

**Code :** CSMA

**Durée :** 3 jours

**Personnes concernées :** Cette formation s'adresse aux ingénieurs ou techniciens désirant acquérir les connaissances dans la conception et l'asservissement des systèmes mécatroniques.

**Pré requis :** Cette formation nécessite d'avoir des notions en automatique des systèmes.

**Lieu :** Paris

**Dates :** Nous consulter

**Prix :** 2450 € HT (Stages INTRA, nous consulter)

**Stage Intra :** Possible

Le contenu du cours et des exercices pourra être personnalisé pour répondre à des attentes spécifiques

## LE CONTENU DE LA FORMATION

### Jour 1 :

❖ Matin 9h – 10h30 : Présentation des principaux processus de conception généralisée.

#### ➤ Introduction

✓ Tour de table pour la présentation des participants et le recueil de leurs attentes.

#### ➤ Objectifs de la formation

#### ➤ Les processus de conception généralisée.

✓ Présentation des principales entrées / sorties des différents processus, de leurs interactions, de leurs contenus et ceci, sur tout le cycle de vie du système à concevoir.

- La gestion des exigences et des contraintes,
- L'analyse fonctionnelle.
- L'étude de conception (know-how, modélisation / simulation, etc.).
- La gestion des interfaces.
- La gestion des risques.
- Le processus de vérification et de validation.

❖ Matin 10h30 – 12h30 : Les méthodes et outils associés (début).

#### ➤ LA MODELISATION.

- ✓ Modélisation, approche système et conception généralisée. Les enjeux de la modélisation.
- ✓ La place des modèles dans la démarche de conception généralisée (Mise en évidence et résolution des problèmes au plus tôt, avant réalisation de l'ensemble).

✓ Utilisation du modèle. Quels types de modèles, quels phénomènes à prendre en compte :

- ⇒ Utilisation pour les validations fonctionnelles.
- ⇒ Utilisation pour la compréhension des phénomènes.
- ⇒ Utilisation pour le dimensionnement.
- ⇒ Utilisation pour la conception de lois de Contrôle Commande.
- ⇒ Utilisation pour la spécification des essais de recette composants, sous-systèmes et systèmes. Utilisation de bancs d'essais « virtuels » pour établir les spécifications des montages d'essais ainsi que les résultats attendus.
  - Intégration / validation virtuelle sur la base du modèle.
  - Vérification des exigences.
  - Sûreté de fonctionnement.

❖ Après-midi 14h – 17h30 : Les méthodes et outils associés.

#### ➤ LE DIMENSIONNEMENT EN PUISSANCE.

- ✓ Mise en forme du cahier des charges fonctionnel (à partir d'une spécification de réponse à l'échelon, à partir d'une spécification de réponse en rampe, à partir d'une réponse sinusoïdale).
- ✓ Dimensionnement et spécification "en puissance".

➤ L'ANALYSE LINEAIRE (début).

- ✓ Rappels et terminologies concernant les outils mathématiques utilisés pour l'analyse des systèmes dynamiques :
  - le gain d'un système, le décibel (dB),
  - la bande passante,
  - la fréquence propre, le mode propre,
  - le déphasage entre une entrée et une sortie d'un système,
  - la dérivée, l'intégrale.
- ✓ Les systèmes dynamiques - Le point de vue du mécanicien.

A partir d'exemples simples et didactiques issus du domaine de la mécanique, nous abordons les notions d'oscillations libres non amorties, oscillations libres amorties, oscillations forcées non amorties et oscillations forcées amorties, ainsi que la notion de mode et fréquence propres.

- La masse, la raideur, les frottements (visqueux, secs, hydrodynamiques).
  - Le système masse/amortisseur.
  - Le système masse/ressort/amortisseur.
- ✓ Etude des systèmes linéaires.
    - Les équations différentielles. Les équations d'états.
    - Le passage du domaine fréquentiel au domaine temporel.
    - Le bloc diagramme : construction d'un bloc diagramme et algèbre permettant de calculer les fonctions de transfert et de simplifier un bloc diagramme.
    - Les fonctions de transfert. Les pôles et les zéros (résonances et antirésonances). Les diagrammes (Bode, Nyquist).
    - Les systèmes de base : retard pur, intégrateur, premier ordre, second ordre. Représentations fréquentielles et temporelles de ces différents éléments.

Jour 2 :

- ❖ Matin 9h – 12h30 : Les méthodes et outils associés.

➤ L'ANALYSE LINEAIRE (fin).

- ✓ La théorie des systèmes asservis.
  - Boucles ouverte et fermée.
  - La régulation (face à des perturbations externes s'appliquant sur le système) et la poursuite (le suivi de consignes).
  - Stabilité. Comment apprécier le degré de stabilité d'un système asservi (marge de gain, marge de phase).
  - Précisions statique et dynamique.
- ✓ Les outils d'analyse des systèmes asservis.
  - Réponses impulsionnelle, indicielle.
  - Les diagrammes (Bode, Nyquist).
- ✓ Les méthodes de contrôle-commande :
  - Correcteurs de type P, PI, PID. Présentation, utilisation, réglage.
  - Les filtres. Présentation, utilisation et réglage.
  - Les retours d'états. Le placement de pôles.

➤ LE DIMENSIONNEMENT FREQUENTIEL.

- ✓ Evaluation des dynamiques en présence. Conditionnement fréquentiel du système. Répartition fréquentielle, positionnement modal.
- ✓ Spécifications de raideurs, d'inerties, de cinématiques (réducteurs, autres...).
- ✓ Choix des capteurs et de leur emplacement.

➤ L'ANALYSE NON LINEAIRE (début).

- ✓ Introduction de la partie contrôle / commande de façon continue (non prise en compte des problèmes liés à la numérisation des signaux).
- ✓ Evaluation de l'influence des phénomènes non-linéaires de type jeux, frottements secs, etc ..., sur les comportements statique et dynamique du système asservi à concevoir. Spécification des valeurs limites.
- ✓ Etude fine du contrôle mis en œuvre lors de la phase d'analyse linéaire ainsi que les valeurs des paramètres de ce contrôle et les caractéristiques techniques des différents composants.
- ✓ Etude de robustesse. Analyse de l'influence des dispersions de fabrication. Analyse de l'influence du vieillissement des composants.
- ✓ Spécifications des essais de recettes des différents organes, sous systèmes et pour ceux de l'actionnement complet et pour préciser les résultats attendus lors des différents essais.
- ✓ Sûreté de fonctionnement (cas de panne, stratégies de replis, seuil de détection des pannes, etc.).
- ✓ Vérification / validation des fonctions demandées à l'ensemble.

- ❖ Après-midi : 14h- 17h30 : Les méthodes et outils associés (fin).

➤ L'ANALYSE NON LINEAIRE (fin).

- INTRODUCTION DES CONTRAINTES LIEES A LA NUMERISATION DES SIGNAUX.
- ✓ Introduction : Intérêts de la prise en compte des problèmes liés à la numérisation des signaux.
- ✓ Le théorème de SHANNON.
- ✓ Introduction, des phénomènes liés à la numérisation des signaux. Prise en considération des phénomènes liés à la chaîne d'acquisition (capteur, filtrage des mesures, échantillonneur / bloqueur, conversion numérique / analogique, retards, correcteurs numériques).
- ✓ Evaluation des dégradations de performances induites.
- ✓ Spécification de l'ensemble des valeurs des paramètres liés à la chaîne d'acquisition des mesures et aux calculs numériques des correcteurs.
  - Caractéristiques des capteurs et des électroniques de conditionnement.
  - Bande passante des filtres anti-repliement,
  - Périodes d'échantillonnage, locale et de commande du niveau supérieur,
  - Résolutions des convertisseurs analogique / numérique et numérique / analogique.
  - Retards admissibles.
  - Algorithmes numériques des contrôle / commande.

### Jour 3 :

- ❖ Matin 9h – 12h30 : Sensibilisation aux problématiques liées à chaque métier.
- ✓ Lien entre les méthodes et outils et les problématiques spécifiques des différents métiers.
  - Electrique.
    - Présentation des différents types de moteurs.
    - Les aspects thermiques. Tenue des isolants.
    - La commande rapprochée fournisseurs.
    - La commande en courant, vitesse, position.
  - Hydraulique.
    - Les variations des caractéristiques des fluides (viscosité, compressibilité).
    - La dynamique des composants.
    - Les phénomènes liés aux lignes hydrauliques.
    - Les problèmes de stabilité de certains composants.
  - Electronique (contrôle / commande et matériel).
    - Les limitations liées aux calculateurs.
    - La précision des calculs.
    - Les résolutions.
- ❖ Après-midi 14h – 17h30 :
- ✓ Sensibilisation aux problématiques liées à chaque métier (suite et fin).
- ✓ Synthèse de la formation
- ✓ Débriefing

## LES OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES

Apporter les bases théoriques et pratiques pour modéliser et concevoir des systèmes mécatroniques avec leur système de contrôle-commande.

## MÉTHODE PÉDAGOGIQUE ET EXEMPLE

L'ensemble de la formation sera basé sur deux exemples. Le premier servira de fil conducteur au formateur. Le second servira d'exemple pour les stagiaires. Les deux exemples seront à définir / choisir d'un commun accord entre la société client et SHERPA ENGINEERING.

## CONTACT

**Patrick CHEVRIER**

**Responsable formation**

Tel: 01 47 82 08 23 – [formation@sherpa-eng.com](mailto:formation@sherpa-eng.com)

SHERPA Engineering – Le Gaïa

333 avenue Georges Clemenceau – CS 50297

92741 Nanterre Cedex