



Centre Régional pour l'Innovation
et le Transfert de Technologie

mécanique & composites



Exemples de formations



Centre Régional pour l'Innovation
et le Transfert de Technologie

mécanique & composites

Sommaire

| | |
|--|-----------------------|
| <i>Mise en œuvre des Matériaux Composites</i> | <i>Page 2</i> |
| <i>Etude et mise en œuvre d'une pièce en enroulement filamentaire</i> | <i>Page 6</i> |
| <i>Définition et tolérancement géométrique en mécanique</i> | <i>Page 10</i> |
| <i>Initiation aux contrôles non destructifs</i> | <i>Page 15</i> |



Centre Régional pour l'Innovation
et le Transfert de Technologie

mécanique & composites

Formation

Mise en œuvre des Matériaux Composites

Mise en œuvre des Matériaux Composites

Conditions du stage

1) Objectifs du stage :

Connaître les principaux procédés de mise en œuvre et de contrôle des composites à fibres longues, par une approche à la fois théorique et pratique.

Des travaux pratiques seront réalisés sur les fabrications à partir de préimprégnés, le perçage et l'assemblage, la réparation des structures.

2) Public concerné :

Ingénieurs ou techniciens ayant une formation générale ou une pratique en mécanique.

3) Pré-requis :

Connaissances de base en Résistance des Matériaux et Fabrications Mécaniques

4) Moyens de formation :

- Supports de cours fournis par le CRITT

- Pour la partie théorique : Salle de cours du CRITT Mécanique & Composites, vidéo-projecteur

- Pour la partie pratique : Hall du CRITT Mécanique & Composites, équipé des moyens de fabrication et de contrôle nécessaires – Démonstrations et travail individuel

5) Lieu du stage :

CRITT Mécanique & Composites – Espace Clément Ader – Rue Caroline Aigle – 31400 Toulouse

6) Evaluation :

- Evaluation individuelle des acquis en fin de stage par questionnaire, correction et commentaires par les formateurs

- Evaluation de la formation en fin de stage par questionnaire rempli par les auditeurs. Ces questionnaires seront transmis à l'entreprise et une analyse des réponses sera effectuée par le CRITT

7) Attestation de stage :

Une attestation individuelle sera remise à chaque stagiaire sous réserve d'assiduité

Programme de formation

A réaliser sur 5 journées, soit 35 heures de formation

1. Connaissance des matériaux composites (8h)

1.1 Notions générales

4 heures

- Définition d'un matériau composite, rôle du renfort et de la matrice
- Matrices thermodurcissables et thermoplastiques, élastomères, fibres, pré-imprégnés
- Principes de fabrication, d'assemblage, de réparation des composites

1.2 Contrôle réception d'un pré-imprégné (travaux pratiques)

4 heures

- Essais physico-chimiques sur le pré-imprégné
- Essais physico-chimiques et mécaniques sur le stratifié

2. Fabrication des pièces composites (12 h)

2.1 Fabrication de pièces composites monolithiques simples (travaux pratiques)

4 heures

- Règle de stratification (drapage)
- Cycles de polymérisation
- Fabrication d'un stratifié structural quasi isotrope en carbone / époxy

2.2 Fabrication de pièces composites hybrides type sandwich (travaux pratiques)

6 heures

- Fabrication d'un composite hybride par moulage en co-cuisson
- Fabrication d'un composite hybride par assemblage multi-phases
- Fabrication d'un composite hybride par moulage en semi co-cuisson

2.3 Fabrication de pièces composites complexes (travaux pratiques)

2 heures

- Réalisation par les stagiaires d'une structure caisson
- Réalisation d'une structure auto-raïdie

3. Usinage, collage, assemblage (8 h)

3.1 Collage des structures composites

4 heures

- Généralités sur le collage
- Types d'adhésifs (thermodurcissables, thermoplastiques, élastomères)
- Méthodes de mise en œuvre

Mise en œuvre des Matériaux Composites

3.2 Usinage et assemblage des composites (travaux pratiques)

4 heures

- Différents types d'usinage (détourage, perçage, alésage, fraisage)
- Défauts liés à la coupe
- Assemblage des pièces monolithiques par boulonnage ou rivetage
- Bordurage, densification et pose d'inserts sur panneaux stratifiés

4. CND, réparations (6 h)

4.1 Contrôles Non Destructifs

2 heures

- Détection des chocs
- Contrôle Non Destructif visuel, acoustique, par vision Infra Rouge, par Ultra-Sons

4.2 Réparations de structures composites (travaux pratiques)

4 heures

- Principes des réparations cosmétiques et structurales
- Reconstitution par les stagiaires de l'état de surface d'une pièce
- Reconstitution par les stagiaires de la continuité structurale d'un panneau

5. Conclusions et évaluation de la formation (1 h)

1 heure

- Evaluation individuelle des acquis par questionnaire, correction et commentaires par les formateurs
- Evaluation de la formation par questionnaire



Centre Régional pour l'Innovation
et le Transfert de Technologie

mécanique & composites

Formation

Etude et mise en œuvre d'une pièce en enroulement filamentaire

Eude et mise en œuvre d'une pièce en enroulement filamentaire

Conditions du stage

1) Objectifs du stage :

*Connaître le procédé de fabrication par enroulement filamentaire.
Conception de la pièce, programmation et réalisation.*

2) Public concerné :

Ingénieurs ou techniciens ayant une formation générale ou une pratique en mécanique.

3) Pré-requis :

Connaissances de base en Résistance des Matériaux et Fabrications Mécaniques

4) Moyens de formation :

- Supports de cours fournis par le CRITT*
- Pour la partie théorique : Salle de cours du CRITT Mécanique & Composites, vidéo-projecteur*
- Pour la partie pratique : Machine ADC à 3 axes numériques, CN Num 760, logiciel d'aide à la programmation (Elisa édité par ADC)*

5) Lieu du stage :

CRITT Mécanique & Composites – Espace Clément Ader – Rue Caroline Aigle – 31400 Toulouse

6) Evaluation :

- Evaluation individuelle des acquis en fin de stage par le formateur.*
- Evaluation de la formation en fin de stage par les auditeurs.*

7) Attestation de stage :

Une attestation individuelle sera remise à chaque stagiaire sous réserve d'assiduité

Eude et mise en œuvre d'une pièce en enroulement filamentaire

Programme de formation

A réaliser sur 1 journée, soit 8 heures de formation

1. Cours théorique (3h)

1- Présentation

- Principe
- Exemples de réalisation

2- Trajectoires de bobinages

- Trajectoires géodésiques
- Trajectoires à glissement constant
- Trajectoire planaire
- Trajectoires quelconques

3- Type d'enroulement

- Enroulement circonférentiel
- Enroulement hélicoïdal
- Enroulement longitudinal

4- Avantages de l'enroulement filamentaire

- Sur le plan structural
- Sur le plan technique
- Sur le plan économique

5- Matériaux

- Renforts
- Matrices
- Comparaison de l'utilisation de préimprégné et de l'imprégnation directe

6- Mandrins

- Différents types (conception, réalisation)

7- Machines

- Nombre d'axes
- Méthode de programmation
 - Point à point
 - Apprentissage
 - Paramétrée
- Circuit du fil (mèche de renfort)
 - Système de dévidage (bobine de renfort)
 - Système de mise sous tension
 - Imprégnation

Eude et mise en œuvre d'une pièce en enroulement filamentaire

8- Polymérisation

9- Finition

10- Contrôle

11- Etapes de réalisation d'une pièce bobinée

2. Travaux pratiques (5h)

1- Organisation du poste de travail (1h)

- Mise en route de la Machine à E.F.
- Présentation de la Partie Opérative

2- Réalisation d'un bobinage circonférentiel (Angle d'enroulement 90°) (1h30)

- Définition des caractéristiques dimensionnelle du mandrin
- Localisation du mandrin dans le référentiel machine
- Détermination des paramètres de l'enroulement
- Calcul des paramètres nécessaires à la programmation
- Etude de la structure d'un programme pièce
 - Ecriture du programme pièce avec le logiciel d'aide à la programmation Elisa (ADC)
- Chargement du programme vers la C.N. par liaison D.N.C.
- Réalisation de l'enroulement à sec (2 couches)

3- Réalisation d'un bobinage hélicoïdal sur un cylindre (2h30)

- Détermination des paramètres de l'enroulement
- Calcul des paramètres nécessaires à la programmation
- Choix du nombre de branches, fermeture de la trajectoire
- Prise de pas
- Nombre de cycles
- Ecriture du programme pièce avec le logiciel d'aide à la programmation Elisa (ADC)
- Chargement du programme vers la C.N. par liaison D.N.C.
- Réalisation de l'enroulement
- Observation de la pièce et réflexion sur la conception possible du mandrin.

3. Conclusions et évaluation de la formation



Centre Régional pour l'Innovation
et le Transfert de Technologie

mécanique & composites

Formation

Définition et tolérancement géométrique en mécanique

Définition et tolérancement géométrique en mécanique

Conditions du stage

1) Objectifs du stage :

Fournir les notions théoriques et pratiques nécessaires pour définir la géométrie et tolérer les pièces mécaniques, dans le respect des normes en vigueur.

2) Public concerné :

Techniciens de bureau d'études et projeteurs, non spécialisés en mécanique

3) Pré-requis :

Connaissances générales en conception mécanique, dessin industriel, dessin de bâtiment

4) Moyens de formation :

- Supports de cours fournis par le CRITT*
- Salle de cours du CRITT Mécanique & Composites, vidéo-projecteur*
- Démonstration sur Machine à Mesurer Tridimensionnelle*

5) Lieu du stage :

CRITT Mécanique & Composites – Espace Clément Ader – Rue Caroline Aigle – 31400 Toulouse

6) Evaluation :

- Evaluation individuelle des acquis par questionnaire, correction et commentaires par les formateurs*
- Evaluation de la formation en fin de stage par questionnaire rempli par les auditeurs. Ces questionnaires seront transmis à l'entreprise et une analyse des réponses sera effectuée par le CRITT*

7) Attestation de stage :

Une attestation individuelle sera remise à chaque stagiaire sous réserve d'assiduité

Définition et tolérancement géométrique en mécanique

Programme de formation

A réaliser sur 8 demi-journées de 4 heures, soit 32 heures de formation

| | |
|--|------------------|
| <u>1. Problématique du Tolérancement Géométrique, Normalisation et GPS (2 h)</u> | 2 heures |
| <u>2. Le Concept GPS (6h)</u> | |
| <u>2.1 La matrice GPS</u> | 3 heures |
| <ul style="list-style-type: none"> - Schéma directeur - Matrice réduite - Maillons des chaînes de normes GPS - Définitions et termes généraux - Matrice GPS : Bilan | |
| <u>2.2 Les principes du concept GPS</u> | 3 heures |
| <ul style="list-style-type: none"> - Le principe général - Un concept transversal - Démarche de spécification fonctionnelle d'un produit - Analyse littérale d'une spécification géométrique | |
| <u>3. Cotation ISO (8 h)</u> | |
| <u>3.1 Nécessité d'une norme</u> | 1/4 heure |
| <u>3.2 Notion de cote</u> | 1/4 heure |
| <ul style="list-style-type: none"> - Dimension locale - Définition d'une cote - Définition d'une cote avec l'exigence de l'enveloppe | |
| <u>3.3 Principes de l'indépendance</u> | 1/2 heure |
| <u>3.4 Contrôle de conformité : Principe de l'indépendance, Exigence de l'enveloppe</u> | 1/2 heure |

Définition et tolérancement géométrique en mécanique

3.5 Tolérances géométriques

1 heure

- Zone de tolérance géométrique
- Ordre des défauts
- Règles générales de dessin
- Orientations de la zone de tolérance

3.6 Les références

1/2 heure

- Notation
- Élément spécifié

3.7 Définition des symboles de base

1/2 heure

- Défauts de forme
- Défauts d'orientation
- Défauts de position
- Défauts de battement

3.8 Système de référence

1 heure

- Système de référence ordonnée
- Référence non ordonnée
- Référence commune
- Référence partielle
- Spécification sans référence

3.9 Tolérance projetée

1 heure

3.10 Exigence du maximum de matière – Exigence du minimum de matière

1 heure

- Introduction
- Exigence du maximum de matière
- Exigence du minimum de matière

3.11 Cotations particulières

1/2 heure

3.12 Démarche structurée d'analyse de spécifications dimensionnelles et géométriques

1 heure

- Mise en application sur cas concrets

Définition et tolérancement géométrique en mécanique

4. Analyse fonctionnelle – Illustration de la Chaîne GPS sur Cas Concret (15 h)

4.1 Présentation d'une démarche structurée d'analyse fonctionnelle visant à élaborer le dessin de définition de pièces **3 heures**

4.2 Mise en œuvre de la démarche complète sur un cas concret d'application **6 heures**

- Inventaire des fonctions à remplir par l'ensemble
- Conditions fonctionnelles liées à une des pièces de l'ensemble
- Traduction des conditions fonctionnelles en spécifications dimensionnelles et géométriques
- Cotation de la pièce conforme aux normes ISO en vigueur

4.3 Métrologie tridimensionnelle de la pièce analysée ci-dessus **6 heures**

- Décodage des spécifications
- Elaboration de la gamme de mesure
- Contrôle des spécifications
- Edition du procès verbal de conformité

5. Evaluation de la formation (1 h) **1 heure**

- Evaluation individuelle des acquis par questionnaire, correction et commentaires par les formateurs
- Evaluation de la formation par questionnaire



Centre Régional pour l'Innovation
et le Transfert de Technologie

mécanique & composites

Formation

Initiation aux contrôles non destructifs

Initiation aux contrôles non destructifs

Conditions du stage

1) Objectifs du stage :

Connaître les principales techniques de contrôle non destructif, par une approche à la fois théorique et pratique.

Des travaux pratiques seront réalisés sur les différents moyens de contrôle à partir de pièces représentatives de défauts observés dans l'industrie.

2) Public concerné :

Ingénieurs ou techniciens ayant une formation générale ou une pratique en mécanique.

3) Pré-requis :

Connaissances générales en mécanique.

4) Moyens de formation :

- Supports de cours fournis par le CRITT

- Pour la partie théorique : Salle de cours du CRITT Mécanique & Composites, vidéo-projecteur

- Pour la partie pratique : Salle de contrôle non destructif du CRITT Mécanique & Composites, équipée des moyens de contrôle nécessaires – Démonstrations et travail individuel

5) Lieu du stage :

CRITT Mécanique & Composites – Espace Clément Ader – Rue Caroline Aigle – 31400 Toulouse

6) Evaluation :

- Evaluation individuelle des acquis en fin de stage par questionnaire, correction et commentaires par les formateurs

- Evaluation de la formation en fin de stage par questionnaire rempli par les auditeurs. Ces questionnaires seront transmis à l'entreprise et une analyse des réponses sera effectuée par le CRITT

7) Attestation de stage :

Une attestation individuelle sera remise à chaque stagiaire sous réserve d'assiduité

Initiation aux contrôles non destructifs

Programme de formation

A réaliser sur 2 jours, soit 16 heures de formation

1. Principes et généralités sur les CND

2 heures

- *But des essais non destructifs*
- *Importance des contrôles non destructifs*
- *Défauts rencontrés en fabrication et en maintenance*
- *Les principales méthodes de contrôle non destructif*
- *Les étalons de mesure*

2. Exercices pratiques

2.1 Thermographie infrarouge

3 heures

- *Généralités*
 - *Définition*
 - *Le spectre électromagnétique*
 - *Classification des radiations*
 - *Emissivité*
 - *Caméra infrarouge*
 - *Inspection et maintenance aéronautique*
- *Inspection infrarouge sur pièces modèles*
 - *Procédure d'inspection*

2.2 Radiographie X

1 heure

- *Généralités*
- *Observation de la radiographie d'une pièce*

2.3 Magnétoscopie

1 heure

- *Généralités*
- *Observation de l'image magnétique d'une pièce*

2.4 Ressuage

1 heure

- *Généralités*
- *Exemple du ressuage d'une pièce*

Initiation aux contrôles non destructifs

2.5 Les ultrasons

4 heures

- Généralités
 - Classification des ondes sonores
 - Propagation des ondes ultrasonores
 - Principe de mesure par ultrasons
 - Procédé classique de mesure par ultrasons
- Inspection ultrasonore de pièces modèles
 - Mesure des défauts de faible étendue (méthode DBR)
 - Mesure des défauts de grande étendue (méthode à -6dB)

2.6 Courants de Foucault

1 heure

- Généralités
- Exemple du contrôle de pièces modèles

2.7 Emission acoustique

1 heure

- Généralités
- Exemple d'un contrôle par émission acoustique

3. Synthèse : sélection d'un procédé / application

1 heure

4. Conclusions et évaluation de la formation

1 heure

- Evaluation individuelle des acquis par questionnaire, correction et commentaires par les formateurs
- Evaluation de la formation par questionnaire