




Syllabus Enseignements S9

Maquette 3^{ème} Année

<i>Année scolaire 2024-2025</i>					
3^{ème} année de la Filière Initiale par Apprentissage					
et de la Formation Continue					
Unités	Modules	Semestre 9	Nb h (+le)	Coef.	Crédits ECTS
I - Sciences de base pour l'ingénieur	Informatique industrielle	Projet conception et réalisation	36 h	5	5
	Chimie-Physique	Electricité Industrielle	26 h	12	
		Diagrammes d'équilibre ternaires	11 h		
		Physique des contrôles non destructifs	24 h		
		Rupture et fatigue des matériaux	26 h		
		Analyse d'images	3 h		
II - Structure et comportement des matériaux	Métallurgie	Métallurgie des alliages cuivreux	13 h	4	8
		Métallurgie des alliages de titane et superalliages	14 h		
	Comportement matériaux	Corrosion et traitement de surface	12 h	4	
		Analyse des non conformités de fonderie	14 h		
		Analyse des non conformités de forgeage	6 h		
III - Conception et Mise en forme	Conception de pièces moulées	Conception d'outillages et de pièces moulés	28 h	7	11
		Moulage sous pression	25 h		
		Moulage sous pression des alliages de zinc	3 h		
	Conception de pièces forgées	Conception d'outillages et de pièces forgées	18 h	5	
		Outillages de forge	10 h		
		Forgeage libre des lingots >75t	6 h		
		Pétrissage triaxial et matriçage de précision	-		
	Génie des procédés	Fonderie de précision (aéronautique)	20 h	9	
		Fusion des métaux et alliages	48 h		
		Techniques additives	15 h		
Le soudage et ses applications		13 h			
Usinage		11 h			
IV - Gestion et Communication	Sc. Humaines, Economiques et Sociales	Principes de management	24 h	11	6
		Gestion de production	12 h		
		Droit du travail - Gestion comptable et financière	21 h		
		Environnement juridique de l'ingénieur	18 h		
		Innovation facteur de croissance	18 h		
		Industrie 4.0 Intelligence artificielle	9 h		
		Conférences et colloques	18 h		
		Conseil de suivi des apprentis	10 h		
	Langues vivantes	Langues vivantes	36 h	3	
Semestre 10			Nb h (+le)	Coef.	Crédits ECTS
V - Aquisition en entreprise	Apprentissage	Projet de fin d'études	2 h	40	30
		Rapport + Soutenance PFE (mi-septembre)			
04/07/24	Total		550 h	100	60

Légende compétences :

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

	<p style="text-align: center;">Module Informatique Industrielle S9</p> <p style="text-align: center;">UE : Sciences de base de l'ingénieur Nombre de crédits ECTS UE : 5</p>	<p>CM : 1 h TD : 16 h TP : 13 h projet : 6 h Evaluation : CC Travail personnel : 6 h</p>
---	---	--

Cf fiche n°126a et 126b Projet Num3A

OBJECTIFS

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

Conception d'outillages

Les étudiants de 3ème année, en groupes de 2 ou 3, travailleront sur un projet de bureau d'études pendant le premier semestre. À partir des dossiers constitués en 2ème année, ils concevront un outillage de fonderie en gravité sable, incluant plaques modèles et au moins une boîte à noyau. Les étapes incluront la conception de noyaux, boîtes à noyaux, plaques modèles, moules et pièces finies. Ils prépareront un dossier technico-économique avec une note de conception d'outillage et une analyse de robustesse. Chaque groupe présentera son dossier en classe. Le projet inclut une visite industrielle et le suivi de la réalisation des pièces conçues. Sept heures de présentation en demi-classe et une heure de support à distance seront fournies pour aider les élèves à finaliser leur étude.

Simulation pièces en cire perdue

1. Produire
 - Une CAO CATIA Grappe POUR FABRIQUER des Outillages
 - Une CAO CATIA Grappe POUR SIMULER = CAO simplifiée prête à simuler dans QUIKCAST
2. Simuler la fonderie plus facilement et plus rapidement afin d'évaluer l'aspect prédictif du remplissage de la grappe ainsi que la thermique de refroidissement des pièces proposées en étude.

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

CAO, Règles sur les procédés de fonderie et sur la métallurgie, Règle de tracé des outillages de forge et de fonderie, maîtrise des outils de bureautique pour les présentations, cours de conception fonctionnelle et de détail de 2ème année

Partie théorique :

- Étude de la continuité numérique chez SAFRAN et structuration du processus d'industrialisation en moulage à cire perdue.
- Décomposition d'une grappe en éléments simples et détermination de chaque élément.
- Application des règles des zones d'action, des modules et des retraits.

- Modélisation d'une simulation de refroidissement thermique de la pièce seule avec carapace.

Partie pratique :

- Introduction à l'interface graphique de PROCAST et comparaison avec QUIKCAST.
- Mise en œuvre d'un calcul incluant maillage, mise en données et résultats.
- Simulation de remplissage et solidification d'une grappe de pièces à cire perdue, analyse des variables physiques, isochrones, gradient thermique et vitesse à températures données.

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

Historique de conception – conception hybride / non hybride – intention de conception – portées de noyau – éléments de référence spatiale – interaction solide / esquisse – nervures – CATIA Part Design – CATIA Generative Shape Design – import/export de CAO – assemblage surfacique – distance de confusion - gestion des mises à jour

Cire perdue – Quantité à produire - Poids pièce - Coût pièces - Performances mécaniques - Santé métallurgique - Système alimentation - Artifices de fonderie.

Key words

design history - hybrid / non-hybrid design - design intent - core spans - spatial reference elements - solid / sketch interaction - ribs - Product CATIA Part Design - CATIA Generative Shape Design - CAD import/export - surface assembly - confusion distance - update management

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.	A
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.	A

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.	A
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	A
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.	A

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	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
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 :

Conception d'outillages

- Concevoir un outillage complet de fonderie ou de forge à l'aide d'outils de CAO incluant plaques modèles / matrices et boites a noyaux avec une logique de conception
- Réaliser un dossier technico économique et le présenter à un client
- Suivre la fabrication de prototypes de fonderie


Simulation pièces en cire perdue

- Décomposer en éléments simples une grappe et mettre en œuvre des méthodes de détermination de chacun des éléments.
- Mettre en œuvre des règles de tracés de fonderie
- Mettre en œuvre des Règles connues relatives aux zones d'actions, aux modules sur attaques et masselottes, aux dilatations des matériaux et aux phénomènes de retraits à chaque phase
- Maitriser par simulation
 - Le refroidissement thermique de la pièce seule avec carapace
 - Le remplissage de la grappe
 - Le refroidissement thermique avec artifices de fonderie (godet, descendant couronne d'alimentation avec attaques et masselottes).

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>Module</p> <p>Chimie – Physiques S9</p> <p>UE : Sciences de base de l'ingénieur Nombre de crédits ECTS UE : 5</p>	<p>CM : 50 h</p> <p>TD : 25 h</p> <p>TP : 9 h</p> <p>ESI :</p> <p>Evaluation : 6 h</p> <p>Travail personnel : 12 h</p>
---	--	--

OBJECTIFS

Ce module est composé de cinq grandes parties articulées comme suit :

Electricité industrielle

Cf fiche n°135 Elec Indus 3A

Cet enseignement vise à fournir les connaissances de base en électricité industrielle. Il couvre les différents types de puissances en monophasé et triphasé, en mettant en lumière les économies d'énergie possibles grâce à l'identification de puissances « inutiles » au fonctionnement. Le cours se conclut par l'étude des systèmes d'alimentation des fours à induction, avec un aperçu des composants des convertisseurs. L'objectif est d'équiper les élèves avec les compétences spécifiques aux secteurs de la forge et de la fonderie, en lien avec l'électrotechnique et l'électronique de puissance. Les concepts sont illustrés par des lois générales de l'électricité et des exemples industriels concrets.

Diagrammes d'équilibre ternaires

Cf fiche n°136 Diagr3 3A

Beaucoup d'alliages métalliques sont constitués de plus de deux éléments principaux. Le déroulement de leur solidification est plus complexe que celui des alliages binaires. Pour les alliages dit "ternaires" la description des changements d'état et des phases en équilibre est possible sous forme d'un diagramme tridimensionnel ce qui en facilite la compréhension et permet par des calculs simples de connaître la proportion des phases déposées en cours de solidification.

L'objectif de ce cours est de compléter les connaissances acquises par les élèves de première année sur les diagrammes binaires dans le cadre du cours intitulé "Métallurgie structurale". Des exercices simples d'application à la solidification d'alliages complètent les connaissances.

Physique des contrôles non destructifs

Cf fiche n°137 CND 3A

Les structures réelles peuvent présenter des discontinuités nécessitant une évaluation de leur nocivité pour déterminer si elles sont des défauts. Étant souvent invisibles, des méthodes de contrôle non destructif (CND) sont utilisées pour les caractériser. Le cours décrit les principales méthodes de CND couramment utilisées, leur mise en œuvre et leur lien avec les types de défauts pouvant apparaître. Les exemples proviennent principalement des domaines de la fonderie et de la forge, où les CND sont cruciaux pour la qualité et la compétitivité. Ces méthodes font partie intégrante de l'assurance qualité dans divers secteurs industriels, dont le nucléaire, l'aéronautique, l'automobile, l'énergie, et les transports ferroviaires. Les travaux pratiques permettent aux étudiants de confronter les notions théoriques aux défis pratiques de

la mise en œuvre des méthodes telles que le ressuage, la magnétoscopie, les ultrasons, la radiographie, et la thermographie infrarouge active.

Rupture et fatigue des matériaux

Cf fiche n°138 Rupture fatigue 3A

La rupture par fatigue est le mode d'endommagement le plus fréquent, dans le cas des pièces sollicitées mécaniquement. L'aspect généralement localisé de l'amorçage d'une fissure de fatigue est influencé par de nombreux paramètres mécaniques, métallurgiques et environnementaux qu'il convient de prendre en compte lors du dimensionnement d'un composant industriel, sollicité cycliquement.

Par ailleurs, dans le cas d'un composant fissuré ou présentant un défaut, l'approche par la Mécanique de la rupture permet de calculer, d'une part le risque de rupture brutale, d'autre part la durée résiduelle du composant

L'objectif du cours est de fournir aux élèves les connaissances nécessaires pour évaluer les risques de rupture par fatigue et pour appliquer les méthodes de calcul suffisantes pour concevoir ou reconcevoir un composant critique fortement sollicité

Analyse d'images

Cf fiche n°139 Analyse Image 3A

Le cours sur l'analyse d'images quantitative est essentiel pour l'expertise métallurgique, visant à présenter les principes généraux et les méthodologies de traitement d'image pour les coupes micrographiques et la tomographie rayons X. Il inclut des exemples de quantification sur micrographie, tels que la mesure de la distance inter-dendritique secondaire, la caractérisation morphologique et le comptage de nodules de graphite, ainsi que la mesure des pourcentages surfaciques de porosités et de phases. Les applications en tomographie rayons X abordent les principaux traitements d'image, l'identification des défauts de fonderie, la mesure de porosités et la taille des défauts. Le cours utilise le logiciel open source ImageJ pour le traitement des images et sensibilise les étudiants à l'apport du Deep Learning.

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

Electricité industrielle

- La loi d'Ohm généralisée, notions élémentaires d'électricité.
- Les nombres complexes
- Le principe de superposition.

Diagrammes d'équilibre ternaires

- Thermodynamique générale et appliquée à la métallurgie (Cf 1A301 et 2A-302).

Physique des contrôles non destructifs

Le CND est une technologie multidisciplinaire à vocation industrielle, il utilise les connaissances de base de l'ingénieur.

Il est préférable que les élèves soient suffisamment familiarisés avec :

- Les notions de physique générale enseignées dans les classes prépa et en DUT. Cf fiches 1A et 2A

- Les bases de la mécanique des milieux continus enseignées à l'école. Cf fiches 1A et 2A
- Les méthodologies simples de mesures électriques
- Appliquées principalement aux structures moulées ou forgées, ponctuellement aux reprises par soudage, les méthodes de CND nécessitent une bonne connaissance de ces procédés de fabrication, enseignés en détail à l'ESFF.

Rupture et fatigue des matériaux

- Comportement mécanique des matériaux métalliques : caractéristiques mécaniques et loi de comportement monotone (résistance à la traction, ténacité, résistance à la rupture fragile)
- Matériaux : notions de microstructure, taille de grain
- Notions de grandeurs mécaniques : contrainte hydrostatique, contrainte de cisaillement,

Analyse d'images

- Physique des Contrôles non destructifs CND (Cf 3A-307)
- Métallurgie structurale (Cf 1A-502)

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

- Systèmes monophasés – Systèmes triphasés – Inductance – pertes - Transformateurs – Diode – Thyristor - Commutation – Redresseur – Commutation naturelle – Commutation commandée – Transfert d'énergie – Onduleur- Convertisseur électromécanique.
- Solution solide – Diagrammes ternaires – Triangle de Gibbs – Règle des phases – Équilibres à deux, trois et quatre phases – Ligne de conjugaison – Triangle de conjugaison – Règle des leviers – Coupe isotherme – Coupe isoplèthe – Projection du liquidus – Solidification – Solubilité – Réaction invariante – Eutectique – Peritectique.
- CND – COFREND – défauts métallurgiques – Contrôle visuel (VT) – Ressuage (PT) – Magnétoscopie (MT) – Courants de Foucault (ET) – Thermographie infrarouge active (TT) – Ultrasons (UT) – Radiographie industrielle (RT) – Tomographie – sécurité du travail.
- Fatigue, Amorçage de fissure, limite d'endurance, effet d'entaille, état de surface, contraintes résiduelles, fatigue multiaxiale, critère de fatigue, conception vis-à-vis de la fatigue, résistance en fatigue Oligocyclique, caractéristiques cycliques Mécanismes d'endommagement par fatigue - Différents stades du phénomène de fatigue - Fatigue Oligocyclique - Fissuration par fatigue : modélisation et méthodes d'essais - Influence contraintes résiduelles et critères multiaxiaux – Critère de Dang Van
- Analyse d'image quantitative - seuillage binaire – érosion – dilatation – micrographie - expertise métallurgique - distance inter-dendritique - défauts de fonderie – porosité – sphéricité - tomographie rayons X – ImageJ – machine Learning – Deep Learning - Python

Key words

- *Single phase systems- 3 phase systems - Inductance – Static transformer- Rectifier - Thyristor - Natural switching - Controlled switching - Energy Transfer - Electromechanical convertor.*
- *Solid solution – Ternary diagrams – Gibbs triangle – Gibbs’ phase rule – Two, three and four-phase equilibria – Tie line – Tie triangle – Lever rule – Isothermal section – Isopleth section –Liquidus projection – Solidification sequence – Solubility – Invariant reaction – Eutectic – Peritectic.*
- *NDT – COFREND – metallurgical defects – Visual Testing (VT) – Penetrant Testing (PT) – Magnetic Testing (MT) – Eddy current Testing (ET) – Infrared Thermographic Testing (TT) Radiographic Testing (RT) – Ultrasonic Testing – workers safety.*
- *Fatigue damage, crack initiation, notch effect, surface influence, residual stresses, multiaxial fatigue, fatigue criteria, fatigue design, low cycle fatigue strength, cyclic characteristics*
- *Quantitative image analysis – binary threshold – erosion – dilatation – micrographiy – metallurgical analysis – dendritic arm spacing (DAS) – casting defects – porosity – sphericity – X-ray tomography - ImageJ., - Machine Learning - Deep Learning - Python*

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

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.	B
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

3. Contrôler les conditions de la production.	B
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 :

Electricité industrielle

- Comprendre les notions d'électrostatique.
- Étudier le comportement des circuits parcourus par un courant alternatif.
- Analyser les courants polyphasés.
- Calculer les transferts d'énergie électrique en fonction des paramètres du système.
- Décrire les paramètres comme l'inductance, la capacité et la résistance dans un réseau électrique ou un composant de fonderie/forge.
- Interpréter les fiches signalétiques des transformateurs utilisés en fonderie et forge.
- Déterminer les effets chimiques et calorifiques du courant continu (énergie, courant électrique, loi d'OHM).
- Analyser les effets magnétiques du courant continu (champ et induction magnétique, aimantation, action des champs sur les courants, induction électromagnétique, appareils de mesure et résistance).
- Expliquer le fonctionnement des diodes de puissance et des thyristors.

Diagrammes d'équilibre ternaires

- Déterminer la composition d'un point placé dans le triangle de Gibbs
- Placer une composition donnée dans le diagramme ternaire
- Déterminer les phases en présence dans un domaine quelconque du diagramme ternaire
- Déterminer la composition et la proportion des phases en présence pour une composition d'alliage
- Tracer les coupes isothermes d'un diagramme ternaire
- Tracer la projection du liquidus et du solidus dans le triangle de Gibbs
- Déterminer la séquence de solidification d'un alliage de composition donnée (phases en présence, composition et proportion des phases en fonction de la température).

Physique des contrôles non destructifs

- Performances et limites des méthodes de CND :
 - Ressuage : Haute sensibilité pour détecter des fissures en surface, mais limité aux défauts ouverts.
 - Magnétoscopie : Efficace pour détecter des fissures en surface et près de la surface dans des matériaux ferromagnétiques, mais inutilisable pour les matériaux non-ferromagnétiques.
 - Ultrasons : Capable de détecter des défauts internes, mais nécessite un couplage adéquat et est sensible aux variations de la surface de la pièce.
 - Radiographie : Permet une visualisation interne des structures, mais nécessite des mesures de sécurité strictes et est coûteuse.
 - Thermographie infrarouge : Utilisée pour détecter des défauts en surface et sous-surface, mais dépend de la conductivité thermique des matériaux.

- Détermination des zones sensibles :
 - Facteurs tels que les contraintes mécaniques, la géométrie de la pièce, l'historique de fabrication, et les conditions de service sont pris en compte pour identifier les zones à risque nécessitant un examen par CND.

- Réduction des coûts de non-qualité :
 - Le choix du stade d'examen, par exemple lors de la fabrication ou après certaines opérations critiques, permet de détecter et corriger les défauts tôt, réduisant ainsi les coûts de retouche ou de rejet des pièces finies.

- Certification des agents de CND :
 - La certification assure que les agents de CND possèdent les compétences nécessaires pour effectuer des examens précis et fiables, garantissant ainsi la qualité et la sécurité des produits.

- Paramètres influençant le contrôle visuel :
 - Éclairage, accessibilité, état de surface, et compétences de l'inspecteur sont des paramètres clés pour la qualité du contrôle visuel.

- Techniques et paramètres en ressuage et magnétoscopie :
 - Ressuage : Techniques de nettoyage préalable, application de pénétrant, élimination de l'excès de pénétrant, application de révélateur, et inspection.
 - Magnétoscopie : Types de magnétisation (longitudinale, circulaire), utilisation de témoins d'aimantation, et précautions avec l'éclairage UV.

- Paramètres en courants de Foucault et thermographie :

- Courants de Foucault : Fréquence du courant, conductivité électrique du matériau, et géométrie de la pièce.
- Thermographie infrarouge : Puissance de la source de chaleur, temps de chauffage, et propriétés thermiques du matériau.
- Techniques et paramètres en ultrasons et radiographie :
 - Ultrasons : Types de transducteurs (droit, angle, immersion), zones du faisceau (zone morte, zone de champ lointain), et méthodes de représentation (A scan, B scan, C scan).
 - Radiographie : Temps de pose, choix de films radiographiques en fonction de la sensibilité, flou géométrique, utilisation d'écrans renforceurs, et indicateurs de qualité d'image pour identifier les défauts.

Rupture et fatigue des matériaux

- Analyse des ruptures par fatigue :
 - Identifier les sites d'amorçage de fissures, zones de propagation, lignes frontales et radiales pour estimer si une rupture est due à la fatigue.
 - Connaître les différents modes de sollicitation possibles.
- Courbes de fatigue :
 - Déterminer une courbe de Wöhler à partir de résultats d'essais de fatigue.
 - Utiliser les diagrammes de Haigh et de Goodman pour analyser les sollicitations et calculer l'équation de la droite de Goodman.
- Dimensionnement et vérification en fatigue :
 - Dimensionner une pièce en fatigue sous chargement uniaxial en tenant compte des paramètres mécaniques, géométriques et micro géométriques.
 - Vérifier la résistance en fatigue sous sollicitations cycliques multiaxiales et calculer le coefficient de sécurité.
- Critère de Dang Van :
 - Tracer la courbe de Dang Van d'un alliage métallique, en déterminer l'équation et appliquer ce critère à un chargement uniaxial en phase.
- Fatigue oligocyclique :
 - Tracer les droites de Manson-Coffin et de Basquin à l'aide de résultats de fatigue oligocyclique et déterminer leurs équations.
- Fissuration par fatigue :
 - Déterminer la loi de Paris à partir des essais de fissuration par fatigue et calculer la durée de vie résiduelle d'un composant avec un défaut de surface.

- Propriétés matériaux et modes de rupture :
 - Assimiler les méthodes de détermination des propriétés matériau liées à la rupture (ténacité, résilience, J_{1c}, courbe R) et connaître les différents modes de rupture.
 - Tracer et analyser un diagramme de Kitagawa pour évaluer la résistance en fatigue.


Analyse d'images

- Connaître les différentes techniques d'analyse d'image appliquées à la micrographie et à la tomographie rayons X
- Utiliser le logiciel ImageJ
- Connaître l'apport de l'analyse d'images au contrôle de production
- Connaître l'apport du Deep Learning (Python) pour l'analyse d'images

MODES D'ÉVALUATION

Suivant détail fiche RNCP

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

	<h2>Module Métallurgie S9</h2> <p>UE : Structure et comportement des matériaux Nombre de crédits ECTS UE : 8</p>	<p>CM : 16 h TD : 8 h TP : ESI : Evaluation : 3 h Travail personnel : 4 h</p>
---	--	--

OBJECTIFS

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

Métallurgie des alliages cuivreux

Cf fiche n°225 Cuivreux 3A

Le cours sur le cuivre et les alliages cuivreux (laitons, bronzes, etc.) vise à transmettre les connaissances fondamentales de leur métallurgie et métallographie, en abordant leurs structures et propriétés physiques et mécaniques en fonction de divers paramètres comme la température et les traitements thermiques. Les applications industrielles de ces alliages sont vastes, couvrant des secteurs comme le bâtiment et l'aéronautique. Une attention particulière est portée sur leur résistance à la corrosion et leur conductibilité électrique. Le cours relie ces caractéristiques aux méthodes de mise en forme des matériaux, aidant les étudiants à comprendre les avantages des alliages cuivreux par rapport à d'autres matériaux et à surmonter les défis de leur transformation. Il s'appuie sur des notions de métallurgie générale vues en première année, telles que la métallurgie structurale et les diagrammes d'équilibre.

Métallurgie des alliages de titane et superalliages

Cf fiche n°226 Titane 3A

Les alliages de titane, largement utilisés en aéronautique et turbines industrielles, trouvent également des applications en chimie et pétrochimie grâce à leur excellente résistance à la corrosion, notamment dans l'eau de mer. Ce cours présente leur métallurgie, en mettant l'accent sur l'optimisation des microstructures. Les propriétés physiques et mécaniques, ainsi que les avantages des alliages de titane, seront abordés, avec un focus sur leur élaboration et mise en forme par forgeage. Des exemples spécifiques incluent le TA6V et le Ti17 pour les alliages de titane et l'Inconel 718 pour les superalliages. Ces études détaillent les processus d'élaboration et les propriétés distinctives de chaque alliage.

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

Métallurgie des alliages cuivreux

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 (lois de Fick)

Notions de thermodynamique (notions d'enthalpie, entropie etc.)

Métallurgie des alliages de titane et superalliages

- Notions de cristallographie (structures élémentaires).
- Thermodynamique des matériaux (diagrammes d'équilibre).
- Mécanismes de transformations de phase (displacif/diffusif) ; croissance de grains, recristallisation.
- Notions sur les propriétés mécaniques les plus courantes (en traction, fatigue, fluage).
- Notions sur les moyens de caractérisation usuels en métallurgie : microscopies optique et électronique., diffraction des rayons X.

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

Cuivres – Alliages Cuivreux – Laitons – Bronzes – Cupro-aluminiums – Maillechorts – Fonderie – Corroyage – Décolletage – Corrosion – Traitements Thermiques – Défauts – Microstructures – Conductibilité – Caractéristiques mécaniques – Bactéricide.

Titane – Alliages de titane – Phases – Recristallisation – Microstructures – Elaboration – Traitements thermiques – Traitements thermomécaniques – Propriétés mécaniques – Applications industrielles et aéronautiques – Superalliages – Alliages base Ni – Alliages base Co – Alliages métallurgie des poudres – Inconel 718 – Propriétés physiques – Phases – Recristallisation – Applications – Elaboration – Forgeage – Tenue au fluage – Résistance à la fatigue – Gammes de transformation – Applications industrielles et aéronautiques

Key words

Coppers – Copper Alloys – Brasses – Yellow Brasses – Bronzes – Aluminium Bronzes – Castings – Cold Working – Hot Working – Machining – Corrosion – Heat Treatment – Defects – Microstructures – Conductibility – Mechanical properties – Antibacterial.

Titanium – Titanium alloys – Phases – Recrystallization – Microstructures – Elaboration – Heat treatments – Thermo-mechanical treatments – Mechanical properties – Industrial and aerospace applications – Titanium alloys – Super alloys – Ni base alloys – Co base alloys – Powder metallurgy alloys – Inconel 718 – Physical properties – Phases – Recrystallization – Applications – Melting – Microstructure – Creep - Fatigue – Processing

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.	A
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
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

Être capable de :

Métallurgie des alliages cuivreux

- Citer les principaux cuivres et alliages de cuivre
- Donner les principales caractéristiques des différents alliages cuivreux
- Elaborer les alliages cuivreux

- Optimiser les compositions des alliages en fonction de l'effet des principaux éléments d'addition et impuretés en fonction des alliages
- Reconnaître les structures des différents alliages cuivreux
- Justifier l'emploi d'un couple alliage-procédé par rapport aux besoins fonctionnels


Métallurgie des alliages de titane et superalliages

- Énumérer les principales propriétés du titane et de ses alliages.
- Connaître les étapes d'élaboration les plus courantes.
- Savoir classer les alliages de titane suivant leurs compositions et connaître les avantages et inconvénients des différentes familles.
- Reconnaître les microstructures types et identifier les traitements qui les ont générés.
- Sélectionner une microstructure en fonction des propriétés mécaniques visées.
- Citer et commenter les différentes phases que l'on peut rencontrer dans les alliages de titane et les super alliages
- Décliner les types d'élaboration utilisés pour chaque alliage ainsi que les avantages et inconvénients de chaque méthode employée
- Connaître les paramètres qui participent à la recristallisation au cours d'une déformation à chaud et leur influence sur la structure métallurgique obtenue
- Reconnaître les principaux défauts métallurgiques et leur nocivité
- Décrire le principe opératoire pour la mise en place d'une gamme de forge dédiée à un produit forgé en titane (TA6V ou Inconel 718)

MODES D'ÉVALUATION

Suivant détail fiche RNCP

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

	<p style="text-align: center;">Module Comportement matériaux S9</p> <p style="text-align: center;">UE : Structure et comportement des matériaux Nombre de crédits ECTS UE : 8</p>	<p>CM : 22 h TD : 8 h TP : ESI : Evaluation : 2 h et CC Travail personnel : 4 h</p>
---	--	--

OBJECTIFS

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

Corrosion et traitement de surface

Cf fiche n°233 Corrosion 3A

Le cours sur la corrosion des matériaux métalliques aborde les phénomènes de destruction progressive des métaux et alliages par oxydation. Son objectif est de sensibiliser les étudiants aux conditions favorisant la corrosion, soulignant son importance économique et technologique. Les enjeux économiques incluent le remplacement des matériaux corrodés, tandis que les défis technologiques concernent l'utilisation de matériaux résistants à la corrosion dans des conditions extrêmes, comme dans l'industrie nucléaire. Le cours couvre les concepts de chimie et d'électrochimie nécessaires, étudie les mécanismes de corrosion et explore diverses techniques de lutte contre ces phénomènes. Les étudiants travailleront sur des études de cas réelles appliquées à leur domaine, découvrant l'importance de cette problématique dans leurs futures carrières.

Analyse des non-conformités de fonderie ***Cf fiche n°234 Défauts nn Conf***

3A

Sous la pression des donneurs d'ordre et équipementiers pour réduire les coûts, les fonderies doivent diminuer les surcoûts de fabrication et optimiser l'utilisation de leurs moyens de production. La non-qualité représente un obstacle majeur, pouvant entraîner la perte de clients et une diminution des marges. Ce cours vise à doter les étudiants d'une méthodologie de résolution des problèmes de non-qualité pour réduire les défauts en production. Le cours commence par le diagnostic des défauts et l'évaluation de la conformité des pièces aux cahiers des charges des clients. Ensuite, la recherche des causes des défauts est abordée à travers des études de cas, en utilisant des exemples de fonderie gravité et sous pression. Les impacts des arrêts de production, des moyens de contrôle et de la fréquence des prélèvements sont examinés. Les étudiants apprendront à identifier l'origine des défauts (thermiques, remplissage, etc.), à gérer les problèmes avec les clients, et à comprendre l'influence des paramètres de fabrication sur la qualité des pièces. Ils acquerront également des compétences pratiques pour diagnostiquer les défauts, analyser les problèmes de non-qualité et appliquer des plans d'actions correctives.

Analyse des non-conformités de forgeage *Cf fiche n°235 Défauts FO 3A*

La compréhension de la technique de mise en forme des métaux par forgeage fait appel à plusieurs domaines de compétences tels que la métallurgie, la plasticité ou encore la mécanique. Par définition, elle est donc complexe.

L'objectif de ce cours est d'apporter aux étudiants une connaissance des défauts de forge, de leur mode de formation et leurs causes racines pour mieux les comprendre et surtout pour pouvoir les traiter.

Le second objectif est d'apporter une culture technique à l'étudiant par une méthode d'analyse structurée des défauts de forge.

Ce cours est basé sur une approche de la mise au point de la production de pièces forgées.

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

- Physico-chimie de 1A (Cf fiche cours 1A-402)
- Les élèves devront maîtriser préalablement :
 - Le process de fonderie fonte (moulage sable) et aluminium (moulage sous pression),
 - La métallurgie des fontes et des aluminiums moulés (cf 2A-505, 2A-506 et 2A-507)
 - Les moyens de contrôles des pièces (radiographies, micrographie, ressuage)
- Technologie estampage : conception, outillage, machines
- Mécanique des milieux continus – plasticité
- Contrôle non destructifs - principes
- Simulation Numérique des procédés de forgeage

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

- Corrosion – corrosion localisée, galvanique, caverneuse, différentielle, sous contrainte – protection contre la corrosion – Inhibiteur de corrosion
Oxydo-réduction et électrochimie – potentiel d'électrode – Thermodynamique des réactions de corrosion – diagramme de Pourbaix – diagrammes potentiel-pH – diagrammes d'Ellingham – piles de corrosion
- Défauts – causes de non qualité - soufflure – retassure – reprise de coulée – relation client fondeur – paramètres de fabrication – diagramme d'Ishikawa – Contrôle de la qualité
- Forgeage – Matriçage – Gamme de forge – Analyse des défauts – Cause – Déformation plastique – Machine de forge – Environnement de travail – Opérateur de forge

Key words

Corrosion – localized corrosion – crevice corrosion – differential corrosion – Stress corrosion cracking – protection corrosion – corrosion inhibitor

Redox and electrochemistry – electrode potential – thermodynamics of corrosion reactions – E-pH or Pourbaix diagrams – Ellingham diagrams – corrosion cell

Defects - Causes of poor quality – porosity – shrinkage – cold lap - relationship between customer and foundryman – industrial parameters – Ishikawa diagram – Quality control

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.	A
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.	B
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	A
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.	B
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	B
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

O4 : 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 :

Corrosion et traitement de surface

- Comprendre et utiliser les diagrammes de potentiel-pH et d'Ellingham
- Comprendre la formation des piles de corrosion
- Connaître les différents types de corrosion
- Utiliser l'électrochimie pour comprendre, identifier et lutter contre le phénomène de corrosion
- Connaître les principales méthodes de protection des matériaux

Analyse des non-conformités de fonderie

- Diagnostiquer un défaut de fonderie (fonte et aluminium), d'en préciser l'origine (métallurgique, procédé) et les causes d'apparition
- Appliquer une démarche structurée de traitement de la non qualité (diagnostic/causes/remèdes)
- Utiliser des outils de résolutions de problèmes (Ishikawa, cause racine, AMDEC, pourquoi, etc.)

Analyse des non-conformités de forgeage


- Identifier les défauts de forge
- Effectuer une analyse structurée pour rechercher les causes "racines"

- Connaître les bonnes pratiques pour assurer la qualité des pièces forgées
- En fonction de la géométrie de la pièce et de sa gamme de forge, savoir reconnaître quelle est le ou les défauts qui ont le plus de chance d'apparaître

MODES D'ÉVALUATION

Suivant détail fiche RNCP

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

	Module Conception Pièces Moulées S9 UE : Conception et Mise en Forme Nombre de crédits ECTS UE : 11	CM : 18 h
		TD : 9 h TP : 1 h ESI : 5 h Proj: 11 h Evaluation : 12 h Travail personnel : 8 h

OBJECTIFS

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

Conception d'outillages et de pièces moulées *Cf fiche n°326 EM 3A*

Les études de moulage et de fabrication de produits sont essentielles pour la pérennité des entreprises de fonderie, situées en amont de la production. Elles constituent les bases des échanges informationnels entre les intervenants, résultant des travaux du client et des préconisations de l'usineur et de l'assembleur. Le bureau des méthodes du fondeur détermine les plans d'élaboration des bruts en collaboration avec sous-traitants et responsables de fabrication. Ces études vérifient et valident le choix du procédé en se basant sur cinq paramètres essentiels : matériau, série, dimensions, tolérances dimensionnelles, et état de surface. Elles définissent les moyens de fabrication nécessaires, incluant les systèmes d'alimentation, de remplissage, les sables de moulage, et les matériels associés. Les outillages conformes aux normes sont également spécifiés, incluant modèles, masselottes, et boîtes à noyaux. Cette démarche permet de chiffrer et industrialiser les fabrications. L'industrie automobile, grande consommatrice de pièces en alliages ferreux et aluminium, sert souvent d'exemple pour les fabrications en grande série. Les étudiants doivent analyser et proposer des solutions pour la réalisation de pièces automobiles de fonderie, en prenant conscience de la complexité des solutions industrielles applicables.

Moulage sous pression

Cf fiche n°328 Moulage S-P 3A

Le cours sur le procédé de fonderie sous pression se concentre sur la coulée forcée par injection dans un moule métallique permanent, permettant la production en grande série de pièces identiques, couramment utilisées dans les secteurs des transports et de l'électroménager. Le cours aborde la nécessité de concevoir des moules permanents ouvrables pour l'extraction des pièces et les plans de fermeture. Il explore les interactions entre le moule, la machine à mouler et les performances industrielles, illustrées par l'industrialisation d'un produit automobile. Les connexions techniques, telles que les dimensions des carcasses, les liaisons électriques et le programme de fonctionnement, sont étudiées. Le cours souligne l'importance du paramétrage du processus et des particularités métallurgiques du moulage sous pression. Enfin, un bilan est réalisé par une évaluation sous forme de dessins cotés, permettant de comprendre les aspects techniques et économiques du procédé.

Moulage sous pression des alliages de Zinc

Cf fiche n°329 Zinc 3A

Objectif général : Sensibilisation et informations sur les alliages de zinc et leurs procédés de mise en œuvre

Objectifs de savoir : L'objectif de ce cours est de transmettre aux élèves apprentis un ensemble cohérent d'informations sur la métallurgie du zinc, son procédé de mise en œuvre, ses caractéristiques physiques et mécaniques, ses avantages/inconvénients.

Objectifs de savoir-faire :

- Nommer les différentes utilisations des alliages de zinc, les différentes familles d'alliages de zinc et leurs procédés de fabrication ;
- Analyser et critiquer la conception et le dessin d'une pièce destinée au moulage sous pression en chambre chaude ;
- Définir le moule, le nombre d'empreintes, le tonnage machine ;
- Définir les avantages / inconvénients du procédé d'injection chambre chaude par rapport à d'autres procédés de réalisation et aux matériaux concurrents ;
- Notion sur les éléments constitutifs d'un prix de pièces et son impact environnemental

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

Conception d'outillages et de pièces moulées

- Etude de moulage
- Masselottage et remplissage
- Filtration

Moulage sous pression

Aucun

Moulage sous pression des alliages de Zinc

- Moulage sous pression

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

Conception d'outillages et de pièces moulées

Caractérisation – pérennité – conception – plans d'ensembles – plans de définitions – plans d'élaborations des bruts – surépaisseur d'usinage – de plans de joints – dépouilles articulées – modifications de tracé – analyse des formes - paramètres discriminant – découpes de noyaux - modèles – portées – les 3 règles de masselottage – événements – descentes – canaux – filtres – surépaisseur et dépouille d'auto-alimentation – plaques modèles – boîte à noyaux – gabarits de remmoulage – gabarits de contrôle – remmoulage – systèmes d'alimentation – refroidisseur - phénomènes métallurgiques et thermiques liés à la solidification-

Système de remplissage – Coulée – Echelonnement du système de coulée - Poteries réfractaires – fonctionnement d'un système d'attaque - sables et procédés de moulage – sables et procédés

de noyautage – parachèvement – contrôle – conditionnement – matériels et machines associées-
Exemple didactique de pièces industrielles

Grande série – automatisation – mécanisation – déperdition – productivité
Prix de revient de fabrication (PRF) – rentabilité – retour d’investissement
Qualité : AQI (assurance qualité interne) – AQF (assurance qualité fournisseur)
Fiabilité – rendement synthétique.

Moulage sous pression

Le procédé de moulage sous pression : intérêt et concept – Paramètres influents :
Equilibre thermique, pression spécifique, vitesse d’injection et poteyage – Le moule:
mécanismes, composants, réalisation, réglages, durée de vie – Evolutions technologiques :
squeeze casting, SSM, vacural, full sleeve, jet cooling – ESI : Fonderie & Mécanique Renault
Cléon.

Le procédé de moulage sous pression : intérêt et concept – Paramètres influents :, pression
spécifique, vitesse d’injection– Le moule: mécanismes, composants, réalisation, réglages, durée
de vie – Evolutions technologiques : squeeze casting, SSM, vacural, full sleeve, jet cooling.

Moulage sous pression des alliages de Zinc

Applications zamak – Alliages de zinc – Injection sous pression – Moules métalliques – Tracé
des pièces

Key words

Conception d’outillages et de pièces moulées

*Pattern – Parting line – Sens of moulding – Machining allowance – Draft – Shrinkage– Core
– core Print – Core box – Gating system – Feeding system – Moulding box...*

*Tools, pattern, mold, core, core box, running, pouring and gating devices, solidification, feeding
and risering devices, heads (and risers), chills, molding sens study, Moulding sands and
processees, Design, Metallurgical and thermal phenomous due to the solification - Tapers,
Shrinkage – Required machining allowances – Running systems and risresing systems – 3 rules
of risering - Risers and feeders – equivalent plates - casting didactic examples*

Moulage sous pression

*High pressure die casting process: Interest and concept –Influential parameters:
thermal balance, specific pressure, injection speed and spray deposition – Die: Technical
devices, components, building, adjustment, life length – Technical development: Squeeze
casting, SSM, vacural, full sleeve, jet cooling – ESI: Casting & Méchanical Renault Cléon
plant.*

*High pressure die casting process: Interest and concept –Influential parameters, specific
pressure, injection speed – Die: Technical devices, components, building, adjustment, life
length – Technical development: Squeeze casting, SSM, vacural, full sleeve, jet cooling*

Moulage sous pression des alliages de Zinc

Zamac applications – Zinc Alloys – Die casting hot chamber – Die casting mold – Drawing parts

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.	A
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	A
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	A
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	A

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.	A
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	A
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.	A

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.	B
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

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 :

Conception d'outillages et de pièces moulées

- Choisir et justifier le sens de moulage optimal pour faciliter l'alimentation, la position des parties usinées, la stabilité des noyaux, les points de référence, un remplissage calme, et l'évacuation des gaz.
- Dessiner, sur plusieurs vues, la pièce brute en tenant compte des surépaisseurs d'usinage, la coupe du moule remmoulé, les joints de moulage, et le découpage des noyaux avec les portées et démontabilités du modèle.
- Décomposer la forme en volumes élémentaires pour calculer le poids de la pièce brute.
- Sélectionner le procédé de moulage approprié en fonction de la quantité de pièces, des dimensions et des tolérances, et préciser les types et la composition des sables utilisés.
- Définir les outillages, les classes normalisées, et la nature des modèles et boîtes à noyaux, en fonction de la quantité de pièces à réaliser, en indiquant le retrait linéaire.
- Dessiner la boîte à noyaux sur au moins deux vues pour le noyau le plus complexe, en détaillant les faces de remplissage, de raclage et de stockage, les joints de démontabilité, et les accessoires nécessaires.
- Calculer et représenter les systèmes de remplissage et d'alimentation, les coter sur le plan, et indiquer la composition des matériaux pour les moules et les noyaux.
- Critiquer la géométrie de la pièce, proposer des modifications de tracé pour faciliter le moulage, suggérer l'alliage le mieux adapté, et définir les contrôles nécessaires pour garantir la qualité.

Moulage sous pression

- Décrire le principe du moulage sous pression et ses évolutions.
- Justifier les intérêts de cette technologie de moulage.
- Reconnaître une pièce moulée sous pression.
- Citer les métallurgies appropriées à ce type de moulage.
- Repérer la faisabilité d'une pièce en technologie sous pression.
- Citer les composants d'un centre de moulage et expliquer leur rôle.

- Paramétrer un groupe d'injection, pour en définir la loi de coulée propre à chaque type de pièce (courses, pressions, vitesses)
 - Fixer les conditions de moulage d'une pièce (temps de cycle, poteyage, parachèvement ...)
 - Choisir le sens de moulage d'une pièce, en fonction des meilleurs critères technico-économiques.
 - Mettre en application les outils de calcul simulation (remplissage & thermique) pour étayer les choix techniques.
 - Construire le dispositif de coulée (chenal, tirages d'air, talons de lavage, squeeze pins).
 - Calculer la surface projetée de la pièce et de sa grappe (pièce avec son dispositif de coulée).
 - Choisir une pression spécifique en fonction des caractéristiques "produit" recherchées.
 - Mettre en relation directe la surface projetée de la grappe, la pression spécifique et la classe de la machine à mouler (force de fermeture : $F = P \times S$).
 - Dimensionner le moule d'une pièce, en fonction de la machine choisie.
 - Formaliser l'implantation d'un site (avec éventuellement plusieurs centres) de moulage sous pression, avec les investissements associés, pour réaliser un programme de fabrication.
 - Faire la relation de cause à effet des améliorations qualité inhérentes au paramétrage des installations.
 - Proposer un prix de prestation (coûts matière, valeur de transformation, coûts des outillages, investissements) pour un programme à réaliser.
 - Réaliser l'étude dimensionnée d'un moule de fonderie sous pression, à partir d'un plan de pièce brute.
 - Choisir le sens de moulage de la pièce (par rapport au plan de joint délimitant la partie fixe de la partie mobile du moule), en fonction des meilleurs critères technico-économiques.
 - Organiser les directions de déplacements des parties moulantes, pour permettre le démoulage de la grappe.
 - Délimiter les différents plans de fermeture de chacune des parties moulantes (empreinte fixe, empreinte mobile et tiroirs), en tenant compte des opérations de parachèvement complémentaires au moulage.
 - Envisager l'application des outils de calcul de simulation (remplissage & thermique) pour étayer les choix techniques.
-
- Imaginer le concept du dispositif de coulée (jet de coulée, chenal, tirages d'air, talons de lavage, squeeze pins), pour obtenir une pièce conforme au cahier des charges client.
 - Calculer la surface projetée de la pièce et de sa grappe (pièce avec son dispositif de coulée).
 - Appliquer la pression spécifique utile, en fonction, des caractéristiques de produit recherchées.
 - Appliquer la relation directe entre la surface projetée de la grappe, la pression spécifique choisie et la classe de la machine à mouler disponible (force de fermeture : $F = P \times S$).

- Définir l'architecture globale du moule (matrices, empreintes, centrages partie fixe / partie mobile, positionnement des tiroirs / empreintes, broches de moulage des avant-trous bruts de fonderie, système d'éjection, système de thermorégulation)
- Déterminer les jeux de fermeture de chacun des éléments moulants.
- Dimensionner précisément chacun des éléments constitutifs du moule de la pièce, en fonction de la machine choisie (la taille des carcasses et empreintes est en relation directe avec la classe machine à mouler).
- Dessiner le montage d'une broche fixe et le montage d'un éjecteur.
- Etablir les liaisons nécessaires entre le moule et la machine à mouler (fixations sur les plateaux, accouplement de l'éjection, contrôles de positions des tiroirs et de l'éjection, alimentation en fluide hydraulique, circuits de thermorégulation).
- Formaliser le programme séquentiel de fonctionnement du moule (ordre des opérations et des mouvements).


Moulage sous pression des alliages de Zinc

- Définir le tracé d'une pièce
- Définir les différents organes moule/machine
- Valider la faisabilité d'une pièce
- Définir un principe moule en fonction du tracé de la pièce
- Définir sur une pièce où positionner les points d'injection, la masselotte, les éjecteurs, les plans de joint, les tiroirs

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 Conception Pièces Forgées S9</h2> <p>UE : Conception et Mise en Forme Nombre de crédits ECTS UE : 11</p>	<p>CM : 21 h TD : 9 h TP : ESI : Proj: Evaluation : 4 h Travail personnel : 3 h</p>
---	---	---

OBJECTIFS

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

Outillage de forge

Cf fiche n°335 Outill forge 3A

L'outillage de forge est un élément clé du procédé de mise en forme à chaud. Il intervient pour 5 à 20% dans le prix de revient d'une pièce forgée selon le type de forgeage retenu.

La maîtrise des performances d'un outillage constitue un objectif permanent d'amélioration de qualité et de productivité pour les forgerons.

L'objectif de cette intervention est de montrer les pistes essentielles existantes permettant aux services des méthodes d'établir des cahiers des charges et des gammes de fabrication optimisées des outillages (choix de nuance, traitements thermiques...). On cherche aussi à préciser les caractéristiques du matériau-outil à privilégier pour répondre aux sollicitations thermiques ou mécaniques rencontrées dans les procédés de forge à chaud ou à température ambiante.

Conception d'outillages et de pièces forgées

Cf fiche n°334 EF 3A

Le forgeage à froid est la déformation plastique de matériaux métalliques massifs pour créer des pièces mécaniques, nécessitant une préparation de la matière première et de la gamme de déformation. Ce cours et les travaux dirigés (T.D.) visent à fournir les bases de conception pour les produits forgés à froid et à définir le chemin de déformation optimal. Les règles régissant la déformation à froid, notamment l'extrusion, et les mécanismes sous-jacents sont étudiés pour une application adéquate. Les principales opérations de déformation à froid, telles que le filage (direct, contenu, inverse, combiné) et le refoulement, ainsi que les défauts potentiels, sont examinées. D'autres opérations comme le débouchage, découpage, tréfilage et dudgeonnage sont également abordées. Le cours couvre la conception des outillages, la préparation métallurgique et de surface des lopins, les traitements après forgeage, et inclut des comparaisons avec la déformation à mi-chaud. Les étudiants réalisent des diagrammes de forgeage et apprennent à utiliser des outils de simulation numérique.

Forgeage libre des lingots >75t

Cf fiche n°336 Forg libre longots 3A

Rappels de métallurgie des aciers et de leurs moyens de caractérisation.

Comprendre les modes d'élaboration et de réalisation des pièces en acier de grand volume.

Influences des traitements thermiques.

Comprendre les modalités de traitement sur des pièces massives (>75t) en acier et les propriétés requises.

- Cas des aciers inox

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

Outillage de forge

Aucun

Conception d'outillages et de pièces forgées

Maîtriser la conception mécanique (CAO et lecture de plan)

Avoir des bases de fabrication mécaniques pour la conception des outillages

Connaissance dans la métallurgie des aciers et des traitements thermiques.

Distinguer et définir les différentes techniques de forge

Maîtriser les logiciels de simulation de forgeage par éléments finis

Forgeage libre des lingots >75t

Métallurgie des aciers

Conception des pièces de forge

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

Outillage de forge

Fatigue thermique – fissuration – fatigue de contact – aciers d'outillages – traitement thermique – traitement superficiel – nitruration – conception.

Sollicitations mécaniques et thermiques - Mécanismes élémentaires d'endommagement - Choix d'aciers, traitements thermiques/thermo-chimiques

Conception d'outillages et de pièces forgées

Extrusion – diagramme de déformation – filage, filage avant – filage inverse – filage direct - refoulement – écrouissage – frettage – phosphatation – lopin – cisailage – sciage – traitement de globulisation – recuit isotherme – chevrons - criques d'écrouissage – fissures – replis – matrice – filière – poinçon – éjecteur - frette – découpe – débouchage – tréfilage – dudgeonnage.

Forgeage libre des lingots >75t

Moulage Gros lingots, ségrégation, forgeage de pièces de grande dimension, CND

Key words

Outillage de forge

Thermal fatigue – fissuration – contact fatigue – tool steels – heat treatment – surface treatment – nitruration – tool design.

Conception d'outillages et de pièces forgées

Cold forging, coating, slug, shearing, saying, spherodising annealing, isothermal annealing,

Forgeage libre des lingots >75t

Casting large ingots, segregation, forging large parts, CND

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.	A
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	A
3. Définir les méthodes et moyens de conception en tenant compte des contraintes éthiques, environnementales et sociétales.	A
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	A

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.	A
2. Sélectionner les matériaux, leurs propriétés et les procédés de mise en forme, notamment pour la fonderie et le forgeage.	A
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.	A

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.	B

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

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 :

Outillage de forge

- Identifier les endommagements sur des outillages de forge
- Analyser les sollicitations sur des outillages de forgeage
- Comprendre des modes d'endommagement rencontrés en forgeage
- Connaître les influences des paramètres opératoires sur la tenue en service des outillages de forge
- Identifier des solutions pour limiter les ruines des outillages en forge.

Conception d'outillages et de pièces forgées

- Reconnaître une pièce de forge à froid
- Faire une analyse critique d'un plan de pièce client
- Définir le diagramme de déformation (dans ses grandes lignes)
- Eviter les pièges de conception lors de l'élaboration du diagramme et connaître les défauts
- Ebaucher la géométrie des outillages
- Donner les avantages de la forge à froid par rapport aux autres technologies
- Ebaucher une gamme de fabrication du procédé
- Appréhender les avantages économiques de cette technique


Forgeage libre des lingots >75t

- Définir les modes de forgeage des pièces de grande dimension.
- Comprendre les phénomènes induits dans le moulage, la solidification et les transformations structurales des pièces de grande taille en acier.

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 Génie des procédés S9</h2> <p>UE : Conception et mise en forme S9 Nombre de crédits ECTS UE : 11</p>	<p>CM : 51 h TD : 10 h TP : 20 h ESI : 21 h</p> <p>Evaluation : 5 h Travail personnel : 10 h</p>
---	---	--

OBJECTIFS

Ce module est composé de cinq grandes parties articulées comme suit :

Fonderie de précision (aéronautique)

Cf fiche n°346 3A

Le moulage d'alliages à haut point de fusion par fonderie à modèle perdu a débuté dans les toutes premières années 1930 aux USA à des fins médicales (alliages base cobalt).

Bien que vieux de plus 4000 ans, ce procédé n'avait jamais été mis en œuvre dans l'industrie mais seulement dans le domaine de l'art. General Electric présentant une application possible de ce procédé dans le domaine aéronautique fit réaliser avec succès, dès la fin de cette même décennie, des aubages pour moteur d'avions à piston.

L'objectif de ce cours est d'apprendre aux étudiants les procédés de fonderie de précision à modèles à savoir la cire perdue, le moulage plâtre et le lost foam. Il s'agira de présenter les moyens nécessaires pour ce type de fonderie, les matériaux utilisés pour la fabrication des modèles et des moules, les paramètres à maîtriser et à contrôler pour un procédé de fabrication optimisé et enfin de présenter les défauts et les remèdes préconisés.

Ce cours aborde aussi le procédé cire perdue en montrant son utilisation dans le domaine aéronautique et en insistant sur le fait que l'évolution de ce procédé, ainsi que des superalliages et des définitions des aubages ont permis d'accroître les performances des turboréacteurs depuis 60 ans.

Fusion des métaux et alliages

Cf fiche n°347 3A

Depuis plus d'une vingtaine d'années, on assiste à un très grand développement de la fusion électrique principalement pour la fusion de la fonte et de l'aluminium. Actuellement on installe dans le monde plus de fours électriques que d'appareils de fusion à gaz, fuel et coke.

L'objectif de ce cours est de présenter les principaux fours, électriques et ou à gaz, utilisés pour la deuxième fusion et le maintien en température des métaux et alliages.

La connaissance technologique de ces fours et les principes de base de leur fonctionnement devraient permettre aux étudiants d'en maîtriser l'utilisation lors de leur activité professionnelle future.

L'approche comparative de ces appareils devrait les aider à établir un cahier des charges pour déterminer le choix de l'équipement le mieux adapté en fonction des critères qualitatifs des pièces de fonderie.

Ce cours a également pour but de diriger, lors de 2 tables rondes, des échanges entre les élèves apprentis, les utilisateurs et les fournisseurs de fours électriques.

Techniques additives et Métallurgie des poudres *Cf fiche n°348 3A*

Les procédés de fabrication additives se développent et prennent place dans le milieu industriel, c'est pourquoi il est important de connaître les différentes technologies présentes sur le marché et leurs applications. Dans ce module, il sera abordé à travers des exemples sur des pièces ou outillages de forge et fonderie, les possibilités offertes (complexité, petite série, délais) par la fabrication additive mais également les contraintes (géométrie, contrôle, prix).

Le soudage et ses applications *Cf fiche n°349 3A*

Lister les principaux procédés de soudage utilisés en fabrication et en réparation, les principaux paramètres de réglage et limite d'application des procédés :

- Soudage Oxyacétylénique
- Soudage à l'arc avec électrode enrobée
- Soudage TIG
- Soudage MIG/MAG
- Soudage sous flux en poudre
- Approche des procédés spéciaux

Connaître les principales conséquences du soudage et les principaux paramètres d'action :

- Paramètres de réglage et énergie linéaire de soudage
- Facteurs thermiques de l'opération de soudage, influence de la pièce
- Influences métallurgiques

Connaître les principaux risques de l'opération de soudage.

- Défauts liés à la soudabilité opératoire, précautions à prendre
- Défauts liés à la soudabilité métallurgique, approche des contraintes et déformations, précautions à prendre

Usinage *Cf fiche n°350 3A*

Acquérir des notions élémentaires sur l'usinage par enlèvement de matière de pièce de fonderie :

Étude de la typologie des machines et des outillages utilisés

Analyse du processus d'usinage sur MOCN

Étude des mises en position et des maintiens des pièces issues de fonderie

Étude de la technologie des outils coupants

Théorie de la coupe, processus de coupe, facteurs influents

Choix des outils de coupe

Optimisation sous contraintes des conditions de coupe en tournage.

Etudier technologies pour dimensionner et optimiser un produit

Cet enseignement a pour mission de procurer aux apprentis la base de l'industrialisation d'une pièce mécanique et d'illustrer sur 3 exemples concrets les problématiques de mise en position, de balançage de brut, de production et de contrôle d'une pièce de fonderie ou de forge.

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

Fonderie de précision (aéronautique)

- Des connaissances de base de fonderie : conception, métallurgie, fusion, coulée
- Des connaissances de base de chimie des solutions : pH, viscosité, stabilité, dispersion,
- Des connaissances de base en matériaux : céramiques oxydes, réfractaires, poudre, sable, granulométrie.

Fusion des métaux et alliages

- Les réfractaires en fonderie
- Connaissances et maîtrises de l'électricité industrielle.
- Thermodynamique : Loi des gaz parfaits, premier et deuxième principe.
- Métallurgie chimique: Diagrammes d'équilibre, métallurgie des fontes.
- Transfert de la chaleur (surtout convection et échangeurs thermiques)
- Statistiques, plans d'expérience.

Techniques additives et Métallurgie des poudres

- Connaissance des contrôles métallurgique en forge et fonderie

Usinage

- Conception et fabrication mécanique

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

Fonderie de précision (aéronautique)

Outillages d'injection - Modèles : cire, urée - Noyaux : céramique, soluble - Montage des grappes, dégraissage – Barbotines - Farine et stucco : zircon, zircone, alumine, chamotte - Liants : silice colloïdale silicate d'éthyle, silicate de sodium - Adjuvants, additif : agent mouillant, anti-moussant - Décirage : autoclave, four flash - frittage - Coulée : sous air, sous vide, atmosphère contrôlée, gravité, retournement - solidification équiaxe, solidification dirigée, solidification monocristalline - Lost foam : polystyrène, le moulage plâtre.

Fusion des métaux et alliages

Fusion – Induction – Courant - Transformateur – Magnétisme – Condensateur – Creuset – Canal – Bassin – Garnissage – Réfractaires – Silice – Alumine – Spinelle – Diagrammes d'équilibre

– Fonte – Acier – Aluminium – Alliages cuivreux – Combustion – Enfournements – Matières premières – Consommables – Cotation nationale et internationale.

Lits de fusion et enfournements : coût, qualité - Généralités sur la fusion électrique - Fours à résistances et à arcs - Fours à induction à basses et moyennes fréquences - Principe de fonctionnement des fours à flammes - Tables rondes utilisateurs et fournisseurs de fours - ESI : Institut de Fonderie de la RWTH, Institut de la Forge, Fonderie JUNKER et Centre technologique

Réacteur métallurgique – Gazogène – Cubilot – Bilan des matières – Bilan thermique – Fonte – Coke – Fusion – Laitier – Tuyère – Laine de roche.

Techniques additives et Métallurgie des poudres

Impression 3D – Fabrication additive – Fusion laser – Fusion par faisceau d'électron – Dépôt de matière sous énergie concentrée

Le soudage et ses applications

Procédés de soudage, limites d'applications en fabrication, réparation - Conséquences du soudage : thermique, métallurgique, mécanique - Précautions à prendre – Soudabilité.

Usinage

Série de pièces – Machine outils à commande numérique – Tournage – Fraisage – Coupe des métaux - Outils de coupe – Théorie de la coupe – Lois d'usure – Optimisation des conditions de coupe – Métrologie – TP sur machines à commande numérique

Key words

Fonderie de précision (aéronautique)

Injection molding tools - Pattern: wax, urea - Core: ceramic, soluble - Cluster assembly, degreasing – Slurries - Flour and stucco: zircon, zirconia, alumina, chamotte - Binders: colloidal silicate ethyl silicate, sodium silicate - Additive: wetting agent, anti-foaming agent - Dewaxing: autoclave, flash fire - sintering - Casting: under air, under vacuum, controlled atmosphere, gravity, turning - equiaxed solidification, monocrystalline solidification - Lost foam: polystyrene Casting plaster. Aircraft engines and materials evolution – parts (blades and nozzles) – molding – melting under vacuum – finishing – checking – superalloys – equiax, columnar, structures and single cristal – heat treatment – Ni₃Al precipitates – defects and their beginning – influent parameters.

Fusion des métaux et alliages

Melting – Induction – Transformer – Magnetism – Energy – Power – Crucible – Chanel – Bath – Lining – Refractory material – Silica – Alumina – Spinel – Phase diagram – Iron – Steel – Copper – Brass – Combustion – Charge composition – Raw material – National & international cotation (LME).

Metallurgical reactor – Gas producer – Cupola – Mass balance – Thermal balance – Cast Iron – Coke - Melting– Slag – Tuyere – Rockwool

Techniques additives et Métallurgie des poudres

3D Printing – Additive Manufacturing – Laser beam melting – Electron beam melting – Direct Energy Deposition

Usinage

Series of parts – Machine tool with numerical control – Turning – Milling – High speed machining - Cutting tools – Theory of the cut – Metrology – Cutting conditions

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

3. Contrôler les conditions de la production.	B
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 :

Fonderie de précision (aéronautique)

- De choisir le procédé de fabrication de fonderie de précision adapté à la pièce à fabriquer.
 - Cire perdue
 - Moulage plâtre
 - Lost foam
- De choisir les différents matériaux utilisés dans chacun des procédés : différents types de cire, différentes couches de céramique au moulage, différents alliages
- De préparer les barbotines et contrôler les paramètres influents à chaque étape de la fabrication
- De décrire et d'expliquer des mécanismes physico-chimiques mis en jeu durant les différentes étapes du procédé : cuisson des noyaux, la consolidation de la barbotine par la prise de la silice colloïdale, le frittage, obtention des structures métallurgiques en fonction du procédé de coulée : équiaxe, Ds, monocristalline.
- D'assurer la fabrication - Mode opératoire : injection, montage grappe, nettoyage grappe, la fabrication de moule, décirage, frittage, enrobage, coulée, décochage, parachèvement

Fusion des métaux et alliages

- Connaître la conception et le domaine d'utilisation des fours électriques à résistances et à arc
- Conduire les divers types de fusion au four à arc
- Comprendre les phénomènes électromagnétiques et leurs applications aux fours à induction
- Distinguer les divers types de fours à induction pour la fonderie et pour la forge
- Savoir choisir les types matériaux réfractaires à utiliser en fonction de l'alliage métallique fondu

- Construire un argumentaire technico-économique permettant l'évolution d'un secteur fusion dans une fonderie
- Définir les moyens de fusion, de maintien et de coulée permettant d'assurer la production de pièces de fonderie
- Calculer le débit et la capacité des divers équipements d'un poste de fusion électrique
- Construire les gammes d'utilisation et de conduite des divers fours électriques d'une fusion
- Comprendre la combustion des gaz
- Connaître tous les domaines d'utilisation du gaz en fonderie
- Savoir choisir le brûleur le mieux adapté à son usage
- Elaborer le cahier des charges d'un poste de fusion et d'une installation de coulée

Techniques additives et Métallurgie des poudres

- Connaître l'ensemble des techniques actuellement développées et utilisées
- Connaître une large étendue des appareils de mesure.
- Comprendre les principes et les potentialités de la stéréovision. Savoir positionner (justesse, incertitude, temps de mesure, ...) la stéréovision par rapport à la métrologie tridimensionnelle (MMT).
- Savoir utiliser correctement le vocabulaire de la **Fabrication Additive**
- Connaître les différentes technologies de fabrication additive ainsi que le principe de fonctionnement (7 classes de procédé)
- Identifier les bonnes applications pour la fabrication additive
- Connaître la démarche de développement d'une pièce
- Connaître les termes techniques en anglais et en français et savoir les utiliser

Le soudage et ses applications

- Lister les principaux procédés de soudage et approcher leur domaine d'application, épaisseur, matériaux, approche des facteurs économiques.
- Lister les paramètres de soudage - procédé et pièce – et les facteurs d'influence.
- Lister les principaux défauts d'origine opératoire ou métallurgique ;
- Approcher les précautions à prendre.

Usinage

- Spécifier les moyens de production nécessaires
- Valider la faisabilité d'une gamme de fabrication de produits mécaniques
- Appréhender la problématique d'industrialisation d'une pièce mécanique
- Valider un processus de production de pièces de fonderie ou de forge

- Réaliser la métrologie de pièces de fonderie ou de forge sur machines de mesure avancées

MODES D’EVALUATION

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;">Module Sciences Humaines Economiques et Sociales S9</p> <p style="text-align: center;">UE : Gestion et Communication Nombre de crédits ECTS UE : 6</p>	<p>CM : 71 h TD : 48 h TP : 6 h Projet : 3 h ESI : 2 h Evaluation : 2 h Travail personnel : 12 h</p>
---	---	---

OBJECTIFS

Ce module est composé de sept grandes parties articulées comme suit :

Principe de management

Cf fiche n°424 Management 3A

Sensibiliser les élèves ingénieurs à l'évolution des méthodes de Management et de Décision ainsi qu'à leur pratique :

- Qualité et satisfaction client
- Outils modernes de la qualité
- Pratique de la décision
- Définition et partage d'une vision stratégique
- La caisse à outils du manager
- Communication interpersonnelle
- Relations interculturelles
- Approche managériale de la représentation du personnel
- Stress et Travail.

Gestion de production

Cf fiche n°425 Gest•Prod 3A

Il s'agit de sensibiliser les élèves ingénieurs aux concepts de gestion de production.

Une présentation de l'approche systémique permet d'abord de promouvoir une vision globale et décloisonnée pour appréhender les questions posées par le pilotage de toute production de biens matériels. En contrant le taylorisme opposé aux notions de flux physiques, on peut montrer la pertinence d'indicateurs de performance globaux et opérationnels.

Une simulation sur un exercice comptable d'un mois permet ensuite de mesurer concrètement les limites d'une gestion au jour le jour, et l'apport d'une optimisation informatique des flux.

Enfin la présentation comparée des concepts utilisés en gestion industrielle doit permettre aux futurs ingénieurs de reconnaître et améliorer le type de pilotage des flux qui est utilisé dans l'entreprise où ils effectuent leur apprentissage.

Droit du travail – Gestion comptable et financière

Cf fiche n°426 Compta et droit 3A

Au travers d'un cas dynamique (Business Game) L'apprenant va pouvoir aborder la comptabilité, la Gestion Financière et du droit d'une entreprise qui sont aujourd'hui des aspects importants de la formation des ingénieurs qui se trouvent confrontés soit à la gestion de projets soit à la supervision globale d'entité économique.

Il faut donc :

- Donner les notions élémentaires de la comptabilité
- Définir les agrégats de base permettant une évaluation des entreprises
- Valoriser l'outil de pilotage qu'est la Gestion Financière
- Sensibiliser les étudiants au cadre de travail de l'Entreprise
- Faire prendre conscience aux futurs ingénieurs des aspects juridiques de la réalité quotidienne (contrat de travail / responsabilité civile et pénale, RSE et impact environnemental...).
- Leur montrer l'intérêt du droit, les y intéresser en développant chez eux un réflexe juridique.
- Aborder les grandes lignes du droit en abordant des points concrets et précis et en leur expliquant comment rechercher les informations souhaitées.

Environnement juridique de l'ingénieur

Cf fiche n°427a Propr-Intell 3A et Cf fiche n°427b Normalisat 3A

Propriété intellectuelle

L'innovation stimule la croissance et l'emploi, et la Propriété Intellectuelle (PI) protège ces innovations, permettant de préserver les investissements et d'optimiser leur rentabilité par des licences. Ce cours sensibilise les étudiants aux aspects du Droit de la PI, couvrant les inventions brevetables, marques, dessins & modèles industriels, et droits d'auteur, afin qu'ils puissent identifier et résoudre les problèmes juridiques dans leur vie professionnelle, ou faire appel à des spécialistes. Les étudiants apprennent les notions juridiques clés nécessaires dans leurs fonctions techniques, commerciales ou de direction, en se basant sur les besoins des fonderies et forges. Le cours aborde la notion de contrat dans le cadre juridique français, européen et international, ainsi que divers aspects du droit commercial, fiscal et des affaires, spécifiques à la fonderie et forge. Il inclut aussi des points sur la Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE), comme le travail des enfants et les codes éthiques. Les thèmes incluent le système juridique français, les conflits de lois, les contrats, la sous-traitance, et la gestion juridique et fiscale des outillages.

Normalisation

Information sur la normalisation en général dans le domaine de la fonderie.

Innovation facteur de croissance

Cf fiche n°428 Innovat 3A

Découvrir l'environnement de l'innovation et de la conception de produits. Initialisation du projet à réaliser en sous-groupe.

Savoir mettre en œuvre une démarche systémique dans le cadre d'un projet d'innovation au sein d'un système complexe

Savoir mettre en œuvre et animer une session de recherche de solutions innovantes.

Exploiter les potentialités de la FA dans un projet d'innovation.

Industrie 4.0

Cf fiche n°429 IA 3A

Le secteur de l'industrie connaît de vrais changements grâce à l'utilisation croissante des nouvelles technologies dans les usines. Une transformation numérique baptisée « quatrième révolution industrielle » ou « industrie 4.0 » qui permet de rendre les usines flexibles et connectées. Pour ce faire, l'industrie 4.0 fait appel aux toutes dernières innovations : l'intelligence artificielle, la simulation basée sur la physique en temps-réel, les plateformes de cloud, les applications smartphones, les objets connectés, la réalité virtuelle, augmentée et hybride, l'humain dans la boucle, la dimension sociétale, jumeaux numériques, etc.

L'objectif de ce cours est de présenter aux apprentis quelques technologies avancées et leurs usages dans l'industrie. Nous nous focaliserons en particulier sur l'intelligence artificielle et la réalité virtuelle, deux technologies innovantes qui participent à la transformation digitale du secteur industriel. Nous verrons en particulier, quels sont les bénéfices et inconvénients de ces technologies ? Comment mettre en place ces solutions pour prototyper des processus industriels, former des opérateurs ou encore collaborer à distance.

Conférences et colloques - CSA

Cf fiche n°431 ESI-CSA 3A

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 (*les règles de construction d'un CV, d'une lettre de motivation ainsi que les conseils et préparation à l'entretien d'embauche, les moyens mis à la disposition des futurs ingénieurs*)

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)

Principe de management

- Connaissances de l'environnement professionnel et industriel
- Enjeux de la qualité (2A) – Communication (1A)

Gestion de production

- Savoir utiliser le solveur d'Excel
- Notions de gestion de stocks
- Notions de Lean Manufacturing

Droit du travail – Gestion comptable et financière

- Aucun

Environnement juridique de l'ingénieur

Propriété intellectuelle

Il est souhaitable que les étudiants aient une première expérience vécue de, tout ou partie de, ce qui suit :

- Comment se passe en pratique la mise en place de relations avec un client ou un fournisseur de l'entreprise (offre, devis, commande, AR de commande ...) ?
- Que puis-je « montrer » à un prospect puis à mon client de mon savoir-faire, de mes méthodes ?
- Difficultés de délais, de paiement, de qualité et relations client-fournisseur autour de ces difficultés.

Normalisation

- Aucun

Innovation facteur de croissance

- Propriété intellectuelle (Cf 3A)

Industrie 4.0

- Notion de base en informatique, calcul scientifique et analyses de données.

Conférences et colloques - CSA

- Aucun

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

Principe de management

Management – Pratique de la décision – Lean Management – Relations sociales – Risques psychosociaux – Relations Interculturelles – Qualité – Audit.

Gestion de production

Flux poussés – Flux tirés – Flux tendus - MRP – Juste à temps – Kanban – ERP – Approche systémique - Concepts de management : MRP, Kanban, OPT - Simulation de production

Droit du travail – Gestion comptable et financière

Ecritures – Journal – Bilan – Résultat – Besoin en fonds de roulement (BFR) – Fonds de roulement (FR) – Capacité d'autofinancement (CAF) – Soldes intermédiaires de gestion (SIG) – Tableaux de financement et de flux financiers, Trésorerie.

Droit français – Loi – Décret – Doctrine – Jurisprudence – Droit du travail – Contrat de travail – Clauses du contrat de travail – Licenciement – Démission – Transaction – Représentants du personnel – Responsabilité civile et pénale – Responsabilité pénale de l'ingénieur en matière d'hygiène et sécurité – Accident du travail – Consignes générales et particulières de sécurité – Droit des sociétés – Société à responsabilité limitée – SAS – Dépôt de bilan – Abus de biens sociaux.

Environnement juridique de l'ingénieur

Propriété intellectuelle

Brevet – marque – dessin & modèle – droit d'auteur – contrefaçon – protection – propriété industrielle – propriété intellectuelle - Droit français – Droit européen – Droit international – Juridictions – Hiérarchie des normes - Contrat – Conditions générales – Conflit de lois – Conflit de juridictions – Sous-traitance – Loi n° 75-1334 – Obligations – Responsabilité – Garantie – Outillages – Propriété intellectuelle – Savoir-faire - Confidentialité - TVA — Assurances – Droit de rétention – Procédures collectives – Procédure de sauvegarde – Redressement judiciaire – Liquidation judiciaire – Créances antérieures – Contrats en cours – Revendication.

Normalisation

C.E.N. (Comité Européen de Normalisation) – Normes – Normalisation française, européenne, internationale – Enquête publique - Enquête CEN – Vote formel – Ratifications – Adoptions.

Initiation à la normalisation et processus normatif - Normalisation française, européenne et internationale - Applications en fonderie - Stratégie et organisation

Innovation facteur de croissance

Innovation – invention – croissance - R&D – veille technologique – brevet – marché – protection – secret – propriété industrielle – créativité – stratégie – partenariats – anticipation - besoin client – confidentialité

Industrie 4.0

Réalité virtuelle, réalité augmentée, maquette numérique, visualisation de données, intelligence artificielle, apprentissage machine, réduction de modèles, jumeau numérique

Conférences et colloques - CSA

Conférences d'actualité - Conseil de suivi des apprentis - Curriculum vitae, motivation, réseaux sociaux, comportement

Key words

Principe de management

Management – Decision Making – Lean Management – French labor regulatory framework – Social Intercourse – Psychosocial Risk Factors – Cross Cultural Management – Quality Management – Inspection – Purchasing

Gestion de production

Production Management – Supply Chain Management – Just in Time – MRP – ERP – Lean Manufacturing

Droit du travail – Gestion comptable et financière

of Management, Board of Flows

French law - law decree - jurisprudence - employment contract - clauses of the employment contract - dismissal - resignation - transaction - staff representatives - civil and criminal liability - accident - general guidelines and specific security company law - company limited liability - sas - deposit balance - misuse of corporate assets - criminal responsibility of the engineer

Environnement juridique de l'ingénieur

Propriété intellectuelle

Patent – trademark – design – copyright – infringement – protection – industrial property - intellectual property - French Law – European Law – International Law – Jurisdictions – Hierarchy of rules - Contract – General conditions – Conflict of laws – Conflict of jurisdictions – subcontracting – Law n° 75-1334 – Obligations – Liability – Warranty – Tools – Intellectual property – Know-how – Confidentiality - VAT – Insurance – Right of retention – Insolvency procedures in French law.

Innovation facteur de croissance

Innovation, invention, growth, R&D, technological watch, patent, market, protection, secret, industrial property, creativity, strategy, partnership, customer need, confidentiality

Industrie 4.0

Virtual reality, augmented reality, digital mock-up, data visualization, artificial intelligence, machine learning, model order reduction, digital twin, ...

Conférences et colloques - CSA

Conferences on current events - Apprenticeship follow-up survey - Curriculum vitae, motivation, social networks, behavior

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.	A
2. Évaluer la faisabilité et la rentabilité des projets, avec proposition de solutions techniques, éventuellement innovantes.	A
4. Communiquer par écrit et/ou oralement dans un contexte international, avec élaboration de propositions chiffrées.	A

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.	A
2. Définir, préparer les moyens de production et assurer leur mise en route et leur suivi.	A
3. Organiser et coordonner l'industrialisation et la fabrication avec les parties prenantes conformément aux réglementations.	A
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	A

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.	A
2. Manager les ressources humaines nécessaires à la bonne réalisation des objectifs de production.	A
3. Contrôler les conditions de la production.	A
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.	A

Être capable de :

Principe de management

- Comprendre la relation entre politique de satisfaction des besoins et attentes des clients et pérennité de l'entreprise ;
- Appliquer les outils basiques de résolution de problèmes (méthode KJ, brainstorming, diagramme cause-effet, diagramme des interrelations) ;
- Analyser les méthodes et les pièges de la décision ;
- Connaître les mécanismes de partage d'une vision stratégique et du management par la finalité ;
- Comprendre le soin à apporter aux relations interculturelles à partir des exemples donnés en cours ;

- Comprendre les enjeux et l'importance de la représentation du personnel ;
- Appréhender les différentes facettes de la responsabilité sociale et pénale du manager ;
- Appréhender les risques psychosociaux.

Gestion de production

- Avoir une vision globale des flux de production
- Différencier les flux poussés et les flux tirés
- Faire appel à la simulation pour dimensionner un outil de production
- Comprendre un compte de résultats et actionner les bons leviers de pilotage
- Comprendre un calcul des besoins nets dans un MRP
- Appréhender un ERP pour maîtriser une production
- Mesurer l'importance des stocks et de leur gestion
- Participer à l'amélioration de l'ordonnancement
- Articuler la gestion des flux de produits et les aspects économiques (compte de résultat)
- Prendre des décisions en équipe

Droit du travail – Gestion comptable et financière

- Lire un plan comptable
- Construire : un compte de résultats, Bilan et Trésorerie
- Accompagner une gestion financière
- Gérer un projet et identifier des résultats à terme.
- Analyser les aspects juridiques liés au travail de l'ingénieur
- Connaître les grandes lignes du droit du travail
- Connaître les clauses principales d'un contrat de travail
- Connaître les instances représentatives à l'intérieur d'une société
- Connaître la responsabilité pénale de l'ingénieur en matière d'hygiène et sécurité
- Connaître les notions élémentaires du droit des sociétés

Environnement juridique de l'ingénieur

Propriété intellectuelle

- Savoir si une création est protégeable :
 - Par un brevet
 - Par une marque
 - Par un dessin & modèle
 - Par le droit d'auteur
- Déterminer, en matière de brevet :
 - Si les conditions de brevetabilité sont remplies
 - Quelles sont les différentes stratégies de protection (brevet / secret)
 - Quelles sont les erreurs à ne pas commettre
 - Quelles sont les principales voies de protection à l'étranger

- Savoir, en matière de marque :
 - Si le signe choisi est susceptible d'être enregistré en tant que marque
 - Quelles sont les principales voies de protection à l'étranger
- Savoir, en matière de dessin & modèle industriel :
 - Si le dessin & modèle industriel créé est susceptible d'être enregistré
 - Quelles sont les principales voies de protection à l'étranger
- En matière de droits d'auteur :
 - Faire la distinction entre droit moral et droits patrimoniaux
 - Connaître les caractéristiques du droit moral et des droits patrimoniaux
 - Savoir les pièges à éviter en matière de cession de droits d'auteur
 - Connaître les spécificités en matière de logiciel protégé par le droit d'auteur
- Avoir une vision générale des problèmes de contrefaçon
 - Actes contrefaisants
 - Sanctions
- Connaître d'autres concepts autour de propriété industrielle (le secret, l'enveloppe soleau, etc.)
- Faire de la juste compréhension du cadre juridique dans lequel s'inscrit un projet un atout, notamment face aux achats clients
- Avoir les bons réflexes, les bonnes références pour sécuriser/orienter la négociation d'une affaire, d'un projet
- Conduire de façon sécurisée pour l'entreprise l'exécution du projet
- Avoir les bons réflexes, à temps, en cas de défaillance d'un autre intervenant (fournisseur, client, etc.) ou d'inexécution imputable à ce dernier
- Avoir les réflexes indispensables à la protection de la propriété intellectuelle, au sens large, de l'entreprise et mettre en place les procédures à cette fin
- Avoir une bonne connaissance de questions juridiques propres aux deux professions (outillages) et plus généralement à la sous-traitance industrielle (contrat d'entreprise, loi de 1975)
- Avoir les éléments pour effectuer un audit pertinent de première intention en cas de réclamation et de précontentieux

Normalisation

- Avoir un aperçu clair des mécanismes normatifs
- Avoir "enregistré" les normes essentielles dans le domaine de la fonderie

Innovation facteur de croissance

- Initier, consolider ou participer à une démarche d'innovation dans l'entreprise,
- Evaluer la maturité de l'entreprise par rapport à l'innovation
- Initier et animer des réunions de créativité en s'appuyant sur différents outils et méthodes d'animation ("brainstorming", carte heuristique, matrice des découvertes, méthode des 6 chapeaux ...)
- Appréhender les enjeux de la protection de l'innovation,
- Appliquer (et faire appliquer) les réflexes et précautions nécessaires vis-à-vis de la propriété industrielle

- Appréhender les enjeux de la veille technologique indispensable à toute démarche d'innovation
- Mettre en place des critères d'évaluation de l'innovation (impact marché, impact technologique, risques ...), qui permettent à partir d'un vivier d'idées d'innovation de se focaliser rapidement sur les idées les plus prometteuses pour l'entreprise (compromis "attractivité/accessibilité")

Industrie 4.0

- Connaître les caractéristiques techniques du matériel de RV et RA : casques, capteurs, cave, bras haptiques, etc.
- Identifier les techniques fondamentales pour la conception et le déploiement d'expériences de RV
- Comprendre la chaîne de traitement pour créer la maquette numérique,
- Se familiariser avec les outils logiciel du domaine, notamment le logiciel Unity 3D.
- Techniques autour de la réduction de la donnée, analyse des données, classification des données, modélisation basée sur la donnée, extraction de connaissances à partir des données, ...
- Technologies de meta-modélisation et simulation des modèles physiques en temps-réel
- Jumeaux virtuels, digitaux et hybrides : workflow pour leur construction


Conférences et colloques - CSA

- Intervenir de façon active et positive lors d'une visite en entreprise
- Présenter une synthèse orale devant un jury
- Réaliser une synthèse des éléments débattus lors d'une conférence
- Juger de la pertinence du choix du procédé et des matériels
- Construire un CV et rédiger une lettre de motivation
- Savoir préparer un entretien de motivation ou de recrutement
- Connaître les outils et aides disponibles pour réussir sa recherche d'emploi

MODES D'ÉVALUATION

Suivant détail fiche RNCP

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

	<p>Module Langues Vivantes S9</p> <p>UE : Gestion et Communication Nombre de crédits ECTS UE : 6</p>	<p>CM : 12 h TD : 6 h TP : ESI : Evaluation : CC Travail personnel : en classe</p>
---	--	---

OBJECTIFS

Ce module est composé de trois grandes parties non forcément obligatoires articulées comme suit :

Anglais 3A

En troisième année les étudiants ayant réussi l'examen TOEIC, avec un niveau B2, peuvent choisir entre : suivre un programme de formation pour l'apprentissage de l'allemand ou suivre un programme d'anglais avancé. Pour ceux qui n'ont pas encore réussi à atteindre le niveau requis pour le TOEIC, des cours de préparation sont mises en place. Les différentes compétences sont pratiquées et renforcées, et une référence constante est faite aux stratégies de travail en autonomie, apprises en 1^{ère} année et utilisées en 2^{ème} année.

Travaux à réaliser :

Les étudiants doivent présenter un exposé chaque semaine sur un sujet libre ou un sujet imposé par le professeur. L'accent est porté sur la participation/ production orale avec des exercices portant sur l'interaction, les échanges, l'expression de ses opinions (débats). Réflexion approfondie sur des thématiques sociales et politiques sur supports écrits et oraux. Les élèves sont évalués régulièrement sur des sujets portant sur les compétences requises (exercices de compréhension et d'expression). Le travail régulier permet aux étudiants de progresser et de bien développer leurs compétences.

Allemand 3A

Pour les grands débutants : Apprendre la langue allemande pour répondre aux situations de la vie courante et découvrir des aspects de la culture et de la civilisation allemandes.

Pour les faux débutants : Poursuivre l'apprentissage de l'allemand, consolider ses connaissances ou se perfectionner pour répondre à des situations de la vie courante ou des situations simples de la vie professionnelle.

Niveau d'enseignement proposé : de A1 à A2 + du CECRL (B1 selon le public)

Les objectifs :

- Acquérir des bases grammaticales ou consolider son niveau de langue

- S'entraîner régulièrement aux 5 compétences définies par le CECRL (Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues) : compréhension orale, expression orale en continu, expression orale en interaction, compréhension écrite, expression écrite.
- Acquérir, réviser ou approfondir le lexique courant
- Inciter ou consolider le travail en autonomie afin de poursuivre l'apprentissage seul grâce aux sites conseillés pour travailler l'écoute, la lecture ou le vocabulaire.
- Susciter l'envie de découvrir seul la culture du monde germanophone (films, séries, villes...)

Anglais renforcé

En troisième année les étudiants ayant réussi l'examen TOEIC peuvent choisir entre : suivre un programme de formation pour l'apprentissage de l'allemand (1) ou suivre un programme d'anglais avancé (2). Pour ceux qui n'ont pas encore réussi à atteindre le niveau requis pour le TOEIC (3), des cours de préparation sont mises en place. Les différentes compétences sont pratiquées et renforcées, et une référence constante est faite aux stratégies de travail en autonomie, apprises en 1^{ère} année et utilisées en 2^{ème} année. Les apprentis doivent assurer un travail personnel suffisant pour renforcer leurs acquis. Dans ce but, des exercices basés de Compréhension orale et écrite, d'expression orale et écrite, d'interaction entre pairs leur sont proposés.

Les objectifs en 3^{ème} année sont donc :

- Améliorer le niveau de compréhension orale
- Améliorer l'aisance et la rapidité de la communication orale
- Prendre l'habitude de donner son opinion, de s'exprimer, de poser des questions
- Révision des points de grammaire ou structures de langue
- Consolider le travail en autonomie avec les objectifs du cours.

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

Anglais 3A

Avoir un niveau A2/B1 en anglais

Allemand 3A

Pour les grands débutants : aucun prérequis mais une réelle motivation pour acquérir rapidement les bases et progresser dans un temps court.

Pour les faux débutants : une envie de poursuivre l'apprentissage en dehors du cours afin de consolider ses connaissances et en acquérir de nouvelles.

Anglais renforcé

Avoir un niveau B1 en anglais

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

Anglais 3A

Exercices pour développer les stratégies de compréhension orale et écrite - révision et consolidation des structures grammaticaux - Exercices et entraînements spécifiques au TOEIC - consolidation de stratégies de travail en autonomie

Allemand 3A

Entraînement régulier aux 5 compétences du CEDRL- acquisition ou consolidation des bases grammaticales. Acquisition ou consolidation du vocabulaire de la vie courante.

Anglais renforcé

Exercices pour développer les stratégies de compréhension orale et écrite, d'expression orale et écrite. Révision et consolidation des structures grammaticales, lexicales. Production orale en interaction.

Key words

Anglais 3A

Exercises to promote strategies for oral and written comprehension - revision and consolidation of grammatical knowledge - exercises and training activities specifically aimed at preparing for the TOEIC exam - development of strategies for working autonomously on language learning

Allemand 3A

Steady training in the 5 CEFR (Common European Framework of Reference) proficiencies - Aquisition of knowledge or learning consolidation in Grammar Fundamentals. Acquisition of knowledge or learning consolidation in everyday life vocabulary. documents – grammar review – English interaction

Anglais renforcé

Exercises to promote strategies for oral and written comprehension, oral and written expression. Revision and consolidation of vocabulary and grammatical knowledge. Oral production.

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

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

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

A

Être capable de :

Anglais 3A

- Très diversifiée extraite d'internet (Guardian, BBC, British Council, etc...)
- Préparation au TOEIC

Les apprentis doivent assurer un travail personnel suffisant pour surmonter les difficultés qu'ils ont rencontrées lors du passage du TOEIC. Dans ce but, des exercices basés sur l'examen externe leur seront proposés, ainsi que des examens blancs. Les spécificités du TOEIC seront expliquées et les élèves se familiariseront avec eux tout au long du cursus.

Les objectifs en 3^{ème} année sont donc :

- Améliorer le niveau de compréhension orale
- Améliorer l'aisance et la rapidité de la communication orale
- Prendre l'habitude de donner son opinion, de s'exprimer, de poser des questions
- Révision et pratique intensive pour réussir le score minimum de 785 points au TOEIC
- Consolider le travail en autonomie avec les objectifs du cours.
 - Atteindre le score minimum de **785** au TOEIC
 - Utiliser l'anglais dans le cadre de sa vie professionnelle

Allemand 3A

- Comprendre des phrases isolées et des expressions fréquemment utilisées en relation avec des domaines immédiats de priorité (par exemple, informations personnelles et familiales simples, achats, environnement proche, travail).
- Communiquer lors de tâches simples et habituelles ne demandant qu'un échange d'informations simple et direct sur des sujets familiers et habituels.
- Décrire avec des moyens simples son environnement immédiat et d'évoquer des sujets qui correspondent à des besoins immédiats.
- Lire et comprendre des textes simples.
- Rédiger des textes simples.
- Maîtriser du vocabulaire de la vie courante ou du vocabulaire simple de la vie professionnelle
- Prononcer avec une correction suffisante pour se faire comprendre

Anglais renforcé

- Utiliser l'anglais dans le cadre de sa vie professionnelle
- Être en mesure de s'exprimer à l'oral dans le cadre de la vie professionnelle et dans le cadre de la sphère privée.
- Savoir traiter l'actualité et en parler.
- Connaître la culture anglophone (histoire, société, monde professionnel)

MODES D'ÉVALUATION

Suivant détail fiche RNCP

- *Évaluation des connaissances : devoirs sur table*
- *Projets réalisés en groupe, restitution orale*