

**Université de Bretagne Sud (UBS)**  
**École Nationale Supérieure de Techniques Avancées Bretagne (ENSTA Bretagne)**  
**École Nationale d'Ingénieurs de Brest (ENIB)**  
**Université de Bretagne Occidentale (UBO)**  
**Institut National des Sciences Appliquées Rennes (INSA Rennes)**

## Master Ingénierie de Conception

# Parcours Mécanique, Matériaux, Génie Civil

### Objectifs

---

Ce parcours offre des possibilités d'insertion professionnelle immédiate après le diplôme de Master ainsi que des poursuites en doctorat.

Pour les diplômés qui choisissent une insertion professionnelle immédiate, les emplois occupés sont assez divers. Pour la plupart, il s'agit d'emplois d'ingénieurs en R&D spécialisés dans le domaine de la mécanique des matériaux et des structures.

Pour ceux qui choisissent de poursuivre en doctorat, ils peuvent aussi postuler sur des emplois d'enseignant-chercheur dans l'enseignement supérieur ou de chercheur dans un organisme (e.g., CNRS) à l'issue de leur doctorat.

### Compétences acquises

---

Sur la base d'une formation généraliste dans le domaine de la mécanique, cette formation de haut niveau vise à donner aux étudiants la parfaite maîtrise des aspects techniques de la mise en œuvre, du contrôle et du suivi des matériaux ainsi que les outils modernes de modélisation et de calcul numérique des structures. Les compétences visées sont en particulier la connaissance du comportement et de la durabilité des matériaux, des critères de choix des matériaux structuraux comme des méthodes numériques dans le domaine du calcul des structures.

### Conditions d'accès

---

L'accès en 2<sup>ème</sup> année de Master est ouvert aux étudiants ayant le niveau Bac+4 du domaine de la mécanique. L'enseignement du master est dispensé en langue française, le niveau préconisé est équivalent au niveau B2.

### Candidature

---

Le nombre de places étant limité à 30 étudiants pour ce parcours. L'ENIB n'assure pas le M1 et reçoit uniquement les dossiers de candidature en M2. La décision d'admission est prononcée après examen du dossier du candidat.

Modalités de recrutement :

Dossier, CV, lettre de motivation, copie des diplômes et relevés de notes (années post bac) + entretien (éventuellement)

## Stage

---

### Stage obligatoire longue durée (4 à 6 mois)

Ce stage pourra être effectué au sein d'un laboratoire universitaire, d'un centre de recherche publique ou d'un service R&D d'une entreprise. Il fait l'objet d'un rapport écrit et d'une soutenance orale devant le jury du master.

- > Début du stage : Mars-Avril
- > Durée : 4 à 6 mois (16 semaines minimum)

## Poursuite d'études

---

Ce parcours est indifférencié (recherche et professionnel) et est construit de sorte que les diplômés du Master MMGC puissent s'insérer directement dans le monde professionnel ou, pour ceux qui se destinent aux métiers de la recherche, poursuivre leurs études pour préparer un doctorat.

Une partie des projets est orientée sur des problématiques d'entreprises du secteur, alors qu'une autre partie est orientée vers des sujets plus amont. Durant la totalité de son parcours, l'étudiant a ainsi l'occasion d'être confronté aux deux types de problématiques.

Chaque année, les différentes équipes de recherche de l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRDL, UMR CNRS 6027) proposent des sujets de thèse, académiques ou industrielles, accessibles aux diplômés de ce Master.

## Insertion professionnelle

---

Les diplômés du Master MMGC peuvent exercer dans les secteurs d'activité suivants :

Transport, Énergie, Construction Mécanique, Construction Navale, BTP, ...

Ils peuvent exercer les emplois suivants :

Chef de projet d'études, Ingénieur de conception et développement, Chargé d'études-recherche développement, Chercheur, Enseignant-chercheur (après doctorat et concours).

## Environnement pédagogique

---

La formation dispose de plusieurs salles de travaux pratiques très bien équipées de machine d'essais et de caractérisation d'une part et de logiciels métiers d'autre part. L'accent est mis sur les projets et l'autonomie des étudiants. La formation est soutenue par un laboratoire leader dans le domaine de la mécanique des matériaux et des structures (IRDL, UMR CNRS 6027), ce qui est l'assurance pour l'étudiant de profiter d'enseignements dispensés par des enseignants-chercheurs au fait des dernières technologies, ainsi que de possibilités de stages et de thèses. Des ingénieurs-docteurs issus du monde de l'entreprise interviennent également dans la formation afin d'apporter un éclairage complémentaire.

## Aide à la réussite

---

Les promotions dans ce parcours sont à taille humaine, ce qui facilite les échanges avec les professeurs et permet aux étudiants de bénéficier d'un meilleur encadrement.

## Infos pratiques

---

- > **Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest (ENIB)**
- > Formation ouverte à l'alternance
- > **Lieu d'enseignement** : Brest
- > **Contacts** :  
Responsable de la formation  
Shabnam ARBAB CHIRANI  
Service Scolarité – Master IdC  
+33 (0)2 98 05 66 16 (ou 00)  
[scolarite@enib.fr](mailto:scolarite@enib.fr)

## Programme

La formation est organisée sur 2 semestres : S9 et S10.

Le semestre S9 (36 crédits ECTS) est composé de 6 UE scientifiques obligatoires (voir le tableau ci-dessous)

Le semestre S10 (24 crédits ECTS) est consacré au stage de recherche (4 à 6 mois).

Le Master est attribué à tout étudiant qui a obtenu 60 crédits ECTS par validation directe des UE.

Du fait de la différence des crédits ECTS alloués aux semestres S9 (36 crédits) et S10 (24 crédits), dans le calcul de la moyenne générale, la moyenne du semestre S9 est pondérée du coefficient 0.6, et la moyenne du semestre S10 (stage de recherche) est pondérée du coefficient 0.4. A l'issue du S9, une moyenne générale supérieure à 10, sur l'ensemble des 6 UE, donne accès au S10. Sans cette condition, l'étudiant ne pourra pas commencer le S10.

Semestre S9	
<p><b>UE-1</b> Méthode des éléments finis pour les problèmes linéaires et non-linéaires</p>	<p><b>Nombre d'ECTS : 6</b></p> <p><b>Prérequis :</b> Mécanique des Milieux Continus ; Résistance des Matériaux ; Notions sur les Éléments Finis en élasticité linéaire</p> <p><b>Objectif :</b> L'objectif de ce cours est d'étudier les hypothèses, les approximations et les techniques numériques utilisées dans les codes de calculs par éléments finis pour la résolution des problèmes linéaires et non-linéaires. Le but est d'aborder le choix des paramètres d'une modélisation par éléments finis, ainsi que l'analyse et l'interprétation des résultats numériques.</p> <p><b>Contenu de l'enseignement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fondement de la méthode des éléments finis : notions de formulations fortes et faibles ; méthode de Galerkin ; approximation par éléments finis</li> <li>- Application de la méthode des éléments finis à des problèmes non-linéaire : mise en œuvre ; résolution de systèmes algébriques d'équations non-linéaires ; notion de pilotage et méthodes de continuation</li> <li>- Technologie des éléments : problèmes de verrouillage volumique et en flexion ; intégration complète, réduite et sélective ; éléments de poutre et de plaque</li> </ul>
<p><b>UE-2</b> Thermodynamique des milieux continus et lois de comportement</p>	<p><b>Nombre d'ECTS : 6</b></p> <p><b>Prérequis :</b> Mécanique des Milieux Continus ; Notions de Mécanique des Matériaux</p> <p><b>Objectifs :</b> Les objectifs principaux de ce cours sont de présenter, d'une part, un cadre général de développement des lois de comportement et, d'autre part, un certain nombre de modèles permettant d'aborder les comportements mécaniques usuels des matériaux solides.</p> <p><b>Contenu de l'enseignement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction : rôles des lois de comportement</li> <li>- Thermodynamique des Milieux Continus (1ère partie)</li> <li>- Thermoélasticité</li> <li>- Viscoélasticité</li> <li>- Thermodynamique des Milieux Continus (2ème partie)</li> <li>- Élastoplasticité</li> <li>- Élastoviscoplasticité</li> </ul>

<p><b>UE-3</b> Stabilité et mécanique non-linéaire</p>	<p><b>Nombre d'ECTS : 6</b></p> <p><b>Prérequis :</b> Mécanique et Thermodynamique des Milieux Continus, Lois de comportement (plasticité), Résistance des Matériaux, Théorie des plaques</p> <p><b>Objectifs :</b> L'objectif de ce cours est de présenter les principaux concepts du formalisme des grandes déformations et de les appliquer à la thermodynamique des milieux déformables, puis d'aborder deux phénomènes d'instabilité : matérielle par l'analyse limite de structures élastoplastiques (encadrement de la charge ultime avec les principes extrémaux) et géométrique par l'analyse du flambement élastique de structures minces ou élancées.</p> <p><b>Contenu de l'enseignement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grandes transformations : Transformations finies et mesures de déformation - Contraintes en formalisme de grande déformation - Référentiels d'observation et dérivées objectives - Thermodynamique des milieux continus en grandes transformations et loi de Fourier</li> <li>- Analyse limite : Comportement rigide parfaitement plastique - Principe du Travail Plastique Maximal - Approches variationnelles statique et cinématique - Flexion composée - Portiques et poutres continues en flexion simple - Plaques en flexion</li> <li>- Stabilité des structures élastiques : Introduction au flambement (instabilité géométrique), notions de stabilité et bifurcation, application aux systèmes discrets et continus - Résolution analytique et par éléments finis d'un problème de flambement linéarisé - Flambement de poutres et plaques</li> </ul>
<p><b>UE-4</b> Élastomères et Composites</p>	<p><b>Nombre d'ECTS : 6</b></p> <p><b>Prérequis :</b> Mécanique des Milieux Continus, Mécanique des Matériaux Polymères Solides, Éléments Finis</p> <p><b>Objectif :</b> L'objectif de cet UV est de présenter les briques permettant de comprendre le triptyque procédé/matériau/structure en adoptant une approche reposant sur des observations expérimentales, de la modélisation et de la simulation numérique. L'étudiant devra être capable de réaliser une simulation numérique pertinente, d'appliquer un ou plusieurs critère(s) de dimensionnement et de porter un regard critique sur les résultats. Deux grandes familles de matériaux seront étudiées : les matériaux composites (fibres courtes et longues) et les élastomères.</p> <p><b>Contenu de l'enseignement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rhéologie et mise en œuvre (pratique et numérique)</li> <li>- Lois de comportement isotrope (théorie de l'hyperélasticité) et anisotrope (composites)</li> <li>- Aspects thermomécaniques (couplages et dissipation)</li> <li>- Endommagement</li> <li>- Calculs de structures</li> <li>- Critères de dimensionnement</li> </ul>

<p><b>UE-5</b> Fatigue et techniques expérimentales</p>	<p><b>Nombre d'ECTS : 6</b></p> <p><b>Préquis :</b> Mécanique des Milieux Continus ; Notions de Mécanique des Matériaux</p> <p><b>Objectifs :</b> Les objectifs principaux de ce cours sont de présenter, d'une part, différentes approches utilisées pour dimensionner les structures à la fatigue polycyclique et, d'autre part, de présenter un certain nombre de techniques expérimentales permettant d'étudier le comportement des matériaux et des structures.</p> <p><b>Contenu de l'enseignement :</b></p> <p><u>High Cycle Fatigue</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction</li> <li>- Étude du comportement qualitatif de la tenue à la fatigue des matériaux métalliques <ul style="list-style-type: none"> <li>Identification qualitative à partir d'essais simples (traction, flexion, torsion)</li> <li>Identification qualitative à partir d'essais multiaxiaux</li> </ul> </li> <li>- Modèle et approche simplifiée pour le dimensionnement à la fatigue polycyclique <ul style="list-style-type: none"> <li>Démarche historique</li> <li>Passage aux chargements multiaxiaux</li> <li>Illustration sur une structure</li> </ul> </li> <li>- Approche multi-échelle pour le dimensionnement à la fatigue polycyclique <ul style="list-style-type: none"> <li>Présentation du cadre des approches à deux échelles</li> <li>Cas du critère de Dang Van</li> <li>Proposition d'une approche probabiliste</li> <li>Méthode récente d'identification : essais d'auto-échauffement</li> <li>Perspectives ; prise en compte de l'influence de la mise en forme</li> </ul> </li> </ul> <p><u>Techniques expérimentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesures de champs de déplacement in situ en utilisant à la stéréocorrélation</li> <li>- Mesures de champs thermiques in situ à l'aide de caméra Infra-rouge</li> <li>- Analyse des contraintes à partir de la méthode des diffractions des rayons X</li> <li>- Principe de fonctionnement d'un Microscope Électronique à Balayage (MEB)</li> </ul>
<p><b>UE- 6</b> Techniques de transition d'échelle</p>	<p><b>Nombre d'ECTS : 6</b></p> <p><b>Préquis :</b> Mécanique des Milieux Continus ; Notions de Mécanique des Matériaux</p> <p><b>Objectifs :</b> L'objectif de ce module est d'aborder la modélisation du comportement des matériaux en s'appuyant sur les techniques de transition d'échelles. Ces techniques seront exploitées dans trois domaines de comportement : l'élasticité linéaire, la plasticité et la transformation de phase.</p> <p><b>Contenu de l'enseignement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modélisation du comportement élastique : généralités sur les modèles d'homogénéisation, modèles dérivés du problème d'Eshelby en élasticité</li> <li>- Modélisation de l'élasto-plasticité : généralités sur la plasticité, modélisation à l'échelle locale, homogénéisation (Taylor-Lin)</li> <li>- Modélisation de la transformation de phase : généralités sur la transformation de phase, modélisation à l'échelle locale, homogénéisation (Sachs, Auto-cohérent)</li> </ul>