

Effet de l'utilisation de Coupleurs filetés sur le comportement sous sollicitations sismiques des poteaux en béton armé

Nasser Mohamed¹, Ferrier Emmanuel¹, Michel Laurent¹, Gabor Aron¹, Gardes Rémi², Boisson Richard², Huet Philippe², Dolo Jean-Marie³

¹Laboratoire LMC2, University Claude Bernard Lyon 1, 82 bd Niels Bohr, 69100 Villeurbanne, France

²Bartec Group, 355 Avenue Henri Schneider 69330 Meyzieu, France

³Eiffage Infrastructures, 3-7 place de l'Europe, Vélizy-Villacoublay, France

RESUME Cette étude analyse l'impact des coupleurs parallèles mécaniques filetés compacts sur la performance cyclique des poteaux en béton armé, en se concentrant sur les connexions fondation-poteau soumises à des charges axiales et cycliques. Six configurations de poteaux à section carrée ont été testées, incluant des barres continues, des connections par recouvrement et des connections mécaniques filetées, avec certains coupleurs placés à différentes hauteurs pour évaluer leur influence structurelle. Des essais de déplacement contrôlés ont été menés pour simuler des conditions réelles, examinant des paramètres tels que la capacité portante latérale, la ductilité, l'énergie absorbée et la rigidité. Les résultats montrent que les coupleurs filetés compacts maintiennent des performances comparables aux barres continues. Leur positionnement joue un rôle essentiel sur le comportement du poteau. Les paramètres critiques, notamment la charge de rupture, la rigidité et la répartition des fissures, respectent les normes réglementaires. Cette étude met en avant le potentiel des coupleurs filetés pour améliorer la construction et la résilience des poteaux en béton armé, offrant une méthode efficace et innovante pour les connections, et contribuant aux progrès dans le domaine du génie civil.

Mots-clefs Coupleurs filetés, Charges axiales et cycliques, béton armé (BA), Ductilité, Énergie absorbée, Rigidité

I. INTRODUCTION

Le raccordement des barres d'armature est fondamental pour garantir l'intégrité structurelle des structures en béton armé (BA). Cela est particulièrement crucial dans les projets de grande envergure tels que les gratte-ciels, les bâtiments industriels et les installations nucléaires, où des normes de sécurité rigoureuses doivent être respectées. La performance des coupleurs d'armature dépend de deux paramètres essentiels : le diamètre des barres et la longueur de recouvrement. Bien que des diamètres plus importants soient nécessaires pour les structures lourdes, les méthodes traditionnelles par recouvrement d'armatures engendrent souvent des défis, tels que la concentration excessive des armatures, la formation de nids de cailloux, des concentrations de contraintes et des difficultés de mise en place du béton, en particulier dans les sections fortement armées (Dabiri et al., 2022). Les continuités d'armatures par recouvrement, définies par des normes

telles que l'Eurocode 2 (Eurocode 2, 2004), (ACI Committee 318, 2019), nécessitent des longueurs de recouvrement suffisantes pour répondre aux exigences d'ancrage.

L'Eurocode 2 (Eurocode 2, 2004) spécifie les longueurs de recouvrement en fonction de plusieurs facteurs tels que la position des barres, leur diamètre et la résistance à la compression du béton. Toutefois, les barres de diamètre plus important exacerbent les problèmes de la concentration excessive des armatures dans les zones fortement armées, compromettant la qualité du béton (Dabiri et al., 2022). Des études expérimentales montrent que l'ajout d'étriers de confinement aux extrémités des poteaux, associé à des longueurs de recouvrement plus importantes, améliore la performance des joints par recouvrement. (Mabrouk and Mounir, 2017). Néanmoins, les raccords par recouvrement entraînent souvent une fissuration prématurée, une augmentation des charge permanente et des coûts de construction plus élevés en raison de l'utilisation d'une plus grande quantité d'acier. (Dabiri et al., 2022).

Les coupleurs mécaniques offrent une alternative avancée aux raccords par recouvrement, simplifiant l'installation, réduisant les coûts et améliorant les performances mécaniques (Ben-dahou et al., 2024; Mohamed et al., 2025). Ces dispositifs transfèrent directement les efforts entre les barres, minimisant la dépendance à l'interaction avec le béton et atténuant les problèmes de la concentration excessive des armatures. Les coupleurs filetés, notamment les types filetés partiellement ou coniques, sont largement utilisés pour connecter des barres de tailles variées (Dabiri et al., 2022). Des normes internationales telles que l'("ISO15835," 2009) régissent la performance des coupleurs mécaniques, avec des tests de traction limitant le glissement à 0,10 mm pour garantir l'intégrité structurelle.

Pour évaluer la performance des coupleurs mécaniques sous diverses conditions de charge, les essais de traction cyclique jouent un rôle essentiel. Les essais expérimentaux doivent confirmer que la rupture se produit dans la barre d'armature, et non dans le coupleur, ce qui préserve l'intégrité structurelle et minimise les glissements. De plus, les essais de traction cyclique sont cruciaux pour vérifier les effets des processus de formage à froid, tels que le filetage et l'écrasement, qui introduisent des contraintes résiduelles. Ces contraintes peuvent être atténuées par la normalisation, un processus qui améliore la résistance à la fatigue et la ductilité des coupleurs mécaniques, comme le soulignent des études antérieures (Franceschi et al., 2021). L'ISO 15835 ("ISO15835," 2009) exige que la rupture se produise hors de la région du coupleur pour garantir un transfert de charge efficace. Par ailleurs, les essais de traction à grande vitesse, étudiés par (Thiele and Makris, 2021), examinent la performance des coupleurs sous des charges dynamiques. Cette approche met en avant l'importance des vitesses de déformation contrôlées, standardisées à 1/s, pour garantir une rupture ductile caractérisée par une déformation plastique. L'ensemble des résultats soulignent le besoin critique de lignes directrices standardisées pour traiter le comportement des coupleurs sous des scénarios de charge dynamique.

Les tests contrôlés par déplacement permettent d'évaluer la performance des coupleurs dans des connexions structurelles, telles que les joints colonne-fondation, et examinent l'impact de la géométrie des coupleurs. Ces études confirment que les coupleurs mécaniques améliorent la ductilité et la résistance tout en identifiant les inefficacités potentielles, telles que les concentrations de contraintes localisées ou les glissements. Les coupleurs mécaniques ont démontré une performance supérieure sous des charges monotones et cycliques. (Bompa and Elghazouli, 2018)

ainsi que (Mohamed et al., 2025) ont observé que les coupleurs filetés améliorent la ductilité structurelle. Des études sur les charges sismiques et dynamiques, telles que celles de (Kheyroddin et al., 2020), montrent que les coupleurs mécaniques présentent une bonne performance en termes de raideur, de limites élastiques et de ductilité. De même, (Haber et al., 2014) ont montré une performance sismique comparable entre les colonnes équipées de coupleurs mécaniques et celles avec des barres continues, bien que des concentrations de contraintes près des zones de rotule plastique aient été notées. (Rowell et al., 2009) ont rapporté une performance supérieure des coupleurs filetés et injectés par rapport aux raccords par recouvrement traditionnels, tandis que la répartition des coupleurs dans les colonnes a permis d'améliorer la ductilité et l'absorption d'énergie (Kheyroddin and Dabiri, 2020).

Cette étude aborde quatre aspects clés : (1) le comportement d'adhérence des barres d'armature raccordées par recouvrement et par coupleurs mécaniques par rapport aux barres continues ; (2) la performance d'un nouveau coupleur fileté en forme d'olive développé par Linxion (Bartec), conçu pour réduire la concentration de contraintes et atténuer la concentration excessive des armatures ; (3) l'influence du placement des coupleurs dans l'armature ; et (4) l'utilisation de coupleurs doubles espacés de 320 mm. Comme le montre la Figure 1, le coupleur en forme d'olive a démontré une performance supérieure, garantissant une rupture dans la barre d'armature plutôt que dans le coupleur, sous des charges de traction à grande vitesse et cycliques. Les essais de charge cyclique ont été menés pour évaluer la performance des colonnes avec coupleurs mécaniques au niveau du joint colonne-fondation. Ces résultats mettent en évidence le potentiel des coupleurs mécaniques filetés pour surmonter les limitations des méthodes de raccordement traditionnelles, améliorant ainsi la durabilité, la fiabilité et la performance sismique des structures en béton armé.

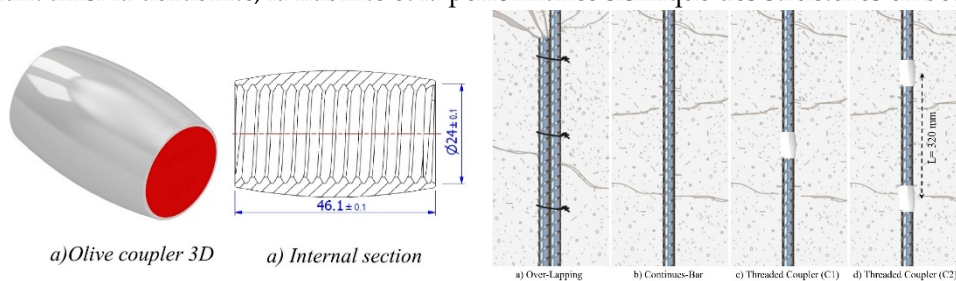


Figure 1: (gauche) Géométrie du coupleur en forme d'olive (droite) Technique d'épissure pour l'intégration colonne-fondation.

Essais Dynamiques de Traction à Haute Vitesse

Configuration de l'Essai :

La machine d'impact servo-hydraulique de 1000 kN du BAM à Berlin est conçue pour les essais de traction à grande vitesse sur des barres d'armature sous charges d'impact (Figure 2 (gauche)). Elle est équipée de deux cylindres hydrauliques (1000 kN et 630 kN), atteignant des vitesses de piston allant jusqu'à 4,5 m/s et 8,5 m/s. Pour ces essais, le cylindre de 1000 kN a été utilisé. Le dispositif comprend un cadre de charge robuste avec un contrôle en boucle fermée, un transfert précis des variables et un système de serrage sécurisé jusqu'à 1000 kN. La force (F) et le déplacement du piston (W_1) ont été enregistrés via un transducteur inductif, avec des données collectées par le système Labside d'Instron à une fréquence d'échantillonnage de 5 kHz pour une haute résolution. L'analyse des données a été réalisée avec le logiciel DIAdem.

Préparation des Échantillons et Procédure de l'Essai :

La longueur de référence des échantillons (L_g) avant l'essai était de 1250 mm. Cinq barres de référence ($\Phi 20$ mm, grade S500B) et cinq coupleurs en forme d'olive ont été testés, avec des marquages gravés pour identification. La préparation des barres a été réalisée par nos soins, en suivant rigoureusement les instructions afin de garantir leur conformité et de vérifier chaque étape du processus. Des rayures gravées tous les 30 mm, et les mesures effectuées avec un système optique précis.

Les échantillons ont été fixés à l'aide du système de serrage hydraulique de 1000 kN. La barre d'armature a été insérée dans les mâchoires supérieure et inférieure, et la distance entre elles (L_o) a été enregistrée pour calculer la longueur effective (L_r). L'essai a été conduit en contrôle de déplacement, avec le déplacement du piston (W_1) comme variable de contrôle. Les dimensions des échantillons sont présentées dans la Figure 2 (droite).

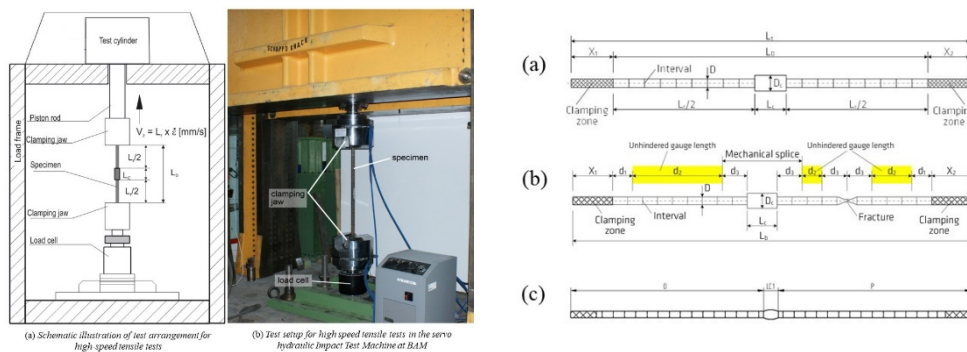


Figure 2: (gauche) (a) Représentation schématique de l'arrangement du test de traction à grande vitesse, détaillant le montage expérimental. (b) Configuration du test de traction à grande vitesse en action, utilisant la machine d'essai d'impact hydraulique Servo au BAM, équipée d'un système de serrage robuste de 1000 kN pour des essais précis et fiables. (droite) (a) Géométrie de l'éprouvette avec coupleur avant l'essai, avec définition des dimensions. (b) Distances requises pour les éprouvettes avec épissures mécaniques pour déterminer la section transversale brute (A_g), illustration des exigences minimales de distance : d_1 (\geq Max de 20 mm ou $1 \times D$), d_2 (\geq 100 mm, au moins 90 mm) et d_3 (\geq Max de 50 mm ou $2 \times D$). (c) Marquage et dimensions BARTEC Olive - $\Phi 20$ mm.

Résultats et Discussions :

Les résultats, y compris le diagramme contrainte-déformation Figure 3 (gauche) et les images de mode de rupture Figure 3 (droite), mettent en évidence la performance du coupleur en forme d'olive. Les échantillons continus ont atteint une contrainte maximale moyenne de 674,55 N/mm², tandis que ceux avec coupleurs ont atteint 682,18 N/mm², soit une amélioration de 2%. Les ruptures sont survenues systématiquement dans l'armature, indiquant la fiabilité des coupleurs. Conformément aux normes ISO 15630 et ISO 15835:2009, les évaluations de rupture ont confirmé un comportement ductile. Les courbes contrainte-déformation n'ont montré aucun glissement notable, attestant de connexions mécaniques sécurisées.

La région élastique (Région I) n'a montré aucune différence de rigidité entre les échantillons avec coupleurs et les barres continues, confirmant un comportement élastique inchangé. Dans la région de déformation plastique (Région II), les échantillons avec coupleurs ont présenté une contrainte maximale légèrement supérieure sans rupture fragile ni glissement excessif. Ces résultats démontrent que le coupleur en forme d'olive est une solution mécanique robuste pour les structures

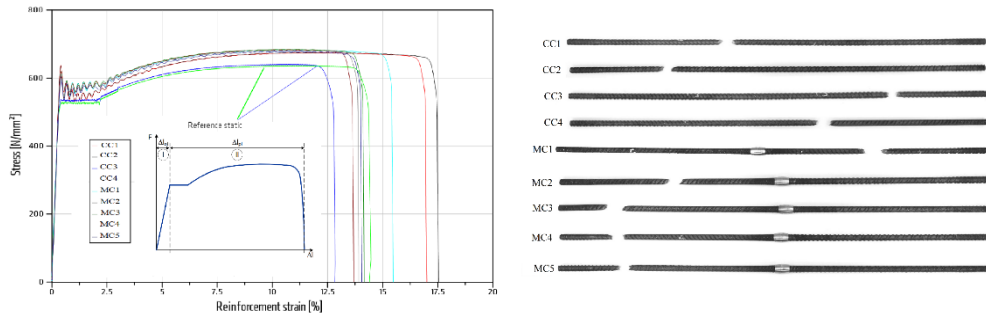


Figure 3: (gauche) Courbes contrainte-déformation pour les armatures sous diverses conditions (CC1-CC4 et MC1-MC5), illustrant les phases de déformation élastique et plastique ainsi que le point de rupture ultime. L'encadré met en évidence les zones de déformation élastique ($\Delta e\ell$) et plastique ($\Delta p\ell$) pour référence. (droite) Modes de rupture pour CC (connexion continue) et MC (connexion mécanique), montrant que la rupture se produit dans la barre d'armature elle-même.

en béton armé, assurant une intégrité structurelle et des performances constantes sous des charges dynamiques de traction élevées.

Essai de Traction Cyclique

Description de l'Essai : Instrumentation et Procédure de l'Essai :

Des essais de traction sur des barres avec et sans raccords ont été réalisés conformément à la norme EN ISO 15630-1. Les barres d'armature ($\Phi 20$ mm, grade S500B) ont été testées pour déterminer leurs propriétés mécaniques et comparer les barres raccordées aux barres continues. Les paramètres clés mesurés incluaient le module d'élasticité, la limite d'élasticité, la résistance ultime à la traction et les déformations associées. Le glissement a également été mesuré au niveau des raccords. Trois barres ont été testées par série sous deux modes de charge. Le premier consistait en une charge croissante monotone à 1 mm/min. Le second, selon l'EAD 160129-00-0301, impliquait une séquence tension-compression suivie de 20 cycles, puis d'une charge jusqu'à rupture. Les mêmes positions des jauges de déformation ont été utilisées pour les barres de référence et les barres raccordées.

Résultats et Discussions :

Les propriétés mécaniques des barres testées, y compris le module d'élasticité (E), la limite d'élasticité (F_y), la résistance ultime à la traction (F_u) et les déformations correspondantes, sont résumées dans le Tableau 7. Les essais de charge cyclique ont révélé un allongement résiduel après déchargement, attribué aux contraintes résiduelles induites lors du formage à froid Figure 4 (gauche). Les connexions normalisées ont atténué ces contraintes grâce à un traitement de traction post-formage, alignant leur comportement avec celui de l'acier conventionnel et restaurant les limites d'élasticité. La Figure 4 (droite) illustre l'élimination des contraintes résiduelles et l'amélioration de la cohérence mécanique des connexions normalisées.

Ces résultats confirment que le coupleur en forme d'olive offre des performances mécaniques fiables sous charge cyclique, en maintenant une intégrité structurelle comparable aux barres continues. Son glissement négligeable, sa rupture ductile et son comportement constant en font une solution pratique pour les applications en béton armé.

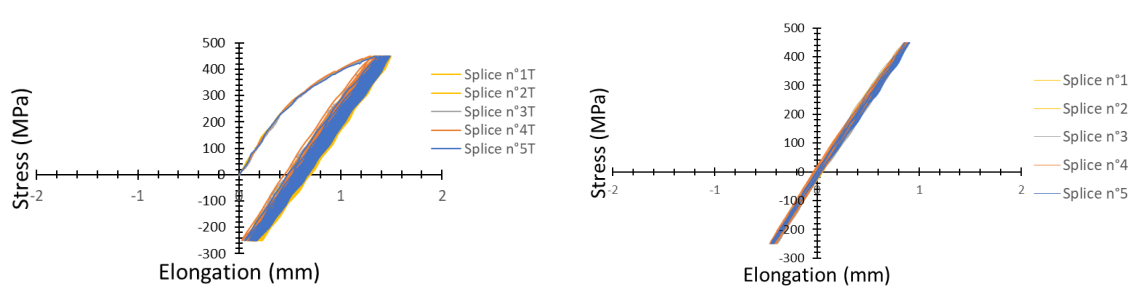


Figure 4: (gauche) Courbes contrainte-allongement pour 5 épissures PI32 avec filets non normalisés. (droite) Courbes contrainte-allongement pour 5 épissures standard PI32 avec filets normalisés conformément à la norme ISO15835-2009.

Essai de déplacement contrôlé en quasi-statique cyclique

Description de l'Essai :

Cette étude a évalué l'impact des barres mécaniquement raccordées sur les poteaux en béton armé (BA) soumis à des charges axiales et cycliques. Six poteaux carrés en BA ($300 \times 300 \times 2100$ mm) avec des fondations sur-renforcées ($1600 \times 1100 \times 600$ mm) ont été testés pour éviter la défaillance des fondations. Des charges latérales ont été appliquées à 1900 mm de la base du poteau à l'aide d'une machine de contrôle de déplacement ancrée au mur diaphragme (Figure 5, gauche). Le renforcement comprenait huit barres longitudinales de 20 mm et des barres transversales de 10 mm, avec les configurations détaillées illustrées dans la Figure 5(droite).

Les propriétés du béton étaient cohérentes et similaires pour l'ensemble des échantillons. total, 36 échantillons cylindriques ($\text{Ø}16 \times 32$ cm) ont été testés, affichant une résistance moyenne à la compression de 37 MPa et une résistance à la traction par fendage de 3,2 MPa. Des barres nervurées filetées B500B, filetées par Linxion (Bartec), ont été utilisées. Des manchons optimisés en forme d'olive ont été employés pour réduire la concentration excessive des armatures et améliorer la répartition des contraintes. Deux configurations ont été testées : Configuration C1 avec un manchon par barre, et Configuration C2 avec deux manchons espacés de 320 mm, comme illustré dans la Figure 1(droite). Six échantillons incorporaient des manchons à différentes positions sur les barres longitudinales (Figure 5, droite).

La charge latérale était transmise par une plaque en acier fixée à 1900 mm de hauteur, connectée à une machine via une articulation permettant un mouvement sous charges latérales, tandis que les charges axiales étaient appliquées par un vérin hydraulique et une poutre en acier. Le dispositif, conforme aux normes Eurocode avec un facteur de sécurité de trois, incluait des capteurs LVDT pour mesurer les déplacements et fissures, ainsi que des capteurs pour les mouvements des fondations (Figure 5, gauche). La conception des fondations garantissait leur résistance afin de se concentrer sur la connexion poteau-fondation. Les paramètres de conception respectaient l'Eurocode 8 (Standardization, 2004) et les critères de Ying et Jin-Xin (2018) (Ying and Gong, 2017) pour l'analyse des ruptures en flexion, tenant compte du rapport d'aspect au cisaillement ($2 \leq \lambda \leq 6$), du rapport de charge axiale ($n \leq 0,2$) et du volume d'armature transversale ($1 \% \leq \rho_v \leq 3 \%$).

Modèle de Chargement et Historique

Cette étude explore l'impact des techniques de raccordement sur le comportement cyclique des poteaux en béton armé sous charges axiales et cycliques, en utilisant un chargement latéral quasi-statique, basé sur des méthodologies et normes reconnues (ASTM, 2009), et FEMA 461 (FEMA-461, 2007), et appliqué à une vitesse de 100 mm/min, comme utilisé par (Mohamed et al., 2025).

Détails des Raccords des Échantillons

Trois techniques de raccordement – raccordement continu, recouvrement et manchons mécaniques – ont été testées. L'échantillon de référence (BCR) utilise des barres continues, tandis que les autres configurations incluent des recouvrements (OLR) et des manchons mécaniques (C1SL, C1DL, C2SL, C2DL). Pour plus de détails sur les types de raccords et leur dénomination, référez-vous à la Figure 5(gauche).

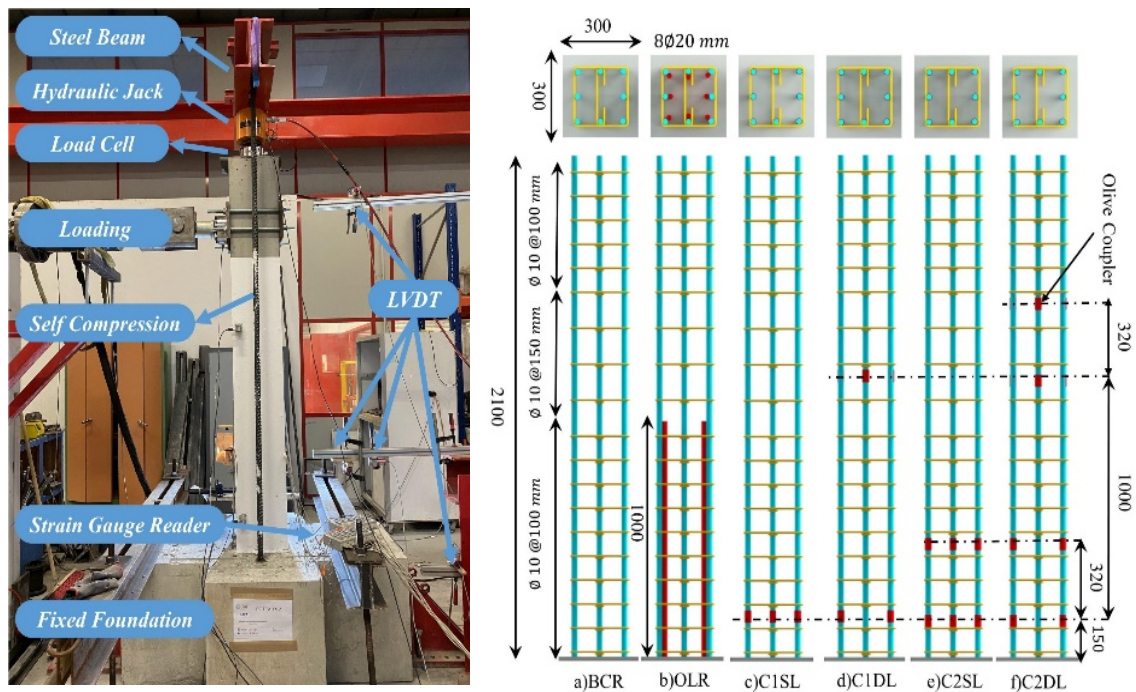


Figure 5: (gauche) Configuration expérimentale réelle avec composants étiquetés : auto-compression, LVDT pour les déplacements horizontaux et verticaux, et protocole de chargement pour les charges axiales et latérales.(droite) Détails du ferrailage des six échantillons (vues de dessus et de côté). Les parties rouges représentent le coupleur en forme d'olive, et la flèche étiquetée 1000 mm indique la connexion chevauchante à partir de la fondation..

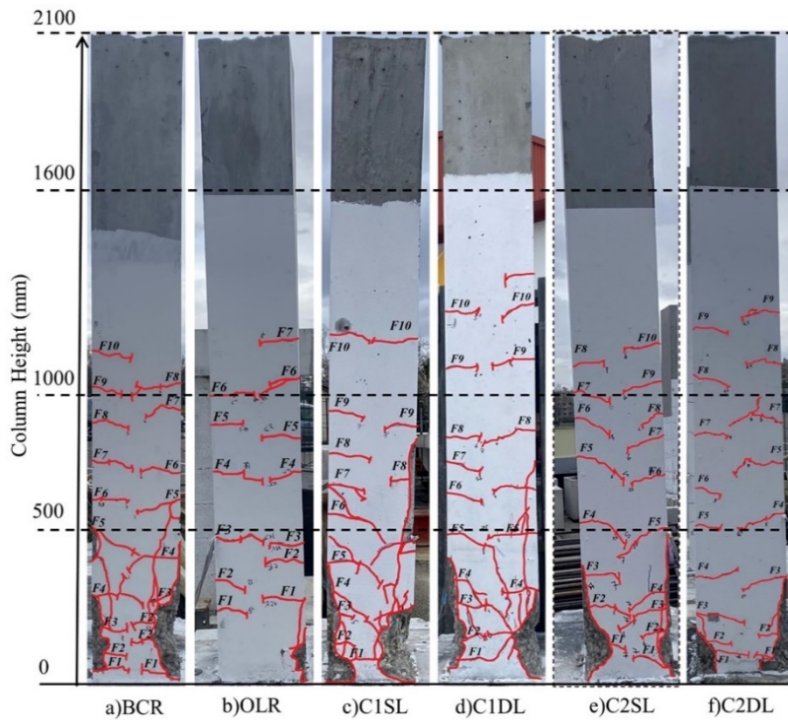


Figure 6: Propagation des dommages et motifs de fissures pour tous les échantillons après le dernier cycle.

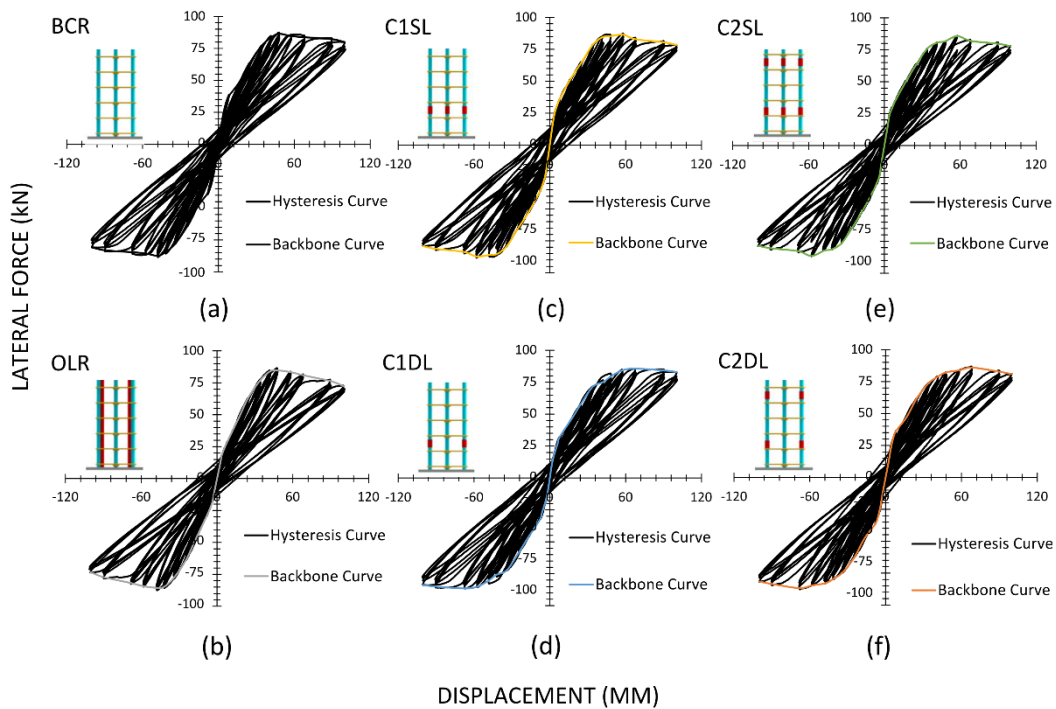


Figure 7: Courbes hystérésis force-déplacement pour les six échantillons : a) BCR, b) OLR, c) C1SL, d) C1DL, e) C2SL, et f) C2DL.

Discussion essai de déplacement contrôlé en quasi-statique cyclique

L'étude a évalué l'effet des recouvrements et des raccords mécaniques sur les colonnes en béton armé sous charges cycliques. Les comportements clés – initiation des fissures, plastification et rupture – ont été analysés à l'aide des courbes d'hystérésis Figure 7 (gauche) et résumés dans le Table 1. Le poteau avec recouvrements a montré, lors des essais expérimentaux, des différences notables dans l'initiation des fissures, en particulier à proximité des extrémités des zones de recouvrement. Ces observations ont été confirmées à la fois par l'observation directe et par l'analyse des courbes hystérétiques et des courbes enveloppes (backbone curves) Figure 7 extraites du comportement du poteau Table 1. Figure 6 ont révélé que la rupture par flexion était prédominante, suivie de la rupture flexion-cisaillement. Le suivi des fissures a été essentiel pour évaluer les états de service et ultimes. De plus, pour mieux comprendre la situation, l'utilisation des indicateurs tirés de la littérature pourrait permettre une analyse approfondie des résultats.

Ductilité

La ductilité, calculée à l'aide de l'équation

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (1)$$

Comme illustré dans la Figure 8 Δ_u et Δ_y ont été définis par (Park, 1988; Priestley, 1993). Les résultats de la Table 2 et de la Figure 8 montrent des variations de ductilité entre les spécimens. L'échantillon OLR, avec des recouvrements, a présenté une ductilité réduite par rapport à la colonne de référence (BCR). En revanche, les spécimens avec manchons mécaniques ont montré des améliorations. L'augmentation la plus élevée de ductilité a été observée pour C1DL (17 %), suivie de C2DL (14 %). Cette amélioration est due au positionnement stratégique des manchons, où le placement de la moitié des manchons à 1000 mm au-dessus des manchons inférieurs a considérablement amélioré la ductilité. Le déplacement ultime (Δ_u) a également augmenté dans les spécimens avec des coupleurs mécaniques, les coupleurs filetés à différents niveaux ayant obtenu les meilleurs résultats, tandis que OLR a présenté les résultats les plus faibles. Les courbes de charge-déplacement dans la Figure 8 confirment que le placement optimisé des manchons améliore le déplacement ultime et la ductilité.

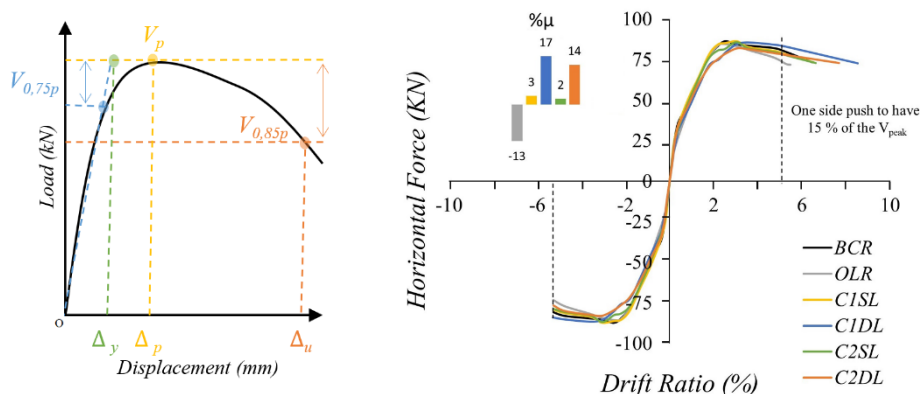


Figure 8 : (gauche) Méthode utilisée pour déterminer Δ_y et Δ_u . (droite) Courbes enveloppes force-taux de dérive pour les échantillons.

Table 1 : Résumé des points clés des courbes d'hystérésis, y compris le point de fissuration (initiation des fissures), le point de plastification (début de la plastification), le point ultime (dégradation de 15 % de la charge maximale) et le

point de crête (résistance maximale à la charge latérale). De plus, le tableau présente la ductilité calculée pour chaque échantillon, normalisée par rapport à l'échantillon de référence, ainsi qu'une comparaison des différences de déplacement ultime par rapport à l'échantillon de référence. Le signe (+) indique la prise en compte de la direction de poussée.

Specime n	Cracking point		Yielding point		Ultimate point			Peak point		Ductility	
	Δ_c^+ (mm)	V_c^+ (kN)	Δ_y^+ (mm)	V_y^+ (kN)	Δ_u^+ (mm)	V_u^+ (kN)	% Δ_u	Δ_p^+ (mm)	V_p^+ (kN)	$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$	% μ
BCR	6.2	36	34	76.9	123	73.4	-	48.0	86.3	3.6	-
OLR	3.4	17	33	75.4	104	71.9	-15	47.5	84.6	3.14	-13
C1SL	5.3	28	33.5	77.7	124	73.4	+0.8	58.2	86.3	3.69	+3
C1DL	7.4	37	38.5	73.4	162	72.7	+31	67.5	85.5	4.2	+17
C2SL	5.8	28	34.4	76.1	126	72.5	+1.6	57.3	85.7	3.66	+2
C2DL	5.6	35	35.5	74.8	146	73	+18	68.2	85.9	4.11	+14

Dissipation d'Énergie

La dissipation d'énergie (DE), représentée par l'aire sous la boucle d'hystérésis, a été calculée pour chaque cycle (China Academy of Building, 2015; Park, 1988). L'énergie dissipée cumulée (CDE) a été déterminée en additionnant les DE pour tous les cycles. Jusqu'à un ratio de dérive de 2 %, tous les spécimens ont montré des valeurs similaires de CDE, indiquant un faible impact de la méthode de raccord des barres sous de faibles charges latérales. Entre 2 % et 3,5 % de dérive, la CDE a augmenté fortement, avec l'échantillon OLR montrant la CDE la plus faible, et C2DL la plus élevée. Les manchons filetés (par exemple, C1SL et C2SL) ont montré une CDE légèrement supérieure à celle de la colonne de référence (BCR). Les échantillons BCR et C1DL ont montré des performances similaires, confirmant que les manchons filetés sont la méthode de raccord la plus efficace pour la dissipation d'énergie, comme illustré dans la Figure 9(gauche).

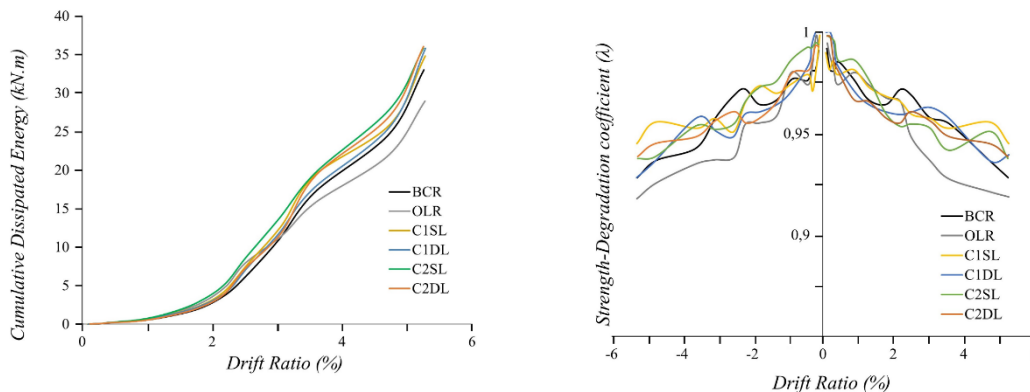


Figure 9: (gauche) Énergie dissipée cumulative des échantillons. (droite) Courbes du coefficient de dégradation de la résistance pour tous les échantillons.

Dégradation de la Résistance

La dégradation de la résistance, calculée à l'aide de l'équation

$$\lambda_j = \frac{F_j^3}{F_j^1} \quad (3)$$

La dégradation de la résistance, définie par le coefficient λ_j (rapport de la charge latérale maximale du troisième cycle à celle du premier cycle à chaque niveau de dérive) (China Academy of Building, 2015), a montré des différences de performance. Avant l'apparition de fissures, tous les spécimens ont maintenu $\lambda_j = 1,0$. Avec la formation et l'expansion des fissures, la capacité de charge latérale a diminué en raison des dommages au béton et du fluage des barres d'armature. L'échantillon OLR a montré la dégradation la plus importante de la résistance, en raison de la propagation des fissures et du soulèvement des bords de la colonne. En revanche, les spécimens avec manchons mécaniques (C1SL, C1DL, C2SL et C2DL) ont conservé une meilleure résistance sous chargement cyclique, avec des performances comparables à celles de l'échantillon de référence (BCR). Les coefficients de dégradation de la résistance pour ces colonnes sont restés constants à travers les niveaux de dérive, soulignant la fiabilité des manchons mécaniques pour maintenir la résistance structurelle, comme illustré dans la Figure 9 (droite).

Conclusions

Cette étude a comparé les performances des poteaux en béton armé (BA) avec des manchons mécaniques et des raccords traditionnels par recouvrement sous des conditions de chargement axial et cyclique. Le raccordement est essentiel pour garantir l'intégrité structurelle, en particulier dans les constructions à grande échelle où l'utilisation de barres d'armature de grand diamètre est obligatoire. Les raccords traditionnels par recouvrement, bien que couramment utilisés, posent des défis tels que la concentration excessive des armatures et une qualité de construction réduite en raison de détails complexes. Les manchons mécaniques répondent à ces défis en offrant une installation efficace et des avantages économiques. Six poteaux en BA avec différentes configurations de raccords ont été testés sous des chargements cycliques quasi-statiques et latéraux pour évaluer des paramètres tels que la résistance, la géométrie des manchons et leur placement. Les résultats ont révélé que les manchons mécaniques améliorent considérablement la ductilité, la dissipation d'énergie et la capacité de recentrage tout en maintenant la rigidité et la résistance. Les principaux avantages incluent une réduction de la concentration excessive des armatures, une amélioration de la qualité de construction et une efficacité économique. De plus, les manchons mécaniques ont démontré une grande durabilité, sans dommages ni ruptures fragiles observés lors des essais.

L'étude recommande de répartir les manchons sur deux sections pour des performances optimales et souligne leur polyvalence en termes de conception et d'applications. En conclusion, les manchons mécaniques représentent une alternative fiable et efficace aux raccords par recouvrement, garantissant des performances, une sécurité et une praticité supérieures pour les projets de construction en BA à grande échelle.

Références

- ACI Committee 318, 2019. Building code requirement for structural concrete and commentary. American Concrete Institute.
- ASTM, 2009. Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement. ASTM International, West Conshohocken, PA.

- Ben-dahou, A., Ferrier, E., Gabor, A., Michel, L., Gardes, R., Boisson, R., Poissonnet, C., Dolo, J.-M., 2024. Influence of rebar couplers on the cracking behavior of reinforced concrete beams. *Nucl. Eng. Des.* 416, 112801. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2023.112801>
- Bompa, D., Elghazouli, A.Y., 2018. Monotonic and cyclic performance of threaded reinforcement splices 16, 358–372. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2018.11.009>
- China Academy of Building, 2015. Specification for seismic test of buildings. China Academy of Building Research.
- Dabiri, H., Kheyroddin, A., Dall'Asta, A., 2022. Splice methods used for reinforcement steel bars: A state-of-the-art review. *Constr. Build. Mater.* 320, 126198. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126198>
- Eurocode 2, 2004. Design of Concrete Structures, Part 1–1: General Rules for Buildings. CEN, Brussels (Belgium).
- FEMA-461, F.E.M., 2007. Interim Protocols for Determining Seismic Performance Characteristics of Structural and Nonstructural Components through Laboratory Testing (No. FEMA-461). Federal Emergency Management Agency, Redwood City, CA, USA.
- Franceschi, A., Stahl, J., Kock, C., Selbmann, R., Ortmann-Ishkina, S., Jobst, A., Merklein, M., Kuhfuß, B., Bergmann, M., Behrens, B.-A., Volk, W., Groche, P., 2021. Strategies for residual stress adjustment in bulk metal forming. *Arch. Appl. Mech.* 91, 3557–3577. <https://doi.org/10.1007/s00419-021-01903-7>
- Haber, Z., Saiidi, M., Sanders, D., 2014. Seismic Performance of Precast Columns with Mechanically Spliced Column-Footing Connections. *Aci Struct. J.* 111, 639–650. <https://doi.org/10.14359/51686624>
- ISO15835, 2009.
- Kheyroddin, A., Dabiri, H., 2020. Cyclic performance of RC beam-column joints with mechanical or forging (GPW) splices; an experimental study, in: *Structures*. Elsevier, pp. 2562–2571.
- Kheyroddin, A., Mohammadkhah, A., Dabiri, H., Kaviani, A., 2020. Experimental investigation of using mechanical splices on the cyclic performance of RC columns, in: *Structures*. Elsevier, pp. 717–727.
- Mabrouk, R., Mounir, A., 2017. Behavior of RC beams with tension lap splices confined with transverse reinforcement using different types of concrete under pure bending. *Alex. Eng. J.* 57. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.05.001>
- Mohamed, N., Laurent, M., Emmanuel, F., Aron, G., Rémi, G., Richard, B., Philippe, H., Poissonnet, C., Jean-Marie, D., 2025. Impact of incorporating parallel-threaded mechanical coupler splices on the seismic behaviour of reinforced concrete columns. *Eng. Struct.* 323, 119289. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.119289>
- Park, R., 1988. State of art report ductility evaluation from laboratory and analytical testing, in: *Proceedings of the 9th World Conference on Earthquake Engineering*. p. 605.
- Priestley, M.J.N., 1993. MYTHS AND FALLACIES IN EARTHQUAKE ENGINEERING - CONFLICTS BETWEEN DESIGN AND REALITY. 1993 NZNSEE Travel. Lect.
- Rowell, S.P., Grey, C.E., Woodson, S.C., Hager, K.P., 2009. High strain-rate testing of mechanical couplers (No. ERDC TR-09-8). US Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center.
- Standardization, E.C. for, 2004. Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance. CEN.
- Thiele, M., Makris, R., 2021. Specification for high-speed tensile tests on reinforcement bar coupler systems (No. BAM 7.2/TSP01 042021-V01). Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Germany. <https://doi.org/10.26272/opus4-52507>

Ying, M., Gong, J., 2017. Seismic Failure Modes and Deformation Capacity of Reinforced Concrete Columns under Cyclic Loads. *Period. Polytech. Civ. Eng.* 62.
<https://doi.org/10.3311/PPci.9893>