



---

ÉCOLE SUPÉRIEURE  
DE FONDERIE ET DE FORGE

Syllabus Enseignements **S7** et **S8**


**2<sup>ème</sup> Année**

# Maquette S7

Nombre heures CFA : 630		Année scolaire 2024-2025			
<i>2<sup>ème</sup> année de la Filière Initiale par Apprentissage</i>					
<i>1<sup>ère</sup> année du cycle terminal de la Formation Continue</i>					
Unités	Modules	Semestre 7	Nb h (+1e)	Coef.	Crédits ECTS
<b>I - Sciences de base pour l'ingénieur - S7</b>	Informatique industrielle - S7	Projet numérique fonderie	37 h	3	7
	Chimie-Physique - S7	Thermodynamique appliquée à la métallurgie	11 h	8	
		Transferts Thermiques	23 h		
		Solidification des métaux et alliages	23 h		
<b>II - Structure et comportement des matériaux - S7</b>	Métallurgie - S7	Métallurgie des fontes	23 h	6	4
		Métallurgie des alliages légers	23 h		
	Comportement matériaux - S7	Plasticité	17 h	2	
<b>III - Conception et Mise en forme - S7</b>	Conception de pièces moulées - S7	Conception d'outillages et de pièces moulées	16 h	3	7
		Méthodes fonderie Sable (filtration/poteries)	15 h		
	Conception de pièces forgées - S7	Conception d'outillages et de pièces forgées	24 h	3	
	Génie des procédés - S7	Sables de moulage et de noyautage	20 h	5	
		Moulage en coquille gravité	22 h		
Forgeage des alliages légers	6 h				
<b>IV - Gestion et Communication - S7</b>	Resp. Sociétale et Environnementale - S7	Développement durable en forge/fonderie	13 h	2	2
	Sc. Humaines, Economiques et Sociales - S7	Conseil de suivi des apprentis	4 h		
	Langues vivantes - S7	Anglais	18 h	2	
<b>Total CFA</b>			<b>295 h</b>	<b>34</b>	<b>20</b>

### Légende compétences :

- **A : compétence maîtrisée**
- **B : compétence acquise**
- **C : compétence en cours d'acquisition**

	<h2 style="text-align: center;">Module informatique industrielle S7</h2> <p style="text-align: center;">UE : Sciences de base pour l'ingénieur Nombre de crédits ECTS UE : 7</p>	<p>CM : 3h  TD : 24h  TP : 3h  PROJET : 6 h  Evaluation : 1h  Travail personnel : 5h</p>
---	--	--

### Cf fiche n°124a projet Num 2A

#### OBJECTIFS

Les étudiants en 2ème année travailleront en binôme sur un projet numérique orienté bureau d'étude, étalé sur un semestre. Ils devront rédiger un rapport détaillant leur démarche et leurs choix techniques, puis présenter leurs solutions lors d'une soutenance. Ce projet itératif vise à intégrer les outils numériques et comprendre les contraintes physiques telles que les contraintes mécaniques et de fabrication, ainsi que le choix des matériaux. À partir d'un dossier complet incluant cahier des charges et plan de définition, ils réaliseront la conception fonctionnelle d'une pièce de fonderie. Le cycle de conception inclut la modélisation en CAO avec CATIA V5, le pré-dimensionnement par calcul, le post-traitement des résultats et l'ajustement du design en conséquence. Les étudiants auront 16 heures de TD pour aborder des nouvelles problématiques et 8 heures d'assistance technique pour maîtriser les logiciels nécessaires.

#### PRE-REQUIS

CAO (compétences basiques, maîtrise élémentaire de l'outil CATIA V5), lecture de plan, notions sur les procédés de fonderie et sur la métallurgie, règles de tracé des pièces de fonderie, notions sur le comportement des matériaux

#### MOTS CLÉS

Outils d'esquisse – Eléments de base – opération issus d'un contour – dépouilles – rayons – plan de joint – mesure – historique de conception – habillage fonderie

Calcul mécanique – Éléments finis – Base de données matériaux – Maillage surfacique – Maillage volumique – Conditions Limites – Conditions initiales – Paramètres de calcul – Optimisation – Simulation mécanique – Limite élastique – Contrainte de Von Mises – Post-traitement

Optimisation topologique – Paramètre d'optimisation

#### *Key words*

*Sketch tools – Basic features – Volumic construction – Draft – Fillet – Parting line – history of design – Measure – Casting part*

*Structural analysis – Finite elements – Materials Database – Surface Meshing volume - Meshing – Terms Limits – Initial conditions – Calculation parameters – Simulation Process – Filling / Solidification – Predicting faults – Optimization – Mechanical Simulation – Yield – Von Mises stress – Post-processing*

*Topology Optimization – Optimization Parameters*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	C
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	C
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	C
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	C

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	C
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	B

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)


4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process.	C
---	---

### Etre capable de :

- Acquérir une maîtrise des opérations dans Sketcher et Part Design pour la conception de pièces de fonderie en CAO.
- Concevoir des pièces de fonderie avec une logique de conception appropriée, intégrant les contraintes de fabrication comme les dépouilles.
- Effectuer la mise en données et l'analyse des simulations de fonderie pour valider les résultats obtenus.
- Interpréter et appliquer un cahier des charges mécanique pour réaliser des calculs mécaniques conformes.
- Analyser de manière critique les résultats des simulations mécaniques et effectuer des ajustements de design pertinents en réponse aux conclusions tirées.

### MODES D'ÉVALUATION

- **Suivant détail fiche RNCP**
- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*
- *Études de cas, projets réalisés en groupe, restitution orale*

	<h2>Module Chimie Physique S7</h2> <p>UE : Sciences de base pour l'ingénieur Nombre de crédits ECTS UE : 7</p>	<p>CM : <b>34h</b>          TD: <b>17h</b>          TP :          ESI :          Evaluation : <b>6 h</b>          Travail personnel : <b>9 h</b></p>
---	--	--

## OBJECTIFS

**Ce module est composé de trois grandes parties articulées comme suit :**

### **Thermodynamique appliquée à la métallurgie**

#### ***Cf fiche n°131 Thermo 2A***

Les notions de thermodynamique acquises en première année ou lors de formations antérieures seront largement utilisées en métallurgie et surtout lors de l'étude de l'élaboration des alliages.

L'objectif de ce cours, sans revenir sur l'ensemble de la thermodynamique, est de rappeler ses principales utilisations en métallurgie.

La présentation sera volontairement accompagnée de nombreux exercices illustrant les différentes notions présentées. Ces exercices seront choisis à partir de cas industriels réels.

### **Transferts thermiques**

#### ***Cf fiche n°133 Trans therm 2A***

Le cours de transfert thermique vise à comprendre et maîtriser les échanges d'énergie dans les procédés métallurgiques, en débutant par une approche académique et concluant par des choix pratiques. Les différents modes de transfert (conduction, convection, rayonnement) sont analysés séparément avec leurs lois respectives (Fourier, Stephan-Boltzmann, Planck, Wien, Kirchoff). L'étude de la convection introduit les nombres adimensionnels (Reynolds, Prandtl, Nusselt, Peclet) et les échanges de chaleur en co-courant et contre-courant. Le rayonnement est examiné en détail pour les métaux liquides, en insistant sur les paramètres influençant les corps noirs, gris et autres. Des études de cas et les techniques de mesure des températures (thermocouples, pyromètre, etc.) sont également couvertes. Le cours est accompagné de photocopies pour faciliter l'apprentissage.

### **Solidification des métaux et alliages**

#### ***Cf fiche n°134 Solidif 2A***

Le cours vise à montrer que les principes physico-chimiques de la solidification permettent de comprendre comment s'établissent les structures et naissent les défauts de fonderie dans les pièces coulées.

S'appuyant sur les connaissances générales des étudiants en thermodynamique et physique, il est en relations fortes avec les cours de Métallurgie structurale, de Thermodynamique métallurgique et de Thermique. Il est d'un niveau assez élevé en Physico-chimie.

Il débouche sur l'acquisition de connaissances pratiques sur les paramètres qui gouvernent la santé des pièces de fonderie.

L'objectif des travaux dirigés est de retravailler les sujets de cours pour consolider les différentes notions apprises et, par des études de cas, acquérir des ordres de grandeurs des paramètres fondamentaux des processus de solidification.

### **PRE-REQUIS** (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)

- Principes de la thermodynamique : savoir calculer et interpréter les enthalpie, entropie, enthalpie libre d'un système. Définir les équilibres thermodynamiques et exprimer et calculer une constante d'équilibre.
- Savoir lire un diagramme de phase S/L, calculer une composition par la règle des segments inverses. Calculer une variance.
- Connaître les notions de base sur les grandeurs de mélange réelles (solutions régulières) et sur les équilibres redox (notion de degré d'oxydation, définition d'un réducteur et d'un oxydant)
  - Notions de mathématiques : équations différentielles, transformation de Laplace, analyse vectorielle .....
  - Notions de physique : les principes de la thermodynamique, la physique du rayonnement .....
  - Ces notions seront simplement rappelées durant la cours.
- Notions de physique : thermodynamique chimique.
- Expériences pratiques de coulée de métaux.

### **MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Enthalpie – Entropie – Enthalpie libre – Equilibres thermodynamiques – Constante d'équilibre – Diagrammes d'Ellingham – Diagramme de phase et modèle des solutions régulières.

Transfert de chaleur – Mesures de la température – Introduction au transfert de chaleur – Bilan de chaleur – Conduction en régime permanent – Loi de Fourier – Conduction en régime transitoire – Convection thermique – Expression du flux de chaleur – Transfert thermique par rayonnement – Techniques de mesure des températures par pyrométrie optique

Germination homogène et hétérogène – Solidification hors d'équilibre – Surfusion chimique – Croissance équiaxe – Croissance dendritique – Solidification des eutectiques – Défauts de coulée – Solidification rapide.

### **Key words**

*Equation of state - Enthalpy - Entropy - free Enthalpy - thermodynamic equilibria - Ellingham diagrams - Phase diagram and model of regular solutions.*

*Heat transfer – temperature measurement – Introduction to heat transfer – Heat balance - Steady-state conduction – Fourier's law – Transient Conduction – Convection heat transfer mode – Expression of heat flow – Radiative heat transfer – Temperature measurement by optical pyrometry*

*Homogeneous and heterogeneous nucleation – Non-equilibrium solidification – Constitutional supercooling – Equiaxial growth – Dendritic growth – Solidification of eutectic alloys – Defects of castings. Rapid solidification.*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	C
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	C
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	C

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	B
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	B
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	B
4. Mettre en œuvre une démarche expérimentale en interaction avec les parties prenantes pour mettre au point le produit concerné afin de garantir et d'optimiser ses propriétés	B

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	C
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	C
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	C

## Être capable de :

### Thermodynamique appliquée à la métallurgie

- Appliquer les lois de la thermodynamique pour décrire et expliquer les équilibres chimiques dans les cas industriels réels et en particulier dans ceux de l'élaboration des alliages.
- Savoir tracer, expliquer et utiliser un diagramme d'Ellingham des oxydes.
- Expliquer et déterminer des température et pression de corrosion de métaux.
- Tracer qualitativement les variations d'enthalpie libre d'un diagramme de phase en utilisant la méthode de la tangente commune

### Transferts thermiques

- Savoir écrire et utiliser les expressions pour les bilans de chaleur en régimes permanent et transitoire, ainsi que pour les flux de chaleur par conduction, convection et rayonnement en régime permanent. Maîtriser les propriétés de conduction de la chaleur pour différents types de milieux (gaz, liquides, solides métalliques et non métalliques).
- Donner un encadrement du coefficient d'échange convectif en fonction de la nature du fluide (gaz ou liquide) et du type de convection (naturelle ou forcée).
- Être capable de calculer des flux de chaleur par conduction, convection et rayonnement en régime permanent et déterminer l'évolution de température dans un milieu homogène soumis à un refroidissement en régime transitoire. Calculer le nombre de Biot pour déterminer l'existence d'un gradient de température dans un solide.
- Calculer la surface d'un échangeur de chaleur en tenant compte des contraintes fixées par ailleurs (débits du fluide d'intérêt et du fluide caloporteur, température d'entrée du caloporteur).
- Expliquer le fonctionnement des différents types de pyromètres optiques, citer les lois physiques utilisées (Stephan-Boltzmann, Planck, etc.), et comprendre leurs avantages et inconvénients respectifs.


### Solidification des métaux et alliages

- Reconnaître l'importance des phénomènes accompagnant la solidification en coulée et en soudage, et comprendre l'impact de la solidification sur la structure et les propriétés mécaniques des pièces coulées.
- Manipuler les diagrammes de phases hors équilibre et relier les paramètres opératoires de la coulée à la nature des structures obtenues (équiaxe, colonnaire, dendritique) et à leur finesse.
- Identifier les paramètres physico-chimiques influençant la solidification des structures eutectiques et péritectiques, et comprendre l'origine des défauts de fonderie tels que la retassure, les ségrégations, les soufflures et les inclusions, ainsi que les méthodes pour les remédier.
- Reconnaître les conditions de solidification rapide et les relier aux structures obtenues, tout en comprenant l'intérêt et les limitations de la fabrication par solidification de structures micro-cristallisées ou amorphes.
- Comprendre l'origine des défauts de fonderie et apprendre les remèdes pour améliorer la santé des pièces coulées.

## MODES D'ÉVALUATION

### Suivant détail fiche RNCP

- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*

	<h2 style="margin: 0;">Module Métallurgie S7</h2> <p style="margin: 10px 0 0 0;">UE : Structure et comportement des matériaux ECTS UE : 4</p>	<p>CM :           <b>28 h</b>  TD :           <b>14 h</b>  TP :  ESI :  Evaluation : <b>4 h</b>  Travail personnel : <b>2 h</b></p>
---	---	---

***Cf fiche n°222a Fontes 2A et 222b Fontes GS 2A***

### **OBJECTIFS**

**Ce module est composé de deux grandes parties articulées comme suit :**

#### **Métallurgie des fontes**

Les pièces en fonte sont cruciales dans divers secteurs, notamment l'automobile, le ferroviaire, le naval, et l'industrie chimique. Leur adaptation à ces domaines repose sur la diversité de leurs structures et propriétés. Ce cours vise à fournir aux apprentis les connaissances fondamentales nécessaires pour contrôler les structures des fontes et ajuster leurs propriétés mécaniques et fonctionnelles selon les applications. Il couvre la classification des fontes, les diagrammes d'équilibre, l'impact des éléments chimiques, et les traitements du métal liquide. Une attention particulière est accordée aux fontes à graphite lamellaire. Les apprentis apprendront à reconnaître et décrire les microstructures des fontes et à lier ces structures à leur composition chimique. Les futurs ingénieurs seront ainsi préparés à résoudre les problèmes métallurgiques et à proposer des solutions innovantes.

#### **Métallurgie des alliages légers**

Les alliages légers, principalement à base d'aluminium et de magnésium, sont essentiels dans l'industrie, particulièrement dans l'automobile et l'aéronautique, en raison de leur performance et légèreté. Le cours vise à fournir une compréhension approfondie de ces alliages, leurs propriétés, et leurs applications, ainsi qu'une comparaison avec d'autres matériaux. La métallographie des alliages d'aluminium est étudiée pour l'analyse de conformité et de défaillance, couvrant la composition chimique, les phénomènes de solidification, les traitements métallurgiques et thermiques. Les étudiants apprennent également à reconnaître les phases et anomalies des alliages, et à comparer différents procédés de transformation, notamment le filage, grâce à des simulations et observations pratiques. Cette formation théorique et pratique assure une intégration productive dans les entreprises de transformation des alliages légers.

**PRE-REQUIS** (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)

### **Métallurgie des fontes**

*aucun*

### **Métallurgie des alliages légers**

**PRÉREQUIS pour la fonderie** Connaissance des diagrammes d'équilibre

- ✓ Structure cristalline :
  - Plan de glissement
  - Défaut de structure (lacune, atome en position de substitution, atome en position d'insertion, dislocation)
  - Solution solide, précipités
- ✓ Notions sur la diffusion ( savoir que les lois de Fick existent)
- ✓ Notions de thermodynamique (notions d'enthalpie, entropie etc.)

**PRÉREQUIS pour la forge**

- ✓ Bonnes connaissances en construction mécaniques notamment en résistances des matériaux et en structures métallurgiques
- ✓ Bonnes connaissances des essais « destructifs » et « non destructifs » sur un matériau afin de satisfaire aux exigences de son utilisation.
- ✓ Bonnes connaissances des outils de conception et simulation dans différentes technologies de transformation.

**MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Désignation normalisée des fontes, Classification du graphite, Influence des éléments chimiques, Propriétés mécaniques et physiques, Propriétés d'utilisation, Lien microstructure et propriétés mécaniques, Module thermique, Lien vitesse de refroidissement et microstructure, Diagrammes d'équilibre Fe-C stable et métastable, Diagramme d'équilibre Fe-C-Si, Fe-C-Mn, Fe-C-S, Fe-C-P, Vallée eutectique, Carbone équivalent, Matrice des fontes, Ferrite, Cémentite, Perlite, Lien diagramme d'équilibre et microstructure, Cellules eutectiques, Micro-ségrégation inverse et directe, Eutectique phosphoreux, Germination, Graphitisant, Carburigène, Désoxydation, Contrôle du taux d'azote et d'hydrogène, Désulfuration, Inoculation, Recarburation, Mise au titre, Diagramme d'Ellingham Richardson, Surchauffe, Dispositifs industriels de traitements du bain liquide, inclusions.

Aluminium – Magnésium – Désoxydation – Dégazage – Affinage – Modification – Moulage sable – Moulage coquille gravitaire et basse pression – Moulage sous-pression – Durcissement structural – Macrographie – Micrographie – Intermétalliques – DAS – Dendrite – Eutectique – Grain – Ségrégation – Solidification – Remplissage – Traitement thermique – Propriétés

Durcissement structural – Durcissement par écrouissage – Mise en solution – Trempe – Double revenu – Caractéristiques mécaniques – Pétrissage triaxial – Filage direct et indirect – Extrusion – Presse à filer – Ecoulement – Billette de filage – Filière – Plasticine – Simulation – Gamme de transformation – Contrainte d'écoulement – Déformation – Sollicitation – Thermique du filage – Défauts.

## Key words

*Standard designation of cast iron, classification of graphite, Influence of chemical elements, Mechanical and physical properties, custom properties, Microstructure and mechanical properties relationship, Thermal modulus, Cooling rate and microstructure relationship, Stable and metastable Fe-C equilibrium diagrams, Fe-C-Si, Fe-C-Mn, Fe-C-S and Fe-C-P equilibrium diagram C-S, Eutectic valley, Equivalent carbon, Cast iron matrix, Ferrite, Cementite, Pearlite, Equilibrium diagram and microstructure relationship, Eutectic cells, Inverse and direct micro-segregation, Phosphorous eutectic, Germination, Graphitizing element, Carburigen elements, Deoxidation, Nitrogen and hydrogen levels control, Desulfurization, Inoculation, Recarburation, Titling, Ellingham Richardson diagram, Overheating, cast iron liquid bath treatment devices, inclusions.*

*Aluminium – Magnesium – Desoxydation – Degassing – Refining – Modification – Sand casting – Gravity die low pressure – Pressure casting die – Precipitation hardening – Macrograph – Micrograph – Intermetallic – Compounds –Dendrite Arm Spacing – Dendrit – Eutectic – Grain – Segregation – Solidification – Filling – Heat treatment – Properties*

*Age hardening, strain hardening, quenching, air quenching, double ageing, mechanical properties , three dimensional kneading open die forging, direct extrusion , indirect extrusion*

*extrusion, extrusion press, flow stress, extrusion billet, die extrusion, plasticine, simulation ,*

*forming process, flow stress, strain, request, thermic of extrusion, defects*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	C
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	C
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	C

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	B
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	B
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	B

4. Mettre en œuvre une démarche expérimentale en interaction avec les parties prenantes pour mettre au point le produit concerné afin de garantir et d'optimiser ses propriétés	B
---	---

O3 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	C
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	C
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	C

**Être capable de :**

### **Métallurgie des fontes**

- Comprendre la classification des fontes et leur désignation normalisée, maîtriser la lecture des diagrammes Fer-Carbone stable et métastable, et définir la composition chimique d'une fonte pour des applications spécifiques.
- Définir la notion de carbone équivalent, préciser les effets de chaque élément chimique constitutif de la fonte, et décrire les profils de micro ségrégation des éléments dans la matrice des fontes.
- Agir sur les divers facteurs influençant le mode de solidification des fontes, définir les particularités de la cellule eutectique, et connaître les conditions de recarburation, de désulfuration, et d'inoculation du bain de fonte.
- Connaître les avantages des diverses méthodes d'élaboration des fontes et contrôler les principaux phénomènes d'oxydo-réduction dans le bain de fonte.
- Comprendre les propriétés mécaniques et d'utilisation des fontes, rechercher le meilleur compromis pour une application déterminée, et apprécier le phénomène de sensibilité à l'épaisseur des fontes.
- Reconnaître les divers constituants de la microstructure des fontes et comprendre les phénomènes d'hérédité affectant leurs propriétés.
- Comprendre les mécanismes de formation des défauts dans les fontes pour pouvoir y remédier efficacement.

### **Métallurgie des alliages légers**


- Reconnaître les principaux éléments dans une famille d'Aluminium donnée

- Positionner un type d'alliage d'Aluminium pour un besoin technologique précis
- Savoir choisir un mode de filage en fonction des coûts et des besoins en équipement
- Décliner les différents procédés de déformation 1D, 2D, 3D
- Analyser les différents défauts dus à l'écoulement, à l'équipement, à l'outillage...

## **MODES D'ÉVALUATION**

### **Suivant détail fiche RNCP**

- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*
- *Études de cas, projets réalisés en groupe, restitution orale*
- *Rapport et soutenance devant les enseignants*

	<p style="text-align: center;"><b>Module comportement matériaux S7</b></p> <p style="text-align: center;">UE : Structure et comportement des matériaux Nombre de crédits ECTS UE : 4</p>	<p>CM : 10 h TD : 5 h TP :</p> <p>Evaluation : 2 h</p> <p>Travail personnel : 3h</p>
---	--	--

***Cf fiche n°232 Plasticité 2A***

**OBJECTIFS**

La plasticité des matériaux métalliques, essentielle pour comprendre les déformations irréversibles, est étudiée en relation avec le fluage sous contraintes et températures élevées. Ce cours fournit aux ingénieurs les bases de calcul pour le forgeage, incluant les déformations, contraintes, forces, énergies et puissances. Il présente les équations de la plasticité et leur justification physique, se concentrant sur le comportement des matériaux métalliques à froid et à chaud. Deux niveaux d'application sont visés : des calculs analytiques pour des cas simples, permettant de comprendre les ordres de grandeur pour différents procédés typiques, et la découverte de modèles de comportement plastique utilisés dans la simulation numérique pour la conception de pièces forgées.

**PRÉREQUIS (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)**

Mathématiques de base (géométrie, trigonométrie, algèbre, calcul matriciel, déterminant, polynôme caractéristique, valeurs propres...) – Mécanique des corps rigides (équilibre, force, énergie, frottement...) – Résistance des matériaux (contraintes, déformations, loi de Hooke généralisée, chargements élémentaires, chargements combinés, contrainte équivalente de von Mises...) – Essais mécaniques de base (traction, dureté...) – Science des matériaux (structure cristalline, grains, dislocations, écrouissage...)

**MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Bases physiques de la plasticité – Modélisation du comportement plastique des métaux – Résolution de problèmes simples de mise en forme – Forces, énergies, puissances, émissions GES en forge.

**Key words**

Physical basis of plasticity – Modeling of the plastic behavior of metals – Resolution of simple forming problems – Forces, energies, power, GHG emissions in forging.

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	C
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	C

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	B
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	B
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	B
4. Mettre en œuvre une démarche expérimentale en interaction avec les parties prenantes pour mettre au point le produit concerné afin de garantir et d'optimiser ses propriétés	B

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)


1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	C
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	C

### Etre capable de :

- Appréhender les forces, couples, énergies, puissances nécessaires pour le forgeage des matériaux métalliques dans des cas simples ;
- Interpréter les résultats de simulation numérique de forgeage en lien avec les données d'entrée « matériau » ;
- Mettre en relation les dimension d'une pièce et le comportement plastique de son matériau métallique avec les moyens de forgeage nécessaires pour sa fabrication ;
- Présélectionner un alliage métallique pour ses propriétés de mise en œuvre ;
- Utiliser les bons critères de sélection d'une famille de matériaux et de procédés de mise en œuvre en vue d'une fabrication d'un produit particulier ;
- Avoir une approche sur l'incidence du matériau et du procédé sur le coût de la pièce

### MODES D'EVALUATION

- **Suivant détail fiche RNCP**
- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*

	<p style="text-align: center;"><b>Module Conception de pièces moulées S7</b></p> <p style="text-align: center;">UE : Conception et mise en forme Nombre de crédits ECTS UE : 7</p>	<p>CM :           <b>6 h</b>  TD :           <b>19 h</b>  TP :  projet :       <b>6 h</b>  Evaluation : <b>CC</b>  Travail personnel : <b>5 h</b></p>
---	--	---

## OBJECTIFS

**Ce module est composé de deux grandes parties articulées comme suit :**

### **Conception d'outillage et de pièces moulées**

*Cf fiche n°326 EM 2A*

L'étude de moulage est cruciale pour définir les méthodes et moyens nécessaires à la fabrication d'une pièce de fonderie, en partant d'un plan et d'un cahier des charges. Elle sert de base au dialogue entre le client, le modelleur et le fondeur, et est réalisée par le technicien ou ingénieur en collaboration avec le bureau des méthodes. Cette étude permet de déterminer le procédé de moulage, concevoir les outillages, et organiser et chiffrer la fabrication. Le cours vise à fournir aux élèves les critères techniques pour réaliser des pièces moulées de manière optimale, en respectant les exigences techniques et économiques précises des cahiers des charges. Une bonne culture technique en fonderie est nécessaire pour maîtriser cette discipline professionnelle.

### **Méthode fonderie sable**

*Cf fiche n°327 Méthode de fonderie sables 2A*

La filtration dans le moulage en sable retient les impuretés dans l'alliage liquide et nécessite de comprendre les phénomènes d'écoulement et la métallurgie. Ce cours enseigne les principes de rétention des impuretés, les produits de filtration disponibles, et les méthodes de calcul pour déterminer les dispositifs de filtration. Il aborde l'amélioration de la qualité des pièces moulées grâce à la filtration. Pour les pièces massives ou alliages à haut point de fusion, le cours inclut les calculs pour les systèmes de remplissage avec éléments réfractaires, notamment le rendement hydraulique et les conséquences de l'engorgement. Il introduit aussi les systèmes de remplissage à plan de joint vertical, en particulier le raccordement de canaux à différentes altitudes.

## PRE-REQUIS

- Masselottage et remplissage (cf 1A )

## MOTS CLÉS (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Masselottage (dispositif de) – Alimentation (dispositif d') – Solidification – Masselotte – Manchon - Retrait volumique – Module thermique – Module géométrique – Plaque équivalente – Distances d'alimentation – Tracé – Refroidisseur – Phénomènes métallurgiques et thermiques liés à la solidification (retrait volumique, écoulement de la chaleur) – Analyse de la forme – Plaques équivalentes – Les 3 règles de masselottage – Exemples didactiques de pièces industrielles

Remplissage – Coulée – Attaque (système d', dispositif d', méthode d') – Descente (de coulée) - Chenal (*ou* canal) – Attaque (de coulée) – Bassin – Entonnoir (*ou* godet) - Viroles réfractaires – Poteries réfractaires (système de coulée en) – Fonctionnement d'un système d'attaque – Régimes d'écoulement (transitoire, établi ou semi-permanent) – Remplissage calme : calcul section de descente – Echelonnement des systèmes de coulées – Exemple didactique de pièces industrielles

Filtration (*et* dispositif de *ou* système de) – Filtre (en mousse de céramique, comprimé fritté, multicellulaire extrudé, grille) – Rétention – Crasses – Impuretés – Surface utile de filtration – Coulée directe – manchons filtrants – boîtes à filtres et carrousels.

Filtration en moule et hors moule, analogie hydraulique - Tracé du système et du dispositif de filtration - Méthode CTIF et autres méthodes : cas des ferreux et des non ferreux.

Eléments réfractaires, poteries réfractaires, système de remplissage, plan de joint vertical.

### **Key words**

*Rising (system) – Feeding (system) – Solidification – Riser (or head or feeder) – Sleeve – Volumic contraction – Thermal modulus – Geometrical modulus – Equivalent plate – Feeding distances – Design – Chill – Metallurgical and thermal phenomena due to the solidification (volumic shrinkage, heat flow) – Shape analysis – Equivalent plates – Three rules of rising – Castings didactic examples*

*Running – Gating (system, method) downgate – Sprue – Runner – Ingate (or gate) – Bush (or cup) – Tundish – Refractory running (or gating) system – Running system working – Flow rates (transitional or half-permanent) – Quiet flow rate – Sprue cross section calculation – Cross sections ratios of running systems – Castings didactic examples*

*Filtering or Filtration (system), (ceramic foam - sintered - extruded multicellular - grid) Filter, Retention - Cinder, Slag, Dross - impurity - Useful filtering (or filtration) surface - Filtering in mold and out mold - hydraulic analogy - filtering (or filtration) - system or device design - CTIF Method and others ones : ferrous and non ferrous alloys examples.*

*Refractories, refractory pottery, Filling system, Vertical parting plane.*

## **COMPÉTENCES ACQUISES** à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	C
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	B
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	B
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	C

02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	B
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	B
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	C

03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	B
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	C
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	C

04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)

*Superviser la production en fonction des commandes et exigences fixées, mesurer la performance en fonction des indicateurs mis en place tout en mobilisant les ressources adaptées dans une démarche d'amélioration continue*

3. Contrôler les conditions de la production.	C
Contribuer à la stratégie de l'entreprise par l'analyse des données de production, par des propositions d'optimisation en tenant compte des contraintes environnementales, sociales (RSE), techniques et économiques.	C

**Être capable de :**

### **Conception d'outillage et de pièces moulées**

Durant ces 3 années, les études de moulage progressent avec des pièces aux formes et géométries de plus en plus complexes, intégrant les moyens techniques de la fonderie et des cahiers des charges détaillés. Une sensibilisation aux aspects économiques et environnementaux de la production est également abordée, incluant cadence, implantation, organisation du travail, et impacts sur l'environnement et la santé des opérateurs.

Doit permettre à l'élève apprenti **d'être capable de :**

- Définir le sens de moulage en considérant l'alimentation, la stabilité des noyaux, les points d'usinage, le remplissage et l'évacuation des gaz.
- Représenter les plans de la pièce brute, en incluant les surépaisseurs d'usinage et la coupe du moule, et calculer le poids de la pièce brute en décomposant la forme en volumes élémentaires.
- Déterminer le procédé de moulage en fonction de la quantité, des dimensions et des tolérances des pièces, définir les outillages et dessiner les boîtes à noyaux.
- Calculer les systèmes de remplissage et d'alimentation, représenter et coter sur le plan, et indiquer la composition exacte des matériaux des moules et noyaux.
- Critiquer la géométrie de la pièce, proposer des modifications pour améliorer le moulage, et recommander des contrôles pour garantir la qualité.
- Proposer une approche technico-économique des choix réalisés et une analyse des impacts environnementaux des procédés et produits utilisés.


### **Méthode fonderie sable**

- Reconnaître les défauts de propreté inclusionnaire sur les pièces de fonderie et comprendre que la filtration en moule, bien que bénéfique, n'est pas une solution universelle pour atteindre la qualité requise.
- Sélectionner le filtre approprié pour garantir la qualité exigée par le client, en tenant compte de l'alliage, de la température de coulée, de l'épaisseur des pièces et des caractéristiques spécifiques du filtre.
- Calculer, tracer, positionner et dimensionner les dispositifs de remplissage et leurs dispositifs de filtration en moule.
- Déterminer les surfaces utiles optimales de filtration en fonction de l'alliage, du filtre utilisé et de la température de coulée.
- Évaluer les valeurs de capacité de filtration et de débit massique surfacique pour les solutions proposées.
- Dimensionner les systèmes de remplissage constitués de poteries réfractaires et les systèmes à plan de joint vertical, en particulier les sections des canaux, des attaques et de la descente à chaque altitude.

### **MODES D'ÉVALUATION**

#### **Suivant détail fiche RNCP**

- *Évaluation des connaissances : devoirs maison*
- *Études de cas, projets réalisés en groupe*

	<h2 style="text-align: center;">Module Conception pièces forgées S7</h2> <p style="text-align: center;">UE : Conception et mise en forme Nombre de crédits ECTS UE : 7</p>	<p>CM : <b>1 h</b>  TD : <b>18 h</b>  TP :  PROJET : <b>5 h</b>  Evaluation : CC</p>
--	--	--

### *Cf fiche n°334 EF 2A*

#### **OBJECTIFS**

Le forgeage est la déformation plastique des matériaux métalliques pour produire des pièces mécaniques. Ce processus commence par la préparation d'une gamme de transformation étudiée en bureau des méthodes, à partir du dessin de la pièce usinée jusqu'au choix du lopin. L'étude du forgeage inclut la maîtrise des techniques d'estampage, d'ébauchage, de refoulement, de roulage, d'étirage, de laminage, de cambrage, de débouchage, et d'ébavurage. Les choix technologiques sont basés sur la quantité de pièces, les dimensions, le matériau, et les capacités de l'entreprise. Certaines techniques sont utilisées dans divers procédés comme la forge libre, l'estampage, le matriçage, l'extrusion, la frappe à froid, et le laminage circulaire. Les cours et travaux dirigés de deuxième année se concentrent sur la réalisation des ébauches de pièces longues et incluent une série sur l'apprentissage de la simulation numérique.

#### **PRE-REQUIS**

- Distinguer et définir les différentes techniques de forgeage
- Concevoir une pièce forgée en utilisant les différentes règles de tracé
- Comprendre les phénomènes métallurgiques mis en jeu lors de la déformation plastique
- Connaître les différentes machines de forgeage ainsi que leurs principes de fonctionnement
- Concevoir une gamme simple de fabrication
- Aborder les principes de conception des différents outillages nécessaires
- Connaître l'évolution des caractéristiques mécaniques dues à l'opération de forgeage
- Appréhender la pratique de l'obtention des pièces : moyens de chauffage, machines de forgeage, montage et réglage des outillages

#### **MOTS CLÉS**

Forge - Forge libre - Estampage – Extrusion – Frappe à froid - Habillage - Ebauche - Roulage - Etirage - Refoulement - Laminage - Cambrage - Gamme de forgeage

#### **Key words**

*Forge - Open die forging – Die forging – Cold Forging - Preform - Rolling - Stretching - Heading - Rolling - Bending - Forging process*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	C
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	B
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	B
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	C

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	B
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	B
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	B

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	B
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	B
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	C

**Etre capable de :**


- Définir une pièce estampée en respectant les règles de tracé liées au métier.
- Analyser la morphologie de la pièce, et déterminer les modes d'obtention possible.
- Choisir une technique qui présentera un intérêt économique, en particulier en fonction de la taille de la série.

*Définir la géométrie de chacune des étapes de forgeage : Ebauche cambrée, Ebauche laminée, Formes intermédiaires de laminage, Ebauche étirée, Ebauche refoulée, Lopin de départ, Toute autre géométrie compatible avec le forgeage.*

- Vérifier à l'aide de la simulation numérique la qualité de l'étude menée.
- Corriger les éventuels défauts révélés par la simulation numérique.

**MODES D'EVALUATION**

- **Suivant détail fiche RNCP**
- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*

	<p style="text-align: center;"><b>Module Génie des procédés S7</b></p> <p style="text-align: center;">UE : Conception et mise en forme Nombre de crédits ECTS UE : 7</p>	<p>CM : 27 h TD : 12 h TP : projet : 6 h Evaluation : 3 h Travail personnel : 7 h</p>
---	--	---

## OBJECTIFS

**Ce module est composé de trois grandes parties articulées comme suit :**

### **Sable de moulage et de noyautage**

***Cf fiche n°341 Sables 2A***

La coulée de pièces métalliques en fonderie utilise souvent des procédés de moulage sable, où les noyaux en sable réfractaire sont agglomérés par divers liants. Ce cours vise à enseigner aux étudiants la nature et les propriétés de ces liants et leur impact sur la qualité des pièces, pour effectuer des choix technico-économiques appropriés tout en respectant les contraintes d'hygiène, de sécurité et environnementales. Le moulage "sable à vert" est abordé pour sa popularité en raison de son rapport qualité/coût, incluant la composition et le rôle des constituants comme le sable, la bentonite, les additifs carbonés et l'eau. Les contrôles des sables et des constituants, ainsi que les dangers associés, sont également traités. Le cours couvre aussi les équilibres de pressions pendant la coulée du métal. Les procédés de sables à prise chimique, révolutionnaires depuis les années 50, sont examinés pour leur capacité à fabriquer des moules et noyaux complexes, incluant les procédés à prise thermique, autodurcissants et par gazage, ainsi que les enduits et additifs nécessaires.

### **Moulage en coquille gravité**

***Cf fiche n°343 Moul coquille 2A***

Le moulage coquille gravité permet de produire diverses pièces pour les industries automobile, ferroviaire, aéronautique, armement et bâtiment, principalement avec des alliages d'aluminium et de cuivre. Ce cours vise à transmettre aux apprentis les connaissances nécessaires pour définir la grappe de coulée à partir du plan d'une pièce, en incluant le système de remplissage et de masselottage. Les élèves apprendront également à morceler et dimensionner l'outillage, à gérer les régimes thermiques et à appliquer les dépôts de poteyage. Les travaux dirigés les amènent à concevoir des coquilles à partir de projets industriels réels, en tenant compte des spécifications et des quantités à produire, et à présenter leurs études comme des fournisseurs professionnels.

### **Forgeage des alliages légers**

***Cf fiche n°344 FoEstampAciers 2A***

Ce cours sur la forge aborde les avancées récentes et les exigences de l'industrie, notamment dans les secteurs de l'énergie, de l'aéronautique, de l'automobile et de la défense. Il vise à familiariser les étudiants avec les processus modernes de forgeage, tels que le forgeage à chaud et à mi-chaud, adaptés aux formes complexes et aux hautes caractéristiques mécaniques des pièces. Les aspects technico-économiques sont également mis en avant, incluant la compétitivité et l'amélioration globale de la qualité

des pièces forgées. Le cours couvre la transition vers des aciers offrant des propriétés optimisées dès la phase de forge, en intégrant les mécanismes métallurgiques et les applications industrielles.

## PRE-REQUIS

- Connaissance des éléments et table de classification (Mendeleïev),
- Savoir équilibrer des équations chimiques,
- Connaissance des matériaux métalliques de base,
- Lois de Gauss, de Boyle-Mariotte, de Lavoisier (conservation des masses), de Curie, de Laplace.
- Métallurgie des alliages d'aluminium (notion d'intervalle de solidification, mode de solidification) - (Cf 2A-507)
- Défauts de fonderie (retassure, soufflure, crique, malvenue, ...) - (Cf 1A-701)
- Thermique (chaleur massique, chaleur latente, conductivité thermique, résistance thermique, choc thermique).
- Mécanique (énergie cinétique, énergie potentielle, pertes de charge, ...).
- Dessin industriel (lecture de plan d'une pièce).
- Compétences de conception assistée par Ordinateur sous le logiciel CATIA V5.
- Notions de simulation de fonderie
- Bonnes connaissances en construction mécaniques notamment en résistances des matériaux et en structures métallurgiques
- Bonnes connaissances des outils de conception et simulation dans différentes technologies de transformation.
- Bonnes connaissances sur le calcul des efforts, la transmission des mouvements et les vitesses de déplacement nécessaires aux fabrications sur les machines de transformation en forge.
- Connaissances de base en mécanique et conception.
- Connaissances métallurgiques sur les aciers et les traitements thermiques.
- Avoir des notions de base sur la mise en forme par forgeage au moins à chaud.

## MOTS CLÉS

Moulage sable – Argile – Additifs – Contrôles sable – Défauts – Caractérisation – Réactions de polymérisation et de réticulation – Application aux sables à prise chimique – Problèmes d'incompatibilité – Sable à prise chimique – Liant – Résines – Noyautage – Enduits – Procédés – Hygiène et sécurité – Recyclage – Environnement.

Sable à vert – Moulage à vert – Bentonites – Noirs – Noirs poudres – Additifs carbonés – Eau – Contrôle des constituants des sables à vert – Pression métallo-statique – Carbone brillant – Contrôles des sables à verts – Stockage des noirs (additifs carbonés) – Risques au stockage.

Moulage coquille gravité – moule – outillage – conception – remplissage – thermique – masselottage – poteyage

Moules permanents – échange thermiques – construction coquille

Forge à chaud – aciers – machines de forgeage à chaud – gammes de fabrication – propriétés des pièces – concurrence – coûts – simplification des procédés – mécanismes métallurgiques – modes de durcissement – structure ferrito-perlitique – structure bainitique – diagramme TRC – refroidissement contrôlé – grain – titane – usinabilité – pièces automobile - downsizing

Forgeage à froid – forgeage à mi-chaud – extrusion – filage – filage direct- filage inverse – calibrage – refoulement – débouchage – découpage – tréfilage - forgeage combiné – cisailage – réduction de section - tolérances dimensionnelles – forgeage de précision – lubrification – phosphatation – presse de forgeage – frettage – carbure.

Energie – accumulation d'énergie – percussion – pressage – pilons – simple effet – double effet – contre frappe – masse – chabotte – jambage – gravité – relevage – accélération – balancier – volant – vis – presses – puissance – vitesse – course – bâti – tirant – table – coulisseau – excentrique – bielle – coin – genouillère – cinématique – allongement – éjection – dépouille – pièces estampées – série – laminage circulaire – laminage transversal – laminoir à retour – réduction – ébauche– implantation – référence – fixation.

### **Key words**

*Sand moulding – Additives – Process – Sand controls – Defects – Chemically bonded sand – Core making – Coating – Resin – Binder – Coring – Health and Safety – Recycling – Environment.*

*Green sand – Green sand casting – Clay – Coal dust – Powder coal dust – Lustrous carbon producer – Control of green sand raw material – Metallo-static – Pressure – Lustrous carbon – Control of green sand - Coal dust (carbonaceous producer) – Storage – Storage ris*

*Gravity die casting – mould – tooling – design – filling – thermal study – risering – die coating*

*Permanent mold –thermal exchange –gravity casting die design*

*Hot forging – powder metallurgy - steels – machines for hot forging – fabrication routes – parts properties*

*Cold forging – warm forging – cold extrusion – forward drawing – coining – combined forging – shearing – dimensionnal allowance – precision forging – lubrification – phosphating – forging press.*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	C
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	B
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	C
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	B

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	C
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	C
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	C

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	C
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	B

## Être capable de :

### Sable de moulage et de noyautage

- Sélectionner le squelette réfractaire du sable, le type de liant argileux (bentonite), les additifs carbonés, et les procédés de noyautage ou de moulage à prise chimique adaptés aux besoins spécifiques du moulage.
- Maîtriser les paramètres critiques des procédés de moulage et noyautage, et choisir les enduits et additifs appropriés pour garantir la qualité des pièces.
- Définir le cahier des charges pour la commande des matériaux et effectuer des contrôles de réception rigoureux pour assurer la conformité des produits reçus.
- Comprendre l'évolution du sable de moulage en circuit pour minimiser les dérives et définir les contrôles nécessaires pour suivre et stabiliser le sable à vert préparé.
- Reconnaître et cerner les rôles des éléments constitutifs du sable à vert, y compris le liant argileux et les additifs carbonés, et comprendre les phénomènes physiques et chimiques lors de la coulée.
- Identifier les points de contrôle, établir un plan d'action pour anticiper les dérives et les risques de défauts, et maîtriser la qualité du sable de moulage pour optimiser la qualité des pièces de fonderie.

### Moulage en coquille gravité

- Orienter la pièce dans l'outillage, définir le nombre de pièces par moule, le système de remplissage et de masselottage, ainsi que le process de moulage.
- Déterminer la nature et l'épaisseur des dépôts de poteyage, dimensionner l'outillage, estimer les régimes thermiques, et positionner les prises de température.
- Définir le temps de cycle de production en incluant fermeture du moule, temps de remplissage, temps de refroidissement de la pièce et du moule.
- Considérer les impacts qualité, coûts et délais lors de la validation des choix techniques et rédiger les fiches méthodes et de production.
- Étudier les particularités de fonderie, choisir le sens de moulage et remmoulage des noyaux, concevoir la coquille, et étudier les systèmes de tirage d'air, refroidissement, et évacuation de la pièce.
- Présenter les schémas de principe du poste de travail et des étapes de finition, et estimer les investissements nécessaires.

### Forgeage des alliages légers

- Choix des moyens et conditions de réalisation des lopins pour la déformation à chaud : Sélection des équipements et conditions thermiques adaptés pour la préparation des lopins.

- Optimisation du chauffage et de la lubrification : Définition précise des paramètres de chauffage et des méthodes de lubrification pour faciliter la déformation à chaud.
- Contrôle qualité et grenailage : Proposition de méthodes de contrôle rigoureuses pour garantir les propriétés des pièces forgées, incluant le grenailage pour le nettoyage des surfaces.
- Comparaison des procédés de mise en forme à chaud et à froid : Analyse des avantages et inconvénients des différents procédés en termes de géométrie, propriétés mécaniques et coût.
- Compromis technico-économique et choix des nuances : Approche intégrée des aspects économiques et techniques pour choisir les nuances d'aciers micro-alliés adaptées aux exigences spécifiques.
- Applications industrielles et tests spécifiques : Illustration par des exemples industriels des choix stratégiques concernant les aciers et procédés pour répondre aux normes de l'industrie automobile, y compris les tests de résistance à la fatigue.

## **MODES D'ÉVALUATION**

### **Suivant détail fiche RNCP**

- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*
- *Études de cas, projets, restitution orale*

	<p style="text-align: center;"><b>Module Resp. Sociétale et environnementale S7</b></p> <p style="text-align: center;">UE : Gestion et communication Nombre de crédits ECTS UE : 2</p>	<p>CM : 8 h TD : 4 h Evaluation : 1 h Travail personnel : 2 h</p>
---	--	---

### ***Cf fiche n°412 Dev durable 2A***

#### **OBJECTIFS**

Ce cours se concentre sur l'impact croissant des activités industrielles sur l'environnement, mettant en lumière les défis tels que le changement climatique, la sécurité énergétique, et la biodiversité. Il explore l'évolution réglementaire européenne depuis les années 1970, soulignant l'importance croissante de la maîtrise des risques industriels et de la réduction des émissions de polluants en France. Bien que l'industrie française ait montré des performances remarquables grâce à la recherche et aux investissements technologiques, la pression sociétale exige une intégration précoce des considérations environnementales et sociales dans les projets industriels. Ce cours se divise en quatre parties principales : les grands enjeux environnementaux, le cadre juridique environnemental, l'impact économique de l'énergie, les défis liés aux émissions polluantes, et l'économie circulaire. Son objectif est d'armer les étudiants avec les bases du développement durable, cruciales pour leur future carrière dans l'industrie, en forge ou en fonderie, soulignant que la gestion environnementale est désormais essentielle pour assurer la compétitivité des entreprises.

#### **PRÉREQUIS (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)**

Connaissance des procédés de fonderie (procédés de moulage, noyautage) ; procédés de fusion des ferreux et non-ferreux.

Connaissances des procédés de forge.

Connaissances générales en environnement (qualité de l'air, de l'eau) et en hygiène.

#### **MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Fonderie – forge – développement durable – réglementation environnementale – installations classées pour la protection de l'environnement – ICPE – autorisation d'exploiter – étude d'impact - directive européenne – meilleures technologies disponibles - contrôle des rejets – valorisation des déchets – hygiène et conditions de travail – risque chimique – responsabilité sociétale des entreprises – écoconception – analyse de cycle de vie – énergie – émission de CO<sub>2</sub> – efficacité énergétique – changement climatique – approvisionnement en métaux. **RSE**

#### **Key words**

*Foundry – smithery – sustainable development – environmental regulation – installation with regulation for environmental protection – environmental authorization – impact evaluation – European directive – best available technologies – pollution control – waste recycling – health and condition of work – chemical risks – corporate social responsibility – ecodesign – life cycle analysis – energy – climate change – metal supply.*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issu de cet enseignement (CM et TD inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	C
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	B
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	C

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	C
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	C
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	C

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	B
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	B
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	C

### 04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)

*Superviser la production en fonction des commandes et exigences fixées, mesurer la performance en fonction des indicateurs mis en place tout en mobilisant les ressources adaptées dans une démarche d'amélioration continue*


1. Planifier et mettre en œuvre la production en fonction des flux, des délais, de l'approvisionnement et mobiliser les ressources adaptées y compris humaines.	C
2. Manager les ressources humaines nécessaires à la bonne réalisation des objectifs de production.	C
Contribuer à la stratégie de l'entreprise par l'analyse des données de production, par des propositions d'optimisation en tenant compte des contraintes environnementales, sociales (RSE), techniques et économiques.	B

### **Etre capable de :**

- Intégration des enjeux environnementaux et contraintes dès les phases initiales des projets, alignées avec la stratégie de Développement Durable ou RSE de l'entreprise.
- Connaissance des installations classées pour la protection de l'environnement et de leur nomenclature.
- Compréhension du rôle du préfet et de l'inspection des installations classées, ainsi que du processus de demande d'un permis d'exploiter.
- Capacité à répondre aux demandes des autorités administratives tout au long du cycle de vie des installations.
- Choix justifié des technologies et solutions auprès des autorités administratives, en tenant compte des impacts environnementaux et des tiers concernés.

### **MODES D'ÉVALUATION**

- **Suivant détail fiche RNCP**
- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*

	<p style="text-align: center;"><b>Module Sciences Humaines Economiques et Sociales S7</b></p> <p style="text-align: center;">UE : Gestion et communication Nombre de crédits ECTS UE : 2</p>	<p>CM : TD : TP : <b>4 h</b> proj : Evaluation : <b>CC</b> Travail personnel : <b>cc</b></p>
---	--	--

***Cf fiche 430 431 450 CSA ESI VE 2A***

**OBJECTIFS**

**Conseils de suivi des apprentis**

Donner à nos élèves une ouverture sur le monde industriel et scientifique.

Les inciter à s'exprimer et à s'épanouir dans un cadre et un environnement différent de celui de l'Ecole.

Les préparer efficacement à leur future vie professionnelle.

**PRE-REQUIS** (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)

- Aucun prérequis pour la seconde partie

**MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Conseil de suivi des apprentis

**Key words**

*Apprenticeship follow-up survey*

**COMPÉTENCES ACQUISES** à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	C
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	B

03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	C
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	C

04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)

*Superviser la production en fonction des commandes et exigences fixées, mesurer la performance en fonction des indicateurs mis en place tout en mobilisant les ressources adaptées dans une démarche d'amélioration continue*

1. Planifier et mettre en œuvre la production en fonction des flux, des délais, de l'approvisionnement et mobiliser les ressources adaptées y compris humaines.	C
2. Manager les ressources humaines nécessaires à la bonne réalisation des objectifs de production.	C
3. Contrôler les conditions de la production.	C

**Être capable de :**


### **Conseils de suivi des apprentis**

- Intervenir de façon active et positive lors d'une visite en entreprise
- Réaliser une synthèse des éléments débattus lors d'une conférence

### **MODES D'ÉVALUATION**

**Suivant détail fiche RNCP**

- *Restitution orale, contrôle continu*

	<p><b>Module Langues vivantes S7</b></p> <p>UE : Gestion et communication Nombre de crédits ECTS UE : 2</p>	<p>CM : 10 h TD : 5 h TP :</p> <p>Evaluation : 3 h Travail personnel : en classe</p>
--	---	--

***Cf fiche n°442abc***

**OBJECTIFS**

En deuxième année, le programme vise à renforcer les compétences linguistiques des étudiants pour réussir l'examen externe TOEIC. Le focus est mis sur l'expansion du vocabulaire, y compris l'identification des faux-amis et l'acquisition du lexique spécifique au TOEIC et à l'environnement professionnel international. Les aspects du système verbal anglais sont approfondis, notamment la distinction des temps comme le présent simple, le présent continu, le present perfect, et la maîtrise des formes actives et passives, des modaux et des verbes à l'infinitif et en -ing, ainsi que la concordance des temps. La pratique de la compréhension orale et de l'expression dans des contextes quotidiens et professionnels est intensifiée, avec l'apprentissage d'expressions structurantes pour l'oral et la restitution de documents audio. Les étudiants se familiarisent également avec les spécificités de l'examen TOEIC, en apprenant des stratégies adaptées à chaque section, la gestion efficace du temps et en s'entraînant régulièrement dans des conditions similaires à celles de l'examen.

**PRÉREQUIS (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)**

Avoir un niveau B1 en anglais.

**MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF) : *autonomie, vocabulaire, conjugaisons, restitution*

Renforcer les structures de base - Améliorer la compréhension orale - Révision et préparation du TOEIC, consolidation des stratégies de travail personnel pour apprendre une langue.

***Key words***

*Consolidate basic structures, improve listening skills, TOEIC preparation, consolidation of language learning strategies*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 02 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	C
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	C

### 04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)

2. Manager les ressources humaines nécessaires à la bonne réalisation des objectifs de production.	C
--	---

### Etre capable de :

- Comprendre : des textes professionnels, généraux, écrits ou parlés.
- S'exprimer à l'oral et à l'écrit pour expliquer son rôle et sa mission dans l'entreprise.
- De communiquer sur le monde de l'entreprise.
- Se familiariser avec un ensemble d'expressions idiomatiques.
- Utiliser correctement les structures de la grammaire anglaise.
- Travailler de façon autonome et efficace dans le but de réussir l'examen du TOEIC en fin d'année.

### Travaux à réaliser :

Le contrôle continu permet à l'étudiant de piloter son apprentissage lui-même, et aussi d'ajuster son travail personnel pour mieux réussir l'épreuve finale.

Chaque semaine, des exercices du type TOEIC seront à préparer pour la séance suivante. Suivant le niveau et les besoins, les professeurs peuvent aussi demander des rédactions, des enregistrements audios ou des exercices de révision générale.

## MODES D'EVALUATION


- **Suivant détail fiche RNCP**
- *Études de cas, projets réalisés en groupe, restitution orale*
- *Examen officiel du TOEIC*

# Maquette S8

Nombre heures CFA : 630		Année scolaire 2024-2025			
<i>2<sup>ème</sup> année de la Filière Initiale par Apprentissage</i>					
<i>1<sup>ère</sup> année du cycle terminal de la Formation Continue</i>					
Unités	Modules	<b>Semestre 8</b>	Nb h (+le)		Crédits ECTS Crédits ECTS
<b>I - Sciences de base pour l'ingénieur - S8</b>	Mathématiques - S8	Statistiques et probabilités	41 h	5	7
	Informatique industrielle - S8	Projet numérique fonderie	24 h	8	
		Simulation forge	22 h		
<b>II - Structure et comportement des matériaux - S8</b>	Métallurgie - S8	Métallurgie et élaboration des aciers	23 h	3	2
<b>III - Conception et Mise en forme - S8</b>	Représentation dimensionnelle - S8	Métrologie	17 h	1	5
	Conception de pièces moulées - S8	Conception d'outillages et de pièces moulées	16 h	2	
	Conception de pièces forgées - S8	Conception d'outillages et de pièces forgées	19 h	2	
	Génie des procédés - S8	Equipements de moulage et de noyautage	22 h	3	
		Machines de forge	20 h		
<b>IV - Gestion et Communication - S8</b>	Sc. Humaines, Economiques et Sociales - S8	Enjeux de la qualité	20 h	9	6
		Industrie 4.0 Gestion de production	18 h		
		Gestion de projet	6 h		
		Enseignements sur Site Industriel	40 h		
		Activation des comportements professionnels	25 h		
		Conseil de suivi des apprentis	4 h		
	Langues vivantes - S8	Langues vivantes	18 h	3	
<b>V - Aquisition en entreprise - S8</b>	Apprentissage - S8	Thème Industriel	-	10	10
24/06/24	<b>Total CFA</b>		<b>335 h</b>	<b>46</b>	<b>30</b>

### *Légende compétences :*

- **A : compétence maîtrisée**
- **B : compétence acquise**
- **C : compétence en cours d'acquisition**

	<h2>Module mathématiques S8</h2> <p>UE : Sciences de base pour l'ingénieur Nombre de crédits ECTS UE : 7</p>	<p>CM : 26 h TD : 13 h TP : Evaluation : 2 h + projets</p>
---	--	--

### *Cf fiche n°112 stat 2A*

#### **OBJECTIFS**

La maîtrise des éléments de base des statistiques est indispensable à la pratique des métiers de l'Ingénieur pour analyser et interpréter des résultats, ainsi que pour satisfaire certaines approches qualité. Cela inclut :

1. **Statistiques descriptives à une variable** : Mettre en forme et caractériser les distributions de données.
2. **Statistiques descriptives à deux variables** : Connaître les fondamentaux de la régression et de la corrélation.
3. **Probabilités usuelles** : Comprendre les principales propriétés des probabilités et les lois de distribution, en particulier la loi normale.
4. **Estimation et échantillonnage** : Savoir passer d'une population à un échantillon et inversement, maîtrisant les techniques d'estimation.
5. **Tests statistiques** : Connaître la mécanique des tests statistiques et savoir manipuler les tests les plus simples pour vérifier des hypothèses.

Ces compétences sont essentielles pour les ingénieurs afin de garantir la qualité et la fiabilité des analyses et des conclusions tirées des données.

#### **PRÉREQUIS (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)**

Les pré-requis concernent le calcul algébrique, l'analyse combinatoire, les fonctions usuelles et le calcul intégral élémentaire

(Cf 1A- 101)

#### **MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Statistique descriptive à une ou deux variables – Axiome et base des probabilités – Variables aléatoires discrètes et continues - Théorème de Bayes – Distribution Normale – Convergence en Loi – Estimation et tests – Intervalles de confiance – ANOVA – Khi 2 – Plans d'expériences – Corrélation – modèles.

#### **Key words**

*Probability - Statistics– theorem of Bayes- Normal distribution – Central limit theorem – Hypothesis and Risks – Analyse of variance – Non-parametric-tests – correlation – Data analysis models (regression...)*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	C
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	C
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	C
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	C

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

4. Mettre en œuvre une démarche expérimentale en interaction avec les parties prenantes pour mettre au point le produit concerné afin de garantir et d'optimiser ses propriétés	B
---	---

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	C
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	B

### 04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)

*Superviser la production en fonction des commandes et exigences fixées, mesurer la performance en fonction des indicateurs mis en place tout en mobilisant les ressources adaptées dans une démarche d'amélioration continue*


1. Planifier et mettre en œuvre la production en fonction des flux, des délais, de l'approvisionnement et mobiliser les ressources adaptées y compris humaines.	C
3. Contrôler les conditions de la production.	B

**Etre capable de :**

- Calculer les paramètres de position et de dispersion, et tracer des histogrammes.
- Appliquer la régression linéaire et la corrélation, et manipuler l'analyse combinatoire et les probabilités de base.
- Utiliser des arborescences et le théorème de Bayes, définir des variables aléatoires et appliquer des lois de probabilité discrètes et continues.
- Appliquer des théorèmes statistiques (limite centrée, Bienaymé-Tchebychev), mesurer la qualité des estimateurs, et déterminer des intervalles de confiance.
- Effectuer des tests statistiques (ANOVA, adéquation), modéliser des problèmes d'incertitude, et exploiter des données incertaines.

**MODES D'EVALUATION**

- **Suivant détail fiche RNCP**
- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*

	<p style="text-align: center;"><b>Module informatique industrielle</b></p> <p style="text-align: center;"><b>S8</b></p> <p style="text-align: center;">UE : Informatique Industrielle Nombre de crédits ECTS UE : 7</p>	<p>CM : 8 h TD : 12 h TP : 16 h proj : 9 h Evaluation : 2 h Travail personnel : 2 h</p>
---	---	---

## OBJECTIFS

**Ce module est composé de deux grandes parties articulées comme suit :**

### **Projet numérique fonderie**

#### ***Cf fiche n°124b Projet Num 2A et 124c ProjetNum 2A***

En 2ème année, les étudiants, travaillant par groupes de 2 ou 3, abordent un projet de bureau d'études sur le premier semestre, se concluant par une présentation écrite et une soutenance. Ils utilisent des outils numériques pour concevoir une pièce de fonderie en suivant un cycle itératif et en tenant compte des contraintes mécaniques et thermiques. À partir d'un dossier complet (cahier des charges, plans, choix de matériaux), ils réalisent la conception détaillée de la pièce en CAO (CATIA V5), en définissant le plan de joint et les systèmes de remplissage et de masselottage. Le projet inclut la préparation d'un dossier de synthèse technico-économique, contenant les notes de calculs mécaniques et de conception, l'étude de moulage et des propositions d'amélioration. Chaque groupe présente ensuite son dossier en classe entière.

La conception des pièces dépasse la simple représentation géométrique pour répondre aux exigences rapides du marché, nécessitant des méthodes de conception efficaces. L'enseignement vise à former des ingénieurs à utiliser la simulation numérique pour optimiser les fonctions des pièces avec les contraintes de production en fonderie. Une introduction aux principes fondamentaux de la simulation numérique est suivie de TP sur des outils comme VisualCAST/QuikCAST. Les étudiants apprennent à modéliser efficacement pour répondre à des besoins industriels. Ils réalisent ensuite un projet complet, appliquant toute la chaîne de conception pour développer des solutions dans un cadre QCD, en utilisant des méthodologies numériques pour garantir la compatibilité produit/process et l'efficacité de la mise en grappe.

### **Simulation forge**

#### ***Cf fiche n°125SimuFo 2A***

Le cours sur la modélisation et la simulation numérique des pièces forgées inclut des démonstrations industrielles pour montrer l'état de l'art et permet aux élèves d'optimiser les gammes de forgeage en réalisant plusieurs calculs. L'objectif est aussi de caractériser le comportement des nuances d'acier pour la forge en utilisant des essais simples comme la torsion, la traction et la compression. Les notions d'érouissage et de ductilité sont présentées avec des courbes de traction et des lois de comportement à chaud et à froid. Les méthodologies d'acquisition de ces lois, ainsi que les difficultés expérimentales associées, sont également abordées. Les élèves acquièrent des connaissances concrètes sur les essais de caractérisation en mise en forme et leur application en entreprise,

illustrées par des exemples concrets de simulation dans la sidérurgie, tels que le laminage, la solidification et le traitement thermique.

**PRE-REQUIS** (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)

CAO, Notions sur les procédés de fonderie et sur la métallurgie, Règle de tracé des pièces de forge et de fonderie, Règle de tracé des outillages de forge et de fonderie, notions de mécanique, maîtrise des outils de bureautique pour les présentations, cours de conception fonctionnelle de 2eme année, règles de conception des systèmes de remplissage de pièces moulées par gravité sable, maîtrise des outils de simulation de remplissage et solidification

**MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Dépouilles - ligne de reflet – élément neutre– rayons – historique de conception – conception hybride / non hybride - habillage de forge & fonderie – plan de joint – talus – conception surfacique – opérations surfaciques – solidification de surfaces – mise en plan

Forge – Forge libre – Estampage – Habillage – Ebauche – Roulage – Etirage – Refoulement – Laminage – Cambrage – Gamme de forgeage.

Acier – Lois de comportement – Rhéologies – Aptitude au forgeage.

Tutoriel Simulation numérique en forge

TP ENSAM Metz - Schématisation des outillages avec cinématique - Confrontation simulation/expérience en mise en forme par forgeage - Présentation des résultats à l'ESFF

Caractérisation et modélisation des aciers en forge - Méthodologies d'acquisition des lois de comportement - Modélisation des procédés sidérurgiques

**Key words**

*Draft – reflect line - Fillet – history of design – hybrid / non-hybrid design – casting & forging part design - Parting line – stepped parting line – surface operation – surface design – 2D drawing*

*Forge – Open die forging – Die forging – Preform – Rolling – Stretching – Heading – Bending.*

*Steels – Behavior law – Rheology – Forging ability.*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	B
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	B
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	C
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	C

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	C
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	C
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	B

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	C
--	---

### 04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)

*Superviser la production en fonction des commandes et exigences fixées, mesurer la performance en fonction des indicateurs mis en place tout en mobilisant les ressources adaptées dans une démarche d'amélioration continue*

Contribuer à la stratégie de l'entreprise par l'analyse des données de production, par des propositions d'optimisation en tenant compte des contraintes environnementales, sociales (RSE), techniques et économiques.	C
---	---

## Être capable de :

### Projet numérique fonderie

- Concevoir de manière détaillée à l'aide d'outils de CAO des pièces de fonderie ou de forge incluant plan de joint et systèmes de remplissage et masselottage avec une logique de conception
- Réaliser un dossier technico économique et le présenter à un client
- Appréhender l'ensemble des résultats et réaliser des modifications de design en conséquence
- Comprendre et choisir les stratégies de modélisation adaptées (pression, vitesse, symétrisation) en fonction de la problématique, et savoir réparer, simplifier un maillage surfacique et réaliser une grille volumique dans QuikCAST selon les critères d'acceptation nécessaires.
- Choisir les matériaux de manière stratégique, définir les conditions limites pour la simulation de remplissage et de solidification en moulage sable, et placer des capteurs pour une exploitation précise des résultats.
- Analyser les résultats de simulation, y compris pression, vitesse, température, module thermique et retassure, pour une compréhension fine des phénomènes physiques et pour optimiser la qualité des pièces.


### Simulation forge

- Identifier les processus de fabrication d'une pièce forgée à froid
- Décrire un essai de caractérisation des matériaux
- Identifier les paramètres d'une loi de comportement
- Analyser une simulation numérique de mise en forme des matériaux
- Confronter une simulation numérique à des données expérimentales
- Identifier les paramètres clefs d'une simulation numérique
- Décrire une chaîne d'acquisition

## MODES D'ÉVALUATION

### Suivant détail fiche RNCP

- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*
- *Études de cas, projets réalisés en groupe, restitution orale*

	<h2>Module Métallurgie S8</h2> <p>UE : Structure et comportement des matériaux Nombre de crédits ECTS UE : 2</p>	<p>CM : 14 h TD : 7 h TP : Evaluation : 2 h Travail personnel: 3h</p>
---	--	---

### *Cf fiche n°224 Aciers 2A*

#### **OBJECTIFS**

Ce cours traite des différentes familles d'alliages métalliques, en particulier des aciers tels que les aciers inoxydables, à outils, et micro-alliés. La première partie rappelle les notions spécifiques de métallurgie, notamment les effets des éléments d'alliage et les mécanismes de durcissement lors des déformations plastiques et traitements thermiques, ainsi que les propriétés mécaniques, la soudabilité, l'usinabilité, et la fragilisation par l'hydrogène. La deuxième partie présente les principales familles d'alliages industriels, leurs caractéristiques, applications et évolutions, incluant les aciers d'usage général, spéciaux de construction, inoxydables, à outils, et résistants à l'abrasion. La troisième partie explore les processus d'élaboration des produits métalliques, de l'aciérie électrique à la métallurgie en poche et sous vide, ainsi que les techniques A.O.D.

#### **PRÉREQUIS (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)**

- ✓ RDM (Cf 1A-501)
- ✓ Transferts thermiques (2A-306)
- ✓ Métallurgie structurale (1A-502)

#### **MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Métallurgie des aciers - Propriétés d'usage - Propriétés mécaniques, trempabilité, soudabilité, usinabilité, Fragilisation par l'hydrogène - Aciers d'usage général - Aciers de traitements thermiques- Aciers inoxydables – Aciers à outils – Aciers rapides - Elaboration au four à arc acide et basique - Fours HF - Métallurgie sous vide - Métallurgie en poche – AOD – VOD – Valeur des ferrailles

#### **Key words**

*Steel metallurgy – Use properties - Mechanical properties – Hardenability - Weldability – Machinability – Hydrogen induced cracking – Steels for general uses - Steels for heat treatment – tool steels – high speed steels - Corrosion resistant steels – Melting in acid or basic electric arc furnaces - Melting in induction furnaces – Vacuum metallurgy – Ladle metallurgy – AOD – VOD - Scraps values*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 03 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	B
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	B
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	B

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	B
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	B
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	B
4. Mettre en œuvre une démarche expérimentale en interaction avec les parties prenantes pour mettre au point le produit concerné afin de garantir et d'optimiser ses propriétés	B

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	C
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	C
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process.	C


### Être capable de :

- Comprendre les propriétés physico-chimiques des aciers et les comparer aux autres matériaux industriels.
- Classer les aciers par familles selon leur composition chimique et structure cristallographique, et citer leurs principales propriétés d'usage.
- Lire et interpréter les diagrammes TTTI et TTTRc pour définir les conditions de traitement thermique.
- Reconnaître les structures d'équilibre et hors d'équilibre dans les aciers trempants, ainsi que la nature et la répartition des inclusions non métalliques.
- Déterminer la nuance d'acier adaptée à un cahier des charges et connaître les différentes familles d'aciers à outils, leurs traitements thermiques et domaines d'application.
- Analyser les processus d'élaboration et de coulée sous vide, et reconnaître les structures micrographiques.

- Citer les principales méthodes d'élaboration des aciers moulés et décrire les éléments constitutifs des fours de fusion.
- Calculer le volume d'oxygène nécessaire à la décarburation, et indiquer le rôle des réacteurs de métallurgie secondaire.
- Optimiser le coût des enfournements métalliques et déterminer l'impact des opérations sur les teneurs en éléments résiduels.
- Définir les paramètres d'élaboration des aciers inoxydables et au manganèse, et maîtriser les teneurs en gaz pour éviter la formation de porosités.
- Calculer la température du liquidus et en déduire la température de coulée de l'acier, et valoriser les ferrailles et retours de fonderie.
- Choisir le garnissage réfractaire des fours selon le type de métallurgie, analyser l'usure des réfractaires et y remédier.

## **MODES D'ÉVALUATION**

- **Suivant détail fiche RNCP**
- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*

	<p><b>Module représentation dimensionnelle S8</b></p> <p>UE : Conception et mise en forme Nombre de crédits ECTS UE : 5</p>	<p>CM : 10 h TD : 5 h Evaluation : 2 h</p> <p>Travail personnel : 2h</p>
---	---	--

### *Cf fiche n°313 Métrologie 2A*

#### **OBJECTIFS**

La métrologie englobe l'évaluation des incertitudes et la mesure dimensionnelle et géométrique des pièces mécaniques. L'objectif principal est d'assurer la traçabilité des résultats par rapport aux unités du Système International. La normalisation GPS est essentielle pour définir clairement les exigences géométriques complexes et engager contractuellement les fournisseurs vis-à-vis des clients. Les compétences requises incluent la connaissance approfondie du système international d'unités, du vocabulaire métrologique, et des technologies de mesure adaptées aux surfaces brutes comme celles issues de la fonderie ou de la forge. Il est également crucial de maîtriser l'estimation des incertitudes par la méthode analytique et de vérifier la faible variabilité des mesures par rapport aux processus globaux via l'analyse R&R.

**PRE-REQUIS** (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)

- Cours de statistiques et probabilités (Cf 2A mat 102), en particulier sur l'utilisation des lois continues (lois uniforme et normale principalement).
- Règles de représentation graphique du dessin industriel (dessin d'ensemble et dessin de définition) hors cotation (Cf 1A cpm 601).

**MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Système international d'unités, organisation de la métrologie, traçabilité, incertitudes, R&R, Système normatif GPS (Geometric Product Specification), Stéréovision, MMT.

#### **Key words**

*International System of Units, organization of metrology, traceability, uncertainties, R&R, GPS standardisation (Geometric Product Specification), Stereovision, CMM.*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	D
---	---

4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	C
--	---

02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	D
--	---

03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process.	B
---	---

04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)


3. Contrôler les conditions de la production.	B
---	---

### Être capable de :

- Comprendre l'organisation de la métrologie (laboratoires nationaux, BIPM, inter-comparaisons, certifications) en lien avec le Système International d'unités.
- Maîtriser les bases du vocabulaire de la métrologie, notamment les concepts d'étalonnage et de vérification.
- Définir un mesurande et mettre en place une démarche d'évaluation des incertitudes de mesure.
- Appliquer des démarches d'amélioration de la connaissance des incertitudes ou de leur diminution via l'analyse de sensibilité.
- Interpréter la cotation dimensionnelle et géométrique d'un dessin de définition et vérifier la conformité des pièces.
- Choisir un appareil de mesure en comprenant son principe de fonctionnement, ses forces et ses faiblesses.
- Évaluer le potentiel d'une technologie de mesure en forge ou en fonderie pour la connaissance ou l'amélioration du procédé.
- Calculer un indicateur de capacité du processus de contrôle (Cpc ou R&R) pour évaluer la performance du processus de mesure.

### MODES D'ÉVALUATION

- Suivant détail fiche RNCP
- Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison

	<p style="text-align: center;"><b>Module Conception pièces moulées S8</b></p> <p style="text-align: center;">UE : Conception et mise en forme Nombre de crédits ECTS UE : 5</p>	<p>CM : TD : <b>6 h</b> TP : Projet : Evaluation : <b>10 h</b> Travail personnel : <b>8 h</b></p>
---	---	---

**Cf fiche n°326EM-2A**

## **OBJECTIFS**

### **Conception d'outillages et de pièces moulées**

L'étude de fabrication d'une pièce de fonderie, appelée "Étude de Moulage," consiste à définir les méthodes et moyens nécessaires pour réaliser une pièce selon un plan et un cahier des charges précis. Cette étude, essentielle pour le dialogue entre le client, le modelleur et le fondeur, est réalisée par un technicien ou ingénieur du bureau d'études en collaboration avec le bureau des méthodes. À partir de la définition de la pièce fournie par le client, elle permet de choisir le procédé de moulage, de concevoir les outillages, et de planifier les opérations nécessaires à la fabrication. Ce cours vise à transmettre aux élèves les critères techniques pour réaliser une pièce moulée de manière optimale, tant sur le plan technique qu'économique, en respectant des caractéristiques de réception précises imposées par les cahiers des charges.

## **PRE-REQUIS**

Masselottage et remplissage

## **MOTS CLÉS**

Masselottage (dispositif de) – Alimentation (dispositif d') – Solidification – Masselotte – Manchon - Retrait volumique – Module thermique – Module géométrique – Plaque équivalente – Distances d'alimentation – Tracé – Refroidisseur – Phénomènes métallurgiques et thermiques liés à la solidification (retrait volumique, écoulement de la chaleur) – Analyse de la forme – Plaques équivalentes – Les 3 règles de masselottage – Exemples didactiques de pièces industrielles

Remplissage – Coulée – Attaque (système d', dispositif d', méthode d') – Descente (de coulée) - Chenal (*ou* canal) – Attaque (de coulée) – Bassin – Entonnoir (*ou* godet) - Viroles réfractaires – Poteries réfractaires (système de coulée en) – Fonctionnement d'un système d'attaque – Régimes d'écoulement (transitoire, établi ou semi-permanent) – Remplissage calme : calcul section de descente – Echelonnement des systèmes de coulées – Exemple didactique de pièces industrielles

## **Key words**

*Risering (system) – Feeding (system) – Solidification – Riser (or head or feeder) – Sleeve – Volumic contraction – Thermal modulus – Geometrical modulus – Equivalent plate – Feeding distances – Design – Chill – Metallurgical and thermal phenomena due to the solidification (volumic shrinkage, heat flow) – Shape analysis – Equivalent plates – Three rules of risering – Castings didactic examples*

*Running – Gatering (system, method) downgate – Sprue – Runner – Ingate (or gate) – Bush (or cup) – Tundish – Refractory running (or gatering) system – Running system working – Flow rates (transitional or half-permanent) – Quiet flow rate – Sprue cross section calculation – Cross sections ratios of running systems – Castings didactic examples*

## **COMPÉTENCES ACQUISES** à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	B
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	B
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	B
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	B

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	B
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	B
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	C

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	B
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	C
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	C

04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)

*Superviser la production en fonction des commandes et exigences fixées, mesurer la performance en fonction des indicateurs mis en place tout en mobilisant les ressources adaptées dans une démarche d'amélioration continue*

Contribuer à la stratégie de l'entreprise par l'analyse des données de production, par des propositions d'optimisation en tenant compte des contraintes environnementales, sociales (RSE), techniques et économiques.	C
---	---

Durant ces 3 années, la progression des sujets proposés en Etude de Moulage :

- Difficultés croissantes dans les formes et géométrie des pièces
- Prise en compte des moyens techniques de la fonderie
- Cahier de charges de plus en plus complet et détaillé

Sensibilisation aux aspects économiques et environnementaux de la production : cadence, implantation, organisation des postes de travail, impacts des procédés utilisés sur l'environnement naturel, l'environnement de travail et la santé des opérateurs et techniciens


### Être capable de :

- Choisir et justifier le sens de moulage optimal en fonction de la facilité d'alimentation, de la position des parties usinées, de la stabilité des noyaux, et de l'évacuation des gaz.
- Représenter la pièce brute sur plusieurs vues, intégrant les surépaisseurs d'usinage, les joints de moulage, et le découpage des noyaux.
- Déterminer le procédé de moulage approprié en fonction de la quantité de pièces, des dimensions, des tolérances, et de l'état de surface requis, en précisant les types de sables utilisés.
- Définir les outillages nécessaires, incluant les classes normalisées, la nature des modèles et des boîtes à noyaux, et prévoir le retrait linéaire.
- Calculer, représenter et coter les systèmes de remplissage et d'alimentation en utilisant la méthode enseignée.
- Indiquer la composition des matériaux pour les moules et les noyaux, et proposer l'alliage le mieux adapté si non imposé, avec sa composition chimique et ses caractéristiques mécaniques.
- Critiquer la géométrie de la pièce, proposer des modifications pour faciliter le moulage et garantir la qualité, proposer des contrôles de qualité et une analyse technico-économique, ainsi qu'une sensibilisation aux impacts environnementaux des procédés et produits utilisés.

### MODES D'EVALUATION

#### Suivant détail fiche RNCP

- *Études de cas, projets réalisés en groupe, restitution orale*
- *Rapport et soutenance devant les enseignants*

	<p style="text-align: center;"><b>Module Conception de pièces forgées S8</b></p> <p style="text-align: center;">UE : Conception et mise en forme Nombre de crédits ECTS UE : 5</p>	<p>CM : 2 h TD : 6 h TP : projet : 5 h Evaluation : 6 h Travail personnel : 4 h</p>
---	--	---

***Cf fiche n°327 Méthodes fonderie sable 2A***

**OBJECTIFS**

Le forgeage est la déformation plastique des matériaux métalliques pour produire des pièces mécaniques. Ce processus commence par la préparation d'une gamme de transformation étudiée en bureau des méthodes, à partir du dessin de la pièce usinée jusqu'au choix du lopin. L'étude du forgeage inclut la maîtrise des techniques d'estampage, d'ébauchage, de refoulement, de roulage, d'étirage, de laminage, de cambrage, de débouchage, et d'ébavurage. Les choix technologiques sont basés sur la quantité de pièces, les dimensions, le matériau, et les capacités de l'entreprise. Certaines techniques sont utilisées dans divers procédés comme la forge libre, l'estampage, le matriçage, l'extrusion, la frappe à froid, et le laminage circulaire. Les cours et travaux dirigés de deuxième année se concentrent sur la réalisation des ébauches de pièces longues et incluent une série sur l'apprentissage de la simulation numérique.

**PRE-REQUIS** (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)

- Distinguer et définir les différentes techniques de forgeage
- Concevoir une pièce forgée en utilisant les différentes règles de tracé
- Comprendre les phénomènes métallurgiques mis en jeu lors de la déformation plastique
- Connaître les différentes machines de forgeage ainsi que leurs principes de fonctionnement
- Concevoir une gamme simple de fabrication
- Aborder les principes de conception des différents outillages nécessaires
- Connaître l'évolution des caractéristiques mécaniques dues à l'opération de forgeage
- Appréhender la pratique de l'obtention des pièces : moyens de chauffage, machines de forgeage, montage et réglage des outillages

**MOTS CLÉS**

Forge - Forge libre - Estampage – Extrusion – Frappe à froid - Habillage - Ebauche - Roulage - Etirage - Refoulement - Laminage - Cambrage - Gamme de forgeage

***Key words***

*Forge - Open die forging – Die forging – Cold Forging - Preform - Rolling - Stretching - Heading - Rolling - Bending - Forging process*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	B
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	B
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	B
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	B

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	B
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	B
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	C

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	B
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	C
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	C

### 04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)

*Superviser la production en fonction des commandes et exigences fixées, mesurer la performance en fonction des indicateurs mis en place tout en mobilisant les ressources adaptées dans une démarche d'amélioration continue*

Contribuer à la stratégie de l'entreprise par l'analyse des données de production, par des propositions d'optimisation en tenant compte des contraintes environnementales, sociales (RSE), techniques et économiques.	C
---	---

### Être capable de :

- Définir une pièce estampée en respectant les règles de tracé liées au métier.
- Analyser la morphologie de la pièce, et déterminer les modes d'obtention possible.
- Choisir une technique qui présentera un intérêt économique, en particulier en fonction de la taille de la série.


*Définir la géométrie de chacune des étapes de forgeage : Ebauche cambrée, Ebauche laminée, Formes intermédiaires de laminage, Ebauche étirée, Ebauche refoulée, Lopin de départ, Toute autre géométrie compatible avec le forgeage.*

- Vérifier à l'aide de la simulation numérique la qualité de l'étude menée.
- Corriger les éventuels défauts révélés par la simulation numérique.

### MODES D'ÉVALUATION

#### Suivant détail fiche RNCP

- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*
- *Études de cas, projets réalisés en groupe, restitution orale*
- *Rapport et soutenance devant les enseignants*

	<h2>Module Génie des procédés S8</h2> <p>UE : Conception et mise en forme Nombre de crédits ECTS UE : 5</p>	<p>CM : 15 h TD : 15 h TP : 1 h ESI : 9 h Evaluation : 2 h Travail personnel : 4 h</p>
---	---	--

## OBJECTIFS

**Ce module est composé de deux grandes parties articulées comme suit :**

### **Equipements de moulage et de noyautage**

*Cf fiche n°342 Eq sables 2A*

Ce cours sur la fonderie moulée en sable enseigne aux élèves les étapes clés des procédés de moulage en sable à vert et à prise chimique, ainsi que la gestion des noyaux en sable chimique pour créer des pièces creuses. Il couvre la gestion du sable, le recyclage, la maîtrise des procédés via mesure et automatisation, et la mise en œuvre des noyaux. Les élèves apprendront à comprendre et gérer les équipements techniques tout en considérant l'impact environnemental. Des travaux pratiques illustrent ces procédés et des tables rondes avec des professionnels de fonderie et des fournisseurs d'équipements permettent d'échanger sur les pratiques et innovations du secteur.

### **Machine de forge**

*Cf fiche n°345 MachFo 2A*

L'industrie de la forge, essentielle pour l'énergie, la construction mécanique, l'aéronautique, la défense et surtout l'automobile, a évolué pour améliorer la qualité et réduire les coûts. Ce cours vise à transmettre aux élèves les connaissances sur les procédés modernes de forgeage, en détaillant les gammes de forgeage pour les grandes séries et en comparant les avantages et inconvénients par rapport à d'autres procédés comme le laminage transversal et la métallurgie des poudres. Il présente également la transition des aciers forgés suivis de traitements thermiques classiques vers ceux dont les propriétés sont obtenues lors de la forge. Les procédés de forge à froid et à mi-chaud, adaptés aux moyennes et grandes séries, sont illustrés par des exemples industriels. Les élèves apprendront à apprécier les solutions techniques et à participer au choix des équipements pour de nouvelles réalisations.

**PRE-REQUIS** (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)

- Connaissance des matériaux métalliques de base,
- Lois de Gauss, de Boyle-Mariotte, de Lavoisier (conservation des masses), de Curie, de Laplace.
- Bonnes connaissances en construction mécaniques notamment en résistances des matériaux et en structures métallurgiques
- Bonnes connaissances des outils de conception et simulation dans différentes technologies de transformation.

- Bonnes connaissances sur le calcul des efforts, la transmission des mouvements et les vitesses de déplacement nécessaires aux fabrications sur les machines de transformation en forge.
- Connaissances de base en mécanique et conception.
- Connaissances métallurgiques sur les aciers et les traitements thermiques.
- Avoir des notions de base sur la mise en forme par forgeage au moins à chaud

### **MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Température – sondes – décochage – grille – refroidisseur – convoyeur – élévateur – mélangeur – automate – matériel de contrôle – trémie – bascule – vis doseuse – couloir vibrant – séparateur magnétique – bentonite – noirs – eau – sable – vide – aspiration – bande – maintenance – environnement – sole doseuse – extracteur – pilotage - supervision.

Moulage à vert – chantiers de moulage – machines à mouler – plaque-modèle – remmoulage – coulée – décochage – châssis de moulage – palettes – sable de moulage à vert.

Noyaux – procédé boîte chaude – boîte froide – croning – procédé minéral – outillage – tir – soufflage – boîte horizontale – boîte verticale – gazage – ébavurage – enduisage – séchage – assemblage.

Moulage à prise chimique – régénération – récupération de sable – régénération par voie mécanique – régénération par voie pneumatique – régénération par voie thermique – attrition, procédé de moulage à prise chimique.

Forge à chaud – aciers – machines de forgeage à chaud – gammes de fabrication – propriétés des pièces – concurrence – coûts – simplification des procédés – mécanismes métallurgiques – modes de durcissement – structure ferrito-perlitique – structure bainitique – diagramme TRC – refroidissement contrôlé – grain – titane – usinabilité – pièces automobile - downsizing

Forgeage à froid – forgeage à mi-chaud – extrusion – filage – filage direct- filage inverse – calibrage – refoulement – débouchage – découpage – tréfilage - forgeage combiné – cisailage – réduction de section - tolérances dimensionnelles – forgeage de précision – lubrification – phosphatation – presse de forgeage – frettage – carbure.

Energie – accumulation d'énergie – percussion – pressage – pilons – simple effet – double effet – contre frappe – masse – chabotte – jambage – gravité – relevage – accélération – balancier – volant – vis – presses – puissance – vitesse – course – bâti – tirant – table – coulisseau – excentrique – bielle – coin – genouillère – cinématique – allongement – éjection – dépouille – pièces estampées – série – laminage circulaire – laminage transversal – laminoir à retour – réduction – ébauche – implantation – référence – fixation.

### **Key words**

*Green sand moulding – moulding lines – moulding machines – pattern plates – core setting – pouring – shake out – moulding box – green moulding sand.*

*Cores – hot box process – cold box – croning – mineral process – horizontal and vertical tooling, shot – blow – gazing – defining – coating drying.*

*Sand reclamation – physical treatment (mechanical or pneumatic treatment) - thermal treatment.*

*Hot forging – powder metallurgy - steels – machines for hot forging – fabrication routes – parts properties*

*Cold forging – warm forging – cold extrusion – forward drawing – coining – combined forging – shearing – dimensionnal allowance – precision forging – lubrification – phosphating – forging press.*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	B
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	B
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	B
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	C

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	C
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	C
3. Utiliser des outils numériques d'aide à l'information, à la conception et à la simulation et savoir évaluer les technologies pour dimensionner et optimiser les produits et process.	C

### 03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	C
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	B
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	C

### 04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)

*Superviser la production en fonction des commandes et exigences fixées, mesurer la performance en fonction des indicateurs mis en place tout en mobilisant les ressources adaptées dans une démarche d'amélioration continue*

1. Planifier et mettre en œuvre la production en fonction des flux, des délais, de l'approvisionnement et mobiliser les ressources adaptées y compris humaines.	C
3. Contrôler les conditions de la production.	C

### Equipements de moulage et de noyautage

**Être capable de** (*pour les sableries et régénération de sable*) :

- Cartographier les flux de sable, reconnaître et décrire les équipements, comprendre les caractéristiques des différents procédés, et reconstituer ou commenter des schémas de procédé.
- Établir des bases de comparaison, adapter et modifier les procédés existants, et construire une analyse critique des applications de fonderie.
- Dépouiller des dossiers techniques, expliquer le fonctionnement des procédés dans le cadre de formation, et développer des documents supports de présentation.
- Présenter oralement des documents synthétiques, développer le questionnement face à un auditoire spécialisé, et synthétiser les connaissances après les visites de fonderies.
- Encourager et développer le travail de groupe pour favoriser l'échange de connaissances et d'expériences entre les étudiants.

**Être capable de** (*pour la préparation du sable à vert*) :

- Reconnaître les équipements d'une sablerie à vert
- Distinguer les fonctions de chaque élément d'une sablerie à vert
- Lister les paramètres de réglage des équipements
- Maîtriser la maintenance d'équipement en place
- Faire le cahier des charges d'une sablerie par rapport à des objectifs techniques
- Déterminer les paramètres nécessaires techniques et commerciaux pour le choix d'équipements dans le cadre d'investissements

**Être capable de** (*pour les machines à mouler*) :

- Reconnaître les différentes machines à mouler et distinguer leurs points forts et faibles.
- Maîtriser les paramètres de réglage et la maintenance des machines à mouler en place.
- Créer un cahier des charges pour une machine à mouler, aligné sur des objectifs techniques spécifiques.
- Déterminer les paramètres techniques et commerciaux pour le choix d'équipements de moulage lors d'investissements.

**Être capable de** (*pour les matériels de noyautage*) :

- Assimiler les différents procédés en vue d'une intégration optimisée entre noyautage et besoins techniques au niveau des chantiers.
- Concevoir et/ou optimiser l'organisation de divers chantiers de noyautage dans la chaîne logistique interne de la fonderie.


### Machine de forge

- Sélectionner les moyens adaptés pour la réalisation de lopins, déterminer les conditions de chauffage appropriées, et définir les moyens nécessaires pour la lubrification et le grenailage des surfaces forgées.
- Proposer des opérations de contrôle pour garantir les propriétés des pièces forgées, et expliquer les procédés de mise en forme à chaud et à froid, avec leurs avantages et inconvénients.
- Comparer les géométries, dimensions, propriétés mécaniques, et coûts des procédés de mise en forme à chaud et à froid, et choisir le procédé le mieux adapté pour chaque pièce.
- Connaître les chiffres clés de la sidérurgie et de la forge, les procédés sidérurgiques (aciérie, laminage, parachèvement), et les points clés de la qualité en Europe et dans le monde.
- Adopter une approche technico-économique des additions dans l'acier, évaluer les procédés concurrents, et comprendre l'utilisation des aciers micro-alliés et leur traitement dans la chaude de forge.
- Connaître les modes de durcissement des aciers, utiliser les diagrammes TRC et les codes de calcul pour prédire les duretés et structures, et justifier le choix des nuances d'acier en fonction de leurs caractéristiques mécaniques.
- Valoriser les aciers pour diverses applications, notamment en automobile, et connaître les tests de résistance à la fatigue multiaxiale, démontrant que des aciers apparemment fragiles peuvent être utilisés pour des applications spécifiques.

## **MODES D'ÉVALUATION**

### **Suivant détail fiche RNCP**

- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table, devoirs maison*
- *Études de cas, projets réalisés en groupe, restitution orale*

	<p style="text-align: center;"><b>Module Sciences Humaines Economiques et Sociales S8</b></p> <p style="text-align: center;">UE : Gestion et Communication Nombre de crédits ECTS UE : 6</p>	<p>CM : 28 h  TD : 36 h  TP : 4 h  Projet : 6 h  ESI : 36 h  Evaluation : 3 h  Travail personnel : 8 h</p>
---	--	--

## OBJECTIFS

**Ce module est composé de quatre grandes parties articulées comme suit :**

### **Enjeux de la qualité**

***Cf fiche n°421 Qualité 2A***

Appréhender les exigences de qualité des donneurs d'ordre, notamment dans le secteur automobile, et comprendre l'organisation des systèmes de qualité. Connaître les étapes pour mettre en place une démarche qualité en vue d'une certification et maîtriser la mise en œuvre du lean manufacturing avec ses outils principaux. Savoir identifier, analyser et résoudre les défaillances des produits ou des processus de fabrication grâce à des méthodes adaptées. Identifier les responsabilités du futur ingénieur dans la gestion de la qualité au sein de l'entreprise.

### **Industrie 4.0**

***Cf fiche n°422 Ind futur 2A***

L'objectif de ce cours est de permettre aux futurs ingénieurs de développer des compétences pour devenir un acteur de l'Industrie du Futur.

La première partie s'intéresse aux fondamentaux des systèmes de production.

### **Gestion de projet**

***Cf fiche n°423 Gestion projet 2A***

Ce cours a pour but d'initier les apprenants aux techniques de base de gestion de projet.

### **Enseignement sur site industriel / Activation des comportements professionnels / Conseil et suivi des apprentis**

***Cf fiche n°430 431 450 CSA ESI VE 2A***

Donner à nos élèves une ouverture sur le monde scientifique et industriel.

Les inciter à s'exprimer et à s'épanouir dans un cadre et un environnement différent de celui de l'Ecole.

Les préparer efficacement à leur future vie professionnelle.

Le but des enseignements sur site industriel est en particulier de favoriser la pédagogie inductive.

## PRE-REQUIS (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)

- Notions de calcul statistique (capabilités, dispersions, étendue, loi normale)
- Capacité d'analyse et de synthèse

## MOTS CLÉS (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF)

Rappels historiques - définitions - Systèmes qualité (contenu, certification, audits) – Outils - méthode de résolution de problèmes - Rôle de l'ingénieur qualité – AMDEC – Lean management

Industrie du futur – Système de production agile – Modularité – Reconfigurabilité

Gestion de projet, planification, risques projet

Visite de fonderies et de forges – Conférences d'actualité

Conseil de suivi des apprentis

## Key words

*Historical synthesis - definitions - Quality systems (content, certification, audits) - Tools – method of problem solving - Role of quality manager – FMEA – lean management*

Project management, planning, project risks

*Study-visit foundry plant and forge plant – Conferences on current events*

*Apprenticeship follow-up survey*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

*Répondre à un besoin client à travers une analyse d'un cahier des charges, en établissant une proposition technique et financière et en la présentant aux interlocuteurs concernés pour validation*

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	B
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	B
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	B
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	B

### 02 : Concevoir un produit industriel issu de la mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (procédés de fonderie et/ou de forgeage)

*Elaborer une ou des solutions pour un produit ou un process suivant une méthodologie définie à partir d'un cahier des charges tout en respectant les règles métiers en tenant compte des contraintes de qualité coût délai et environnement dans une démarche d'innovation et de créativité.*

1. Concevoir les pièces et ensembles mécaniques à partir d'un dossier technique dans le respect du cahier des charges.	C
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	C

4. Mettre en œuvre une démarche expérimentale en interaction avec les parties prenantes pour mettre au point le produit concerné afin de garantir et d'optimiser ses propriétés	C
---	---

03 : définir des moyens d'organisation et de production adaptés aux procédés de fusion et/ou déformation plastique de matériaux (fonderie et/ou de forgeage)

*Mettre en œuvre et coordonner les moyens d'organisation, de production, de planification des ressources, des moyens de contrôles et le suivi des indicateurs de performance et proposer les actions correctives nécessaires dans le cadre de la mise au point d'un produit ou d'un process.*

1. Concevoir et définir les procédés de fabrication en tenant compte des contraintes diverses en particulier le cycle de vie des produits/service.	C
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	C
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	B
4. Contrôler l'application des procédures, gammes et spécifications, analyser les données de production, identifier les dysfonctionnements et mettre en place les actions correctives et préventives dans une perspective de mise au point produit/process	B

04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)

*Superviser la production en fonction des commandes et exigences fixées, mesurer la performance en fonction des indicateurs mis en place tout en mobilisant les ressources adaptées dans une démarche d'amélioration continue*

1. Planifier et mettre en œuvre la production en fonction des flux, des délais, de l'approvisionnement et mobiliser les ressources adaptées y compris humaines.	B
2. Manager les ressources humaines nécessaires à la bonne réalisation des objectifs de production.	B
3. Contrôler les conditions de la production.	C
Contribuer à la stratégie de l'entreprise par l'analyse des données de production, par des propositions d'optimisation en tenant compte des contraintes environnementales, sociales (RSE), techniques et économiques.	B

**Être capable de :**

### **Enjeux de la qualité**

- Comprendre les exigences principales des normes ISO 9001 et ISO TS 16949
- Identifier les domaines et les conditions d'applications de ces normes
- Mieux appréhender le système qualité (SMP) mis en place à l'ESFF
- Identifier les méthodes et outils adaptés pour analyser, comprendre et résoudre les problématiques qualité sur le produit et le processus de fabrication en particulier suivant le lean management
- Savoir utiliser 10 outils simples et comprendre les conditions d'application pour 5 autres.

### **Gestion de projet**

- Utiliser le vocabulaire de la gestion de projet

- Rédiger une charte projet
- Proposer une organisation pour un projet
- Proposer une planification de projet
- Rédiger un compte-rendu de réunion
- Proposer des actions pour terminer un projet


### **Enseignement sur site industriel/Activation des comportements professionnels/ Conseil et suivi des apprentis**

- Rédiger un rapport d'étude de thème au travers de visites d'entreprises
- Intervenir de façon active et positive lors d'une visite en entreprise
- Présenter une synthèse orale devant un public
- Réaliser une synthèse des éléments débattus lors d'une conférence
- Juger de la pertinence du choix du procédé et des matériels
- Rédiger une synthèse bibliographique avec une structuration logique
- Rechercher de l'information sur Internet via les outils ad-hoc (Google Scholar, HAL, IA générative type Bing Copilot ou Perplexity)
- Présenter les informations avec des références aux sources (articles, documents internes, ...)
- Juger de la pertinence d'un article (contenu technique, figures, tableaux)
- 

### **MODES D'EVALUATION**

#### **Suivant détail fiche RNCP**

- *Études de cas, projets réalisés en groupe, restitution orale*
- *Rapport et soutenance devant les enseignants*

	<p style="text-align: center;"><b>Module Langues vivantes S8</b></p> <p style="text-align: center;">UE : Gestion et communication Nombre de crédits ECTS UE : 6</p>	<p>CM : 11 h TD : 5 h TP :</p> <p>Evaluation : 3 h Travail personnel : en classe</p>
---	---	--

***Cf fiche n°442<sup>a</sup> Anglais 2A TOEIC***

**OBJECTIFS**

En deuxième année, le programme vise à renforcer les compétences linguistiques des étudiants pour réussir l'examen externe TOEIC. Le focus est mis sur l'expansion du vocabulaire, y compris l'identification des faux-amis et l'acquisition du lexique spécifique au TOEIC et à l'environnement professionnel international. Les aspects du système verbal anglais sont approfondis, notamment la distinction des temps comme le présent simple, le présent continu, le present perfect, et la maîtrise des formes actives et passives, des modaux et des verbes à l'infinitif et en -ing, ainsi que la concordance des temps. La pratique de la compréhension orale et de l'expression dans des contextes quotidiens et professionnels est intensifiée, avec l'apprentissage d'expressions structurantes pour l'oral et la restitution de documents audio. Les étudiants se familiarisent également avec les spécificités de l'examen TOEIC, en apprenant des stratégies adaptées à chaque section, la gestion efficace du temps et en s'entraînant régulièrement dans des conditions similaires à celles de l'examen.

**PRÉREQUIS (notions importantes, lois, lien avec autres fiches pédagogiques)**

Avoir un niveau B1 en anglais.

**MOTS CLÉS** (utilisés comme résumé pour liste des cours ESFF) : *autonomie, vocabulaire, conjugaisons, restitution*

Renforcer les structures de base - Améliorer la compréhension orale - Révision et préparation du TOEIC, consolidation des stratégies de travail personnel pour apprendre une langue.

***Key words***

*Consolidate basic structures, improve listening skills, TOEIC preparation, consolidation of language learning strategies*

## COMPÉTENCES ACQUISES à l'issue de cet enseignement (CM, TD et TP inclus)

### 01 : Analyser et transcrire les besoins clients industriels

1. Analyser et adapter un cahier des charges en interaction avec les clients et les parties prenantes en fonction du savoir-faire et de la culture de l'entreprise.	B
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	B

### 04 : piloter et optimiser les moyens techniques et humains de production liées aux procédés de mise en forme des matériaux par fusion et/ou déformation plastique (fonderie et/ou forge)

2. Manager les ressources humaines nécessaires à la bonne réalisation des objectifs de production.	B
--	---

### Etre capable de :

- Comprendre : des textes professionnels, généraux, écrits ou parlés.
- S'exprimer à l'oral et à l'écrit pour expliquer son rôle et sa mission dans l'entreprise.
- De communiquer sur le monde de l'entreprise.
- Se familiariser avec un ensemble d'expressions idiomatiques.
- Utiliser correctement les structures de la grammaire anglaise.
- Travailler de façon autonome et efficace dans le but de réussir l'examen du TOEIC en fin d'année.

### Travaux à réaliser :

Le contrôle continu permet à l'étudiant de piloter son apprentissage lui-même, et aussi d'ajuster son travail personnel pour mieux réussir l'épreuve finale.

Chaque semaine, des exercices du type TOEIC seront à préparer pour la séance suivante. Suivant le niveau et les besoins, les professeurs peuvent aussi demander des rédactions, des enregistrements audios ou des exercices de révision générale.

## MODES D'ÉVALUATION

- **Suivant détail fiche RNCP**
- *Études de cas, projets réalisés en groupe, restitution orale*
- *Examen officiel du TOEIC*