



12 juin 2015

"Notice d'information" UMTS

Universal Mobile Telecommunications System

Résumé

En 2002, la construction des réseaux de téléphonie mobile UMTS marquait le lancement de la radio-diffusion de données mobile. Cette technologie supportait à l'époque des débits allant jusqu'à 2 MBit/s. L'UMTS est une norme de téléphonie mobile de la troisième génération (3G). Il a succédé au GSM (Global System for Mobile Communications), connu en tant que système de deuxième génération (2G) et qui sert surtout à la transmission vocale. L'UMTS utilise le procédé de transmission WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) et d'une largeur de bande de canal de 5 MHz.

Actuellement, sur les réseaux mobiles, la majeure partie du trafic de données est assuré par la technique UMTS/HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access). Le HSPA+ est une évolution de l'UMTS introduite dès 2010. Grâce à des procédures de modulation améliorées, au regroupement de plusieurs canaux, à une meilleure gestion des codes de canal et à des antennes multiples (MIMO), il a été possible de tirer de l'UMTS un profit nettement supérieur à ce qui était prévu initialement. En théorie et dans des conditions de diffusion optimales, l'UMTS/HSPA+ permet désormais une vitesse de transmission allant jusqu'à 21 MBit/s par utilisateur avec un seul canal (largeur de bande de 5 MHz), voire le double avec des antennes multiples.

A plus long terme, l'UMTS/HSPA+ sera remplacé ou complété par le système LTE (Long Term Evolution) plus moderne, tout d'abord dans les régions densément peuplées. La coexistence des deux systèmes, LTE et UMTS/HSPA+, devrait encore se prolonger longtemps, notamment parce que l'UMTS/HSPA+ assure une très bonne couverture également dans les zones rurales.

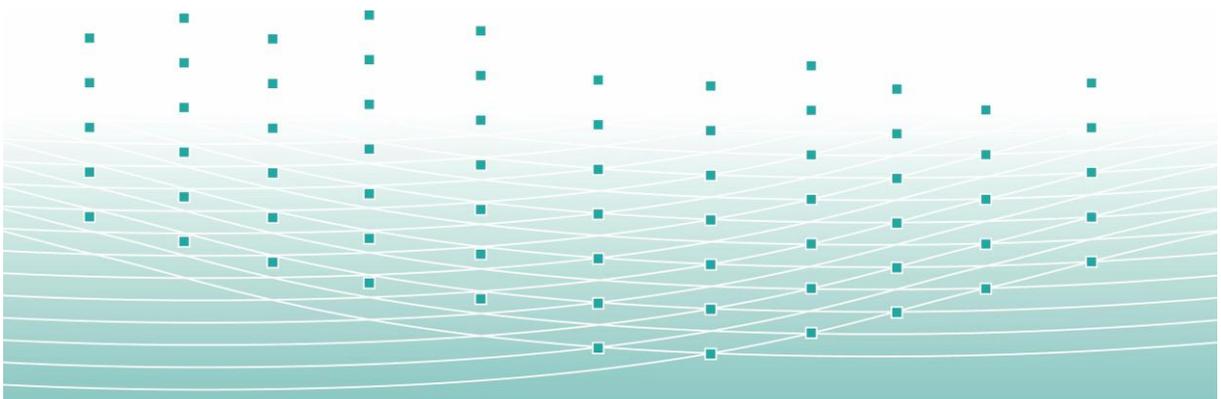


Table des matières

1	Introduction	1
2	Technologie	2
2.1	Interface aérienne	2
2.2	MIMO	4
2.3	Multi-Cell (Multi-Carrier)	4
2.4	Débits de données	4
3	Réseaux	7
4	Services	8
5	Les concessions UMTS en Suisse	8
	Abréviations	10
	Références	
	Littérature	10

1 Introduction

Afin d'accroître les débits de données et l'efficacité du spectre, l'Union internationale des télécommunications (UIT) a élaboré, dès 1992 déjà, les conditions générales d'un nouveau système de radio-communication mobile appelé à succéder au GSM. Ces exigences minimales ont été publiées sous la désignation IMT-2000 (International Mobile Telecommunications of the year 2000). Les systèmes IMT-2000 sont aussi couramment appelés systèmes 3G, ou systèmes de la troisième génération. L'UMTS est un membre de la famille IMT-2000, à l'instar des deux systèmes CDMA2000 et Mobile WiMAX provenant des Etats-Unis.

D'abord développé en Europe, l'UMTS a cependant très vite intéressé des pays non européens importants (Etats-Unis, Chine, Japon et Corée), qui ont activement participé à sa normalisation. Comme les autres systèmes de téléphonie mobile GSM/EDGE et LTE, l'UMTS est soutenu et développé par l'organisme mondial de normalisation 3GPP (3rd Generation Partnership Project). L'organisation européenne de normalisation ETSI est partenaire de 3GPP.

En 2002, l'introduction commerciale de la norme de téléphonie mobile UMTS a lancé la radiocommunication mobile de données, permettant des débits allant jusqu'à 2 MBit/s, typiquement 384 kBit/s par utilisateur.

En théorie et dans des conditions de propagation optimales, le HSPA/HSPA+, une évolution de l'UMTS, permet d'atteindre des vitesses de transmission de 21 MBit/s par utilisateur, avec un seul canal (largeur de bande de 5 MHz). A l'heure actuelle, parmi toutes les technologies de téléphonie mobile 3G, c'est elle qui a de loin la meilleure implantation sur le marché. A l'échelle de la planète, en 2014, 26% des utilisateurs communiquaient au moyen de cette technologie. Ovum estime que cette part de marché va continuer de progresser pour atteindre 42% en 2018.

L'illustration suivante montre l'évolution du nombre d'utilisateurs des principales technologies de téléphonie mobile:

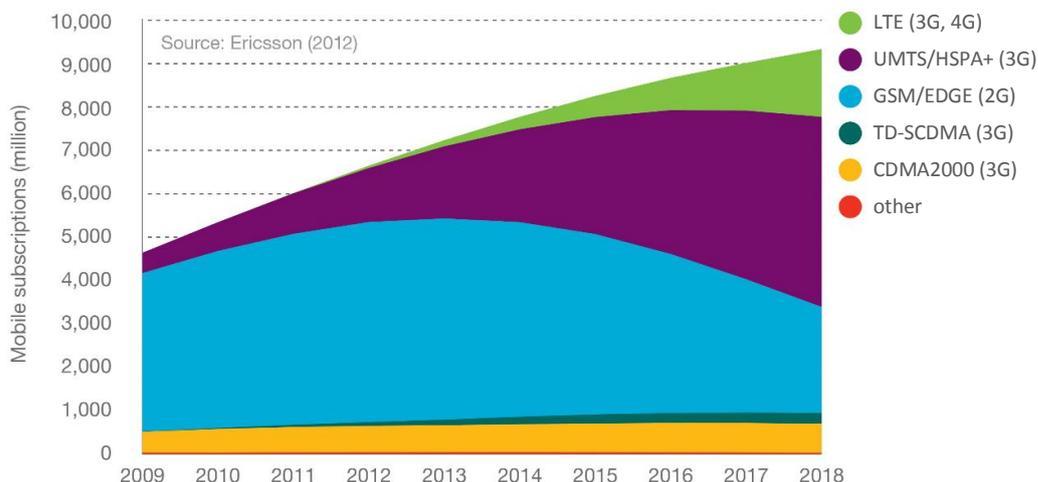


Illustration 1: Evolution du nombre d'utilisateurs de différentes technologies de téléphonie mobile

TD-SCDMA est la variante chinoise de l'UMTS et le CDMA2000 un système de téléphonie mobile américain implanté principalement en Amérique du Nord, mais aussi dans certaines régions d'Asie et d'Afrique.

L'UMTS/HSPA+ s'est répandu dans la plupart des pays de la planète. Malheureusement, pour des raisons historiques, des fréquences différentes sont utilisées dans les diverses régions du monde. En

Europe, l'UMTS/HSPA+ est utilisé presque exclusivement dans la bande des 2.1-GHz et des 900-MHz (conjointement avec le GSM), alors qu'en Amérique du Nord, il occupe la bande des 850-MHz et des 1900-MHz. C'est pourquoi l'itinérance (roaming) n'est pas garanti dans tous les cas.

2 Technologie

2.1 Interface aérienne

L'interface aérienne permet la communication sans fil entre un appareil utilisateur (téléphone mobile) et une station de base. La méthode de transmission utilisée pour l'UMTS est totalement nouvelle et différente de celle utilisée pour le GSM. Il s'agit du WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), qui permet à tous les utilisateurs d'un réseau de communiquer sur la même fréquence. Les canaux sont séparés au moyen d'un code attribué à chaque utilisateur lors de l'établissement de la liaison. Le procédé est représenté schématiquement dans l'illustration suivante [1]:

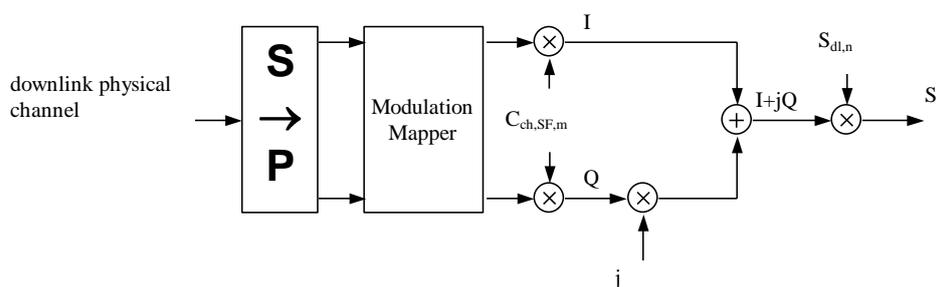


Illustration 2: Préparation du WCDMA en liaison descendante

Les bits à envoyer (*downlink physical channel*) pour un utilisateur m subissent tout d'abord une conversion série-parallèle (SP) à la station de base n . Le convertisseur de modulation génère les symboles à partir des bits selon le type de modulation choisi (QPSK, 16QAM ou 64QAM). Les composantes de phase et de quadrature du symbole sont ensuite multipliées par le code de canal attribué à l'utilisateur m ($C_{ch,SF,m}$) (étalement). Les codes de canal de tous les utilisateurs à l'intérieur d'une cellule sont orthogonaux et ne se perturbent donc pas mutuellement. Les deux signaux étalés I et Q sont groupés puis multipliés par le code complexe de la cellule n ($S_{dl,n}$). Le signal résultant S est finalement additionné dans la station de base aux signaux destinés aux autres utilisateurs de la cellule et envoyé. Le débit d'éléments des deux codes d'étalement se monte à 3.84 Mchips/s. Il détermine la largeur de bande du canal. Dans l'illustration, j représente l'unité imaginaire.

Dans le récepteur de l'appareil utilisateur, ce procédé se déroule en sens inverse afin de produire à nouveau les bits souhaités.

Ce procédé différencie fondamentalement l'UMTS des autres systèmes radio (GSM, LTE, DECT, TETRA, etc.), avec lesquels les utilisateurs actifs dans une cellule sont séparés les uns des autres par différentes fréquences ou intervalles de temps.

Le WCDMA permet de construire un réseau de téléphonie mobile dense avec un seul canal d'une largeur de 5 MHz (avec le GSM, il faut entre 9 et 12 canaux, mais d'une largeur de 200 kHz seulement). Dans chaque cellule, ce canal peut être réutilisé (reuse 1). Les différentes cellules sont différenciées les unes des autres au moyen de codes de cellule individuels pour réduire l'interférence entre les cellules.

Avec le procédé WCDMA, un utilisateur qui se trouve sur les bords d'une cellule dans la zone de déserte de plusieurs stations de base peut être desservi simultanément par plusieurs stations de base. Les signaux sont combinés de manière cohérente dans l'appareil utilisateur au moyen d'un récepteur

en râteau relativement simple, ce qui améliore grandement la desserte des bords de la cellule. Appelée *soft handover*, cette capacité garantit une très bonne couverture du terrain, mais aux détriments des ressources code et de la puissance d'émission des stations de base impliquées. Le récepteur en râteau permet aussi de neutraliser au maximum les réflexions qui surviennent sur le trajet de propagation.

Avec l'UMTS, la puissance d'émission s'adapte constamment et rapidement aux conditions de diffusion tant en liaison ascendante que descendante (distance entre les utilisateurs et la station de base, obstacles sur la voie de transmission, etc.). Elle est toujours choisie de sorte à être juste suffisamment élevée pour assurer une qualité de liaison suffisante. Les appareils utilisateurs UMTS émettent avec une puissance nettement inférieure à celle des systèmes GSM. Il est important pour l'UMTS de travailler avec les puissances d'émission minimales nécessaires, faute de quoi les capacités du réseau diminuent fortement, voire s'effondrent.

Deux modes d'exploitation sont prévus pour l'interface aérienne UMTS: l'exploitation FDD (frequency division duplex) et l'exploitation TDD (time division duplex). Avec l'exploitation FDD, deux fréquences séparées sont utilisées pour une communication, l'une pour la liaison depuis l'utilisateur vers la station de base (ascendante) et l'autre depuis la station de base vers l'utilisateur (descendante).

Avec l'exploitation TDD en revanche, une seule fréquence est nécessaire pour établir une communication. La liaison ascendante ou descendante s'opère sur la même fréquence, mais dans différents créneaux temporels. L'industrie n'a développé aucun appareil pour l'exploitation TDD de l'UMTS; il n'y avait pas non plus de demande de la part des exploitants. A l'exception de la Chine, où une variante spéciale de l'UMTS TDD s'est implantée, le type d'exploitation TDD n'est pas utilisé pour l'UMTS. En Europe, les fréquences prévues initialement pour l'UMTS TDD dans la bande des 2.1-GHz ont été affectées à une autre application.

La puissance maximale d'émission des appareils utilisateurs UMTS est de 250 mW. Toutefois, dans un réseau réel, les puissances d'émission actuelles sont nettement inférieures. Les simulations effectuées par les fabricants et les exploitants de réseau indiquent que la puissance d'émission *moyenne* d'un appareil utilisateur UMTS dans un environnement rural se monte à environ 1.5 mW et qu'elle est encore plus faible dans un contexte urbain [3]. La puissance des stations de base dépend de la grandeur des cellules, des services offerts, du trafic et de la répartition des utilisateurs dans la cellule. Pour les calculs de comptabilité, on admet une puissance d'émission (EIRP) de 320 W (55 dBm) par fréquence porteuse [3] aux stations de base des grosses cellules.

Comme avec le système GSM, dans chaque cellule d'un réseau UMTS des canaux de contrôle transmettent en permanence indépendamment du trafic dans la cellule. Généralement, la puissance d'émission de ces canaux constitue environ 20% de la puissance d'émission totale de la station de base.

Ces dernières années, l'interface aérienne de l'UMTS a été constamment étendue et complétée. En 2006, le HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) a été introduit, qui permet d'atteindre des débits de 14 MBit/s en liaison descendante dans des conditions idéales. L'année suivante, c'est au tour du HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) de faire son apparition. Avec cette nouveauté, on atteint des débits allant jusqu'à 5.76 MBit/s en liaison ascendante. Les deux procédures sont fondées, ou pour le dire de manière simplifiée, sur une gestion optimisée du code de canal dans le réseau (maintenant, plusieurs codes peuvent être attribués à chaque liaison), ainsi que sur des procédures de modulations très performantes.

Actuellement, la majeure partie des données qui transitent *via* les réseaux mobiles sont acheminés au moyen de la technologie améliorée UMTS/HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access), introduite dès 2010. Grâce à des procédures de modulation améliorées, notamment le groupage de plusieurs canaux (Dual Carrier) et l'utilisation d'antennes multiples (MIMO), il a été possible de tirer de la norme UMTS un profit nettement supérieur à ce qui était prévu initialement. Aujourd'hui, dans des conditions de diffusion optimales, l'UMTS/HSPA+ permet théoriquement d'atteindre des vitesses de transmission

de 21 MBit/s par utilisateur avec un seul canal (largeur de bande de 5 MHz). Pour l'UMTS/HSPA+, les récepteurs des appareils utilisateurs doivent aussi être plus complexes et équipés d'un égaliseur linéaire. Les récepteurs en râteau, utilisés à l'origine avec l'UMTS, ne sont plus assez performants. C'est pourquoi le *soft handover* n'est plus possible sur les bords des cellules (voir ci-dessus).

Les caractéristiques fondamentales du HSPA+ sont la répartition rapide et flexible de la charge des données ainsi que l'adaptation du signal émetteur à la qualité du canal grâce à la modulation adaptative et au codage. Avec l'UMTS/HSPA+, l'efficacité moyenne du spectre (exploitation des fréquences radio en Bits par seconde, par Hertz et par cellule) est environ 8 fois plus élevée qu'avec le GSM/EDGE.

2.2 MIMO

Depuis quelques temps déjà, les antennes multiples (MIMO – Multiple Input Multiple Output) sont utilisées dans la téléphonie mobile. Comme leur nom l'indique, plusieurs antennes sont utilisées à la station de base et sur l'appareil utilisateurs. Avec chaque antenne, des flux de données différents peuvent être transmis sur la même fréquence et pour la même liaison. Au niveau de la réception, les signaux peuvent être décodés à nouveau grâce à des algorithmes compliqués. En doublant le nombre d'antennes des deux côtés d'une liaison, on peut en théorie doubler le débit sans recourir à des fréquences supplémentaires et sans augmenter la puissance rayonnée. Avec cette extension de l'UMTS, une dimension nouvelle vient s'ajouter à celle de la fréquence et du temps: la dimension de l'espace, raison pour laquelle, dans ce contexte, on parle aussi de *Space Multiplex*.

Outre une augmentation des débits, les techniques MIMO peuvent servir à améliorer le rapport signal-bruit et donc la qualité de liaison radio. En émettant le même signal codé sur plusieurs antennes, il est possible d'améliorer considérablement la qualité du signal aux bords des cellules, avec la même puissance totale d'émission de toutes les antennes (gain de diversité), sans toutefois augmenter le débit de données. Le rayon de la cellule est plus grand.

L'UMTS/HSPA+ supporte et utilise la technologie MIMO depuis la version 7 (2008). La simulation d'un équipement de téléphonie mobile montre que dans un réseau mobile UMTS/HSPA+, avec un 2x2-MIMO (deux antennes émettrices et deux antennes réceptrices), le débit de données moyen d'un utilisateur gagne environ 20% en comparaison d'un système conventionnel 1x1. Pour un utilisateur techniquement bien placé dans une cellule, ce gain peut même dépasser 50% [4].

2.3 Multi-Cell (Multi-Carrier)

L'UMTS/HSPA+ offre également la possibilité de grouper plusieurs canaux pour une seule liaison. En augmentant ainsi la largeur de bande, le débit peut être augmenté en proportion. Avec le HSPA+ et la version 10, en liaison descendante, il est possible de combiner jusqu'à 4 canaux de 5 MHz chacun pour une seule liaison d'une largeur de 20 MHz. Selon le nombre de canaux groupés, on parle de Dual-Cell, de Triple-Cell ou de Quad-Cell. Les canaux doivent être adjacents.

2.4 Débits de données

Le débit maximum de l'UMTS/HSPA+ est augmenté à chaque version de la norme. Le processus n'est pas terminé.

Dans des conditions de diffusion idéales, grâce à

- de nouvelles procédures de modulation,
- l'attribution de plusieurs codes de canal à une liaison d'utilisateur,
- le regroupement de plusieurs canaux pour une liaison (voir chapitre 2.3),
- l'utilisation de MIMO sur la station de base et sur l'appareil utilisateur (voir chapitre 2.3)

L'UMTS/HSPA+ a permis d'atteindre des débits de 168 MBit/s par utilisateur. Comme expliqué ci-après, ces débits maximums sont théoriques. Dans un réseau réel, tous les utilisateurs actifs doivent se partager cette capacité. Par ailleurs, dans les réseaux réels, les conditions de diffusion ne sont jamais idéales et réduisent fortement les débits de données.

L'illustration suivante représente l'évolution des débits théoriques en fonction de la version (R) de la norme:

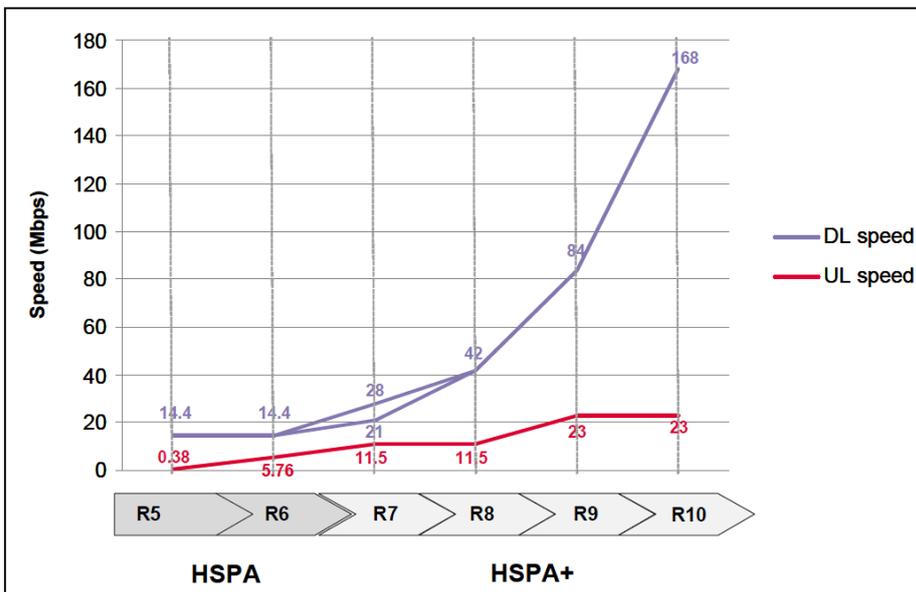


Illustration 3: Evolution des débits de données maximums en liaisons ascendante et descendante

Le numéro de la version indique à peu près l'année de la publication de la norme correspondante. Les équipements selon la version 7 (R7), par exemple, ont été commercialisés en 2008.

La classe d'appareil (equipment category) détermine le débit de données maximum qu'un appareil utilisateur peut recevoir. Dans la version 10 (R10) de la norme, 32 classes sont définies, par degré de complexité croissant. Une liste des fonctionnalités (MIMO, Multi-Carrier, Modulation, nombre de codes parallèles de canaux), que supportent un appareil ainsi que le débit maximum théorique figurent dans le tableau ci-après [2].

Tableau 1: Débit de données maximum en liaison descendante pour différentes classes d'appareils (R10)

equipment category	nbr. of codes	modulation scheme	# carriers (bandwidth)	MIMO	max. bit rate [Mbit/s]												
1	5	QPSK, 16QAM	1 (5 MHz)	no MIMO	1.2												
2	5				1.2												
3	5				1.8												
4	5				1.8												
5	5				3.6												
6	5				3.6												
7	10				7.2												
8	10				7.2												
9	15				10.1												
10	15				14.0												
11	5	QPSK	2 (10 MHz)	MIMO	0.9												
12	5				1.8												
13	15	QPSK, 16QAM, 64QAM			3 (15 MHz)	no MIMO	17.6										
14	15						21.1										
15	15	QPSK, 16QAM					4 (20 MHz)	MIMO	23.4								
16	15								28.0								
17	15	Cat. 13 & Cat. 15							no MIMO	no MIMO							
18	15	Cat. 14 & Cat. 16															
19	15	QPSK, 16QAM, 64QAM									no MIMO	no MIMO	35.3				
20	15												42.2				
21	15	QPSK, 16QAM	no MIMO	no MIMO									23.4				
22	15												28.0				
23	15	QPSK, 16QAM, 64QAM			no MIMO	no MIMO							35.3				
24	15												42.2				
25	15	QPSK, 16QAM					no MIMO	no MIMO					46.7				
26	15												55.9				
27	15	QPSK, 16QAM, 64QAM							no MIMO	no MIMO			70.6				
28	15												84.4				
29	15										3 (15 MHz)	no MIMO	no MIMO	63.3			
30	15													4 (20 MHz)	MIMO	MIMO	126.6
31	15		4 (20 MHz)	no MIMO													no MIMO
32	15													4 (20 MHz)			

A titre d'exemple, la classe d'appareils 10 permet, dans une largeur de bande de 5 MHz (1 canal), avec la modulation 16QAM et 15 codes de canal parallèles, d'atteindre un débit de 14 MBit/s. Cela signifie que les données transmises sur le canal radio ne sont pas codées (protégées) et que la sensibilité aux perturbations est extrêmement élevée¹. Les appareils utilisateurs habituels sans MIMO ni capacité Multi-Carrier appartiennent à la classe 6 (3.6 MBit/s) ou 8 (7.2 MBit/s). En raison de l'amortissement de la propagation et des interférences émanant de cellules voisines, les débits de données maximums indiqués dans le tableau ci-dessus ne sont pas atteignables, en particulier pour les utilisateurs situés sur les bords de cellule.

¹ Théoriquement, avec 16QAM dans la largeur de bande des 3.84 MHz (débits d'éléments), 15 codes de canaux sur 16 et sans codification, on obtient un débit de: 3.84 MHz x 4/bit/s/Hz x 15/16 = 14.4 MBit/s

Le tableau montre que pour certaines classes d'appareils, il existe soit l'option MIMO soit le mode Multi-Cell, mais pas les deux à la fois. Par exemple, le débit de données de 42.2 MBit/s peut être obtenu soit en mode Dual-Cell (largeur de bande de 10 MHz, classe d'appareils 24) soit avec MIMO et un seul canal (largeur de bande de 5 MHz, classe d'appareils 20). Il appartient aux exploitants de choisir avec quelle technique (MIMO ou Multi-Cell) ils entendent augmenter la capacité de leur réseau. En mode Dual-Cell, ils ont toutefois besoin de deux fréquences porteuses. Dans ce cas, les appareils utilisateurs correspondants sont indispensables pour augmenter le débit de données.

Dans la pratique et dans des conditions de diffusion réelles, les débits maximums théoriques figurant dans le tableau 2 ne peuvent guère être atteints. Le tableau ci-dessous compare les débits moyens habituels des technologies modernes de téléphonie mobile aux débits de données maximums:

Tableau 2: Débits de données maximums et débits de données moyens pour différentes technologies de téléphonie mobile

technology	bandwidth [MHz]	max. bitrate [Mbit/s]		typical bitrate [Mbit/s]		MIMO
		Downlink	Uplink	Downlink	Uplink	
HSPA+ (3.75G)	5	42.2	11.5	7	2	DL: 2x2, UL: 1x2
LTE (3.9G)	10	86	43	18	7	DL: 2x2, UL: 1x2
LTE-A (4G)	10	150	68	24	12	DL: 4x4, UL: 2x2

Le débit de données (moyen) habituel d'un utilisateur dans un environnement réel est environ 5 à 6 fois plus faible que la valeur théorique maximum. Notons que dans le tableau ci-dessus, la largeur de bande de transmission pour le HSPA+ est de 5 MHz, contre 10 MHz pour le LTE.

3 Réseaux

L'architecture de réseau de l'UMTS est composée du réseau d'accès UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) et du réseau central CN (Core Network). Dans l'illustration suivante, elle est représentée de manière schématique, avec les interfaces correspondantes:

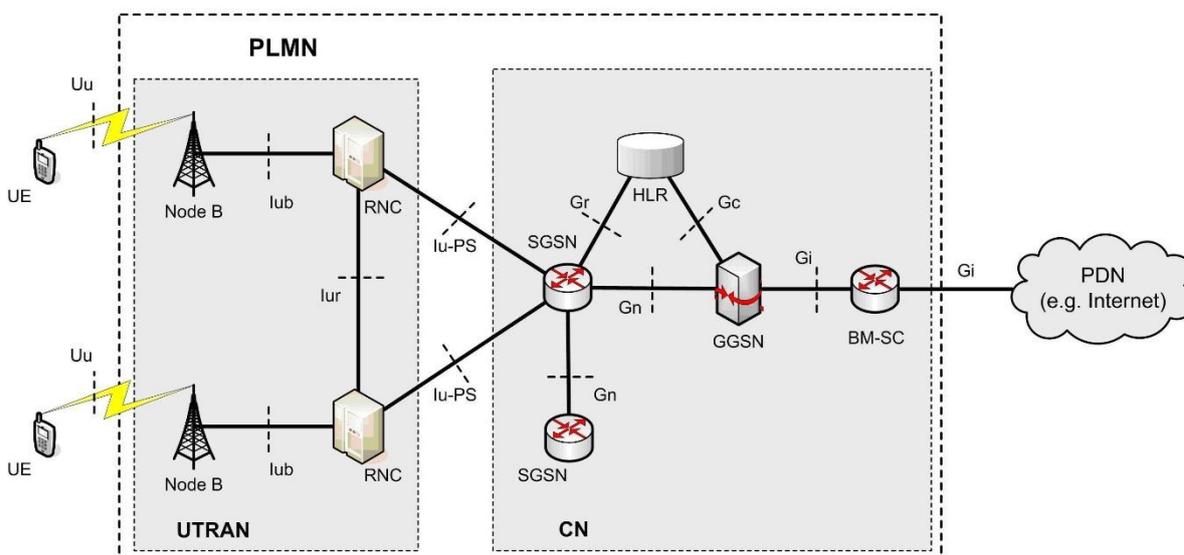


Illustration 4: Architecture de réseau de l'UMTS

Le réseau d'accès comprend les stations de base, qui dans le cas de l'UMTS sont appelées Node B, et du RNC (Radio Network Controller). Les fonctions principales de RNC sont le routage des liaisons entre Node B, la surveillance du Node B et l'attribution de ressources pour l'interface aérienne. Dans

l'UTRAN, les RNC sont reliés les uns aux autres (interface aérienne Iur). C'est notamment ce qui permet le soft handover. Avec ce procédé, plusieurs stations de base peuvent desservir un appareil utilisateur (UE) et donc améliorer grandement la desserte dans les bords de la cellule.

Dans le réseau central, le trafic de données commuté est géré par SGSN (Serving GPRS Support Node). Le SGSN transfère des paquets IP, qui sont destinés à l'appareil utilisateur dans la zone de desserte SGSN ou expédiés depuis celui-ci. Les tâches d'un SGSN comprennent le routage et le transfert de paquets dans les zones de dessertes du SGSN ou à partir de celles-ci. Le nœud alimente tous les appareils utilisateurs qui se trouvent dans la zone de desserte du SGSN. En outre, le SGSN assure le cryptage et l'authentification, la gestion de la session et de la mobilité ainsi que la liaison avec le HLR (Home Location Register) et le GGSN (Gateway GPRS Support Node).

Le HLR est la banque de données centrale des utilisateurs dans le réseau de téléphonie mobile. C'est là que sont classées les informations sur les utilisateurs et les abonnés. Les informations enregistrées dans le HLR servent à la gestion de la mobilité et à l'identification des utilisateurs et permettent donc l'accès au réseau de téléphonie mobile. Y figurent également les services auxquels l'utilisateur a accès ainsi que ses données de localisation.

Enfin, le GGSN assure le routage sur l'internet. Il supporte toutes les fonctions de Gateway nécessaires pour l'acheminement des données. Il s'agit notamment de la mise à disposition de l'interface avec les réseaux IP externes ou avec l'internet. Pour les réseaux IP externes, le GGSN sert de routeur pour les adresses IP de tous les utilisateurs desservis par le réseau UMTS.

4 Services

Les capacités de l'UMTS ont permis toute une série de nouveaux services. Il s'agit notamment, outre une téléphonie vocale de bonne qualité, de services de données multimédia basés sur le protocole internet.

Sur les premiers réseaux, les services de commutation (CS) pour la téléphonie vocale et les services de transfert de données par paquets (PS) étaient supportés par le réseau central UMTS. La téléphonie vocale a ensuite été transférée sur le réseau central du système GSM, alors dominant, qui a été optimisé pour les services vocaux et relié au réseau téléphonique fixe traditionnel (ISDN). Aujourd'hui, la transmission dans le réseau central se base largement sur le protocole internet (IP) de transmission de données par paquet. Les services vocaux aussi sont supportés par IP (VoIP). On a donc un seul réseau central de transmission par paquets pour tous les services (Full-IP).

Les exigences de prestations et de qualité sont différentes selon les applications sur le réseau. Les exigences de qualité concernent, par exemple, les temps de retard autorisés (un facteur particulièrement important pour la transmission vocale), les variations de ces temps de retard, les taux d'erreur et les débits de données garantis. Pour l'UMTS, les quatre classes suivantes QoS ont été définies pour des applications ayant des exigences qualitatives similaires:

- Conversationnel: VoIP, vidéoconférence, audioconférence, etc.
- Streaming: Diffusion audio et vidéo, clips audio et vidéo, etc.
- Interactif: Surf sur l'internet, chat, jeux, etc.
- Background: Courriel, téléchargement de données (download et upload), télé-métrie, etc.

5 Les concessions UMTS en Suisse

Suite à une procédure de mise aux enchères, la Commission fédérale de la communication (Com-Com) a octroyé quatre concessions UMTS. La concession n° 1 a été adjugée à Swisscom SA pour la

somme de 50 millions de francs, la concession n° 2 à Sunrise pour 50 millions de francs, la concession n° 3 à Orange Communications SA (aujourd'hui Salt) pour 55 millions de francs et la concession n° 4 à 3G Mobile SA pour 50 millions de francs.

Chaque exploitant a reçu dans la bande des 2.1 GHz (bande centrale UMTS) 2x15 MHz de fréquences FDD et 5 MHz de fréquences TDD, soit un total de 35 MHz.

La décision de concession obligeait les exploitants à offrir, d'ici fin 2004 au plus tard, des services UMTS à 50% de la population suisse. Les exploitants UMTS qui possèdent déjà un réseau GSM sont en outre tenus d'offrir l'itinérance nationale aux nouveaux exploitants UMTS qui ne possèdent pas de réseau GSM. Ces derniers ont la possibilité, au moyen d'un accord d'itinérance avec un exploitant GSM établi, d'assurer dès le début une bonne desserte.

Les concessions ont été octroyées pour une durée de 15 ans.

Le 31 décembre 2004, Orange, Sunrise et Swisscom couvraient 50% de la population, remplissant ainsi les conditions fixées. Seul 3G Mobile, le quatrième concessionnaire UMTS, n'avait pas construit l'infrastructure requise, raison pour laquelle la ComCom lui a retiré la concession par décision du 12 avril 2006. Cette décision a été confirmée dans un arrêt rendu par le Tribunal fédéral le 26 octobre 2006.

Les fréquences de téléphonie mobile ont été réparties entre Orange, Sunrise et Swisscom dans le cadre d'une seconde adjudication, début 2012. L'attribution concernait d'une part les fréquences déjà libres ou celles en passe de se libérer et d'autre part toutes les fréquences qui avaient été attribuées aux fournisseurs par le passé. Le tableau suivant indique les largeurs de bande octroyées à l'issue des enchères:

Tableau 3: Largeurs de bande attribuées pour la téléphonie mobile en Suisse

Frequenzband	Salt (Orange)	Sunrise	Swisscom
800 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz
900 MHz	10 MHz	30 MHz	30 MHz
1800 MHz	50 MHz	40 MHz	60 MHz
2.1 GHz FDD	40 MHz	20 MHz	60 MHz
2.1 GHz TDD	0	0	0
2.6 GHz FDD	40 MHz	50 MHz	40 MHz
2.6 GHz TDD	0	0	45 MHz

La nouvelle attribution de la bande centrale UMTS dans les 2.1 GHz prend effet début 2017.

Les nouvelles concessions octroyées sont valables jusqu'à fin 2028. Elles sont technologiquement neutres, ce qui signifie que les exploitants peuvent utiliser l'UMTS dans toutes les bandes de fréquences qui leur ont été attribuées, pour autant que les conditions techniques l'autorisent.

Selon les données d'un fournisseur, actuellement (2014), avec l'UMTS/HSPA+, plus de 99% de la population suisse peut surfer sur le réseau mobile avec un débit de 7.2 MBit/s (voire 42 MBit/s à certains endroits).

Abréviations

CDMA	Code Division Multiple Access
CS	Circuit Switched (commutation de circuits)
DL	Liaison descendante
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EIRP	Equivalent isotropically Radiated Power (puissance apparente rayonnée)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packed Access
HSPA+	Evolved High Speed Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packed Access
IMT-2000	International Mobile Telecommunications of the year 2000
IP	Internet Protocol
LTE	Long Term Evolution
MIMO	Multiple Input Multiple Output (antennes multiples)
PDN	Paket Data Network
PLMN	Public Land Mobile Network (réseau de téléphonie mobile)
PS	Paket Switched (transmission par paquets)
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RNC	Radio Network Controller
SGSN	Serving GPRS Support Node
TDD	Time Division Duplex
TD-SCDMA	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access
UE	User Equipment (appareil utilisateur)
UIT	Union internationale des télécommunications
UL	Liaison ascendante
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Access Network
VoIP	Voice over IP
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

Littérature

- [1] 3GPP TS 25.213: Spreading and modulation (FDD) (Release 10).
- [2] 3GPP TS 25.306: UE Radio Access capabilities (Release 10).
- [3] Report ITU-R M.2039-2: Characteristics of terrestrial IMT-2000 systems for frequency sharing/interference analyses (11/2010).

[4] GSMA: MIMO in HSPA: the Real-World Impact, 2010.