

ANALYSE NUMERIQUE DES CONTRAINTES ET MOMENTS RESISTANTS DANS LES ASSEMBLAGES EN PROFILS FORMES A FROID : COMPARAISON ENTRE PROFILS C ET SIGMA.

NUMERICAL ANALYSIS OF STRESSES AND MOMENT RESISTANCE IN COLD-FORMED STEEL CONNECTIONS: COMPARISON BETWEEN C AND SIGMA SECTIONS.

Réception : 19/11/2025

Acceptation : 20/12/2025

Publication : 26/01/2026

SERDOUN Abdenour¹, BOUMECHRA Nadir², MISSOUM Abdelghani³¹ Laboratoire EOLE, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie – abdenour.serdoun@univ-tlemcen.dz² Laboratoire EOLE, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie – n_boumechra@yahoo.fr³ Laboratoire EOLE, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie – a.missoum@gmail.com

Résumé- Les profilés formés à froid sont des éléments fabriqués à partir de tôles d'acier de faible épaisseur. Leur résistance résulte du matériau et de la forme optimisée qui favorise la légèreté et l'efficacité. Ils sont principalement utilisés dans la construction légère, les hangars, les bardages, etc. Toutefois, leur minceur les rend sensibles à divers phénomènes tels que le flambement local, les déformations excessives ou encore des limitations en termes de capacité portante. Dans ce cadre, nous avons mené une étude numérique à l'aide d'ANSYS Workbench sur un assemblage boulonné. Ce dernier est composé de deux poteaux et une poutre en profilés formés à froid. L'objectif est d'analyser l'impact de la variation des épaisseurs des profilés et des goussets sur la contrainte équivalente de Von Mises et le moment résistant de l'assemblage. Plusieurs configurations ont été testées en variant les différentes épaisseurs dans l'objectif de dégager les évolutions les plus significatives. Dans une seconde étape, la poutre en profil C a été remplacée par un profilé sigma, reconnu pour sa résistance supérieure à la flexion. Les résultats ont démontré une amélioration notable des performances de l'assemblage grâce à une distribution plus équilibrée des contraintes et à une réduction des déformations lors de l'application de la charge. Ces travaux ouvrent des perspectives intéressantes pour l'optimisation de l'utilisation des profilés formés à froid dans les structures, tout en soulignant le potentiel de solutions innovantes, telles que l'emploi de profilés sigma afin d'améliorer la durabilité des assemblages.

Mots - clés : Acier, Gousset, Profiles formés à froid, Assemblage, Analyse numérique

Abstract- Cold-formed sections are elements made from thin sheet steel. Their strength comes from the material and the optimised shape, which favours lightness and efficiency. They are mainly used in light construction, hangars, cladding, etc. However, their thinness makes them susceptible to various phenomena such as local buckling, excessive deformation and limitations in terms of load-bearing capacity. In this context, we carried out a numerical study using ANSYS Workbench on a bolted assembly. The latter consists of two columns and a beam made of cold-formed sections. The aim was to analyse the impact of varying the thicknesses of the sections and gussets on the equivalent Von Mises stress and the moment resistance of the connection. Several configurations were tested, varying the different thicknesses, with the aim of identifying the most significant changes. In a second stage, the C-profile beam was replaced by a sigma profile, known for its superior resistance to bending. The results showed a significant improvement in joint performance, thanks to a more balanced stress distribution and a reduction in deformations when the joint load was applied. This work opens up interesting prospects for optimising the use of cold-formed sections in structures, while highlighting the potential of innovative solutions, such as the use of sigma sections to improve the durability of assemblies.

Keywords: Steel, Gusset, Cold-formed sections, Assembly, Numerical analysis

1. Introduction

Les profilés en acier formés à froid, provenant de tôles minces pliées à froid, jouent un rôle crucial dans l'architecture contemporaine grâce à leur poids réduit, leur performance structurelle et leur simplicité d'application. Ils sont couramment utilisés dans des structures légères comme les hangars, bardages et portiques. Cependant, leur minceur les rend vulnérables au flambement local, aux déformations excessives et aux restrictions concernant leur capacité portante. Dans cette perspective, une analyse numérique à l'aide d'ANSYS Workbench est menée sur des assemblages boulonnés composés de deux poteaux et d'une poutre en profilés formés à froid. L'étude a examiné l'impact des changements d'épaisseur des profilés et du gousset sur la contrainte équivalente de Von Mises et le moment résistant. Dans une deuxième phase, le profilé en C a été remplacé par un profilé en sigma, connu pour sa plus grande résistance à la flexion. Les résultats démontrent une progression significative du comportement de l'assemblage, manifestée par une distribution améliorée des contraintes et une diminution des déformations. Cela ouvre la voie à des possibilités stimulantes pour l'optimisation des structures en acier formé à froid. Un essai expérimental a été mené par Anwer et al. [1] pour étudier la résistance et la rigidité d'assemblages boulonnés composés de deux sections en forme de C et attachés par quatre boulons au niveau de leurs âmes. Les auteurs ont montré l'apparition de deux modes de ruine : l'écrasement de l'âme en mode diamétral et la flexion du profilé connecté. Des modes de rupture combinés ont également été révélés pour certains spécimens. Bučmys et al [2-3] ont mené une étude expérimentale sur des structures formées de sections en C disposées dos à dos pour former les poutres et les poteaux, connectées par un gousset en T. Ils ont suggéré un modèle analytique basé sur trois ressorts pour déterminer la rigidité de la plaque de gousset. Les résultats obtenus concordent bien avec les observations expérimentales. De plus, une approche basée sur les composantes pour déterminer le moment résistant a été validée en la comparant aux tests en laboratoire. Dubina et al. [4] ont analysé le comportement des pannes en Z continues sur plusieurs travées, assemblées par boulonnage aux niveaux des appuis intermédiaires. Ils ont examiné l'impact de la

déformation de l'âme dans la région de liaison en interaction avec la flexion, puis ont suggéré des équations pour mesurer la résistance et la stabilité de ces assemblages. Dans le but de décrire le comportement semi-rigide des assemblages boulonnés fréquemment utilisés dans les fermes en acier formés à froid, une série d'expériences a été réalisée par Dubina et al. [5] pour établir le moment résistant et la rigidité initiale des joints. Par la suite, une analyse numérique supplémentaire a été effectuée, incluant les résultats expérimentaux pour considérer l'effet semi-rigide. Les auteurs suggèrent une méthode semi-analytique combinant des simulations numériques et des données expérimentales, en vue de l'analyse paramétrique du comportement local de ces assemblages. Une autre étude par El-Hadary et al. [6] a démontré que, dans certaines situations, un flambement hors plan anticipé du gousset pouvait entraîner une défaillance rapide même sous des charges minimales. Khalate et al. [7] ont proposé une étude analytique fondée sur des tests expérimentaux concernant des assemblages boulonnés poutre-poteau en profilés formés à froid. Ils ont démontré que l'accroissement de la quantité de boulons et de l'épaisseur des sections en C diminue considérablement la déformation. Ils ont aussi prouvé que les assemblages boulonnés à certains moments assurent une bonne transmission des forces, garantissant de ce fait une rigidité adéquate pour l'encadrement des structures en acier formé à froid. Kim et al. [8] ont suggéré une formule révisée pour le calcul de cette résistance ultime. La méthode utilisée considère le comportement non linéaire des matériaux et les effets géométriques pour prédire les courbes charges-déplacements des assemblages boulonnés. En outre, une approche de modélisation par éléments finis a été utilisée pour analyser le comportement structurel d'assemblages soumis à un cisaillement simple contenant deux boulons dans des structures en acier formé à froid. Aussi, ils ont élaboré une modélisation par éléments finis dédiée aux profilés minces en acier appliqués à froid, assemblés par boulons et exposés à un cisaillement statique. Le but de leur recherche était d'étudier le comportement de ces liaisons, de définir les modes de défaillance et de prédire la résistance ultime [9]. L'étude du flambement de l'âme a été effectuée dans le but de prévoir la résistance ultime des liaisons, un phénomène qui doit être pris en compte. Une approche pour établir la rigidité initiale en rotation des

assemblages de moments boulonnés en cisaillement a aussi été suggérée par Lim et al. [10]. La résistance ultime a été déterminée grâce à une suite de tests expérimentaux et d'analyses numériques. La résistance ultime a été déterminée grâce à une suite de tests expérimentaux et d'analyses numériques. Lim et al. [11] ont aussi suggéré des techniques d'analyse pour la distribution des contraintes internes et formulé des normes de conception concernant la rupture des sections soumises à une flexion et un cisaillement combiné.

2. Modélisation numérique

2.1 Configuration de l'assemblage

L'assemblage modélisé se compose d'une poutre et d'un poteau, reliés par un gousset boulonné (Fig. 1). L'analyse a été effectuée avec le logiciel *ANSYS Workbench*.

Les composants de l'assemblage :

- **Poutre** : constituée de deux profilés en C, assemblés âme contre âme par boulonnage.
- **Poteaux** : formés chacun de deux profilés en C, également reliés âme contre âme par des boulons.
- **Goussets** : deux pièces en forme de T assurant la liaison entre la poutre et les poteaux.
- **Boulons** : un total de 36 boulons M16 utilisés pour l'assemblage des différentes parties.

L'ensemble des composants de l'assemblage est présenté sur la Fig. 2.

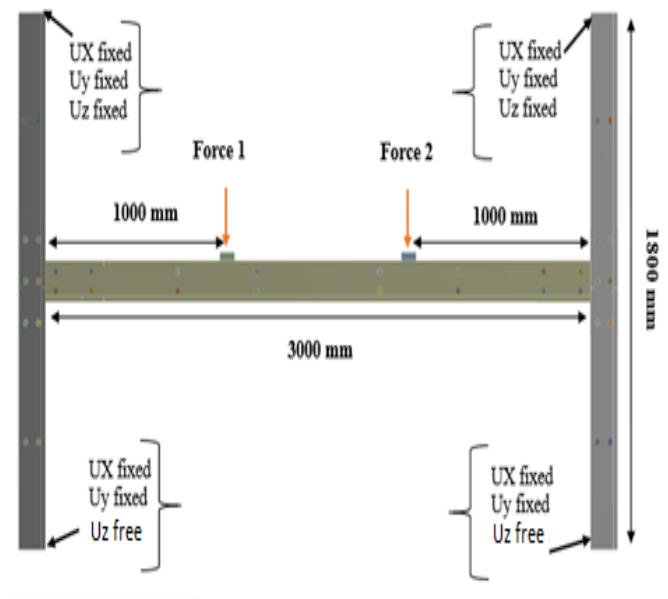
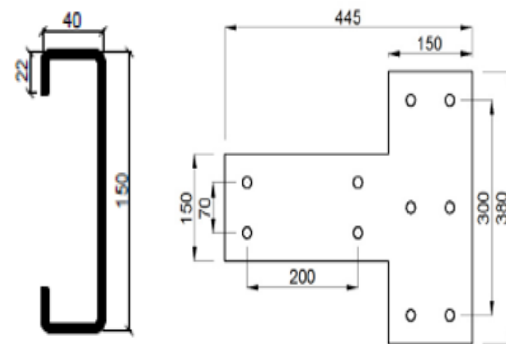


Figure 1. Assemblage poutre-poteau boulonnés

Figure 1. Bolted beam-column assembly



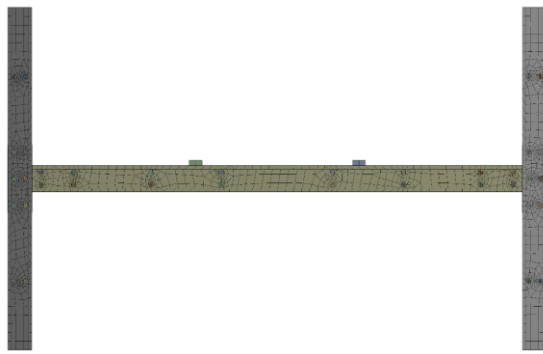
a) Section en C

b) Gousset

Figure 2. Caractéristiques géométriques

Figure 2. Geometric characteristics

Neuf assemblages ont été modélisés différents par l'épaisseur du gousset ainsi que par celle des profilés en C constituant la poutre et les poteaux (voir Tab. 1). Trois épaisseurs ont été considérées pour le gousset ainsi que pour le profilé en C, ce qui conduit à un total de neuf assemblages analysés.

**Figure 3.** Maillage de l'assemblage**Figure 3.** Assembly mesh**Tableau 1.** Différents types d'assemblage étudié**Table 1.** Different types of assembly studied

Assemblage	Classe du Boulon	Epaisseur Profils C	Epaisseur du Gousset
M16 C20 T6	16	2 mm	6 mm
M16 C25 T6	16	2.5 mm	6 mm
M16 C30 T6	16	3 mm	6 mm
M16 C20 T8	16	2 mm	8 mm
M16 C25 T8	16	2.5 mm	8 mm
M16 C30 T8	16	3 mm	8 mm
M16 C20 T10	16	2 mm	10 mm
M16 C25 T10	16	2.5 mm	10 mm
M16 C30 T10	16	3 mm	10 mm

2.1.1 Conditions aux limites de l'assemblage

Un encastrement complet est imposé à la base des deux poteaux. Le déplacement de leur partie supérieure est autorisé uniquement selon la direction des charges appliquées. Deux forces de 8 kN sont appliquées aux positions 1000 mm et 2000 mm le long de la poutre. (Voir Fig 3).

Les profilés en C et les goussets ont été réalisés en acier de nuance S360. Pour les sections formées à froid, la limite élastique et la résistance ultime sont respectivement $f_y = 360$ MPa et $f_u = 540$ MPa. Les profilés en C présentent des valeurs de $f_y = 442$ MPa et $f_u = 570$ MPa, tandis que celles des goussets sont légèrement différentes. Les assemblages ont été réalisés à l'aide de boulons de classe 8.8 ($f_y = 640$ MPa, $f_u = 800$ MPa), avec des trous de boulonnage ayant un diamètre supérieur de 1 mm à celui des boulons, Tableau 2.

Le maillage a été généré automatiquement par le logiciel et un coefficient de frottement de 0,2 a été considéré.

Tableau 2. Propriétés mécaniques de l'acier utilisé [2]**Table 2.** Mechanical properties of the steel used [2]

Partie de l'assemblage	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Profilés en c	380	484
Gousset	360	540
Boulons	640	800

L'assemblage a été modélisé numériquement dans ANSYS Workbench en utilisant une analyse mécanique non linéaire qui prend en compte la plasticité, les effets de contact et les grandes déformations. Les matériaux ont été modélisés à l'aide d'un écrouissage isotrope à plusieurs lignes, ce qui permet une représentation précise de la réponse plastique des aciers laminés à froid. En accord avec les directives pour les structures légères, nous avons modélisé les profilés à l'aide des éléments SHELL181, tandis que le gousset et les boulons ont été représentés avec des éléments solides SOLID185, plus appropriés pour la représentation en trois dimensions des zones d'assemblage. Les interactions entre composants ont été définies via un contact avec frottement pour les interfaces profilés-gousset et un contact parfaitement lié entre les boulons et les écrous.

Le maillage a été généré automatiquement par le logiciel, garantissant une discrétisation cohérente avec la géométrie et les contraintes attendues. L'analyse non linéaire a été conduite en utilisant une formulation en lagrangien augmenté, avec une stratégie d'incrémentement comprenant 60 sous-incréments initiaux, 60 minimaux et 100 maximaux.

Concernant les conditions aux limites, la base du poteau a été entièrement bloquée en translation selon U_x , U_y et U_z , assurant une fixation rigide de la structure. Le déplacement n'a été autorisé que dans la direction d'application de la force (U_z) à l'extrémité de la poutre, afin de reproduire fidèlement les conditions de chargement et de permettre la déformation réelle de l'assemblage.

Tableau 3. Valeurs des contraintes équivalentes et le déplacement pour chaque assemblage et localisation de l'emplacement de la contrainte maximale, force 8 KN

Table 3. Equivalent stress values and displacement for each joint and location of maximum stress, force 8 KN

Assemblage	Contraintes de Von mises	Déplacement maximale
M16 C20 T6	241.81 MPa	6.87 mm
M16 C25 T6	230.25 MPa	4.31 mm
M16 C30 T6	227.72 MPa	3.59 mm
M16 C20 T8	223.61 MPa	6.14 mm
M16 C25 T8	213.14 MPa	3.62 mm
M16 C30 T8	206.47 MPa	2.92 mm
M16 C20 T10	202.43 MPa	5.692 mm
M16 C25 T10	183.44 MPa	3.115 mm
M16 C30 T10	181.08 MPa	2.49 mm

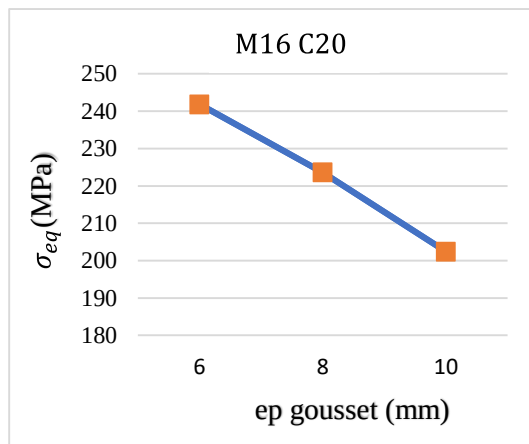


Figure 4. Variation de la contrainte équivalente de Von Mises en fonction de l'épaisseur du gousset M16 C20

Figure 4. Evolution of the equivalent Von Mises stress with respect to the gusset plate thickness for the M16 C20 configuration.

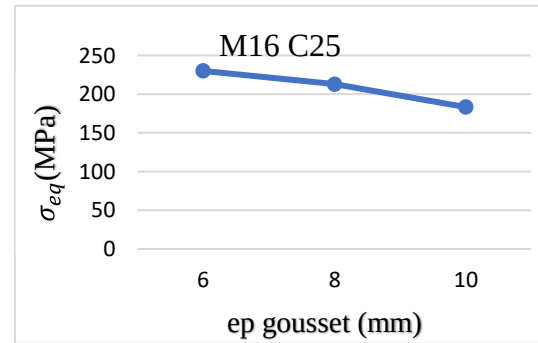


Figure 5. Variation de la contrainte équivalente de Von Mises en fonction de l'épaisseur du gousset M16 C25

Figure 5. Evolution of the equivalent Von Mises stress with respect to the gusset plate thickness for the M16 C25 configuration.

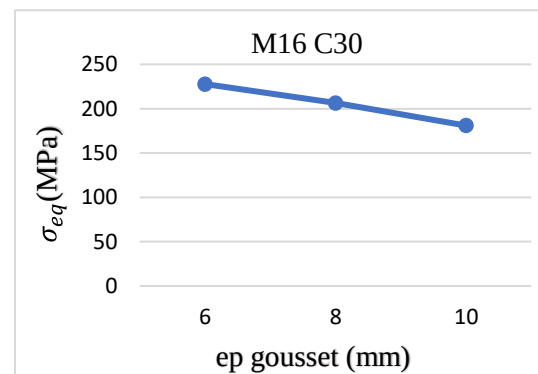


Figure 6. Variation de la contrainte équivalente de Von Mises en fonction de l'épaisseur du gousset M16 C30

Figure 6. Evolution of the equivalent Von Mises stress with respect to the gusset plate thickness for the M16 C30 configuration.

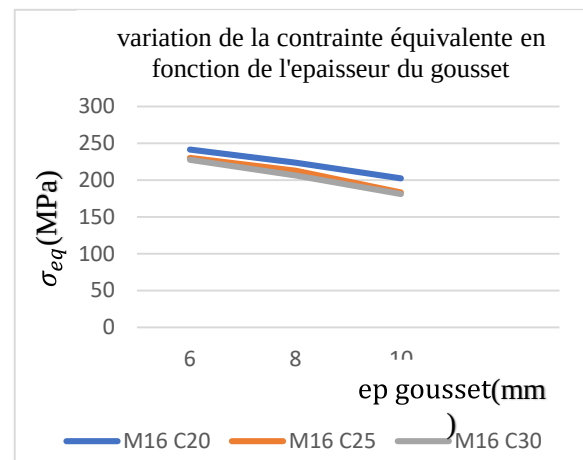


Figure 7. Variation de la contrainte équivalente de Von Mises en fonction de l'épaisseur du gousset, charge 8 KN

Figure 7. Evolution of the equivalent Von Mises stress as a function of the gusset plate thickness under an 8 KN load.

2.1.2 Interprétations des résultats

L'analyse des résultats montre que l'épaisseur du gousset et celle des profilés en C ont une influence directe sur la rigidité initiale et les contraintes de l'assemblage boulonné. Pour le profilé en C de 2 mm, on constate que le déplacement maximal diminue sensiblement avec l'augmentation de l'épaisseur du gousset. Il passe de 6,87 mm pour un gousset de 6 mm d'épaisseur à 5,69 mm pour un gousset de 10 mm. De la même manière, la contrainte de Von Mises décroît de 241,81 MPa à 202,43 MPa (voir tableau 3). Cette tendance traduit une amélioration de la rigidité de l'assemblage lorsque le gousset est renforcé. Ces résultats sont illustrés à la figure 4. Pour le profilé en C de 2,5 mm, la réduction du déplacement est encore plus marquée. Le déplacement maximal, qui est de 4,31 mm avec un gousset de 6 mm, descend à 3,11 mm lorsque l'épaisseur du gousset atteint 10 mm. Quant à la contrainte de Von Mises, elle passe de 230,25 MPa à 183,44 MPa. L'augmentation de l'épaisseur du gousset permet donc de mieux répartir les efforts et de limiter la concentration des contraintes autour

des boulons. Ces résultats apparaissent à la figure 5. Dans le cas du profilé en C de 3 mm, les performances de

l'assemblage sont encore plus favorables. Le déplacement chute de 3,59 mm avec un gousset de 6 mm à seulement 2,49 mm avec un gousset de 10 mm. Parallèlement, la contrainte équivalente de Von Mises diminue de 227,72 MPa à 181,08 MPa. On observe ici que l'association d'un profilé plus épais et d'un gousset renforcé permet d'obtenir une rigidité accrue et une meilleure résistance. Cette évolution est représentée à la figure 6. Enfin, la figure 7 regroupe et met en évidence la tendance générale observée : plus l'épaisseur du gousset augmente, plus le déplacement et la contrainte diminuent, quel que soit l'épaisseur du profilé en C. De plus, les profilés plus épais, comme celui de 3 mm, offrent toujours de meilleures performances mécaniques que les profilés plus minces.

Tableau4. Comparaison entre moment résistant de profilés en C et profilés en Σ

Table 4. Comparison between the bending resistance of C-sections and Σ -sections.

Assemblage	Moment résistant $M_{rés}$ (Profils C)	Moment résistant $M_{rés}$ (Profils Σ)	Gain en résistance
M16 C20 T6	11.60 KN.m	12,70 KN.m	9,48 %
M16 C25 T6	13.30 KN.m	14,10 KN.m	6,02 %
M16 C30 T6	14.50 KN.m	16,60 KN.m	4,83 %
M16 C20 T8	13.60 KN.m	15,10 KN.m	11,03 %
M16 C25 T8	16.40 KN.m	17,60 KN.m	7,32 %
M16 C30 T8	17.20 KN.m	18,10 KN.m	5,23 %
M16 C20 T10	13.10 KN.m	14,80 KN.m	12,98 %
M16 C25 T10	17.60 KN.m	19,30 KN.m	9,66 %
M16 C30 T10	19.50 KN.m	20,90 KN.m	7,18 %

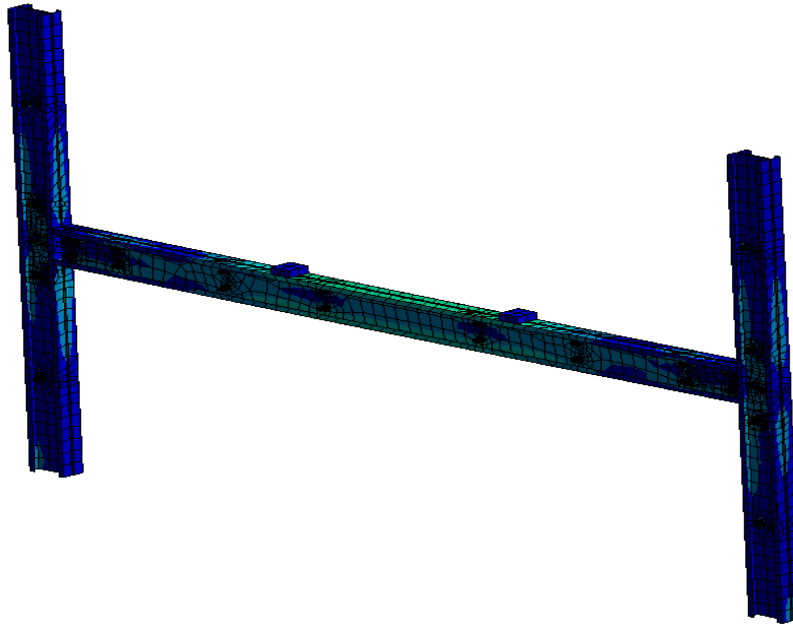


Figure 8. Vue en perspective de l'assemblage étudié, poutre en profilés C

Figure 8. Perspective view of the studied assembly with C-section beam

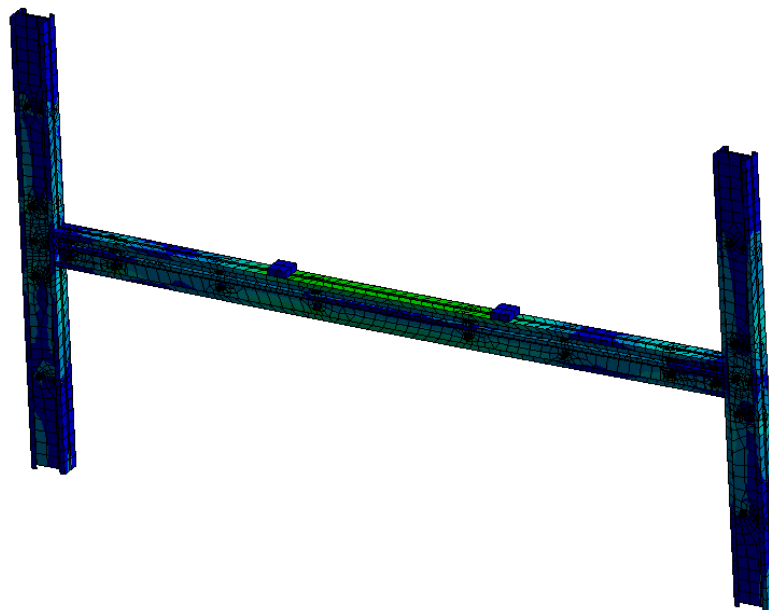


Figure 9. Vue en perspective de l'assemblage étudié, poutre en profilés C

Figure 9. Perspective view of the studied assembly with C-section beam

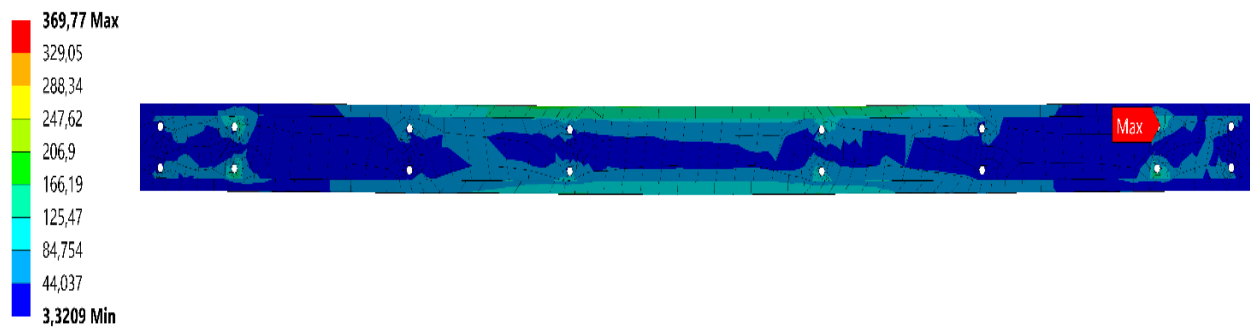


Figure 10. Distribution de la contrainte équivalente de Von Mises dans la poutre du spécimen M16 C20 T6

Figure 10. Distribution of the equivalent Von Mises stress in the C-beam of the M16 C20 T6 specimen.

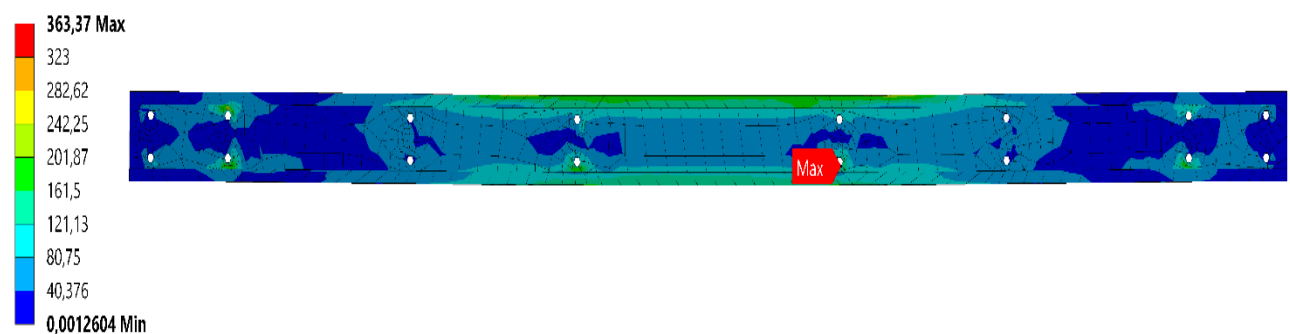


Figure 11. Distribution de la contrainte équivalente de Von Mises dans la poutre C du spécimen M16 C20 T8

Figure 11. Distribution of the equivalent Von Mises stress in the C-beam of the M16 C20 T8 specimen.

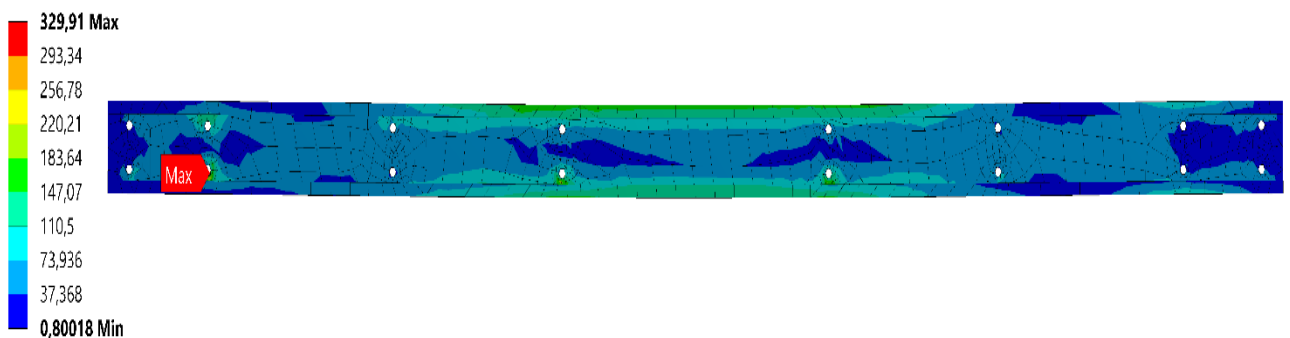


Figure 12. Distribution de la contrainte équivalente de Von Mises dans la poutre C du spécimen M16 C20 T10

Figure 12. Distribution of the equivalent Von Mises stress in the C-beam of the M16 C20 T10 specimen.

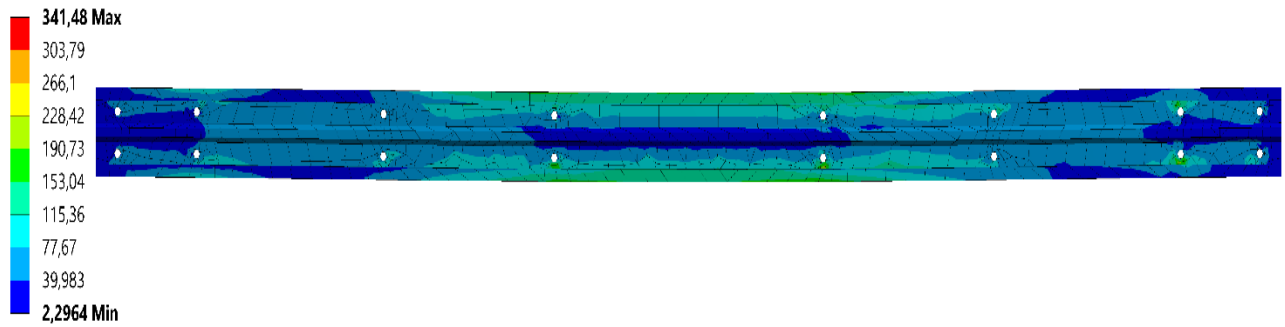


Figure 11. Distribution de la contrainte équivalente de Von Mises dans la poutre Σ du spécimen M16 C20 T6

Figure 11. Distribution of the equivalent Von Mises stress in the Σ -beam of the M16 C20 T6 specimen.

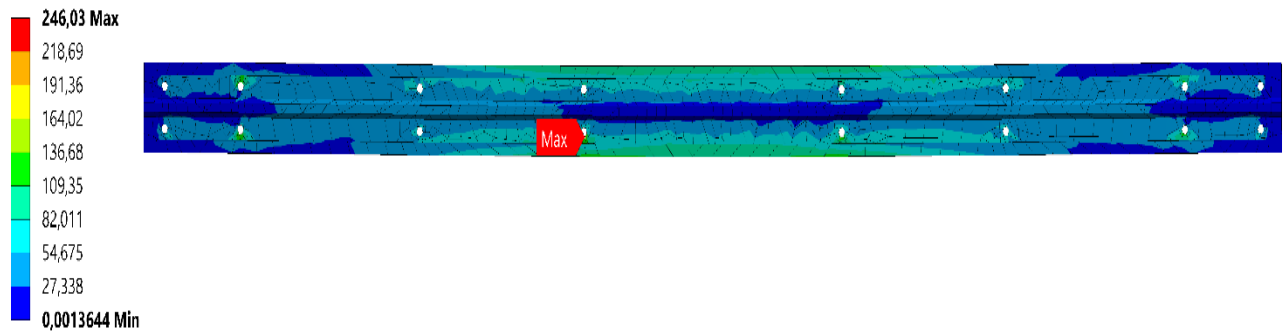


Figure 12. Distribution de la contrainte équivalente de Von Mises dans la poutre profilé Σ du spécimen M16 C20 T8

Figure 12. Distribution of the equivalent Von Mises stress in the Σ -beam of the M16 C20 T8 specimen.

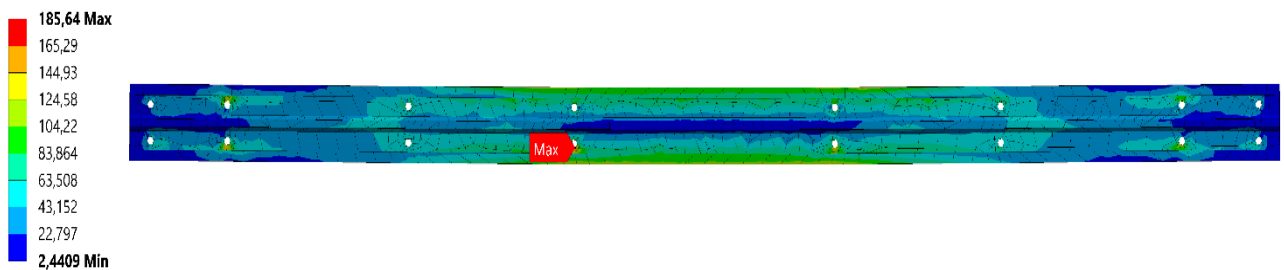


Figure 13. Distribution de la contrainte équivalente de Von Mises dans la poutre profilé Σ du spécimen M16 C20 T10

Figure 13. Distribution of the equivalent Von Mises stress in the Σ -beam of the M16 C20 T10 specimen.

2.2 Etude comparative

2.2.1 Discussions des résultats

Le tableau 4 montre une comparaison approfondie entre le moment résistant des profilés en forme de C et ceux en forme de Σ (sigma), en considérant l'épaisseur des profilés (2 mm, 2,5 mm et 3 mm) ainsi que celle du gousset (6 mm, 8 mm et 10 mm). L'examen des résultats révèle que, dans toutes les configurations analysées, les profilés en Σ affichent continuellement un moment résistant supérieur à celui des profilés en C, affirmant leur prééminence en matière de rigidité et de charge supportable. L'accroissement de l'épaisseur des profilés conduit à une amélioration importante du moment résistant pour les deux catégories de profilés en Σ , indiquant une supériorité en termes d'efficacité structurelle. Par ailleurs, l'augmentation de l'épaisseur du gousset participe à la consolidation de la rigidité générale de l'assemblage avec une influence positive plus marquée sur les profilés en Σ que sur ceux en C. Par conséquent, on note que les structures avec des renforts plus épais (10 mm) et des profilés plus résistants (3 mm) parviennent à des valeurs maximales de moment résistant et cette tendance persiste indépendamment du type de profilé. Cependant, une comparaison directe indique que même lorsque les profilés en C sont perfectionnés grâce à une plus grande épaisseur, les profilés en Σ de configuration similaire continuent de surclasser leurs équivalents en termes de performance mécanique. Pour résumer, ce tableau met en évidence que les profilés en Σ ont un avantage structurel évident par rapport aux profilés en C surtout lorsque l'épaisseur des profilés et du gousset s'accroît. Cette supériorité justifie leur sélection pour des assemblages qui exigent une résistance renforcée et un contrôle plus rigoureux des déformations. La figure 10 illustre la distribution des contraintes équivalentes de Von Mises dans un assemblage employant des profilés en C d'une épaisseur de 02 millimètres et un gousset de 06 millimètres. On remarque que la contrainte maximale se focalise essentiellement dans les zones de jonction entre le gousset et la poutre. La diminution de l'épaisseur des profilés entraîne une rigidité moindre, ce qui facilite une concentration plus importante des contraintes localisées. Cette situation met en évidence la vulnérabilité des profilés en C de faible

épaisseur face aux déformations plastiques initiales, tout en soulignant la limitation de leur résistance lorsque leur épaisseur est mince. La figure 11 montre la distribution des contraintes équivalentes de Von Mises dans un assemblage employant des profilés en C d'une épaisseur de 02 millimètres et un gousset de 06 millimètres. On remarque que la contrainte maximale se focalise essentiellement dans les zones de jonction entre le gousset et la poutre. La diminution de l'épaisseur des profilés entraîne une rigidité moindre, ce qui facilite une concentration plus importante des contraintes localisées. Cette situation met en évidence la vulnérabilité des profilés en C de faible épaisseur face aux déformations plastiques initiales, tout en soulignant la limitation de leur résistance lorsque leur épaisseur est mince. Quand l'épaisseur du gousset atteint 10 millimètres (figure 12), une augmentation significative de la rigidité de l'assemblage est observée. La contrainte équivalente est distribuée de manière plus uniforme avec une réduction relative des pics localisés dans la zone d'assemblage. Bien que cette amélioration ait été apportée, la capacité globale de la poutre à supporter les charges reste toujours limitée en raison de l'épaisseur réduite du profilé en C. Donc, bien que le gousset plus épais améliore la solidité de l'assemblage, son rendement global est toujours inférieur à celui des profilés en sigma de la même épaisseur. Dans ce cas (figure 13), l'emploi de profilés sigma de 02 millimètres d'épaisseur, combiné à un gousset de 06 millimètres, offre une distribution des contraintes plus efficace comparée à l'utilisation des profilés en C. La géométrie nervurée et fermée du sigma favorise une plus grande rigidité locale et diminue les régions de concentration. L'analyse comparative avec la figure 8 met en évidence que, pour une épaisseur équivalente de profilé et de gousset, les profilés en sigma présentent une meilleure résistance au flambement local et supportent mieux la charge. Avec un gousset de 08 millimètres (figure 14), l'amélioration de la distribution des contraintes dans les profilés en sigma se révèle encore plus manifeste. En comparaison avec la figure 9, l'augmentation de la rigidité du gousset agit en collaboration avec la configuration du sigma, ce qui diminue considérablement les zones critiques où se concentrent les contraintes. Cette situation démontre que les profilés en sigma bénéficient plus du renforcement par un gousset plus épais,

contrairement aux profilés en C qui présentent des améliorations limitées. Enfin, avec un gousset de 10 millimètres, les profilés en sigma présentent une performance nettement supérieure. La contrainte équivalente est uniformément répartie, avec une réduction significative des concentrations localisées par rapport à la figure 12 correspondant aux profilés en C. Cela confirme que l'association d'un profilé sigma, même mince, avec un gousset plus épais, permet d'atteindre une meilleure capacité portante et une meilleure durabilité de l'assemblage. Enfin (figure 13), avec un gousset de 10 millimètres, les profilés en sigma présentent une performance nettement supérieure. La contrainte équivalente est uniformément répartie, avec une réduction significative des concentrations localisées par rapport à la figure 12 correspondant aux profilés en C. Cela confirme que l'association d'un profilé sigma, même mince, avec un gousset plus épais, permet d'atteindre une meilleure capacité portante et une meilleure durabilité de l'assemblage.

3. Conclusion

Pour résumer, l'analyse effectuée sur les profilés à froid révèle plusieurs aspects clés. Les profilés en C, malgré leur efficacité et leur utilisation fréquente dans les structures légères, sont plus sensibles aux concentrations de contraintes et au flambement local, surtout s'ils sont de faible épaisseur. L'augmentation de l'épaisseur du gousset renforce manifestement la rigidité et diminue les déplacements ainsi que la contrainte équivalente de Von Mises. Cependant, cette amélioration est limitée par la forme ouverte du profil en C. En revanche, l'adoption du profilé sigma a démontré un avantage clair : sa géométrie fermée et nervurée permet une répartition optimale des contraintes, diminue considérablement les zones critiques et améliore la résistance à la flexion et au flambement. Les données numériques fournies par ANSYS corroborent que, quel que soit le paramétrage, les profilés sigma surpassent les profilés en C. Leur supériorité est d'autant plus révélée lorsque l'épaisseur du gousset s'accroît. Par conséquent, le choix de profilés sigma semble être une alternative structurellement plus efficace pour les joints boulonnés analysés. Elle permet non seulement d'améliorer la capacité de charge, mais également de garantir

une durabilité supérieure et une fiabilité renforcée des structures légères. Cette conclusion pave la route vers une application plus étendue de ces profilés novateurs dans le secteur du bâtiment et des structures métalliques contemporaines.

Références bibliographiques

- [1] Anwer B., Saad S., Osman H., *Structural Performance of Bolted Moment Connections among Single Cold-Formed Channel Sections*. International Journal of Engineering and Technology Volume 2, 599-607, 2012.
- [2] Bučmys Ž., Daniūnas A., *Analytical and experimental investigation of cold-formed steel beam-to-column bolted gusset-plate joints*, Journal of civil engineering and management; 21(8): 1061–1069, 2015.
- [3] Bučmys Ž., Daniūnas A., *Component method in the strength evaluation of cold-formed steel joints*. Procedia Engineering; 172: 143 – 148, 2017.
- [4] Dubina D., Ungureanu ., *Behaviour of multi-span cold-formed Z-purlins with bolted lapped connections*. Thin-Walled Structures; 48: 866–871, 2010.
- [5] Dubina D., Zaharia R., *Cold-Formed Steel Trusses with Semi-Rigid Joints*. Thin-Walled Structures; 29: 273-287, 1997.
- [6] El-Hadary M. R., El-Aghoury I. M., Ibrahim S. A., *Behavior of different bolted connection configurations in frames composed of cold-formed sections*. Ain Shams Engineering Journal; 13: 101500, 2022.
- [7] Khalate S., Kulkarni S., *Finite Element Analysis of Cold Formed Steel Bolted Connection*. International Journal of Recent Technology and Engineering; 4: 23-28, 2015.
- [8] Kim T. S., Kuwamura H., Choc T. J., *A parametric study on ultimate strength of single shear bolted connections with curling*. Thin-Walled Structures; 46: 38–53, 2008.
- [9] Kim T., K., Kuwamura H. *Finite element modeling of bolted connections in thin-walled stainless steel plates under static shear*. Thin-Walled Structures; 45: 407–421, 2007.



[10] Lim J. B. P., Nethercot D. A., *Stiffness Prediction for Bolted Moment-connections between Cold-formed Steel Members*. Journal of Constructional Steel Research; 60: 85–107, 2004.

[11] Lim J. B. P., Nethercot D. A., *Ultimate Strength of Bolted Moment-connections between Cold-formed Steel Members*. Thin-walled Structures; 41: 1019–1039, 2003.