

Code	D005
Intitulé	Ponts métalliques
Responsable	D. Bitrar
Équipe enseignante	J.L. Michotey / S. Pauvert / B. Plu
Durée	7 séances de cours et 6 séances d'application
Évaluation	Contrôle continu

PRÉSENTATION

Cours de conception et de dimensionnement des structures porteuses des ponts métalliques et mixte acier-béton. Ce cours se concentre sur les structures de type poutre en mettant l'accent sur les bases de leur conception et de leur calcul conformément aux règles européennes définies par les Eurocodes 0, 1, 2, 3 et 4. Les autres types d'ouvrages sont traités sous forme d'étude bibliographique réalisées par les élèves et présentées en séance.

OBJECTIFS

À l'issue de ce cours, les élèves doivent être capables de concevoir un ouvrage de type poutre et d'établir une note de calcul d'exécution dans le cadre de la réglementation « Eurocodes ».

CONTENU

1) Typologie des ponts métalliques et mixte acier-béton

- Définitions : Ouvrage d'art, pont, viaduc
- Classification des ponts
- Les différentes parties d'un pont
- Les couvertures
 - Les platelages anciens - La dalle collaborante en béton armé - La dalle mixe acier-béton - La dalle orthotrope
- Les systèmes secondaires : entretoise, pièce de pont et console
- Les systèmes porteurs
 - Pont à poutres - Ponts en arc - Ponts à câbles
- Les sections transversales
 - Section ouverte - Section fermée
- Les équipements
 - Appareils d'appui – revêtement - joint de chaussée - dispositifs de retenue - étanchéité et dispositif de recueil et d'évacuation des eaux – trottoirs – corniches – réseaux - dispositifs de visite et d'entretien

2) Le projet d'ouvrage d'art

- Les différentes étapes de la vie d'un ouvrage d'art
 - La conception : La commande, l'étude préliminaire, les études de projet - La réalisation : La consultation des entreprises, l'adjudication, les travaux, la réception - L'exploitation : La gestion, la surveillance, l'entretien et la réparation - La démolition
- Les différents acteurs : maître d'ouvrage, maître d'œuvre, bureaux d'études, entreprises, gestionnaires
- Les données du projet
 - Administratives, Naturelles (de site), Fonctionnelles, Environnementales, Exploitation et d'entretien, Architecturales
- Qualités requises pour un pont (critères de conception)
 - Qualités : Durée de vie, Fiabilité, Durabilité, Robustesse, Esthétique, Économie, Développement durable - Sécurité : Analyse de risque - Résistance : stabilité des structures, sécurité d'utilisation

3) Le projet d'ouvrage d'art (suite)

- Propriétés et choix des matériaux
 - Les matériaux de construction : comparatifs des avantages et inconvénients - Les produits aciers : produits plats, produits longs, les aciers moulés - Nuance et qualité d'acier, État de livraison, Soudabilité, acier thermomécanique, aciers utilisés pour la construction des ponts, protection contre la corrosion - Le béton
 - Le système normatif et documentaire
 - Le système normatif - Les Eurocodes - Les documents de référence : guides et dossiers pilotes

4) Pont à poutre en I – Pont mixte acier-béton

- Les paramètres régissant les dispositions constructives
 - Le matériau : caractéristiques géométriques et mécaniques, instabilité des éléments comprimées
 - La technologie de mise en œuvre : fabrication, transport, usinage, assemblage - La durabilité : protection anti-corrosion
- La poutre en I
 - Profil laminé - Poutre reconstituée soudée : sections, caractéristiques, assemblage, aboutage
- Dalle des ponts mixtes
 - Conception des dalles - Détails de construction - Les organes de connexion - Méthodes de réalisation
- Les éléments transversaux
 - Raidisseur - Structure à âme plissée - Pièce de pont et console – Longeron - Entretoise
- Les points particuliers
 - Croisement de semelles - Montants d'appui et de vérinage – Contreventement - Auget de dalle orthotrope

5) Pont caisson – Pont à poutre triangulée

- La poutre caisson
 - Conception générale - Forme des poutres caisson : caisson unique, multiple ou multitubulaire - Entretoisement des tabliers en caisson : Cadre souple ouvert, cadre souple fermé, cadre rigide ouvert, diaphragme - Raidissement de fond de caisson - Particularités : contreventement, points d'appui, réalisation de la dalle
- La poutre en treillis
 - Les formes de poutre treillis : treillis multiple, poutres Warren, Pratt, Howe, ... - Particularités : épure des axes neutres, assemblages, mise en œuvre, points d'appui

6) Études - Fabrication - Protection anti-corrosion

- Les étapes de la réalisation
 - Études, approvisionnement, fabrication en atelier, transport, montage sur site, structures connexes de génie civil (appuis, dalle), équipements
- Les études de l'entreprise
 - L'importance des études pour le bon déroulement du contrat - Les principales phases de l'étude réalisée par l'entreprise - Le tronçonnement de l'ouvrage - La commande des aciers
- La fabrication
 - Les différentes étapes et techniques de fabrication - Les techniques de contrôles non destructifs des soudures
- La protection anticorrosion
 - Les critères de choix du système de protection anticorrosion - Les techniques d'application

7) Montage sur site

- Le transport jusqu'au chantier
 - Le transport par route - Le transport par voie ferrée
- Le montage des ossatures métalliques d'ouvrages d'art

- Pour chacune des techniques présentées on détaille les conditions de faisabilité, les précautions particulières, les moyens utilisés, les performances de la technique considérée. Le montage à la grue - Le lancement - Le hissage - Le ripage - L'encorbellement successif

8) **Ponts rails métalliques**

- Généralités
- Les règlements de conception
- Les charges
 - Charges permanentes - Schéma de charges ferroviaires
- Les états limites ultimes
 - Résistance - La Fatigue : Présentation théorique, application aux ponts rails
- Les états limites de fatigue
 - Interaction voie/OA - Comportement dynamique - Les différents critères ELS
- Les grandes familles de ponts rails métalliques
 - Les bipoutres mixtes - Les poutres latérales à âmes pleines - Les quadri poutres mixtes - Les bicaissons - Les bow-strings - Les ouvrages spéciaux
- La maintenance des ponts rails métalliques
 - Le parc des ouvrages d'art métalliques ferroviaires - Les différentes pathologies observées - La surveillance des ouvrages d'art métalliques - L'auscultation, le diagnostic - La maintenance préventive - Les réparations ; les renforcements - Les reconstructions - La gestion du parc

Études bibliographiques (à titre indicatif)

- Ponts en arcs
- Ponts mobiles
- Passerelles
- Ponts suspendus
- Ponts à haubans, Etc...

Applications :

1) **Conception d'un pont**

- Méthodologie de conception
- Données du projet
- Balancement des portées
- Élancement des tabliers métalliques

2) **Actions agissant sur les ouvrages d'art**

- Actions permanentes
 - Poids propre des éléments porteurs : répartition des matières - Superstructures et équipements
 - Retrait et fluage du béton - Dénivellation d'appui - Action des terres
- Actions variables
 - Charges d'exploitation (Présentation de l'EC1 – Partie 2) - Charges climatiques : vent, température, neige - Charges de chantier - Actions de l'eau
- Actions accidentielles
 - Chocs sur les appuis - Chocs sur les tabliers - Chocs sur les dispositifs de retenue - Séisme
- Répartition transversale des charges
- Efforts sur les appuis
 - Efforts verticaux, Efforts horizontaux

3) **Dalle d'un pont mixte acier-béton**

- Fonctionnement transversal de la dalle
- Incidence de la mise en place de la dalle sur le dimensionnement
- Fissuration de la dalle
- Précontrainte longitudinale
- Dalle équivalente pour le calcul des poutres principales

4) Sollicitations dans la structure

- Modélisation de la structure
- Flexion longitudinale
- Efforts tranchants
- Torsion
- Pont droit à section fermée
- Pont droit à section ouverte
- Pont biais -Pont courbe

5) Calcul d'une poutre métallique et mixte acier-béton

- Calcul d'une poutre métallique : Résistance à un moment de flexion, à un effort tranchant, sous interaction d'efforts, Résistances aux charges concentrées, Raidisseurs
- Poutre en caisson métallique
- Particularités des ponts mixtes
- Retrait et fluage du béton - Température
- Calcul des efforts intérieurs
- Sections résistantes - Influence de la fissuration du béton - Largeur participante de la dalle
- Résistance d'une section mixte, Résistance élastique - Résistance plastique
- Connexion acier-béton
- Cisaillement longitudinal de la dalle

6) Calcul des éléments transversaux

- Fonctions des éléments transversaux
- Calcul des raidisseurs, Calcul des entretoises, Calcul des pièces de ponts
- Calcul des consoles
- Calcul des contreventements
- Calcul des diaphragmes de caisson
- Calcul des montants d'appui et de vérinage

COMPÉTENCES VISÉES**Bloc 1 : Analyser les données de base d'un projet de construction**

- Prendre conscience contraintes environnementales et techniques
- Synthétiser et hiérarchiser les contraintes spécifiques du dossier ;
- Identifier et analyser les REX de projets similaires ;

Bloc 4 : Effectuer les vérifications réglementaires

- Prendre en compte les exigences fonctionnelles
- Analyser le site et ses exigences environnementales
- Définir les solutions constructives
- Dimensionner un ouvrage en charpente métallique

Bloc 5 : Constituer le dossier Technique

- Maîtriser les normes européennes de construction
- Présenter une analyse argumentée des solutions retenues en incluant si besoin des solutions innovantes

PRÉREQUIS

- cours de RDM
- cours d'instabilité, Eurocodes
- cours actions sur les structures