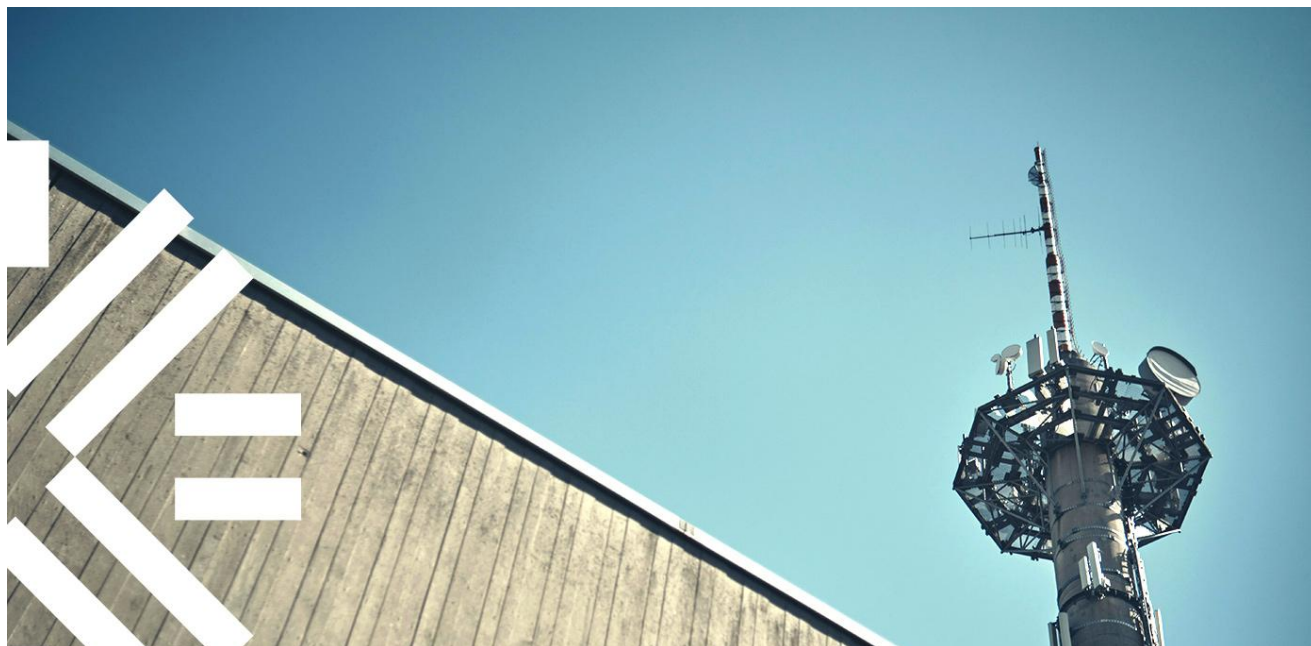




Interface radio xG



Cette formation apporte une maîtrise complète des technologies clés des couches physique (PHY) et MAC des réseaux 5G et de la future 6G, incluant les formes d'onde OFDM et post OFDM, le beamforming, MIMO massif et MIMO distribué, ainsi que l'allocation dynamique des ressources. Grâce à un équilibre entre théorie et travaux pratiques, les participants acquièrent les compétences avancées nécessaires pour optimiser les performances radio.



Établissement(s) partenaire(s)

CentraleSupélec Exed
Campus de Paris-Saclay
Plateau de Moulon
91190 Gif-sur-Yvette
<https://exed.centralesupelec.fr/>

LIBELLÉ RÉGLEMENTAIRE

Interface radio xG

MODALITÉS PÉDAGOGIQUES

Présentiel

RÉGIME D'INSCRIPTION

Formation continue

Avec l'émergence de la 5G et l'évolution vers la 6G, les réseaux mobiles deviennent plus complexes, dynamiques et exigeants en performances. Les technologies telles que l'OFDM, le MIMO massif, le beamforming et les nouvelles approches d'allocation de ressources sont désormais essentielles pour répondre aux besoins croissants en débit, latence réduite, efficacité énergétique et connectivité massive (IoT, M2M). Cette formation répond à ces enjeux en dotant les participants des compétences nécessaires pour comprendre, implémenter et optimiser les mécanismes physiques et d'accès radio des réseaux mobiles de nouvelle génération, dans un contexte marqué par la virtualisation, la densification cellulaire et les contraintes d'efficacité spectrale.



Publics, profils attendus

La formation s'adresse aux profils ingénieurs, managers et techniciens qui souhaitent se spécialiser dans l'interface radio (PHY, MAC) de la 5G : formes d'onde multi-porteuses, MIMO massif et allocation de ressources.



Pré-requis et conditions d'accès

Notions de base sur le traitement du signal et les systèmes de communications.



Compétences développées

À l'issue de cette formation, les participant·es seront en capacité de :

- décrire les choix technologiques 5G ;
- évaluer les performances de la 5G pour des architectures différentes ;
- identifier les principaux facteurs améliorant les performances par rapport aux générations précédentes ;
- mettre en œuvre des techniques de formes d'onde, MIMO massif et d'allocation des ressources et analyser leur impact sur les performances des réseaux mobiles.



Les plus de la formation

- Maîtrise des technologies de pointe de l'interface radio 5G.
- Préparation à la 6G : anticipation des évolutions technologiques, MIMO distribué.
- Adaptabilité : capacité à travailler sur des projets innovants dans les télécoms, la défense, l'automobile connectée, etc.

Organisation

La formation est organisée sur le campus universitaire de Beaulieu, à Rennes.

Programme

Couche PHY : formes d'onde multi-porteuses (1,5 jours)

- Les fondements de l'OFDM et ses avantages dans les environnements multi-trajets.
- Les numérogies 5G, les bandes de fréquences, les schémas de modulation, et les modes de transmission TDD/FDD.
- Les différences entre OFDM en 4G et OFDM en 5G NR, ainsi que les formes d'onde post-OFDM envisagées pour les futures générations (e.g. FBMC, UPMC, etc.).

Une demi-journée sera consacrée à un travail pratique d'implémentation des formes d'onde OFDM et post-OFDM, avec pour objectif d'évaluer leurs performances dans des conditions réalistes : canaux sélectifs en fréquence, décalage de fréquence (CFO), et diverses imperfections matérielles. Ce TP permettra aux participants de mieux comprendre les limites et les leviers d'optimisation des formes d'onde en environnement dégradé.

Couche PHY – Beamforming et MIMO massif (2 jours)

- Description des architectures antennaires de formation de faisceau (beamforming) : numérique, analogique, hybride.
- Efficacité spectrale de ces architectures (SU-MIMO, MU-MIMO).
- Bases de la formation de faisceau analogique (beam steering et beam widening).
- Bases de la formation de faisceau numérique (SVD, ZF, MRT, MMSE).
- Application à la 5G NR :
 - Configuration des pilotes CSI-RS selon le type de beamforming
 - Systèmes FDD : Description des codebooks et du retour d'informations PMI (Precoding Matrix Indicator).
 - Systèmes TDD.

Deux demi-journées seront dédiées à des travaux pratiques sur l'implémentation des techniques MIMO et des codebooks 5G, avec une évaluation des performances en fonction des caractéristiques du canal. Ces sessions permettront aux participants de maîtriser les

principes du MIMO avancé et d'en analyser concrètement l'impact sur les performances radio.

Couche MAC : Allocation ressources, 4G, 5G (1.5 jours)

- Techniques de scheduling, ex: Proportional Fairness (PF) de LTE.
- Méthodes d'allocation de puissance pour la réduction de la consommation énergétique des réseaux et des terminaux, ex: waterfilling.
- Techniques de sélection d'antennes et d'allocation des ressources en MIMO massif.
- Applications aux réseaux cognitifs, communications M2M (Machine-to-Machine), et systèmes IoT.
- Applications au NOMA (accès non orthogonal au spectre).
- Techniques d'accès aléatoire (grant-free) dans les réseaux IoT et les réseaux auto-organisés.

Une demi-journée de travaux pratiques portera sur la sélection d'antennes et l'allocation dynamique des ressources en MIMO massif, incluant scheduling (Proportional Fairness), gestion d'énergie (waterfilling), et applications aux réseaux IoT, M2M, NOMA et accès grant-free.



Durée de la formation

5 jours - 35 heures



Calendrier de la formation

- **1re session** : du 30 mars au 3 avril 2026
- **2e session** : du 16 au 20 novembre 2026



Méthodes pédagogiques

- Apports théoriques illustrés par des exemples concrets.
- Exercices pratiques avec des travaux en sous-groupes.
- Mise en situation concrète au travers d'études de cas issues de projets réels.
- Pédagogie active intégrant le retour d'expérience des participants.

Candidature

Formation Continue

Contact(s)

Guillaume RIOU

Chargé d'animation et d'ingénierie en formation continue et alternance

guillaume.riou [at] univ-rennes.fr

Coût de la formation

4 500 €

Mise à jour : ven, 31/10/2025 - 15:19