

**Domaine :** Ingénierie - **Thématique(s) :** Électronique, énergie électrique

STAGES COURTS

## CONCEVOIR L'ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE D'UNE CHAÎNE D'ACQUISITION ET L'OPTIMISER AVEC DES OUTILS NUMÉRIQUES

L'objectif de cette formation est de concevoir une chaîne d'acquisition, du capteur au traitement numérique, à l'aide d'un outil de simulation métier gratuitement disponible. En abordant les principales notions d'électronique analogique, cette formation permet au participant de :

- Justifier des choix de conception ;
- S'appuyer sur des outils modernes de prototypage rapide pour prendre des décisions éclairées ;
- Dérisquer des projets d'électronique analogique, avant toute réalisation de carte.

Pour cela, la formation s'appuie sur l'utilisation d'un outil professionnel gratuit permettant de concevoir son électronique analogique en alliant rapidité de mise au point et validation virtuelle des performances. Pour guider cet apprentissage, la formation suit le fil rouge de la conception d'une chaîne de traitement analogique en se fixant comme objectif la maximisation du rapport signal à bruit.

Les simulateurs électroniques fondés sur le moteur SPICE sont de véritable outil de virtualisation de la partie analogique. Ils en donnent un retour immédiat. La maîtrise de cet outil freeware permet d'ajuster les paramètres sans réalisation puis de valider les fonctions électroniques conçues. L'étape de réalisation devient rapide, efficace, bref sans stress.

🕒 **Durée de la formation :** 21 heures

📅 **Dates :** Voir le calendrier

📍 **Lieu :** Campus Pierre et Marie Curie – Paris (Jussieu)

💶 **Tarif :** 1850 €

**Modalité :** Présentiel

## OBJECTIFS ET COMPÉTENCES VISÉES

- Déterminer le modèle électrique du capteur afin de développer le traitement électronique qui doit lui être associé en utilisant un simulateur.
  - Justifier et valider par simulation le choix de l'étage de conditionnement du signal afin d'optimiser le signal utile issu du composant source.
  - Quantifier par simulation le bruit d'une chaîne de pré-traitement analogique afin de construire le gabarit du système de filtrage additionnel.
  - Choisir et synthétiser un filtre analogique en vue de construire un schéma électronique qui optimise le rapport signal sur bruit.
  - Analyser les performances d'un filtre analogique, au moyen d'un logiciel de simulation, pour valider la structure électronique choisie.
  - Définir le cahier des charges d'une chaîne de traitement analogique afin de répondre à un besoin d'interfaçage d'un capteur.
  - Concevoir une chaîne de traitement analogique afin de valider la satisfaction de la performance souhaitée.
- Quantifier par simulation la sensibilité de la chaîne de traitement afin de valider la performance souhaitée.

## PUBLIC VISÉ

Cette formation s'adresse à des ingénieurs et techniciens en charge de la conception de l'électronique d'une application.

## RESPONSABLE(S) PÉDAGOGIQUE



Gérard Sou



Thierry Ditchi

## INFORMATIONS

### Catégorie de l'action de développement des compétences :

(Article L6313-1 du Code du Travail)

Action de formation

### Documents :

Les éventuels supports pédagogiques fournis par Sorbonne Université sont couverts par le droit d'auteur et leur usage est strictement limité à la prestation. Aucune diffusion ou réutilisation du support pédagogique, qu'elles soient partielles ou totales, ne sont autorisées en

## PRÉ-REQUIS

Connaissances préalables requises : Notions d'électronique, diagramme de Bode, amplificateur opérationnels parfaits, et défauts simples de l'AOP réel. Montage de base à AOP (ampli > 0 et < 0, dérivateur, intégrateur)

## PROGRAMME

### Jour 1 – matin :

#### 1. Capteurs

- En s'appuyant sur différentes technologies (photodiode, composant piézo-électrique, thermistance, bobine, etc.), la diversité des modèles de sources est envisagée.
  - Application pratique s'appuyant sur une documentation de constructeur
- #### 2. Conditionnement du signal : amplification et adaptation d'impédance.
- Justification des caractéristiques de cet étage en s'appuyant sur celles de la source d'une part et celle du numériseur d'autre part.
  - Application pratique pour deux types de sources : impédances internes élevée et faible. Montage trans-impédance et montage amplificateur de tension. Application à la photodiode et à un capteur piézoélectrique par exemple.
  - Première prise en compte de la notion de filtrage fréquentiel en affinant les modèles des amplificateurs opérationnels.

### Jour 1 – après-midi :

1 Conditionnement du signal : mise en place et simulation sous le freeware Spice choisi de deux montages typiques.

Mise en évidence de l'intérêt de réaliser une amplification différentielle pour supprimer certains bruits (mode commun).

#### 2. Bruit : bilan de bruit de la chaîne d'acquisition – analyse.

- Explicitation des sources de bruit de la chaîne de mesure : capteur, conditionnement, entrée du numériseur, extérieur.
- Structuration de l'analyse en prenant le point de vue du bruit équivalent en entrée de numériseur.
- Formule de Friis (facteur de bruit d'une cascade de quadripôles).
- Amplificateur faible bruit et son positionnement dans la chaîne d'acquisition.

### Jour 2 – matin :

Concevoir le système de filtrage pour améliorer le rapport signal sur bruit.

#### 1. Fonction de transfert : un outil mathématique puissant abordé d'un point de vue utilisateur.

Transformée de Laplace, fonction de transfert, critères de stabilité des filtres.

#### 2. Du filtre idéal au filtre réel.

Spécification d'un gabarit,

Outils de normalisation et de transposition.

#### 3 Filtres prototypes et leurs propriétés : Butterworth, Legendre, Chebyshev, Cauer, Bessel.

### Jour 2 – après-midi :

#### 1. Simulation sous le freeware Spice de filtres passifs.

Cahier des charges → Gabarit → prototype → composants et leur valeur, Analyse des réponses fréquentielles (bande passante et bande coupée) et temporelles.

#### 2. Synthèse de filtres actifs par la méthode de Sallen-Key.

#### 3. Simulation sous le freeware Spice de filtres actifs.

Cahier des charges → Gabarit → prototype → composants et leur valeur, Analyse des réponses fréquentielles (bande passante et bande coupée) et temporelles (temps de réponse),

Sensibilité (Dispersion des valeurs de composants).

### Jour 3 – matin :

#### 1. Optimisation de la chaîne d'acquisition vis-à-vis du critère signal à bruit (2H00).

En abordant le cas d'usage d'une chaîne à deux amplificateurs :

- Action sur la chaîne de conditionnement afin de ne pas détériorer la sensibilité intrinsèque du capteur.

dehors de la prestation de formation.

Un questionnaire d'évaluation sera fourni aux stagiaires avant et après la formation.

### Évaluation et validation :

L'évaluation se fonde sur :

Le compte-rendu des résultats obtenus lors des ateliers de mise en situation professionnelle.

Les réponses au questionnaire à choix multiples qui valide l'acquisition des compétences en évaluant connaissance, compréhension, analyse et synthèse.

Nombre de questions du QCM : une dizaine

Note minimum de validation : 60%

Temps alloué au QCM : 30 minutes

- La validité est : permanente
- Possibilité de certification partielle : non
- Durée de validité des composantes acquises : permanente
- Matérialisation officielle de la certification : Certificat de compétences

### Possibilité de sessions sur-mesure

## CONTACT

✉ [ingenierie-fc@sorbonne-universite.fr](mailto:ingenierie-fc@sorbonne-universite.fr)

b) Action sur la chaîne de conditionnement afin de ne pas détériorer la résolution du numériseur.

2. Simulation de la chaîne d'acquisition sous le freeware Spice et mise en évidence des principales caractéristiques du système complet.

**Jour 3 – après-midi :**

Bonnes pratiques pour choisir la technologie adaptée au travers des datasheet des composants. Pour cela, cette dernière demi-journée suivra le fil rouge d'un traitement analogique permettant d'interfacer le signal capteur à l'entrée du convertisseur analogique-numérique. Elle s'appuiera sur la conception des filtres réalisés lors de la 2ème journée.

1. Capteurs : Principales caractéristiques.
  2. Amplificateurs opérationnels : Principales caractéristiques et positionnement de l'amplificateur d'instrumentation.
  3. Numériseur : choix du CAN.
  4. Simulations de validation avec le freeware Spice (1H00) avec différentes caractéristiques d'amplificateurs opérationnels. Visualisation des impacts sur la réponse du filtre : effet sur la bande passante, sur le bruit et sur la dynamique.
  5. Bilan de la formation
- 

## MÉTHODES

Les concepts fondamentaux sont abordés en cours. Des ateliers de mise en pratique permettent de se les approprier autour de cas concrets. Ils confrontent le stagiaire aux étapes de mise en œuvre et de validation. Cette partie met en avant l'utilisation efficace de l'outil de calcul numérique.

---

## DÉBOUCHÉS

Cette formation permet aux individus de sécuriser leur parcours professionnel en leur donnant les compétences nécessaires pour accompagner les entreprises dans les enjeux liés à leur secteur d'activité et s'adapter aux évolutions technologiques associées.

---

## LES + DE LA FORMATION

- Un accueil personnalisé au sein de nos laboratoires,
  - Une formation sur mesure,
  - Une alternance de cours et de travaux pratiques,
  - Une équipe enseignante large et expérimentée.
-