23-1,7</i>	34.71	35967.5704	32955.7593	2844387.34	30671.80	10581769.6
<i>C180-62-23-1,7</i>	36.47	36916.1704	33873.7593	2886655.61	30871.79	10650768.9
<i>C180-65-23-1,7</i>	38.24	37864.7704	34791.7593	2925075.04	31009.06	10698126.5
<i>C180-68-23-1,7</i>	40.00	38813.3704	35709.7593	2960803.87	31106.84	10731858.7
<i>C180-71-23-1,7</i>	41.76	39761.9704	36627.7593	2992129.55	31136.00	10741921.6
<i>C180-74-23-1,7</i>	43.53	40710.5704	37545.7593	3027426.37	31245.71	10779771.4
<i>C180-77-23-1,7</i>	45.29	41659.1704	38463.7593	3064261.59	31389.94	10829529.6
<i>C180-80-23-1,7</i>	47.06	42607.7704	39381.7593	3099813.60	31518.89	10874018
<i>C180-83-23-1,7</i>	48.82	43556.3704	40299.7593	3134164.20	31634.20	10913798.4
<i>C180-86-23-1,7</i>	50.59	44504.9704	41217.7593	3167385.40	31737.27	10949356.6
<i>C180-89-23-1,7</i>	52.35	45453.5704	42135.7593	3199541.19	31829.32	10981115.2
<i>C180-92-23-1,7</i>	54.12	46402.1704	43053.7593	3230688.79	31911.43	11009443.6
<i>C180-95-23-1,7</i>	55.88	47350.7704	43971.7593	3260879.69	31984.54	11034666.1
<i>C180-98-23-1,7</i>	57.65	48299.3704	44889.7593	3290160.57	32049.48	11057069
<i>C180-101-23-1,7</i>	59.41	49247.9704	45807.7593	3318573.92	32106.97	11076905.7
<i>C180-104-23-1,7</i>	52.00	59054.7887	54971.4815	4240869.41	42771.50	14756168.7
<i>C180-107-23-1,7</i>	53.50	60170.7887	56051.4815	4276608.06	42833.93	14777705
<i>C180-110-23-1,7</i>	55.00	61286.7887	57131.4815	4311306.56	42887.27	14796108.8
<i>C180-113-23-1,7</i>	56.50	62402.7887	58211.4815	4345007.44	42932.30	14811643.6
<i>C180-116-23-1,7</i>	58.00	63518.7887	59291.4815	4377750.18	42969.70	14824546.7
<i>C180-119-23-1,7</i>	59.50	64634.7887	60371.4815	4409571.54	43000.09	14835032
<i>C180-122-23-1,7</i>	58.10	69038.3282	64524.0556	4763891.15	46783.98	16140471.7
<i>C180-125-23-1,7</i>	58.14	72785.3373	68155	5071227.54	50003.60	17251242.5
<i>C180-128-23-1,7</i>	58.18	75705.6196	70928	5265852.31	51834.03	17882741.6
<i>C180-131-23-1,7</i>	58.22	78681.7018	73755	5463808.42	53692.35	18523862
<i>C180-134-23-1,7</i>	58.26	81713.5841	76636	5665087.22	55578.44	19174561.3
<i>C180-137-23-1,7</i>	58.30	84801.2664	79571	5869680.17	57492.17	19834797.5
<i>C180-140-23-1,7</i>	58.33	87944.7486	82560	6077578.83	59433.42	20504529.7

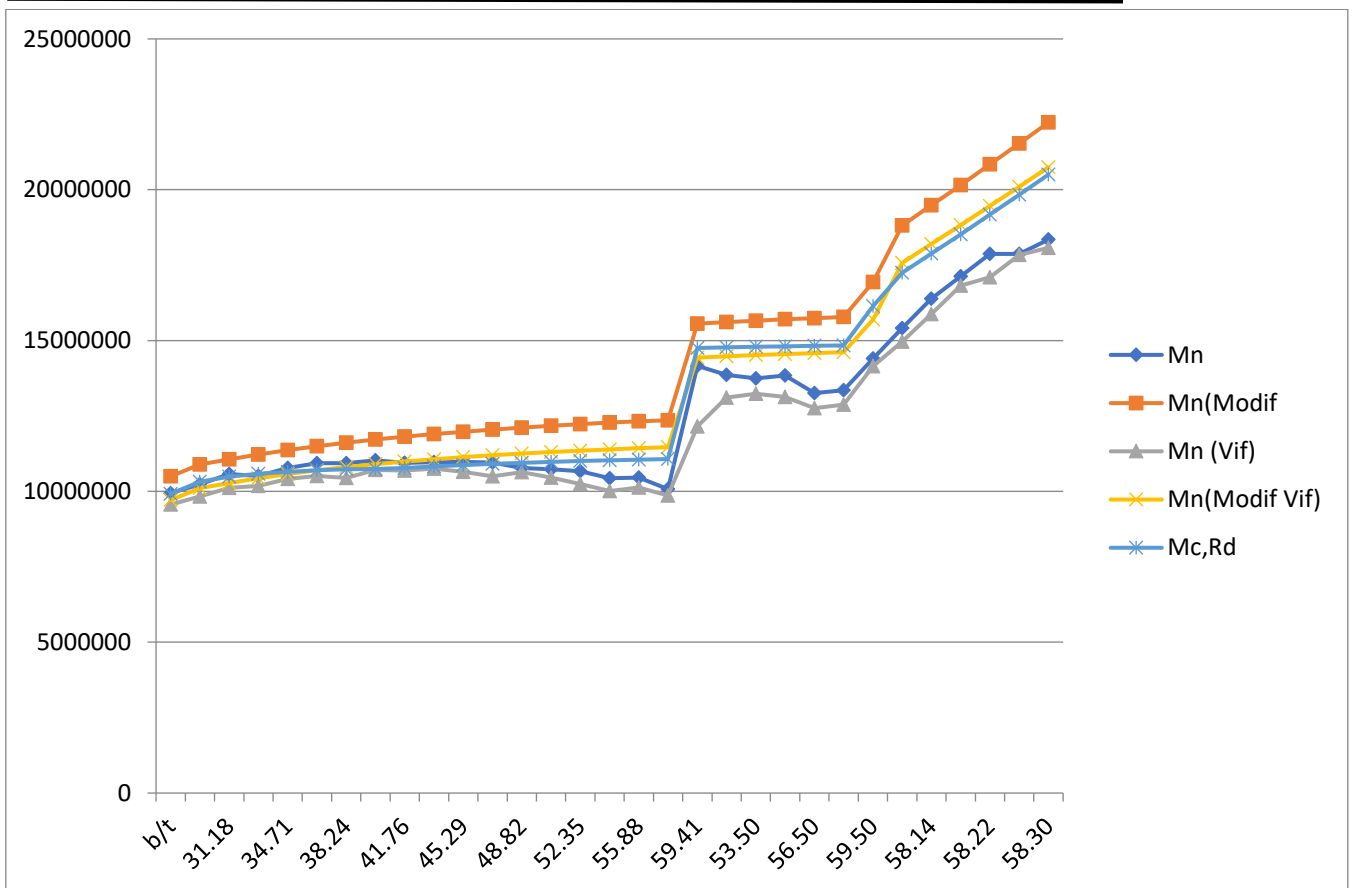


Figure 5.2-9 les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes

La contrainte nominale est en relation directe avec la largeur : en effet, quand la largeur augmente la contrainte nominale augmente elle aussi comme il en ressort du schéma tracé dans la figure précédente. Toutefois, la courbe relative à l'application de l'Eurocode se situe en dessus de celle obtenue par la méthode DSM, ce qui induit un écart plus ou moins significatif dans les valeurs obtenues.

Quelle que soit la méthode appliquée en cas d'augmentation de la largeur la contrainte nominale connaît trois phases. Dans une première phase elle est quasi-linéaire est donc constante puis augmente subitement pour rester dans une seconde phase constante aussi et finalement accélère sa croissance dans une troisième phase.

5.2.2.4 Cas de la variation de la largeur (b) et l'épaisseur (t) :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin arrondi de $r=2$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 320 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs de 25mm et 70 mm incluses et l'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.05mm se situe entre les valeurs de 0.45mm et 1.95 mm incluses.

Tableau 5.2-42:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins arrondis

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>My</i>	<i>Mcr(Local)</i>	<i>Mcr(Dist)</i>	<i>Mcr (Global)</i>
<i>C80-25-10-0,45</i>	146.24	272.64	645172.99	294844.06	549687.39	432265.90
<i>C80-28-10-0,50</i>	168.32	277.76	758138.88	398781.05	658064.55	545859.99
<i>C80-30-10-0,55</i>	190.40	288.00	864224.77	514213.74	777802.29	635205.20
<i>C80-30-10-0,60</i>	224.32	315.52	942790.66	660896.25	929591.59	792886.94
<i>C80-30-15-0,65</i>	239.36	420.48	1058038.72	791412.96	1390262.88	1151146.13
<i>C100-40-15-0,70</i>	182.72	308.16	1746514.05	997259.52	1681893.03	1348308.85
<i>C100-40-15-0,75</i>	208.96	331.20	1871265.06	1221936.08	1936759.33	1648584.51
<i>C100-40-15-0,80</i>	236.80	354.56	1996016.03	1477051.86	2211585.76	1884239.13
<i>C100-40-15-0,85</i>	266.24	377.92	2120767.04	1764478.18	2504625.87	2144095.48
<i>C100-40-15-0,90</i>	297.60	401.28	2245518.05	2088331.78	2815879.63	2285937.37
<i>C100-40-15-0,95</i>	330.56	424.96	2370269.06	2448487.93	3147717.31	2583593.27
<i>C100-59-15-1,00</i>	203.52	280.64	3139500.06	1996722.04	2753341.56	2181952.54
<i>C100-60-15-1,05</i>	217.92	288.64	3332091.07	2269154.02	3005546.15	2639016.13
<i>C100-65-25-1,10</i>	204.16	395.84	3797976.16	2423108.79	4698096.51	3000401.17
<i>C100-70-25-1,15</i>	196.80	375.36	4165651.42	2561875.63	4886309.12	3624116.74
<i>C100-70-25-1,20</i>	214.08	392.32	4346766.72	2907986.94	5329136.00	3668671.11
<i>C100-70-25-1,25</i>	232.00	409.28	4527881.98	3282714.44	5791161.06	4061510.14
<i>C100-70-25-1,30</i>	250.88	426.24	4708997.28	3691853.87	6272384.38	4280478.53
<i>C100-70-25-1,35</i>	270.40	443.20	4890112.54	4132145.10	6772805.87	4498903.54
<i>C100-70-25-1,40</i>	290.56	460.48	5071227.84	4604674.88	7297496.86	5198008.54
<i>C100-70-25-1,45</i>	311.68	477.44	5252343.10	5115782.18	7836495.91	5446679.80
<i>C100-70-25-1,50</i>	333.44	494.72	5433458.40	5661663.65	8400126.69	5976804.24
<i>C100-70-25-1,55</i>	355.84	512.00	5614573.66	6243405.91	8983317.86	6249020.49
<i>C100-70-25-1,60</i>	378.88	529.28	5795688.96	6862095.73	9586069.54	6212978.57
<i>C100-70-25-1,65</i>	402.88	546.56	5976804.22	7524796.52	10208381.61	7124350.64
<i>C100-70-30-1,70</i>	424.64	643.52	6210095.62	8240796.88	12488502.28	8774865.11
<i>C100-70-30-1,75</i>	449.60	663.04	6392745.47	8981807.39	13245768.62	9128840.53
<i>C100-70-30-1,80</i>	475.52	682.88	6575395.36	9771037.50	14031893.70	9494870.90
<i>C100-70-30-1,85</i>	502.08	702.72	6758045.22	10603372.94	14840667.29	9853229.92
<i>C100-70-30-1,90</i>	529.60	722.24	6940695.07	11486850.34	15665148.78	9737795.19
<i>C100-70-30-1,95</i>	557.44	742.40	7123344.96	12408866.92	16526160.31	11083924.76

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins arrondis par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies FSM et non pas par cFSM (nous n'avons pas utilisé la méthode de classification des modes d'instabilités) qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-43:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis

<i>b/t</i>	<i>Mne</i>	<i>MnL</i>	<i>Mnd</i>	<i>Mn</i>	<i>MnL(Modif)</i>	<i>Mnd(Modif)</i>	<i>Mn(Modif)</i>
55.56	419653.71	316932.60	474588.26	316932.60	419949.80	474588.26	419949.80
56.00	517385.59	403196.20	561557.39	403196.20	518312.54	561557.39	518312.54
54.55	597343.57	483111.22	648759.10	483111.22	616583.84	648759.10	616583.84
50.00	701546.64	584669.74	731657.71	584669.74	711470.14	731657.71	711470.14
46.15	875455.97	719685.21	906970.25	719685.21	816214.81	906970.25	816214.81
57.14	1242323.05	981485.69	1343882.54	981485.69	1228481.32	1343882.54	1228481.32
53.33	1423620.46	1150255.37	1477643.51	1150255.37	1378378.25	1477643.51	1378378.25
50.00	1565195.66	1305182.77	1614489.12	1305182.77	1534214.89	1614489.12	1534214.89
47.06	1708971.89	1467976.56	1753700.95	1467976.56	1695756.25	1753700.95	1695756.25
44.44	1814213.45	1614698.69	1895085.68	1614698.69	1863442.05	1895085.68	1863442.05
42.11	1962472.17	1792706.93	2038973.76	1792706.93	2036356.15	2038973.76	2036356.15
59.00	2094115.42	1752225.90	2334352.61	1752225.90	2291768.53	2334352.61	2291768.53
57.14	2403809.31	2004693.81	2503389.38	2004693.81	2489872.77	2503389.38	2489872.77
59.09	2736157.23	2233949.39	3190546.91	2233949.39	2775427.10	3190546.91	2775427.10
60.87	3150691.37	2499943.95	3436625.96	2499943.95	3005996.75	3436625.96	3005996.75
58.33	3240173.66	2657235.49	3640542.50	2657235.49	3228436.78	3640542.50	3228436.78
56.00	3473015.17	2897617.44	3846656.80	2897617.44	3456231.65	3846656.80	3456231.65
53.85	3633325.67	3104613.78	4054837.71	3104613.78	3690835.67	4054837.71	3690835.67
51.85	3792921.43	3315841.00	4264961.68	3315841.00	3930474.34	4264961.68	3930474.34
50.00	4107679.28	3624591.03	4477910.72	3624591.03	4175024.22	4477910.72	4175024.22
48.28	4272683.60	3851603.87	4691574.16	3851603.87	4425865.56	4691574.16	4425865.56
46.67	4512636.61	4129656.47	4907839.13	4129656.47	4681325.16	4907839.13	4681325.16
45.16	4681458.21	4368771.23	5125606.42	4368771.23	4941289.42	5125606.42	4941289.42
43.75	4771004.32	4560432.45	5344780.38	4560432.45	5205646.71	5344780.38	5205646.71
42.42	5093332.62	4909898.29	5565269.82	4909898.29	5475684.86	5565269.82	5475684.86
41.18	5543633.36	5354381.43	6059049.43	5354381.43	5786074.83	6059049.43	5786074.83
40.00	5721349.13	5621361.62	6287932.17	5621361.62	6065469.27	6287932.17	6065469.27
38.89	5900563.40	5894566.90	6518463.53	5894566.90	6350203.09	6518463.53	6350203.09
37.84	6078338.01	6078338.01	6749737.44	6078338.01	6638782.74	6749737.44	6638782.74
36.84	6185019.67	6185019.67	6940695.07	6185019.67	6932407.90	6940695.07	6932407.90
35.90	6501869.34	6501869.34	7123344.96	6501869.34	7123344.96	7123344.96	7123344.96

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin vif de $r=0$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 320 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs de 25mm et 70 mm incluses et l'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.05mm se situe entre les valeurs de 0.45mm et 1.95 mm incluses.

Tableau 5.2-44:résultats obtenus par program CUFSM pour les sections avec coins vif

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>My</i>	<i>Mcr(Local)</i>	<i>Mcr(Dist)</i>	<i>Mcr (Global)</i>
<i>C80-25-10-0,45</i>	181.124	315.539	530400.00	300213.03	523005.89	521144.52
<i>C80-28-10-0,50</i>	214.692	315.723	627733.34	421154.15	619343.30	644536.98
<i>C80-30-10-0,55</i>	250.082	323.283	718666.66	561642.48	726039.73	674875.15
<i>C80-30-10-0,60</i>	297.432	354.754	784000.00	728708.40	869147.30	842660.35
<i>C80-30-15-0,65</i>	331.541	499.139	888766.66	920820.58	1386306.56	1334316.49
<i>C100-40-15-0,70</i>	243.347	348.694	1514613.34	1151801.92	1650426.83	1622046.76
<i>C100-40-15-0,75</i>	279.255	375.121	1622800.00	1416171.92	1902332.37	1751127.98
<i>C100-40-15-0,80</i>	317.611	401.789	1730986.66	1718063.76	2173410.62	2129686.98
<i>C100-40-15-0,85</i>	358.41	428.659	1839173.34	2059931.62	2463681.90	2423628.15
<i>C100-40-15-0,90</i>	401.644	455.591	1947360.00	2444204.56	2772499.03	2583258.24
<i>C100-40-15-0,95</i>	447.308	482.757	2055546.66	2873320.20	3101029.80	2743294.03
<i>C100-59-15-1,00</i>	264.501	298.571	2771733.34	2291019.50	2586122.49	2479306.81
<i>C100-60-15-1,05</i>	282.283	306.432	2943920.00	2596933.03	2819097.79	2565304.29
<i>C100-65-25-1,10</i>	262.728	444.356	3388000.00	2781632.70	4704619.15	3650940.56
<i>C100-70-25-1,15</i>	270.789	417.796	3726000.00	3152999.42	4864712.18	3989335.05
<i>C100-70-25-1,20</i>	273.005	436.782	3888000.00	3317010.75	5306901.30	4416136.20
<i>C100-70-25-1,25</i>	296.153	455.668	4050000.00	3748186.41	5767048.13	4681660.78
<i>C100-70-25-1,30</i>	320.231	474.81	4212000.00	4215040.54	6249686.63	5158949.74
<i>C100-70-25-1,35</i>	345.238	493.813	4374000.00	4718971.91	6749806.44	5670029.87
<i>C100-70-25-1,40</i>	371.174	513.052	4536000.00	5261391.45	7272512.10	5731618.73
<i>C100-70-25-1,45</i>	398.036	532.203	4698000.00	5843666.03	7813405.29	5750161.14
<i>C100-70-25-1,50</i>	425.824	551.577	4860000.00	6467202.00	8377075.69	6025336.88
<i>C100-70-25-1,55</i>	454.534	570.833	5022000.00	7133342.96	8958510.39	6297164.27
<i>C100-70-25-1,60</i>	484.165	590.389	5184000.00	7843473.00	9564301.80	6570023.40
<i>C100-70-25-1,65</i>	514.715	609.715	5346000.00	8598957.47	10186051.22	6843965.91
<i>C100-70-30-1,70</i>	542.721	729.692	5563306.66	9435385.47	12685938.63	8113821.98
<i>C100-70-30-1,75</i>	574.985	752.103	5726933.34	10290314.90	13460136.72	8430869.13
<i>C100-70-30-1,80</i>	608.104	774.751	5890560.00	11193978.43	14261616.41	8749027.87
<i>C100-70-30-1,85</i>	642.163	797.191	6054186.66	12149295.83	15082322.23	9068320.24
<i>C100-70-30-1,90</i>	677.13	819.848	6217813.34	13157087.34	15930193.23	9388820.43
<i>C100-70-30-1,95</i>	713.006	842.588	6381440.00	14218765.65	16802889.90	9710537.54

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins vifs par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies FSM et non pas par cFSM (nous n'avons pas utilisé la méthode de classification des modes d'instabilités) qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés

Tableau 5.2-45:résulta de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins vif

<i>b/t</i>	<i>Mne</i>	<i>MnL</i>	<i>Mnd</i>	<i>Mn (Vif)</i>	<i>MnL(Modif)</i>	<i>Mnd(Modif)</i>	<i>In(Modif Vif)</i>
55.56	422722.27	320419.99	411628.67	320419.99	371948.77	411628.67	371948.77
56.00	508787.73	406128.15	487268.68	406128.15	466685.60	487268.68	466685.60
54.55	562314.89	477779.30	562615.04	477779.30	562674.77	562615.04	562615.04
50.00	645980.50	571177.14	634264.11	571177.14	650480.14	634264.11	634264.11
46.15	804804.58	714892.62	805013.93	714892.62	764304.31	805013.93	764304.31
57.14	1246392.73	1032139.14	1217968.56	1032139.14	1174979.87	1217968.56	1174979.87
53.33	1338951.76	1159264.32	1338502.81	1159264.32	1318466.07	1338502.81	1318466.07
50.00	1489081.68	1326322.91	1461474.57	1326322.91	1467709.78	1461474.57	1461474.57
47.06	1612766.97	1484393.18	1586636.99	1484393.18	1622422.49	1586636.99	1586636.99
44.44	1710648.36	1631734.41	1713636.60	1631734.41	1782324.95	1713636.60	1713636.60
42.11	1808564.67	1783591.91	1842513.32	1783591.91	1947154.87	1842513.32	1842513.32
59.00	2123330.05	1850412.19	2108372.97	1850412.19	2211401.34	2108372.97	2108372.97
57.14	2228301.25	1991225.90	2260631.42	1991225.90	2400449.09	2260631.42	2260631.42
59.09	2794075.18	2371474.01	2957382.78	2371474.01	2696990.79	2957382.78	2696990.79
60.87	3065911.22	2630146.15	3187217.67	2630146.15	2996249.33	3187217.67	2996249.33
58.33	3263510.85	2788870.31	3374863.50	2788870.31	3135058.68	3374863.50	3135058.68
56.00	3418652.97	2994864.32	3564110.36	2994864.32	3355458.72	3564110.36	3355458.72
53.85	3618621.18	3233075.02	3755729.72	3233075.02	3581051.11	3755729.72	3581051.11
51.85	3818576.91	3477542.15	3948609.86	3477542.15	3811674.52	3948609.86	3811674.52
50.00	3932040.75	3673298.33	4143575.42	3673298.33	4047175.80	4143575.42	4047175.80
48.28	4035320.16	3865533.49	4339712.24	3865533.49	4287395.49	4339712.24	4287395.49
46.67	4190109.14	4095076.69	4537685.00	4095076.69	4532188.93	4537685.00	4532188.93
45.16	4343872.17	4328215.03	4736559.35	4328215.03	4781401.70	4736559.35	4736559.35
43.75	4497538.74	4497538.74	4937255.49	4497538.74	5034893.48	4937255.49	4937255.49
42.4242	4651142.03	4651142.03	5138406.77	4651142.03	5292524.08	5138406.77	5138406.77
41.1765	5004129.15	5004129.15	5563306.66	5004129.15	5598922.37	5563306.66	5563306.66
40	5162580.32	5162580.32	5726933.34	5162580.32	5726933.34	5726933.34	5726933.34
38.8889	5320990.74	5320990.74	5890560.00	5320990.74	5890560.00	5890560.00	5890560.00
37.8378	5479376.36	5479376.36	6054186.66	5479376.36	6054186.66	6054186.66	6054186.66
36.8421	5637758.26	5637758.26	6217813.34	5637758.26	6217813.34	6217813.34	6217813.34
35.8974	5796146.72	5796146.72	6381440.00	5796146.72	6381440.00	6381440.00	6381440.00

Nous avons effectué nos calculs à partir de la méthode de la largeur efficace pour déterminer les valeurs de la contrainte nominale dans le cas de variation de la largeur et l'épaisseur pour les sections en C. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs de 25mm et 70 mm incluses et l'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.05mm se situe entre les valeurs de 0.45mm et 1.95 mm incluses.

Tableau 5.2-46 résultats de résistance obtenus par la largeur efficace

<i>Section</i>	<i>b/t</i>	<i>Sy</i>	<i>Sy (Vif)</i>	<i>Ieff</i>	<i>Weff</i>	<i>Mc,Rd</i>
<i>C80-25-10-0,45</i>	55.56	2016.1656	1657.5	50272.71	1051.01	362600.067
<i>C80-28-10-0,50</i>	56.00	2369.184	1961.6667	60378.76	1273.27	439278.872
<i>C80-30-10-0,55</i>	54.55	2700.7024	2245.8333	70957.03	1519.34	524172.591
<i>C80-30-10-0,60</i>	50.00	2946.2208	2450	81019.15	1782.22	614866.206
<i>C80-30-15-0,65</i>	46.15	3306.371	2777.3958	95439.00	2146.87	740668.804
<i>C100-40-15-0,70</i>	57.14	5457.8564	4733.1667	184269.19	3131.14	1080242.51
<i>C100-40-15-0,75</i>	53.33	5847.7033	5071.25	204867.43	3556.55	1227008.42
<i>C100-40-15-0,80</i>	50.00	6237.5501	5409.3333	225929.39	4002.93	1381009.42
<i>C100-40-15-0,85</i>	47.06	6627.397	5747.4167	247408.41	4469.30	1541910.1
<i>C100-40-15-0,90</i>	44.44	7017.2439	6085.5	269264.16	4954.75	1709387.42
<i>C100-40-15-0,95</i>	42.11	7407.0908	6423.5833	291461.59	5458.35	1883129.04
<i>C100-59-15-1,00</i>	59.00	9810.9377	8661.6667	351608.76	6159.93	2125176.63
<i>C100-60-15-1,05</i>	57.14	10412.7846	9199.75	380430.92	6746.57	2327565.68
<i>C100-65-25-1,10</i>	59.09	11868.6755	10587.5	431648.85	7580.19	2615166.27
<i>C100-70-25-1,15</i>	60.87	13017.6607	11643.75	431648.85	7580.19	2615166.27
<i>C100-70-25-1,20</i>	58.33	13583.646	12150	499329.34	8814.93	3041150.68
<i>C100-70-25-1,25</i>	56.00	14149.6312	12656.25	527841.09	9394.06	3240950.09
<i>C100-70-25-1,30</i>	53.85	14715.6165	13162.5	556670.76	9985.43	3444972.25
<i>C100-70-25-1,35</i>	51.85	15281.6017	13668.75	585794.60	10588.47	3653021.66
<i>C100-70-25-1,40</i>	50.00	15847.587	14175	615190.08	11202.62	3864904.19
<i>C100-70-25-1,45</i>	48.28	16413.5722	14681.25	644835.82	11827.32	4080427.09
<i>C100-70-25-1,50</i>	46.67	16979.5575	15187.5	674711.46	12462.03	4299399.09
<i>C100-70-25-1,55</i>	45.16	17545.5427	15693.75	704797.63	13106.18	4521630.47
<i>C100-70-25-1,60</i>	43.75	18111.528	16200	735075.89	13759.23	4746933.02
<i>C100-70-25-1,65</i>	42.4242	18677.5132	16706.25	765528.61	14420.64	4975120.1
<i>C100-70-30-1,70</i>	41.1765	19406.5488	17385.3333	806561.13	15307.81	5281194.58
<i>C100-70-30-1,75</i>	40	19977.3296	17896.6667	837655.98	15992.17	5517300.1
<i>C100-70-30-1,80</i>	38.8889	20548.1105	18408	868874.05	16683.20	5755704.72
<i>C100-70-30-1,85</i>	37.8378	21118.8913	18919.3333	900200.65	17380.37	5996227.49
<i>C100-70-30-1,90</i>	36.8421	21689.6721	19430.6667	931621.70	18083.16	6238689.4
<i>C100-70-30-1,95</i>	35.8974	22260.453	19942	963123.64	18791.05	6482913.29

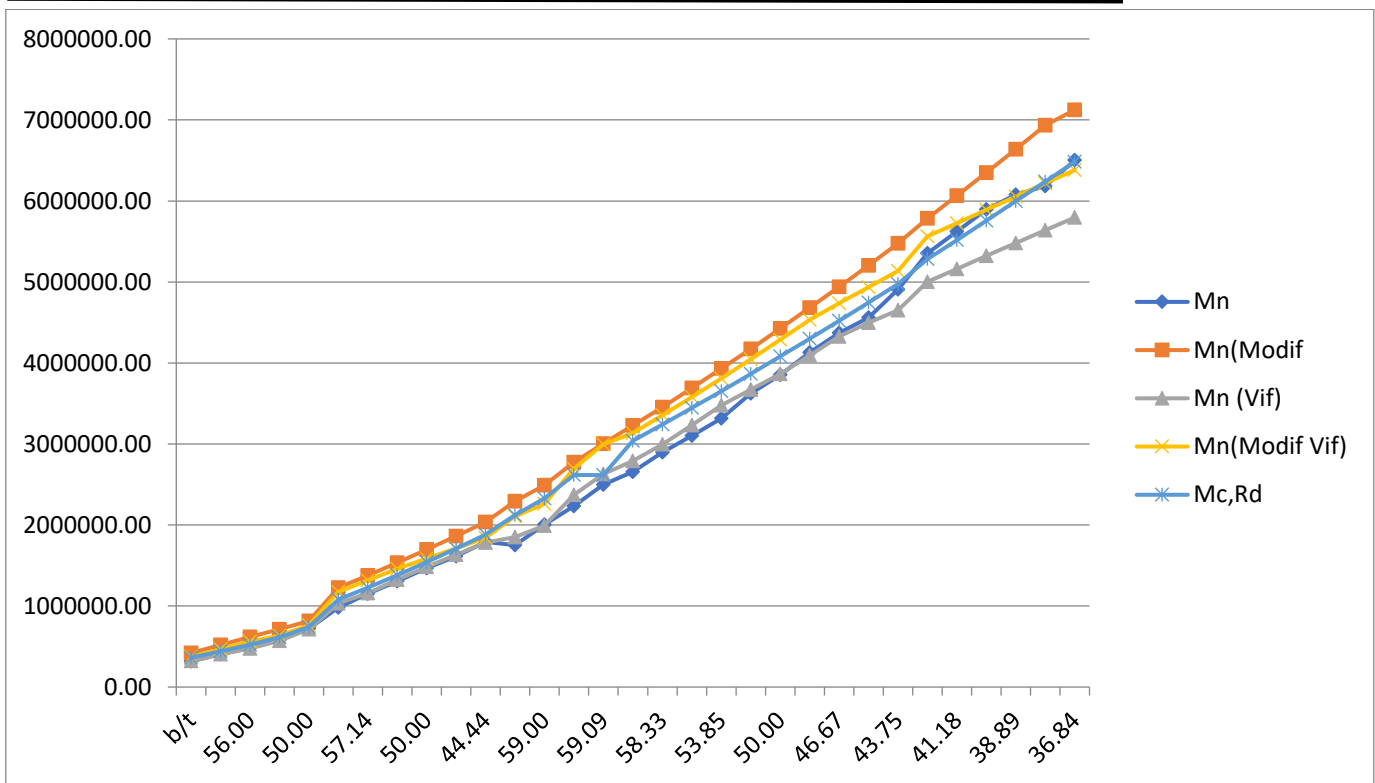


Figure 5.2-10: les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes

Les cinq courbes sont quasiment confondues signifiant que la différence des valeurs est moins importante quelle que soit la méthode appliquée et quel que soit le coin considéré.

5.2.2.5 Cas de la variation de la largeur de raidisseur (C) :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin arrondi de $r=3$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 280 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs de 50mm et 80 mm incluses et l'intervalle de variation de la largeur du raidisseur de raison arithmétique de 1mm se situe entre les valeurs de 10mm et 33 mm incluses.

Tableau 5.2-47: résultats obtenus par programCUFSMv5.01 pour les sections avec coins arrondis

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>My</i>	<i>Mcr(Local)</i>	<i>Mcr(Dist)</i>	<i>Mcr (Global)</i>
<i>C120-50-10-1,5</i>	483.84	335.16	4488724.13	7756515.29	5373002.78	3110685.82
<i>C120-50-11-1,5</i>	499.52	355.60	4521395.23	8066169.09	5742171.94	4150640.82
<i>C120-50-12-1,5</i>	499.24	375.76	4552759.68	8117570.51	6109803.49	4288699.62
<i>C120-60-13-1,5</i>	377.16	310.24	5112044.14	6885923.46	5664144.91	3471077.97
<i>C120-60-14-1,5</i>	376.88	326.48	5140875.24	6919618.07	5994260.53	3804247.67
<i>C120-60-15-1,5</i>	376.60	342.44	5168479.68	6951605.17	6321050.65	4160626.14
<i>C120-80-16-1,5</i>	228.20	236.88	6253284.13	5096426.56	5290278.37	3264214.31
<i>C120-80-17-1,5</i>	228.20	248.36	6278515.24	5116989.92	5569043.01	3748273.60
<i>C120-80-18-1,5</i>	228.20	259.56	6302599.69	5136618.75	5842509.91	3838283.21
<i>C120-80-19-1,5</i>	228.20	270.76	6325564.14	5155334.77	6116820.52	3934500.90
<i>C120-80-20-1,5</i>	228.20	280.00	6347435.25	5173159.73	6347435.25	4500331.59
<i>C120-80-21-1,5</i>	228.20	292.60	6368239.70	5190115.35	6654810.48	4126619.32
<i>C120-80-22-1,5</i>	228.20	303.52	6388004.14	5206223.37	6924596.49	4465214.89
<i>C120-80-23-1,5</i>	228.20	314.16	6406755.24	5221505.52	7188379.37	4824286.69
<i>C120-80-24-1,5</i>	228.20	324.52	6424519.70	5235983.55	7446018.33	4426494.07
<i>C120-80-25-1,5</i>	228.20	334.88	6441324.12	5249679.16	7703823.65	4283480.54
<i>C120-80-26-1,5</i>	227.08	344.96	6457195.25	5236785.35	7955264.55	4901011.19
<i>C120-80-27-1,5</i>	226.80	355.04	6472159.68	5242449.34	8206698.47	4744093.05
<i>C120-80-28-1,5</i>	226.80	364.84	6486244.13	5253857.74	8451576.10	4592260.84
<i>C120-80-29-1,5</i>	226.80	374.64	6499475.25	5264574.95	8696297.88	4439141.59
<i>C120-80-30-1,5</i>	226.80	384.16	6511879.70	5274622.55	8934298.94	5079266.16
<i>C120-80-31-1,5</i>	225.12	393.68	6523484.13	5244881.24	9172018.68	5486250.15
<i>C120-80-32-1,5</i>	224.84	403.20	6534315.23	5247055.13	9409413.93	4756981.49
<i>C120-80-33-1,5</i>	202.72	385.00	6808999.68	4929715.77	9362374.56	5876166.72

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins arrondis par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies FSM et non pas par cFSM (nous n'avons pas utilisé la méthode de classification des modes d'instabilités) qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-48:résultat de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins arrondis

<i>c/t</i>	<i>Mne</i>	<i>MnL</i>	<i>Mnd</i>	<i>Mn</i>	<i>MnL(Modif)</i>	<i>Mnd(Modif)</i>	<i>Mn(Modif)</i>
6.67	2988324.53	2988324.53	3728940.02	2988324.53	4488724.13	3728940.02	3728940.02
7.33	3503628.30	3503628.30	3832075.82	3503628.30	4521395.23	3832075.82	3832075.82
8.00	3566931.06	3566931.06	3929975.10	3566931.06	4552759.68	3929975.10	3929975.10
8.67	3356350.37	3356350.37	4134906.50	3356350.37	4785777.47	4134906.50	4134906.50
9.33	3567908.07	3567908.07	4232455.84	3567908.07	4811629.57	4232455.84	4232455.84
10.00	3761128.15	3761128.15	4325155.93	3761128.15	4836320.39	4325155.93	4325155.93
10.67	3250725.73	3192583.33	4587800.59	3192583.33	4965583.35	4587800.59	4587800.59
11.33	3730209.54	3512449.74	4687958.72	3512449.74	4985618.77	4687958.72	4687958.72
12.00	3808723.00	3567026.07	4782843.69	3567026.07	5004743.66	4782843.69	4782843.69
12.67	3889602.97	3622640.42	4874616.24	3622640.42	5022979.18	4874616.24	4874616.24
13.33	4289539.47	3875821.62	4950999.49	3875821.62	5040346.51	4950999.49	4950999.49
14.00	4042633.49	3726980.68	5045890.10	3726980.68	5056866.82	5045890.10	5045890.10
14.67	4277172.63	3876210.60	5127479.77	3876210.60	5072561.29	5127479.77	5072561.29
15.33	4492596.22	4011056.29	5204880.08	4011056.29	5087451.09	5204880.08	5087451.09
16.00	4260450.36	3873044.01	5278312.29	3873044.01	5101557.42	5278312.29	5101557.42
16.67	4167458.38	3818707.76	5349505.83	3818707.76	5114901.41	5349505.83	5114901.41
17.33	4548888.66	4048779.36	5417037.65	4048779.36	5119036.82	5417037.65	5119036.82
18.00	4466076.87	4000221.36	5482534.50	4000221.36	5128773.40	5482534.50	5128773.40
18.67	4379357.13	3950281.22	5544637.72	3950281.22	5139934.43	5544637.72	5139934.43
19.33	4284580.78	3894726.59	5604884.22	3894726.59	5150419.24	5604884.22	5150419.24
20.00	4658704.69	4124148.33	5661975.45	4124148.33	5160248.98	5661975.45	5160248.98
20.67	4854236.00	4232228.32	5717368.77	4232228.32	5156541.42	5717368.77	5156541.42
21.33	4490070.09	4015880.05	5771107.21	4015880.05	5162941.78	5771107.21	5162941.78
22.00	5130395.16	4303779.23	5924537.45	4303779.23	5195025.70	5924537.45	5195025.70

Les calculs suivants se rapportent aux sections en C avec coin vif de $r=0$ mm et soumises à une charge de $F_{yb} = 280 \text{ N/mm}^2$. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs de 50mm et 80 mm incluses et l'intervalle de variation de la largeur du raidisseur de raison arithmétique de 1mm se situe entre les valeurs de 10mm et 33 mm incluses.

Tableau 5.2-49 résultats obtenus par programCUFSMv5.01 pour les sections avec coins vif

<i>Section</i>	<i>fcr(Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>My</i>	<i>Mcr(Local)</i>	<i>Mcr(Dist)</i>	<i>Mcr (Global)</i>
<i>C120-50-10-1,5</i>	733.891	397.075	3952666.68	10360094.64	5605375.43	5056180.63
<i>C120-50-11-1,5</i>	739.704	428.173	3986971.32	10532780.84	6096833.83	5939903.79
<i>C120-50-12-1,5</i>	743.275	458.181	4019904	10671050.52	6578012.98	6152951.20
<i>C120-60-13-1,5</i>	557.236	370.999	4555492.68	9066016.13	6036011.53	5894856.33
<i>C120-60-14-1,5</i>	558.585	394.965	4585765.32	9148356.16	6468631.43	6076417.48
<i>C120-60-15-1,5</i>	559.248	418.483	4614750	9217106.10	6897122.94	7021028.98
<i>C120-80-16-1,5</i>	324.867	280.168	5650474.68	6555902.70	5653864.96	5351504.02
<i>C120-80-17-1,5</i>	325.526	296.502	5676967.32	6600001.66	6011543.45	5483098.89
<i>C120-80-18-1,5</i>	326.003	312.486	5702256	6639116.30	6363839.89	6522586.62
<i>C120-80-19-1,5</i>	326.326	328.317	5726368.68	6673796.37	6714514.94	6362404.63
<i>C120-80-20-1,5</i>	326.521	344.029	5749333.32	6704564.52	7064062.12	6511653.86
<i>C120-80-21-1,5</i>	326.604	359.57	5771178	6731749.36	7411223.12	6983207.83
<i>C120-80-22-1,5</i>	326.577	374.811	5791930.68	6755397.66	7753140.46	7784023.86
<i>C120-80-23-1,5</i>	326.467	389.912	5811619.32	6776078.31	8092928.98	7304333.75
<i>C120-80-24-1,5</i>	326.272	404.724	5830272	6793766.09	8427325.02	7800029.40
<i>C120-80-25-1,5</i>	326.007	419.329	5847916.68	6808792.04	8757860.90	7636439.34
<i>C120-80-26-1,5</i>	325.695	433.835	5864581.32	6821660.05	9086645.14	8147516.22
<i>C120-80-27-1,5</i>	325.342	448.207	5880294	6832523.61	9412817.62	8664088.18
<i>C120-80-28-1,5</i>	324.922	462.173	5895082.68	6840864.48	9730528.73	8508057.02
<i>C120-80-29-1,5</i>	324.41	475.983	5908975.32	6846181.02	10044899.29	8340223.22
<i>C120-80-30-1,5</i>	323.853	489.538	5922000	6849490.95	10353728.70	7588979.55
<i>C120-80-31-1,5</i>	323.277	502.97	5934184.68	6851376.50	10659703.09	7970224.63
<i>C120-80-32-1,5</i>	322.714	516.403	5945557.32	6852552.09	10965370.14	8149299.38
<i>C120-80-33-1,5</i>	288.781	484.935	6208146	6402837.89	10751954.57	8437513.40

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM

Le tableau suivant retrace le calcul de la contrainte nominale pour les sections à coins vifs par la méthode DSM (Pn) et DSM dans sa nouvelle proposition (Pn modif). C'est l'emploi du logiciel CUSFM par la méthode des bandes finies FSM et non pas par cFSM (nous n'avons pas utilisé la méthode de classification des modes d'instabilités) qui a permis l'obtention des résultats ci-dessous présentés.

Tableau 5.2-50: résultat de la DSM et La DSM prédiction pour les sections à coins a vif

<i>c/t</i>	<i>Mne</i>	<i>MnL</i>	<i>Mnd</i>	<i>Mn (Vif)</i>	<i>MnL(Modif)</i>	<i>Mnd(Modif)</i>	<i>In(Modif Vif)</i>
6.67	3438149.64	3438149.64	3473852.64	3438149.64	3952666.68	3473852.64	3473852.64
7.33	3604002.84	3604002.84	3589000.97	3589000.97	3986971.32	3589000.97	3589000.97
8.00	3655966.94	3655966.94	3695111.03	3655966.94	4019904.00	3695111.03	3695111.03
8.67	3975101.64	3975101.64	3915836.26	3915836.26	4555492.68	3915836.26	3915836.26
9.33	4027147.77	4027147.77	4023333.47	4023333.47	4585765.32	4023333.47	4023333.47
10.00	4191338.92	4191338.92	4124308.07	4124308.07	4614750.00	4124308.07	4124308.07
10.67	4436901.55	4277294.38	4408319.27	4277294.38	5042000.32	4408319.27	4408319.27
11.33	4493639.48	4323806.28	4519321.08	4323806.28	5068969.55	4519321.08	4519321.08
12.00	4797229.98	4529884.85	4623927.68	4529884.85	5093967.19	4623927.68	4623927.68
12.67	4771917.09	4521024.89	4723596.02	4521024.89	5117149.88	4723596.02	4723596.02
13.33	4821401.90	4559629.62	4818790.12	4559629.62	5138666.16	4818790.12	4818790.12
14.00	4940348.31	4642036.42	4909522.34	4642036.42	5158615.50	4909522.34	4909522.34
14.67	5105337.95	4752398.87	4995477.06	4752398.87	5177026.74	4995477.06	4995477.06
15.33	5030207.84	4709250.23	5077618.21	4709250.23	5194058.02	5077618.21	5077618.21
16.00	5133036.34	4778568.33	5155524.65	4778568.33	5209719.66	5155524.65	5155524.65
16.67	5115499.37	4770811.80	5229753.03	4770811.80	5224110.27	5229753.03	5224110.27
17.33	5213323.38	4835627.03	5300894.88	4835627.03	5237371.44	5300894.88	5237371.44
18.00	5301888.34	4893822.52	5368947.25	4893822.52	5249557.77	5368947.25	5249557.77
18.67	5289413.21	4887902.62	5433072.12	4887902.62	5260556.34	5433072.12	5260556.34
19.33	5273411.65	4879058.49	5494345.81	4879058.49	5270257.68	5494345.81	5270257.68
20.00	5153708.11	4804173.37	5552555.24	4804173.37	5278931.30	5552555.24	5278931.30
20.67	5229877.14	4852806.78	5608270.05	4852806.78	5286738.81	5608270.05	5286738.81
21.33	5267362.00	4876703.54	5661975.31	4876703.54	5293875.68	5661975.31	5293875.68
22.00	5488117.76	4905913.16	5804619.18	4905913.16	5330789.52	5804619.18	5330789.52

Nous avons effectué nos calculs à partir de la méthode de la largeur efficace pour déterminer les valeurs de la contrainte nominale dans le cas de variation de la largeur et la largeur du raidisseur pour les sections en C. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs de 50mm

Chapitre V : calcul de la contrainte nominale à partir des méthodes Eurocode partie1-3 et DSM
 et 80 mm incluses et l'intervalle de variation de la largeur du raidisseur de raison arithmétique
 de 1mm se situe entre les valeurs de 10mm et 33 mm incluses.

Tableau 5.2-51 résultats des résistances obtenus par la largeur efficace

<i>Section</i>	<i>c/t</i>	<i>Sy</i>	<i>Sy (Vif)</i>	<i>Ieff</i>	<i>Weff</i>	<i>Mc,Rd</i>
<i>C120-50-10-1,5</i>	6.67	16031.1576	14116.6667	815404.60	13259.38	3712626.42
<i>C120-50-11-1,5</i>	7.33	16147.8401	14239.1833	826361.40	13476.27	3773356.07
<i>C120-50-12-1,5</i>	8.00	16259.856	14356.8	836661.20	13679.45	3830245.84
<i>C120-60-13-1,5</i>	8.67	18257.3005	16269.6167	921362.41	14779.26	4138194.07
<i>C120-60-14-1,5</i>	9.33	18360.2687	16377.7333	930515.31	14956.41	4187795.21
<i>C120-60-15-1,5</i>	10.00	18458.856	16481.25	939166.20	15123.59	4234604.08
<i>C120-80-16-1,5</i>	10.67	22333.1576	20180.2667	1055196.17	16077.82	4501788.89
<i>C120-80-17-1,5</i>	11.33	22423.2687	20274.8833	1063493.64	16235.16	4545845.26
<i>C120-80-18-1,5</i>	12.00	22509.2846	20365.2	1071351.60	16384.48	4587654.7
<i>C120-80-19-1,5</i>	12.67	22591.3005	20451.3167	1078799.06	16526.36	4627381.84
<i>C120-80-20-1,5</i>	13.33	22669.4116	20533.3333	1085861.00	16661.31	4665167.05
<i>C120-80-21-1,5</i>	14.00	22743.7132	20611.35	1092559.20	16789.76	4701131.44
<i>C120-80-22-1,5</i>	14.67	22814.3005	20685.4667	1098912.89	16912.07	4735380.63
<i>C120-80-23-1,5</i>	15.33	22881.2687	20755.7833	1103400.93	16986.73	4756283.87
<i>C120-80-24-1,5</i>	16.00	22944.7132	20822.4	1106130.05	17015.91	4764453.8
<i>C120-80-25-1,5</i>	16.67	23004.729	20885.4167	1108645.41	17041.41	4771595.42
<i>C120-80-26-1,5</i>	17.33	23061.4116	20944.9333	1110966.16	17063.72	4777841.76
<i>C120-80-27-1,5</i>	18.00	23114.856	21001.05	1113108.66	17083.23	4783304.99
<i>C120-80-28-1,5</i>	18.67	23165.1576	21053.8667	1115087.12	17100.29	4788080.74
<i>C120-80-29-1,5</i>	19.33	23212.4116	21103.4833	1119882.08	17195.86	4814841.29
<i>C120-80-30-1,5</i>	20.00	23256.7132	21150	1123234.18	17254.35	4831217.29
<i>C120-80-31-1,5</i>	20.67	23298.1576	21193.5167	1126156.23	17303.05	4844854.98
<i>C120-80-32-1,5</i>	21.33	23336.8401	21234.1333	1128789.35	17345.74	4856806.72
<i>C120-80-33-1,5</i>	22.00	24317.856	22171.95	1153768.09	17494.21	4898380.19

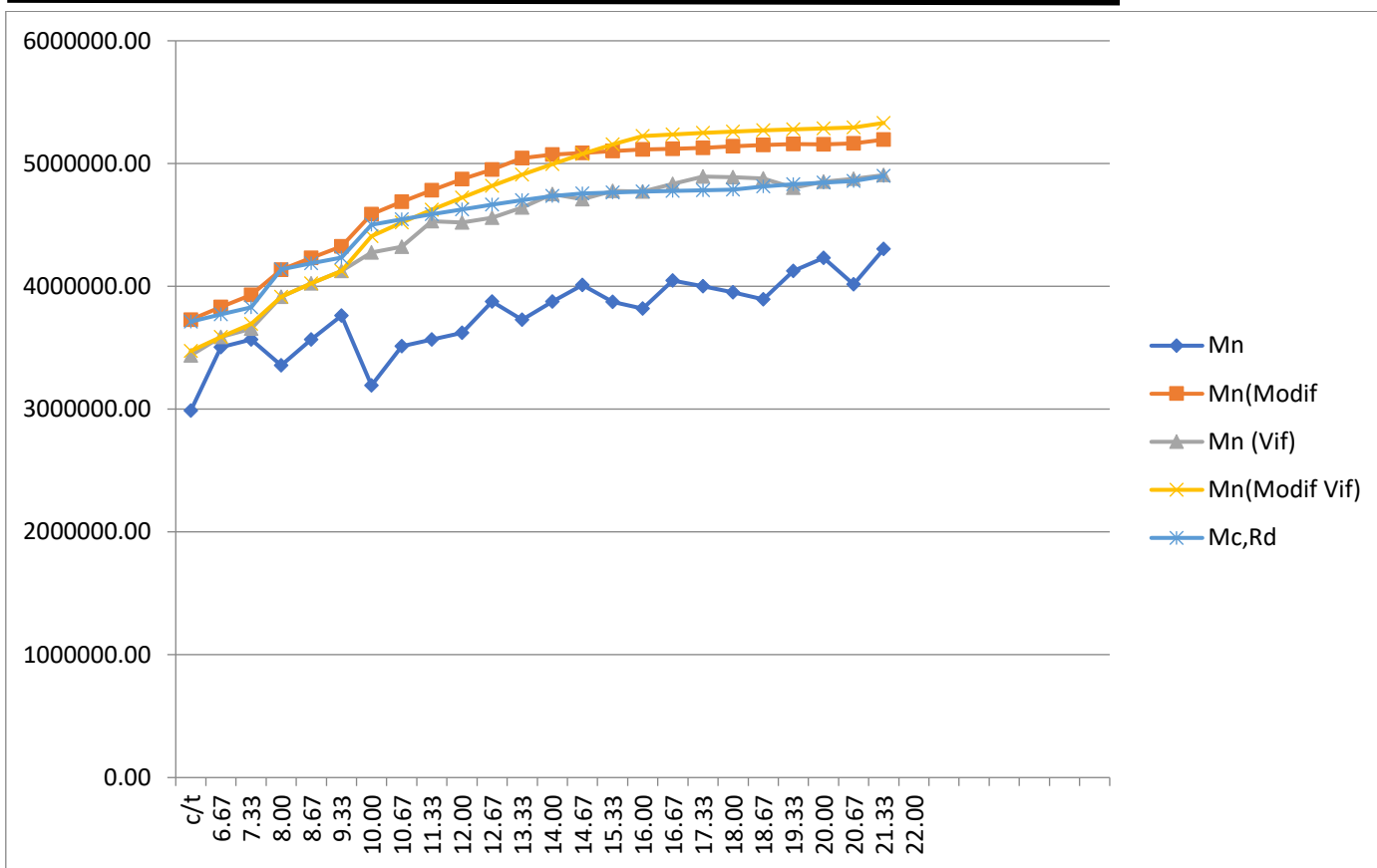


Figure 5.2-11 les courbes des résultats obtenus par les deux méthodes

Dans ce cas-ci si l'écart entre les valeurs des deux méthodes appliquées existe malgré qu'ils ont la même allure, la version nouvelle de la DSM donne des valeurs supérieures à l'ancienne et à celle de l'Eurocode.

5.3 Calcul de la contrainte nominale pour les sections en Z par les deux méthodes

Dans une première étape nous nous sommes intéressés au calcul dans le cas de la compression ensuite nous aborderons le calcul dans le cas de la flexion.

L'utilisation de l'Eurocode et en particulier le concept de la largeur efficace pour calculer la contrainte nominale nécessite le calcul des caractéristiques efficaces de la section transversale. Ces dernières sont obtenues par un processus long, et c'est pour cela nous avons programmé MATLAB pour faciliter les calculs et minimiser les erreurs.

Nous avons calculé pour l'ensemble des sections en Z les caractéristiques efficaces nécessaires pour le calcul des contraintes nominales. Le matériau utilisé pour toutes les sections, à une limite d'élasticité de 350 N/mm².

Ensuite, l'utilisation de la méthode de la force directe (DSM) pour calculer la contrainte nominale nécessite le calcul des contraintes critiques élastiques pour les différents modes d'instabilités de base à savoir le mode local, le mode distorsionnel et le mode global. Ces dernières sont obtenues soit en utilisant les méthodes manuelles connues, soit en utilisant le logiciel CUFSM. Notre choix est porté sur l'utilisation de ce dernier.

CUFSM, est un logiciel développé par Ben Schafer. Il utilise la méthode des bandes finies pour identifier et calculer les charges critiques élastiques à partir des facteurs de charge.

Nous avons calculé pour l'ensemble des sections en Z les contraintes critiques élastiques des différents modes d'instabilité. Le matériau utilisé pour toutes les sections, a une limite d'élasticité de 350 N/mm².

Les contraintes critiques élastiques sont ensuite utilisées dans les différentes procédures de la DSM pour calculer les contraintes nominales des différents modes et ceci pour le cas de la compression et de la flexion.

5.3.1 Cas de compression pour les sections en Z

5.3.1.1 Cas de la variation de la hauteur :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en Z L'intervalle de variation de la hauteur, de raison arithmétique de 3mm, se situe entre les valeurs de 120mm et 205 mm incluses.

Tableau 5.3-1 :les résultats obtenus par les deux méthodes dans le cas de la variation de la hauteur

<i>N°</i>	<i>h/t</i>	<i>fcr (Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>fcr(Global)</i>	<i>Pn</i>	<i>Pn (Modif)</i>	<i>Nc,Rd</i>
Z120-80-38-1.5	80.00	140.5	198.35	172.73	68199.63	111931.97	106119.31
Z123-80-38-1.5	82.00	134.79	195.73	176.22	68583.59	112148.62	106154.79
Z126-80-38-1.5	84.00	129.36	193.11	179.58	68909.46	112346.82	106186.04
Z129-80-38-1.5	86.00	124.23	190.54	182.79	69184.49	112540.28	106213.38
Z132-80-38-1.5	88.00	119.37	188	185.85	69411.20	112723.76	106237.13
Z135-80-38-1.5	90.00	114.78	185.49	188.77	69599.02	112897.42	106257.57
Z138-80-38-1.5	92.00	110.42	183.02	191.53	69742.99	113064.37	106274.96
Z141-80-38-1.5	94.00	106.31	180.57	194.1404	69855.95	113218.93	106289.52
Z144-80-38-1.5	96.00	102.4	178.15	196.59	69931.12	113331.66	106301.47
Z147-80-38-1.5	98.00	98.7	175.68	198.89	69978.42	112703.83	106310.99
Z150-80-38-1.5	100.00	95.2	173.22	201.026	69998.65	112098.43	106318.28
Z153-80-38-1.5	102.00	91.87	170.79	202.99	69988.19	111507.48	106323.48
Z156-80-38-1.5	104.00	88.72	168.38	204.8	69957.43	110939.72	106326.74
Z159-80-38-1.5	106.00	85.7	165.98	206.44	69894.55	110376.70	106328.21
Z162-80-38-1.5	108.00	82.87	163.61	207.92	69822.28	109850.31	106328.01
Z165-80-38-1.5	110.00	84.14	161.25	209	70880.05	111273.55	106326.25
Z168-80-38-1.5	112.00	77.57	158.91	210.35	69597.07	108823.76	106323.04
Z171-80-38-1.5	114.00	75.09	156.58	211.3	69447.33	108324.52	106318.47
Z174-80-38-1.5	116.00	72.75	154.27	212	69275.08	107853.08	106312.64
Z177-80-38-1.5	118.00	70.51	151.92	212.68	69103.84	107391.64	106305.64
Z180-80-38-1.5	120.00	68.37	149.58	213	68886.74	106942.96	106297.53
Z183-80-38-1.5	122.00	66.35	147.26	213.34	68688.41	106521.77	106288.4
Z186-80-38-1.5	124.00	64.38	144.96	213.4	68442.44	106089.77	106278.31
Z189-80-38-1.5	126.00	62.52	142.67	213.6	68232.57	105685.03	106267.32
Z192-80-38-1.5	128.00	60.73	140.39	212.98	67909.97	105285.89	106255.49
Z195-80-38-1.5	130.00	59.02	138.14	212.52	67618.57	104900.89	106242.88
Z198-80-38-1.5	132.00	57.4	135.89	211.88	67316.25	104539.36	106229.53
Z201-80-38-1.5	134.00	55.81	133.66	211.08	66981.99	104163.24	106215.49
Z205-80-38-1.5	136.67	53.82	130.71	209.75	66521.64	103698.79	106195.78

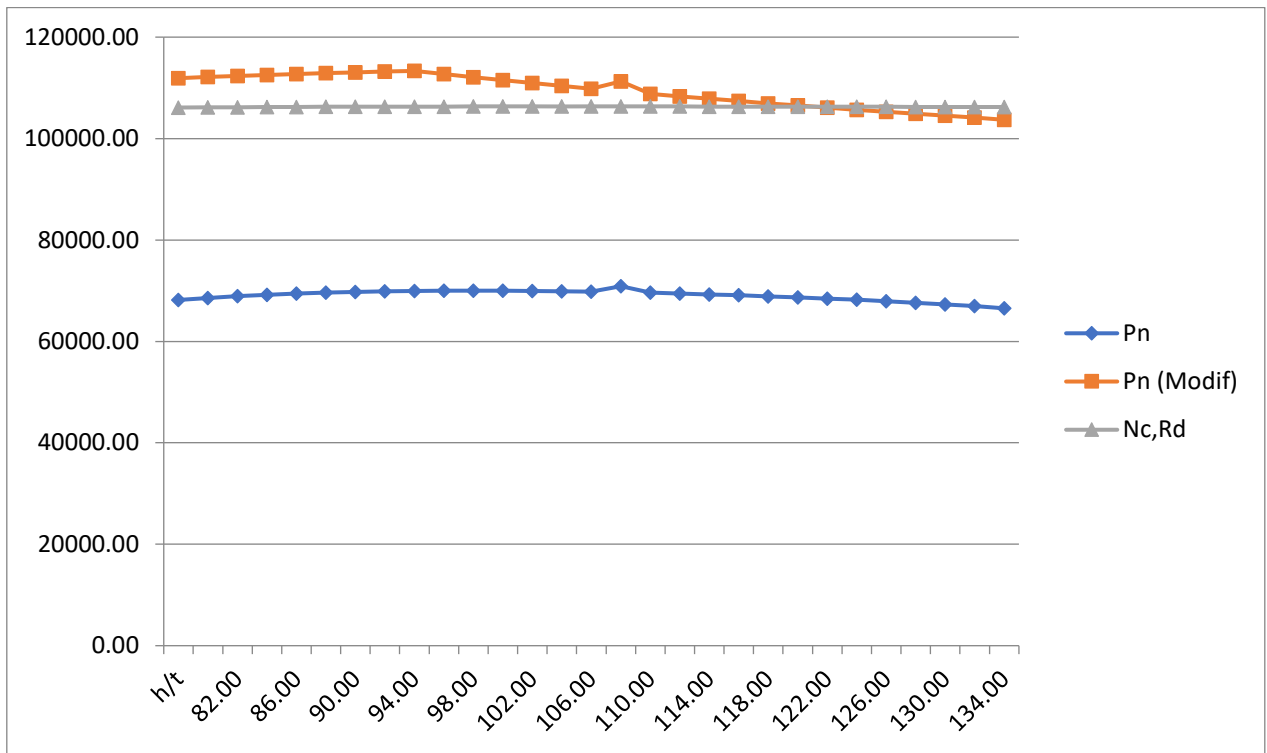


Figure 5.3-11 les résultats obtenus par Eurocode et DSM

Selon les deux méthodes appliquées nous remarquons que lorsque h augmente selon une progression constante la contrainte nominale suit quasiment une courbe droite. Par conséquent elle reste constante par rapport au rapport h/t. Cependant dans la nouvelle version DSM la courbe tend à s'incliner vers le bas signifiant par-là que les valeurs ont tendance à diminuer.

5.3.1.2 Cas de la variation de l'épaisseur

Les calculs suivants se rapportent aux sections en Z. L'intervalle de variation de l'épaisseur, de raison arithmétique de 0.05mm, se situe entre les valeurs de 1mm et 2.50 mm incluses.

Tableau 5.3-2 :les résultats obtenus par Eurocode et DSM

<i>N°</i>	<i>h/t</i>	<i>fcr (Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>fcr(Global)</i>	<i>Pn</i>	<i>Pn (Modif)</i>	<i>Nc,Rd</i>
Z130-55-30-1,00	130.00	57.8	139.6	111.41	21190.39	48085.51	48684.73
Z130-55-30-1,05	123.81	63.22	146.35	121.58	25097.83	53895.63	53501.57
Z130-55-30-1,10	118.18	69.37	153.38	121.67	27157.61	58416.20	58505.24
Z130-55-30-1,15	113.04	75.8	161.53	121.73	31700.60	68312.70	63689.35
Z130-55-30-1,20	108.33	82.51	169.22	121.7979	31447.58	67887.97	69047.42
Z130-55-30-1,25	104.00	89.5	176.97	121.84	33673.65	72832.76	74572.95
Z130-55-30-1,30	100.00	96.78	184.72	121.89	35956.73	77916.47	80259.39
Z130-55-30-1,35	96.30	104.35	192.62	121.93	38291.81	83136.50	86100.13
Z130-55-30-1,40	92.86	112.19	200.45	121.96	40674.61	88484.69	92088.56
Z130-55-30-1,45	89.66	120.32	208.48	122	43110.46	93964.43	98218.01
Z200-82-30-1,50	133.33	56.16	127.77	205	65209.61	102763.65	103552.02
Z200-82-30-1,55	129.03	59.96	132.58	205.61	69070.52	108781.93	110288.75
Z200-82-30-1,60	125.00	63.88	137.31	206.22	73021.99	114935.51	117197.95
Z200-82-30-1,65	121.21	67.92	142.16	206.75	77049.42	121222.65	124275.31
Z200-82-30-1,70	117.65	72.09	146.97	207.2	81153.77	127648.12	131516.47
Z200-82-30-1,75	114.29	76.38	151.86	207.6	85333.57	134203.67	138917.05
Z200-82-30-1,80	111.11	80.8	156.79	207.95	89590.37	140894.02	146472.63
Z200-82-30-1,85	108.11	85.33	161.7	208.25	93914.03	147704.86	154178.79
Z200-82-30-1,90	105.26	89.99	166.73	208.53	98316.37	154647.27	162031.09
Z200-82-30-1,95	102.56	94.77	171.7	208.77	102787.43	161713.42	170025.05
Z270-110-30-2,00	135.00	55.49	111.31	261.89	123101.75	173763.78	177713.59
Z270-110-30-2,05	131.71	58.29	114.52	269.22	129694.40	180723.90	185759.99
Z270-110-30-2,10	128.57	61.16	117.73	275.78	136299.10	187766.48	193943.72
Z270-110-30-2,15	125.58	64.1	121	281.59	142916.79	194939.13	202262.14
Z270-110-30-2,20	122.73	67.11	124.26	286.67	149547.00	202183.59	210712.65
Z270-110-30-2,25	120.00	70.18	127.53	291.07	156185.29	209514.81	219292.63
Z270-110-30-2,30	117.39	73.32	130.86	294.86	162846.04	216973.25	227999.46
Z270-110-30-2,35	114.89	76.53	134.2	298.13	169539.06	224516.39	236830.54
Z270-110-30-2,40	112.50	79.81	137.53	300.94	176269.18	232126.12	245783.24
Z270-110-30-2,45	110.20	83.16	140.91	303.37	183045.29	239851.84	254854.94
Z270-110-30-2,50	108.00	86.57	144.35	305.48	189865.64	247701.41	264043.04

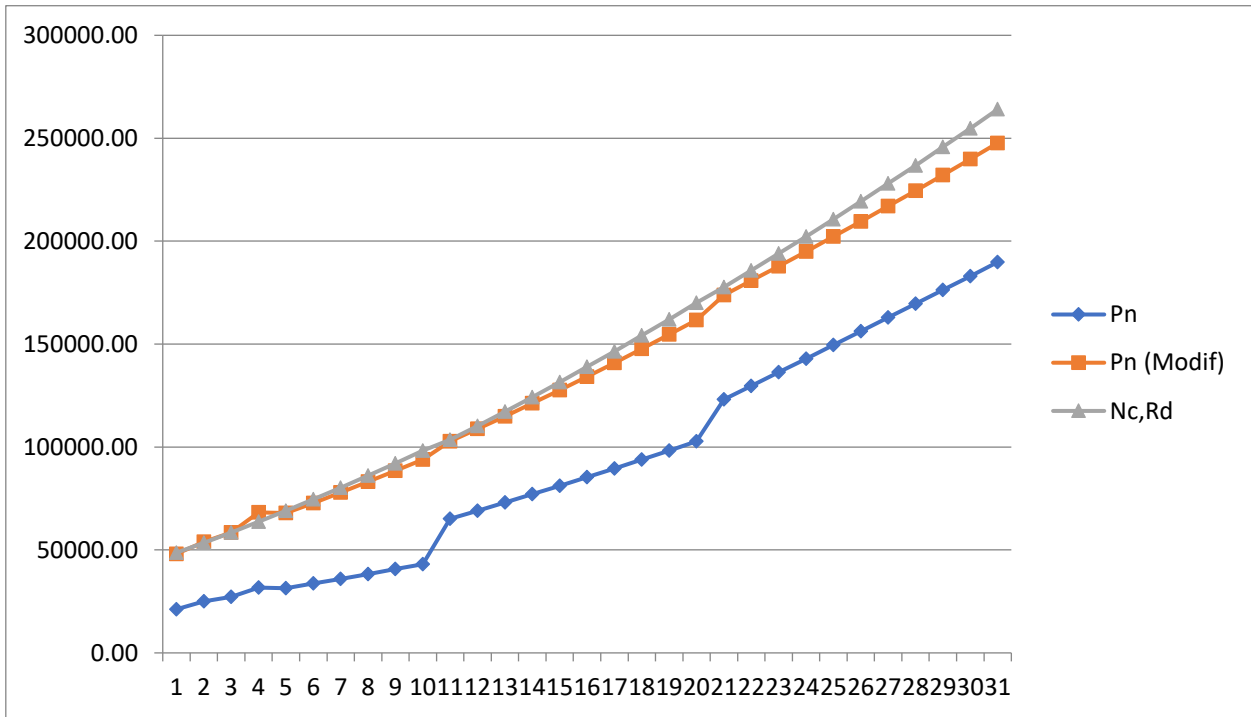


Figure 5.3-2les courbes des deux méthodes dans le cas de la variation de l'épaisseur

L'analyse du schéma montre que quel que soit la méthode appliquée la contrainte nominale augmente selon une courbe ascendante quand l'épaisseur augmente, cependant chaque méthode induit sa propre courbe conférant au schéma deux courbes quasi-parallèles.

5.3.1.3 Cas de la variation de la largeur b :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en Z. L'intervalle de variation de la largeur, de raison arithmétique de 2mm, se situe entre les valeurs de 60mm et 120 mm incluses.

Tableau 5.3-3: les résultats des deux méthodes dans le cas de la variation de la largeur

<i>N°</i>	<i>b/t</i>	<i>Pn</i>	<i>Pn (Modif)</i>	<i>Pn (Vif)</i>	<i>Pn(Modif Vif)</i>	<i>Nc,Rd</i>
Z160-60-25-2	30.00	72391.10	152426.59	65198.28	149012.63	162239.36
Z160-62-25-2	31.00	75216.03	153730.13	7584.51	150447.97	164010.21
Z160-64-25-2	32.00	78046.66	154923.01	7854.06	151762.85	165273.09
Z160-66-25-2	33.00	80898.46	156034.08	8122.15	152905.22	166240.76
Z160-68-25-2	34.00	83753.27	156980.44	8393.34	153952.09	167154.34
Z160-70-25-2	35.00	86617.20	157866.30	8666.94	154902.24	168017.39
Z160-72-25-2	36.00	89451.88	158636.37	8938.95	155701.30	168734.15
Z160-74-25-2	37.00	92143.06	159318.33	9213.68	156444.92	169100.65
Z160-76-25-2	38.00	94775.64	159928.60	9493.47	157058.46	169423.76
Z160-78-25-2	39.00	97352.22	160439.41	9771.27	157609.52	169707.30
Z160-80-25-2	40.00	99865.27	160903.48	10048.50	158070.20	169954.70
Z160-82-25-2	41.00	102322.01	161271.58	8867.58	158458.40	170169.04
Z160-84-25-2	42.00	111214.17	161595.68	10604.33	158778.83	170353.09
Z160-86-25-2	43.00	107056.53	161851.64	10885.49	159036.10	170509.35
Z160-88-25-2	44.00	109333.19	162052.70	11164.24	159228.01	170640.07
Z160-90-25-2	45.00	111555.94	162217.52	11441.80	159382.60	170747.29
Z160-92-25-2	46.00	113720.61	162308.52	11718.26	159460.86	170832.87
Z160-94-25-2	47.00	122493.70	162412.05	11997.57	159539.49	170898.49
Z160-96-25-2	48.00	117870.85	162400.94	12264.99	159515.03	170945.70
Z160-98-25-2	49.00	119855.22	162403.04	12539.99	159508.21	170975.89
Z160-100-25-2	50.00	121779.36	162357.96	12806.38	159424.39	170990.34
Z160-102-25-2	51.00	123641.02	162269.48	13075.60	159326.64	170990.24
Z160-104-25-2	52.00	125433.54	162203.91	13335.72	159221.29	170976.65
Z160-106-25-2	53.00	127148.32	162043.07	13593.83	159041.17	170950.57
Z160-108-25-2	54.00	128783.46	161892.76	13842.37	158883.02	170912.91
Z160-110-25-2	55.00	129169.79	160290.70	14084.62	158673.57	170864.49
Z160-112-25-2	50.91	155142.90	187351.68	14318.29	158441.57	202236.25
Z160-114-25-2,2	51.82	156907.60	187096.10	15325.70	183518.28	202228.10
Z160-116-25-2,2	52.73	158586.61	186862.14	15572.37	183273.84	202207.26
Z160-118-25-2,2	53.64	160173.97	186631.14	15806.95	182971.09	202174.58
Z160-120-25-2,2	54.55	161661.58	186323.83	16022.37	182653.52	202130.85

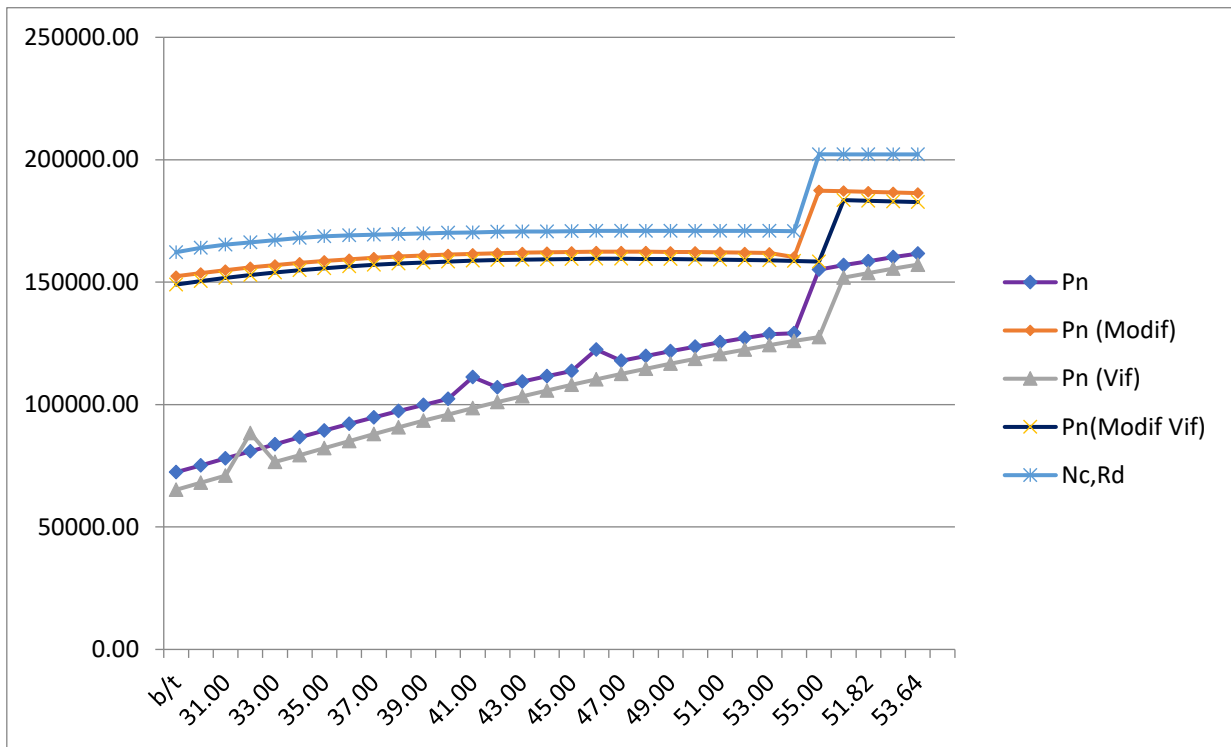


Figure 5.3-3: les courbes des deux méthodes dans le cas de la variation de la largeur

Dans le cas présent c'est-à-dire que lorsque la largeur augmente selon une progression constante et que l'épaisseur est constante, la contrainte nominale augmente dans le cas de la DSM antérieure tandis qu'elle suit une courbe horizontale selon les deux méthodes appliquées Eurocode et DSM dans sa version nouvelle.

5.3.1.4 Cas de variation de l'épaisseur par rapport à la fixation de la hauteur :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en Z. L'intervalle de variation de la hauteur, se situe entre les valeurs de 65mm et 125 mm incluses et l'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.05mm se situe entre les valeurs de 0.5mm et 2 mm incluses.

Tableau 5.3-4 les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur par rapport à la fixation de la hauteur

<i>N°</i>	<i>b/t</i>	<i>fcr (Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>fcr(Global)</i>	<i>Pn</i>	<i>Pn (Modif)</i>	<i>Nc,Rd</i>
Z65-26-15-0,5	52.00	62.54	146.78	33.99	2190.98	11944.87	12203.754
Z70-28-15-0,55	50.91	65.25	150.34	167.52	8089.43	14162.65	14609.754
Z80-31-15-0,60	51.67	59.66	141.55	43.29	3850.74	16483.30	17178.469
Z85-34-15-0,65	52.31	61.81	142.52	49.07	4890.86	19247.95	19939.247
Z90-37-15-0,70	52.86	63.75	142.39	55.2	6110.28	22225.44	22872.858
Z100-40-15-0,75	53.33	59.42	133.09	62.19	7509.73	25118.91	25948.713
Z100-43-15-0,80	53.75	67.11	139.81	68.528	9152.21	28818.82	29089.508
Z100-46-15-0,85	54.12	75.24	145.05	74.82	11006.44	32813.95	32730.437
Z100-49-15-0,90	54.44	83.75	148.92	81.04	13079.09	36571.26	36564.661
Z100-52-15-0,95	54.74	92.65	151.61	87.14	15376.11	39970.57	40588.195
Z125-55-15-1,00	55.00	66.88	124.7	100.25	18076.09	43212.95	44496.062
Z125-58-15-1,05	55.24	73.31	127.72	107.97	21028.97	46966.07	48511.17
Z125-60-15-1,10	54.55	80.15	131.57	113.1	23757.52	50681.95	52698.521
Z125-60-15-1,15	52.17	87.57	138.49	113.12	25587.62	54365.10	57058.826
Z125-60-15-1,20	50.00	95.32	145.51	113.14	27465.97	58142.62	61549.307
Z125-60-15-1,25	48.00	103.4	152.67	113.16	29391.02	62020.39	66165.059
Z125-60-15-1,30	46.15	111.8	159.83	113.17	31358.52	65968.31	70901.171
Z125-60-15-1,35	44.44	120.53	167.16	113.18	33369.59	70018.41	75752.733
Z125-60-15-1,40	42.86	129.58	174.5	113.2	35424.06	74136.28	80714.83
Z125-60-15-1,45	41.38	138.95	182.04	113.21	37516.50	78358.74	85782.54
Z125-60-15-1,50	40.00	148.64	189.52	113.22	39647.63	82630.44	90950.942
Z125-60-15-1,55	38.71	158.65	197.24	113.23	41816.17	87011.35	96215.105
Z125-60-15-1,60	37.50	168.98	204.9	113.2394	43696.82	91437.42	101540.03
Z125-60-15-1,65	36.36	179.63	212.76	113.2477	45065.65	95960.86	106701
Z125-60-15-1,70	35.29	190.6	220.65	113.2555	46434.47	100544.41	111934.38
Z125-60-15-1,75	34.29	201.88	228.64	113.2628	47803.27	105200.88	117236.67
Z125-60-15-1,80	33.33	213.48	236.79	113.2698	49172.12	109941.08	122604.42
Z125-60-15-1,85	32.43	225.4	244.9	113.2765	50541.00	114721.26	128034.16
Z125-60-15-1,90	31.58	237.63	253.21	113.2829	51909.91	119590.04	133522.49
Z125-60-15-1,95	30.77	250.17	261.57	113.2891	53278.87	124514.19	138686.89
Z125-60-15-2,00	30.00	263.03	296.98	113.295	54647.84	134917.05	143741.56

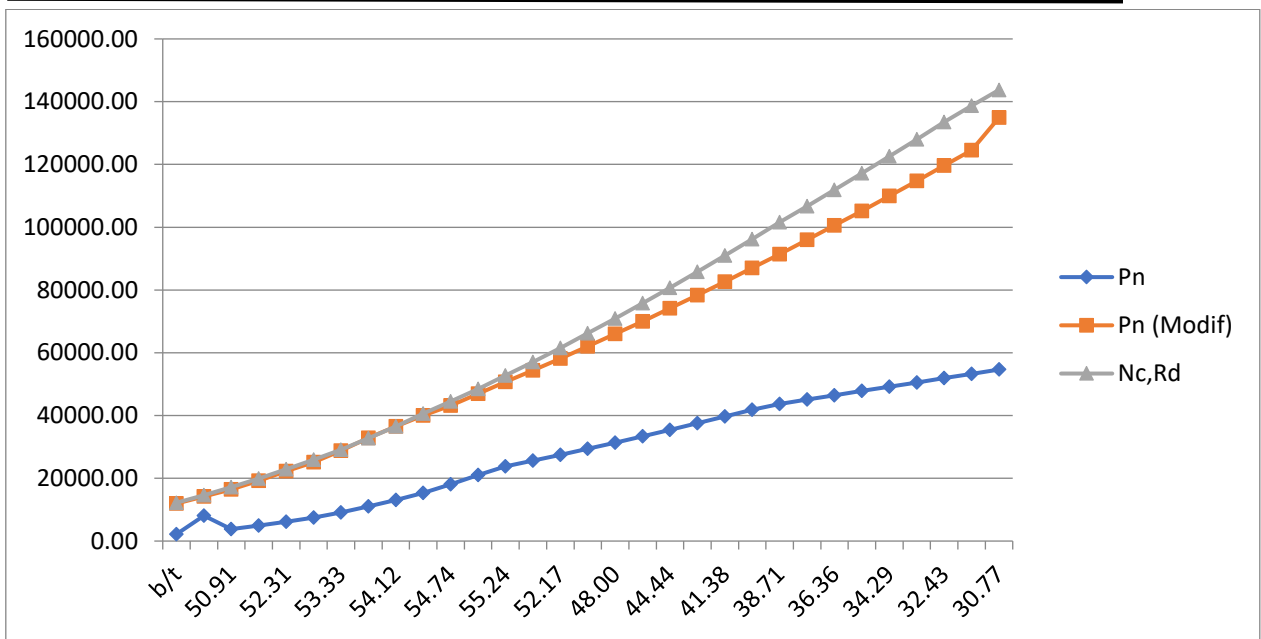


Figure 5.3-4 les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur par rapport à la fixation de la hauteur

Nous observons dans ce cas précis que lorsque l'épaisseur augmente de manière constante automatiquement la contrainte nominale augmente aussi mais en suivant des courbes ascendantes dans les deux cas de figure (application des deux méthodes) toutefois la courbe de la contrainte nominale obtenue selon la méthode de l'Eurocode se situe dans le schéma au-dessus de celle par application de la méthode DSM. Remarquons aussi que DSM dans sa version nouvelle est pratiquement confondue avec l'Eurocode d'où la similitude des deux méthodes.

5.3.1.5 Cas de la variation du raidisseur :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en Z. L'intervalle de variation de la largeur du raidisseur, de raison arithmétique de 0.5mm, se situe entre les valeurs de 10mm et 24 mm incluses.

Tableau 5.3-5les résultats des deux méthodes dans le cas de la variation du raidisseur

<i>N°</i>	<i>c/t</i>	<i>Pn</i>	<i>Pn (Modif)</i>	<i>Pn (Vif)</i>	<i>Pn (Modif Vif)</i>	<i>Nc,Rd</i>
<i>Z120-50-10-0,96</i>	10.42	16299.62	35709.91	10787.41	34077.42	37767.81
<i>Z120-50-10,5-0,96</i>	10.94	18089.60	36375.91	10945.92	34786.65	38160.56
<i>Z120-50-11-0,96</i>	11.46	17520.02	37012.65	11105.17	35467.94	38546.75
<i>Z120-50-11,5-0,96</i>	11.98	16983.44	37624.92	11265.15	36124.42	38927.02
<i>Z120-50-12-0,96</i>	12.50	18794.23	38218.65	11425.91	36756.92	39301.95
<i>Z120-50-12,5-0,96</i>	13.02	18199.01	38796.30	11587.51	37367.73	39672.03
<i>Z120-50-13-0,96</i>	13.54	19269.23	39345.71	11750.16	37958.53	40037.70
<i>Z120-50-13,5-0,96</i>	14.06	18656.80	39875.37	11913.47	38516.22	40399.35
<i>Z120-50-14-0,96</i>	14.58	19748.64	40394.95	12077.77	39055.60	40757.31
<i>Z120-50-14,5-0,96</i>	15.10	19119.11	40883.65	12242.94	39580.28	41111.91
<i>Z120-50-15-0,96</i>	15.63	20232.59	41081.86	12409.28	40062.16	41346.71
<i>Z120-50-15,5-0,96</i>	16.15	18730.22	41239.32	12576.42	40225.26	41445.73
<i>Z120-50-16-0,96</i>	16.67	19821.42	41396.57	12740.35	40372.54	41537.97
<i>Z120-50-16,5-0,96</i>	17.19	20057.81	41553.60	12913.96	40550.41	41624.13
<i>Z120-50-17-0,96</i>	17.71	20295.57	41710.62	13011.69	40712.93	41704.79
<i>Z120-50-17,5-0,96</i>	18.23	20534.40	41867.41	13255.73	40874.99	41780.47
<i>Z120-50-18-0,96</i>	18.75	19871.13	42023.96	13429.59	41037.06	42119.99
<i>Z120-50-18,5-0,96</i>	19.27	20102.80	42180.29	13601.85	41198.93	42343.83
<i>Z120-50-19-0,96</i>	19.79	21258.10	42336.61	13776.53	41360.58	42539.45
<i>Z120-50-19,5-0,96</i>	20.31	21501.81	42492.91	13952.45	41522.27	42718.40
<i>Z120-50-20-0,96</i>	20.83	20805.47	42648.99	14129.27	41683.72	42885.50
<i>Z120-50-20,5-0,96</i>	21.35	21042.03	42804.82	14307.44	41845.14	43043.39
<i>Z120-50-21-0,96</i>	21.88	20355.36	42960.67	14486.59	42006.16	43193.70
<i>Z120-50-21,5-0,96</i>	22.40	22488.44	43116.25	14667.04	42167.42	43337.56
<i>Z120-50-22-0,96</i>	22.92	20816.00	43271.81	14848.52	42328.44	43475.80
<i>Z120-50-22,5-0,96</i>	23.44	22000.55	43427.39	15031.28	42489.24	43609.06
<i>Z120-50-23-0,96</i>	23.96	22243.29	43582.72	15215.14	42650.02	43737.82
<i>Z120-50-23,5-0,96</i>	24.48	22487.10	43738.04	15400.16	42810.59	43862.51
<i>Z120-50-24-0,96</i>	25.00	22732.18	43893.11	15586.42	42971.18	43983.45

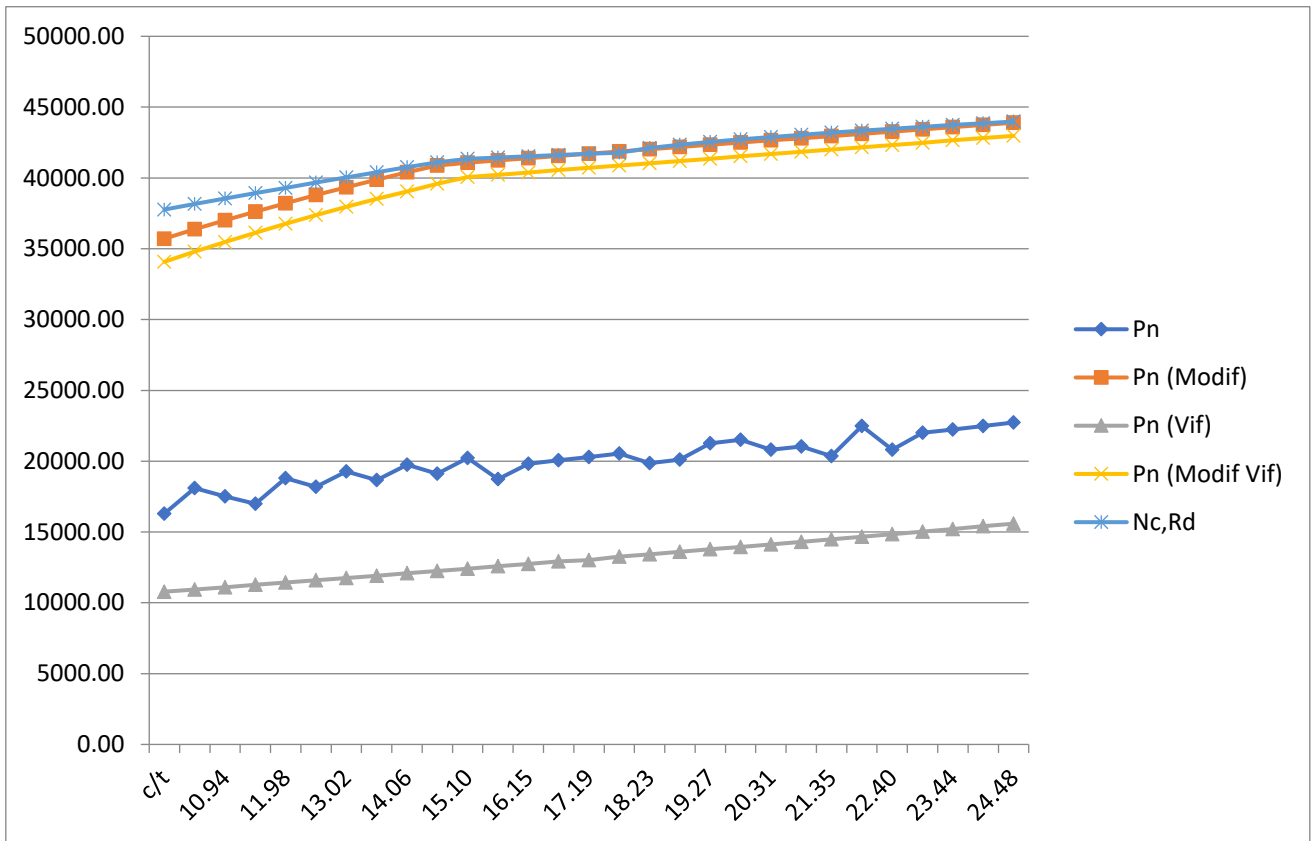


Figure 5.3-5 les courbes des résultats des deux méthodes dans le cas de variation du raidisseur

Nous constatons que lorsque le raidisseur varie selon une progression constante la contrainte nominale, dans les deux cas d'application, augmente de manière très négligeable et à la limite reste quasiment constante. Remarquons que la courbe Eurocode se situe, contrairement aux cas précédents en bas de la courbe DSM et cela exprime que les valeurs Eurocode sont plus faibles que les valeurs DSM.

5.3.1.6 Cas des variations simultanées de la largeur et de l'épaisseur :

Les calculs suivants se rapportent aux sections en Z. L'intervalle de variation de la largeur, se situe entre les valeurs de 24.5mm et 52 mm incluses et l'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.025mm se situe entre les valeurs de 0.45mm et 1.2 mm incluses.

Tableau 5.3-6 les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de largeur et l'épaisseur

<i>N°</i>	<i>c/t</i>	<i>Pn</i>	<i>Pn (Modif)</i>	<i>Pn (Vif)</i>	<i>Pn(Modif Vif)</i>	<i>Nc,Rd</i>
Z65-24,5-13-0,45	28.89	4264.07	10025.35	1225.74	10553.56	9802.88
Z67-26,25-13-0,475	27.37	4905.96	11094.27	1434.75	10569.63	10852.15
Z71-27,5-13-0,50	26.00	5591.26	12131.92	1698.63	11587.09	11945.35
Z73-28-13-0,525	24.76	6164.51	13179.64	1867.72	12604.60	13110.75
Z78-30-13-0,55	23.64	6506.98	14354.82	2282.51	13767.79	14278.98
Z82-31,5-13-0,575	22.61	7340.46	15553.48	2670.14	14946.31	15504.48
Z86-33-13-0,6	21.67	7557.98	16802.98	3104.95	16174.65	16770.54
Z90-34,5-13-0,625	20.80	8094.22	18098.88	3581.16	17449.27	18072.71
Z94-36-13-0,65	20.00	8265.08	19444.71	4027.87	18774.05	19400.14
Z98-37,5-13-0,675	19.26	9592.00	20839.94	4511.55	20148.66	20731.94
Z102-39-13-0,70	18.57	9730.67	22284.71	5033.50	21571.83	22247.74
Z105-40,5-13-0,725	17.93	10291.62	23825.96	5597.86	23087.59	23815.48
Z106-41-13-0,75	17.33	10571.20	25320.62	6013.10	24544.06	25425.62
Z110-42-13-0,775	16.77	11451.43	26805.96	6541.47	26000.94	27082.17
Z115-43-13-0,80	16.25	12362.23	28285.07	7094.69	27451.07	28783.53
Z115-45-13-0,825	15.76	13757.99	30283.25	7940.70	29406.48	30561.42
Z115-47-13-0,85	15.29	14591.47	32313.74	8849.53	31134.86	32248.89
Z115-48-13-0,875	14.86	15033.92	33945.12	9551.82	32732.45	33956.25
Z115-49-13-0,90	14.44	15452.60	35597.93	10289.21	34349.84	35702.86
Z11-50-13-0,925	14.05	18140.74	37270.76	11062.25	35984.93	37488.48
Z115-52-13-0,95	13.68	18177.38	39034.71	12187.25	37725.86	39300.94
Z115-52-13-0,975	13.33	18990.05	40674.03	12718.05	39306.94	41175.85
Z115-52-13-1,00	13.00	21692.63	42340.19	13256.32	40920.80	43084.19
Z115-52-13-1,025	12.68	22615.14	44020.15	13801.85	42561.27	45025.28
Z115-52-13-1,05	12.38	24640.17	45733.40	14354.37	44213.10	46998.40
Z115-52-13-1,075	12.09	25636.84	47468.27	14913.79	45898.74	49002.88
Z115-52-13-1,1	11.82	26647.92	49218.58	15480.11	47607.25	51037.99
Z115-52-13-1,125	11.56	28955.57	51000.97	15849.54	49327.80	53103.05
Z115-52-13-1,15	11.30	30045.81	52805.47	16202.50	51078.37	55197.36
Z115-52-13-1,2	10.83	30830.68	56468.66	16908.24	54640.58	59470.92

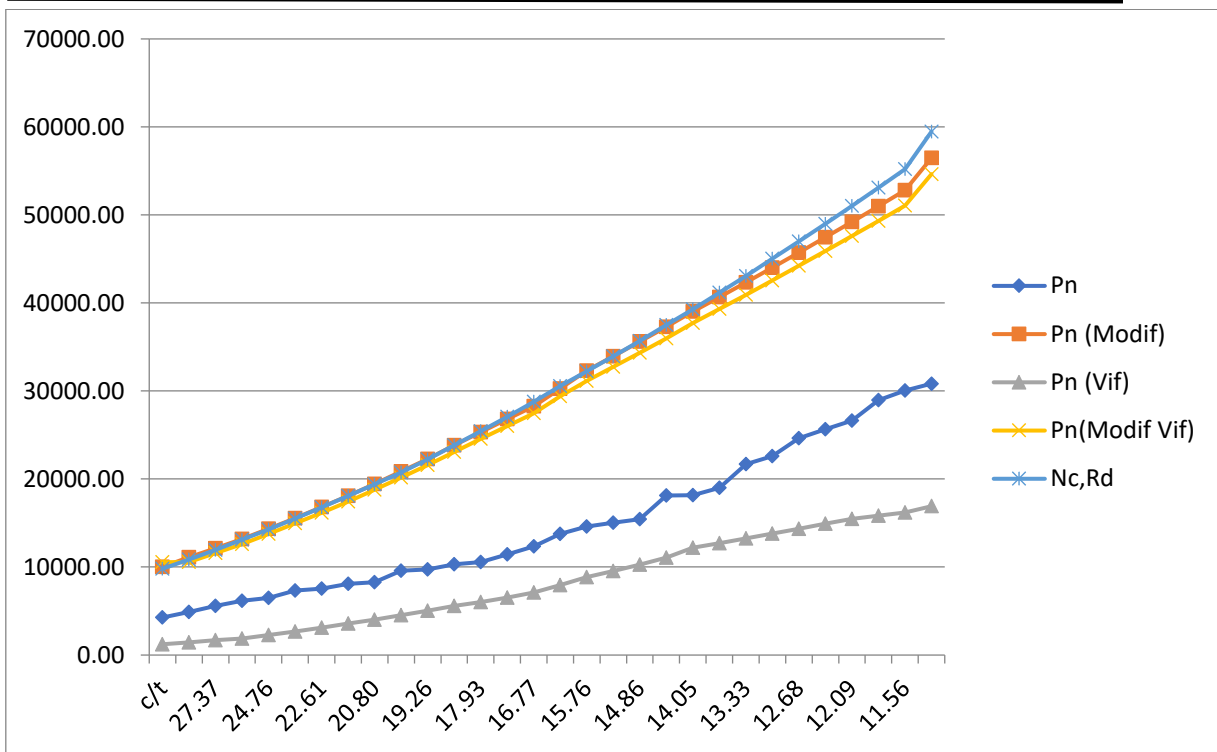


Figure 5.3-6: les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de la largeur et l'épaisseur

Nous observons dans les conditions précisées précédemment que la contrainte nominale augmente en suivant une courbe ascendante quelle que soit la méthode appliquée. Toutefois en ce qui concerne l'application de la DSM la courbe tend à progresser lentement. Il est à observer que les valeurs Eurocode et DSM dans sa version nouvelle sont similaires.

5.3.2 Cas de flexion :

Après avoir traité du cas de la compression étudions à présent le calcul de la contrainte nominale en cas de flexion.

Pour cela nous allons adopté la même démarche que celle opérée au niveau de la compression à savoir les différentes hypothèses qui font varier chacun des paramètres en l'occurrence h, b, c et t , en situation de fixité des autres.

Dans ces conditions est-ce que les deux méthodes appliquées auront-elles la même similitude dans les résultats que celle obtenue au niveau de la compression

5.3.2.1 Cas de la variation de la hauteur :

Nous intéressons au cas du calcul de la contrainte nominale où la hauteur varie en augmentant suivant une progression arithmétique à raison de 3mm tout en gardant les autres paramètres fixes (b,c,t). Le tableau suivant montre ce calcul.

Tableau 5.3-7: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de la hauteur

<i>N°</i>	<i>h/t</i>	<i>fcr (Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>fcr(Global)</i>	<i>Mn</i>	<i>Mn (Modif)</i>	<i>Mc,Rd</i>
Z120-80-38-1.5	80.00	545.18	1242.93	1366.46	3590104	3590104	5653329
Z123-80-38-1.5	82.00	239.94	1247.4	1361.66	2824886	2824886	5836901
Z126-80-38-1.5	84.00	533.81	1254.33	1355.48	3780331	3780331	6022194
Z129-80-38-1.5	86.00	526.84	1260.48	1349.33	3873694	3873694	6209200
Z132-80-38-1.5	88.00	519.12	1266.77	1343.026	3965789	3965789	6372681
Z135-80-38-1.5	90.00	510.66	1271.87	1336.92	4056377	4056377	6526013
Z138-80-38-1.5	92.00	501.77	1278.75	1330.67	4145982	4145982	6679461
Z141-80-38-1.5	94.00	491.82	1284.29	1324.13	4232684	4232684	6833020
Z144-80-38-1.5	96.00	481.71	1290.5	1317.1711	4318597	4318597	6986685
Z147-80-38-1.5	98.00	471.17	1297.51	1310.169	4402770	4402770	7140452
Z150-80-38-1.5	100.00	460.56	1301.96	1303.74	4486059	4486059	7294314
Z153-80-38-1.5	102.00	449.09	1308.26	1296.25	4565758	4565758	7448269
Z156-80-38-1.5	104.00	438.26	1312.75	1289.61	4646482	4646482	7602311
Z159-80-38-1.5	106.00	427.29	1317.78	1282.83	4725620	4725620	7756437
Z162-80-38-1.5	108.00	416.48	1322.71	1135.16	4804094	4804094	7910643
Z165-80-38-1.5	110.00	405.29	1329.61	1342	4879745	4879745	8064927
Z168-80-38-1.5	112.00	394.79	1333.92	1261	4956598	4956598	8219284
Z171-80-38-1.5	114.00	384.48	1338.59	1253.88	5032750	5032750	8373712
Z174-80-38-1.5	116.00	374.39	1344.14	12463.63	5108300	5108300	8528208
Z177-80-38-1.5	118.00	364.19	1348.87	1239.16	5181693	5181693	8682770
Z180-80-38-1.5	120.00	354.59	1353.17	1232.13	5256170	5256170	8837395
Z183-80-38-1.5	122.00	345.4	1358.46	1224.26	5330996	5330996	8992081
Z186-80-38-1.5	124.00	336.42	1363.46	1217.16	5405231	5405231	9146827
Z189-80-38-1.5	126.00	327.68	1367.98	1209.46	5479040	5479040	9301630
Z192-80-38-1.5	128.00	318.87	1372.72	1201.54	5550654	5550654	9456489
Z195-80-38-1.5	130.00	310.71	1377.07	1194.11	5624217	5624217	9611402
Z198-80-38-1.5	132.00	302.84	1379.5	1186.57	5697807	5697807	9766369
Z201-80-38-1.5	134.00	295.23	1382.92	1179.5	5771312	5771312	9921386
Z205-80-38-1.5	136.67	285.48	1388.67	1186.81	5869255	5869255	10128155

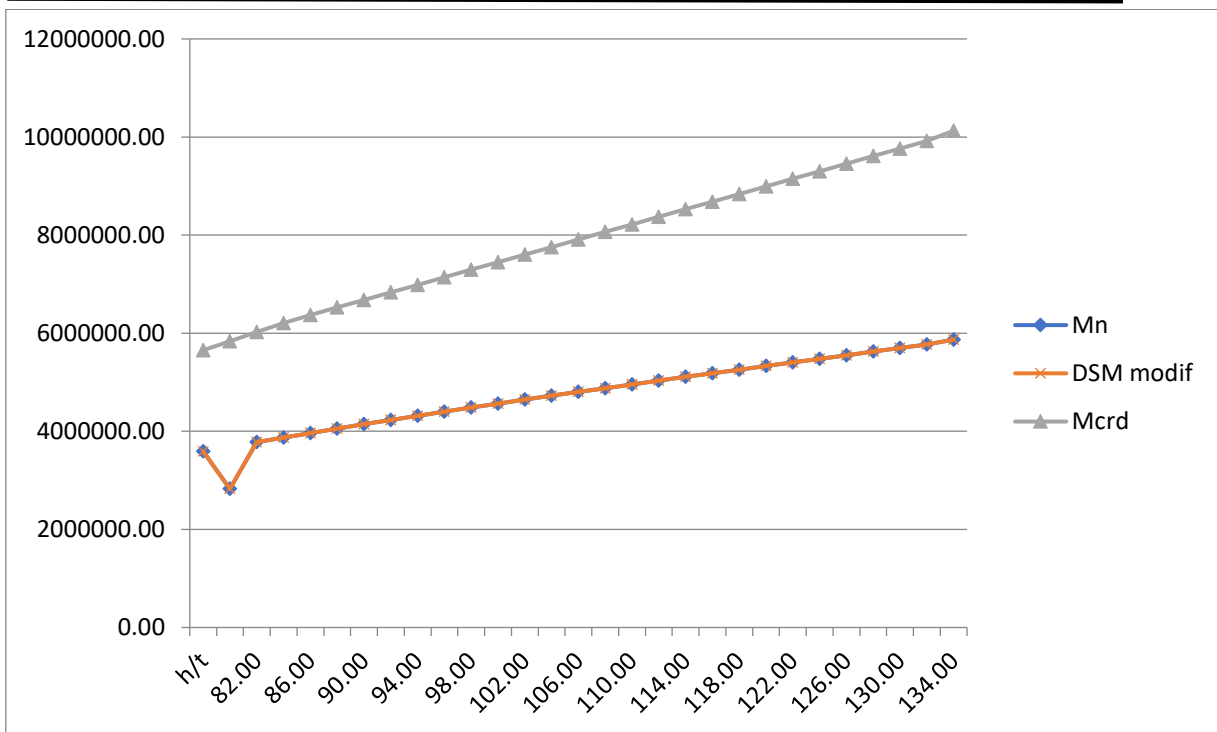


Figure 5.3-7 les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de la hauteur

Nous observons dans les conditions précisées précédemment que la contrainte nominale augmente en suivant une courbe ascendante quelle que soit la méthode appliquée. Remarquons aussi que valeurs DSM antérieure et valeurs DSM nouvelle sont identiques ; des valeurs qui restent faibles par rapport à celle de l’Eurocode.

5.3.2.2 Cas de la variation de l’épaisseur quand la hauteur est fixe :

Observons à présent le sort de la contrainte nominale quand l’épaisseur varie à raison de 0.05mm. Ainsi est dressé le tableau suivant :

Tableau 5.3-8: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur quand la hauteur est fixe

<i>N°</i>	<i>h/t</i>	<i>fcr (Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>fcr(Global)</i>	Mn	Mn (Modif)	Mc,Rd
Z130-55-30-1,00	130.00	303.76	127853	655.35	1703490.31	1767395.46	2907198.82
Z130-55-30-1,05	123.81	327.41	1261.52	743.96	1917290.43	1962299.02	3182594.16
Z130-55-30-1,10	118.18	359.07	1325.33	747.42	2071479.12	2119340.54	3467765.63
Z130-55-30-1,15	113.04	392.18	1389.76	750.61	2229742.02	2280519.19	3762395.2
Z130-55-30-1,20	108.33	426.75	1454.11	753.6	2391961.83	2445704.93	4066172.9
Z130-55-30-1,25	104.00	462.77	1519.03	756.39	2557966.53	2614730.90	4378796.05
Z130-55-30-1,30	100.00	500.24	1584.42	759	2727616.11	2787456.40	4699968.45
Z130-55-30-1,35	96.30	539.15	1649.84	761.54	2900792.72	2963726.95	5029399.49
Z130-55-30-1,40	92.86	579.51	1716.12	763.95	3051426.42	3143426.99	5364036.24
Z130-55-30-1,45	89.66	621.31	1782.11	766.26	3161795.23	3259130.60	5646947.56
Z200-82-30-1,50	133.33	296.58	1314.51	1135.71	5639940.58	5639940.58	9699548.39
Z200-82-30-1,55	129.03	316.6	1318.77	114186	5956359.42	5956359.42	10306686.2
Z200-82-30-1,60	125.00	337.27	1437.15	1147.6	6278826.75	6278826.75	10928352.8
Z200-82-30-1,65	121.21	358.59	1485.76	1152.97	6607195.09	6607195.09	11564226.2
Z200-82-30-1,70	117.65	380.56	1534.81	1158	6941320.43	6941320.43	12213989.3
Z200-82-30-1,75	114.29	403.17	1583.66	1162.74	7281003.31	7281003.31	12877330.2
Z200-82-30-1,80	111.11	426.43	1633.5	1167.21	7626166.41	7626166.41	13553941.2
Z200-82-30-1,85	108.11	450.33	1682.57	1171.44	7976617.86	7976617.86	14243519
Z200-82-30-1,90	105.26	474.88	1732.53	1175.44	8332283.89	8332283.89	14945763.8
Z200-82-30-1,95	102.56	500.07	1782.62	1179.25	8692979.67	8692979.67	15660379.4
Z270-110-30-2,00	135.00	295.48	1251.55	1567.47	12906366.59	12906366.59	22766249.4
Z270-110-30-2,05	131.71	310.38	1286	1578	13448218.05	13448218.05	23766326.4
Z270-110-30-2,10	128.57	325.65	1320.38	1589.5	13997990.75	13997990.75	24782781.8
Z270-110-30-2,15	125.58	341.29	1355.38	1599.55	14555538.16	14555538.16	25815360.3
Z270-110-30-2,20	122.73	357.22	1390.17	1609.04	15119603.50	15119603.50	26863810
Z270-110-30-2,25	120.00	373.64	1425.05	1618	15692834.80	15692834.80	27927882.6
Z270-110-30-2,30	117.39	390.37	1460.53	1626.53	16272588.70	16272588.70	29007332.7
Z270-110-30-2,35	114.89	407.45	1495.81	1634.61	16859294.91	16859294.91	30101917.8
Z270-110-30-2,40	112.50	424.9	1531.12	1642.3	17453093.59	17453093.59	31211398.2
Z270-110-30-2,45	110.20	442.7	1566.99	1649.63	18053590.27	18053590.27	32335536.4
Z270-110-30-2,50	108.00	460.87	1602.98	1656.62	18660922.50	18660922.50	33474097.1

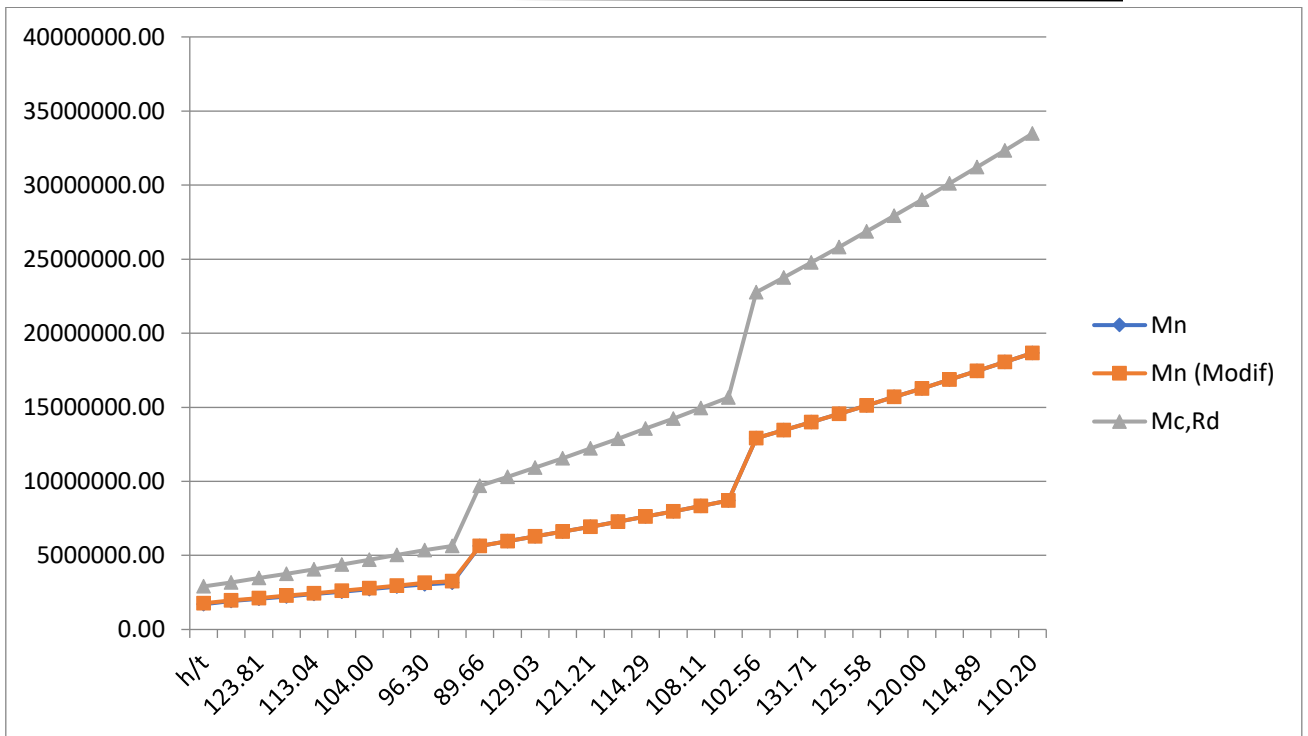


Figure 5.3-8: les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur quand la hauteur est fixe

Nous constatons que plus l'épaisseur plus la contrainte augmente mais cette augmentation est différente pour les deux méthodes. En effet les valeurs obtenues par Eurocode ont tendance à s'écarter des valeurs DSM au fur et à mesure que l'épaisseur augmente. Observons toutefois que les valeurs DSM dans ces deux versions sont identiques toute en étant plus faibles que celle Eurocode.

5.3.2.3 Cas de la variation de la largeur :

Admettons à présent que la largeur varie de manière constante tandis que l'épaisseur reste fixe. L'intervalle de variation de la largeur, de raison arithmétique de 2mm, se situe entre les valeurs de 60mm et 120 mm incluses.

Tableau 5.3-9: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de la largeur

<i>N°</i>	<i>b/t</i>	Mn	Pn (Modif)	Mn (Vif)	Mn (Modif Vif)	Mc,Rd
Z160-60-25-2	30.00	5731808.63	5945546.85	5265638.55	5453098.00	11235004.3
Z160-62-25-2	31.00	5833878.69	6008297.37	5364967.97	5513905.60	11397179.5
Z160-64-25-2	32.00	5933510.51	6070951.36	5461978.52	5574570.82	11526428.4
Z160-66-25-2	33.00	6031201.67	6133510.88	5556253.34	5635100.70	11634601.5
Z160-68-25-2	34.00	6126981.11	6195978.18	5648724.77	5695500.27	11738601.6
Z160-70-25-2	35.00	6220843.52	6258355.50	5739451.86	5755774.43	11831492.0
Z160-72-25-2	36.00	6313226.89	6320645.21	5815927.95	5815927.95	11897771.5
Z160-74-25-2	37.00	6382849.59	6382849.59	5875965.34	5875965.34	11960089.0
Z160-76-25-2	38.00	6444971.09	6444971.09	5935890.94	5935890.94	12018737.1
Z160-78-25-2	39.00	6507011.95	6507011.95	5995709.06	5995709.06	12073979.6
Z160-80-25-2	40.00	6568974.55	6568974.55	6055423.61	6055423.61	12126055.2
Z160-82-25-2	41.00	6630861.16	6630861.16	6093002.96	6115038.55	12175180.4
Z160-84-25-2	42.00	6692674.00	6692674.00	6174557.55	6174557.55	12221552.3
Z160-86-25-2	43.00	6754415.22	6754415.22	6233984.19	6233984.19	12265350.7
Z160-88-25-2	44.00	6816087.04	6816087.04	6293321.79	6293321.79	12306739.8
Z160-90-25-2	45.00	6877691.45	6877691.45	6352573.68	6352573.68	12345870.1
Z160-92-25-2	46.00	6939230.55	6939230.55	6411742.89	6411742.89	12382879.8
Z160-94-25-2	47.00	7000706.27	7000706.27	6470832.45	6470832.45	12417896.2
Z160-96-25-2	48.00	7062120.49	7062120.49	6529845.18	6529845.18	12451036.5
Z160-98-25-2	49.00	7123475.10	7123475.10	6588783.81	6588783.81	12482409.0
Z160-100-25-2	50.00	7184771.90	7184771.90	6647650.94	6647650.94	12512113.9
Z160-102-25-2	51.00	7246012.59	7246012.59	6706449.05	6706449.05	12540244.2
Z160-104-25-2	52.00	7307198.82	7307198.82	6765180.52	6765180.52	12566886.1
Z160-106-25-2	53.00	7368332.27	7368332.27	6823847.63	6823847.63	12592119.7
Z160-108-25-2	54.00	7429414.48	7429414.48	6882452.57	6882452.57	12616019.7
Z160-110-25-2	55.00	7490446.95	7490446.95	6940997.46	6940997.46	12638655.8
Z160-112-25-2	50.91	8306574.29	8306574.29	6999484.21	6999484.21	14556522.1
Z160-114-25-2,2	51.82	8373605.38	8373605.38	7763706.30	7763706.30	14584501.9
Z160-116-25-2,2	52.73	8440586.42	8440586.42	7827920.21	7827920.21	14611062.3
Z160-118-25-2,2	53.64	8507518.85	8507518.85	7892076.29	7892076.29	14636273.2
Z160-120-25-2,2	54.55	8574404.09	8574404.09	7956176.41	7956176.41	14660200.2

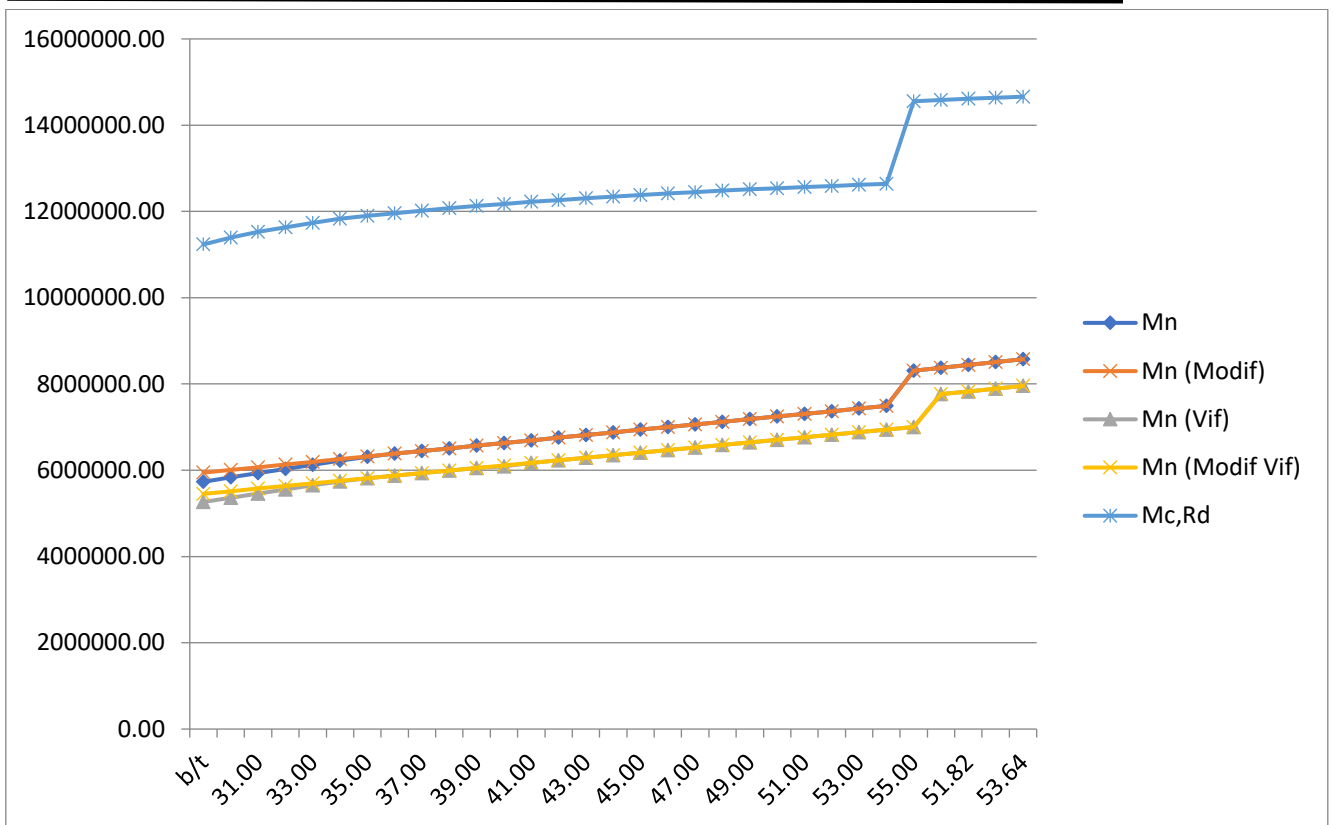


Figure 5.3-9: les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de la largeur

L'observation à faire est que les deux courbes relatives aux deux méthodes appliquées sont ascendantes et parallèles. Cela signifie bien que les résultats obtenus progressent et connaissent en même temps un écart constant tout au long de la variation constante de la largeur. Ensuite il s'avère que les valeurs DSM dans ses deux versions sont identiques.

5.3.2.4 Cas de la variation de l'épaisseur quand la largeur est fixe :

Le calcul reproduit dans le tableau ci-après repose sur la variation de l'épaisseur, qui augmente d'une manière constante, et la fixité de largeur. L'intervalle de variation de la l'épaisseur de raison arithmétique de 0.05mm, se situe entre les valeurs de 0.5mm et 2 mm incluses.

Tableau 5.3-10: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur quand la largeur est fixe

<i>N°</i>	<i>b/t</i>	<i>fcr (Local)</i>	<i>fcr(Dist)</i>	<i>fcr(Global)</i>	<i>Mn</i>	<i>Mn (Modif)</i>	<i>Mc,Rd</i>
Z65-26-15-0,5	52.00	337.71	1381.95	187.3	133264.5	209494.7	363072.3
Z70-28-15-0,55	50.91	352.7	1476.32	204.13	181792.1	266215.3	469063.5
Z80-31-15-0,60	51.67	323.83	1522.33	227.24	260833.0	354266.3	635323.2
Z85-34-15-0,65	52.31	334.75	1524.34	257.48	341095.8	437596.1	785974.5
Z90-37-15-0,70	52.86	344.54	1511.85	289.36	433965.2	532904.3	957430.4
Z100-40-15-0,75	53.33	322.36	1496.71	317.07	563113.2	671037.0	1213306.4
Z100-43-15-0,80	53.75	361.33	1455.73	358.22	661228.1	762640.8	1361267.6
Z100-46-15-0,85	54.12	401.17	1412.68	401.67	765094.5	859662.8	1530161.7
Z100-49-15-0,90	54.44	441	1369.48	447.43	874259.7	961537.7	1708239.6
Z100-52-15-0,95	54.74	480.28	1326.33	495.415	988378.0	1067916.6	1895400.1
Z125-55-15-1,00	55.00	360.15	1313.93	508.7	1354148.2	1455066.1	2630254.7
Z125-58-15-1,05	55.24	391.94	1271.13	558.93	1512258.3	1602490.6	2868948.0
Z125-60-15-1,10	54.55	426.1	1264.78	594.28	1662843.8	1747661.9	3115622.0
Z125-60-15-1,15	52.17	465.56	1328.96	596.02	1788784.8	1879765.5	3367377.6
Z125-60-15-1,20	50.00	506.75	1393.98	597.72	1917728.3	2015004.7	3626656.0
Z125-60-15-1,25	48.00	549.66	1458.61	599.4	2039846.2	2153240.3	3893265.8
Z125-60-15-1,30	46.15	594.21	1525.22	601.07	2122581.2	2278938.1	4167019.1
Z125-60-15-1,35	44.44	640.64	1591.38	602.73	2205390.3	2366589.5	4447731.3
Z125-60-15-1,40	42.86	688.69	1658.69	604.4	2288286.8	2454241.0	4707878.2
Z125-60-15-1,45	41.38	738.46	1726.24	606.07	2371263.2	2541892.5	4943382.5
Z125-60-15-1,50	40.00	789.93	1794.68	607.76	2454334.2	2629543.9	5181433.7
Z125-60-15-1,55	38.71	843.11	1863.43	609.46	2537492.4	2717195.4	5421825.1
Z125-60-15-1,60	37.50	897.98	1933.2	611.18	2620746.1	2804846.9	5664349.5
Z125-60-15-1,65	36.36	954.54	2002.98	612.92	2704095.8	2892498.3	5907088.1
Z125-60-15-1,70	35.29	1012.79	2074.32	614.68	2787542.0	2980149.8	6136943.3
Z125-60-15-1,75	34.29	1072.73	2144.99	616.48	2871102.7	3067801.3	6367904.5
Z125-60-15-1,80	33.33	1134.33	2217.4	618.29	2954752.9	3155452.7	6599840.4
Z125-60-15-1,85	32.43	1197.57	2289.63	620.137	3038517.0	3243104.2	6832620.8
Z125-60-15-1,90	31.58	1262.49	2362.74	622	3122376.8	3330755.6	7066116.7
Z125-60-15-1,95	30.77	1329.06	2437.09	623.91	3206362.1	3418407.1	7279552.3
Z125-60-15-2,00	30.00	1397.29	2510.81	625.84	3290448.6	3506058.6	7485695.2

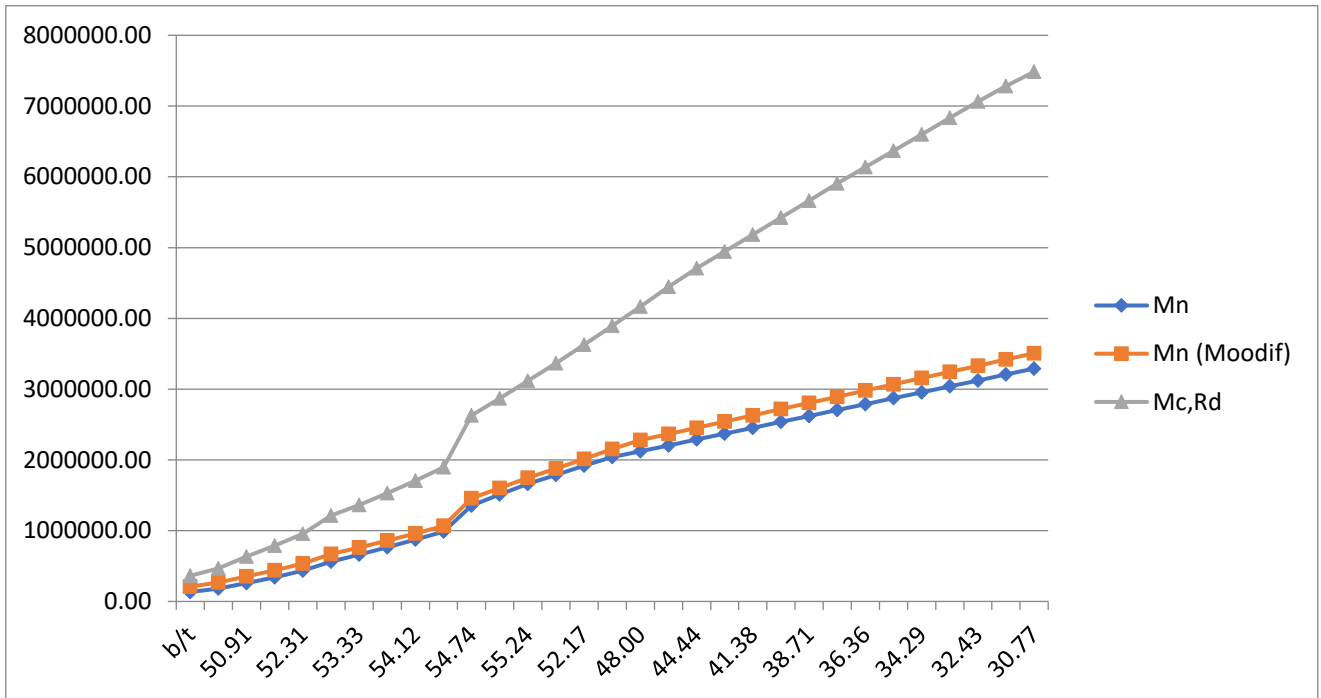


Figure 5.3-10 les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur quand la largeur est fixe

Les valeurs de la contrainte nominale retracées par les courbes obtenues selon chacune des méthodes appliquées, avec la spécificité que la courbe Eurocode va se situer au-dessus au celle obtenue par DSM, sont ascendantes prouvant que la valeur de la contrainte nominale augmente plus que proportionnellement à l'augmentation de l'épaisseur.

Dans un premier temps, il existe bien un écart entre les valeurs de la contrainte nominale obtenues selon l'une ou l'autre des méthodes, tandis que dans un second temps elles vont s'écarter les unes des autres donnant beaucoup plus de grandeur à celle Eurocode

5.3.2.5 Variation du raidisseur et fixité de l'épaisseur :

Le tableau suivant détermine les valeurs successives de la contrainte nominale dans le cas de la variation du raidisseur par rapport à une épaisseur constante. L'intervalle de variation de la largeur du raidisseur de raison arithmétique de 0.5mm, se situe entre les valeurs de 10mm et 24 mm incluses

Tableau 5.3-11: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation du raidisseur et fixité de l'épaisseur

<i>N°</i>	<i>c/t</i>	<i>Mn</i>	<i>Mn(Modif)</i>	<i>Mn (Vif)</i>	<i>Mn(Modif Vif)</i>	<i>Mc,Rd</i>
<i>Z120-50-10-0,96</i>	10.42	1315191.63	1315191.63	1065382.27	1221487.88	2164041.9
<i>Z120-50-10,5-0,96</i>	10.94	1320238.65	1320238.65	1074449.29	1226479.02	2183893.57
<i>Z120-50-11-0,96</i>	11.46	1325372.11	1325372.11	1083462.42	1231496.30	2203197.28
<i>Z120-50-11,5-0,96</i>	11.98	1330625.98	1330625.98	1092352.62	1236551.06	2221990.09
<i>Z120-50-12-0,96</i>	12.50	1335810.65	1335810.65	1102179.23	1242760.09	2240304.57
<i>Z120-50-12,5-0,96</i>	13.02	1341041.13	1341041.13	1110164.47	1246799.35	2258169.37
<i>Z120-50-13-0,96</i>	13.54	1346938.04	1346938.04	1118815.66	1251958.81	2275609.83
<i>Z120-50-13,5-0,96</i>	14.06	1352244.28	1352244.28	1127673.41	1257177.15	2292648.39
<i>Z120-50-14-0,96</i>	14.58	1357641.99	1357641.99	1136261.05	1262405.12	2309304.99
<i>Z120-50-14,5-0,96</i>	15.10	1363210.50	1363210.50	1144922.36	1267701.84	2323007.8
<i>Z120-50-15-0,96</i>	15.63	1368559.40	1368559.40	1153557.39	1273037.77	2327396.97
<i>Z120-50-15,5-0,96</i>	16.15	1374041.15	1374041.15	1162108.45	1278391.73	2331405.26
<i>Z120-50-16-0,96</i>	16.67	1379568.29	1379568.29	1170595.31	1283824.77	2335070.89
<i>Z120-50-16,5-0,96</i>	17.19	1385147.35	1385147.35	1179074.57	1289252.52	2338426.87
<i>Z120-50-17-0,96</i>	17.71	1390745.40	1390745.40	1187506.85	1294746.52	2341501.84
<i>Z120-50-17,5-0,96</i>	18.23	1396388.85	1396388.85	1196170.12	1300312.86	2344320.83
<i>Z120-50-18-0,96</i>	18.75	1402227.30	1402227.30	1204522.44	1305886.52	2359215.22
<i>Z120-50-18,5-0,96</i>	19.27	1407911.25	1407911.25	1212945.11	1311505.25	2368682.5
<i>Z120-50-19-0,96</i>	19.79	1413711.35	1413711.35	1221262.78	1317157.14	2376784.33
<i>Z120-50-19,5-0,96</i>	20.31	1419551.60	1419551.60	1229769.15	1322878.80	2384063.13
<i>Z120-50-20-0,96</i>	20.83	1425997.90	1425997.90	1238081.74	1328632.87	2390747.46
<i>Z120-50-20,5-0,96</i>	21.35	1431904.74	1431904.74	1246467.91	1334413.42	2396962.84
<i>Z120-50-21-0,96</i>	21.88	1437859.89	1437859.89	1254840.06	1340264.05	2402788.66
<i>Z120-50-21,5-0,96</i>	22.40	1443846.67	1443846.67	1263106.36	1346113.57	2408279.93
<i>Z120-50-22-0,96</i>	22.92	1449966.24	1449966.24	1271451.87	1352037.70	2413477.25
<i>Z120-50-22,5-0,96</i>	23.44	1456037.68	1456037.68	1279730.49	1357972.65	2418411.97
<i>Z120-50-23-0,96</i>	23.96	1462138.29	1462138.29	1288086.88	1363982.19	2423109.21
<i>Z120-50-23,5-0,96</i>	24.48	1468286.00	1468286.00	1296360.59	1370019.58	2427589.63
<i>Z120-50-24-0,96</i>	25.00	1474485.54	1474485.54	1304623.61	1376102.86	2431870.61

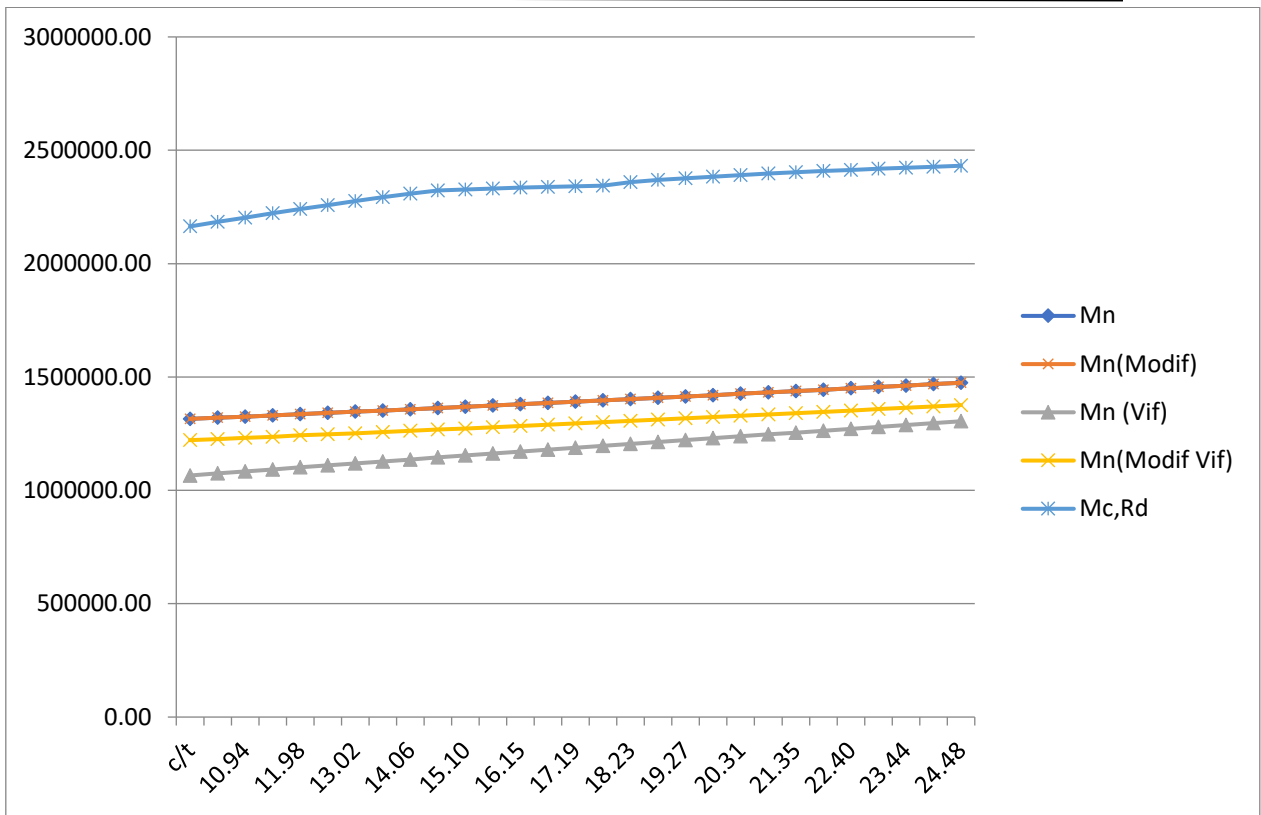


Figure 5.3-11: les courbes des deux résultats dans le cas de variation du raidisseur et fixité de l'épaisseur

Les courbes relatives à l'application de nos deux méthodes prennent des allures quasi-linéaires prouvant dans ce cas que l'augmentation de la valeur de la contrainte nominale est proportionnelle à celle du raidisseur. Constatant toutefois que les deux courbes ainsi obtenues connaissent un écart plus ou moins important qui les rend parallèles tout au long de leurs progressions. Ensuite nous remarquons que les valeurs DSM dans ses deux versions sont identiques.

5.3.2.6 Variation de l'épaisseur et fixation du raidisseur :

Ce cas est l'inverse du précédent cas présenté plus haut. L'épaisseur va varier d'une manière constante donnant les valeurs suivantes à la contrainte nominale.

L'intervalle de variation de l'épaisseur de raison arithmétique de 0.025mm, se situe entre les valeurs de 0.45mm et 1.2 mm incluses.

Tableau 5.3-12: les résultats des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur et fixation du raidisseur

<i>N°</i>	<i>c/t</i>	<i>Mn</i>	<i>Mn (Modif)</i>	<i>Mn (Vif)</i>	<i>Mn(Modif Vif)</i>	<i>Mc,Rd</i>
Z65-24,5-13-0,45	28.89	193212.29	194609.07	88278.01	167716.78	295281.81
Z67-26,25-13-0,475	27.37	220327.25	220327.25	110962.45	191136.99	337239.79
Z71-27,5-13-0,50	26.00	253391.29	253391.29	138937.08	221894.33	394409.63
Z73-28-13-0,525	24.76	281768.36	281768.36	156153.19	245259.24	444608.91
Z78-30-13-0,55	23.64	325863.64	325863.64	196018.03	289178.38	519677.63
Z82-31,5-13-0,575	22.61	369334.62	369334.62	232523.00	329911.50	594602.37
Z86-33-13-0,6	21.67	416631.78	416631.78	272760.24	374365.17	675999.14
Z90-34,5-13-0,625	20.80	467881.69	467881.69	317068.45	422635.63	763950.87
Z94-36-13-0,65	20.00	523253.72	523444.15	365639.70	474929.26	858271.15
Z98-37,5-13-0,675	19.26	583100.41	583100.41	418553.67	531413.52	958298.20
Z102-39-13-0,70	18.57	645760.74	647477.44	476033.92	592243.92	1071357.33
Z105-40,5-13-0,725	17.93	710327.99	710327.99	534176.35	651866.15	1181119.07
Z106-41-13-0,75	17.33	760283.70	760283.70	575611.62	698339.88	1271106.52
Z110-42-13-0,775	16.77	834470.26	834470.26	639435.22	768481.39	1405564.89
Z115-43-13-0,80	16.25	919969.97	919969.97	713001.61	849978.91	1562950.71
Z115-45-13-0,825	15.76	980372.15	980372.15	777817.04	906630.10	1659276.50
Z115-47-13-0,85	15.29	1042214.54	1042214.54	844050.21	965210.87	1758155.41
Z115-48-13-0,875	14.86	1099785.00	1099785.00	899116.46	1019257.17	1851138.87
Z115-49-13-0,90	14.44	1158732.82	1158732.82	955646.89	1074663.94	1945653.97
Z115-50-13-0,925	14.05	1219208.50	1219208.50	1013797.96	1131412.72	2042325.84
Z115-52-13-0,95	13.68	1288150.40	1288150.40	1086792.00	1196445.49	2142593.00
Z115-52-13-0,975	13.33	1344636.40	1344636.40	1134391.45	1248796.69	2242121.99
Z115-52-13-1,00	13.00	1401962.08	1401962.08	1182679.17	1301901.89	2343391.51
Z115-52-13-1,025	12.68	1460107.86	1460107.86	1231559.80	1355741.64	2446374.77
Z115-52-13-1,05	12.38	1519059.31	1519059.31	1281262.01	1410306.43	2551045.35
Z115-52-13-1,075	12.09	1578797.53	1578797.53	1331527.49	1465571.54	2657377.18
Z115-52-13-1,1	11.82	1639305.15	1639305.15	1377848.61	1521524.28	2765344.52
Z115-52-13-1,125	11.56	1700567.46	1700567.46	1409805.69	1578150.09	2874921.88
Z115-52-13-1,15	11.30	1762567.68	1762567.68	1441794.52	1635427.42	2986084.05
Z115-52-13-1,2	10.83	1888717.15	1888717.15	1505867.93	1728033.62	3213062.82

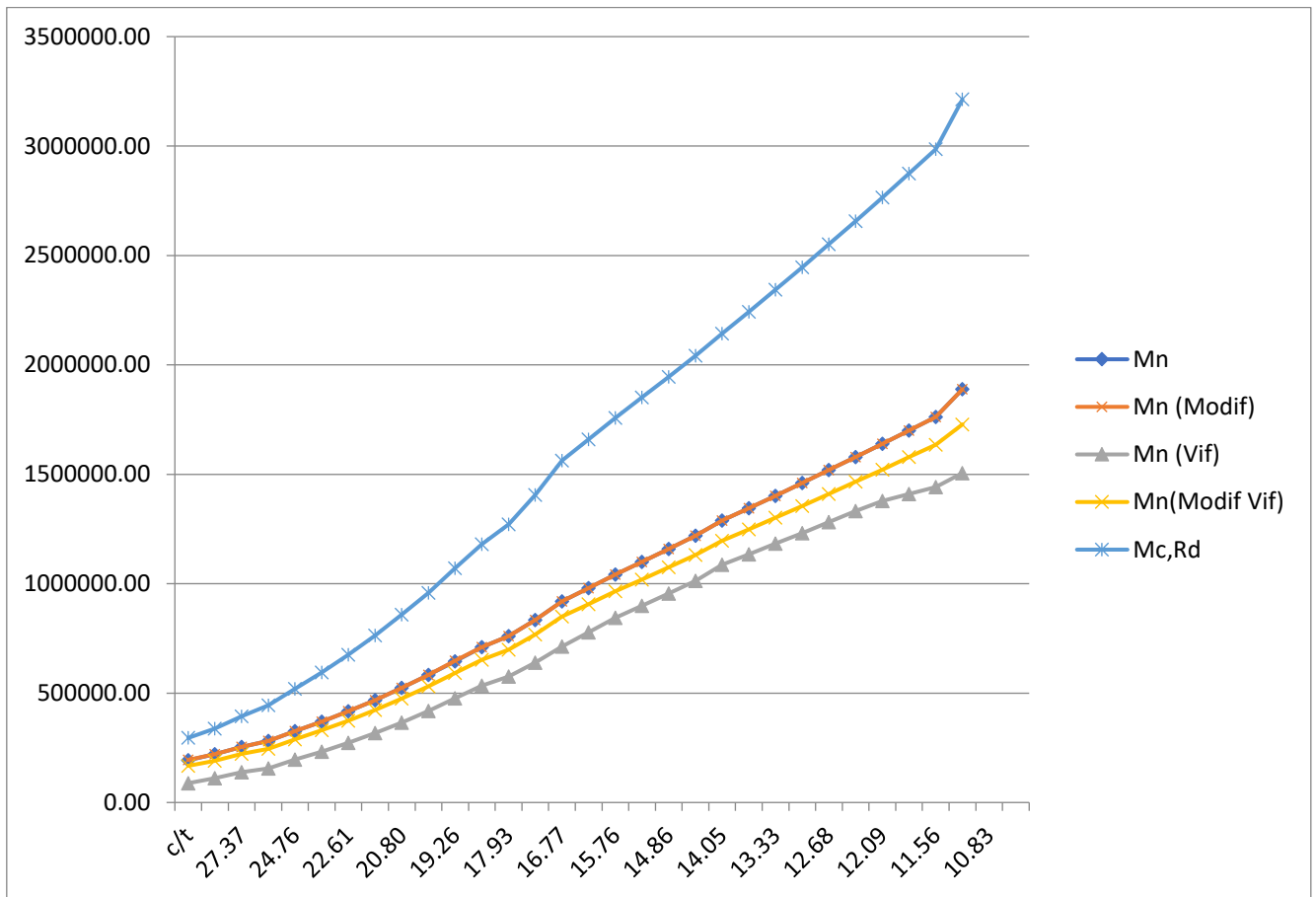


Figure 5.3-12: les courbes des deux méthodes dans le cas de variation de l'épaisseur et fixation

Les valeurs de la contrainte nominale connaissent des augmentations plus que proportionnelles par rapport l'augmentation de l'épaisseur. Ce cas est démontré par les courbes représentées dans le schéma, lesquelles courbes connaissent un certain écart avantageux pour Eurocode. Il est à signaler que les résistances à coins vifs prennent inférieures à celles des coins arrondis

5.4 Conclusion :

Nous venons d'examiner l'application des méthodes à savoir le concept de la largeur efficace Eurocode et la force directe DSM selon AISI dans les cas de la compression et la flexion des sections transversales en Z et en C. nous avons pu procéder ainsi à l'étude comparatif des valeurs, pondérées par les paramètres déterminés, de la contrainte nominale calculée par les deux procédés.

L'observation à faire est que les deux méthodes confèrent, soit en situation de compression ou en situation de flexion, la même tendance des valeurs de la contrainte nominale. Mais il s'est avéré parfois qu'il existe un écart tantôt significatif et tantôt négligeable. Il est donc indifférent dans ces cas précis d'utiliser soit le concept de la largeur efficace Eurocode soit la méthode de la force directe DSM,AISI.

Conclusion générale

L'analyse de la résistance des matériaux évolue pour devenir un domaine de précision assez sophistiqué. Parmi ces matériaux l'intérêt porte sur les éléments en acier formés à froid pour leurs utilisations dans la construction des bâtiments.

Ces derniers sont obtenus par différents procédés de fabrication soit par pliage à la presse des flans découpés à partir des tôles ou bobines, soit par profilage au travers d'une série de galets.

Ainsi obtient-on un large éventail de ces profilés selon leur épaisseur.

En effet, l'ossature des constructions est formée essentiellement par des éléments métalliques qui vont ainsi supporter des charges inhérentes aux édifications.

Le recours à ces éléments offre bien des avantages d'ordre aussi bien économique que technique notamment, la légèreté de la structure, la facilité de fabrication, la vitesse de montage et la qualité améliorée.

Cependant, le dimensionnement des profilés formés à froid en vue de leur utilisation nécessite le recours aux méthodes de calcul qui définissent leur résistance avec précision. A l'heure actuelle deux méthodes de calculs sont notoires pour être les plus utilisées, il s'agit en l'occurrence de la méthode de la largeur efficace (effective width concept) à partir de l'Eurocode et de la méthode de la force directe (Direct Strength Method) à partir de AISI.

L'approche de la méthode de la largeur efficace, au lieu de considérer la distribution non uniforme de la contrainte à travers la largeur de l'élément, on suppose que toute la charge est supportée par une largeur fictive. Mais pour des sections plus complexes par exemple avec des bords additionnels ou des raidisseurs cette méthode devient compliquée et longue, en plus cette méthode ignore généralement l'interaction qui existe entre l'âme et la semelle, alors pour surmonter ces problèmes une nouvelle méthode a été développée par Schäfer et Pekoz (1998) appelée la méthode de la force directe DSM. Cette dernière emploie la section transversale entière dans la détermination de l'instabilité élastique et offre des dispositions spécifiques pour les résistances envers les trois modes d'instabilités : local, global, et distorsionnel, pour la compression et la flexion des éléments structuraux.

Notre objectif a été de calculer la contrainte nominale par les deux méthodes, en effet la méthode de la largeur efficace nécessite le calcul du module d'inertie effectif w_{eff} qui permet de calculer le moment résistant en flexion, et l'Aire efficace A_{eff} pour le calcul de l'effort résistant en compression.

Pour cette méthode, le calcul des largeurs efficaces a conduit à procéder à des calculs itératifs très complexe surtout pour des sections avec des raidisseurs intermédiaires dans l'âme ce qui rend cette méthode très difficile à utiliser. Par contre la méthode de la force directe est plus simple car elle utilise la section brute mais nécessite le calcul des contraintes critiques élastiques de chaque mode de flambement. Pour cela nous avons programmé un processus itératif sur MATLAB pour le calcul de la méthode de la largeur efficace et pour la méthode de la force directe ce même logiciel MATLAB a été combiné au logiciel CUSFM pour déterminer les contraintes critiques élastiques pour les différents modes d'instabilités.

Enfin, notons qu'il existe bien des différences, aussi négligeable soient-elles, dans les valeurs obtenues par les deux méthodes et cela est dû à la différence des normes définies par chacune des méthodes.

Bibliographie

- [1] M. DJAFOUR, Etude de la stabilité distorsionnelle des profilés en acier formés à froid, Tlemcen, 2013.
- [2] FORMULAIRE DE LA CONSTRUCTION METALLIQUE, (ISBN : 2.281.11172.5).
- [3] M. A. H. & R. Bez, CONSTRUCTUON METALLIQUE notions fondamentales et méthodes de dimensionnement, lausanne.
- [4] N. D. n. BENKELFAT, Proposition d'une méthode de classification des modes d'instabilité des colonnes en acier formées à froid, Tlemcen, 2015.
- [5] Eurocode 3 "Calcul des structures en acier " et document d'application Nationale partie 1-3 :Règles supplémentaires pour les profilés et plaques à parois mince formés à froid, 1993.
- [6] AISI North American Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members, 2007.
- [7] B.W.Schafer, Designing Cold-Formed Steel Using the Direct Strength Method, Florida, 2006.
- [8] Distortional buckling of cold formed steel members in bending.
- [9] S. Á. "Z. Beregszászi, Application of the constrained finite strip method for the buckling design of cold-formed steel columns and beams via the direct strength method, computers and structures, 2011.
- [10] D. DUBINA, Eurocode 3: Design of Steel Structures Part 1-3 – Design of Cold-formed Steel Structures, Timisoara.
- [11] B.W.Schafer, Cufsm version 5.01 finite strip buckling Analysis of thin-walled Members (www.ce.jhu.edu/bschafer/cufsm).
- [12]
- [13] B.W.Schafer, Designing Cold-Formed Steel Using the Direct Strength Method, Florida, 2206.

-
- [14] B.W.Schafer, Cufsm version 5.01 finite strip buckling Analysis of thin-walled Members
(www.ce.jhu.edu/bschafer/cufsm).
- [15] B., Cufsm version 5.01 finite strip buckling Analysis of thin-walled Members
(www.ce.jhu.edu/bschafer/cufsm).

لقد أصبح التوسع في استخدام الأقسام المتشكلة على البارد ممكنا بفضل المزايا التي تقدمها. في الواقع توفر هذه المواد مجموعة متنوعة من الأشكال في مشاريع البناء. مقاومتهم، خفيفة الوزن، ومتنوعة، وسهولة الإنتاج، وأقنع المهندسين والبنائين والشركات المصنعة للمنتجات المبنى الذي قطاعات صلب الباردة شكلت يمكن أن يؤدي إلى وظيفة مناسبة وجمالية كبيرة لعدة طلباتهم بتكلفة مخفضة. ومع ذلك، فهي ليست خالية من مشاكل عدم الاستقرار. أيضا هدفنا هو حساب الضغوط الاسمي بواسطة العرض الفعال وطريقة القوة المباشرة. تعتمد كلتا الطريقتين على برنامج MATLAB، مع خصوصية الطريقة الثانية حيث تم دمجها مع برنامج CUSFM. وأخيرا، شرعنا في مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من الطريقتين.

كلمات مفتاحية

، الكود الأوربي.DSM. المقاطع الباردة المشكلة، الإجهاد الاسمية، طريقة عدم الاستقرار،

abstract

The expansion of the use of cold formed sections has been made possible by the advantages they offer. Indeed, these materials offer a variety of forms in construction projects. Their strength, light weight, variety, and ease of production, have convinced engineers, builders and manufacturers of construction products that cold-formed steel profiles can produce an appropriate function and a great aesthetic for many of their applications at a reduced cost.

However, they are not free of problems of instability. So our goal is to calculate the nominal stress by the effective width and the method of the direct force. Both methods are based on the MATLAB software, with the particularity of the second method where it was combined with the CUSFM software. Finally we proceeded to the comparison of the results obtained from the two methods.

Keywords

Cold formed sections, nominal stress, mode of instability, DSM, Eurocode3

Résumé

L'expansion de l'utilisation des profilés formés à froid a été rendu possible grâce aux avantages qu'ils présentent. En effet ces matériaux offrent une diversité de formes dans les projets de construction. Leur résistance, poids léger, variété, et la facilité de production, ont convaincu les ingénieurs, les constructeurs et les manufacturiers des produits de construction que les profilés en acier formés à froid peuvent produire une fonction appropriée et un grand esthétique pour plusieurs de leurs applications à un coût réduit.

Cependant, ils ne sont pas exempts de problèmes d'instabilités. Ainsi notre but est de calculer la contrainte nominale par la largeur efficace et la méthode de la force directe. Les deux méthodes sont basées sur le logiciel MATLAB, avec la particularité quant à la seconde méthode où il a été combiné au logiciel CUSFM. Enfin nous avons procédé à la comparaison des résultats obtenus à partir des deux méthodes.

Les mots clés

Profilés formés à froid, contrainte nominale, mode d'instabilité, DSM, Eurocode3