



DOMINANTE SCOC

« SYSTÈMES COMMUNICANTS ET OBJETS CONNECTÉS »

SÉQUENCE DE DOMINANTE SD9

Images Designed by vectorpocket / Freepik



Séquence de dominante SCOC (SD9) / 200 HEE

La dominante forme des architectes et concepteurs de systèmes complexes de traitement et de communication hétérogènes, flexibles, coopératifs à haute technologie et intelligence distribuée. La séquence de dominante a pour but de donner une vision d'ensemble sur les différentes disciplines qui seront approfondies et élargies dans les trois mentions.

Conférences introductives et visites d'entreprises
(20 HEE/12 HPE)

Socle commun
(55 HEE / 33 HPE) –
Signaux et Communications, Réseaux,
Systèmes électroniques,
Electromagnétisme

Projet intégré : conception de système connecté
(40 HEE)

Projet Industriel (40 HEE)

Contextes et enjeux des
systèmes communicants et
objets connectés
(15 HEE / 9 HPE)

Systèmes de communication
(55 HEE /33 HPE)

Systèmes embarqués
(30 HEE /18 HPE)

Architecture des
émetteurs/récepteurs radio
(25 HEE /15 HPE)

➤ **Conférences introductives et visites** : Des conférences introductives présentent la démarche d'ingénierie des systèmes complexes connectés et des inter systèmes. Des tables rondes et des visites présentent les enjeux et les besoins de nombreux secteurs d'activités comme les transports, la mobilité, le spatial, la santé, l'énergie, les villes, l'agriculture, les télécommunications (ex. Thalès, Airbus, Orange, Bouygues, Nokia, EDF, Renault...).

➤ **Modules d'enseignement et projets** : Les modules de la dominante apportent les fondements théoriques, technologiques, économiques et juridiques des systèmes communicants et des objets connectés.

Un projet intégrant des objets connectés pour des applications comme l'usine du futur, les transports ou la santé permettra aux élèves de travailler à la conception d'un objet communicant, puis à la réalisation d'un démonstrateur fonctionnel et opérationnel d'objet connecté à un réseau au service d'une application. Ce démonstrateur intégrera électronique, communication, et traitement des données.

Séquence de dominante SCOC (SD9) : modules d'enseignement

- **Contextes et enjeux des systèmes communicants interconnectés (15 HEE/9 HPE) :** Enjeux stratégiques, économiques, industriels, sociétaux et humains. Aspects énergétiques et environnementaux. Aspects juridiques (droit du numérique, protection des données, gestion des ressources, nouveaux paradigmes).
- **Socle commun (55 HEE/33 HPE) :** Ce socle de cours a pour objectif d'apporter les concepts de base pour les systèmes communicants et les objets connectés en fournissant des rappels et des compléments en communications et réseaux, en électronique et en électromagnétisme, adaptés à la diversité des parcours des élèves entrant dans la dominante (ST/électifs). Les TD seront déclinés selon les parcours des élèves et les TP selon la mention choisie.
- **Systèmes de communication (55 HEE/33 HPE) :** Ce cours traite des techniques de communications, des architectures des réseaux ainsi que de l'architecture des traitements. Il donne les fondements des traitements élémentaires d'une chaîne de communication numérique, des méthodes d'accès et de l'acheminement des données pour différents types de réseaux et d'applications. Il aborde des problématiques de qualité de service, de mobilité, de capacité, d'énergie, de fiabilité, de sécurité et de résilience. Il introduit les nouveaux paradigmes des systèmes communicants (virtualisation, densification massives, autonomie, intelligence...).
- **Systèmes embarqués (30 HEE/18HPE) :** Les objets communicants demandent une grande puissance de calcul qui peut être embarquée ou distribuée dans un réseau. Ce cours traite des grandes problématiques associées telles que la distribution des traitements, les OS embarqués, la cyber sécurité des composants et des systèmes tout en prenant en compte les méthodologies de diminution de la consommation énergétique. Une partie de cet enseignement prend la forme d'un projet visant à mettre en pratique les diverses stratégies de conception architecturale sur des plateformes de type "Low Power System-on-Chip".
- **Architecture des émetteurs et récepteurs radio (25 HEE/15 HPE) :** Ce cours aborde les problématiques de la transmission radio (gestion du spectre, bruit, interférence, perturbations, bilan énergétique et de puissance, portée). Il donne une vision des architectures et des chaînes des traitements des émetteurs/récepteurs (amplification, transposition de fréquence, modulation/démodulation,..) ainsi que les outils pour modéliser et concevoir ces traitements (circuits hyperfréquences) et gérer les compromis de performance (linéarité, rendement, efficacité énergétique, poids...) selon le secteur d'application (spatial, télécommunication, IoT, santé...).



Mention OCENE

Objets Communicants

et

Electronique Embarquée

(Rennes)



- **Objectifs** : Les objets qui vous entourent évoluent selon deux forces majeures : des communications plus abondantes avec leur environnement, et une intelligence leur offrant plus d'autonomie. Quelles connaissances en architecture matérielle et logicielle permettent de concevoir de tels systèmes ? Et comment, demain, pourrez-vous créer la prochaine génération de ces systèmes en y intégrant les enjeux sociétaux et environnementaux qu'ils soulèvent ? Qu'il s'agisse d'enceintes connectées, d'IoT, de 5G, de capteurs pour la santé, de villes & agriculture connectées, ou de véhicules autonomes et drones, l'ingénieur de demain doit posséder de solides compétences en systèmes embarqués, en radio intelligente, en intelligence artificielle, et en sécurité pour répondre avec efficacité à ces enjeux. C'est ce que vise cette mention qui s'appuie sur les 4 piliers principaux des systèmes communicants et objets connectés intelligents : le hardware, le software, les communications et l'IA.
- Modalités d'enseignement : structuration de la mention en quatre modules
 - Pour chaque module, 60% de cours et 40% de TD
 - Pour la plupart des modules, intervention de partenaires industriels. Vision sur des contraintes et défis des applications pratiques, liens avec les fondements théoriques, conférences métiers
 - Projet et/ou CEI sur l'ensemble des trois séquences
 - Visites guidées des sites des partenaires
- **Ingénieurs formés** : Ingénieur R&D, Ingénieur Systèmes, Recherche, Conseil, Entrepreneuriat
- **Secteurs d'emploi (liste non exhaustive)** : Energie, Télécommunications, Transport ,Aéronautique et spatial, Robotique/Drones, Objets connectés, Santé
- **Compatibilité avec les Masters ISC et EEA sur Rennes**



Mention OCENE (Rennes)

Séquence 10 : Systèmes

(200 HEE enseignement + 80 HEE projet)

Séminaires d'introduction de mention (20 HEE/12 HPE) / Visite d'entreprise

Module 1 (70 HEE/42 HPE)

Conception de Systèmes

- Architectures matérielles
- Plates-formes embarquées
- Conception/validation des systèmes

Module 2 (60 HEE/36 HPE)

Systèmes communicants

- Procédés de Transmissions
- Objets communicants

Module 3 (50 HEE/30 HPE)

IA et traitement du signal

- Réseaux de neurones profonds
- IA et base de connaissance
- IA et traitement de séquences temporelles
- IA générative : réseaux GAN et VAE

- **Partie Introductive (20 HEE)** : Introduire le contenu de la mention, avec des conférences de partenaires industriels, insistant à travers les enjeux industriels la cohérence de la mention
- **Module 1: Conception de Systèmes (70 HEE)** : Architectures matérielles et logicielles, technologies disponibles (FPGA, processeurs, plates-formes) ; systèmes d'exploitation embarqués et temps-réel ; méthodologie de conception et de validation.
- **Module 2: Systèmes communicants (60 HEE)** : Ce module présentera tous les schémas de transmissions à la base des systèmes de télécommunications actuels, les paramètres clés à optimiser (efficacité énergétique, débit, latence, fiabilité, sécurité) et les conséquences sur le dimensionnement de ces systèmes ; études de cas d'objets communicants (Internet des objets).
- **Module 3: IA et traitement du signal (50 HEE)** : Après une rapide mise à niveau dans le domaine du Machine Learning issu de la vie artificielle (apprentissage neuronal, Algorithme génétique, logique floue...), les principales approches actuellement utilisées en IA seront étudiées dans des domaines variés (image, son, texte, stratégie) de manière à donner la possibilité aux élèves d'appliquer les techniques issues de l'IA dans n'importe quel domaine (analyse financière, télécom, hardware, traitement du signal, jeux stratégiques...).

▪ Exemples de problématiques d'ingénieur traitées :

- Conception et implémentation d'un jeu vidéo sur SoC (FPGA+Processeur)
- Réalisation d'un réseau de capteurs distants (LoRaWAN + Cloud)
- Optimisation d'un OS temps-réel dans un environnement embarqué multi-cœurs (Soc FPGA)



Mention OCENE (Rennes)

Séquence 11 : Applications

(160 HEE enseignement + 120 HEE projet)

Module 4 (60 HEE/36HPE)

Electronique embarquée

- Architectures reconfigurables
- Calcul embarqué intensif
- Cybersécurité des systèmes

Module 5 (60 HEE/36 HPE)

Télécommunications

- Réseaux et systèmes embarqués
- Radio intelligente

Module 6 (40 HEE/ 24 HPE)

Applications industrielles

- - Objets communicants
- - IA Embarquée

- **Module 4 : Electronique embarquée (60 HEE)** : Architectures avancées : reconfiguration dynamique partielle, calcul embarqué intensif (GPU, TPU) ; plates-formes embarquées multi-cœurs ; confidentialité et sécurité dans les systèmes électroniques
- **Module 5 : Télécommunications (60 HEE)** : Notions d'apprentissage et de prise de décisions des futurs systèmes de télécommunications dans l'objectif de les rendre plus autonomes, plus flexibles et plus à même de gérer l'inter-opérabilité des réseaux. Il s'agira alors d'aborder les fondements et implications de la radio intelligente et de son support technologique, la radio logicielle.
- **Module 6 : Applications industrielles (40 HEE)** : Présentation d'une application par un industriel, définition d'un cahier des charges et réalisation sous forme d'une preuve de concept ; au choix, un des 2 domaines :
 - **Objets communicants** : A l'issue de ce module, les élèves seront en mesure de dimensionner un réseau d'objets communicants et autonomes.
 - **IA embarquée** : Mise en œuvre des techniques d'IA vues précédemment dans différents contextes tels l'analyse et la synthèse d'audio/vidéo/texte.

Exemples de problématiques d'ingénieur traitées :

- Implémentation d'IA dans le médical
- Accès opportuniste au spectre par recherche de bandes disponibles (radio intelligente)
- Véhicules autonomes, bâtiments, villes et agricultures intelligent-e-s, e-santé
- Localisation de robot par SLAM et IA
- Analyse de comportement humain