



## Programme de la Licence Professionnelle « Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur »

Il s'agit de former des techniciens capables de maîtriser les outils CFAO au service des métiers de bureau d'études et de bureau des méthodes des secteurs de la mécanique. Chaque exercice CFAO est traité en respectant les règles du métier.

Le titulaire de la LP CFAO doit être capable :

- D'effectuer la modélisation et la modification en solide et surfacique d'une pièce complexe et d'un ensemble complexe comprenant de nombreuses parties et d'en faire la mise en plans en ayant pour objectif d'appliquer les règles du métier ;
- d'adopter différentes techniques de travail en fonction de la complexité de l'ensemble (nombre de pièces, complexité des pièces, répétitivité des conceptions, évolutivité des formes et dimensions) et de régler les paramètres du poste CAO en conséquence ;
- de mettre en place des méthodes de modélisation CAO qui assurent une fiabilité du modèle CAO, une rapidité de modification et dialoguer avec les intervenants de fabrication, de maintenance et de mise au point pour résoudre les problèmes rencontrés au cours du cycle de vie ;
- de mettre en place des techniques de paramétrage, de création de catalogues d'entreprise et d'automatisation de CAO sur les cas répétitifs ;
- de saisir les données d'entrée des outils de simulation de procédé et de comportement du BE/BM en comprenant la signification physique et les conséquences de chacun des paramètres ; exploiter avec un œil critique les résultats obtenus ;
- de concevoir des pièces et des outillages en fonction des modes d'obtention et de l'ensemble des contraintes incluant le respect des directives des stylistes et du chef de projet ;
- de réaliser les parcours d'outil pour l'usinage d'une pièce en 2D1/2, 3 axes et 5axes pour les étudiants qui choisissent les modules " UGV" et "prototypage rapide et FAO 2 D1/2";
- de conduire la gestion d'un projet incluant la maîtrise des coûts produit/process et s'intégrer dans les groupes de projet multidisciplinaires ;
- d'échanger en langue anglaise sur toutes les activités techniques et commerciales.

Les emplois visés concernent l'ensemble des étapes de la réalisation d'un produit au bureau d'études, au bureau d'industrialisation ou au bureau des méthodes.

**HEURES ETUDIANTS CFAO 2022-2023**

Libellé enseignement	Nb choix	ECTS	cours	Travaux dirigés	Travaux pratiques	Apprentissage guidé
<b>Semestre 5</b>		28	29	96	202	0
homogénéisation : UE à choix	<b>1</b>	3				
homogénéisation mécanique, conception et DDS			4	32		
homogénéisation RDM, conception et DDS			4	19	2	
anglais		3		8	32	
volumique		3	2		29	
démarche conception		3		20,5	12	
modélisation courbes et surfaces		4			38	
FAO		3		6	18	
simulation mécanique, éléments finis et maillage de base		2	12	4	18	
cotation		2	5,5	6,5	6	
gros modèles et paramétrage		2			21	
langage programmation algorithmique - UNIX		3	1,5	3	29	
Libellé enseignement	Nb choix	ECTS	cours	Travaux dirigés	Travaux pratiques	Apprentissage guidé
<b>Semestre 6</b>		32	8	105	6	138
gestion de projets, AMDEC, 5S		2	8	9	6	
personnalisation : UE à choix	<b>4</b>	10		96		
Reverse engineering complément surfacique						
Surfacique design						
Emboutissage découpe						
Simulation injection plastique et outillage						
Fabrication additive métal						
Eléments finis et calculs de structures						
Maillage						
Prototypage rapide FAO 2D1/2						
Usinage UGV et contrôle de formes gauches						
Réseaux, véricut et TopSolid						
Projet tutoré		8				138
Stage		12				
<b>Unités d'enseignements optionnelles</b>						
sport						
langue étrangère						
culture						

Volume horaire cours, TD et TP : 450h

Volume horaire total des examens : 20h

Volume horaire projet tutoré entreprise ou IUT : 150h

Volume horaire Total : 600h

+ stage de 16 semaines (formation initiale)

ou +34 semaines en entreprise (formation en alternance)

**Notions période 1 : (sept-oct)****Modélisation Surfactive catia V5: (20h)**

En préambule, les notions et définitions de courbe, surface et peau sont abordées.

Dans un premier temps, les étudiants modélisent en surfacique une pièce volumique afin de voir les notions d'extrusion et la démarche de construction. Les étudiants effectuent des modélisations de pièces surfaciques à partir de plans.

Dans un second temps, les étudiants analysent les fonctions de balayage (explicite, segment, cercle et conique), de remplissage et de multi-sections.

Les exercices traités permettent de voir toutes les opérations élémentaires telles que relimitation, découpe, assemblage, projection, structuration de l'arborescence, congés, symétrie, extrapolation, analyse de tangence, continuité, courbure et passage en volume.

**Fabrication Assistée par Ordinateur : (12h)**

Objectifs :

- Choisir une stratégie d'usinage pour des formes complexes ;
- Choisir les opérations adaptées ;
- Quantifier les erreurs par rapport au nominal (modèle).

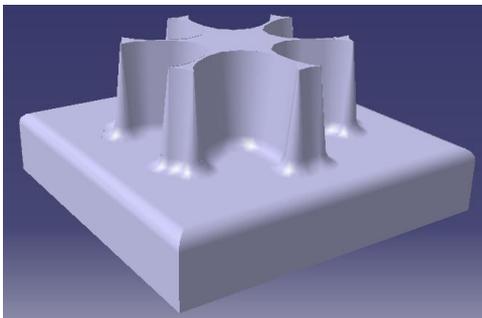
Plan du cours :

La démarche FAO

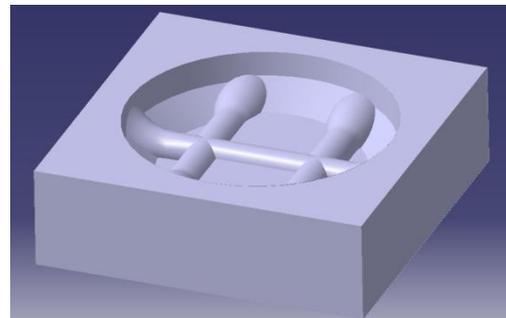
Le choix de la stratégie et des opérations associées :

- Ebauche ;
- Reprise d'ébauche ;
- ½ finition (plans parallèles et contournage niveaux Z ;
- Finition (même opérations) ;
- Autres opérations : surfaçage en spirale, bi-tangents...

FAO et usinage des deux pièces ci-dessous sur machine typée UGV HURON KX10 (24000tr/min) :



Brut : 60x60x40



Brut : 160x260x40

Mise en évidence des erreurs d'usinage sur des pièces d'essais :

- Erreur de corde ;
- Erreur de crête.

**Anglais : (10h)**

Interprétation et présentation de statistiques dans le domaine de la production industrielle. Recherche d'emploi à l'étranger et rédaction d'une lettre de motivation.

**Amdec : (6h)**

Définition d'une AMDEC, pourquoi et comment faire une AMDEC. Application par jeu de rôle.

**Modélisation Solide Catia V5 : (20h)**

Fonction de base de Catia part et product. Découverte des publications. Relations entre cotes d'esquisses. Mises en plan, fonctions de bases uniquement.

**Cotation : (12h)**

Utilisation des différents éléments de cotation ISO et interprétation de ces derniers en métrologie. Emploi du maximum de matière, du principe de l'enveloppe sur des exemples précis. Calculs et tracé de chaînes de cotes.

**Emboutissage : (8h)**

L'emboutissage est un procédé de mise en forme utilisé dans l'industrie pour la fabrication en série, voire très grande série, d'objets très divers telles les boîtes de conserve.

Présenter l'emboutissage, c'est faire découvrir les chemins de déformations complexes et les modes de défaillance associés. De ces contraintes liées aux matériaux et à leur formabilité, il résulte une fenêtre opératoire qui sera utilisée pour la définition de la gamme d'emboutissage. La mise en œuvre industrielle de cette gamme est aussi l'occasion de présenter des solutions technologiques (presses et outillages).

**Programmation pour la CAO : (18h)**

Utilisation d'une macro dans Catia afin de montrer la pertinence de la programmation pour la CAO.

Bases du langage : Variables, tableaux, sous programme,...

**Homogénéisation Mécanique BTS : (15h)**

La première période permet d'aborder les points suivants :

Outils mathématiques (vecteurs, torseurs), cinématique (point, solide et contact), actions mécaniques (liaisons et statique) et cinématique (centre de masse et matrice d'inertie).

L'objectif étant d'aborder les aspects dynamiques.

**Homogénéisation conception DUT : (11h)**

L'objectif est de concevoir une machine spéciale.

**Notions période 2** : (nov-déc)

**Modélisation Surfaccie Catia V5: (18h)**

Les notions de multi-sections, de finitions et de rétro-conception sont abordées au cours de cette deuxième période.

La modélisation d'une roue à aubes montre l'application des multi-sections. Les notions de finitions sont abordées sur un fond de bouteille où les notions de continuité en tangence doivent être appliquées en tout point de la réalisation. Enfin, en terme de transition vers le module optionnel de rétro-conception, un bouton de voiture a été scanné et l'étudiant doit être capable de reconstruire celui-ci à partir d'un nuage de points tout en évitant d'appliquer un simple « fitting » dans les cas de formes élémentaires. La rétro-conception est effectuée dans une optique d'industrialisation du produit.

**Anglais : (8h)**

1. Situer la formation LP CFAO pour un public anglophone.
2. Gestion du téléphone.
3. Gestion de réunions (mise en place de créneau, appel à contributions, conduite de la réunion en tant que chef de projet).

**Paramétrage : (14h)**

La notion de copie optimisée est étudiée. Celle-ci sera appliquée en compléments surfaccie au niveau des modules optionnels. L'exercice d'application consiste à l'optimisation d'une bouteille à partir de paramètre en imposant un résultat de contenant ou de diamètre de bouteille pour le conditionnement. Enfin, un exercice de synthèse permet d'établir les formules et table de paramétrage.

**UNIX : (6h)**

Partie 1 : Introduction à UNIX

Partie 2 : Guide de survie

- Le shell : un interpréteur de commandes
- Les utilisateurs
- Le système de fichiers
- Les processus
- Quelques outils
- Quelques services

Partie 3 : Communication

Partie 4 : Développement

**Gestion de gros modèles : (7h)**

Le plan du cours est le suivant :

- Conseils préalables de conception d'assemblage,
- Utilisation des contraintes d'assemblage, les groupes de contraintes, opérations sur les groupes de contraintes,
- Méthodologie conseillée pour positionner et contraindre un assemblage,
- Exercice sur un montage de charnière de porte,
- Utilisation des publications, remplacer une publication,

- Réglages des CATsettings pour une pièce de fonderie,
- Structure et construction d'un assemblage.

### Conception de pièces plastique : (9h)

Conséquences de défauts de conception sur les pièces plastiques. Règles de conception d'une pièce plastique. Optimisation de l'outillage.

### Programmation pour la CAO : (8h)

- Programmation en langage Objet en VBA
- Utilisation de l'API CATIA V5 sous VBA

### Simulation mécanique : (16h)

L'objectif est de maîtriser la simulation mécanique (cinématique, statique et dynamique) de systèmes composés de solides supposés rigides. La simulation est effectuée sur le logiciel Méca3D qui est un plugin gratuit sous Solidworks. Les exemples traités sont le portique de péage, un vibreur, un perforateur pneumatique (figure 1 et une table de levage. Le portique de péage est un exercice pédagogique. Le vibreur permet de mettre en évidence les fréquences de résonance. Le marteau perforateur montre la puissance du logiciel et la table de levage montre qu'il fait modifier la conception du système afin de réduire les efforts dans les liaisons. Ce module permet de faire le lien entre la conception, la modélisation, la mécanique générale et la résistance des matériaux. L'utilisation de ce logiciel est particulièrement adaptée au dimensionnement des actionneurs dans le cas de conception de machines spéciales.

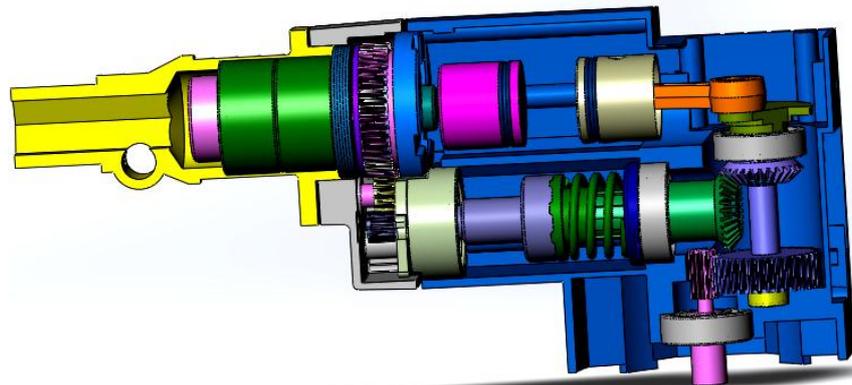


Figure 1 : Marteau perforateur

### Maillage : (8h)

L'objectif est de prendre en main l'atelier GSA de Catia V5. La notion de flèche et de taille d'élément est abordée. Les règles élémentaires de maillage au niveau des arrêtes vives ou point d'application d'effort sont mises en évidence. Le premier exercice consiste à étudier une équerre et le deuxième un bol de fusée (figure 2). En résumé, les notions de prétraitement, calcul et post-traitement sont abordées.

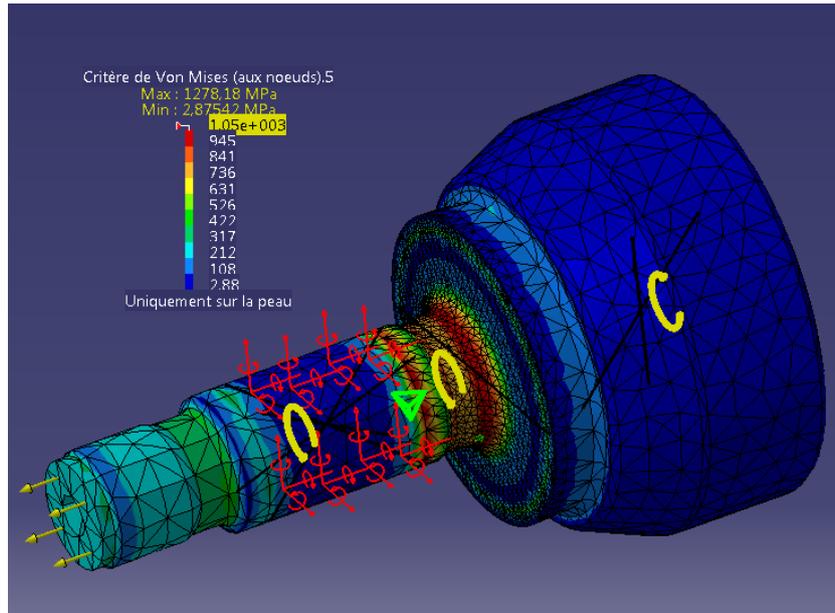


Figure 2 : Bol de fusée

**Culture d'entreprise : (6h)**

Définition de l'entreprise et des acteurs et enjeux en présence.  
Définition de la Culture d'entreprise.  
Les 5 piliers de la Culture d'entreprise.  
Notion de "valeur" dans cette acception.  
Analyse approfondie d'une "Charte de valeurs".

**Analyse de la valeur : (8,5h)**

Historique de cette pratique. (Lawrence D. MILES)  
Définition et cas d'utilisation.  
Les 7 axes de travail et la mise en pratique dans quelques cas précis.  
La notion de "fonction", notion de "besoin" (positive, négative, essentielle, additionnelle).  
Le Cahier des Charges fonctionnelles

**Liste des modules optionnels : (janvier à mars)**

- ✚ **M0 : Industrialisation des formes de design** (9h TP Mr Deslandes et 6h TD et 9h TP Mr Deligne)

**Objectifs**

- Exposé sur la démarche de design
  - Modélisation à partir de croquis (en solide)
  - Repartir des formes du « designer » et faire un modèle industrialisable. Demander des modifications de formes si nécessaire.
  - Le technicien CFAO et le bras DAO du designer.
  - Développer le réflexe d'analyse avant la réalisation du modèle et de vérification après.
- Analyse du résultat avec compte rendu.

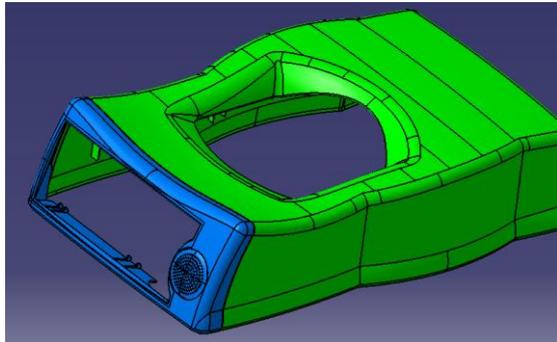


Figure 1 : réparation d'une coque de malaxeur de parfum

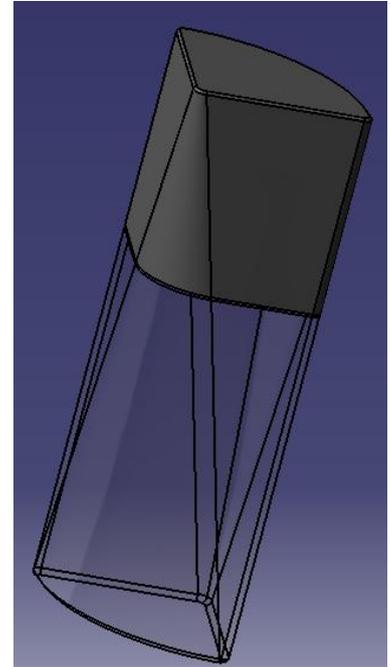


Figure 2 : Flacon

- ✚ **M1 : Reverse engineering - compléments surfaciques** (4h TD et 20hTP – Mr Surets)

Généralités et historique de la digitalisation, visite des moyens du centre de transfert de technologie du Mans.

Utilisation de l'atelier « Icem Shape Design » sur CATIA.

Il s'agit de maîtriser une partie de la chaîne numérique : digitalisation, importation et re-conception.

- ✚ **M2 : Pièces et outillage d'emboutissage découpe** (4h TD et 20h TP Mr Chevalier)

L'objectif du module est de modéliser une pièce et d'étudier l'outillage permettant l'obtention de cette pièce. Les différentes passes seront analysées en vue de réaliser et d'optimiser la réalisation de la pièce. Il s'agit d'une application du cours d'emboutissage comportant une note de calcul, mise en bande, gamme et mise en plan à partir du modèle 3D à définir.

✚ M3 : Structure métalliques (Mr Jouanneau – Mr Brunet : 20h, Mr Collet : 4h)

Ce module abordera les problématiques de conception et réalisation de pièces de tôlerie et des assemblages mécano-soudés.



- Règle de conception des pièces de tôlerie et des assemblages mécano-soudés.
- CAO avec l'atelier « constructions soudées » et « tôlerie » de SolidWorks.
- Technique de réalisation des assemblages mécano-soudés (le soudage).
- Défauts et risques liés au soudage et minimisation de ceux-ci.
- Réalisation (pliage et soudage).
- Règle de conception d'outillage (gabarit de soudage).
- Sensibilisation au dimensionnement, coût, chauffe de retrait, etc

✚ M4 : Fabrication additive métal (24h Mr Deslandes)

- Généralités (6h TD)  
Historique, différents procédés de fabrication additive métal, aspects sécurité, implantation, coûts, positionnement dans les procédés et synthèse de la chaîne complète intégrant la fabrication additive métal.  
Etude de cas (pièce articulation) traitant de la conception topologique à la production.
- Préparation des pièces (3h TP)  
Utilisation du logiciel « magics » de matérialise. (Insertion de pièces, réparation, insertion d'une scène machine, génération des supports)
- Préparation des caractéristiques matériaux (3h TP)  
Plan d'expériences intégrant les paramètres puissance et vitesse
- Préparation machine, production et dépouillement (6h TP sur une journée)
- Evaluation de la production (6h TP)  
Mesures dimensionnelles, rugosité, porosité et dureté. Retour d'expériences sur la fabrication additive métal.

✚ M5 : Calculs de structure (9h TP Mr Deslandes et 15h TP Mr El Aoufi)

Théorie des éléments finis, calcul analytique sur modèles simples.  
Maillage de pièces sur CATIA V5, pré et post traitement.

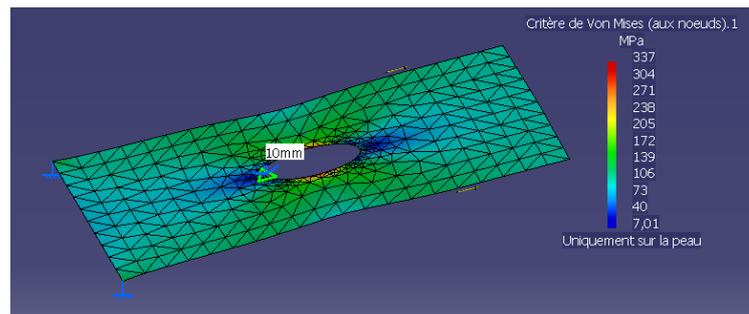


Figure 4 : mise en évidence du coefficient de concentration de contrainte sur une plaque trouée

✚ M6 : Maillage et simulation (24h TP Mr Deslandes)

Module GSA :

- modèle géométrique volumique, pré-traitement, post traitement, taille globale, flèche globale, qualité de maillage, forme des éléments, densité de maillage, pièce virtuelle, couture d'une surface, contrainte de liaison, chargement, chargement en palier, déplacement imposé, calcul, affichage des résultats, menu image, modification de l'affichage, accès au résultats, contraintes de Von Mises, tenseur des contraintes, export des résultats.

Advanced meshing tools :

- atelier de maillage, paramètres globaux, maillage directionnel, capture, spécifications locales, spécifications locales sur frontières, éléments imposés, édition, bords libres, propriétés des éléments, maillage extrudé, maillage 2D de base, propriétés des éléments.

Maillage surfacique, volumique, coque.

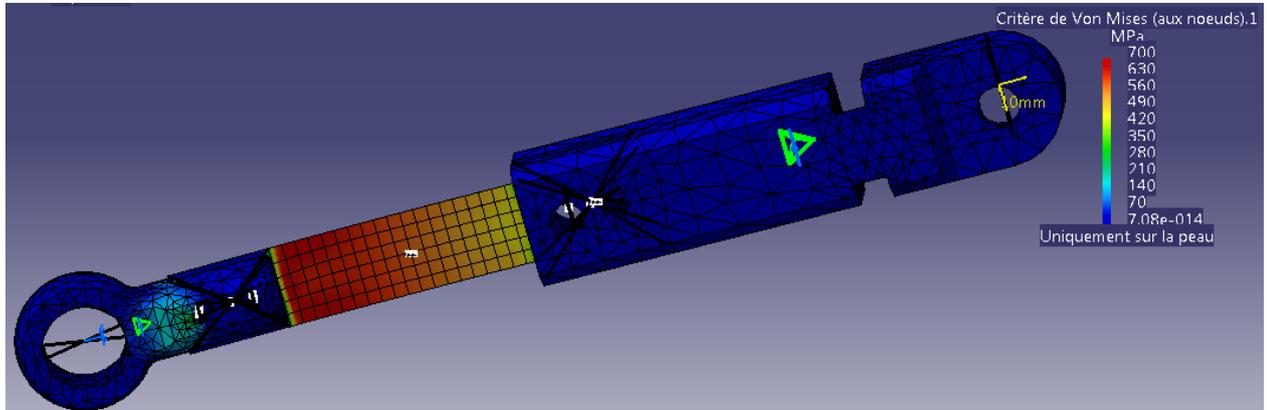


Figure 5 : Barre anti roulis soumise à un effort

#### ✚ M7 : UGV et contrôle des formes gauches (18h TP Mr Derroisné et 6h TP Mr Vallée)

FAO 5 axes et UGV :

Réalisation de la FAO et usinage sur centre d'usinage à commande numérique 5 axes :

- Usinage 5 axes positionnés pour limiter le nombre de posages de la pièce ;
- Usinage 5 axes continus pour réaliser des formes gauches et/ou gérer l'inclinaison de l'axe de l'outil par rapport à la surface à usiner (pour éviter ainsi d'usiner avec le bout d'une fraise hémisphérique).

Usinage à grande vitesse :

Les principes de l'UGV et de la formation du copeau (continu, transitoire et segmenté).

L'environnement de travail en UGV (structure des machines, broches, attachements type HSK, frettage et outils).

Les stratégies d'usinage induites par l'UGV (non-interruption du processus de coupe, boucles UGV, ...).

Les possibilités et les limites des logiciels FAO.

Contrôle de formes gauches :

Contrôle de formes gauches sur machine à mesures tridimensionnelles à l'aide du logiciel prélude inspection.

- ✚ M8 : FAO, Modélisation topologique et Méthodes (6h TP Mr Derroisné, 15h TP Mr Brunet et 3h TP Mr Deslandes)

Méthodes et FAO 2 axes ½ (6h) :

Les enseignements de FAO 2 axes ½ sont couplés avec le prototypage rapide afin de disposer au plus vite d'une pièce répondant aux exigences fonctionnelles de forme et d'assemblage.

Le prototypage rapide permet d'obtenir les formes particulières.

La FAO 2 axes ½ permet de réaliser sur le prototype les usinages élémentaires permettant l'assemblage de celui-ci avec les autres pièces de l'ensemble.

Les opérations traitées en FAO 2 axes ½ sont donc les opérations de base du fraisage sur machines-outils à commande numérique :

- Le surfaçage ;
- Le contournage ;
- La réalisation de poches simples ;
- Les opérations dans l'axe (pointage, perçage, taraudage et alésage).

Modélisation topologique (15h) :

- Etude de cas simples en conception topologique (poutre, bielle 2 points et bielle 3 points)
- Simulation dynamique, sur inspire, d'un assemblage complet (porte tube par palan) avec optimisation de la raideur sur une pièce pour exemple. (Une deuxième pièce peut être traitée sous forme de projet.)
- Reconception de pièce optimisée.
- Analyse des contraintes sur la nouvelle pièce et comparaison avec le modèle de base.
- Reprise de la pièce exemple sur le module d'optimisation topologique de solidworks. Comparaison de solutions issues de différents logiciels.

Méthodes (3h) :

- Etablir la mise en position lors de la réalisation des surfaces fonctionnelles. Application dans le cas d'une conception topologique associée à un procédé de fabrication additive.

- ✚ M9 : FAO – Compléments et vérifications (24h Mr Brunet et Mr Derroisné)

- TOP SOLID V7

Introduction au PDM

Organisation d'un projet

Compléments de FAO des modules M7 et M8 appliqués à un autre logiciel de FAO:

- Tournage 2 et 3 axes : réalisation de pièces de révolution avec formes additionnelles nécessitant l'utilisation d'un axe supplémentaire (perçage axial, rainure, méplat,...) ;
  - Fraisage 2 axes  $\frac{1}{2}$  : Opérations de base du fraisage (surfaçage, contournage,...);
  - Fraisage 3 axes : Réalisation de formes complexes sur centre d'usinage ;
  - Fraisage 5 axes positionnés et continus : Réduction du nombre de posages et réalisation de surfaces complexes en tenant compte des problématiques liées à la coupe.
- VERICUT : Vérification d'un programme CN avant passage sur machine.

Configuration d'une phase de fabrication afin de tester virtuellement le programme à partir des réglages machine, outils, montages dans un environnement machine virtuel.

Vérification de la compatibilité du code CN avec le directeur de commande.

Détection des éventuelles collisions outils/montage/porte outil/pièce.

### **Système de notation :**

Chaque UE fait l'objet de contrôles. La note la plus basse est 0 et la plus haute est 20. La note suffisante pour la validation d'une UE est 10. Le contrôle des connaissances privilégie le contrôle continu. Le contrôle se compose d'écrits et d'oraux (soutenances de projet et de rapport de stage)

Compensation des notes au sein des UE

Compensation des moyennes entre les UE

Capitalisation des UE

Organisation de deux sessions : avec un décalage d'au moins deux mois entre les deux sessions.

La licence est décernée aux étudiants qui ont obtenu à la fois une moyenne générale égale ou supérieure à 10 sur 20 à l'ensemble des unités d'enseignement, y compris le projet tuteuré et le stage, et une moyenne égale ou supérieure à 10 sur 20 à l'ensemble constitué du projet tuteuré et du stage.

Une mention (Passable, Assez Bien, Bien, Très Bien) est attribuée aux étudiants admis selon les procédures générales et respectivement pour ( $10 \leq M < 12$ ;  $M < 14$ ;  $M < 16$ ;  $M \geq 16$ ).

Lorsque la licence n'a pas été délivrée, les unités d'enseignement dans lesquelles la moyenne de 10 a été obtenue sont capitalisables pour une durée de 5 ans. Elles font l'objet d'une attestation délivrée par l'établissement.

### **Informations sur la fonction du diplôme :**

L'accès à un niveau supérieur n'est pas le but de la Licence Professionnelle qui vise l'insertion professionnelle des diplômés. Lors du recrutement, nous invitons les candidats à une présentation de la formation sur notre site ainsi qu'à un entretien qui a pour objet de vérifier la bonne adéquation de notre formation avec leur projet professionnel.