

# Formation Les Réseaux Mobiles en 2021 : du GSM à la 4G/4G+/5G

## Description de la formation réseaux mobiles

Aujourd'hui, le mobile permet d'accéder à un large panel de services - voix, internet, apps, vidéo..., à travers des interfaces de plus en plus variées et sophistiquées : écran tactile haute définition, reconnaissance vocale, Bluetooth, WiFi, NFC, GPS.... Ces vingt dernières années, les réseaux mobiles ont énormément évolué. Initialement offre monolithique autour de la voix, ils permettent à présent de gérer un champ quasiment illimité de services et d'usages.

L'objectif de cette formation est de comprendre ces évolutions et de détailler les technologies sous-jacentes au travers d'un panorama complet des réseaux mobiles.

Nous présenterons les évolutions architecturales de ces réseaux mobiles dans lesquels IP a fini par prendre une place prépondérante.

Les principales procédures associées seront évoquées : mobilité, sécurité, gestion des appels et des sessions.

Nous passerons en revue les idées nouvelles qui ont été introduites au niveau de la radio afin d'augmenter les débits.

Nous traiterons également de l'évolution des services : la voix, service star des années 2G, a été supplantée par les applications dites « data » au gré des évolutions 2.5G, 3G, 3G+, 4G et 4G+ et bientôt 5G dont nous présenterons les perspectives..

Les normes GSM, GPRS, UMTS, HSPA et LTE seront le cœur de notre sujet. Nous les analyserons dans une perspective mondiale en évoquant leurs concurrents américains et asiatiques comme : PdC, CDMA(IS95), CDMA2000 ou WiMAX.

Nous présenterons également les acteurs actuels des télécoms, notamment en ce qui concerne



ITgate

Training

Your Gateway to Excellence

les réseaux mobiles : les acteurs de normalisation (ITU, IETF, ETSI, 3GPP), les acteurs industriels, la logique de brevet sous-jacente, le bilan mondial de ces solutions...

Nous essaierons enfin de nous projeter vers l'avenir. Si la standardisation **5G** n'est pas encore d'actualité, l'on peut deviner de quoi elle sera faite.

Comme la 4G actuelle, cette 5G sera OFDM : un OFDM amélioré par des techniques de filtrage le rendant plus efficace spectralement. Elle sera aussi massivement MIMO pour laquelle des techniques dites MIMO-3D verront le jour. On parlera également de NOMA en tant que technique DMA venant compléter la logique OFDMA. Enfin du côté radio on pourrait voir des techniques duplex nouvelles apparaître, comme le single channel FDD. Mais cette 5G s'annonce également comme une révolution architecturale : des cellules de plus en plus petites portées par des fréquences de plus en plus hautes (3, 5, 10 GHz et au-delà encore ?) matérialisées par des têtes radio déportées commandées par des équipements centralisés et décidant de l'attribution de toutes les ressources radio nécessaires pour un vaste espace géographique. Le tout associé à un cœur de réseau dans le lequel les concepts Cloud et Virtualisation entreront en force.

Enfin, cette 5G sera là pour permettre une nouvelle révolution des usages qui viendra certainement par l'intermédiaire de l'Internet of Things, annonçant l'émergence d'objets communicant entre eux.

## Objectifs

### Objectifs Pédagogiques :

Concrètement, à l'issue de cette formation « Les réseaux mobiles en 2021 : de la 2G à la 5G », vous serez en mesure de :

- Savoir décrire l'évolution des techniques et des usages associées aux réseaux radiomobiles qui existent depuis 1990, qu'ils soient de type 2G, 3G, 4G et bientôt 5G
- Comprendre et ces évolutions proposées en matière d'architecture, de protocoles, d'interface radio, de procédures et de services
- Comprendre et savoir décrire les enjeux politico – économique de ce domaine au niveau mondial

## À qui s'adresse cette formation ?

### Public :

Cette formation réseaux cellulaires s'adresse aux métiers des filières techniques de l'entreprise (Informatique, Telecom et Réseaux de données : Ingénieurs, Techniciens ou Architectes réseaux) mais aussi aux métiers connexes à ces filières techniques (Gestionnaires de Projets, Manager d'équipes, Marketing) souhaitant découvrir par le vocabulaire et les principaux concepts des réseaux mobiles qui nous entourent depuis le GSM jusqu'à la 4G+ en explorant les voies possibles de la 5G.

### Prérequis :

La connaissance des réseaux de télécommunications est un plus.

## Contenu du cours réseaux mobiles

### Introduction aux réseaux cellulaires

Panels des normes européennes : du GSM à HSDPA/HSUPA vers LTE

Autres standards : IS136, IS95, PdC, PdC-P, CDMA2000, EvDo, UMB

Normes PMR : TETRA, TETRAPOL

Solution WLAN/WPAN/WMAN : Bluetooth, WiFi, WiMax fixe et mobile

### Réseaux cellulaires 2G/2.5G : GSM, GPRS & EDGE

Genèse du standard et structure des releases 2G

Interface radio FDD GSM

Basiques FDMA/TDMA

Canaux logiques et physiques : modulation, principes de protection (CRC et CC), structure des canaux

Plan de fréquences 2G



ITgate

Training

Your Gateway to Excellence

## Architecture GSM

Architecture du BSS : BTS, BSC, interfaces

Architecture du NSS : rappels RTCP, MSC, GMSC, VLR, HLR, AuC

Charging, Billing et OMC

Terminaux GSM

Protocoles GSM radio et réseau

Principaux protocoles : CM, MM, MAP, ISUP, BSSAP

Procédures radio et réseau

Radio : accès aux ressources radio, RACH, paging, power control, gestion des mesures

Sécurité : authentification, intégrité et chiffrement

Mobilité : sélection/resélection de cellules, handover intra et inter BSC, roaming, mise à jour de localisation

Gestions des appels : entrants et sortants

Services 2G

Voix : du codeur GSM-FR au codeur AMR-NB, évolution TFO

Services supplémentaires

Support de la Data : IWF, TAF

SMS : principes, architecture et protocoles

CAMEL

Ingénierie 2G

Principes d'ingénierie radio : path loss, bilan de liaison, dilemme couverture/capacité, motif de réutilisation

Principes d'ingénierie de trafic : lois d'Erlang, modèle de trafic, notion de QoS, politique d'admission, impact de la mobilité

Ingénierie radio GSM : bilan de liaison GSM, capacité voix d'un réseau GSM

Exemples



ITgate

Training

Your Gateway to Excellence

HSCSD : un pas avant le GPRS

Grands principes IP : architecture, protocoles et services, QoS

Evolution de l'interface radio : modification du TDMA GSM, canaux logiques et physiques, CS, nouveaux protocoles RLC/MAC

Evolution de l'architecture BSS et NSS : PCU, SGSN, GGSN

Evolutions des protocoles : GTP, BSSGP, SMDCP, GMM

Evolutions des procédures radio et réseau : gestion du handover, power control, allocation des ressources radio, gestion de la mobilité en veille, mise à jour des zones de routage, gestion des sessions, notion de PdP context, gestion de la sécurité

Services : accès à internet, WAP, iMode

Performances GPRS

EDGE

Une nouvelle modulation

E-CSD (EDGE associé à HSCSD) : principes, canaux e-TCH, performances, services

E-GPRS (EDGE associé à GPRS) : principes, évolution RLC/MAC, HARQ, MCS

Performances EDGE

GERAN versus 3G : concept, évolution des protocoles, services

## **Réseaux cellulaires 3G/3G+ : UMTS & HSPA**

Genèse du standard et structure des Release 3G

Interface radio FDD UMTS

Basiques CDMA

Canaux logiques aux canaux de transport : description, mécanismes de protection : CRC, CC et Turbo Code

Canaux physiques R99 : canaux systèmes et canaux dédiés, modulation, les codes OVVSF et les codes de scrambling

Plan de fréquences 3G

Un mot sur l'UMTS TDD : TD-CDMA



ITgate

Training

Your Gateway to Excellence

## Architecture UMTS

Architecture du réseau d'accès radio : Node B, RNC, interfaces, ATM

Architecture du Core Network : du NSS GSM/GPRS à un NSS 3G

Charging, Billing et OMC

Terminaux UMTS

Protocoles UMTS radio et réseau

Strates UTRAN : User et Control Plane / Access et Non Access Stratum

Couches UTRAN : MAC, RLC, PDCP, BMC, RRC

Protocoles réseaux : CM, MM, GMM, SM, MAP, ISUP, GTP

Procédures radio et réseau

Radio: Power Control, Tx Diversity, gestion des mesures radio

Mobilité : sélection et resélection de cellules, handover et soft handover, relocalisation de RNC, mobilité intra RAT et mobilité 3G/2G

Sécurité : authentification, intégrité et chiffrement

Gestions des appels (CS) et des sessions (PS)

Services 3G

Téléphonie : de l'AMR-NB à l'AMR-WB

Visiophonie : H324 ou H323

Services de data : Web, WAP, email, ftp, SMS, MMS

Notion de QoS

Services de géolocalisation : CellId, A-GPS, OTDOA

Ingénierie 3G

Spécificité de l'ingénierie radio UMTS : cell breathing, notion de charge UL & DL, SINR,

Eb/N0, bilan de liaison UMTS, capacité en fonction des services

Exemples

Divers



ITgate

Training

Your Gateway to Excellence

Evolution UMA/GAN : principes, architecture, évolutions des protocoles et procédures

Multicast / Broadcast : MBMS

Stratégie de Migration 3G: EDGE ou UMTS

Evolution 3G+ de l'UMTS

HSDPA : un super canal partagé

Nouveaux canaux physiques

Traitements au niveau de la couche physique : HARQ DL, évolution MAC, codage canal, adaptation de lien

Stratégies de scheduling DL : QoS, CQI, puissance, scheduler Round Robin, MAX C/I ou PF

Classes des terminaux HSDPA

Performances HSDPA

HSUPA : un DCH amélioré

Nouveaux canaux physiques

Traitements au niveau de la couche physique : HARQ UL, évolution MAC, codage canal, adaptation de lien

Classes des terminaux HSUPA

Stratégies de scheduling UL : puissance, charge UL, ressources NodeB

Macro diversité en HSUPA

« Scheduled » et « Non Scheduled » data

Performances HSUPA

HSDPA et HSUPA = HSPA+

HSPA+ : HSUPA en renfort de HSDPA

MIMO : concepts et principes, configuration MIMO HSDPA, performances

Evolution des modulations : QAM16/QAM64

Nécessité du F-DCH (Fractionnal DCH)

Suppression de l'interface radio R99 -

Evolution IP de l'UMTS

---

**Capital Social:** 50000 DT **MF:** 1425253/M/A/M/000 **RC:** B91211472015

**Tél. / Fax.:** +216 73362 100 **Email:** contact@itgate-training.com **Web:** www.itgate-training.com

**Adresse :** 12 Rue Abdelkadeur Daghbir - Hammam Sousse 4011 – Tunisie



ITgate

Training

Your Gateway to Excellence

Evolution IP : évolutions des protocoles (SCTP, RTP/RTCP), IP & QoS (RSVP, DiffServ, MPLS)

Introduction d'IP au niveau du RAN

Evolution R4 du coeur de réseau :

- MSC-Server, MGW
- Protocole MEGACO, SIGTRAN, BICC
- Evolutions des procédures : établissement et de libération des appels

Evolution R5 du coeur de réseau :

- La révolution IMS
- Architecture : HSS, CSCF, MGCF, BGCF, MGW
- Protocoles : SIP, DIAMETER
- Evolutions des procédures
- Services IMS : de TAS a RCS

Ingénierie 3G+

Ingénierie radio HSPA : impact HSPA sur l'ingénierie UMTS, bilan de liaison HSPA,

Exemples

Divers

Femtocells

## **Réseaux cellulaires 4G : LTE et LTE-A**

Genèse : apport du WiMAX

Objectifs du LTE / LTE Advanced : débits, latences, efficacité spectrale, LTE: 3.9G ou 4G ?

Releases 3GPP LTE : de la Release 8 à la Release 12

Interface radio LTE

OFDM : principes, avantages et inconvénients, de l'OFDM à l'OFDMA

Structure DL OFDM/OFDMA du LTE : configurations fréquentielles, structure de trame, FDD/TDD, canaux physiques et logiques



ITgate

Training

Your Gateway to Excellence

Structure UL SC-FDMA UL du LTE : canaux physiques et logiques

Positionnement fréquentiel du LTE

Points système radio

La logique HARQ du LTE

Le MIMO DL du LTE : configurations

Power Control et LTE : choix DL et UL, open loop et closed loop

L'AMC et le Scheduling LTE : principes, du Round Robin au Proportional Fair, le Semi

Persistent Scheduling (SPS)

Catégories des UE LTE

Bilan UL et DL des débits LTE

Architecture E-UTRAN

Equipements et interfaces : eNodeB, S1, S1 Flex

Fonctionnalités de l'eNodeB

Lien avec le coeur de réseau : principes, protocoles S1-AP, protocoles NAS

Protocoles RLC/MAC/PDCP/RRC : principes, format des trames et messages

Architecture E-PC

Fonctions : MME, SGW, PDN-GW, HSS

Interfaces : S5/S8, S11, Gx et SGi

Partage de charges, redondance et RAN sharing

Protocoles : GTP, PMIP, ESM, EMM

Points système E-UTRAN

Procédures RRC : accès RACH, délivrance des SysInfo (MIB & SIB), lien avec NAS (SRB,

état du UE, attachement au réseau, gestion des Radio Bearer), gestion des mesures radio,

procédure de mobilité (sélection, reselection, tracking area update, handover)

Principes de sécurité radio : chiffrement, mécanismes d'intégrité, gestion des clés, sécurité et

handover

Fiabilisation des Liens : HARQ & RLC & PDCP

---

**Capital Social:** 50000 DT **MF:** 1425253/M/A/M/000 **RC:** B91211472015

**Tél. / Fax.:** +216 73362 100 **Email:** contact@itgate-training.com **Web:** www.itgate-training.com

**Adresse :** 12 Rue Abdelkadeur Daghbir - Hammam Sousse 4011 – Tunisie



ITgate

Training

Your Gateway to Excellence

Gestion des Bearer Radio : établissement, politique d'admission, notion de QoS, gestion de la QoS (QCI, ARP)

Gestion de la mobilité : Tracking Area Update et aspect E-UTRAN du handover

Procédures E-PC

Gestion des bearers : création, modification, suppression, default et dedicated bearers, APN, QoS et QCI

LTE & IMS: PCRF, AF

Mobilité : intra LTE (sélection/handover), inter systèmes 3GPP/ non 3GPP

LTE et la voix : SRVCC, CS Fallback,

Sécurité : chiffrement, intégrité, authentification, IPSEC

Divers

SON (Self Organized Network)

Architecture e-MBMS : équipements, interfaces et fonctionnalités

LTE Advanced

Les objectifs 4G

Carrier Agrégation : configurations théoriques et pratiques, notion de Primary et Secondary Cell, Cross Scheduling

MIMO Avancés DL et UL : TM9, DM-RS, CSI-RS

Noeud Relay : principes, Relay inband/outband, évolution de l'interface radio

Home eNodeB : principes et architecture, apport des ABS (Almost Blank Subframe) et du Carrier Aggregation

Performances 4G : catégories des UE, débits

La 4G pour quels services ?

Ingénierie radio LTE

Spécificité LTE : Frequency Reuse, réseau SFN, Fractionnal & Soft Frequency Reuse, ICIC & COMP

Exemple et exercice sur les aspects bilan de liaisons et calcul de capacité

---

**Capital Social:** 50000 DT **MF:** 1425253/M/A/M/000 **RC:** B91211472015

**Tél. / Fax.:** +216 73362 100 **Email:** contact@itgate-training.com **Web:** www.itgate-training.com

**Adresse :** 12 Rue Abdelkadeur Daghrir - Hammam Sousse 4011 – Tunisie



**ITgate**

Training

Your Gateway to Excellence

LTE-A Releases 12 & 13

Améliorations M2M (Machine to Machine),

D2D et ProSE : Device to Device Communication/ Proximity Services

GCSE : Group Call Service Enabler

MCPTT : Mission Critical Push to Talk

## **Un œil sur la 5G**

Evolutions radios pour la 5G : OFDM filtrées, massive MIMO, NOMA, Single Channel FDD, Spectre 5G, schémas de Carrier Agrégation évolués

Evolutions d'architecture causées par la 5G : cloud RAN, virtualisation, SDN, émergence des small cells, Hetnet

Evolutions des usages permises par la 5G : du M2M à l'Internet des Objets, concepts IoT, solutions Lora, Sigfox & NB-LTE

## **Réseaux cellulaires 4G : LTE et LTE-A**

### **Conclusion sur les réseaux cellulaires**

Ecosystème actuel 2G, 3G et 4G : acteurs, brevets et déploiements

Calendrier de la future 5G.

## **Travaux Pratiques**

En parallèle d'une présentation des détails des enjeux des technologies mobiles, nous illustrerons notre propos de différentes études de cas et exercices pratiques : calcul des débits théoriques/terrain maximum offerts par ces différents standards. On essaiera ensuite de comprendre les limites de ces débits, capacité des réseaux 2G/3G/4G...