Résumé

Les dispositions constructives liées à l'armature décrivent la forme, les dimensions et la quantité de barres à placer dans les structures en béton armé. Ces règles permettent un dimensionnement simple et rapide, tiennent compte de certains effets négligés dans le calcul, assurent un comportement satisfaisant en service et à la rupture ainsi qu'un comportement adéquat en cas d'actions imprévues. Au cours des dernières décennies, la plupart des dispositions constructives indiquées dans les normes de construction n'ont pas été actualisées et ne suivent par conséquent ni les procédés de production actuels (automatisation du pliage des barres), ni les performances des matériaux (augmentation de la résistance de l'acier et du béton), ni les connaissances scientifiques. Elles sont souvent basées sur des "règles de bonne pratique" qui, bien que jugées satisfaisantes, manquent de base scientifique solide et peuvent s'avérer superflues. C'est l'une des raisons pour lesquelles certaines dispositions constructives diffèrent considérablement selon les pays et les normes de construction. Certaines de ces règles sont trop conservatrices, en particulier lors de l'évaluation de structures existantes, tandis que d'autres peuvent négliger des effets importants. Bien que ces règles jouent un rôle majeur dans l'économie et la sécurité des ouvrages en béton armé, peu de recherches ont été menées dans ce domaine ces dernières années.

Un certain nombre de dispositions constructives a été identifié comme nécessitant une recherche approfondie permettant de tenir compte des besoins pratiques actuels et des évolutions technologiques récentes. Cette thèse présente un programme de recherche complet sur trois dispositions constructives importantes : le détail des pliages et le diamètre requis des mandrins, l'ancrage des armatures à l'effort tranchant composé de crochets et la quantité minimale d'armatures à l'effort tranchant. A travers de modèles mécaniques, de formules simplifiées et de dispositions constructives, cette recherche est étayée par des résultats expérimentaux obtenus à l'aide de techniques de mesures avancées telles que la mesure par corrélation d'images numériques ou la mesure par fibre optique, permettant ainsi de mieux comprendre la réponse structurelle.

Le pliage des armatures en acier est généralement obtenu par flexion plastique de barres contre des mandrins. Les normes spécifient les diamètres minimaux de mandrins afin d'assurer un transfert adéquat des forces et d'éviter les ruptures par fendage ou éclatement de l'enrobage qui peuvent limiter la résistance du détail. Cette thèse comprend un programme de recherche complet sur les dispositions liées aux pliages et le diamètre requis des mandrins afin d'éviter les défaillances locales du béton conduisant à l'éclatement de l'enrobage. Un modèle mécanique a été développé pour le dimensionnement des armatures pliées, accompagné des dispositions constructives correspondantes. Une procédure de pliage standard simplifiée est proposée. Ainsi, les détails nécessitant différents diamètres de pliage peuvent être obtenus par l'utilisation d'un seul diamètre de mandrin, ce qui permet une fabrication automatisée plus rapide des armatures pliées.

La mise en place de crochets à l'extrémité des barres est une solution simple et efficace lors de l'ancrage des armatures. Ce détail est relativement sensible à l'état de fissuration du béton adjacent. Pour les armatures d'effort tranchant, des ruptures fragiles peuvent se produire en raison de l'éclatement de l'enrobage du béton pour les barres proches d'un bord. Cette thèse comporte une étude de la réponse mécanique et des performances d'ancrage des armatures avec crochet. Sur cette base, un modèle mécanique et des considérations pratiques sur l'activation des armatures d'effort tranchant dans les poutres sont présentés pour actualiser les règles constructives actuelles.

La quantité minimale requise d'armature d'effort tranchant dans les poutres et les dalles a été débattue pendant des décennies. Elle est nécessaire pour garantir l'efficience et la sécurité des nouvelles structures et pour la vérification des structures existantes. Cette thèse présente les résultats d'une étude expérimentale montrant que le comportement dépend fortement de la quantité minimale d'armature d'effort tranchant et de la réponse après écoulement de l'armature (classe de ductilité de l'armature à l'effort tranchant).

Vu leur pertinence, l'ensemble des dispositions constructives étudiées fait actuellement l'objet de discussions en vue de leur introduction dans les normes de construction, en particulier dans la nouvelle génération de l'Eurocode 2.

Mots-clefs : béton armé structural, dispositions constructives, diamètre du mandrin, ancrage, éclatement de l'enrobage, fendage, crochets, pliage, armature à l'effort tranchant, taux minimal d'armature à l'effort tranchant, mesures par fibres optiques, corrélation d'images numériques.