

Mastère spécialisé « Procédés du Futur et Robotisation »

Délivré par l'ESTIA et accrédité par la Conférence des Grandes Ecoles
Accrédité RNCP, N° d'habilitation en cours de renouvellement

Contenu du programme 2020-2021

1. Public Ciblé :

- Etudiants en poursuite d'études sans expérience professionnelle
- Candidats disposant déjà d'une expérience professionnelle souhaitant une spécialisation ou reconversion professionnelle
- Professionnels en activité souhaitant suivre le mastère spécialisé ® en formation continue.
- **Niveau d'entrée :**
 - Diplôme d'ingénieur habilité par la commission des titres. Les diplômes d'ingénieurs généralistes ou bien avec une spécialité mécanique et/ou génie mécanique seront acceptés.
OU/et
 - Diplôme de 3ème cycle (Master 2) habilité par les autorités universitaires. Les diplômes orientés matériaux, procédés, robotisation, et / ou mécanique et/ou génie mécanique seront acceptés.
OU/et
 - Diplôme de M1 ou équivalent, justifiant d'au moins trois années d'expérience professionnelle dans une discipline liée aux thématiques de la formation.

Tout candidat sans un diplôme équivalent à un Master 1 et justifiant d'une expérience professionnelle significative dans le domaine du cursus sera orienté vers la Validation des Acquis professionnels (VAP)

Cette formation en alternance permettra d'acquérir une spécialisation par le biais de l'alternance rendant possible l'insertion professionnelle pour les uns et le maintien en poste pour les autres pendant le temps de la formation.

2. Objectifs :

- Former des ingénieurs et cadres, dans le domaine de la conception de procédés avancés de fabrication : matériaux composites, fabrication additive, usinage avancé. La formation concerne à la fois les aspects matériaux et simulations et les aspects mise en œuvre et robotique. Elle concerne des ingénieurs mécaniciens ou spécialistes des matériaux ou généralistes ayant suivi de spécialité dans ces domaines, qui souhaitent construire une carrière d'expertise dans la mise en œuvre de ces nouveaux procédés. La formation leur apporte à la fois des compléments scientifiques et techniques renforçant leur autonomie et leur employabilité et des compétences fortes dans le domaine connexe à savoir la robotique pour les spécialistes des matériaux et procédés ou les procédés pour les roboticiens.

Au terme de la formation, l'ingénieur est capable de mettre en œuvre un procédé avancé de fabrication sur les composites et la fabrication additive dans le cadre d'une cellule robotisée intégrant des capteurs. Il domine la chaîne numérique qui va de la simulation au pilotage du robot.

3. Philosophie et Moyens :

- Alternance entre cours en présentiel et activité professionnelle en entreprise.
- Mastère Spécialisé labellisé par la Conférence des Grandes Ecoles
- Public varié (étudiants en fin de formation initiale, salariés, personnes en cours de reconversion...)
- Effectif de promotion limité
- Mise à disposition des ressources de l'ESTIA
- Accompagnement et suivi régulier

4. Organisation :

- 80% des cours se dérouleront à l'ESTIA (Bayonne- Bidart) et 20% à SIGMA Clermont (Clermont-Ferrand), au sein des plateaux techniques des deux écoles et de Compositadour/Addimadour. L'ESTIA assure la coordination de la formation.
- La durée totale de cours en "présentiel" est de **420 heures** (durée à laquelle pourront s'ajouter des vacances sous forme de conférences ou séminaires) sur un rythme d'une semaine par mois.

Contenu du programme 2020-2021 (suite)

Programme de formation : 420 heures

Cours / module	Total heures	Tronc commun	Méthodes Composites / Fabrication Additive Polymère	Méthodes Fabrication Additive Métallique	ECTS Affectés
UE 1 : Mise en oeuvre des Procédés avancés de fabrication	35				3
<i>Option : Composites / Fabrication Additive Polymère</i>			35		
<i>Option : Fabrication Additive Métallique</i>				35	
UE 2 : Robotisation des procédés avancés de fabrication	70				7
Tronc commun : Robotisation		21			2
Tronc commun : Procédés de parachèvement		21			2
<i>Option : Composites / Fabrication Additive Polymère</i>			28		3
<i>Option : Robotisation de la Fabrication Additive</i>				28	3
UE 3 : matériaux innovants	42				6
Tronc commun : Matériaux polymères		14			2
<i>Option : Composites / Fabrication Additive Polymère</i>			28		4
<i>Option : Fabrication Additive Métallique</i>				28	4
UE 4 : Méthodes	91				10
Tronc commun : Prise de décision		21			2
Tronc commun : Cotation, Métrologie et contrôle		14			2
Tronc commun : Organisation industrielle		14			2
<i>Option : Méthodes Composites / Fabrication Additive Polymère</i>			42		4
<i>Option : Méthodes Fabrication Additive Métallique</i>				42	4
UE 5 : Simulation des procédés avancés de fabrication	28				3
<i>Option : Modèles mécaniques des procédés Composites / Fabrication Additive Polymère</i>			28		3
<i>Option : Modèles mécaniques de Fabrication Additive Métallique</i>				28	3
UE 6 : Industrie 4.0	154				16
Tronc commun : Gestion de projet / investissements / innovation		35			4
Tronc commun : Cobotique		21			2
Tronc commun : Aspect humain		21			2
Tronc commun : Systèmes d'information et cybersécurité		21			2
Tronc commun : Réalité Augmentée		21			2
Tronc commun : Développement et fabrication durables		14			2
Tronc commun : Tracabilité et suivi des pièces		21			2
UE 7 - Stage Industriel	840				30

Programme détaillé

UE 1 : Mise en œuvre des Procédés avancés de fabrication

Intitulé du cours	Option : Composites / Fabrication Additive Polymère
Durée : 35 h	Crédit ECTS : 3
Objectifs du cours Compétences visées	<p>Après une description des caractéristiques mécaniques propres aux matériaux composites, ainsi que des singularités et particularités qui caractérisent le processus de conception qui leur est propre, sont détaillés les 3 grands procédés de fabrication usuels destinés à la mise en œuvre de structures monolithiques et sandwichs : le pré-impregné, le RTM et l'infusion.</p> <p>Les procédés présentés, l'élève est amené à comprendre l'influence du choix d'un procédé sur les performances mécaniques de la pièce composite finale, tout en abordant une dimension économique.</p> <p>La simulation fait partie intégrante du module : la simulation sert à conduire la décision lors de la conception des pièces, puis à définir les gammes de fabrication ; une méthode de design for manufacturing conclut le module.</p> <p>Les compétences visées sont :</p> <ul style="list-style-type: none">- Être capable de choisir un procédé de fabrication des pièces composites en fonction des objectifs fonctionnels et économique,- Être capable de construire une gamme de fabrication,- Être capable d'user de la simulation pour conduire la conception du procédé de mise en œuvre,- Être capable d'anticiper les défauts de structures, et de repérer/analyser ces défauts par la mise en place d'un contrôle automatisé,- Savoir recalculer un modèle de simulation,- Être capable d'intégrer la simulation et l'expérimentation à la conception et à la fabrication.
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	<ol style="list-style-type: none">1- spécificités des structures composites : conséquences sur les processus de conception et de fabrication2- procédés de mise en œuvre des structures composites : pré-impregné, infusion, RTM3- comportements et simulation des structures composites et aide à la conception architecturale ou stratifiée ; Design for Manufacturing (Intégration de la fabrication en conception de structures) ou Simulation pour une meilleure conception4- simulation des procédés et aide à la décision5- Choix et conception d'outillage6- contrôle automatisé de pièces composites et recalage de modèles

Intitulé du cours	Option : Fabrication Additive Métallique
Durée : 35 h	Crédit ECTS : 4
Objectifs du cours Compétences visées	<p>Connaissance de l'ensemble des technologies de fabrication additive métalliques</p> <p>Savoir choisir une technologie pour une application</p> <p>Problématique matériaux et procédés</p>
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	<p>Les Technologies de FAM : Avantages / Inconvénients</p> <p>Les Applications Industrielles</p> <p>Métallurgie du soudage et application en FA</p>

UE 2 : Robotisation des procédés avancés de fabrication

Intitulé du cours	Tronc commun : Robotisation
Durée : 21 h	Crédit ECTS : 2
Objectifs du cours Compétences visées	Initiation à la robotique industrielle
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Initiation à la robotique industrielle, à la conception d'une cellule robotisée et à sa programmation. Compétences visées : Savoir définir une cellule robotisée pour la mise en place d'un processus simple.

Intitulé du cours	Tronc commun : Procédés de parachèvement
Durée du cours : 21h	Crédit ECTS : 2
Objectifs du cours Compétences visées	Formaliser la problématique de la mise en œuvre robotisée des processus avancés de fabrication (usinage multi-axes, polissage, etc.) dans un contexte industriel, dont les exigences augmentent perpétuellement au niveau du coût, des délais et de la qualité.
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Ce cours s'appuiera fortement sur les travaux de recherche conduits à l'Institut Pascal dans le cadre de différentes thèses et de projets partenariaux (Constellium, Aubert et Duval, ABB, etc.). Les points abordés porteront sur : <ul style="list-style-type: none"> • Erreurs géométriques dans les systèmes mécaniques : Causes, Propagation et effet des défauts, représentation des dispersions, Corrections des erreurs • Métrologie : Qualification des équipements Métrologie des machines et robots (laser, tracker, etc.) • Qualification des moyens de fabrication : Identification des modèles de commande / Etalonnage Méthodes de correction des défauts, réglages mécaniques, correction des modèles de commande, etc. • Etude du comportement en service : Espaces et critères (cinématiques, mécaniques, rigidité, précision) • Planification optimisée des trajectoires : - Espace optimisé, introduction et gestion des redondances, critères associés, modification des trajectoires, etc.

Intitulé du cours	Option : Robotisation de la Fabrication Additive
Durée : 28 h	Crédit ECTS : 3
Objectifs du cours Compétences visées	Être capable de concevoir/définir une cellule robotisée de FA Être capable de mettre en œuvre des outils de simulation dédiés Être capable de mettre en œuvre un moyen de fabrication robotisé
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Adéquation Robot/Tâche Approche théorique et pratique des robots industriels (programmation en ligne et hors ligne) Approche du procédé robotisé (couplage des moyens : robot, outil, logiciel) Expérimentation

Intitulé du cours	Option : Robotisation dépose de fibres
Durée : 28 h	Crédit ECTS : 3
Objectifs du cours Compétences visées	Être capable de concevoir/définir une cellule robotisée de placement de fibre Être capable de mettre en œuvre des outils de simulation dédiés Être capable de mettre en œuvre un moyen de fabrication robotisé
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Adéquation Robot/Tâche Approche théorique et pratique des robots industriels (programmation en ligne et hors ligne) Approche du procédé robotisé (couplage des moyens : robot, outil, logiciel) Expérimentation

UE 3 : matériaux innovants

Intitulé du cours	Tronc commun : Matériaux polymères
Durée : 14h	Crédit ECTS : 2
Objectifs du cours Compétences visées	Présentation générale des matériaux polymères et composites
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Définition d'un matériau polymère Classe des polymères Propriétés mécaniques des polymères Propriétés physico-chimiques des polymères Définition d'un matériau composite Type de renforts usuels Type de matrices usuelles Propriétés mécaniques des composites Propriétés physico-chimiques des composites Phénomènes d'adhésion Caractéristiques d'un matériau composite ou polymère Caractérisation d'un matériau composite ou polymère Choix de matériaux Impact des matériaux sur le procédé Rhéologie des polymères et rhéologie des composites

Intitulé du cours	Option : Composites / Fabrication Additive Polymère
Durée : 28h	Crédit ECTS : 4
Objectifs du cours Compétences visées	Ce cours complète le précédent et traite spécifiquement des matériaux mis en œuvre dans les procédés composites et additifs. En particulier, les polymères chargés sont abordés.
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Impact du procédé sur le matériau Phénomènes de dégradation/transformation de la matière pendant le procédé Choix d'un composite / procédé Choix d'un polymère / procédé Matériau composites chargés Polymères chargés Durabilité de ces matériaux Comparaison des caractéristiques mécaniques des matériaux selon les procédés

Intitulé du cours	Option : Fabrication Additive Métallique
Durée : 28h	Crédit ECTS : 4
Objectifs du cours Compétences visées	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître les particularités de la FA métallique du point de vue métallurgique et mécanique (à différencier suivant la technologie considérée) - Cerner les opportunités offertes par la FA métallique en termes de design de matériaux
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Introduction Rappel du contexte du cours, des différentes technologies de FA métalliques, et objectifs du cours Particularités du procédé <ul style="list-style-type: none"> - Microstructure et propriétés mécanique - Aspect multi échelles Matériaux sur-mesure Stratégie de balayage, paramètres contrôlables/adaptatifs et nid d'abeille pour propriétés mécaniques sur-mesure Optimisation topologique Mettre de la matière là où il y en a besoin

UE 4 : Méthodes

Intitulé du cours	Tronc commun : Prise de décision
Durée : 21h	Crédit ECTS : 2
Objectifs du cours Compétences visées	Savoirs : - Connaître les différentes approches décisionnelles Savoir-faire (connaissances pratiques) : - Savoir modéliser un problème multicritère - Savoir modéliser le problème décisionnel en fonction du type d'information sur les données imparfaites - Savoir modéliser l'attitude du décideur face au risque Savoir-agir (compétences) : - Être capable de modéliser un problème réel et de le résoudre. - Être capable d'analyser le résultat et le présenter au décideur.
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	- La décision en environnement certain, typologie des problèmes de décision - L'analyse multicritères : notion de préférence, méthodes AHP, TOPSIS - Décision dans le risque : qu'est-ce que le risque, notions d'espérance mathématique, d'utilité, Analyse de risque - Décision dans l'incertitude : les critères classiques, les probabilités objectives, subjectives - Décision en situation d'interaction : jeu contre nature ou adversaires, situation compétitives, coopératives, introduction à la théorie des jeux, problèmes de négociations

Intitulé du cours	Tronc commun : Cotation, Métrologie et Contrôle
Durée : 28h	Crédit ECTS : 4
Objectifs du cours Compétences visées	Proposer une cotation et un processus de métrologie de pièce cohérent avec la fonction de la pièce dans un système Compétences visées : Être capable de définir une cotation cohérente avec les liaisons de la pièce avec son environnement Être capable de choisir un moyen de métrologie et de définir une gamme en fonction de la cotation
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Définition d'une cotation en fonction de la mise en position ou des contacts d'une pièce dans un système Cotation des pièces minces Impact du procédé de fabrication additif ou du procédé de fabrication de pièces composites sur la qualité de la pièce produite Définition d'un processus de métrologie cohérent avec la fonction de la pièce (choix du moyen de métrologie et définition de la gamme)

Intitulé du cours	Tronc commun : Organisation industrielle
Durée : 14h	Crédit ECTS : 2
Objectifs du cours Compétences visées	Concevoir des produits et des systèmes innovants n'est pas suffisant. Il est indispensable de les réaliser, de les livrer et de les maintenir en respectant l'ensemble des besoins de l'utilisateur. L'ingénieur doit être capable de maîtriser non seulement la technique mais également les coûts, les délais et la qualité. Cet enseignement est une introduction aux concepts, méthodes et techniques de la gestion industrielle. Savoirs : - Structures de l'entreprise - Management de la qualité - Management de la maintenance - Connaître les modes de fonctionnement des entreprises par rapport aux flux et aux stocks - Connaître la méthode MRP II - Introduction au Lean Manufacturing
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Introduction à la gestion industrielle Typologie et fonctions des entreprises Management global pour l'efficacité (TQM, TPM) Organisation de la maintenance Modes de gestion de production Gestion des stocks Méthode MRP II Le Lean Manufacturing et ses outils

Intitulé du cours	Option : Méthodes Fabrication Additive Métallique
Durée : 42 h	Crédit ECTS : 4
Objectifs du cours Compétences visées	Maitriser la chaîne numérique de conception/fabrication d'une pièce en fabrication additive métallique. Comprendre les limites et spécificités du procédé. Prendre en main les logiciels et solutions dédiées.
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Règles de conception issues des différents procédés. Optimisation topologique. TP reconception de pièces. Programmation de trajectoires pour la fabrication additive. Règles de sécurité. Application au LMD-P.

Intitulé du cours	Option : Méthodes Composites / Fabrication Additive Polymère
Durée : 42 h	Crédit ECTS : 4
Objectifs du cours Compétences visées	Donner les outils permettant de conduire l'industrialisation d'une pièce fabriquée en matériaux composites ou par fabrication additive polymère.
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Choix d'un procédé composites Choix d'un procédé de FA Processus de fabrication d'une pièce composite Conception des pièces composites Conception des pièces FA polymère

UE 5 : Simulation des procédés avancés de fabrication

Intitulé du cours	Option : Modèles mécaniques des procédés Composites / Fabrication Additive Polymère
Durée : 28h	Crédit ECTS : 3
Objectifs du cours Compétences visées	Modéliser les phénomènes physiques clés du procédé et comprendre l'influence des paramètres associés, à la fois sur le matériau fabriqué (santé matière, caractéristiques mécaniques) et sur la pièce obtenue (géométrie, contraintes internes).
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	<ul style="list-style-type: none"> + Présentation des lois caractéristiques des procédés de fabrication des composites (thermique, cinétique de réticulation, contraintes résiduelles, phénomène de retrait) + Modélisation du procédé d'infusion + Modélisation de la cuisson des composites avec prise en compte des phénomènes exothermique + validation simulations / essais + Introduction à la modélisation réduite (POD, PGD) adaptée à la modélisation des procédés composite

Intitulé du cours	Option : Modèles mécaniques des procédés de Fabrication Additive Métallique
Durée : 28h	Crédit ECTS : 3
Objectifs du cours Compétences visées	Modéliser les phénomènes physiques clés du procédé et comprendre l'influence des paramètres associés, à la fois sur le matériau fabriqué (santé matière, caractéristiques mécaniques) et sur la pièce obtenue (géométrie, contraintes internes). Mettre en œuvre des modèles légers d'estimations à l'échelle de la pièce.
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	<ul style="list-style-type: none"> + Présentation des lois caractéristiques des procédés FAM (modélisation de la source de chaleur, thermomécanique, plasticité, contraintes résiduelles, distorsion) + Modélisation du procédé SLM par approche "inherent strain" + stratégie de calibration + Modélisation thermomécanique du procédé LMDP. Application à la simulation d'un mur éprouvette + validation simulations / essais

UE 6 : Industrie 4.0

Intitulé du cours	Tronc commun : Gestion de projet / investissements / innovation
Durée : 35h	Crédit ECTS : 4
Objectifs du cours Compétences visées	Participer au pilotage d'un projet visant à intégrer de nouveaux types de procédés de fabrication (composites, fabrication additive, robotisation...), de l'étude de la faisabilité au déploiement opérationnel. Les compétences visées sont donc : - Être capable de structurer un projet pour l'intégration de nouveaux procédés technologiques au sein d'un processus de conception / fabrication - Être capable de piloter un projet à travers ses dimensions techniques, humaines et financières - Être capable de prendre en compte la dimension innovante d'un tel projet par l'étude des impacts sur l'organisation, les processus et les hommes, et de mettre en place l'accompagnement au changement adapté
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	1. La gestion de projets traditionnelle : rappels – structure d'un projet, équipe, référentiels, planification (Gantt), tableaux de bord 2. Dimension financière des projets : budget et investissements, financements possibles, ROI, suivi financier des différents postes 3. La gestion de projets AGILE : introduction – principes agiles, méthode SCRUM, tableaux Kanban, outils logiciels 4. Un projet d'intégration d'un nouveau procédé : démarche globale ; typologie des problèmes à prendre en compte ; impacts sur le fonctionnement de l'entreprise : organisation, processus, hommes ; mise en œuvre opérationnelle

Intitulé du cours	Tronc commun : Cobotique
Durée : 21h	Crédit ECTS : 2
Objectifs du cours Compétences visées	La cobotique (robotique collaborative) est une voie d'amélioration de la productivité et de la prévention de la santé des opérateurs sur les postes de travail. Elle implique des interactions homme-robot. Ses interactions nécessitent l'intégration de capteurs capables de les mesurer et de les interpréter. L'objectif général du cours est d'outiller et de familiariser l'étudiant aux particularités de la cobotique à travers la compréhension de l'interaction humain-robot dans une boucle perception-décision-action. A l'issue du cours les étudiants seront familiers avec les concepts fondamentaux de la cobotique : applications, normes, architectures matérielles et logicielles, perception (capteurs et traitements), boucle de commande (perception-décision-action). Ils auront la capacité de proposer une solution cobotique dans le contexte d'une problématique industrielle.
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	1. Introduction à la cobotique 2. Les applications de la cobotique 3. Les normes en cobotique 4. Architecture d'une plateforme de cobotique 5. L'interaction homme-robot (interaction physique ou non) pour la cobotique 6. Les capteurs pour la cobotique 7. Le traitement des informations capteurs en cobotique 8. Les stratégies de commande en cobotique : boucle perception – décision-action 9. Cas d'études : Robots Franka, UR10, UR10 sur plateforme mobile Robotnick, BAXTER, Kuka LWR4+

Intitulé du cours	Tronc commun : Aspects humains
Durée : 21h	Crédit ECTS : 2
Objectifs du cours Compétences visées	A l'issue de ce cours, l'étudiant sera en capacité : - d'intégrer le facteur humain dans la mise en œuvre des procédés de fabrication dans le domaine des composites et de la fabrication additive ; - de comprendre le fonctionnement de l'Homme en situation de travail ; - de lever certains freins en relation avec la résistance au changement ; - d'accompagner le changement dans les pratiques professionnelles.
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Bases du fonctionnement de l'Homme en situation de travail Changement et résistances Clés et freins d'un accompagnement du changement réussi Initiation au management

Intitulé du cours	Tronc commun : Systèmes d'information et cybersécurité
Durée : 21h	Crédit ECTS : 2
Objectifs du cours Compétences visées	En Cours
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	En Cours

Intitulé du cours	Tronc commun : Réalité Augmentée
Durée : 21h	Crédit ECTS : 2
Objectifs du cours Compétences visées	Comprendre les différents types de réalités et virtualités (Continuum de Milgram) Appréhender les principes de mise en œuvre méthodologiques et techniques
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Augmented reality : Introduction à la réalité augmentée Et See-Through AR Mixed Reality: Augmented Virtuality et Spatial Augmented Reality Applications: AR Equipment: Usage, Limitation AR for industry

Intitulé du cours	Tronc commun : Développement et fabrication durables
Durée : 14h	Crédit ECTS : 2
Objectifs du cours Compétences visées	Comprendre les problématiques de développement durable Acquérir la grille de lecture associée dans le cadre du développement d'un processus
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Concept de développement durable Concept de fabrication durable Aspects écologique / économique / humains Réduction de la consommation électrique Réduction des polluants Recyclage des composites et polymères

Intitulé du cours	Tronc commun : Traçabilité et suivi des pièces
Durée : 21h	Crédit ECTS : 2
Objectifs du cours Compétences visées	Sensibiliser les élèves au problème de l'intégration par les données dans des systèmes de production Présenter la problématique et les enjeux de la gestion de la traçabilité Présenter la problématique de contrôle de flux de pièces Présenter les différentes technologies utilisées pour le déploiement de la traçabilité Présenter comment la traçabilité est prise en compte dans les standards des solutions MES (Manufacturing Execution Système) Montrer comment on peut utiliser les nouvelles technologies de l'Industrie 4.0 pour la traçabilité (Block Chain, IIoT, Entrepôt de données, RFID, etc.) Pilotage avancé et suivi des pièces (pilotage par le produit, smart product, décentralisation)
Contenu détaillé du cours (Grands Chapitres)	Problématique de traçabilité et concepts généraux (généalogie descendante, généalogie ascendante) Les standards de traçabilités industriels (automobile, aéronautique) Cycle de vie des produits et traçabilité Manufacturing Execution Systems et ISA 95 Les technologies de la traçabilité : Code à barre, RFID, outils pour la localisation à distance Intégration des fonctions de traçabilité dans la conception des cellules de production Traçabilité et Bloc Chain Suivi des pièces et IIoT Pilotage par le produit et « smart product » Etude de cas inspirés du secteur automobile et/ou aéronautique Travaux pratiques utilisant les équipements du CTT de SIGMA