

le cnam

2013
2014

Catalogue des stages de formation continue

Matériaux industriels
Qualité
Métrologie
Calcul scientifique

cacemi

le Cacemi

Le Conservatoire national des arts et métiers est un grand établissement public d'enseignement supérieur et de recherche dédié à la formation professionnelle des adultes. Le Centre d'actualisation des connaissances et d'études des matériaux industriels (Cacemi) de l'École Sciences industrielles et technologies de l'information (Siti), propose des actions de formation professionnelle dans le domaine des matériaux métalliques, plastiques, composites et céramiques.

Stages interentreprises

Conçus pour

- actualiser vos connaissances
- élargir et valoriser vos compétences
- aborder une nouvelle évolution professionnelle

Des formations scientifiques et techniques, organisées dans nos locaux, au centre de Paris.

Form@tions à dist@nce

Pour actualiser vos connaissances, à votre rythme, le Cacemi propose **des formations interactives multimédia**.

Dès votre inscription, un login et un mot de passe vous sont attribués. Suivi et aidé par votre tuteur, vous évoluez aisément au travers du didacticiel.

Démonstration disponible sur :

<http://cacemi.cnam.fr> (rubrique formation)

Stages intra-entreprises

Avec vous, nous

- analysons et formulons vos besoins
- établissons un programme personnalisé
- déterminons le site et les dates de réalisation de l'action

Des formations élaborées en fonction de votre cahier des charges.

Journées spécialisées

En lien avec l'actualité du domaine ou une actualité plus générale, le Cacemi organise des journées spécialisées ayant vocation à promouvoir des innovations ou faire le point sur une question d'actualité.

Ces journées réunissent des spécialistes des questions traitées. Elles sont l'occasion d'échanges et de prise d'informations pour les participants.

Son équipe

Responsable : Brigitte Bastard

Secrétariat : Anne Saunier, Sophie Rodriguez

Inscription et facturation : Fabrice Garcia

Ses missions

Le Cacemi, partenaire des professionnels de l'industrie, a pour mission d'actualiser, de perfectionner et de valoriser les connaissances des ingénieurs et techniciens, mais aussi de participer à la reconversion ou à l'évolution professionnelle de cadres issus d'autres disciplines, afin d'accroître leur mobilité et de faciliter leur employabilité. Les relations permanentes entre le Cacemi et les entreprises se concrétisent par :

- l'évolution des enseignements avec les besoins industriels ;
- l'intervention de scientifiques de haut niveau et de spécialistes de l'industrie.

Ses références

Plus de 1 000 sociétés françaises et étrangères ont déjà fait confiance au Cacemi pour la formation de leurs collaborateurs (Areva, Air liquide, Alcatel, Alstom, Ascometal, Aventis, Bodycote, CEA, Dassault aviation, DGA, EDF, Esso, Honeywell, RATP, Renault, Saint-Gobain, Safran...).

sommaire

- 5 Stages interentreprises
- 6 Stages intra-entreprises
- 7 Form@tions@distance
- 8 Journées spécialisées
- 10 Sommaire matériaux industriels
- 78 Sommaire qualité
- 86 Sommaire calcul scientifique
- 90 Sommaire métrologie
- 96 Informations pratiques
- 97 Bulletin d'inscription
- 98 Conditions générales de vente

stages interentreprises

Proposés toute l'année, les stages interentreprises organisés par le Cnam-Cacemi permettent :

- d'actualiser ses connaissances
- d'élargir et valoriser ses compétences
- d'aborder une évolution professionnelle
- d'acquérir une expertise dans un domaine particulier de connaissance ou de se tenir informé des évolutions

Sous la responsabilité de professeurs ou de maîtres de conférences du Cnam, ces stages font intervenir des spécialistes de haut niveau, reconnus dans leur domaine.

Regroupant des salariés d'entreprises et d'organisations différentes, ces stages sont, en même temps qu'un lieu d'acquisition de connaissances nouvelles, un espace d'échanges et de confrontations d'idées, de réinterrogation des pratiques et de constitution de réseau.

Participent à nos enseignements des enseignants, des formateurs, des cadres et des ingénieurs :

- d'établissement d'enseignement supérieur (École centrale, École des mines, Insa, universités)
- de laboratoires (CNRS, LNE, Cedric, INM, Matériaux...)
- de grandes entreprises (Areva, Bodycote, EDF, Arcelor Mittal, Ascométal, Safran, Snecma, SNCF, GDF-Suez, Renault, EADS...)
- du Pôle de recherche et d'enseignement supérieur Hautes études-Sorbonne-Arts et Métiers (Pres heSam)

Renseignements et pré-inscription

+33 (0)1 40 27 24 49
+33 (0)1 40 27 20 58
cacemi@cnam.fr

Confirmation d'inscription par courrier

Cnam-Cacemi
Case 2ASP20
292, rue Saint-Martin
75141 Paris cedex 03

Informations pratiques

Lieu des stages* : 2, rue Conté ou
292, rue Saint-Martin- Paris III^e
M Arts et Métiers ou
M Réaumur-Sébastopol
Horaires des stages* : 9h - 17h

* sauf indication contraire précisée sur la fiche de stage



stages intra-entreprises

Vous êtes intéressé par un stage de notre catalogue, mais vous souhaitez qu'il regroupe exclusivement vos collaborateurs, sur le site de votre entreprise ou dans nos locaux ?

Un certain nombre de formations de ce catalogue sont déclinables en stages intra-entreprises. Il vous suffit de nous préciser le type de public et le nombre de personnes que vous souhaitez inscrire à ce stage afin que nous puissions adapter notre programme.

Vous êtes intéressé par un stage de notre catalogue, regroupant exclusivement vos collaborateurs, mais adapté aux problématiques et cas particuliers auxquels vous êtes confrontés ?

Un questionnaire vous sera adressé pour vous aider à préciser le contexte de votre demande et les situations sur lesquelles vous êtes amenés à travailler afin que nos intervenants adaptent les exercices et les études de cas à vos besoins.

Votre projet de formation relève de notre expertise scientifique mais ne correspond pas à un stage de notre catalogue ?

Nous vous proposons d'établir ensemble votre cahier des charges en vous aidant à formuler vos besoins afin d'élaborer :

- un programme,
- des supports et des études de cas spécifiques en réponse à votre demande.

Le Cnam est également à votre disposition pour

→ **définir et mettre en œuvre des projets de formation**

- Analyse des besoins
- Définition et mise en œuvre de programmes de formation
- Construction de parcours modulaires et individualisés

→ **valider des compétences**

- Formations diplômantes ou certifiantes de niveau bac+2 à bac+5 (certificats d'établissement, titres ou diplômes nationaux (licences, masters, masters spécialisés, diplômes d'ingénieurs, inscrits au Répertoire national des certifications professionnelles)
- Validation des acquis de l'expérience (VAE) : le Cnam valide les compétences en permettant d'acquérir tout ou partie d'un diplôme ; il assure également l'accompagnement pour la constitution du dossier de demande de validation.
- Le Cnam peut créer des certificats spécifiques en relation avec les métiers de votre entreprise et de votre branche professionnelle.

Contact | Brigitte Bastard,
responsable du Cacemi
☎ 01 40 27 28 99
✉ brigitte.bastard@cnam.fr



form@tions à dist@nce

Trois bonnes raisons de choisir la formation à distance :

- elle répond au manque de disponibilité des techniciens et ingénieurs qui ne peuvent s'absenter durablement de leur entreprise pour suivre une formation en présentiel.
- elle permet d'assimiler les connaissances au rythme et en fonction des disponibilités de chaque stagiaire, et de développer leur autonomie.
- elle utilise les nouvelles technologies pédagogiques multimédia interactives et s'avère pédagogiquement très performante.

Le Cacemi s'est attaché à apporter :

- une qualité de contenu,
- une pédagogie adaptée (conception du cours, outils et aides proposés à l'apprenant),
- un accompagnement de l'apprenant (tutorat, regroupement),
- la possibilité d'échanges entre apprenants,
- des garanties d'évaluation du suivi et des acquis de la formation.

Les formations à distance du Cacemi s'appuient sur la plateforme de formation à distance du Cnam ; le stagiaire accède au didacticiel via un identifiant et un code personnels.

Dans le cadre de la formation professionnelle continue, ces formations font l'objet d'une convention de formation et des attestations de suivi sont délivrées à l'issue de la formation.

Différents moyens (suivi pédagogique, relevé des connexions) permettent de s'assurer du suivi et du bon déroulement de la formation par le stagiaire.

Configuration informatique préconisée

Ordinateur PC (pentium II windows 98 minimum), carte son, écran 17 pouces résolution 1024x768, 256 couleurs mini), un accès Internet Explorer version supérieure à 5.5, des logiciels gratuits et fournis (Flash, Realplayer, Acrobat reader).

Pour en savoir plus

cacemi@cnam.fr

01 40 27 24 49

patrice.lefrancois@cnam.fr



journées spécialisées

Les journées spécialisées sont des journées techniques proposées par le Cacemi, en lien avec l'actualité du domaine ou une actualité plus générale, en réponse aux besoins d'information des cadres sur les évolutions de leur domaine d'activité.

C'est l'occasion en une journée

- de faire le point sur un sujet d'actualité,
- d'exercer une veille technologique,
- de connaître les perspectives,
- de rencontrer des spécialistes,
- d'échanger des expériences,
- d'aborder les problèmes technico-économiques,
- de repartir avec de bonnes adresses.

Ces journées couvrent des secteurs d'activité variés

- Les matériaux industriels.
- Les procédés.
- La mise en œuvre.
- La caractérisation des matériaux.
- Les méthodes d'analyse.

Elles sont animées par des experts de chaque domaine et des scientifiques de haut niveau.

Pour connaître le programme et le calendrier des journées spécialisées prévues consultez notre site

<http://cacemi.cnam.fr>



Matériaux industriels



Matériaux céramiques

MI10 Céramiques techniques : matériaux et procédés associés → p. 12

MI10bis Céramiques techniques : démonstration des principaux procédés de mise en forme → p. 13

Assemblage des matériaux

AS06 Lasers : quelles applications industrielles ? → p. 14

AS10 Brasage sous vide : principes, mise en œuvre et études de cas → p. 15

Matériaux composites

CA01 Matériaux composites → p. 16

CA05 Conception et dimensionnement des structures en matériaux composites → p. 17

Matériaux plastiques

PL01 Initiation aux matières plastiques → p. 18

PL04 Comment aborder un problème de collage ? Exemples, applications → p. 19

PL05 Analyse et caractérisation physico-chimiques des polymères → p. 20

PL06 Vieillessement des matières plastiques → p. 21

PL07 Caractérisation mécanique et rhéologique des polymères → p. 22

PL09a Défauts dans le procédé d'injection des polymères thermoplastiques → p. 23

PL09b Défauts dans les procédés d'extrusion, d'étirage et de thermoformage des polymères thermoplastiques → p. 23

PL10 Influence de la mise en œuvre par injection sur les propriétés des plastiques → p. 24

PL15 Métallisation des matières plastiques → p. 25

PL18 Perméabilité des polymères aux gaz et aux petites molécules organiques. Relation structure et propriété → p. 26

Matériaux métalliques

MG01 Initiation à la métallurgie → p. 27

MG01fd Initiation à la métallurgie par Internet → p. 28

MG03 Approfondissement des connaissances en métallurgie : physico-chimie et transformations → p. 29

MG10 Défectologie des pièces métalliques : origines, comportement en service et remèdes → p. 30

Familles de matériaux métalliques

MF01 Le titane et ses alliages : applications industrielles → p. 31

MF02 Initiation aux aciers inoxydables → p. 32

MF02fd Initiation aux aciers inoxydables par Internet → p. 33

MF04 Propriétés et applications des superalliages → p. 34

MF05 Les aciers inoxydables : grandes familles et usages → p. 35

MF08 Les alliages d'aluminium : de l'élaboration à l'utilisation dans les principaux secteurs industriels → p. 36

Traitement thermique

MT01 Traitements thermiques des aciers mécaniques : trempe, revenu et recuit → p. 37

MT02 Traitements superficiels thermiques et thermochimiques : trempes, cémentations, nitrurations → p. 38

MT04 Atmosphères de fours pour les traitements thermiques → p. 39

Comportement mécanique - Fatigue

- MC03 Initiation à la mécanique de la rupture. Applications aux matériaux et structures → p. 40
- MC04 Endommagements et mécanismes de rupture des matériaux industriels → p. 41
- MC11 Introduction aux essais de fatigue → p. 42
- MC12 Fatigue des pièces métalliques et des structures métalliques → p. 43
- MC15 Plasticité à chaud : mise en forme, fluage et fatigue → p. 44
- MC20 Comportement dynamique rapide. Tenue au crash → p. 45
- K20 Conceptions fiabilistes en fatigue → p. 46
- L64 Maîtriser la fiabilité par les essais → p. 47
- M40 Panorama de la fatigue des matériaux et des structures → p. 48
- M41 Le grenailage de précontrainte : pratique et applications → p. 49
- M43 Contraintes résiduelles : influence sur la durée de vie et la sécurité de vos pièces → p. 50
- M44 Principe de dimensionnement des composants et structures industriels → p. 51
- M401 Qu'est-ce que la fatigue des matériaux ? → p. 52

Corrosion - Traitement de surface - Revêtement - Usure

- MS04 Corrosion électrochimique des métaux : bases théoriques et principales méthodes d'études expérimentales en vue des applications à l'anticorrosion → p. 53
- MS06 Oxydation et corrosion à haute température : mécanismes, études de cas et prévention → p. 54
- MS08 Revêtements et traitements de surface des métaux. Principaux procédés de lutte contre la corrosion → p. 55
- MS12 Projection thermique : procédés, revêtements, applications → p. 56
- MS13 Mécanisme de croissance des couches minces → p. 57
- MS14 Procédés et élaboration des caractérisations des couches minces → p. 58
- MS18 Comment traiter un problème de corrosion : sélection des matériaux, analyse d'avaries, études de cas → p. 59
- MS22 Tribologie et conception mécanique → p. 60
- MS23 Initiation à la corrosion des matériaux métalliques → p. 61

Résistance des matériaux - Calcul des structures

- RM03 Bases de la résistance des matériaux. Sollicitations simples → p. 62
- RM04 Bases de la résistance des matériaux. Élasticité plane → p. 63
- RM08 Comportement inélastique des matériaux et des structures → p. 64

Méthodes d'études et d'analyse physico-chimique des matériaux

- EA01 Introduction à la microscopie électronique à balayage et à la microanalyse X élémentaire → p. 65
- EA02 Approfondissement en imagerie au MEB et en microanalyse X → p. 66
- EA04 Métallographie et fractographie : deux techniques complémentaires pour le métallurgiste → p. 67
- EA05.1 Pratique de l'analyse EBSD - débutant → p. 68
- EA05.2 Pratique de l'analyse EBSD - avancé → p. 69
- EA06 Principes, performances et comparaisons des méthodes physiques d'analyse de surface → p. 70
- EA08 Techniques avancées de radiation au synchrotron → p. 71
- EA10 Analyse d'images et microscopie quantitative → p. 72

Stages pratiques sur appareils

- EA12 Pratiques de l'imagerie au microscope électronique à balayage → p. 73
- EA14 Pratiques de la microanalyse élémentaire par spectrométrie X avec détecteur à diode (EDS) et microscope à balayage → p. 74
- EA17 Initiation à la diffraction des rayons X → p. 75
- EA20 Détermination des contraintes résiduelles par diffraction des rayons X → p. 76

Céramiques techniques : matériaux et procédés associés

Responsable pédagogique

Isabelle Porte, *ingénieur au Centre de transfert de technologies céramiques*

| |
|--|
| Code : MI10 |
| Tarif : 1200 € HT Déjeuner : 13 € HT |
| Durée 17 heures / 2,5 jours |
| 30 septembre : 1. 2 octobre 2013 du lundi 13h30 au mercredi 17h15 |
| Centre de transfert de technologies céramiques - Limoges |

Objectifs

Présenter les différents matériaux céramiques destinés aux applications structurales et fonctionnelles avec une mise en avant de leurs propriétés et de leurs domaines d'applications.

Présenter les différents procédés de mise en œuvre des céramiques et les principales techniques de caractérisations utilisées pour la maîtrise de ces procédés. Les personnes souhaitant illustrer ce stage par des démonstrations sur les équipements du CTTC pour les principaux procédés de mise en forme, sont invitées à participer au stage MI10bis se déroulant à la suite du MI10.

Public

Ingénieurs et techniciens supérieurs souhaitant acquérir des connaissances générales sur les matériaux céramiques, communément qualifiés de céramiques techniques, et sur leur mise en forme.

Programme

Introduction

- Définition
- Classification

Propriétés générales des céramiques et applications

- Céramiques de type oxyde
- Céramiques de type non oxyde

Techniques de mise en forme

- Poudres céramiques et leur préparation
- Coulage
- Pressage
- Extrusion / Injection
- Prototypage rapide
- Traitements thermiques

Principales caractérisations mises en œuvre aux différentes étapes de la fabrication

- Caractérisation des poudres
- Analyses thermiques
- Mesures des densités – porosimétrie
- Caractérisations structurales et microstructurales
- Caractérisations chimiques et cristallographiques



Céramiques techniques : démonstrations des principaux procédés de mise en forme des céramiques techniques

Responsable pédagogique

Isabelle Porte, *ingénieur au Centre de transfert de technologies céramiques*

Objectifs

Illustrer le stage MI10 par des démonstrations sur les équipements du CTTC pour les principaux procédés de mise en forme des céramiques techniques.

Public

Ingénieurs et techniciens supérieurs souhaitant acquérir des connaissances sur la mise en forme des matériaux céramiques, communément qualifiés de céramiques techniques.

Prérequis

La participation au préalable au stage MI10 est fortement conseillée pour une meilleure compréhension des démonstrations.

Programme

Visite du CTTC et présentation de l'ensemble des équipements de mise en forme et de caractérisation

Démonstration de mise en forme par voie liquide

- Préparation d'une suspension
- Coulage en bande
- Coulage en moule plâtre

Démonstration de mise en forme par voie plastique

- Préparation d'une pâte au malaxeur bras en Z
- Extrusion
- Prototypage rapide

Démonstration de mise en forme par voie sèche

- Granulation par atomisation
- Pressage uniaxial
- Pressage isostatique

| |
|--|
| Code : MI10 bis |
| Tarif : 1150 € HT Déjeuner : 13 € HT |
| Durée 14 heures / 2 jours |
| 3 et 4 octobre 2013 du jeudi 13h30 au vendredi 17h15 |
| Centre de transfert de technologies céramiques - Limoges |

Lasers : quelles applications industrielles ?

Responsable pédagogique

Philippe Aubert, *business développeur au CEA-DEN-DM2S*

| |
|-------------------------------------|
| Code : AS06 |
| Tarif : 890 € Déjeuner offert |
| Durée 21 heures / 3 jours |
| 15, 16, 17 octobre 2013 |
| Paris III ^e |

Objectifs

Les lasers de puissance permettent de nombreuses applications encore mal connues aujourd'hui dans tous les domaines industriels, de l'automobile à l'électronique de précision, en passant par le solaire.

Présenter l'offre de technologie laser existante ainsi que les différentes applications qui s'y rattachent, à travers des performances et des exemples concrets.

Public et prérequis

Ingénieurs en bureau d'études, responsables de production et techniciens travaillant dans la mise en forme des matériaux (découpe, assemblage, traitements de surface...) et à la recherche de nouvelles solutions techniques innovantes. Les différents sujets sont traités sous un angle descriptif et phénoménologique. Aucun prérequis particulier n'est nécessaire.

Méthode pédagogique

La formation est dispensée à partir de supports visuels (diaporamas, films...). Elle est basée sur des exemples industriels concrets et sur des cas réels. Des aspects technico-économiques seront traités.

La formation est interactive. Les échanges entre stagiaires et formateurs sont favorisés. À l'issue de ce stage, des formations plus spécialisées dans un domaine précis peuvent être suivies par les stagiaires.

Programme

Physique du laser

- Principe d'une cavité laser
- Le pompage optique
- Génération d'un faisceau laser
- Les milieux lasants

Optique et mise en forme des faisceaux

- Notions d'optique géométrique - Miroirs et lentilles - Scanners
- Transport de faisceaux par fibre optique et miroirs
- Mise en forme des faisceaux laser - Répartition spatiale de l'énergie

Technologie des principaux lasers industriels

- Constitution d'une machine laser, robots...
- Les lasers CO2
- Les lasers excimères
- Les lasers Nd : YAG
- Les lasers à fibre
- Les lasers à diodes
- Les lasers à impulsions courtes

Applications industrielles des lasers

- Notion d'interaction laser-matière
- Présentations générales des différentes applications : découpe, soudage, brasage, soudo-brasage, perçage, nettoyage, marquage, usinage, rechargement, fonctionnalisation de surface, fabrication 3D
- Principes et paramètres influents
- Exemples d'applications
- Notions de métallurgie liée aux traitements lasers
- Systèmes lasers : machines cartésiennes, portiques, robots
- Capacité, maintenance
- Analyses économiques

Sécurité des installations laser

- Recensement des risques liés à une installation laser
- Valeurs limites d'exposition
- Moyens de protection individuelle et collective
- Calculs d'exposition maximale permise
- Calculs de distance nominale de risque optique
- Normes

Synthèse – Table ronde

Brasage sous vide : principes, mise en œuvre et études de cas

Responsable pédagogique

Nicole Jacquot, *ingénieur matériaux laboratoire - support brasage*

Objectifs

Expliquer les principes du brasage sous vide et apprendre à mettre en œuvre cette opération d'assemblage. Donner des exemples de cas concrets dans différents secteurs d'activités de l'industrie.

Public

Ingénieurs, techniciens supérieurs de bureau d'études, de fabrication, avec ou sans expérience du brasage sous vide, désirant actualiser leurs connaissances.

Programme

- Bases métallurgiques nécessaires à la compréhension des phénomènes de brasage
- Conception mécanique d'un assemblage par brasage
- Brasabilité des matériaux
- Choix des métaux d'apport pour brasage fort
- Préparation des surfaces avant brasage
- Cycle thermique en four sous vide
- Contrôles non destructifs et destructifs après brasage
- Études de cas (les stagiaires pourront soumettre aux intervenants des exemples concrets qu'ils auront préparés)

| |
|--|
| Code : AS10 |
| Tarif : 990 € Déjeuner offert |
| Durée 14 heures / 2 jours |
| 14, 15 octobre 2013 |
| Paris III ^e |

Matériaux composites

Responsables pédagogiques

Philippe Boisse, professeur, Insa – Lyon
Véronique Michaud, professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne

Avec la collaboration de spécialistes du monde scientifique et industriel

Organisé en collaboration avec l'Insa de Lyon et l'École polytechnique fédérale de Lausanne

Code : **CA01**

Tarif : 2 050 €
Déjeuner offert

Durée
30 heures / **5** jours

16, 17, 18, 19, 20 juin 2014

Paris III^e

Objectifs

Assurer une introduction approfondie sur tous les aspects des composants, types de composites, fabrication, propriétés, dégradation et utilisation des matériaux composites.

Expliquer les propriétés, structures et moyens de fabrication des fibres utilisées comme renforts ; les résines, métaux et céramiques employés comme matrices ; les techniques d'élaboration des composites ; la fabrication de structures.

Donner un aperçu du calcul des propriétés des composites et des stratifiés.

Présenter l'endommagement des composites subi sous l'effet des sollicitations et du vieillissement et les techniques d'évaluation mécanique des matériaux composites.

Public

Techniciens et ingénieurs, non spécialisés dans le domaine des composites, désirent élargir leurs connaissances vers ces matériaux composites.

Personnes travaillant déjà sur certains aspects des matériaux composites et qui désirent compléter leurs connaissances.

Programme

- Fabrication et propriétés de toutes les classes de fibres employées comme renforts
- Relation entre microstructure et propriétés des fibres
- Matrice organique
- Matrice métallique
- Calcul des composites en relation avec leur microstructure
- Calcul des stratifiés
- Fabrication des structures composites
- Rupture et endommagement
- Prédiction de la durée de vie
- Vieillessement

Des études de cas de l'utilisation des composites dans plusieurs secteurs industriels et de la mise en œuvre illustreront le stage.

Conception et dimensionnement de structures en matériaux composites

Responsable pédagogique

Jacques Renard, professeur à l'ENSMP, responsable du groupe comportement mécanique des composites au Centre des matériaux

Avec la collaboration de spécialistes du monde scientifique et industriel

Organisé en collaboration avec le Centre des matériaux de l'École nationale supérieure des mines de Paris (ENSMP)

| |
|--|
| Code : CA05 |
| Tarif : 1640 € Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux Durée 28 heures/4,5 jours |
| 2, 3, 4, 5, 6 décembre 2013 |
| Paris III ^e |

Objectifs

Montrer que, malgré la complexité structurale des matériaux composites, il existe des techniques qui permettent de prévoir leur comportement ainsi que les dommages qui apparaissent en cours de sollicitations.

Montrer que ces méthodes permettent aux bureaux d'études de dimensionner les pièces et de mieux prévoir leur durée de vie.

Montrer qu'il est souhaitable de faire le lien entre procédés de fabrication et propriétés mécaniques.

Seront aussi abordés les problèmes d'éco-conception en lien avec les matériaux composites.

Public

Ingénieurs et techniciens supérieurs travaillant ou étant amenés à travailler dans le domaine du dimensionnement des structures en matériaux composites.

Programme

Cours théoriques

- Procédés de fabrication, répercussions sur les propriétés mécaniques
- Comportement mécanique des matériaux composites (plis, stratifications)
- Mécanismes d'endommagement, influence sur le comportement
- Modélisation du comportement dans les calculs de structures
- Critères de rupture, tolérance aux dommages
- Démarche industrielle, étude d'un cas

Travaux pratiques sur ordinateur : calculs par éléments finis de structures composites

- Mise en données, problèmes d'anisotropie
- Éléments finis adaptés aux composites
- Utilisation d'outils d'homogénéisation
- Calculs de stratifiés, couplage avec l'endommagement
- Comparaison essais/calculs

Ce cours est illustré par des exemples précis sur des matériaux composites stratifiés. Différents types de renforts sont étudiés : fibres courtes, fibres longues, tissus... Des simulations numériques de pièces réelles permettront d'appréhender concrètement les problèmes de dimensionnement. Dans cette optique, on analysera certaines difficultés quant au transfert de pièces métalliques à des pièces composites.

Initiation à la connaissance des matières plastiques

Responsable pédagogique

Guillaume Miquelard-Garnier, maître de conférences, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam

Avec la collaboration de la société Mapea, de l'Ifoca

Objectifs

Acquérir les connaissances de base dans le domaine des matières plastiques (thermoplastiques, thermodurs et élastomères). Comprendre les relations entre la structure et les propriétés de ces matériaux.

Public

Techniciens supérieurs, dessinateurs, ingénieurs non spécialisés et, d'une façon générale, tous les utilisateurs qui seront tôt ou tard confrontés aux problèmes posés par l'emploi des plastiques et leur fabrication.

Prérequis

Notions de chimie organique.

Programme

Structure, composition et formulation des plastiques

- Présentation des différentes familles de polymères et de leurs modes de synthèse
- Organisation des chaînes macromoléculaires linéaires : cristallinité
- La transition vitreuse
- Les formulations : généralités - principes
- Les additifs : les plastifiants, les stabilisants, les charges renforçantes ou non, les lubrifiants et les ignifugeants

Les produits industriels : thermoplastiques de grande diffusion, thermoplastiques techniques, les thermodurs et les élastomères

- Comparaison des propriétés des différents produits (PE, PP, PVC et PS) : relation structures / propriétés / applications
- Les polymères techniques : polyamides, polyesters, polycarbonates
- Quelques polymères hautes performances
- Les thermodurs (les polyesters insaturés, les vinyl esters, les vinyl uréthanes, les allyliques, les acryliques, les époxydes, les phénoliques...)
- Les matériaux alvéolaires
- Les élastomères thermoplastiques et les élastomères
- Comparaison thermoplastiques et thermodurs

Rhéologie appliquée à la mise en œuvre Mise en œuvre des thermoplastiques, des thermodurcissables et des élastomères

- Injection, extrusion, compression, thermoformage, enduction, calandrage, rotomoulage...

Les plastiques et l'environnement

| |
|---|
| Code : PL01 |
| Tarif : 2 770 € Déjeuner offert |
| Durée 49,5 heures / 2x4 jours |
| 15, 16, 17, 18 octobre et 26, 27, 28, 29 novembre 2013 |
| Paris III ^e |

La formation comprend trois demi-journées de mise en pratique à l'aide de démonstrations en laboratoire.

Comment aborder un problème de collage ?

Exemples - Applications

Responsable pédagogique

Gilbert Villoutreix, professeur des universités, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam

Avec la collaboration de spécialistes du monde scientifique et industriel

Objectifs

Étudier le collage dans ses phases théoriques et appliquées.

Apprendre à réussir un assemblage par collage.

Public

Ingénieurs, techniciens et utilisateurs des PME et PMI, qui seront tôt ou tard confrontés aux problèmes d'assemblage par collage et de choix d'adhésifs.

Programme

- Les adhésifs et le collage : produits, propriétés, choix
- La théorie de l'adhésion et les applications
- La prise en masse des adhésifs : structure, caractérisation
- Les modes de prise - Exemples
- La modification des surfaces de polymères - Contrôles des surfaces - Analyse et observation (microscopie électronique à balayage, ESCA)
- Exemples de réalisations de collages - Caractérisations mécaniques (pelage et cisaillement)
- Collages des aciers - Applications - Exemples
- Contrôles dans l'assemblage par collage - Exemples

Illustrations pratiques en laboratoire

| |
|--|
| Code : PL04 |
| Tarif : 1 210 € Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux Durée 20 heures / 3 jours |
| 11, 12, 13 décembre 2013 |
| Paris III ^e |

Analyse et caractérisation physico-chimique des polymères

Responsable pédagogique

Guillaume Miquelard-Garnier, *maître de conférences, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

Objectifs

Donner de solides connaissances sur l'analyse et la caractérisation des polymères et plus particulièrement sur l'utilisation de méthodes physico-chimiques modernes.

Permettre d'effectuer un choix judicieux de ces techniques face à un problème donné.

Public et prérequis

Ingénieurs ou techniciens possédant de bonnes connaissances des méthodes physico-chimiques utilisées en chimie organique et de bonnes notions sur les polymères.

Programme

Étude de la structure et de l'organisation moléculaires (cristallinité, orientation), de la taille et de la distribution des macromolécules

- Les matériaux macromoléculaires : TP, TD, élastomères
- Motifs de répétition, groupes terminaux, régularités et irrégularités structurales. Tacticité
- Masses molaires moyennes, indice de polymolécularité
- États amorphe et cristallin (TDF, Tg, Tf, Tramolt)
- Les plastiques (polymère, additifs, renforts), leurs propriétés et leurs applications

Détermination, grâce à un certain nombre de méthodes d'analyse, de caractéristiques des matériaux macromoléculaires

- Détermination des masses molaires moyennes par fractionnement, dosage des groupes terminaux, viscosimétrie, CES, diffusion de la lumière, spectrométrie de masse
- Méthodes spectroscopiques : RMN (solution et solide), IR et Raman, UV, diffraction X et neutrons
- Les couplages : chromatographie en phase liquide / spectrométrie de masse, chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse ...
- Microscopie optique et microscopie électronique
- Méthodes thermiques : ATD, DSC, ATG

Exemples concrets, études de cas

| |
|--|
| Code : PL05 |
| Tarif : 1 510 € Déjeuner offert |
| Durée 24 heures / 4 jours |
| 24, 25, 26, 27 septembre 2013 |
| Paris III ^e |

Vieillessement des matières plastiques

Responsable pédagogique

Matthieu Gervais, maître de conférences, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam

Avec la participation des enseignants de l'Ensam, de l'Ifoca, de l'Université de Clermont-Ferrand et d'industriels (Renault)

Objectifs

Approfondir les notions de comportement et de résistance au vieillissement des matériaux plastiques.

Public et prérequis

Ingénieurs et techniciens supérieurs connaissant déjà les matériaux plastiques, ou possédant de solides notions de chimie organique.

Programme

- Prédiction des durées de vie
- Vieillessement thermique (comportement à long terme des matières plastiques)
- Photovieillessement naturel et photostabilisation
- Photovieillessement accéléré (différents types d'appareils)
- Méthodes de contrôle et d'analyse des matériaux dégradés
- Le vieillissement chimique des polymères en milieu réactif, en particulier le vieillissement thermo-hydrolytique
- Applications au secteur automobile
- Aspects théoriques et pratiques de la dégradation des élastomères.

| |
|---|
| Code : PL06 |
| Tarif : 1 520 € Déjeuner offert |
| Durée 24 heures/ 4 jours |
| 10, 11, 12, 13 juin 2014 |
| Paris III ^e |

Caractérisations mécanique et rhéologique des polymères

Réalisation et interprétation des essais

Responsable pédagogique

Alain Guinault, *ingénieur de recherche, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

Avec la collaboration de spécialistes du monde industriel et universitaire

Objectifs

Identifier les principes des essais mécaniques de caractérisation des polymères, aussi bien à l'état solide qu'à l'état fondu.

Repérer les paramètres qui influencent l'essai.

Faciliter l'interprétation des résultats et les informations pouvant être obtenues sur la structure du matériau.

Public et prérequis

Techniciens et techniciens supérieurs pratiquant et/ou exploitant les essais mécaniques dans le domaine des matières plastiques et possédant des notions de base sur les polymères.

| |
|--|
| Code : PL07 |
| Tarif : 1320 € Déjeuner offert |
| Durée 20 heures / 3 jours |
| 1, 2, 3 avril 2014 |
| Paris III ^e |

Programme

Généralités

- Rappels sur les matériaux polymères
- Notions de base et rappels de mécanique (traction, choc, flexion)
- Lois de comportement
- Relation structure - transformation - propriétés

Modélisation mécanique des polymères

- À l'état solide
 - petites et grandes déformations
 - lois de comportement (fluage et relaxation)
 - analyse mécanique dynamique (faibles déformations)
 - introduction à l'endommagement et à la rupture
 - influence du vieillissement
- À l'état fondu
 - lois de comportement
 - rhéométrie : principe et outils
 - équivalence temps-température

Essais à l'état solide

- Fluage et relaxation
- Traction
- Torsion
- Choc
- Fatigue
- Rupture

Essais à l'état fondu

- Indice de fluidité
- Rhéométrie en cisaillement
- Rhéométrie élongationnelle
- Essais dynamiques

Démonstrations en laboratoire

- Traction
- Choc Charpy
- Microscopie optique
- Analyse mécanique dynamique
- Rhéométrie cône-plan
- Rhéométrie capillaire

Étude des défauts rencontrés en mise en œuvre des polymères thermoplastiques

| |
|---------------------------------|
| Code : PL09a |
| Tarif : 680 € - Déjeuner offert |
| Durée 12 heures 30/2 jours |
| 19, 20 novembre 2013 |
| Paris III ^e |

| |
|---------------------------------|
| Code : PL09b |
| Tarif : 680 € - Déjeuner offert |
| Durée 12 heures 30/2 jours |
| 21, 22 novembre 2013 |
| Paris III ^e |

- PL09a – Défauts dans le procédé d'injection des polymères thermoplastiques

- PL09b – Défauts dans les procédés d'extrusion, d'étirage et de thermoformage des polymères thermoplastiques

Responsable pédagogique

Cyrille Sollogoub, *maître de conférences, chaire des matériaux industriels polymères du Cnam*

Objectifs

Identifier la nature et l'origine des défauts observés dans les procédés industriels de mise en œuvre des polymères à forte cadence.

Analyser le lien avec le comportement rhéologique et les conditions de mise en œuvre des matériaux polymères.

Décrire les possibilités des logiciels de simulation numérique en vue d'une conception optimisée des outillages et des produits.

Énoncer les méthodes correctives au niveau du choix des matières ou des formulations et des conditions de mise en œuvre.

Public et prérequis

Spécialistes de la conception des produits, producteurs de matières, ingénieurs et techniciens supérieurs de la plasturgie, responsables du contrôle de réception de pièces plastiques.

Il est recommandé de suivre préalablement le stage *Caractérisation mécanique et rhéologique des polymères* (PL07).

Programme

Deux journées sont consacrées à l'injection, deux journées sont consacrées à l'extrusion et aux techniques associées de mise en forme (étirage et thermoformage).

La démarche générale consiste à décrire les aspects suivants

- Typologie et classement des défauts (visibles et non visibles)
- Défauts instantanés et défauts apparaissant dans le temps
- Outils d'analyse et démarche d'expertise des défauts
- Effets de l'orientation moléculaire dans la formation des défauts, lien avec la fragilité ou l'anisotropie des propriétés mécaniques
- Apports des logiciels de simulation numérique pour la prévision et le traitement des défauts au stade de la conception des pièces et des outillages
- Actions correctives possibles au niveau du choix des matières ou des conditions de mise en œuvre

Influence de la mise en œuvre par injection sur les propriétés des plastiques

Responsable pédagogique

Alain Guinault, *ingénieur de recherche, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

Objectifs

Identifier les relations existant entre la transformation (méthodes et réglages des paramètres) et les structures des pièces obtenues, avec leurs conséquences sur leurs propriétés finales. Repérer les problèmes rencontrés en injection des plastiques de grande consommation, des plastiques techniques et des polymères renforcés fibres de verre. L'apport de la simulation numérique sera abordé par l'étude de cas réels.

Public et prérequis

Ingénieurs et techniciens supérieurs possédant des notions de base sur les polymères.

Programme

Rappels

- Structures des polymères
- Procédé d'injection
- Rappels de thermique et de rhéologie en vue de l'application à la transformation des matériaux polymères

Principes de l'injection

- Relations entre mise en œuvre, structures et propriétés : quelques exemples
- Retraits et post-retraits
- Mise en œuvre par injection de matériaux chargés de fibres de verre
- Moules d'injection : conception et incidences sur les propriétés des pièces
- Introduction à la simulation numérique
- Moulage par injection des polymères semi-cristallins :
 - les règles du jeu
 - peut-on les transgresser ?

Influence des paramètres de moulage sur les propriétés des pièces moulées

- Les défauts d'aspects sur les pièces moulées :
 - causes
 - conséquences
 - techniques de correction
- Études de cas réels de pièces ne répondant pas au cahier des charges et présentant par exemple des problèmes d'aspect, de propriétés mécaniques insuffisantes, de stabilité dimensionnelle :
 - analyse des problèmes
 - actions correctives

Travaux pratiques d'application

Injection, biréfringence et propriétés mécaniques

Code : **PL10**

Tarif : 1390 €
Déjeuner offert

Stage programmé un an sur deux

Durée
24 heures/4 jours

7, 8, 9, 10 octobre 2013

Paris III^e

Métallisation des matières plastiques

Responsable pédagogique

Fabienne Poncin-Epaillard, *directrice de recherche au CNRS, Université du Maine*

Organisé par la Société française du vide (SFV)

| |
|--|
| Code : PL15 |
| Tarif : 825 € Déjeuner offert |
| Durée 14 heures / 2 jours |
| 17, 18 septembre 2013 |
| SFV Paris |

Objectifs

Les matières plastiques ne permettent pas d'adhérer et de déposer facilement une couche métallique. Aussi a-t-il fallu développer, comme pour les secteurs du collage, des peintures et vernis, différentes techniques de préparation de surface, puis mettre en place des procédures de métallisation.

Les techniques de préparation de surface sont très variées et consistent soit en des traitements chimiques parfois sévères et toxiques, soit mécaniques ou bien encore physiques faisant intervenir des faisceaux d'électrons, d'ions, voire des plasmas.

La métallisation peut, elle aussi, reposer sur des procédures chimiques ou physiques telles que l'évaporation et la pulvérisation.

Public

Ingénieurs, techniciens supérieurs de bureau d'études, de fabrication.

Programme

- Les différents procédés : évaporation, pulvérisation
- La fonctionnalisation des plastiques : principes, procédés et applications
- La métallisation des plastiques : principes, procédés et applications
- Le contrôle de l'adhérence de la couche métallique
- Les caractérisations physicochimiques et électriques
- Le contrôle de l'adhérence de la couche métallique

Table ronde en fin d'après-midi avec les intervenants pour traiter les études de cas.

Perméabilité des polymères aux gaz et aux petites molécules organiques

Relation structure - propriétés

Responsable pédagogique

Alain Guinault, *ingénieur de recherche, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

Avec la collaboration de spécialistes du monde industriel et universitaire

Objectifs

Identifier les principes des essais de perméabilité aux gaz (oxygène et vapeur d'eau) et aux petites molécules organiques (arômes ou solvants, ...).

Repérer les paramètres du matériau et les paramètres extérieurs qui influencent l'essai et les informations que l'on peut en obtenir sur la structure du matériau et ainsi faciliter l'interprétation des résultats.

Public

Techniciens et techniciens supérieurs pratiquant et/ou exploitant les mesures de perméabilité aux gaz dans le domaine des matières plastiques.

Programme

Généralités

- Rappels des notions de base des matériaux polymères
- Additifs et charges
- Comportement thermomécanique

Principe de la perméabilité aux gaz et aux petites molécules organiques

- Définitions
- Sorption et diffusion
- Les facteurs extérieurs influents

Les propriétés barrière des polymères, relation structure – perméabilité des polymères

Les méthodes de mesure de la perméabilité aux gaz

- Principes des différentes techniques
- Choix des matériels
- Les solutions d'amélioration de la perméabilité

Démonstrations en laboratoire : perméabilité à l'oxygène, à l'hélium et aux petites molécules organiques

- Démarrage d'un essai
- Récupération des données
- Analyse des résultats

Code : **PL18**

Tarif : 870 €
Déjeuner offert

Durée
12 heures/2 jours

18, 19 mars 2014

Paris III^e

Initiation à la métallurgie

Responsables pédagogiques

Jean-Pierre Chevalier, professeur, chaire des matériaux industriels du Cnam

Patrice Lefrançois, ingénieur de recherche, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam

Avec la collaboration de spécialistes du monde scientifique et industriel

Objectifs

Acquérir le vocabulaire et les connaissances de base en métallurgie permettant de comprendre les mécanismes fondamentaux intervenant dans les processus industriels pour résoudre les problèmes pratiques de métallurgie les plus courants (traitements thermiques, propriétés et comportement en service des pièces métalliques...).

Permettre de suivre des stages de métallurgie plus spécialisés, de lire des ouvrages ou des articles de métallurgie et d'échanger avec les hommes du métier.

Public

Techniciens, techniciens supérieurs ou ingénieurs travaillant ou étant amenés à travailler dans le domaine.

Méthode pédagogique

Les différents sujets sont traités sous un angle descriptif et phénoménologique sans calcul mathématique.

La formation repose sur un ensemble de cours et d'expériences en laboratoire. Ces dernières permettent de concrétiser les exposés et de favoriser les échanges stagiaires-enseignants. Les stagiaires peuvent poser leurs questions à tout instant, l'équipe pédagogique reste à leur écoute.

Programme

- Structure des métaux - Diffusion
- Comportement mécanique des métaux et essais mécaniques
- Méthodes de durcissement des métaux
- Les diagrammes d'équilibre binaires
- Solidification
- Principes des traitements thermiques
- Traitements thermiques des aciers - Élaboration de l'acier
- Restauration et recristallisation après écrouissage
- Traitements thermochimiques
- Notions sur la corrosion et la protection contre la corrosion
- Les alliages d'aluminium et de cuivre : familles d'alliages, propriétés, traitements thermiques
- Les aciers inoxydables, les aciers de construction mécanique
- Les superalliages (bases Ni, Co) et les alliages de titane

| |
|--|
| Code : MG01 |
| Tarif : 2 380 € Déjeuner offert |
| Durée 60 heures/2x5 jours Le nombre de participants est limité à 18 |
| 1^{re} session : 7, 8, 9, 10, 11 octobre ; 18, 19, 20, 21, 22 novembre 2013 2^{de} session : 17, 18, 19, 20, 21 mars ; 7, 8, 9, 10, 11 avril 2014 |
| Paris III ^e |

Pour aller + loin :

Un certain nombre de stages permettent de compléter ou d'approfondir cette formation : voir MG03, EA04, MC01, MC03, MT01, MS04...

Initiation à la métallurgie via Internet

Responsable pédagogique

Patrice Lefrançois, *ingénieur de recherche, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

Objectifs

Acquérir le vocabulaire et les connaissances de base en métallurgie permettant de comprendre les mécanismes fondamentaux intervenant dans les processus industriels pour résoudre les problèmes pratiques de métallurgie les plus courants (traitements thermiques, propriétés et comportement en service des pièces métalliques...).

Permettre de suivre des stages de métallurgie plus spécialisés, de lire des ouvrages ou des articles de métallurgie et d'échanger avec les hommes du métier.

Voir précisions administratives et techniques concernant ce stage sur notre catalogue ou bien sur le lien <http://cace3i.cnam.fr/inscriptions/>.

Programme

Structure des métaux et alliages

- Rappels (l'atome, les liaisons atomiques)
- Les structures cristallines des métaux
- Les imperfections cristallines dans les métaux et alliages

Diffusion atomique

Comportement mécanique

- Essais
- Comportements élastique et plastique
- Rupture des matériaux
- Les essais de dureté, traction, résilience, ténacité
- Rupture en fatigue et en fluage

Durcissement des métaux

Diagrammes d'équilibre

- Notions générales
- Les différents diagrammes
- Cas de la diffusion imparfaite

Solidification

Traitements thermiques

- Principes des traitements thermiques
- Traitement thermique des aciers
- La recristallisation

Traitements superficiels

Les alliages d'aluminium et de cuivre

Les aciers spéciaux (aciers de construction mécanique et aciers inoxydables)

Les alliages de titane et les superalliages

Notions de corrosion

| |
|--|
| Code : MG01fd |
| Tarif : 2 000 € |
| Inscriptions permanentes |
| Durée de connexion : 3 mois |
| Durée de la formation en ligne hors journées de regroupement : 21 heures |
| Journées de regroupement : 3, 4 décembre 2013 ; 18, 19 juin 2014 |
| Paris III ^e |

Public

Techniciens, techniciens supérieurs ou ingénieurs travaillant ou étant amenés à travailler dans le domaine de la métallurgie, souhaitant acquérir le vocabulaire et les connaissances de base, comprendre les mécanismes physiques mis en jeu en métallurgie, ou faire la synthèse de leurs connaissances.

Méthode et supports pédagogiques

Contenus distants : 350 pages html, environ 21h de cours sonorisé.

Les didacticiels sont répartis en modules construits autour de diaporama sonorisés, complétés par des images, des animations, des vidéos.

Ils intègrent selon les cas divers outils interactifs multimédia et d'autres ressources pédagogiques telles que synthèses des points à retenir, exercices, évaluations en ligne, glossaire, bibliographie. Les supports de cours sont téléchargeables.

Un plan de formation détaillé et des aides (guides pédagogique et informatique) sont envoyés avant la première connexion. Un accompagnement pédagogique est réalisé sous la forme d'un tutorat asynchrone par messagerie électronique. Deux journées de regroupement complètent cette formation.

Approfondissement des connaissances en métallurgie : physico-chimie et transformations

Responsable pédagogique

Marie-Laurence Giorgi, enseignante à l'École centrale de Paris

Objectifs

Identifier efficacement, par la compréhension des phénomènes fondamentaux mis en jeu, les problèmes de métallurgie qui se posent dans la pratique.

Repérer précisément les transformations et les traitements thermiques des métaux.

Aborder avec plus de facilité les stages spécialisés proposés par le Cacemi.

Public et prérequis

Techniciens supérieurs et ingénieurs des industries métallurgique et mécanique. Il est recommandé de suivre le stage *Initiation à la métallurgie*, dispensé en présentiel (MG01) ou en formation à distance via Internet (MG01fd), ou de posséder les connaissances équivalentes.

Programme

Ne visant pas à la connaissance encyclopédique, les cours sont regroupés en un petit nombre de thèmes essentiels. Ils sont accompagnés de séances d'exercices dirigés.

État d'équilibre des métaux et alliages

- Thermodynamique des solutions
- Équilibre entre phases
- Diagrammes d'équilibre

Transformations à l'état solide et traitements thermiques

Notions de cinétique

- Diffusion
- Germination et croissance
- Transformations martensitiques

Principe des traitements thermiques

- Traitements thermiques des aciers
- Traitements thermiques des alliages légers

Élaboration et solidification

- Principes
- Héritage de l'élaboration et de la solidification sur les propriétés

| |
|--|
| Code : MG03 |
| Tarif : 1 870 € Déjeuner offert |
| Durée 30 heures / 5 jours |
| 2, 3, 4, 5, 6 juin 2014 |
| Paris III ^e |

Défectologie des pièces métalliques : origines, comportement en service et remèdes

Responsable pédagogique

Jacques Dupuy, expert métallurgie et matériaux, EDF, unité technique opérationnelle
Avec la collaboration de spécialistes de laboratoires et de centres de recherches

Objectifs

Permettre au travers de rappels théoriques et de cas concrets d'expertises sur des pièces et matériels mécaniques :

- d'expliquer l'origine et le mode de formation des défauts,
- de connaître les paramètres de fabrication et/ou de fonctionnement qui influent sur l'apparition des défauts,
- d'identifier les divers défauts au travers de leurs caractéristiques visuelles, macrographiques et micrographiques,
- de choisir ou préconiser les méthodes de contrôles non destructifs adaptées aux défauts recherchés,
- de proposer des solutions et des remèdes.

Public et prérequis

Ingénieurs, techniciens supérieurs travaillant dans les domaines de la production, de la maintenance et des bureaux d'études. Personnel débutant dans les domaines de l'inspection en service, du contrôle non destructif et de l'expertise destructive.
Le suivi de ce stage nécessite de posséder de bonnes notions de métallurgie (voir en particulier les stages MG01, MG01fd, MG03, MG04).

Programme

Rappels de métallurgie.

Les différents modes d'obtention des pièces

- Fonderie, forge, soudage, usinage

Les défauts générés lors des opérations de :

- Fabrication des pièces moulées
- Soudage
- Laminage, étirage, forgeage
- Usinage
- Traitements thermiques
- Revêtements métalliques

Les défauts apparus en service

- Les fissurations par fatigue
- Le fluage
- Les phénomènes de corrosion
- Les ruptures fragiles
- Les ruptures ductiles
- Les dégradations de surface d'origine mécanique

| |
|--|
| Code : MG10 |
| Tarif : 1330 € Déjeuner offert |
| Durée 20 heures / 3 jours |
| 12, 13, 14 mai 2014 |
| Paris III ^e |

Le titane et ses alliages : applications industrielles

Responsable pédagogique

Élisabeth Gautier, directrice de recherches au CNRS, École des mines de Nancy

Avec la collaboration de spécialistes du titane tant universitaires (Cnam, École des mines de Nancy) et industriels (Aubert et Duval, Dassault aviation, Snecma, Timet Savoie...)

Objectifs

Acquérir les connaissances métallurgiques nécessaires pour une utilisation judicieuse du titane et de ses alliages. Identifier les principales applications industrielles (moteurs, structures aéronautiques, chimie, médical...) et repérer les potentialités de développement de cette famille de matériaux.

Public

Ingénieurs et techniciens supérieurs ayant de bonnes connaissances en métallurgie, amenés à utiliser les alliages de titane, donc à connaître leurs spécificités.

Programme

- Introduction au titane et à ses alliages - Structure - Propriétés.
- Élaboration du titane.
- Formation des microstructures dans les alliages de titane au cours des traitements thermiques et thermomécaniques.
- Propriétés et principales applications industrielles des trois grandes familles d'alliages : α , $(\alpha+\beta)$ et β métastable.
- Résistance à la corrosion du titane et de ses alliages.
- Mise en œuvre du titane et de ses alliages :
 - formage (forgeage, matriçage, formage superplastique...) et traitements thermiques associés, usinage, préparations et traitements de surfaces, assemblage (soudage, soudage-diffusion)...
- Applications émergentes et aspects technico-économiques.

| |
|--|
| Code : MF01 |
| Tarif : 1 440 € Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux Durée 20 heures/ 3 jours |
| 2, 3, 4 octobre 2013 de 8h45 à 17h |
| Paris III ^e |

Initiation aux aciers inoxydables

Responsable pédagogique

Jean-Pierre Chevalier, professeur, chaire des matériaux industriels du Cnam

Objectifs

Identifier rapidement la famille des aciers inoxydables et leurs applications industrielles.

Public et prérequis

Cette initiation s'adresse à des ingénieurs ou techniciens, utilisateurs ou producteurs, souhaitant une première approche des aciers inoxydables.

Seules les notions élémentaires de métallurgie sont nécessaires.

Quelques rappels sont prévus en début d'intervention.

Programme

- Définition des aciers inoxydables - Désignation - Normalisation
- Les mécanismes de corrosion électrochimique - Courbes courant/tension - Passivité - Cas des aciers inoxydables - Rôle du chrome et du molybdène.
- Oxydation sèche à haute température - Rôle du chrome - Cas des aciers inoxydables.
- Notions de base - Diagrammes d'équilibre Fe/Cr, Fe/Ni - Notion d'éléments alphas et gammas.
- Les quatre familles d'aciers inoxydables et leurs principaux domaines d'applications industrielles : les ferritiques, martensitiques, austénitiques et austéno-ferritiques (duplex).
- Les phénomènes de corrosion localisée.
- Présentation des structures micrographiques des différents aciers inoxydables.

Le stage *Les aciers inoxydables : grandes familles et usages* (MF05) constitue un bon complément de formation sur les aciers inoxydables (traitements thermiques et thermomécaniques, mise en œuvre, propriétés d'emploi ...).

| |
|----------------------------------|
| Code : MF02 |
| Tarif : 540 € Déjeuner offert |
| Durée 8 heures / 1 jour |
| 15 mai 2014 de 8h30 à 17h30 |
| Paris III ^e |

Initiation aux aciers inoxydables via Internet

Responsable pédagogique

Patrice Lefrançois, *ingénieur de recherche, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

Objectifs

Identifier les grandes familles d'aciers inoxydables avec leurs applications industrielles, les mécanismes de corrosion et les structures micrographiques.

Public et prérequis

Ingénieurs ou techniciens, utilisateurs ou producteurs, souhaitant une première approche des aciers inoxydables. Seules les notions élémentaires de métallurgie sont nécessaires.

Méthode pédagogique

Outils pédagogiques : glossaire, forum, CD-Rom *Références aciers inoxydables*. Tutorat par messagerie électronique.

Programme

Rappels de métallurgie

Rappels de corrosion

- Couche passive des aciers inoxydables

Généralités

- Désignation des aciers inoxydables
- Influence des éléments d'alliage : Cr, Ni, C et N

Les aciers ferritiques

- Nuances d'aciers ferritiques
- Microstructures et propriétés - applications

Les aciers martensitiques

- Principales nuances
- Microstructures et propriétés - applications

Les aciers austénitiques

- Traitement thermique des aciers austénitiques
- Corrosion intergranulaire
- Principales familles d'aciers austénitiques
- Microstructures et propriétés - applications

Les aciers austéno-ferritiques

- Microstructures d'aciers duplex
- Microstructures et propriétés - applications

La corrosion localisée

- Corrosion sous tension
- Corrosion par piqûres, par crevasses ou corrosion caverneuse

Contenu de la formation : 40 pages html, environ 140 minutes de cours sonorisé.

| |
|--|
| Code : MF02fd |
| Tarif : 510 € |
| Inscriptions permanentes |
| Durée de connexion : 15 jours |
| Durée de la formation en ligne : 6 heures |

Propriétés et applications des superalliages

Responsable pédagogique

Pierre Caron, chargé de mission, département matériaux et structures métalliques à l'Onera

Avec la collaboration de spécialistes du CNRS et des industries d'élaboration de matériaux spéciaux, de l'aéronautique et du nucléaire

Objectifs

Faire le point sur la métallurgie et les propriétés d'une famille d'alliages particulièrement importante du fait de ses applications aux turbines aéronautiques et industrielles, et qui est en forte évolution en raison de l'apparition de technologies nouvelles (solidification unidirectionnelle et monocristalline, métallurgie des poudres).

Public

Ingénieurs, cadres techniques, techniciens supérieurs et assimilés.

Programme

Introduction

- Différentes familles de superalliages
- Propriétés remarquables
- Diverses applications aux turbines aéronautiques et industrielles

Métallurgie physique

- Solidification, microstructures, réactions à l'état solide et stabilité microstructurale
- Modes de durcissement et de déformation
- Propriétés mécaniques à chaud, traction, fluage

Propriétés d'usage en fatigue - assemblage - réparation

Oxydation et corrosion à chaud des alliages - revêtements protecteurs

Les procédés d'élaboration des alliages

- Fonderie
- Métallurgie des poudres

Les divers produits industriels

- Alliages coulés
- Alliages coulés et forgés
- Alliages issus de la métallurgie des poudres

| |
|--|
| Code : MF04 |
| Tarif : Non déterminé Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux Durée 24 heures / 4 jours |
| Décembre 2014 |
| Paris III ^e |

Les aciers inoxydables : grandes familles et usages

Responsables pédagogiques

Gérard Béranger, professeur honoraire des universités, membre de l'Académie des technologies

Paul Rabbe, ex-directeur de l'IRSID

Avec la collaboration de spécialistes du monde industriel et universitaire (Insa-Lyon, UTC, groupe Arcelor, Areva NP).

Objectifs

Décrire les différentes structures des aciers inoxydables suivant leurs compositions, les traitements thermiques et thermomécaniques. En déduire les grandes familles.

Établir la relation existante entre les propriétés d'emploi des aciers inoxydables et leur structure : résistance à la corrosion, comportement mécanique, mise en œuvre.

Définir des critères de choix dans un esprit de fonctionnalité et de durabilité.

Public et prérequis

Ingénieurs et assimilés, techniciens supérieurs ayant des connaissances de base en métallurgie.

La journée de formation *Initiation aux aciers inoxydables* en présentiel (MF02) ou à distance (MF02fd) constitue une bonne base de connaissances préalables sur la métallurgie des aciers inoxydables.

Programme

Structures, familles, désignation

Traitements thermiques et thermomécaniques

Mise en œuvre - Parachèvement

- Décapage et conditionnement
- Réception et contrôle

Propriétés d'emplois

- Résistance à la corrosion, passivité, essais normalisés
- Propriétés mécaniques : à froid, à chaud

Grands domaines d'utilisation

Nouvelles nuances

| |
|---|
| Code : MF05 |
| Tarif : 1 440 € Déjeuner offert |
| Durée 23 heures/4 jours |
| 30 septembre ; 1, 2, 3 octobre 2013 Début du stage à 10h le 1 ^{er} jour |
| Paris III ^e |

Les alliages d'aluminium : de l'élaboration à l'utilisation dans les principaux secteurs industriels

Responsable pédagogique

Éric Gratiot, *ingénieur métallurgiste chez Dassault aviation*

Avec la collaboration de spécialistes de la métallurgie et de la mise en œuvre des alliages d'aluminium

Objectifs

Apporter les connaissances de base de la métallurgie des alliages d'aluminium en vue de leur utilisation lors de la mise en œuvre des demi-produits.

Aborder les traitements thermo-mécaniques, les propriétés d'usage (en particulier la tenue en fatigue et la résistance à la corrosion), les modes d'assemblage.

Public

Ingénieurs et techniciens de bureaux d'études, d'ateliers, de chantiers voulant mettre à jour leurs connaissances sur les alliages d'aluminium et leurs applications.

Programme

- Les alliages d'aluminium :
- présentation d'introduction
- Métallurgie d'élaboration de l'aluminium et de ses alliages
- Traitements thermiques et thermomécaniques
- Les alliages d'aluminium pour l'aéronautique
- La fonderie des alliages d'aluminium : exemples de l'automobile
- Les alliages d'aluminium corroyés pour l'automobile
- Les alliages d'aluminium pour le ferroviaire
- Comportement en service des alliages d'aluminium
- Tenue à la corrosion et traitements de surface

| |
|---|
| Code : MF08 |
| Tarif : 1360 € Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux Durée 24 heures/ 4 jours |
| 12, 13, 14, 15 Novembre 2013 |
| Paris III ^e |



Traitements thermiques des aciers mécaniques : trempe, revenu et recuit

Choix des solutions et applications

Responsable pédagogique

Christian Tournier, *CHTC*

Avec la collaboration de spécialistes du monde industriel

Objectifs

Assurer la transition entre le cycle de métallurgie générale et les pratiques des ateliers de traitements thermiques.

Public

Ingénieurs et techniciens supérieurs, disposant déjà des connaissances de bases de métallurgie (qui leur seront rappelées rapidement) et dont l'activité professionnelle est orientée vers le choix, l'exécution ou l'utilisation des traitements thermiques.

Programme

Notions de base

- Pourquoi les traitements thermiques
- Le comportement des aciers

Trempe

- Aspects métallurgiques - Utilisation des données
- Aspects pratiques

Revenu

- Aspects métallurgiques - Utilisation des données
- Conditions pratiques

Les aciers pour trempe et revenu en construction mécanique - normalisation

Recuits et adoucissements

- Comment adoucir différents aciers
- Les recuits spécifiques

Anomalies de traitements et remèdes

Traitement de relaxation des contraintes résiduelles

Déformations

- Origines et mécanismes
- Prévention et réduction

Choix combinés nuances/traitement

- Procédure de choix
- Autres solutions

| |
|--|
| Code : MT01 |
| Tarif : Non déterminé Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux Durée 19 heures / 3 jours |
| Mai 2015 |
| Paris III ^e |

Traitements superficiels thermiques et thermochimiques : trempes, cémentations, nitrurations

Évolutions technologiques, critères de choix

Responsable pédagogique

Yvan Corre, directeur de l'usine de La Talaudière (groupe Bodycote)

Avec la collaboration de spécialistes du monde industriel

Objectifs

Préciser certaines notions relatives aux traitements thermiques et thermochimiques superficiels, approfondir et mettre à jour les connaissances dans ce domaine.

Présenter les différentes technologies disponibles sur le plan industriel.

Public

Ingénieurs et techniciens.

Programme

Introduction

Notions générales de métallurgie appliquées aux traitements superficiels

Les trempes superficielles

Chalumeau, induction, possibilités offertes par le laser et le faisceau d'électrons

Les cémentations

- Par le carbone, par le carbone et l'azote
- Les technologies
 - cémentation gazeuse
 - cémentation ionique
 - cémentation basse pression

Les nitrurations

- En bains de sels (procédés ténifer, sur-sulf)
- Par voie gazeuse (procédés traditionnels ou type corridor...)
- Nitruration ionique et applications nouvelles aux alliages de titane, nickel, cobalt
- Évolution vers traitements « duplex » associant un traitement de diffusion et un dépôt

Synthèse et critères de choix d'un traitement superficiel

| |
|---|
| Code : MT02 |
| Tarif : Non déterminé Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux Durée 18 heures / 3 jours |
| Octobre 2014 |
| Paris III ^e |



Atmosphères de fours pour les traitements thermiques

Responsable pédagogique

Marie-Laurence Giorgi, enseignante à l'École centrale de Paris

Avec la collaboration de spécialistes d'entreprises et organismes suivants : Air Liquide et de l'École centrale de Paris

Objectifs

Actualiser les connaissances sur l'interaction des atmosphères avec les minéraux dans les fours de chauffage ou de traitement et sur le contrôle de ces atmosphères.

Public et prérequis

Ingénieurs et techniciens supérieurs des secteurs métallurgiques et mécaniques de l'industrie.

Il est souhaitable que les stagiaires soient diplômés d'une école d'ingénieurs ou d'une université mais d'autres personnes, notamment des techniciens supérieurs ayant une bonne culture de base en mathématiques, chimie et thermodynamique (les lois de base seront rappelées), peuvent suivre l'enseignement.

Programme

Rôle des atmosphères

- Chauffage
- Protection
- Action chimique spécifique
- Utilisation

Étude thermochimique des échanges entre métal et atmosphère

- Rappel des notions de base
- Loi d'action de masse
- Diagrammes thermodynamiques
- Équilibres complexes

Production et atmosphères de fours

- Générateurs endothermiques et exothermiques
- Mélanges préfabriqués
- Utilisation de liquides organiques
- Utilisation du vide (utilisation de plasmas)

Mesures et contrôles

| |
|--|
| Code : MT04 |
| Tarif : 1240 € Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux Durée 18 heures / 3 jours |
| 16, 17, 18 juin 2014 |
| Paris III ^e |

Initiation à la mécanique de la rupture

Applications aux matériaux et structures métalliques

Responsable pédagogique

Rémi Batisse, *direction de la recherche et de l'innovation, GDF-Suez*

Avec la participation d'ingénieurs de centres techniques, de sociétés industrielles et de professeurs de l'École des mines de Paris et de l'Université de Compiègne

Objectifs

Connaître les critères de rupture.
Apprendre à mesurer la ténacité K_{Ic} .
Découvrir les principales applications de la mécanique de la rupture.

Public

Ingénieurs et techniciens supérieurs ayant des notions de mécanique du solide.

Méthode pédagogique

Les aspects théoriques seront illustrés et concrétisés par des travaux dirigés sur pièces réelles et des exercices.

Programme

Rappels de mécanique du solide

Mécanique de la rupture en élasticité linéaire

- Contrainte théorique de rupture
- Facteur de concentration de contrainte
- Facteur d'intensité de contrainte
- Taux de libération d'énergie
- Courbe R
- Dimension critique de défaut

Zones plastiques en tête de fissure

- Contraintes planes et déformations planes

Mesures de ténacité et conditions de validité

- Propagation des fissures de fatigue
- Lois de Paris

Notion de mécanique de la rupture en élasto-plasticité

- Intégrale J
- Le diagramme d'évaluation de la défaillance ou FAD (*Failure Assessment Diagram*)

Applications industrielles

- Aéronautique
- Nucléaire
- Construction soudée
- Automobile

Code : **MC03**

Tarif : 1 560 €
Déjeuner offert

Durée
24 heures/4 jours

Le nombre de participants est limité à 18

3, 4, 5, 6 juin 2014

Paris III^e

Pour aller + loin :

Le stage *Endommagements et mécanismes de rupture des matériaux industriels* (MC04) constitue un bon complément à ce stage pour la connaissance du comportement des matériaux métalliques.

Endommagements et mécanismes de rupture des matériaux industriels

Responsable pédagogique

Rémi Batisse, *direction de la recherche et de l'innovation, GDF-Suez*

Avec la participation d'ingénieurs de centres techniques, de sociétés industrielles et de professeurs de l'École des mines de Paris et de l'Université de Compiègne

Objectifs

Apprendre à connaître et identifier les différents modes d'endommagement et rupture des matériaux métalliques, polymères, composites et céramiques.

Public

Ingénieurs et techniciens supérieurs ayant des notions de science des matériaux.

Programme

Les divers modes d'endommagement

Mécanismes de rupture brutale des matériaux métalliques

Mécanismes d'endommagement et rupture

- Matériaux polymères
- Matériaux céramiques
- Matériaux composites

Mécanismes de rupture différée

- Fatigue, rupture à chaud, corrosion sous tension, fatigue-corrosion et fragilisation par l'hydrogène

Fractographie de pièces rompues (métaux, plastiques, composites, rupture à chaud)

Autres mécanismes de fragilisation des matériaux métalliques

- Fragilité de revenu, fragilité au bleu, vieillissement

Expertise de pièces rompues

| |
|---|
| Code : MC04 |
| Tarif : 1610 € Déjeuner offert |
| Durée 24 heures/ 4 jours |
| 26, 27, 28, 29 novembre 2013 |
| Paris III ^e |

Pour aller + loin :

Ce stage constitue un bon complément du stage *Initiation à la mécanique de la rupture : applications aux matériaux et structures métalliques* (MC03).

Introduction aux essais de fatigue

Responsables pédagogiques

Bastien Weber, docteur ingénieur à Arcelor Mittal Maizières Research SA (groupe ArcelorMittal)

Marc Robillard, docteur ingénieur à USP Formation (groupe ArcelorMittal)

Avec la participation de l'ENSMP

Objectifs

Identifier les principes, les normes et les fondements des essais de fatigue.

Repérer la pratique des essais à des techniciens débutants.

Public

Techniciens appelés à mettre en œuvre des essais de fatigue.

Méthode pédagogique

Le cours théorique est accompagné de travaux dirigés, de démonstrations d'essais (d'endurance, de fatigue à déformation imposée.) et d'observations en microscopie électronique à balayage.

Programme

Fatigue dans le domaine de l'endurance

- Principe de fonctionnement des machines de fatigue (électromécaniques, hydrauliques asservies).
- Rappels des définitions, des techniques d'essais (escalier...) et des méthodes d'analyse statistique des résultats (droite de Henry, courbe de Wöhler...).
- Notions d'essais multiaxiaux ou sous amplitude variable.

Fatigue oligocyclique

- Principe d'asservissement à déformation imposée.
- Courbe de comportement cyclique des matériaux (écrouissage ou adoucissement cyclique).
- Courbes et modèles simples d'endommagement (courbes de Wöhler, de Manson-Coffin).

Cinétique de fissuration

- Méthodes de mesure.
- Notions de facteur d'intensité de contrainte et de fermeture de fissure.
- Loi de fissuration (amplitude seuil du facteur d'intensité de contrainte, loi de Paris).

Analyse de faciès de rupture

- Origine des ruptures par fatigue produites par des types de sollicitation fréquemment rencontrés dans l'industrie (traction-compression, flexion, torsion, combinaisons de sollicitations simples...).

Code : **MC11**

Tarif : 1 510 €
Déjeuner offert

Durée
24 heures / **4** jours

3, 4, 5, 6 juin 2014

Paris III^e

Sous le patronage de la commission de fatigue de la Société française de métallurgie et de matériaux (SF2M)

Fatigue des pièces mécaniques et des structures métalliques

Responsable pédagogique

André Galtier, docteur ingénieur, responsable du groupe Propriétés d'emploi et usinabilité, Ascométal-Creas

Avec la participation de spécialistes de l'aéronautique, de l'automobile et de la mécanique ainsi que des membres de la commission de fatigue de la SF2M

Objectifs

Identifier les bases actuelles de la conception de pièces résistantes à la fatigue.

Public

Ingénieurs et techniciens supérieurs des bureaux d'études et des bureaux de calculs.

Programme

Première journée

- Généralités et vocabulaire de la fatigue
- Notions de fractographie
- Métallurgie de la fatigue et principaux mécanismes

Deuxième journée

- Prévission de l'amorçage des fissures en fatigue en endurance (domaine des grandes durées de vie)
- Cas de chargements uniaxiaux et multiaxiaux
- Lois de cumul du dommage en fatigue endurance

Troisième journée

- Prévission de l'amorçage des fissures en fatigue oligocyclique
- Fatigue sous chargements thermomécaniques

Quatrième journée

- Prévission de la fissuration par fatigue
- Nocivité des défauts et tolérance au dommage des matériaux

Cinquième journée

- Fatigue des pièces en polymère et élastomère
- Exemples industriels

| |
|---|
| Code : MC12 |
| Tarif : 2 120 € Déjeuner offert |
| Durée 30 heures / 5 jours Le nombre de participants est limité à 16 |
| 7, 8, 9, 10, 11 avril 2014 |
| Paris III ^e |

Plasticité à chaud : mise en forme, fluage et fatigue

Responsable pédagogique

Christophe Desrayaud, professeur à l'École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne (ENSM-SE), Centre science des matériaux et des structures (CNRS URA 1884)

Avec la collaboration de spécialistes du monde industriel et universitaire

Objectifs

Identifier les mécanismes physiques de la plasticité à chaud des alliages métalliques.

Repérer les modèles physiques simples à l'échelle de la microstructure permettant d'analyser les lois de comportements macroscopiques.

Appliquer ces notions à l'étude des principaux phénomènes impliqués au cours de la mise en forme à chaud (traitements thermomécaniques) et déterminant la durabilité en service à haute température (fluage, fatigue).

Programme

- Mécanismes élémentaires de la plasticité à chaud
- Mise en forme à chaud des aciers et alliages non ferreux
- Comportement en fluage
- Endommagement et rupture par fluage
- Comportement cyclique
- Endommagement et durée de vie en fatigue

Public

Ingénieurs et techniciens supérieurs travaillant dans l'industrie métallurgique et dans les laboratoires de recherche, sur l'optimisation des procédés de mise en forme et le calcul des structures mécaniques.

Code : **MC15**

Tarif : Non déterminé
Déjeuner offert

Stage programmé un an sur deux

Durée

20 heures / 3 jours

16, 17, 18 juin 2015

Paris III^e

Comportement dynamique rapide. Tenue au crash

Responsable pédagogique

Joseph Fitoussi, maître de conférences à l'Ensam de Paris.

Objectifs

Acquérir des éléments de connaissances générales et d'analyse du comportement dynamique (crash, chocs) des matériaux. Identifier et analyser les problèmes spécifiques posés par la caractérisation du comportement mécanique des matériaux sollicités à grande vitesse de déformation afin de proposer des solutions permettant d'obtenir une bonne fiabilité expérimentale.

Décrire les lois de comportement susceptibles d'être utilisées dans la modélisation en dynamique rapide (chocs, crash).

Public

Techniciens et ingénieurs.

Programme

- Effets des grandes vitesses de sollicitation sur les différentes classes de matériaux, lois de comportements élastoviscoplastiques couramment utilisées
- Analyse comparative de la fiabilité des techniques expérimentales existantes, choix et optimisation d'une technique en fonction des besoins de caractérisation
- Travaux pratiques sur machine de traction à grande vitesse, traitement et analyse critique des résultats d'essais, mise en évidence des « pièges » et solutions à apporter
- Analyse des phénomènes microstructuraux à l'origine des effets dynamiques observés sur les différentes classes de matériaux
- Utilisation et/ou intégration de lois de comportement dans les calculs de structure, choix d'un code de calcul en fonction des besoins

| |
|---|
| Code : MC20 |
| Tarif : 1 230 € Déjeuner offert |
| Durée 18 heures / 3 jours Le nombre de participants est limité à 12 |
| 21, 22, 23 mai 2014 |
| Paris III ^e |

Conception fiabiliste en fatigue

Responsable pédagogique

Isabel Huther, *Cetim*

Appréhendez les méthodes en fatigue suivant une approche fiabiliste pour concevoir le bon produit au juste coût

Objectifs

Connaître la démarche de conception fiabiliste.
Identifier les paramètres influents.
Connaître les outils nécessaires.

Public

Chefs de projet, ingénieurs et techniciens de bureaux d'études et des méthodes, ingénieurs et techniciens en R&D, responsable qualité, responsable SAV (retour clientèle).
Formation préalable conseillée : *Panorama de la fatigue des matériaux et des structures (M40)*.

Programme

Présentation de la démarche fiabiliste en conception

Analyse de risques

Mise en place de la capitalisation des données

- Détermination des chargements (mesures, calculs) ;
- Exploitation des données de résistance.

Définition d'un niveau de défaillance

Apport de la démarche fiabiliste

| |
|----------------------------|
| Code : K20 |
| Tarif : 460 € HT |
| Durée 7 heures / 1 jour |
| 13 juin 2013 |
| Senlis |

Maîtriser la fiabilité par les essais

Responsable pédagogique

Smaïn Bouazdi, *Cetim*

Répondez au mieux aux attentes de vos clients en matière d'essais et d'évaluation de la fiabilité de vos produits

Objectifs

Choisir et définir le type d'essais le plus approprié à leur besoin.

Utiliser les outils essentiels à l'estimation de la fiabilité.

Optimiser les temps d'essais.

Public

Ingénieurs et techniciens de bureaux d'études et de plateformes d'essais.

Programme

Première journée

- Place de la fiabilité en sûreté de fonctionnement
- Comportements des produits et leurs défaillances
- Essais et amélioration de la fiabilité
- Terminologie et principales formulations en fiabilité
- Lois utilisées en fiabilité (exponentielle, normale, Weibull).
- Étude du modèle de Weibull

Deuxième journée

- Étude du modèle de Weibull - Traitement d'exemples, mise en œuvre d'outils logiciels (Weibull++, Minitab)
- Vérification des modèles, tests d'adéquation, intervalles de confiance
- *Zero Failure Test* pour valider des objectifs de fiabilité (formulation, principe de l'essai, distribution de la première défaillance, dimensionnement de l'essai)
- Principe des essais accélérés, facteurs d'accélération, principaux essais accélérés
- Modèles de durée de vie accélérée (modèles physiques et empiriques)

Troisième journée

- Plans d'optimisation et de validation par essais en laboratoire (but, grandes étapes de la démarche, transposition des objectifs clients en objectifs fiabilité essais, dimensionnement du *Zero Failure Test* en essais accélérés, exécution et exploitation des résultats d'essais)
- Prise en compte du retour d'expériences (spécificité, exploitation des données, recollement aux objectifs)
- Études de cas

| |
|--|
| Code : L64 |
| Tarif : 1 480 € HT |
| Durée 21 heures / 3 jours |
| 5, 6, 7 novembre 2013 |
| Senlis |

Panorama de la fatigue des matériaux et des structures

Responsable pédagogique

Catherine Peyrac, Cetim

| |
|---|
| Code : M40 |
| Tarif : 2 310 € HT |
| Durée 35 heures / 5 jours |
| du 16 au 20 septembre 2013 du 18 au 22 novembre 2013 |
| Senlis |

Prenez en compte les phénomènes de fatigue dès la conception de vos pièces, en fonction des matériaux utilisés et de leurs conditions de mise en œuvre

Objectifs

Comprendre les phénomènes de rupture par fatigue.

Identifier les facteurs influant sur la résistance à la fatigue.

Utiliser les méthodologies de calcul pour dimensionner une pièce soumise à un « chargement » complexe et évaluer la tenue à la fatigue des pièces mécaniques sous chargement simple.

Public et prérequis

Ingénieurs et techniciens des services d'études. Des notions de base de calcul en résistance des matériaux sont nécessaires.

Programme

Première journée

- Le phénomène de fatigue : mécanisme d'amorçage et de propagation d'une fissure de fatigue, tenue en fatigue des matériaux, diagrammes d'endurance
- Les faciès macroscopiques et microscopiques des ruptures de fatigue ; influence des facteurs métallurgiques sur la résistance à la fatigue
- Visite des laboratoires d'analyse d'avaries et de microscopie électronique

Deuxième journée

- Aspect probabiliste de la fatigue, calcul de fiabilité ; limite d'endurance des aciers, fontes et alliages légers
- Visite de la plateforme d'essais de fatigue
- Facteurs d'influence en fatigue : état de surface, concentration de contraintes, effet d'échelle
- Les contraintes résiduelles

Troisième journée

- Méthodes de calcul simplifiées en fatigue (études de cas concrets : arbre épaulé)
- Calcul des structures en fatigue oligocyclique ; calcul des structures en fatigue multiaxiale
- Calcul de la durée de vie des structures sous chargement d'amplitude variable

Quatrième journée

- Fatigue des assemblages soudés ; calcul des structures à partir de la mécanique de la rupture
- Tenue en fatigue des assemblages boulonnés
- Calcul des structures par éléments finis, moyens et méthodes disponibles

Cinquième journée

- Comportement et calcul en fatigue des engrenages
- Tenue en fatigue des assemblages collés, fatigue des matériaux composites et polymères

Pour aller + loin :

Contraintes résiduelles : influence sur la durée de vie et la sécurité de vos pièces.
(M43)

Le grenailage de précontrainte : pratique et applications

Responsable pédagogique

Catherine Peyrac, Cetim

| |
|--|
| Code : M41 |
| Tarif : 1300 € HT |
| Durée 21 heures / 3 jours |
| 15, 16 et 17 octobre 2013 |
| Senlis |

Optimisez la tenue et la fiabilité de vos pièces en choisissant les bons paramètres de grenailage

Objectifs

Comprendre les effets du procédé sur le matériau traité

Choisir les bonnes conditions de grenailage pour améliorer la tenue en service des pièces

Choisir les équipements et les médias adaptés

Mettre en œuvre le procédé de grenailage et les méthodes de contrôle adaptés

Assurer une maintenance préventive des équipements

Appliquer la réglementation hygiène et sécurité relative à ce procédé

Public

Ingénieurs et techniciens de bureaux d'études et des méthodes, responsables fabrication et qualité.

Programme

Première journée

Le grenailage : objectifs et principe :

- Objectifs du grenailage de précontrainte : résistance à la fatigue, résistance à la corrosion sous contrainte...
- Principe du grenailage de précontrainte : influence sur le matériau, contrôle du process (intensité almen, taux de recouvrement...)
- Visite des laboratoires : essais de fatigue, contraintes résiduelles

Deuxième journée

Technologie du procédé :

- Les différents types d'équipements (machine à air comprimé, à turbine...)
- Choix de l'équipement le mieux adapté
- Choix des grenailles
- Entretien et maintenance
- Hygiène et sécurité

Troisième journée

Évolutions et applications :

- Grenailage ultrasons
- Choix des conditions de grenailage
- Les applications industrielles

Contraintes résiduelles : influence sur la durée de vie et la sécurité de vos pièces

Responsable pédagogique

Fabien Lefebvre, *Cetim*

Optimisez les processus de fabrication afin de maîtriser les contraintes résiduelles, paramètre majeur pour la durée de vie et la fiabilité des pièces de sécurité.

Objectifs

Examiner en détail les différentes phases d'un process de fabrication

Identifier les types de contraintes résiduelles associées à ces différentes phases
Choisir la méthode d'évaluation la mieux adaptée pour les quantifier

Évaluer l'impact de ces contraintes sur la tenue en service

Intégrer ces contraintes résiduelles dans la conception

Public

Ingénieurs et techniciens des services bureaux d'études, recherche et développement, fabrication.

Programme

Première journée (à partir de 10h)

- Principe de génération de contraintes résiduelles
- Relation contraintes résiduelles-propriétés d'usage (fatigue, corrosion, ténacité...)
- Les méthodes d'évaluation : méthodes mécaniques, perçage incrémental, ultrasons

Deuxième journée

- Les méthodes d'évaluation (suite) : analyse par diffraction RX
- Relation entre procédés et contraintes résiduelles
 - procédés mécaniques ;
 - procédés thermiques ;
 - procédés thermochimiques ;
 - usinage.
- Visite des laboratoires.

Troisième journée

- Relation entre procédés et contraintes résiduelles (suite)
 - traitements combinés ;
 - soudage.
- Prise en compte des contraintes résiduelles lors de la conception
 - fatigue ;
 - rupture (ténacité) ;
 - fatigue de contact.

Quatrième journée

- Approche intégrée des contraintes résiduelles dans la fabrication
 - fatigue d'une enceinte sous pression ;
 - témoignage d'un industriel.

| |
|---|
| Code : M43 |
| Tarif : 1800 € HT |
| Durée 24 heures 30/3,5 jours |
| 8, 9, 10, 11 octobre 2013 |
| Senlis |

Pour aller + loin :

Panorama de la fatigue des matériaux et des structures (M40)

Principes de dimensionnement des composants et structures industriels

Sollicitations statiques et dynamiques

Responsable pédagogique

Isabel Huther, Cetim

| |
|--|
| Code : M44 |
| Tarif : 1360 € HT |
| Durée 21 heures / 3 jours |
| 22, 23 et 24 octobre 2013 |
| Senlis |

Apprenez à suivre une démarche générale de conception d'un composant de machine ou d'une structure industrielle à partir d'un projet initial et à assurer un service en fonctionnement satisfaisant vis-à-vis des principaux modes de défaillances possibles

Objectifs

Identifier les modes de ruine d'un composant de machines.
Proposer le matériau le mieux adapté.
Vérifier l'adéquation des niveaux de contraintes de service par rapport à des limites admissibles.
Optimiser le type de « design » à proposer pour une fonction exigée.

Public et prérequis

Techniciens ou ingénieurs de bureaux d'études en charge de la conception de composants et structures industriels. Des notions de base en RDM sont requises.

Programme

Première journée

- Notion de projet et de produit
- Les matériaux dans la conception industrielle : les différents matériaux, leurs propriétés d'emploi, leurs domaines d'utilisation
- Les essais mécaniques pour caractériser les matériaux : traction, dureté, résilience, fluage, fatigue, essai d'usure
- Les modes de défaillance : déformation excessive, rupture brutale, fragile, ductile, fatigue (rupture sous chargement cyclique), corrosion, usure, frottement, fretting

Deuxième journée

- Types de chargement des composants mécaniques : traction-compression, flexion, torsion, cisaillement, pression interne ou externe, pression de contact (pression de Hertz)
- Combinaison des chargements : contraintes équivalentes, contraintes principales, critère et contrainte équivalente de Von Mises, critère et contrainte équivalente de Tresca
- Notions de base pour le calcul en fatigue : généralités (faciès de rupture), principe de calcul d'un composant mécanique, courbe de Wöhler, diagramme de Goodman et de Haigh, facteurs d'influence, principe de calcul des assemblages soudés et des assemblages boulonnés

Troisième journée

- Notions de base sur le calcul de composants particuliers : ressorts, roulements, paliers lisses
- Calculs analytiques et calculs par éléments finis : méthodes, domaines d'application

Exemples d'application sur des cas concrets. Lors de l'inscription, les stagiaires devront remplir un questionnaire pour préciser leur intérêt industriel particulier de manière à mettre le stage en adéquation avec leurs besoins réels. Les stagiaires recevront, à l'issue de ce stage, un ouvrage général sur les sciences et technologies industrielles.

Qu'est-ce que la fatigue des matériaux ?

Responsable pédagogique

Catherine Peyrac, Cetim

Pourquoi le phénomène de fatigue peut-il limiter la durée de vie de vos pièces mécaniques et que faut-il faire pour maîtriser ce risque ?

Objectifs

Posséder le vocabulaire de base associé au phénomène de fatigue des matériaux
 Appréhender les causes de rupture par fatigue
 Comprendre les enjeux liés à ce mode de ruine
 Identifier les facteurs importants qui influent sur la durée de vie des matériels

Public

Chefs de projet, acheteurs, technico-commerciaux, responsable d'entreprise ou dirigeant prenant la fonction, secrétaires techniques, services juridiques... et toute personne souhaitant améliorer la qualité de ses échanges avec les experts du domaine et les bureaux d'études.

Programme

- Exemples de rupture de structures industrielles
- Les enjeux
 - pourquoi maîtriser la fiabilité de durée de vie ?
 - comment l'intégrer dans un processus de conception ?
- Vocabulaire essentiel
- Les points faibles des structures, les réflexes à avoir en conception
- Les outils disponibles (calculs, essais, validations)
- Visite de la plateforme d'essai

| |
|----------------------------|
| Code : M401 |
| Tarif : 570 € HT |
| Durée 7 heures / 1 jour |
| 7 novembre 2013 |
| Senlis |

Pour aller + loin :

En fin de formation, le mémo Cetim sur la fatigue des matériaux et des composants mécaniques sera remis aux participants.

Corrosion électrochimique des métaux : bases théoriques et principales méthodes d'études expérimentales en vue des applications à l'anticorrosion

Responsables pédagogiques

Barbara Laïk, *maître de conférences à la faculté des sciences et technologie de l'UPEC*

Martine De Petris-Wery, *professeur à l'IUT d'Orsay*

Objectifs

Étudier les principaux problèmes de la corrosion électrochimique des métaux et les interpréter à partir d'expériences à l'échelle du laboratoire.

Actualiser les connaissances théoriques de base dans ce domaine ainsi que dans celui de l'anticorrosion des métaux à partir de ces expériences.

Public

Ingénieurs et techniciens supérieurs ou assimilés, ayant des bases en chimie des solutions.

Programme

- Analyse phénoménologique de la corrosion électrochimique des métaux ; les principaux cas de corrosion sous leurs aspects thermodynamiques et cinétiques.
 - Présentation théorique des principales méthodes électrochimiques d'étude du phénomène.
 - Étude pratique des méthodes, tant en corrosion qu'en anticorrosion.
- Ce programme comporte 11 heures de travaux pratiques.**

| |
|--|
| Code : MS04 |
| Tarif : 1 640 € Déjeuner offert |
| Durée 24 heures/ 4 jours Le nombre de participants est limité à 12 |
| 2, 3, 4, 5 juin 2014 du lundi 9h au jeudi 17h30 |
| Paris III ^e |

Oxydation et corrosion à haute température : mécanismes, études de cas et prévention

Responsables pédagogiques

Gérard Moulin, professeur à l'Université de technologie de Compiègne (UTC)

Jérôme Favergeon, enseignant-chercheur à l'Université de technologie de Compiègne (UTC)

Avec la participation de spécialistes du monde universitaire, industriel et scientifique pour décrire à la fois les mécanismes élémentaires, les phénomènes réels et des cas pratiques

Objectifs

Acquérir ou mettre à jour des connaissances nécessaires à une bonne compréhension des phénomènes d'oxydation/corrosion et du comportement à haute température des matériaux, en particulier métalliques.

Public et prérequis

Ingénieurs et techniciens supérieurs confrontés à des problèmes de dégradation des matériaux métalliques à haute température en milieu agressif. Il est préférable de disposer de connaissances de base en métallurgie.

Programme

- Conditions thermodynamiques de corrosion à haute température.
- Vitesses de corrosion et durée de vie.
- Morphologie et nature des produits de corrosion.
- Paramètres d'influence : température, durée, milieux complexes, contraintes, cyclage thermique.
- Propriétés mécaniques et caractère protecteur des couches de corrosion.
- Moyens de prévention.
- Études de cas.

| |
|--|
| Code : MS06 |
| Tarif : Non déterminé Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux Durée 20 heures/ 3 jours |
| Juin 2015 |
| Paris III ^e |

Revêtements et traitements de surface des métaux. Principaux procédés de lutte contre la corrosion

Responsable pédagogique

Sébastien Dubent, *ingénieur, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

Objectifs

Acquérir et actualiser ses connaissances relatives aux principaux procédés industriels de lutte contre la corrosion et l'usure des métaux.

Public

Techniciens, techniciens supérieurs et ingénieurs concernés par les problèmes de corrosion et de protection des matériaux métalliques.

Méthode pédagogique

Les différents procédés et leurs évolutions sont examinés de façon descriptive au cours d'exposés et expériences en laboratoire. Elles permettent de concrétiser les exposés et de favoriser les échanges avec l'équipe pédagogique.

Programme

Interactions métal-environnement

- Définition de la surface
- Principaux modes de corrosion.

Les différents procédés de revêtements et traitements de surface

Revêtements métalliques

- Dépôts électrolytiques
- Dépôts chimiques en phase liquide
- Dépôts physiques, dépôts chimiques en phase gazeuse
- Galvanisation

Traitements de surface

- Anodisation
- Traitements de conversion : phosphatation, chromatisation, procédés en développement.

Revêtements organiques

- Les peintures.

Contrôles des revêtements et des traitements

Génie des procédés : optimisation d'une gamme de traitements

Traitement des effluents par procédés physico-chimiques

| |
|---|
| Code : MS08 |
| Tarif : 2 440 € Déjeuner offert |
| Durée 43 heures/ 6,5 jours (3 + 3,5 jours) |
| Le nombre de participants est limité à 15 |
| 15, 16, 17 octobre et 26, 27, 28, 29 novembre 2013 du mardi 9h au jeudi 17h et du mardi 9h au vendredi 12 h (déjeuner prévu) |
| Paris III ^e |

Projection thermique : procédés, revêtements, applications

Responsable pédagogique

Hélène Ageorges, enseignante-chercheur au Laboratoire de science des procédés céramiques et de traitements de surface (SPCTS) à l'Université de Limoges

Avec la collaboration de spécialistes du monde industriel (CEA, Advanced Coating, Medicoat, Sulzer-Metco, Turboméca) et des écoles d'ingénieurs (Enise, Ensil)

Objectifs

Présenter les procédés de la projection thermique, corrélés aux propriétés des revêtements aux conditions de réalisation, comment choisir un procédé.

Donner des exemples de revêtements utilisés dans les différents secteurs de l'industrie et présenter les problèmes liés à leur usage pratique.

Public

Ingénieurs, techniciens supérieurs et chercheurs, avec ou sans expérience dans le domaine de la projection thermique, désirant actualiser leurs connaissances.

Programme

- Matériaux pour la projection thermique.
- Procédés de projection thermique actuels (projection à la flamme, projection par plasma, projection à haute vitesse, projection sous vide) et procédés nouveaux (projection à injection de poudre axiale).
- Transfert de quantité de mouvement et transfert de chaleur entre particules et flamme ou plasma.
- Préparation des substrats avant projection.
- Choix des gaz dans un procédé de projection thermique. Analyse des propriétés des gaz et leur influence sur la qualité des dépôts.
- Choix du procédé en fonction des applications.
- Optimisation des paramètres de projection par les techniques optiques.
- Microstructure et propriétés des dépôts projetés.
- Application des dépôts dans l'industrie.
- Aspects économiques de la projection thermique dans une PMI.

Code : **MS12**

Tarif : Non déterminé
Déjeuner offert

Stage programmé un an sur deux

Durée

12 heures / 2 jours

Septembre 2014

Paris III^e

Mécanismes et croissance des couches minces

Responsable pédagogique

Isabelle Mabille, *maître de conférences*,
Chimie ParisTech

Objectifs

Comprendre les mécanismes de croissance et les phénomènes physiques et chimiques associés à l'élaboration des films minces.

Public

Techniciens, ingénieurs ou chercheurs.

Programme

- Présentation comparative des différentes techniques de croissance sous vide de films minces (pulvérisation, évaporation, CVD).
- Rappel concernant la théorie cinétique des gaz : notion de pression, distribution de type Maxwell-Boltzmann, libre parcours-moyen, flux de particules sur une surface.
- Interaction ions-surface : ralentissement des ions dans un solide, cascade de collisions, collision binaire, notion de taux de pulvérisation, énergie seuil de pulvérisation.
- Notions sur les plasmas de décharge basse pression : définitions, grandeurs, interface plasma-paroi, les différents types de décharge, caractérisation d'un plasma (cours et TP).
- Mécanismes de croissance : description des modes de croissance et exemples de structuration (cours et TP).
- Systèmes de contrôle en temps réel : description des différentes techniques d'analyse du procédé (cours et TP).

| |
|--|
| Code : MS13 |
| Tarif : Non déterminé |
| Durée 28 heures/ 4 jours |
| Mars 2014 |
| SFV Paris Chimie ParisTech IUT Orsay |

Procédés et élaboration des caractérisations des couches minces

Responsable pédagogique

Isabelle Mabilie, *maître de conférences*,
Chimie ParisTech

Objectifs

Comprendre et apprendre à utiliser les différentes techniques d'élaboration des couches minces.

Public

Techniciens, ingénieurs ou chercheurs.

Programme

- **Préparation de surface, un exemple particulier** : les supports souples.
- **Évaporation de films minces** : principe, configurations géométriques source échantillon, application au milieu industriel (cours et TP).
- **Pulvérisation cathodique** : principe des différentes variantes (diode, triode, magnétron, RF et continu), pulvérisation réactive, configuration géométrique, exemples dans le milieu industriel (cours et TP).
- **Dépôt chimique en phase vapeur (CVD)** : principe de la technique, les différentes variantes, applications dans le milieu industriel (cours et TP).
- **Contraintes mécaniques et adhérence de film sur une surface** : définition des paramètres mécaniques des films, influence du mode de croissance sur la contrainte et l'adhérence, description des outils de diagnostics.
- **Fonctionnalisation des surfaces par plasma** - Traitement de surface - Greffage - Ablation - Hydrophilie - Hydrophobie - Adhésion - Vieillessement.
- **Dépôt couche mince** - Dépôt basse pression - Dépôt pression atmosphérique - Hydrophilie - Couches barrière - Couches hydrophobes - Couches minces pour l'optique. (Cours et TP).

| |
|--|
| Code : MS14 |
| Tarif : Non déterminé |
| Durée 35 heures / 5 jours |
| Juin 2014 |
| SFV Paris Chimie ParisTech IUT Orsay |

Comment traiter un problème de corrosion : sélection des matériaux, analyses d'avaries, études de cas

Responsable pédagogique

Claude Duret-Thual, *docteur ingénieur, Institut de la corrosion, Saint-Étienne*

Avec la participation de spécialistes du monde industriel

Objectifs

Présenter de manière claire les types et les phénomènes de corrosion des matériaux métalliques et les bases scientifiques qui y sont associées. Fournir un ensemble de données concrètes et de cas qui ont valeur d'exemple, issus de secteurs industriels et pour des milieux corrodants typiques. Établir des lignes de conduite pour le choix des procédés et des matériaux, pour la conduite d'expertises et pour des études de cas de corrosion.

Public

Ingénieurs, techniciens (développement, conception, production, maintenance). Les notions spécialisées en électrochimie et en métallurgie seront rappelées succinctement.

Programme

- Présentation illustrée des principaux types de corrosion (corrosion généralisée, localisée, en présence de gaz, atmosphérique, galvanique, érosion - corrosion, corrosion sous contrainte, fatigue - corrosion, fragilisation par l'hydrogène).
- Conditions dans lesquelles ces différents types de corrosion surviennent.
- Caractères particuliers de chacun.
- Pour chaque type de corrosion, présentation des enseignements apportés par la science de la corrosion : notions de base (acides, bases, oxydants, réducteurs, diagrammes E-pH, immunité, passivité, corrosion généralisée, corrosion localisée).
- Démonstrations en laboratoire.
- Présentation des types de corrosion et des sélections de matériaux dans différents milieux et secteurs : chimie, eau de mer, béton, sols, pétrole, nucléaire, environnement, atmosphère ...
- Choix des essais de corrosion.
- Méthodes d'analyse et d'expertise, exercices de mise en situation.

| |
|--|
| Code : MS18 |
| Tarif : Non déterminé Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux Durée 30 heures / 5 jours |
| Mai 2015 |
| Paris III ^e |

Tribologie et conception mécanique

Responsable pédagogique

François Robbe-Valloire, *professeur des universités, Laboratoire d'ingénierie des systèmes mécaniques et des matériaux de Supméca, Saint-Ouen*

| |
|---|
| Code : MS22 |
| Tarif : 1660 € |
| Durée 24 heures / 4 jours |
| 10, 11, 12, 13 juin 2014 |
| Supméca 3, rue Fernand Hainaut 93407 Saint-Ouen |

Objectifs

Les problèmes de contact, de frottement et d'usure, constituent dans bien des situations industrielles des obstacles à la progression technologique. L'objectif de ces journées est de donner aux participants les moyens d'aborder un problème de tribologie en prenant en compte l'ensemble des éléments permettant d'aboutir à l'identification d'une solution viable.

Public et prérequis

Technicien supérieur ou ingénieur.
Avoir des notions sur le comportement des matériaux et bases en mécanique.

Méthode pédagogique

La session comporte différents modules (d'une demi-journée au minimum) qui sont axés sur un thème bien identifié, et qui associent à parts égales, des enseignements théoriques (cours et études de cas), et des expérimentations (par groupes de 3 personnes) sur les appareillages du laboratoire ou des simulations. Les différents thèmes abordés sont sélectionnés afin de permettre d'avoir une vue d'ensemble du domaine de la tribologie.

Programme

- Description exhaustive des paramètres régissant les comportements tribologiques. Un module développe tout particulièrement les microgéométries des surfaces, avec en particulier une session pratique sur les méthodes de caractérisation
- Compréhension des phénomènes générés dans le contact. Pour ce faire, la formation prévoit 2 modules spécifiques, l'un sur les mécanismes d'usure et l'autre sur les contraintes de contact (associant théorie et participation à une simulation sur code de calcul)
- Analyse de la lubrification. Les compléments abordés dans ce cadre sont les différentes mises en œuvre de la lubrification (2 modules théoriques et 2 expérimentations)
- L'utilisation d'une logique de choix de solutions technologiques. Ce thème comprendra tout d'abord une séance d'expertise avec en particulier une session au cours de laquelle seront réalisées diverses expertises d'avaries de contact (identification des dégradations, recherche des causes et proposition de voies d'amélioration). Le stage se terminera par un module au cours duquel un ou des problèmes proposés par les stagiaires sont analysés

Initiation à la corrosion des matériaux métalliques

Responsable pédagogique

Sébastien Dubent, *ingénieur, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

| |
|--|
| Code : MS23 |
| Tarif : 1010 € Déjeuner offert |
| Durée 16,5 heures / 2,5 jours Le nombre de participants est limité à 12 |
| 17, 18, 19 juin 2014 Du mardi 9h au jeudi 12h30 |
| Paris III ^e |

Objectifs

Acquérir le vocabulaire et les connaissances de base permettant d'observer et de définir les différentes morphologies et les paramètres responsables de la corrosion des matériaux métalliques.

Comprendre les mécanismes des principaux modes de corrosion rencontrés dans l'industrie.

Repérer les moyens de lutte contre la corrosion.

Public

Techniciens, techniciens supérieurs ou ingénieurs travaillant ou étant amenés à travailler dans les domaines de la métallurgie et/ou de la mécanique.

Méthodes pédagogiques

Le matin, les thèmes abordés sont présentés de façon descriptive au cours d'exposés. L'après-midi, consacré à des travaux pratiques en laboratoire, permet de concrétiser les exposés et de favoriser les échanges.

Programme

La corrosion des matériaux métalliques

- Morphologies, paramètres responsables, corrosion sèche, corrosion électrochimique.
- Mesure du potentiel de corrosion, étude du couplage galvanique.

Principaux modes de corrosion

- Mécanismes, moyens de prévention.
- Étude de la corrosion du fer par le tracé des courbes de polarisation.

Principaux moyens de lutte contre la corrosion

- Moyens, procédés, choix des matériaux, conception.

Bases de la résistance des matériaux.

Sollicitations simples

Responsables pédagogiques

Christian Decolon, *ex-maître de conférences au Laboratoire de mécanique industrielle du Cnam*

Étienne Gaignebet, *consultant, ex-maître de conférences au Laboratoire de mécanique industrielle du Cnam*

Objectifs

Appréhender les sollicitations simples
Effectuer des calculs classiques de résistance et de déformation de pièces mécaniques soumises à des cas de chargement simple à partir d'une méthode unique d'analyse et de calcul.

Public et prérequis

Ingénieurs ou techniciens possédant au moins les bases de mathématiques de terminales scientifiques et désirant s'initier à la résistance des matériaux.

Programme

Des schémas d'étude de résistance des matériaux seront établis à partir de dessins techniques. Ils serviront à l'analyse des efforts et au dimensionnement des pièces extraites du schéma d'étude.

Généralités

- But de la résistance des matériaux
- Hypothèses simplificatrices de la résistance des matériaux
- Définition et calcul des efforts de cohésion

Sollicitations simples

- Traction-compression (poteaux, treillis ...)
- Cisaillement (rivets, clavettes ...)
- Torsion (arbre de transmission, ressort hélicoïdal ...)
- Flexion (poutres soumises à des efforts discrets et répartis, poutres isostatiques et hyperstatiques, méthodes de superpositions, portiques ...)

| |
|--|
| Code : RM03 |
| Tarif : 1730 € Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux Durée 30 heures/5 jours |
| 2, 3, 4, 5, 6 juin 2014 |
| Paris III ^e |

Pour aller + loin :

Le stage *Bases de la résistance des matériaux. Élasticité plane* (RM04) est la suite de la formation RM03 et traite les lois de l'élasticité plane.

Bases de la résistance des matériaux.

Élasticité plane

Responsables pédagogiques

Christian Decolon, *ex-maître de conférences au Laboratoire de mécanique industrielle du Cnam*

Étienne Gaignebet, *consultant, ex-maître de conférences au Laboratoire de mécanique industrielle du Cnam*

Objectifs

Appréhender les lois de l'élasticité à partir des schémas des contraintes planes et des déformations planes.

Interpréter les valeurs numériques fournies par les logiciels de calcul.

Identifier la démarche permettant d'étudier une pièce à partir des équations de l'élasticité.

Ce stage peut constituer un approfondissement du stage *Bases de la résistance des matériaux. Sollicitations simples* (RM03).

Public et prérequis

Ingénieurs ou techniciens qui possèdent les bases de mathématiques de terminales scientifiques et les notions sur les sollicitations simples développées dans le stage *Bases de la résistance des matériaux. Sollicitations simples* (RM03) et qui désirent s'initier à l'élasticité plane.

Programme

Des schémas d'étude de résistance des matériaux seront établis à partir de dessins techniques. Ils serviront à l'analyse des efforts et au dimensionnement des pièces extraites du schéma d'étude.

Contraintes planes

- Efforts intérieurs de cohésion, vecteur contrainte
- Opérateur des contraintes planes, contraintes et directions principales, construction de mohr ; généralisation au cas tridimensionnel
- Interprétation physique des contraintes, cas usuels de contraintes planes, interprétation de résultats de calculs

Déformations planes

- Champ des déplacements
- Opérateur des déformations planes, déformations et directions principales, construction de mohr ; généralisation au cas tridimensionnel
- Interprétation physique des déformations, cas usuels de déformations planes, interprétation de résultats de calculs

Relations contraintes-déformations

- Loi de comportement de l'élasticité classique

- États plans, extensométrie

Sollicitations composées

- Critères de limite élastique et de rupture
- Moment idéal de torsion, tube mince sous pression.

| |
|--|
| Code : RM04 |
| Tarif : Non déterminé Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux |
| Durée 30 heures / 5 jours |
| Juin 2015 |
| Paris III ^e |

Comportement inélastique des matériaux et des structures

Responsables pédagogiques

Georges Cailletaud, *professeur, Mines ParisTech*

Frank Gallerneau, *ingénieur de recherche à l'Onera*

Avec la collaboration de spécialistes de Mines ParisTech, de l'Onera et de l'industrie

| |
|--|
| Code : RM08 |
| Tarif : 2170 € Déjeuner offert |
| Stage programmé un an sur deux |
| Durée 30 heures / 5 jours |
| 16, 17, 18, 19, 20 juin 2014 |
| Paris III ^e |

Objectifs

Le choix des lois de comportement, la détermination des paramètres à partir des données expérimentales, l'interprétation des résultats des calculs constituent des difficultés qui nécessitent une formation spécifique. Dans ce domaine où interviennent les non-linéarités induites par le matériau, il est indispensable que l'ingénieur ait une bonne connaissance des divers mécanismes physiques et de leurs conséquences sur le comportement mécanique des matériaux.

Présenter les méthodes modernes de calcul des structures hors du domaine élastique et, dans le cadre d'une approche mécanique des lois de comportement. Fournir les connaissances physiques nécessaires pour une utilisation correcte de ces méthodes de calcul. Le périmètre d'application est celui des analyses de durée de vie des pièces structurales sous des chargements de service sévères, mais en petites déformations quasi-statiques. Les problématiques liées au comportement cyclique sont plus particulièrement traitées. Par contre, les aspects relatifs à la mise en forme des pièces métalliques ou au crash ne sont abordés que de façon superficielle.

Public

Ingénieurs de bureaux d'études, bureaux des méthodes, et de sociétés de calcul possédant un bon niveau en mécanique. Développeurs et utilisateurs de logiciels de calcul de structures.

Programme

Cette présentation comportera une partie de cours mais également des exercices sur stations de travail, qui permettront aux stagiaires d'appliquer eux-mêmes les lois de comportement enseignées sur des cas réels. Les applications et exemples porteront sur des matériaux et structures métalliques.

- Classification des divers comportements et relations avec les phénomènes microstructuraux
- Bases des théories de la plasticité et de la viscoplasticité
- Approche thermodynamique des lois de comportement des matériaux
- Les principaux phénomènes et leur modélisation
- Les méthodes et logiciels d'identification des lois de comportement
- Introduction et utilisation des lois de comportement inélastique dans les calculs de structures par éléments finis
- Les algorithmes d'intégration des lois de comportement
- Application sous forme d'exercices dirigés sur station de travail
- Exemples d'application dans les domaines de l'aéronautique, de l'énergie, de l'automobile

Introduction à la microscopie électronique à balayage et à la microanalyse X élémentaire

Organisé en collaboration avec le Centre des matériaux de l'École nationale supérieure des mines de Paris (ENSMP)

Responsable pédagogique

François Brisset, *ingénieur de recherches, Université Paris-Sud*

Avec la collaboration de spécialistes des centres de recherche : ENSMP, Cnam, EDF, Onera

Objectifs

Donner les bases théoriques et pratiques nécessaires pour utiliser correctement un microscope électronique à balayage. Étudier les divers phénomènes physiques rencontrés lors des interactions entre un faisceau électronique et la matière. Appréhender la spectrométrie X à sélection d'énergie et l'analyse qualitative. Exposer les techniques de préparation des échantillons. Commencer à interpréter les phénomènes, les mesures effectuées et les images enregistrées.

Public

Ingénieurs, techniciens supérieurs et chercheurs débutant dans le domaine de l'observation des matériaux solides par microscopie électronique à balayage. Métallurgistes, mécaniciens, chimistes (travaillant sur des matériaux tant métallurgiques que céramiques ou composites), géologues, etc.

Prérequis

Des connaissances concernant la structure de la matière sont recommandées pour la compréhension du stage.

Programme

Au cours d'une journée de démonstration sur appareils, les diverses possibilités des instruments seront passées en revue de façon pratique avec des opérateurs expérimentés.

- Présentation du microscope
- Interactions électrons-matière : les phénomènes, leur origine, leur interprétation sommaire
- Optique électronique
- Les divers détecteurs et analyseurs d'électrons et de photons
- Principe de formation de l'image et des conditions d'observation
- Notions de microanalyse élémentaire par spectrométrie X à sélection d'énergie : analyse qualitative et cartographie chimique
- Préparation des échantillons massifs, métallisation - Les artéfacts
- Travaux dirigés sur appareils : imagerie MEB, analyse X qualitative
- Approfondissements : principes de l'analyse X quantitative
- Notion de maintenance
- Introduction à la microscopie à pression contrôlée
- Notions concernant les analyses d'échantillons stratifiés et à basse tension.

| |
|--|
| Code : EA01 |
| Tarif : 2 500 € Déjeuner offert |
| Durée 30 heures / 5 jours |
| 14, 15, 16, 17, 18 octobre 2013 |
| Paris III ^e |

Approfondissement en imagerie au microscope électronique à balayage et en microanalyse X

Organisé en collaboration avec le Centre des matériaux de l'École nationale supérieure des mines de Paris (ENSMF)

Responsable pédagogique

François Brisset, *ingénieur de recherches, Université Paris-Sud*

Avec la collaboration de spécialistes des centres de recherche : Arcelor, EDF, ENSMF, Onera, universités de Montpellier -II, d'Artois, de Reims

| |
|---|
| Code : EA02 |
| Tarif : 2 620 € Déjeuner offert |
| Durée 30 heures / 5 jours Le nombre de participants est limité à 12 |
| 24, 25, 26, 27, 28 mars 2014 |
| Paris III ^e |

Objectifs

Préciser et approfondir les connaissances nécessaires à un travail efficace sur les appareils et à une interprétation correcte des résultats. Etudier les divers phénomènes physiques rencontrés lors des interactions entre un faisceau électronique et la matrice afin que l'utilisateur d'un MEB puisse rechercher les conditions optimales d'observation de ses propres échantillons. Approfondir la théorie et la pratique de la microanalyse X quantitative.

Maîtrise de la qualité de l'image électronique et de l'analyse X.

Public

Ingénieurs, techniciens supérieurs et chercheurs.

Métallurgistes, mécaniciens, chimistes (travaillant sur des matériaux tant métalliques que céramiques ou composites), géologues, etc...

Prérequis

Le suivi de ce stage suppose une expérience pratique professionnelle d'un minimum d'un an dans le domaine de l'observation des matériaux solides par microscopie électronique et l'acquis du niveau du stage *Introduction à la microscopie électronique à balayage* (EA01).

Programme

Au cours d'une journée de démonstrations pratiques sur appareils, les divers modes d'imagerie et d'analyse seront présentés et discutés avec des opérateurs expérimentés.

Principes et techniques de l'imagerie au microscope électronique à balayage.

La microanalyse élémentaire par spectrométrie X à dispersion de longueur d'onde et à sélection d'énergie : aspects technologiques, traitement des données, pratique de l'analyse quantitative, programmes de correction.

Analyse d'images : numérisation, traitements numériques et binaires, segmentations, mesures.

La qualité au MEB et en microanalyse X.

Approfondissement en microscopie électronique à pression contrôlée, notion d'analyse X dans ces conditions.

Études sur les isolants.

Travaux dirigés sur appareils : imagerie MEB, analyse X qualitative et quantitative, analyse d'images.

Préparation des échantillons et artefacts.

Introduction à l'EBSD.

Critères de choix d'un MEB et d'un microanalyseur X.

Métallographie et fractographie : deux techniques complémentaires pour le métallurgiste

Responsable pédagogique

Patrice Lefrançois, *ingénieur de recherche, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

Avec la collaboration d'enseignants du Cetim, du Cnam, de l'ECP

Objectifs

Identifier les bases rationnelles de la métallographie et la démarche à suivre pour réussir une analyse métallographique
Repérer les principes des méthodes les plus récentes, en particulier en métallographie quantitative
Situer la technique de fractographie afin d'élargir son champ d'investigation.

Public et prérequis

Personnes confrontées à des problèmes de métallographie et de fractographie, n'ayant le plus souvent à leur disposition que leur propre expérience et des atlas métallographiques ou fractographiques, et qui désirent se perfectionner.
Il est nécessaire d'avoir des connaissances en métallurgie, acquises soit par l'expérience professionnelle, soit par l'équivalent du stage de formation *Initiation à la métallurgie*, en présentiel (MG01) ou à distance (MG01fd), pour lesquels cette formation constitue un bon complément.

Programme

Ce stage constitue une initiation à ces techniques dont la maîtrise ne s'acquiert en réalité que par une longue expérience. Il comporte une part importante de démonstrations et de travaux pratiques au laboratoire.

Métallurgie (rappels)

- Constitution structurale des métaux et alliages, diagrammes de phases.

Reconnaissance des structures (Microscopie optique et électronique à balayage).

- Structures fondamentales des différentes classes d'alliages en fonction de leur mode de fabrication et de leur traitement (structures d'équilibre et hors équilibre).
- Méthodologie de l'analyse des structures des matériaux métalliques.
- Utilisation des atlas métallographiques et des documents.
- Examen d'échantillons réels au laboratoire.
- Analyse d'images : procédés de comptage et métallographie quantitative.
- Rappels sur les moyens de préparation des échantillons.

Fractographie

- Rappels sur les principaux types de mécanismes de rupture et leur faciès : notions de mécanique de la rupture.
- Méthodes d'observation des faciès de rupture.
- Utilisation du microscope électronique à balayage : caractéristiques et possibilités.
- Reconnaissance des fractures : relation entre faciès, type d'alliage, structure métallurgique et sollicitations subies.
- Examen de cas typiques d'expertises par métallographie et fractographie.

| |
|--|
| Code : EA04 |
| Tarif : 2 070 € Déjeuner offert |
| Durée 30 heures/5 jours Le nombre de participants est limité à 14 |
| Session 1 : 21, 22, 23, 24, 25 octobre 2013 Session 2 : 19, 20, 21, 22, 23 mai 2014 |
| Paris III ^e |

Pratique de l'analyse EBSD

Responsables pédagogiques

Nathalie Gey, chargée de recherche CNRS, LEM3 (Laboratoire d'études des microstructures et de mécanique des matériaux CNRS - Université de Lorraine - Metz)

Nathalie Bozzolo, chargée de recherche, CEMEF Mines ParisTech

Avec la collaboration de spécialistes du monde industriel et universitaire

| |
|--|
| Code : EA05-1 |
| Tarif : 1 570 € Déjeuner offert |
| Durée 26 heures / 5 jours |
| 18, 19, 20, 21, 22 novembre 2013 13h - 17h30 le 1 ^{er} jour et 9h - 12h30 le dernier jour |
| Paris III ^e |

Objectifs

Mettre en œuvre la technique EBSD dans un microscope électronique à balayage :

- paramétrer le système EBSD et le MEB pour une acquisition optimisée des données d'orientations ;
- évaluer la qualité des données d'orientations et les corriger de façon raisonnée ;
- exploiter les données pour une caractérisation standard des microtextures en science des matériaux.

Public et prérequis

Niveau débutant - Ingénieurs, techniciens supérieurs et chercheurs en science des matériaux souhaitant s'initier à la pratique de l'analyse EBSD. Il est conseillé d'avoir des connaissances en microscopie électronique à balayage et des bases de cristallographie.

Programme

Le programme comprend une séance de travaux pratiques sur logiciels EBSD et des travaux dirigés.

- Principe de l'analyse EBSD.
- Rappels de cristallographie et de diffraction électronique.
- Notion d'orientation cristalline.
- Préparation des échantillons.
- Paramètres à optimiser pour l'acquisition et l'indexation des diagrammes de Kikuchi.
- Exploitation des données EBSD : analyse des cartographies d'orientations et de la texture - Exemples d'applications en sciences des matériaux.

Approches innovantes de caractérisation et d'analyse des microtextures et développements récents de la technique EBSD

Responsables pédagogiques

Nathalie Gey, chargée de recherche CNRS, LEM3 (Laboratoire d'études des microstructures et de mécanique des matériaux CNRS - Université de Lorraine - Metz)

Nathalie Bozzolo, chargée de recherche, CEMEF Mines ParisTech

Avec la collaboration de spécialistes du monde industriel et universitaire

Objectifs

Actualiser ses connaissances relatives à la technique EBSD.

Repérer les derniers développements de la technique EBSD, en particulier le couplage avec d'autres techniques de caractérisation.

S'initier à des approches innovantes d'exploitation des données.

Public et prérequis

Niveau avancé - Ingénieurs, techniciens supérieurs et chercheurs en science des matériaux, souhaitant utiliser les derniers développements et coupler l'EBSD avec d'autres techniques de caractérisation.

La participation à ce stage suppose :

- d'être opérationnel dans la mise en œuvre de la microscopie électronique et des techniques d'analyse associées (en particulier la technique EBSD).
- de maîtriser les concepts de base de la cristallographie, décrire et représenter une orientation cristallographique par les moyens courants (figures de pôles, figures de pôles inverses, matrice d'orientation).

Programme

- Rappel des principes de la technique EBSD –Présentation des derniers développements.
- Couplage de l'EBSD et de l'EDS pour identifier les phases et optimiser l'acquisition des données pour les matériaux multiphasés.
- Analyse EBSD lors d'essais *in-situ* (en température, en déformation).
- Analyse tridimensionnelle des microtextures – Mise en œuvre de l'EBSD dans un MEB FEG FIB.
- Approches innovantes pour l'exploitation des données.

| |
|---|
| Code : EA05-2 |
| Tarif : 1 570 € Déjeuner offert |
| Durée 26 heures/ 4 jours |
| 2, 3, 4, 5, 6 juin 2014 13h - 17h30 le 1 ^{er} jour et 9h - 12h30 le dernier jour |
| Paris III ^e |

Principes, performances et comparaison des méthodes physiques d'analyse de surface

Responsable pédagogique

Évelyne Darque-Ceretti, *maître de recherches à l'École des mines de Paris (Sophia Antipolis)*

Avec la collaboration de spécialistes des entreprises et organismes suivants : EDF, Université de Lille, Université de Paris-Sud, Cnam

| |
|-------------------------------------|
| Code : EA06 |
| Tarif : 1 250 € Déjeuner offert |
| Durée 18 heures / 3 jours |
| 12, 13, 14 mai 2014 |
| Paris III ^e |

Objectifs

Repérer une gamme aussi large que possible de techniques d'examen local et d'analyse de surface accessibles pour des applications industrielles ou de recherche et développement.

Se familiariser avec ces méthodes d'analyse pour en connaître les performances principales et les domaines d'application privilégiés.

Comparer les performances des différentes méthodes et les paramètres de choix en fonction des domaines d'application.

Ce stage est une introduction à d'éventuels stages plus spécialisés sur chacune des méthodes présentées.

Public

Ingénieurs et techniciens supérieurs de l'industrie ou de la recherche-développement qui, sans être obligatoirement chargés des analyses de surface, désirent s'informer sur les possibilités comparées des différentes méthodes et/ou ont à mettre en œuvre ces méthodes et à en utiliser les résultats.

Programme

Lois physiques de base

- Notions fondamentales sur les surfaces de matériaux.
- Interaction entre divers rayonnements (photons, électrons, ions) et la matière.

Principe et mise en œuvre de différentes méthodes

- Examen d'une surface par microscopies de champ proche. Accès, applications.
- Analyse élémentaire par spectrométrie de rx (eds, wds). Accès, applications.
- Spectrométrie d'électrons auger. Accès, applications.
- Spectrométrie de photoélectrons (xps). Accès, applications.
- Spectrométrie de masse à ionisation secondaire, dynamique et statique. Accès, applications.
- Spectrométrie de décharge lumineuse (sdl). Accès, applications.
- Spectrométries ir et raman. Accès, applications.

Interprétation des examens, exploitation des mesures, démonstrations sur des appareils d'analyse.

Comparaison entre les différentes techniques étudiées. Exemples d'application dans les grands secteurs de l'industrie (composés organiques, polymères, métallurgie ...). Analyses de cas soulevés par les participants.

Techniques avancées de radiation de synchrotron

Animateur

María C. Asensio

| |
|--------------------------------------|
| Code : EA08 |
| Tarif : 500 € HT Déjeuner offert |
| Durée 7 heures / 1 jour |
| 12 novembre 2013 |
| Synchrotron SOLEIL Gif-sur-Yvette |

Objectifs

Constitue un guide essentiel pour comprendre les différents types de mesures et les instruments associés aux centres de radiation de synchrotron.

Dans un contexte d'évolution technologique, les méthodes avancées de caractérisation et d'analyse en utilisant la radiation de Synchrotron sont indispensables pour recueillir les informations structurales, chimiques, mécaniques, électroniques et magnétiques à l'échelle atomique et moléculaire des produits et des matériaux à forte valeur ajoutée.

Cette formation destinée à un public très varié vise à procurer non seulement l'information indispensable pour accéder aux centres de radiation de Synchrotron, mais également elle souhaite apporter les connaissances nécessaires à l'utilisation des principales techniques disponibles dans ces centres. Le cours fournit également aux participants une compréhension claire des critères qui déterminent une sélection efficace, des méthodes d'analyse.

Public

Techniciens supérieurs, ingénieurs, cadres, chercheurs et doctorants du milieu industriel et académique.

Laboratoires, R&D, production, contrôle, support technique

Secteurs de la caractérisation de matériaux fonctionnels, matériaux traditionnels, nanomatériaux, corrosion et vieillissement, plastiques et composites, traitements des surfaces, préparation de surfaces et adhésion, traitement de métaux et alliages.

Prérequis

Pour suivre cette formation, une connaissance de base des techniques de vide est souhaitable, mais non indispensable.

Programme

- Présentation comparative des différentes techniques disponibles dans les centres de radiation de synchrotron et les méthodes de caractérisation des laboratoires conventionnels.
- Préparation et manipulation des échantillons sous vide, bombardement avec ions, recuit, évaporation, dosage, etc.
- Étude spectroscopique par absorption de Rayon X (XAS) de divers matériaux : semi-conducteurs, isolants et métalliques.
- Analyse élémentaire et chimique (calibration, incertitudes et assignation des spectres).
- Analyse spectroscopique par photoémission d'électrons (PES) de matériaux de différente complexité (semi-conducteurs; oxydes et métaux).
- Imagerie de matériaux à différentes échelles du nanomètre jusqu'au millimètre en utilisant le contraste d'absorption de Rayons X.
- Étude de diffraction pour la détermination de l'ordre local de divers matériaux.
- Acquisition et traitement de données directement sur une ligne de lumière du synchrotron Soleil.
- Travaux pratiques : 75 % dans une ligne de lumière au synchrotron Soleil.

Analyse d'images et microscopie quantitative

Responsable pédagogique

Alain Hazotte, professeur de l'université de Lorraine, Laboratoire d'étude des microstructures et de mécanique des matériaux (LEM3)

Avec la participation de spécialistes du monde industriel et universitaire

Objectifs

Acquérir les connaissances de base concernant la microscopie quantitative et les techniques récentes de traitement et d'analyse automatiques d'images.

Repérer l'utilisation pratique de ces techniques, notamment par l'intermédiaire de démonstrations, de travaux pratiques sur logiciel et d'études de cas industriels.

Programme

- Chaîne d'acquisition - traitement - analyse automatique d'images.
- Principales opérations de traitement d'images.
- Stéréologie et calculs d'erreurs.
- Applications industrielles.
- Démonstrations et travaux pratiques.

Public et prérequis

Ingénieurs, techniciens supérieurs, chercheurs... débutant dans le domaine de la caractérisation quantitative des microstructures.

Un contact préalable avec des logiciels d'analyse d'images est souhaitable mais non indispensable.

| |
|---|
| Code : EA10 |
| Tarif : 1990 € Déjeuner offert |
| Durée 30 heures / 5 jours |
| 23, 24, 25, 26, 27 septembre 2013 Du lundi 13h30 au vendredi 16h30 Du mardi au jeudi : 9h - 17h15 |
| Paris III ^e |

Pratique de l'imagerie au microscope électronique à balayage.

Option matériaux métalliques

Responsables pédagogiques

Patrice Lefrançois, *ingénieur de recherche, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

Zehoua Hamouche, *maître de conférences, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

Objectifs

Utiliser et régler de façon optimale un microscope à balayage (MEB) pour réaliser des images en métallographie et fractographie des matériaux métalliques. Dégager les principes physiques transposables à l'utilisation d'autres modèles de microscope à balayage.

Public et prérequis

Opérateurs débutants, n'ayant pas encore ou très peu manipulé sur un MEB, mais ayant suivi le stage *Introduction à la microscopie électronique à balayage (personnes débutantes)* (EA01), ou possédant les connaissances théoriques physiques correspondantes.

Méthode pédagogique

14 heures de travaux dirigés effectués sur un appareil EVO MA10 de chez Zeiss en groupe limité à quatre personnes. Chaque participant est à tour de rôle opérateur pour chacun des exercices proposés.

Programme

- Formation de l'image de routine
- Optimisation de l'image formée avec le détecteur d'électrons secondaires : influence des principaux paramètres (tension, courant, réglages faisceau...)
- Images formées avec le détecteur d'électrons rétrodiffusés - Entretien du MEB.
- Choix optimal pour un échantillon donné.

| |
|--|
| Code : EA12 |
| Tarif : 940 € Déjeuner offert |
| Durée 14 heures / 2 jours Le nombre de participants est limité à 4 |
| 25, 26 juin 2014 |
| Paris III ^e |

Pratique de la microanalyse élémentaire par spectrométrie X avec un détecteur à diode (EDS) associé au microscope à balayage

Responsable pédagogique

Patrice Lefrançois, *ingénieur de recherche, équipe pédagogique matériaux industriels du Cnam*

Objectifs

Acquisratiq ue raisonnée et méthodique de la microanalyse X élémentaire au spectromètre à diode associé au microscope électronique à balayage (MEB), appliquée principalement aux matériaux métalliques.

Dégager les principes physiques transposables à l'utilisation d'autres modèles d'appareillage.

Public et prérequis

Opérateurs débutants en microanalyse élémentaire, mais expérimentés en imagerie au MEB et possédant les connaissances physiques de la théorie élémentaire sur la microanalyse X.

Des connaissances au minimum équivalentes au stage *Introduction à la microscopie électronique à balayage et à la microanalyse X élémentaire* (personnes débutantes) (EA01) sont nécessaires.

Programme

17 heures de travaux dirigés effectués sur un appareil EVO MA10 de chez Zeiss équipé d'un détecteur SSD à fenêtre mince et d'un système d'analyse QUANTAX et de traitement « ESPRIT ». Chaque participant est à tour de rôle opérateur pour chacun des exercices proposés.

• Analyse qualitative

Préparation de l'échantillon, réglage du microscope, choix des paramètres d'acquisition du spectromètre, analyse et traitement du spectre.

• Analyse quantitative

Choix des conditions de mesures, aspects statistiques, méthodes de correction, analyse avec acquisition sur des témoins.

Cartographie élémentaire (« image X ») et profil d'analyse élémentaire

Code : **EA14**

Tarif : 1 250 €
Déjeuner offert

Durée
18 heures / **2,5** jours

Le nombre de participants est limité à 4

Session 1 : 17, 18, 19 septembre 2013
Session 2 : 25, 26, 27 mars 2014
Premier jour 9h et dernier jour 13h

Paris III^e

Initiation à la diffraction des rayons X

Responsables pédagogiques

Léo Mazerolles, *directeur de recherches au CNRS*

Sandrine Tusseau - Nenez, *ingénieur de recherches au CNRS*

Objectifs

Apporter les connaissances de base théoriques et pratiques pour la mise en œuvre de techniques de diffraction de rayons X et leur utilisation en science des matériaux.

Public

Techniciens et techniciens supérieurs désirant acquérir les connaissances de base dans le domaine de l'analyse cristallographique des matériaux métalliques et minéraux.

Programme

Rappels de notions de base de cristallographie (structure cristalline, symétrie, groupe d'espace, réseau réciproque)

- Interaction matière/rayonnement X - Principes de la diffraction
- Techniques expérimentales (préparation des échantillons, montages et appareillages)
- Analyse et interprétation de diffractogrammes
- Identification de phases, détermination des paramètres cristallins et de taille de cristallites
- Utilisation de logiciels de traitement de données

Méthode pédagogique

Le stage associera cours, exercices et travaux pratiques. Se munir d'une calculatrice scientifique.

Pendant les TP, il sera possible d'analyser des diffractogrammes sur lesquels des stagiaires auraient des questionnements ; se munir le cas échéant des fichiers résultats obtenus.

| |
|--|
| Code : EA17 |
| Tarif : 1140 € Déjeuner offert |
| Durée 18 heures / 3 jours Le nombre de participants est limité à 10 |
| 1, 2, 3 octobre 2013 |
| Paris III ^e |

Détermination des contraintes résiduelles par diffraction des rayons X

Organisé en collaboration avec Arts et Métiers ParisTech (École nationale supérieure d'arts et métiers)

Responsables pédagogiques

Chedly Braham et Wilfried Seiler, *Ensam ParisTech, CER de Paris*

Objectifs

Approfondir ses connaissances de base et de mise en oeuvre pratique de la technique.

Public et prérequis

Ingénieurs et techniciens supérieurs des laboratoires de contrôle, d'essais et de recherche. Ce stage est destiné aussi bien aux débutants, qu'aux utilisateurs réguliers de la méthode. Il ne suppose que peu de connaissances préalables en diffraction X et en mécanique.

Méthodes

Le stage proposé associe cours, exercices, travaux pratiques en laboratoire et exemples d'applications industrielles.

Programme

- Origine et ordres de contraintes résiduelles
- Eléments de mécanique des solides
- Eléments de diffraction des rayons X
- Théorie de la méthode
- Appareillages utilisés
- Localisation des pics, calculs d'erreurs (erreurs géométriques)
- Limites de la méthode
- Mise en oeuvre de la méthode
- Étude de cas commentée
- Travaux en laboratoire, exercices
- Discussion avec les chercheurs
- Exemples d'applications industrielles
- Appareils vus à l'Ensam :
 - SET-X, PROTO
 - PTS SEIFERT, X'PERT PanAlytical.

Code : **EA20**

Tarif : Non déterminé

Durée

28 heures / **4** jours

Le nombre de participants est limité à 10

25, 26, 27, 28 mars 2014

Arts et Métiers
ParisTech
CER de Paris
151 boulevard de l'Hôpital
Paris XIII^e

Qualité



Qualité des réalisations industrielles

QA01 Les référentiels qualité pour la sûreté des installations nucléaires civiles → p. 79

Plans d'expériences

QS02 Pratique des plans d'expérience factoriels - Approche Taguchi, Box niveau 1 → p. 80

MA11 Plans d'expériences et analyse de la variance I → p. 81

MA12 Plans d'expériences et analyse de la variance 2 → p. 82

MA13 Méthodes statistiques de la fiabilité → p. 83

MA14 Amélioration des systèmes de production MSP - LEAN - SIX Sigma → p. 84

Les référentiels qualité pour la sûreté des installations nucléaires civiles

Identification, structure et conditions d'utilisation

Responsable pédagogique

Thierry Tampier, responsable d'une unité de système de management qualité, Areva

Objectifs

Repérer les référentiels qualité existants et utilisés pour répondre aux impératifs élevés de la sûreté des installations nucléaires civiles.

Public

Personnes ayant besoin de réactualiser leurs connaissances ou de posséder un bagage minimum sur les spécificités qualité des référentiels pour les installations nucléaires civiles.

Auditeurs qualité selon l'ISO et chargés d'audit sur des référentiels pour les installations nucléaires civiles.

Programme

Les acteurs du nucléaire et leurs responsabilités

- Les autorités de sûreté : mission, organisation ASN, les rapprochements
- Les interfaces autorités/exploitants/concepteurs/fournisseurs
- L'AIEA (son rôle)

Les référentiels Qualité

- Internationaux
- Nationaux
- Référentiels contenus dans les codes de construction
- Spécifiques

Les principales caractéristiques de la qualité nucléaire

- Les compétences du personnel
- La vérification indépendante
- Le développement du produit
- Les prestations sous-traitées
- Les exigences documentaires
- Les non-conformités
- Les audits

Culture de sûreté

| |
|---|
| Code : QA01 |
| Tarif : 500 € Déjeuner offert |
| Durée 8 heures / 1 jour |
| 1 ^{re} session : 16 septembre 2013 2 ^e session : 24 mars 2014 De 8h30 à 17h30 |
| Paris III ^e |

Pratique des plans d'expériences factoriels - Approche Taguchi, box niveau 1

Responsable pédagogique

Jean-Claude Sisson, *ingénieur en chef au centre de transfert de l'Université de technologie de Compiègne, professeur associé au Cnam*

Objectifs

Pratiquer avec assurance les plans d'expériences les plus classiques, en ayant recours à une méthode pratique et fiable, largement éprouvée, Découpler l'efficacité des campagnes expérimentales d'essais ou de simulations numériques mises en œuvre pour caractériser, concevoir, optimiser, valider et améliorer le choix ou l'utilisation des matériaux, des produits et des procédés de production.

Public et prérequis

Techniciens, ingénieurs et chercheurs de toutes disciplines et corps de métiers. Il est conseillé d'avoir un baccalauréat scientifique ou technique. Une connaissance des outils de base de la statistique est souhaitable. Calculatrice statistique nécessaire.

Méthode pédagogique

Rôle fondamental du travail en groupe pour une efficacité maximale de la méthode. Ce stage est ponctué de nombreuses études de cas concrets et d'exercices.

Programme

Introduction

- Les démarches expérimentales ordinaires et les causes de leur manque d'efficacité
- Les axes d'amélioration et la solution naturelle : les plans d'expériences factoriels
- Un bref historique : depuis leur création par Fisher à nos jours

La description de la variabilité occasionnée par des facteurs sur une réponse

- La part déterministe et la part aléatoire de la variabilité
- Notion d'effets d'un facteur, d'interactions entre facteurs

- L'outil fondamental, le modèle complet ou incomplet et ses représentations graphiques

Les plans d'expériences pour l'estimation des modèles

- Les plans d'expériences complets et incomplets
- Les propriétés recherchées pour un plan incomplet (orthogonalité, D-optimalité...)
- Les critères d'orthogonalité et leurs conséquences sur le nombre d'essais à réaliser

La procédure pratique de mise en oeuvre en 14 étapes

1. Fixation des objectifs et des contraintes
2. Choix d'une stratégie d'expérimentation
3. Recensement et hiérarchisation des facteurs
4. Choix du domaine expérimental et des niveaux des facteurs
5. Modélisation retenue
6. Construction du plan d'expériences (pratique des tables de Taguchi, Box...)
7. Étude et prise en compte de la variabilité naturelle des réponses
8. Préparation de la campagne d'essais
9. Exécution des essais
10. Analyse des résultats (estimation des coefficients des modèles, Anavar...)
11. Exploitation des modèles pour la mise en évidence d'une solution
12. Validation d'une solution
13. Interprétation «physique» du comportement
14. Établissement d'un rapport de synthèse

Code : **QS02**

Tarif : 1330 €
Déjeuner offert

Stage programmé un an sur deux

Durée
21 heures / **3** jours

14, 15, 16 mai 2014

Paris III^e

Plans d'expériences et analyse de la variance I

Responsable pédagogique

Luan Jaupi, *maître de conférences, Cnam*

| |
|--|
| Code : MA11 |
| Tarif : 1 570 € |
| Durée 21 heures / 3 jours |
| 1 ^{re} session : 27, 28, 29 novembre 2013 2 ^{de} session : 11, 12, 13 juin 2014 9h-17h30 |
| Paris III ^e |

Objectifs

Pratiquer de façon autonome et avec assurance une méthode destinée à découpler l'efficacité des campagnes expérimentales (essais) ou de simulation (calculs) pour le développement, l'amélioration ou la maîtrise des performances de produits ou processus.

Public

Ingénieurs et techniciens ayant une fonction recherche, études et développement, industrialisation, méthodes qualité, marketing.

Tous secteurs d'activité.

Méthode pédagogique

La démarche est essentiellement pratique et limite au strict nécessaire les rappels et les développements théoriques. Chaque étape de l'apprentissage s'appuie sur l'application des outils informatiques implantés au Cnam. Pour chaque méthode sont précisées ses objectifs, ses fondements, les domaines et contraintes d'utilisation, la méthodologie de la mise en œuvre, des commentaires et interprétations, des conseils clairs et pragmatiques.

Des études de cas ponctuent la progression du stage.

Programme

Introduction

- Expérimentations comparatives simples : méthodes paramétriques et non paramétriques, limites des campagnes expérimentales ordinaires, stratégie des plans d'expériences.

Plans factoriels complets : 2k, 3k,...

- Principales étapes d'un plan d'expériences, randomisation, répétition, blocking, modèles à effets fixes et à effets aléatoires, validité du modèle : analyse des résidus, transformations monotones non linéaires, analyse et interprétation des résultats, analyse de la variance robuste.

Plans fractionnaires

- Modèles complets et incomplets, plans d'expériences factoriels et fractionnaires, définitions et propriétés d'optimalité (orthogonalité, D-optimalité), vérification pratique de l'orthogonalité, confusion des effets (aliasés) dans les modèles et plans incomplets, notion de résolution, analyse et interprétation des résultats.

Principales méthodes de construction

- Yates, Box, Taguchi, transformations conservant l'orthogonalité, analyse et interprétation des résultats.

Structures en blocs

- Plans en carrés latins et dérivés, plans en blocs incomplets équilibrés, analyse et interprétation des résultats, analyse de la variance robuste.

Plans d'expériences et analyse de la variance avancée II

Responsable pédagogique

Luan Jaupi, maître de conférences, Cnam

| |
|--|
| Code : MA12 |
| Tarif : 1900 € |
| Durée 21 heures / 3 jours |
| 29, 30, 31 janvier 2014 9h-17h30 |
| Paris III ^e |

Objectifs

Pratiquer de façon autonome et avec assurance une méthode destinée à découpler l'efficacité des campagnes expérimentales (essais) ou de simulation (calculs) pour le développement, l'amélioration ou la maîtrise des performances de produits ou processus.

Public et prérequis

Ingénieurs et techniciens ayant une fonction : recherche, études et développement, industrialisation, méthodes qualité, marketing.

Tous secteurs d'activité.

Avoir le niveau *Plans d'expériences et Analyse de la variance I* ou équivalent.

Méthode pédagogique

La démarche est essentiellement pratique et limite au strict nécessaire les rappels et les développements théoriques. Chaque étape de l'apprentissage s'appuie sur l'application des outils informatiques implantés au Cnam. Pour chaque méthode sont précisées ses objectifs, ses fondements, les domaines et contraintes d'utilisation, la méthodologie de la mise en œuvre, des commentaires et interprétations, des conseils clairs et pragmatiques.

Des études de cas ponctuent la progression du stage.

Programme

Analyse de la covariance

- Modèle en lignes parallèles, modèle à pentes hétérogènes, modèle linéaire général, applications aux dosages, essais cliniques et en assurance qualité.

Plans hiérarchiques et modèles à effets aléatoires

- Composantes de la variance, anova du modèle à effets aléatoires, applications en assurance qualité et essais cliniques.

Plans à mesures répétées et modèle mixte généralisé

- Modèle mixte pour l'analyse des mesures répétées, sélection de la structure de covariance, modèle mixte avec baseline, modèle mixte généralisé, applications aux essais cliniques et cosmétiques.

Plans pour l'étude des surfaces de réponse

- Plans centraux composites, plans de Box-Behnken, plans 3k, applications en assurance qualité.

Plans de mélanges

- Types I – IV : modélisation, analyse et interprétation des résultats, applications en agroalimentaire, assurance qualité et cosmétique.

Autres familles de plans

- Plans optimaux, plans *split plots*, plan *cross-over*, étude de problèmes spécifiques posés par les participants.

Méthodes statistiques de la fiabilité

Responsable pédagogique

Luan Jaupi, maître de conférences, Cnam

Objectifs

Pratiquer avec assurance les méthodes élémentaires de la fiabilité expérimentale et opérationnelle en vue d'accroître la qualité des analyses et des choix techniques effectués pendant les phases de développement et d'exploitation de produits ou de processus.

Public

Ingénieurs et techniciens ayant une fonction d'études et développements, essais de développement, exploitation, maintenance, après-vente, qualité.

Méthode pédagogique

La démarche est essentiellement pratique et limite au strict nécessaire les rappels et les développements théoriques. Chaque étape de l'apprentissage s'appuie sur l'application des outils informatiques implantés au Cnam. Pour chaque méthode sont précisées ses objectifs, ses fondements, les domaines et contraintes d'utilisation, la méthodologie de la mise en œuvre, des commentaires et interprétations, des conseils clairs et pragmatiques.

Programme

- Fiabilité et sûreté de fonctionnement, fiabilité prévisionnelle, expérimentale et opérationnelle, notions de base (fiabilité, taux de défaillance, MTBF, ...), données complètes et censurées.
- Modélisation de la fiabilité à partir de données d'essais ou d'exploitation : méthodes graphiques, méthodes paramétriques, méthodes non-paramétriques.
- Plans d'échantillonnage pour les démonstrations de fiabilité.
- Traitement du cas « zéro défaillance ».
- Utilisation des plans d'expériences en fiabilité expérimentale.
- Techniques d'amélioration de la fiabilité.
- AMDEC (produit, processus, moyens).
- Étude de problèmes spécifiques posés par les participants.

| |
|--|
| Code : MA13 |
| Tarif : 1 570 € |
| Durée 21 heures / 3 jours |
| 21, 22, 23 mai 2014 9h-17h30 |
| Paris III ^e |

Amélioration des systèmes de production

MSP - LEAN – SIX Sigma

Responsable pédagogique

Luan Jaupi, maître de conférences, Cnam.

Objectifs

Améliorer en permanence les systèmes de production afin de mettre en œuvre l'amélioration et l'optimisation des performances de tous processus.

Public

Responsables qualité, responsables des secteurs de production, méthodes, gestion, ingénieurs et techniciens dans les services R&D, responsables de laboratoire, responsables d'entreprises, de sociétés de conseil, d'organismes de formation.

Toute personne souhaitant s'engager dans une démarche d'amélioration continue de la qualité, de la sécurité et de la protection environnementale. Des connaissances générales en statistique sont souhaitables.

Méthodes

Pour chaque méthode sont précisés : ses objectifs, ses fondements, ses domaines et contraintes d'utilisation, la méthodologie de la mise en œuvre, des conseils clairs et pragmatiques et les logiciels disponibles. Des études de cas réels illustrent chaque étape de la formation.

Programme

Maîtrise des processus : les outils simples d'aide à la réflexion : Diagrammes de Pareto, diagramme de dispersion, diagramme causes-effets, stratification, *check-list*, histogramme, ... ; cartes de contrôle aux mesures ; efficacité, tests de séquence ; cartes de contrôle aux attributs.

Évaluation des performances d'un processus : analyse des performances des processus de production ; capacité du système de mesure ; indicateurs de performance globale : qualité-sécurité-santé-protection environnementale.

Techniques et méthodes d'amélioration de la qualité et de résolution de problèmes :

Analyse 8D : Brainstorming, QQQQCPC, Vote pondéré, Poka-Yoké, ... ; PDCA.

Techniques et méthodes d'amélioration de la productivité : JIT, Kanban, Smed, TPM.

Contrôle de réception : plans d'échantillonnage pour les contrôles par attributs ; plans d'échantillonnage pour les contrôles par mesurage.

Outils statistiques avancés : plans d'expériences ; analyse de la variance ; analyse de la régression : multiple, logistique.

Évaluation des risques d'événements non souhaités : recueil, traitements et interprétation des données ; analyses rétrospectives et prospectives ; quantification des risques.

Stratégies et démarches d'amélioration et de management de la qualité : historique, objectifs, domaines d'utilisation, méthodologie de la mise en œuvre : Six Sigma, DMAIC, Lean, Lean – Six Sigma, Normes ISO 9000, ISO 14000, OHSAS 18000.

Code : **MA14**

Tarif : 3 130 €

Durée

42 heures / **6** jours

12, 13, 14, 19, 20, 21 février 2014
9h-17h30

Paris III^e

Calcul scientifique



MA22 Calcul hautes performances sur processeur graphique → p. 87

MA24 Python pour l'ingénieur → p. 88



Calcul hautes performances sur processeur graphique

Responsable pédagogique

Alexis Hérault, maître de conférences, Cnam

| |
|--|
| Code : MA22 |
| Tarif : 2 430 € |
| Durée 35 heures / 5 jours |
| 5, 6, 19, 20, 21 mai 2014 9h-17h30 |
| Paris III ^e |

Objectifs

Pour un coût matériel donné, l'utilisation de processeurs graphiques (GPU) pour le calcul scientifique permet un gain considérable en temps de calcul par rapport à une solution classique. Ceci ce fait au prix d'une programmation assez spécifique qu'il faut maîtriser pour pouvoir tirer le meilleur profit de ces processeurs. Donner, à des spécialistes du calcul scientifique, les connaissances nécessaires pour le développement de codes de calculs sur GPU.

Être en mesure de mettre en oeuvre les trois étapes du développement d'un code hautes performances sur GPU : conception d'un algorithme adapté, mise en oeuvre et optimisation.

Public

Ingénieurs et chercheurs issus de tous secteurs développant des codes de calcul : industries, banque, laboratoires de recherche.

Méthode pédagogique

L'essentiel de la formation a lieu sous forme de travaux pratiques, chaque participant aura à sa disposition un GPU Nvidia de dernière génération (Fermi). Les travaux pratiques traiteront de cas concrets issus des problématiques numériques classiques (résolutions d'équations aux dérivées partielles, méthodes de Monte-Carlo...) et donneront lieu à des mini projets réalisés par les participants.

Dans la mesure où CUDA et OpenCL s'appuient sur le langage C/C++, une connaissance correcte de ce langage est nécessaire.

Programme

- Développement de codes de calculs sur GPU, plus particulièrement sur les processeurs Nvidia à travers l'utilisation de CUDA (le Cnam est détenteur du label *Cuda Teaching Center*).
- Présentation des GPU, modèle hardware et software.
 - Les GPU Nvidia et la programmation avec CUDA.
 - Développement de codes de calcul avec CUDA.
 - Benchmarking des applications CUDA.
 - Calculs répartis sur plusieurs GPU.
 - Introduction à OpenCL.

Python pour l'ingénieur

Responsable pédagogique

Olivier Wilk, *ingénieur, Cnam.*

Objectifs

Acquérir une autonomie importante pour initier ou poursuivre des projets informatiques sous python dans le cadre d'une démarche « calcul scientifique ».

Public et prérequis

Ingénieurs de bureau d'études utilisant les outils de la simulation numérique, ayant une expérience en programmation et souhaitant utiliser Python régulièrement pour manipuler, visualiser et créer. (domaines industriels : mécanique, acoustique, aéronautique ...)

Méthode pédagogique

L'essentiel de la formation a lieu sous forme de travaux pratiques. Ceux-ci sont issus de problèmes numériques classiques (traitement du signal, des images, optimisation paramétrique, modèles physiques, du monde du vivant ...)

Documents de cours fournis, contenant l'ensemble des transparents utilisés au cours de ce stage ainsi que les exercices effectués.

Groupe de 6 à 10 personnes (un poste informatique par personne).

Programme

- Installation, compréhension des possibilités offertes par Python
- Bases de la programmation « élémentaire »
- Utilisation des documentations
- Description fine des packages essentiels
- Manipulation des données, calcul et visualisation
- Intégration d'un code existant (fortran ou C) sous Python
- Mise en place une IHM (interface homme-machine)
- Programmation objet sous Python

Code : **MA24**

Tarif : 2 000 €
avec accès, pendant une durée de trois mois à la suite du stage, au didacticiel mis à disposition sur la plateforme d'enseignement à distance du Cnam.

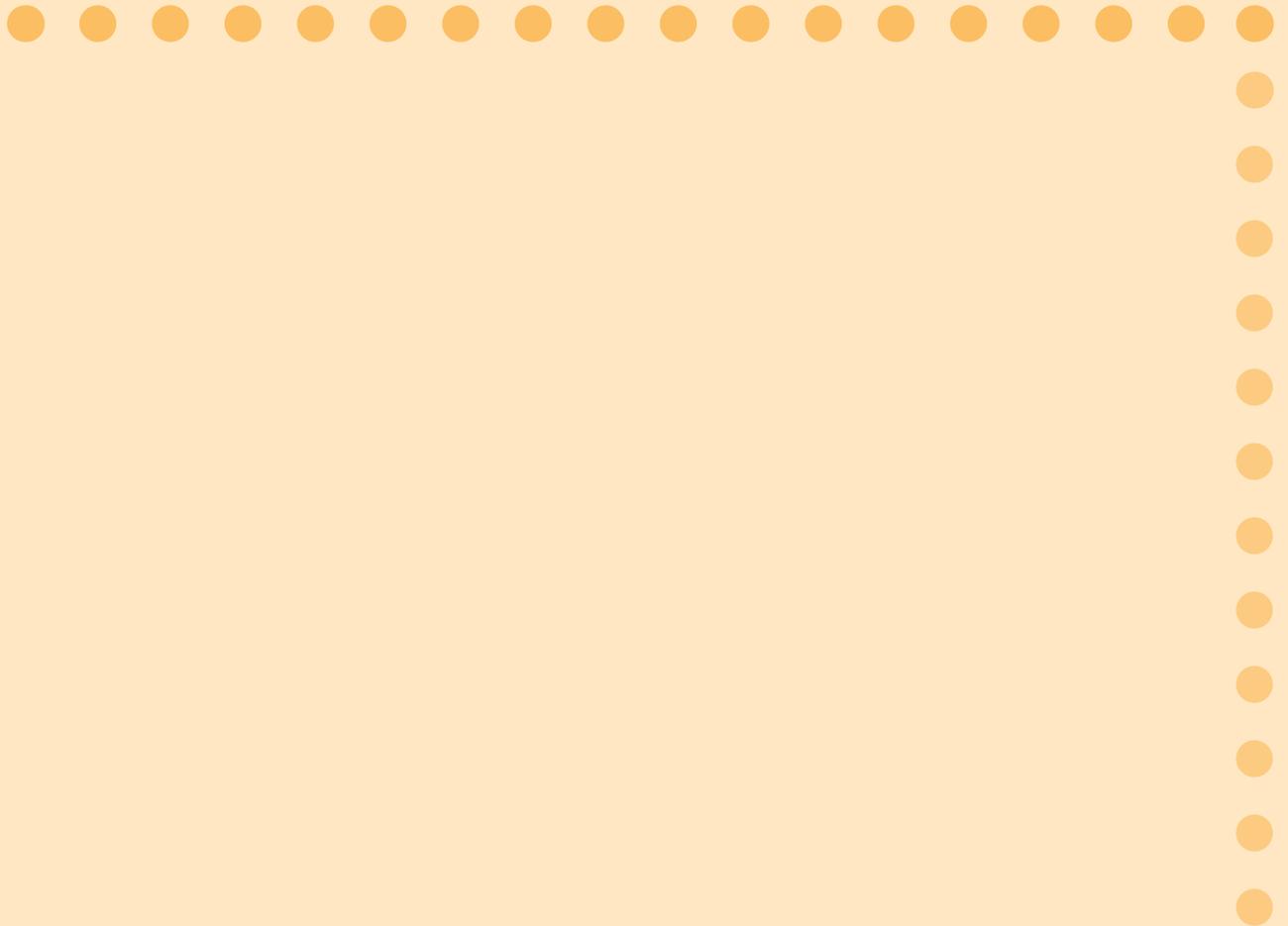
Durée

18 heures / **3** jours

Les dates de ce stage seront disponibles prochainement sur
<http://cacemi.cnam.fr>
9h30-17h

Paris III^e

Métrologie



- ME01 Comparaisons inter-laboratoires en mesures, essais ou analyses → p. 91
- ME02 Initiation au logiciel d'instrumentation Labview → p. 92
- ME03 Mesures, essais, analyses : la qualité du résultat → p. 93
- LNE Métrologie générale – Métrologie thermique → p. 94



Comparaisons inter-laboratoires en mesures, essais ou analyses

Responsable pédagogique

Annick Razet, professeur, Cnam

| |
|---|
| Code : ME01 |
| Tarif : 1900 € |
| Durée 28 heures / 4 jours |
| 21, 22 octobre, 18, 19 novembre 2013 9h- 17h30 |
| Paris III ^e |

Objectifs

Appréhender les aspects de conception, de mise en œuvre et d'interprétations des comparaisons inter-laboratoires. Acquérir les outils statistiques utiles dans les analyses de données des comparaisons inter-laboratoires. Évaluer la performance ou l'aptitude d'une méthode.

Public

Techniciens confirmés et ingénieurs dans toute spécialité scientifique ou technique concernés par les comparaisons inter-laboratoires.

Personnels de l'industrie métallurgique, mécanique, construction de véhicules (aéronautique, automobile, ferroviaire), de l'industrie chimique, pharmaceutique, alimentaire et des secteurs de la santé, de l'environnement et du développement durable.

Méthode pédagogique

Pédagogie participative alternant apports méthodologiques et cas pratiques. Travail de mise en application de la méthodologie proposée, réalisé sur des cas spécifiques aux participants, issu de leur pratique professionnelle.

Programme

Méthodologie et présentation des outils (2 jours).

- Objectifs des comparaisons inter-laboratoires.
- Terminologie et définitions.
- Organisation et mise en œuvre des comparaisons inter-laboratoires.
- Exploitation et analyse des données : utilisation de méthodes statistiques - méthode R & R.
- Évaluation de la performance ou de l'aptitude d'une méthode (performance d'ensemble par rapport aux attentes, variation au sein d'un laboratoire et entre laboratoires...).

Étude de cas pratiques (2 jours).

- Analyse de cas concrets d'applications aux domaines des mesures, essais ou analyses.

Initiation au logiciel d'instrumentation Labview

Responsable pédagogique

Stephan Briaudeau, maître de conférences, Cnam

Objectifs

Acquérir une expérience pratique du logiciel LabView appliquée au pilotage d'instruments et à l'acquisition.

Public et prérequis

Techniciens, techniciens supérieurs, ingénieurs ayant les connaissances d'un niveau bac+2 dans un domaine scientifique ou technique et souhaitant développer leurs compétences dans le domaine de la mise en œuvre d'une chaîne d'acquisition de données pilotée par micro-ordinateur.

Personnels de l'industrie métallurgique, mécanique, construction de véhicules (aéronautique, automobile, ferroviaire), de l'industrie chimique, pharmaceutique, alimentaire et des secteurs de la santé, de l'environnement et du développement durable.

Méthode pédagogique

Le stage se déroule en grande partie dans une salle spécifiquement dédiée à l'informatique d'instrumentation, où les participants manipulent.

Le travail pratique est accompagné des apports conceptuels utiles.

Programme

Initiation au logiciel d'instrumentation LabView (National Instrument)

- Construction d'un instrument virtuel (VI), créer et utiliser un sous VI (icône et connecteur), boucles et graphes déroulants (boucles while et for, registres à décalage, moyennage), tableaux, nœud de formule, chaînes de caractère.

Contrôle d'instruments

- Communications série (RS 232) et parallèle (liaison IEEE 488), mise en œuvre d'une carte de conversion A/N et N/A.

| |
|--|
| Code : ME02 |
| Tarif : 1 560 € |
| Durée 21 heures / 3 jours |
| 21, 22, 23 octobre 2013 9h- 17h30 |
| Paris III ^e |

Mesures, essais, analyses : la qualité du résultat

Responsable pédagogique

Annick Razet, professeur, Cnam

| |
|---|
| Code : ME03 |
| Tarif : 2 040 € |
| Durée 30 heures / 5 jours |
| 14, 15 octobre, 25, 26, 27 novembre 2013 9h30- 17h |
| Paris III ^e |

Objectifs

Satisfaire les exigences techniques de la norme ISO/CEI 17025 en réponse au besoin d'un client :

- identifier le besoin de mesure, d'essai ou d'analyse, concevoir, mettre en œuvre et analyser à priori le procédé expérimental,
- recueillir et analyser les données pertinentes,
- établir l'incertitude de mesure,
- exprimer le résultat et prendre une décision en fonction du besoin exprimé.

Public

Techniciens supérieurs et ingénieurs ayant à concevoir ou à mettre en œuvre des procédés de mesures, d'essais ou d'analyses et ayant interpréter de manière raisonnée les résultats obtenus.

Personnels de l'industrie métallurgique, mécanique, construction de véhicules (aéronautique, automobile, ferroviaire), de l'industrie chimique, pharmaceutique, alimentaire et des secteurs de la santé, de l'environnement et du développement durable.

Méthode pédagogique

Pédagogie participative alternant apports méthodologiques et cas pratiques. L'application de cette méthodologie à un travail propre à l'activité de chaque stagiaire complètera cette formation.

Programme

- Cahier des charges du besoin.
- Caractérisation du procédé de mesure avec la règle mnémotechnique des 5M : mesurande (définition), méthode (validation), moyens matériels (instruments et traçabilité), moyens humains (personnel : formation et qualification), milieu (installations et conditions ambiantes).
- Analyse à priori du procédé expérimental (identification des causes d'erreurs, application de corrections et évaluation de leur contribution à l'incertitude.
- Mise en œuvre du procédé retenu.
- Collecte des données, analyse, établissement du résultat de mesure, d'essai ou d'analyse.
- Établissement du bilan d'incertitude du résultat tenant compte de la dispersion des résultats expérimentaux.
- Production du résultat sous la forme d'une valeur numérique, d'une unité et de l'incertitude associée.

Nos formations en métrologie s'intègrent dans des dispositifs plus larges proposés par le Laboratoire national de métrologie et d'essais :

Métrologie générale

| | |
|------|--|
| AQ12 | L'audit de la fonction métrologie |
| ME21 | Pratique des incertitudes de mesure dans l'entreprise |
| ME33 | Caractériser et valider des méthodes d'analyse chimique |
| ME39 | Organisez, exploitez et utilisez les comparaisons inter-laboratoires |

Métrologie thermique

| | |
|--------|--|
| ME10 | Métrologie pratique des températures – Module de base |
| ME10-1 | Étalonnage d'indicateurs et de calibrateurs de température par simulation électrique |
| ME10-2 | Étalonnage des couples thermoélectriques et recherche des défauts d'homogénéité dans ce type de capteurs |
| ME10-3 | Caractérisation des enceintes climatiques et d'étuves |
| ME10-4 | Étalonnage des points fixes de l'échelle internationale des températures (EIT-90) |
| ME27 | Métrologie pratique de l'humidité de l'air |
| ME32 | Pratique de la thermographie infrarouge |
| ME75 | La norme AMS 2750 |
| ME82 | Les fondamentaux en métrologie thermique |

Informations et inscription

☎ 01 40 43 37 35

✉ formation@lne.fr

www.lne.fr

Laboratoire national de métrologie et d'essais

Centre de formation

1, rue Gaston Boissier

75724 Paris Cedex 15.



Modalités pratiques



Informations pratiques

Au plus tard huit jours avant le début du stage, une convocation est envoyée à l'entreprise et au stagiaire précisant les dates, horaires et salles des formations, accompagnée d'un plan d'accès et d'une liste d'hôtels proches du Cnam pour les personnes venant de province.

Sauf indication contraire, les stages se déroulent au Cnam :

2, rue Conté - Paris III^e

ou

292, rue Saint-Martin - Paris III^e

Les pauses et déjeuners, si offerts par le Cacemi, se déroulent avec le groupe de stagiaires et l'équipe pédagogique (voir mention "déjeuner offert" sur la fiche de formation).

Comment vous inscrire ?

Pour prendre une option d'inscription ou connaître les disponibilités :

Tél. : +33 (0)1 40 27 24 49

Fax : +33 (0)1 40 27 20 58

cacemi@cnam.fr

Pour confirmer une inscription envoi du bulletin d'inscription original par courrier postal (complété et signé par l'entreprise) à l'adresse suivante :

Cnam-Cacemi

Case courrier 2ASP20

292, rue Saint-Martin

75141 Paris Cedex 03

(pour les inscriptions à titre individuel, nous contacter)

Qui contacter ?

Renseignements et inscription

Secrétariat du Cacemi

Tél. : +33 (0)1 40 27 24 49

Fax : +33 (0)1 40 27 20 58

cacemi@cnam.fr

<http://cacemi.cnam.fr>

Formation à distance

Patrice Lefrançois - patrice.lefrancois@cnam.fr

Formation intra-entreprise

Brigitte Bastard, responsable du Cacemi

Tél. : +33 (0)1 40 27 28 99 - brigitte.bastard@cnam.fr



conditions générales de vente

1. Inscription/prise en charge par l'employeur

Le bulletin d'inscription est complété et signé par un membre habilité de l'entreprise.

Les frais de formation sont payables sur présentation d'une facture. Les règlements se font par virement ou par chèque libellé à l'ordre du Régisseur des recettes de l'École Siti.

Compte RGFIN PARIS SIÈGE
n°10071 75000 00001004177 62

2. Inscription/prise en charge par :

Un tiers payeur et/ou le stagiaire (prise en charge totale ou partielle)

Le bulletin d'inscription est complété et signé par un membre habilité de l'organisme financeur (tiers payeur) et le stagiaire si nécessaire.

Les frais de formation sont payables sur présentation d'une facture sur et selon un échéancier pour le montant restant à la charge du stagiaire.

Les règlements se font par virement ou par chèque libellé à l'ordre du Régisseur des recettes de l'École Siti.

Compte RGFIN PARIS SIÈGE
n°10071 75000 00001004177 62

Les personnes s'inscrivant à titre individuel bénéficient d'une réduction de 50 % sur les tarifs indiqués.

3. Modalités d'inscription

Les inscriptions sont enregistrées dans l'ordre d'arrivée (à concurrence du nombre de places disponibles). Un accusé de réception est envoyé à l'entreprise et/ou à l'élève pour confirmation de l'inscription.

Un engagement écrit est nécessaire : aucune inscription téléphonique ou par fax ne peut être prise en considération.

L'inscription à certains stages est soumise à l'agrément préalable du responsable pédagogique. Le Cnam-Cacemi se réserve le droit d'annuler un stage si le nombre d'inscriptions est insuffisant. Dans ce cas, l'entreprise et/ou au stagiaire sont informés par écrit et remboursés des éventuels règlements.

Huit jours avant l'ouverture du stage, il est envoyé à l'entreprise et/ou au stagiaire une convocation précisant les dates et lieux des cours.

4. Annulation – absence

Toute annulation d'inscription n'est prise en compte que si elle est adressée au :

Cnam-Cacemi
Formation continue
case 2ASP20
292, rue Saint-Martin
75141 Paris cedex 03

par **lettre recommandée** avec l'accusé de réception parvenue au plus tard huit jours avant la date d'ouverture du stage.

Dans cette hypothèse, toute facturation par le Cnam au cocontractant est exclue.

La résiliation adressée moins de huit jours avant le début de la formation donne lieu à une facturation partielle égale à 100 € correspondant aux frais engagés par le Cnam pour la constitution du dossier de l'intéressé(e).

En cas de résiliation postérieure au début de la formation, l'intégralité des sommes prévues par la convention sont dues. En cas d'empêchement d'un stagiaire, l'entreprise peut lui substituer un autre de ses salariés ; celui-ci doit se présenter le jour de l'ouverture du stage avec une lettre de l'entreprise.

(NB : pour les stages soumis à agrément, ce dernier reste exigible pour le nouveau stagiaire)

Le Cnam se réserve le droit d'annuler un stage si le nombre d'inscriptions est insuffisant. Dans ce cas, l'entreprise et/ou le stagiaire sont informés par écrit et remboursés des éventuels règlements.

En application de l'article L6354-1 du Code du travail, en cas d'inexécution partielle ou totale de la prestation de formation, le Cnam rembourse au cocontractant les sommes qu'il a indûment perçues de ce fait.





notes





cacemi.cnam.fr

Renseignements et pré-inscription

Tél. : +33 (0)1 40 27 24 49

Fax : +33 (0)1 40 27 20 58

Mél : cacemi@cnam.fr

Confirmation d'inscription par courrier

Cnam-Cacemi, Case 2ASP20

292, rue Saint-Martin - 75141 Paris cedex 03

Informations pratiques

Lieu des stages* : 2, rue Conté ou

292, rue Saint-Martin - Paris III^e

Ⓜ Arts et Métiers ou Ⓜ Réaumur-Sébastopol

Horaires des stages* : 9h - 17h

* sauf indication contraire précisée sur la fiche de stage



Établissement public sous tutelle
du ministère de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche