

## MASTER EN STRUCTURE ET MÉCANIQUE DES SOLS

### Langue principale d'enseignement :

Français  Anglais  Arabe

Campus où le programme est proposé : CST

### OBJECTIFS

---

Le programme du Master en structure et mécanique des sols assure une formation scientifique dans le domaine du génie civil. Cette formation permet aux étudiants qui le désirent la préparation d'une thèse en génie civil.

Les débouchés concernent le secteur du génie civil (analyse des structures, lois de comportement des matériaux, fiabilité des constructions, géotechnique, géologie, mécanique et dynamique des sols, plaques et voiles minces, modélisation et calcul par éléments finis, les Eurocodes, calcul sismique et dynamique, mécanique des structures, interaction sol-structures, etc.).

Ce master vise à former :

- Des enseignants et des chercheurs
- Des spécialistes de haut niveau indispensables dans les diverses administrations concernées et bureaux d'études
- Des chercheurs étrangers : en raison de l'importance des problèmes abordés, l'ouverture à des étudiants étrangers du bassin méditerranéen peut amener une synergie favorable à une meilleure utilisation commune de la ressource.

### COMPÉTENCES

---

Les étudiants développeront un ensemble de compétences qui les prépareront à relever les défis complexes liés à la conception, à l'analyse et à l'optimisation des structures et des fondations :

- Conception structurale avancée : compréhension approfondie des principes de conception structurelle avancée, en se familiarisant avec les normes internationales et les méthodologie de calcul avancées. Cela inclut la conception de structures complexes
- Analyse des sols : capacité à analyser les propriétés des sols, à évaluer leur comportement sous différentes charges et à proposer des solutions géotechniques appropriées. Cela comprend la modélisation numérique des interactions sol-structures et l'évaluation des risques géotechniques
- Utilisation de logiciels de calcul non linéaire : utilisation efficace des logiciels de modélisation et de simulation avancés
- Gestion de projets : gestion des ressources et compétences nécessaires pour planifier et exécuter un projet
- Technique de communication : rédaction de rapports d'ingénierie détaillés, présentation des résultats de manière claire et concise, collaboration efficace avec les collègues.

### CONDITIONS D'ADMISSION

---

Les candidats sont sélectionnés suite à l'étude du dossier fourni par l'étudiant.

- Admission au premier semestre du Master (MR1) pour les candidats titulaires d'une Licence en physique ou d'un diplôme équivalent.
- Admission au troisième semestre du Master (MR3) pour :
  - Les ingénieurs civils diplômés
  - Les titulaires d'une Maîtrise ou d'un Master professionnel en physique,
  - les étudiants de troisième année de **génie** civil de l'ESIB (cinquième année d'études supérieures)
  - Les titulaires d'un diplôme reconnu équivalent.

La sélection des candidats est faite par un jury d'admission dans la limite des places disponibles.

## UE/CRÉDITS ATTRIBUÉS PAR ÉQUIVALENCE

Les ingénieurs civil diplômés de l'ESIB, les titulaires d'une Maîtrise ou d'un Master professionnel en physique, les étudiants en cinquième année génie civil à l'ESIB et les titulaires d'un diplôme équivalent reconnu, valident par équivalence 60 crédits du programme (MR1 et MR2) :

Fondations et soutènement (5 Cr.). Résistance au cisaillement et Stabilité des talus (4 Cr.). Plaques et coques (4 Cr.). Calcul en plasticité des structures (4 Cr.). Dynamique des structures et génie parasismique (4 Cr.). Barrages (4 Cr.). Mini-projet 1 (5 Cr.). Résistance des matériaux (7 Cr.). Mécanique des fluides (7 Cr.). Mécanique des sols et des roches (8 Cr.). Structures (8 Cr.).

## EXIGENCES DU PROGRAMME

Ce master comporte 120 crédits, répartis sur 4 semestres MR1, MR2, MR3 et MR4 de 30 crédits en général chacun. La préparation du master comprend :

- Des enseignements théoriques et pratiques.
- Des séminaires et conférences spécialisés.
- Des visites techniques.
- Un stage de recherche dans un centre agréé et sur un sujet de mémoire.

**MR1 (total 30 Cr.) :** Fondations et soutènement (5 Cr.). Résistance au cisaillement et stabilité des talus (4 Cr.). Plaques et coques (4 Cr.). Calcul en plasticité des structures (4 Cr.). Dynamique des structures et Génie parasismique (4 Cr.). Barrages (4 Cr.). Mini-projet 1 (5 Cr.)

**MR2 (total 30 Cr.) :** Résistance des matériaux (7 Cr.). Mécanique des fluides (7 Cr.). Mécanique des sols et des roches (8 Cr.). Structures (8 Cr.).

**MR3 (total 30 Cr.) :** Comportement des matériaux (3 Cr.). Calcul des structures anélastiques (4 Cr.). Calcul avancé des structures en béton (4 Cr.). Dynamique des sols (4 Cr.). Sismologie de l'ingénieur (3 Cr.). Calcul avancé des structures métalliques (3 Cr.). Statistiques avancées et Recherche opérationnelle (3 Cr.). Conception et fiabilité des ouvrages (3 Cr.). Modélisation avancée des matériaux et structures (3 Cr.).

**MR4 (total 30 Cr.) :** Stage de recherche avec mémoire (30 Cr.).

## PLAN D'ÉTUDES PROPOSÉ

### Semestre 1

| Code      | Intitulé de l'UE                                  | Crédits   |
|-----------|---|-----------|
| 020FOSMM1 | Fondations et soutènement                         | 5         |
| 020CISMM1 | Résistance au cisaillement et Stabilité des talus | 4         |
| 020PLCMM1 | Plaques et coques                                 | 4         |
| 020PLSMM1 | Calcul en plasticité des structures               | 4         |
| 020DYNMM1 | Dynamique des structures et Génie parasismique    | 4         |
| 020BARMM1 | Barrages  | 4         |
| 020SM1MM1 | Mini-projet 1                                     | 5         |
|           | <b>Total</b>                                      | <b>30</b> |

### Semestre 2

| Code      | Intitulé de l'UE         | Crédits |
|-----------|--------------------------|---------|
| 020RDMMM2 | Résistance des matériaux | 7       |
| 020MEFMM2 | Mécanique des fluides    | 7       |

|           |                                  |           |
|-----------|----------------------------------|-----------|
| 020MESMM2 | Mécanique des sols et des roches | 8         |
| 020STRMM2 | Structures                       | 8         |
|           | <b>Total</b>                     | <b>30</b> |

### Semestre 3

| Code      | Intitulé de l'UE                                  | Crédits   |
|-----------|---|-----------|
| 020COMMM3 | Comportement des matériaux                        | 3         |
| 020CSAMM3 | Calcul des structures anélastiques                | 4         |
| 020EC2MM3 | Calcul avancé des structures en béton             | 4         |
| 020DYSMM3 | Dynamique des sols                                | 4         |
| 020SISMM3 | Sismologie de l'ingénieur                         | 3         |
| 020EC3MM3 | Calcul avancé des structures métalliques          | 3         |
| 020SROMM3 | Statistiques avancées et recherche opérationnelle | 3         |
| 020CFOMM3 | Conception et fiabilité des ouvrages              | 3         |
| 020MMSMM3 | Modélisation avancée des matériaux et structures  | 3         |
|           | <b>Total</b>                                      | <b>30</b> |

### Semestre 4

| Code      | Intitulé de l'UE                | Crédits   |
|-----------|---------------------------------|-----------|
| 020MSMMM4 | Stage de recherche avec mémoire | 30        |
|           | <b>Total</b>                    | <b>30</b> |

## DESCRIPTIFS DES UE

### a - Semestres MR1 et MR2

|                  |                                   |              |
|------------------|-----------------------------------|--------------|
| <b>020FOSMM1</b> | <b>Fondations et soutènements</b> | <b>5 Cr.</b> |
|------------------|-----------------------------------|--------------|

Propriétés géotechniques des sols. Reconnaissance géotechnique. Capacité portante et tassement des fondations. Fondations superficielles. Radier. Murs de soutènement. Rideaux de palplanches et parois moulées. Fondations profondes. Fondations sur sol difficile. Amélioration des sols.

|                  |  |              |
|------------------|--|--------------|
| <b>020CISMM1</b> | <b>Résistance au cisaillement et Stabilité des talus</b> | <b>4 Cr.</b> |
|------------------|--|--------------|

Rappel de la théorie des contraintes et des critères de rupture. Évaluation de la résistance au cisaillement. Résistance au cisaillement des sols pulvérulents. Résistance au cisaillement des sols cohérents. Résistance au cisaillement cyclique. Introduction des modèles de comportement. Calcul des stabilités des pentes. Remédiation aux problèmes d'instabilité.

|                  |                          |              |
|------------------|--------------------------|--------------|
| <b>020PLCMM1</b> | <b>Plaques et coques</b> | <b>4 Cr.</b> |
|------------------|--------------------------|--------------|

Généralités et description des éléments à parois minces. Flexion des plaques circulaires et rectangulaires. Théorie simplifiée des coques de forme quelconque. Coques de révolution. Formulation variationnelle des problèmes de plaques et coques. Géométrie des surfaces.

|                  |  |              |
|------------------|--|--------------|
| <b>020PLSMM1</b> | <b>Calcul en plasticité des structures</b> | <b>4 Cr.</b> |
|------------------|--|--------------|

Critères de plasticité. Structures dans le domaine plastique. Rotule plastique. Calcul pas-à-pas.

|                  |   |              |
|------------------|---|--------------|
| <b>020DYNMM1</b> | <b>Dynamique des structures et Génie parasismique</b> | <b>4 Cr.</b> |
|------------------|---|--------------|

Oscillateur simple. Oscillateur multiple. Réponse d'une structure à un séisme. Calcul à partir d'un accélérogramme. Calcul à partir d'un spectre de réponse. Aspects réglementaires. Modélisation des structures. Conception parasismique. Règles PS92.

|                  |                 |              |
|------------------|-----------------|--------------|
| <b>020BARMM1</b> | <b>Barrages</b> | <b>4 Cr.</b> |
|------------------|-----------------|--------------|

Caractéristiques des sols et des talus. Conception des barrages souples. Création des réservoirs artificiels. Ouvrages annexes des barrages en remblai. Ouvrages hydrauliques en béton. Barrages de dérivation fixes et mobiles. Conception des canaux.

|                  |                      |              |
|------------------|----------------------|--------------|
| <b>020SM1MM1</b> | <b>Mini projet 1</b> | <b>5 Cr.</b> |
|------------------|----------------------|--------------|

Réaliser un mini-projet dans l'une des disciplines de ce semestre.

|                  |                                 |              |
|------------------|---------------------------------|--------------|
| <b>020RDMMM2</b> | <b>Résistance des matériaux</b> | <b>7 Cr.</b> |
|------------------|---------------------------------|--------------|

Théorie des poutres. Effort normal. Flexion. Torsion. Effort tranchant. Calcul de la charge critique d'une structure : théorie d'Euler, de Duheuil. Théorèmes énergétiques : Clapeyron, réciprocité de Maxwell-Betti, travaux virtuels, Castigliano, Ménabréa. Méthode des trois moments. Méthode des foyers. Méthode des coupures. Méthode du centre élastique. TP : essai de compression sur cylindre en béton+ ultrason, extensométrie, torsion, traction sur barre métallique.

|                  |                              |              |
|------------------|------------------------------|--------------|
| <b>020MEFMM2</b> | <b>Mécanique des fluides</b> | <b>7 Cr.</b> |
|------------------|------------------------------|--------------|

Notions et propriétés des fluides. Principes généraux de la cinématique. Théorie des contraintes. Statique des fluides incompressibles et compressibles. Équations de bilan. Application au cas de fluides parfaits. Cinématique tourbillonnaire. Écoulements plans potentiels. Régimes d'écoulement et application aux écoulements laminaires et turbulents. Introduction à la couche limite. Analyse dimensionnelle et similitude. Approche numérique. TP : ajutages, écoulements par analogie rhéoelectrique, écoulements de Poiseuille, vérification de la relation de Bernoulli, écoulement dans un tunnel hydrodynamique, viscosité, analyse des jets sur des plaques et étude des régimes d'écoulement.

|                  |   |              |
|------------------|---|--------------|
| <b>020MESMM2</b> | <b>Mécanique des sols et des roches</b> | <b>8 Cr.</b> |
|------------------|---|--------------|

Généralités. Propriétés et classification des sols. Minéraux argileux. Compactage et géotechnique routière. L'eau dans les sols. Perméabilité, écoulement et contrainte effective. Consolidation et tassements. Vitesse de consolidation. Cercle de Mohr et théories de rupture des sols. Introduction aux propriétés mécaniques des roches. Géotechnique environnementale. TP : analyse granulométrique lavée, analyse granulométrique par sédimentométrie, limite d'Atterberg, essai de cisaillement, essai Proctor, essai œdométrique.

|                  |                   |              |
|------------------|-------------------|--------------|
| <b>020STRMM2</b> | <b>Structures</b> | <b>8 Cr.</b> |
|------------------|-------------------|--------------|

Étude de l'influence, utilisation des lignes d'influence et applications. Étude des arcs. Méthode des rotations. Méthode de Hardy-Cross. Calcul des structures sur ordinateur. Poutres sur appuis élastiques. Poutres sur sol élastique. Méthode des déplacements. Équations intrinsèques. Sollicitations. Déformations. Étude de la stabilité des structures. Utilisation de logiciels de calcul de structures.

### **b - Semestres MR3 et MR4**

|                  |                                   |              |
|------------------|-----------------------------------|--------------|
| <b>020COMMM3</b> | <b>Comportement des matériaux</b> | <b>3 Cr.</b> |
|------------------|-----------------------------------|--------------|

Déformation et cinématique. Lois de conservation. Principe des puissances virtuelles. Lois de comportement. Thermomécanique.

|                  |   |              |
|------------------|---|--------------|
| <b>020CSAMM3</b> | <b>Calcul des structures anélastiques</b> | <b>4 Cr.</b> |
|------------------|---|--------------|

Méthode pas-à-pas. Théorème statique. Théorème cinématique. Aspect réglementaire. Optimisation.

|  |  |               |
|--|--|---------------|
| <b>020EC2MM3</b>   | <b>Calcul avancé des structures en béton</b>             | <b>4 Cr.</b>  |
| Calcul d'optimisation de ferrailage. Redistribution limitée des moments (comparaison des méthodes). Théorie des bielles et tirants selon l'EC2. Calcul avancé en torsion. Ferrailage en calcul sismique (avec comparaison entre différents codes). |  |               |
| <b>020DYSMM3</b>   | <b>Dynamique des sols</b>                                | <b>4 Cr.</b>  |
| Introduction à la géotechnique sismique. Caractérisation des mouvements sismiques. Méthodes de laboratoire et de chantier. Comportement cyclique des sols granulaires et argileux. Liquéfaction. Calcul de réponse dynamique.                      |  |               |
| <b>020SISMM3</b>   | <b>Sismologie de l'ingénieur</b>                         | <b>3 Cr.</b>  |
| Aléa sismique. Risque sismique. Zonage.  |  |               |
| <b>020EC3MM3</b>   | <b>Calcul avancé des structures métalliques</b>          | <b>3 Cr.</b>  |
| Bases de calcul des Eurocodes 3 et 4. Calcul des assemblages. Calcul mixte des dalles. Calcul mixte des poteaux. Calcul mixte des dalles.  |  |               |
| <b>020CFOMM3</b>   | <b>Conception et fiabilité des ouvrages</b>              | <b>3 Cr.</b>  |
| Théorie de la fiabilité. Performance structurelle. Risques potentiels liés à la conception. Facteur de charge. Évaluation des différentes variables influençant la conception.   |  |               |
| <b>020SROMM3</b>   | <b>Statistiques avancées et Recherche opérationnelle</b> | <b>3 Cr.</b>  |
| Analyse de décisions. Simulations. Processus de décision Markovien. Surface de réponse. Régressions. Processus stochastiques.  |  |               |
| <b>020MMSMM3</b>   | <b>Modélisation avancée des matériaux et structure</b>   | <b>3 Cr.</b>  |
| Calcul avancé non linéaire des structures. GMNIA. MNA. LBA   |  |               |
| <b>020MSMMM4</b>   | <b>Stage de recherche avec mémoire</b>                   | <b>30 Cr.</b> |
| Il constitue une initiation aux techniques de la recherche. C'est la synthèse d'un travail de recherche de quatre mois dans un centre de recherche ou un laboratoire.  |  |               |