

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE M'SILA



FACULTÉ DE TECHNOLOGIE

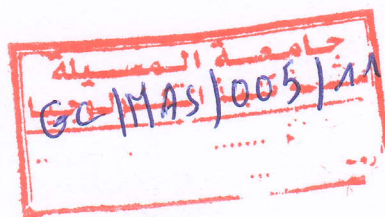
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL ET HYDRAULIQUE
MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN GÉNIE CIVIL
OPTION : **STRUCTURE**

THÈME

**MODELISATION PAR ELEMENT FINIS DE
L'ESSAI «PUSH-OUT» AVEC UN
CONNECTEUR EN «I»**

PRÉSENTÉ PAR:
ZEGHOUGH Sofiane

DIRIGÉ PAR :
MR.TITOU Messaoud



PROMOTION :2010/2011

** Sommaire **

INTRODUCTION GENERALE.....	01
CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA CONNEXION (ACIER-BETON) DANS LES POUTRES MIXTES	
Introduction	05
I.1 historique des méthodes de calcul des poutres mixtes	06
I.2- poutres mixtes - matériaux mis en œuvre	08
I.2.1- Classification des sections	09
I.2.2- dimensionnement des poutres mixtes	09
a)-Etat Limite Ultime	09
b)-Etat Limite de Service	10
I.3- analyse élastique des poutres mixtes	11
I.3.1 Coefficient d'équivalence.....	11
I.3.2 Hypothèses de calcul élastique	12
I.3.3 Largeur participant de la dalle de béton (b_{eff}).....	13
I.3.4 Caractéristiques géométriques de la section mixte homogénéisée	14
I.3.5 Vérification des contraintes normales de flexion	18
I.4 Résistance des connecteurs et calcul de la connexion	19
I.4.1 Résistance de calcul des goujons à tête soudés	20
a) Goujons en présence d'une dalle pleine.....	20
b) Goujons en présence d'une dalle mixte.....	20
I.4.2 Dimensionnement élastique de la connexion	22
I.4.2.1 Calcul élastique de la connexion.....	23
I.4.2.2 Nombre de connecteurs.....	25
I.4.2.3 Espacement des connecteurs (e)	25
I.5 analyse plastique des poutres mixtes	25
I.5.1 calcul du moment résistant plastique en connexion complète	25
I.5.1.1 Hypothèses de calcul plastique	26
I.5.1.2 moment résistant plastique sous une flexion positive $M_{pl}^+ R_d$	26
a) 1 ^{er} Cas - axe neutre dans la dalle de béton	26
b) 2 ^{ème} Cas - axe neutre situé dans la semelle en acier.....	27
c) 3 ^{ème} Cas - axe neutre situé dans l'âme.....	28

I.5.1.3 moment résistant plastique sous une flexion négative ($M_{pl}^- R_d$)	29
a) 1 ^{ème} Cas - axe neutre situé dans la semelle en acier.....	29
2 ^{ème} Cas - axe neutre situé dans l'âme du profilé.....	30
I.5.2 Dimensionnement et Calcul plastique de la Connexion complète.....	31
I.5.3 calcul du moment résistant plastique en connexion Partielle.....	32
I.6 exemple d'application numérique	35
I.6.1 Calcul plastique d'une section mixte fléchie	35
I-7 Conclusion	40
CHAPITRE II :MODELISATION PAR ELEMENT FINIS DE L'ESSAI DE	
CISAILLEMENT (PUSH-OUT)	
Introduction	41
II.1 Etapes de la modélisation numérique	41
II.2 présentation du modèle	42
II.2.1 Symétrie.....	42
II.2.2 Eléments finis utilisés.....	43
a) Elément plan quadrilatéral « PLANE 42 »	43
b) Elément barre « LINK 1 »	44
II.2.3 Lois de comportement des matériaux	45
a) Béton	45
b) Acier	47
II.2.4 Définition du maillage	47
II.2.5 Conditions aux limites	50
II.2.6 Application des charges	50
II.3 Exemples d'application	51
II.3.1 Exemple 1 : éprouvette (M.E.F.3)	51
II.3.2 Exemple 2 : éprouvette (M.E.F.6)	55
II.4 conclusion	59
CHAPITRE III :VALIDATION DU MODELE NUMERIQUE PAR COMPARISON AUX	
RESULTAT EXPERIMENTAUX	
Introduction	60
III.1 Description du spécimen d'essais <<push-out>>	60
III.1.1 Dispositif d'essai	60
III.1.2 La presse hydraulique utilisée	60
III.1.3 Instrument de la mesure (Glissement-séparation en [mm])	61

III.1.4 spécimens d'essais par catégorie et connecteurs utilisés	61
III.1.4.1 la géométrie des spécimens d'essais	62
III.1.4.2 spécimens d'essai	63
III.2 matériaux constituant les spécimens	64
III.2.1 Béton de la dalle	64
III.2.2 Le profilé métallique	66
III.2.3 Le connecteur IPE80	66
III.2.4 Renforcement des spécimens	67
III.3 Etapes de réalisation des essais	68
III.4 Résultats expérimentaux obtenus	70
III.5 Comparaison entre les courbes numériques et expérimentales	78
III.6 Conclusion	85
CONCLUSION GENERALE	86
ANNEXE A	87
ANNEXE B	89
ANNEXE C	90
ANNEXE D	92
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	108

de béton b_c et la largeur L_c du connecteur.

Les résultats de cette étude montre que le connecteur en « I » présente un comportement ductile ($\lambda_c > 6 \text{ mm}$) et il peut être utilisé dans le calcul plastique des poutres mixtes.

Mots clés : acier-béton, poutres mixtes, connecteurs, Essai de cisaillement, Méthode des Elément finis.

ملخص:

في هذه الدراسة، ندرس سلوكاً لثقلي الأبعاد لمتصلر سجد باستخدام بوليمر (ANNVA) استناداً لتجربة القص مع الربط « I » في الهدف في هذه الدراسة يترور حول تحديد مقاومة الربط « I » الراسية في بلاطة الخرسانة المسلحة المقصودة لتحميل ثقل و لقد تم التحليل من النموذج العددي بمقارنته مع الاختبارات التجريبية التي أجريت على نماذج من غير الهندسة العددية والبرر بعداً أجرياً برؤية لعدة مقومات (الخلافة مقاومة الخرسانة b_c و عرض الربط L_c بالمتبادل المدمر على غير نظريتها على مقاومة الربط.

نتيجة هذه الدراسة تبين أن الربط « I » يظهر سلوكاً لينة لأن الانزياح ($\lambda_c > 6 \text{ mm}$) وبذلك يمكن استخدامه في تصميم حالات المطبوعة للرواد المختلفة.

كلمات مفتاحية: الصلب - الخرسانة، الرواد، الخرسانة، الربط، تخریب المصل، وطريقة العناصر المحدودة.

Abstract:

In this study, a two – dimensional finite element model with plane stress elements is presented using ANSYN software to simulate the «push-out» test for « I » shear connectors.

The focus is on the shear capacity of « I » shear connectors in a solid reinforced concrete slab under static loading. The model has been validated against test results. Parametric study is performed to investigate the variation in concrete strength f_{ck} and the length L_c of the shear connector.

The results show that the « I » shear connector can be classified as “ductile” and it can be used in plastic design of composite beams.

Key words: steel-concert, composite beams, shear connectors, push-out tests, Finite element method.

Résumé :

Dans cette étude, un modèle d'élément finis bidimensionnel est présenté en utilisant le logiciel ANSYS pour simuler l'essai de cisaillement avec un connecteur en « I ».

L'objectif est la détermination de la résistance d'un connecteur en « I » ancré dans une dalle en béton armé soumis à un chargement statique. Le modèle numérique a été vérifié par comparaison avec des essais expérimentaux effectué dans le laboratoire de Génie Civil et hydraulique. Une étude paramétrique est effectuée pour mettre en évidence l'influence de la variation de la résistance du béton f_{ck} et la largeur L_c du connecteur.

Les résultats de cette étude montre que le connecteur en « I » présente un comportement ductile ($\delta_u > 6 \text{ mm}$) et il peut être utilisé dans le calcul plastique des poutres mixtes.

Mots clés : acier-béton, poutres mixtes, connecteurs, Essai de cisaillement, Méthode des Elément finis.

ملخص :

في هذه الدراسة، نقدم نموذجاً ثنائي الأبعاد لعنصر محدد باستخدام برنامج (ANSYS) لمحاكاة تجربة القص مع الرابط « I ». الهدف في هذه المذكرة يدور حول تحديد مقاومة الرابط « I » الراسية في بلاطة الخرسانة المسلحة الخاضعة لتحميل ثابت. ولقد تم التحقق من النموذج العددي بمقارنته مع الاختبارات التجريبية التي أجريت على مستوى مخبر الهندسة المدنية و الري. بعدما أجرينا دراسة لعدة متغيرات (اختلاف مقاومة الخرسانة f_{ck} و عرض الرابط L_c) لتسليط الضوء على مدى تأثيريهما على مقاومة الرابط.

نتائج هذه الدراسة تبين أن الرابط « I » يظهر سلوكاً لين لان الانزلاق ($\delta_u < 6 \text{ ملم}$) ومنه نستنتج انه يمكن استخدامه في تصميم حالات المطاوعة للروافد المختلطة.

كلمات مفتاحية: الصلب - الخرسانة، الروافد المختلطة، الروابط، تجارب القص، وطريقة العناصر المحدودة.