

---

# PROGRAMME INGÉNIEUR

2024-2025

2e année / 3e année

---

## Option Disciplinaire Matériaux et Procédés

### OD MATEPRO

---

RESPONSABLE DU PROGRAMME

Erwan VERRON



INGÉNIEUR - OD MATEPRO

# 1er Semestre

Unité d'Enseignement	Crédits ECTS	Parcours	Acronyme	Libellé
UE 73	12	Tronc commun	CDMAT EXPER MEF_MATEPRO MPHY	Choix de matériaux Outils expérimentaux Méthode des éléments finis Modélisation multiphysique
UE 74	13	Tronc commun	CONFVE MELAST METAL P1MATEPRO POCOM	Conférences et visites d'entreprises Mécanique des élastomères Métallurgie Projet 1 Polymères solides et composites

# 2e Semestre

---

Unité d'Enseignement	Crédits ECTS	Parcours	Acronyme	Libellé
UE 83	2	Tronc commun	FARUP MATSOC MICOM MIMET P2MATEPRO	Fatigue et rupture des matériaux Matériaux et Société Mise en forme des composites Mise en forme des métaux Projet 2

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

## Choix de matériaux [CDMAT]

*Responsable(s) du cours : Guillaume RACINEUX*

### Pré-requis

### Objectifs

Il existe aujourd'hui plus de 100 000 matériaux disponibles pour la conception de produits. Autrefois, le faible nombre de matériaux représentait une limitation en conception ; aujourd'hui leur grand nombre constitue une possibilité d'innovation.

Pour choisir un matériau, on a besoin :

- d'une bonne connaissance des familles de matériaux,
- d'une bonne compréhension de leurs propriétés,
- d'une méthodologie pour choisir ceux qui répondent au mieux aux exigences de la conception (cahier des charges).

A l'issue de ce cours, les étudiants doivent être aptes à :

- connaître les différentes familles de matériaux et leurs propriétés,
- effectuer le choix raisonné d'un matériau en fonction du cahier des charges.

### Plan de l'enseignement

- Présentation des grandes familles de matériaux (métalliques, polymères et céramiques) et des propriétés physiques associées
- Présentation de la méthodologie de choix des matériaux proposée par Ashby
- Etude de cas

### Bibliographie

- Matériaux, Tomes 1 et 2, M.F. Ashby et D.R.H. Jones, Dunod (4ème édition), 2013.
- Des matériaux, J.P. Bâillon et J.M. Dorlot, Presses Internationales Polytechnique (3ème édition), 2000.
- Choix de matériaux en conception mécanique, M.F. Ashby, Dunod / L'Usine Nouvelle, 2012.
- Sélection des matériaux et des procédés de mise en oeuvre, Traité des matériaux - Tome 20, Y. Bréchet, M.F. Ashby, L. Salvo, Presses Polytechniques Romandes, 2001.

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	12 hrs	8 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

## Outils expérimentaux [EXPER]

*Responsable(s) du cours : Michel CORET*

### Pré-requis

### Objectifs

EXPER vise à montrer des méthodes expérimentales largement utilisées en mécanique des matériaux et qui sont utilisées pour observer les matériaux ou bien identifier certaines propriétés physiques.

### Plan de l'enseignement

- Les essais instrumentés sur machines électromécaniques et hydraulique (capteurs scalaires et mesures de champ)
- Observation et analyse par microscopie optique et électronique
- Mesure tridimensionnelle par tomographie.

### Bibliographie

- ASM Handbook, Vol. 8, Mechanical Testing & Evaluation
- C. Esnouf, 'Caractérisation microstructurale des matériaux' P.P. Romandes, 2011

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	12 hrs	6 hrs	12 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

## Méthode des éléments finis [MEF\_MATEPRO]

*Responsable(s) du cours : Erwan VERRON*

### Pré-requis

Mécanique des milieux continus (MMCe, 1ère année), Matériaux (MATER, 1ère année)

### Objectifs

Ce cours aborde deux aspects importants de la mécanique des structures qui seront utilisés dans les différents cours de l'option MATEPRO : la résistance des matériaux (flexion des poutres) et la Méthode des Eléments Finis (MEF).

### Plan de l'enseignement

Le cours est composé de trois parties distinctes :

1. L'étude de la flexion plane des poutres
2. Formulation de la méthode des éléments finis (une dimension)
3. Utilisation d'un code industriel dans un projet (Abaqus)

### Bibliographie

1. [https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9sistance\\_des\\_mat%C3%A9riaux](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9sistance_des_mat%C3%A9riaux)
2. <https://www.coursera.org/learn/finite-element-method>
3. <https://www.3ds.com/fr/produits-et-services/simulia/produits/abaqus/>

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.3)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.7)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	4 hrs	16 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

## Modélisation multiphysique [MPHY]

Responsable(s) du cours : Sébastien COMAS-CARDONA

### Pré-requis

### Objectifs

Au terme des 32h du cours, les étudiants seront capables de:

- Lire et expliquer des articles scientifiques ou une bibliographie liés à la modélisation multi-physique des procédés ou des problèmes d'ingénierie
- Identifier la formulation d'une modélisation appropriée, y compris le domaine, les physiques mises en jeu, les conditions aux limites et initiales, les équations de comportement et les hypothèses
- Choisir une modélisation appropriée pour un procédé donné ou répondre à une problématique d'ingénierie donnée

### Plan de l'enseignement

1. Rappels/Boite à outil (6h)
  - Opérateurs, Objectivité, Calcul indiciel
2. Equations de conservation, de comportement et d'évolution (6h)
  - Rappels Elasticité, Thermique, Mécanique des fluides, Electro-Magnétisme, Plasticité
  - Existence/Unicité : Conditions aux limites et initiales
3. Couplages (4h)
  - Equations d'évolution, Propriétés matériaux, Cas d'étude
4. Résolution (2h)
  - Adimensionalisation
  - Solutions exactes, approchées
5. Analyse article scientifique de modélisation (6h, Evaluation 1)
6. Etude de cas d'ingénierie (8h, Evaluation 2)

### Bibliographie

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.7)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.3)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	16 hrs	14 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

## Conférences et visites d'entreprises [CONFVE]

*Responsable(s) du cours : Bertrand HUNEAU*

### Pré-requis

Aucun

### Objectifs

Un cycle de 10 conférences permet de présenter le métier d'ingénieur Matériaux et Procédés au travers de témoignages d'ingénieur en activité, principalement d'anciens élèves de l'option.

Par ailleurs, 3 visites d'entreprises sont organisées.

### Plan de l'enseignement

### Bibliographie

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	20 hrs	12 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs



# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

## Mécanique des élastomères [MELAST]

Responsable(s) du cours : Erwan VERRON

### Pré-requis

Mécanique des milieux continus (MMCe, 1ère année), Matériaux (MATER, 1ère année)

### Objectifs

Ce cours vise à introduire les modèles de comportement élastiques non linéaires utilisés classiquement pour les élastomères. Plus précisément, il s'intéresse à leur formulation théorique et au recalage de leurs paramètres à partir d'essais expérimentaux.

### Plan de l'enseignement

Ce cours est dispensé sous forme de projet. Il se divise en trois séquences :

- séquence 1 (2h). Conférence sur les modèles hyperélastiques et leurs applications
- séquence 2 (8h). Quatre exercices couvrant les quatre grandes parties du cours sont résolus par les étudiant-es ; des vidéos de correction permettent l'auto-apprentissage.
- séquence 3 (20h). A partir d'un article scientifique, les étudiant-es découvrent un modèle particulier. Ils doivent comprendre sa formulation, puis déterminer ses paramètres à partir d'essais classiques de la littérature. Cette partie est menée à bien par groupe de 3 à 5 étudiant-es.

### Bibliographie

Verron E., Modèles hyperélastiques pour le comportement mécanique des élastomères, Techniques de l'ingénieur, AM8210v1, 2018.

Holzapfel G. A., Nonlinear Solid Mechanics. A Continuum Approach for Engineering, John Wiley & Sons, Chichester, 2000.

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.7)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.3)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	0 hrs	20 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

## Métallurgie [METAL]

Responsable(s) du cours : Bertrand HUNEAU

### Pré-requis

- Physique et Chimie de niveau bac+2, le CC-MATER (EI1) n'est pas un pré-requis obligatoire bien que très utile.

### Objectifs

Les produits industriels contiennent très souvent des matériaux métalliques. Dans ce contexte, il est nécessaire pour un-e ingénieur-e de connaître les différents métaux et alliages. Leurs méthodes d'élaboration à partir de minerais seront tout d'abord étudiées. Sachant que l'ensemble des opérations d'extraction et de transformation du minerai en métal représente aujourd'hui environ 10% des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> (source UNEP 2020), on s'interrogera sur les possibles réductions de cette empreinte Carbone. Dans un deuxième temps, la structure des métaux et le comportement des mélanges (alliages) seront considérés. Ensuite, l'influence des traitements thermiques lors de la transformation de ces matériaux en produits sera approfondie. Finalement, le comportement mécanique des métaux et alliages et les méthodes pour améliorer leurs propriétés mécaniques seront décrits.

### Plan de l'enseignement

#### Partie I : Métallurgie extractive

1. Production des métaux
2. Du minerai au métal
3. Élaboration de l'acier et de l'aluminium : vers des procédés moins polluants ?

#### Partie II : Métallurgie Physique

1. Cohésion, structure et propriétés des métaux
2. Défauts ponctuels, linéaires, surfaciques et volumiques dans les métaux
3. Équilibres thermodynamiques et diagrammes de phases (diagrammes Pb-Sn et Fe-C)
4. Diffusion

#### Partie III : Transformations structurales (= Métallurgie Physique 2)

1. Germination et croissance d'une nouvelle phase / solidification / précipitation
2. Transformations martensitique et bainitique ; traitements thermiques des aciers
3. Traitements thermiques des alliages d'aluminium

#### Partie IV : Métallurgie mécanique

1. Déformation plastique des métaux
2. Mécanismes physiques de la plasticité
3. Durcissement des matériaux métalliques

### Bibliographie

- « Métallurgie. Du minerai au matériau », J. Philibert, A. Vignes, Y. Bréchet et P. Combrade, Dunod, 2002.
- « Des Matériaux », J.-P. Bailon et J.-M. Dorlot, Presses Internationales Polytechnique, 2000.
- « Introduction à la science des matériaux », Traité des matériaux tome 1, W. Kurz, J.-P. Mercier et G. Zambelli, Presses Polytechniques Romandes, 2002.
- « Précis de métallurgie », G. Maeder, J. Barralis. AFNOR / Nathan, 2005.

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	18 hrs	8 hrs	4 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

## Projet 1 [P1MATEPRO]

*Responsable(s) du cours : Erwan VERRON*

### Pré-requis

Tous les cours de l'option MATEPRO

### Objectifs

Ce projet vise à mettre en pratique les apprentissages académiques de l'option MATEPRO. Il permet en outre d'initier les étudiants à la gestion de projets scientifiques, ainsi qu'à la rédaction et la présentation de documents scientifiques et techniques. Tous les documents et présentations sont faites en anglais.

Chaque groupe d'étudiants est encadré par un enseignant-chercheur de l'équipe pédagogique. Tous les sujets sont en lien direct avec les activités de recherche de l'équipe.

### Plan de l'enseignement

### Bibliographie

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	1	0 hrs	0 hrs	0 hrs	32 hrs	0 hrs

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

## Polymères solides et composites [POCOM]

Responsable(s) du cours : Sébastien COMAS-CARDONA

### Pré-requis

---

### Objectifs

---

A l'issue de ce module de 32h, les étudiants seront capables de :

- Décrire les constituants, leur synthèse et principales propriétés (fibres, renforts et matrices)
- Modéliser et simuler le comportement thermo-chimio-rhéologique des matrices
- Homogénéiser les propriétés thermiques et élastiques de matériaux composites
- Calculer la rigidité d'un stratifié et les contraintes et déformations par pli
- Lister et utiliser les critères de ruptures dans les matériaux composites
- Utiliser des codes de calcul pour résoudre des problèmes d'ingénierie mis en jeu dans les composites à matrice organique

### Plan de l'enseignement

---

Composites, Fibres et Renforts Fibreux (2h)

Polymères thermoplastiques (3h)

Polymères thermodurcissables (3h)

Mécanique des structures (3D à 2D contraintes planes) (2h)

Structure isotrope multicouche (2h)

Structure anisotrope multicouche (Comportement du pli, théorie des stratifiés) (4h)

Homogénéisation (6h)

Critère de rupture (2h)

Projet final + Exam (8h)

### Bibliographie

---

1. Traité des matériaux (Editions Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne)
2. P. Boisse, Composite Reinforcements for optimum performance , 2011
3. Friedrich Klaus, Fakirov Stoyko, & Zhang Zhong. (2005). Polymer Composites: From Nano- to Macro-Scale. Boston, MA: Springer Science+Business Media, Inc
4. Pascault J.-P. et al. Thermosetting Polymers. New York Basel: M. Dekker, 2002.
5. Bourban Pierre-Etienne, Carlsson Leif A, et Mercier Jean-Pierre, Matériaux Composites à Matrice Organique: Constituants, Procédés, Propriétés. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 2004
6. Gay Daniel, Matériaux Composites. 6e édition revue et augmentée. Paris: Lavoisier, 2015
7. Mechanics of fibrous composites, C.T. Herakovich, Wiley 1998
8. A first course in finite elements, Jacob fish, Ted Belyscho, Wiley 2007
9. Mechanics of solid materials, J. Lemaitre and Chaboche, Cambridge 2000

### Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.7)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.3)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	16 hrs	8 hrs	6 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

## Fatigue et rupture des matériaux [FARUP]

Responsable(s) du cours : Erwan VERRON

### Pré-requis

Mécanique des milieux continus (MMCe, 1ère année), Matériaux (MATER, 1ère année)

### Objectifs

Cet enseignement vise à fournir aux étudiants les bases permettant d'aborder les problèmes de rupture et de fatigue des matériaux. Ce cours est divisé en deux parties :

- La mécanique de la rupture qui définit les grandeurs physiques et les théories régissant la rupture à l'échelle macroscopique ;
- La fatigue des matériaux, qui présente ce type d'endommagement et s'intéresse aux liens entre la microstructure et la tenue en fatigue.

### Plan de l'enseignement

Partie 1 : Mécanique linéaire de la rupture

1. Notion de concentration des contraintes
2. Approche locale la rupture : notion de facteur d'intensité des contraintes et de ténacité
3. Approche énergétique de la rupture : notion de taux de restitution d'énergie et d'énergie de rupture

Partie 2 : Fatigue des Matériaux

1. Introduction au phénomène de la fatigue des matériaux. Définitions
2. Etude de la fatigue : durée de vie et fissuration
3. Mécanismes physiques de la fatigue
4. Paramètres influençant le comportement en fatigue
5. Etudes de cas

### Bibliographie

- E.E. Gdoutos, Fracture Mechanics. An introduction, Kluwer Academic Publishers, 1993.
- A.T. Zehnder, Fracture Mechanics, in Lectures Notes in Applied and Computational Mechanics vol. 62, Springer, 2012.
- J.-L. Engerand, Mécanique de la Rupture, Techniques de l'Ingénieur, pp. B 5 060-1 - B 5 060-12, 1990.
- C. Bathias, J.-P. Bâillon, Fatigue des matériaux et des structures, Hermes, 1997.
- G. Hénaff, F. Morel, Fatigue des structures, Technosup, 2005.
- S. Suresh : Fatigue of Materials, Second Edition, Cambridge University Press, 1998.
- J. Schijve : Fatigue of Structures and Materials, Second Edition, Springer, 2009.

### Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	20 hrs	6 hrs	4 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

## Matériaux et Société [MATSOC]

*Responsable(s) du cours : Thomas CORRE*

### Pré-requis

Enjeux Énergétiques Environnementaux et Climatiques

### Objectifs

L'objectif du cours est de sensibiliser les étudiant·e·s aux enjeux sociéto-environnementaux en lien avec leur formation, c'est à dire les impacts des matériaux et de leur utilisation.

### Plan de l'enseignement

Ce module de 32h, dont 8 sont consacrées à des conférences (dispensées par des experts extérieurs), permet à cinq groupes d'étudiant·e·s de construire, dans une démarche scientifique, une conférence d'une trentaine de minutes et/ou un rapport technique, destinée aux usagers de Centrale Nantes, traitant d'une problématique en lien avec les matériaux et les enjeux sociétaux qui y sont liés.

Exemples de sujets traités en 2020 et 2021 :

- analyse du cycle de vie des pneumatiques ;
- étude comparative de l'impact environnemental et énergétique de différents gobelets ;
- taux de retour énergétique des éoliennes offshores (fixes et flottantes) et terrestres ;
- bilan énergétique d'un bâtiment ;
- tri sélectif et recyclage : depuis les systèmes de tri jusqu'à la production de matière recyclée.

### Bibliographie

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	0 hrs	22 hrs	0 hrs	0 hrs



# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

## Mise en forme des composites [MICOM]

Responsable(s) du cours : Christophe BINETRUY

### Pré-requis

Mécanique des milieux continus  
Matériaux composites organiques

### Objectifs

Le cours a deux objectifs principaux. Premièrement, présenter les processus de fabrication des composites organiques d'un point de vue technologique, et sous l'angle des mécanismes physiques dominants. Deuxièmement, les approches de modélisation des processus sont présentées. Celles-ci comprennent l'écoulement de la résine dans des réseaux de fibres rigides et déformables, la formation de renforts en fibres et de préimprégnés, et l'écoulement de suspensions de fibres. Le cours illustre ensuite ces approches par la modélisation numérique à l'aide de cas d'essai académiques. Enfin, les étudiants ont la possibilité d'appliquer leurs connaissances dans des exercices pratiques.

### Plan de l'enseignement

1/ Revue des procédés composites

2/ Modélisation des procédés LCM

Description des renforts fibreux

Equations gouvernantes pour les écoulements dans les milieux poreux

Echelle macroscopique : passage à l'échelle supérieure

Écoulement de fluides simples dans des microstructures fibreuses indéformables

Perméabilité

Écoulement dans des microstructures fibreuses déformables

Simulation numérique

3/Modélisation du formage des renforts fibreux et des préimprégnés

Approche géométrique

Méthodes basées sur la géométrie différentielle

Approche basée sur la mécanique des milieux continus

4/ Modélisation des écoulements par compression

Mécanique de l'écoulement de compression

Écoulement de compression dans les préimprégnés unidirectionnels

Écoulement de compression dans les empilements de couches croisées de préimprégnés UD et de préimprégnés tissés

Compression SMC

### Bibliographie

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.3)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.7)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	8 hrs	12 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

## Mise en forme des métaux [MIMET]

*Responsable(s) du cours : Guillaume RACINEUX*

### Pré-requis

### Objectifs

Le cours de mise en forme des métaux vise à décrire les procédés usuels de formage et d'assemblage couramment employés dans l'industrie ainsi que les modèles associés. L'accent est mis sur la modélisation mathématique des procédés par ordre de complexité. Les modèles simplifiés sont introduits avant les modèles standards généralisés. Enfin, une introduction aux calculs par éléments finis non linéaires es abordée.

### Plan de l'enseignement

- Introduction aux procédés usuel de mise en forme des métaux
- Pliage et modèles plastiques
- Forgeages et modèles visco-plastiques
- Estampage et modèles d'endommagement
- Couplage multiphysiques et propriétés induites
- Simulation numériques non linéaires

### Bibliographie

- Mécanique des matériaux solides, J.Lemaitre & J.L. Chaboche
- Mécanique non linéaire des matériaux, S.Forest, J.L Chaboche, J Besson G. Cailletaud
- Techniques de l'ingénieur

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.3)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.7)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	16 hrs	6 hrs	8 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD MATEPRO

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

## Projet 2 [P2MATEPRO]

Responsable(s) du cours : Erwan VERRON

### Pré-requis

Tous les cours de l'option MATEPRO

### Objectifs

Ce projet vise à mettre en pratique les apprentissages académiques de l'option MATEPRO. Il permet en outre d'initier les étudiants à la gestion de projets scientifiques, ainsi qu'à la rédaction et la présentation de documents scientifiques et techniques.

Chaque groupe d'étudiants est encadré par un enseignant-chercheur de l'équipe pédagogique. Tous les sujets sont en lien direct avec les activités de recherche de l'équipe.

### Plan de l'enseignement

### Bibliographie

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.7)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.3)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	2	0 hrs	0 hrs	0 hrs	48 hrs	0 hrs