

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.2083-0
(09/2015)

**Vision pour les IMT – Cadre et objectifs
généraux du développement futur
des IMT à l'horizon 2020 et au-delà**

Série M

**Services mobile, de radiorepérage et d'amateur
y compris les services par satellite associés**



Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	Vocabulaire et sujets associés

Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2017

© UIT 2017

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RECOMMANDATION UIT-R M.2083-0

Vision pour les IMT – Cadre et objectifs généraux du développement futur des IMT à l'horizon 2020 et au-delà

(2015)

Domaine d'application

La présente Recommandation définit le cadre et les objectifs généraux du développement futur des Télécommunications mobiles internationales (IMT) à l'horizon 2020 et au-delà, compte tenu du rôle que pourraient jouer à terme les IMT pour mieux répondre aux besoins de la société connectée, tant pour les pays développés que pour les pays en développement. La présente Recommandation décrit en détail le cadre de l'évolution future des IMT à l'horizon 2020 et au-delà, y compris des fonctionnalités très diverses associées aux scénarios d'utilisation envisagés. Elle traite en outre des objectifs du développement futur des IMT à l'horizon 2020 et au-delà, qui consistent à améliorer encore les IMT existantes et à développer les IMT-2020. Il convient de noter que la présente Recommandation a été établie compte tenu de l'état de développement des IMT à ce jour, sur la base de la Recommandation UIT-R M.1645.

Mots clés

IMT, IMT-2020

Abréviations/glossaire

IMT	télécommunications mobiles internationales (<i>international mobile telecommunications</i>)
IoT	Internet des objets (<i>internet of things</i>)
M2M	machine à machine (<i>machine-to-machine</i>)
MIMO	entrées multiples/sorties multiples (<i>multiple input multiple output</i>)
QoE	qualité d'expérience (<i>quality of experience</i>)
QoS	qualité de service (<i>quality of service</i>)
RAT	technologie d'accès radioélectrique (<i>radio access technology</i>)
RLAN	réseau local hertzien (<i>radio local area network</i>)
TIC	technologies de l'information et de la communication

Recommandations UIT-R et Rapports UIT-R connexes

Recommandation UIT-R M.1645	Cadre et objectifs d'ensemble du développement futur des IMT-2000 et des systèmes postérieurs aux IMT-2000
Recommandation UIT-R M.2012	Spécifications détaillées des interfaces radioélectriques de Terre des télécommunications mobiles internationales évoluées (IMT évoluées)
Rapport UIT-R M.2320	Evolution technologique future des systèmes IMT de Terre
Rapport UIT-R M.2370	Estimations de trafic pour les IMT pour la période 2020-2030
Rapport UIT-R M.2376	Faisabilité technique des IMT dans les bandes au-dessus de 6 GHz
Rapport UIT-R M.2134	Exigences relatives à la qualité technique des interfaces radioélectriques des IMT évoluées

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que l'UIT a contribué à la normalisation et à l'utilisation harmonisée des IMT, ce qui a permis de fournir des services de télécommunication à l'échelle mondiale;
- b) que les avancées technologiques et les besoins correspondants des utilisateurs favoriseront l'innovation et accéléreront la fourniture d'applications de communication évoluées aux consommateurs;
- c) que la Question UIT-R 229/5 concerne la poursuite du développement de la composante de Terre des systèmes IMT et que les études visant à traiter cette Question sont en cours à l'UIT-R;
- d) que la Recommandation UIT-R M.1645 définit le cadre et les objectifs généraux du développement futur des IMT-2020 et des systèmes postérieurs aux IMT-2020;
- e) que, pour pouvoir exploiter les systèmes de télécommunication mobiles à l'échelle mondiale et réaliser des économies d'échelle, conditions indispensables au succès de ces systèmes, il est souhaitable d'établir un calendrier harmonisé pour le développement futur des IMT, compte tenu des aspects techniques et opérationnels et des aspects liés au spectre;
- f) que la croissance des applications des communications hertziennes devrait entraîner la création de nouveaux segments de marché destinés à faciliter le fonctionnement de l'économie numérique, par exemple les réseaux électriques intelligents, la cybersanté, les systèmes de transport intelligents et la gestion du trafic, ce qui créerait des exigences supérieures à celles que peuvent satisfaire les domaines d'application actuels des IMT;
- g) que l'adoption rapide des smartphones, des tablettes et des applications mobiles novatrices créées par les utilisateurs s'est traduite par une augmentation spectaculaire du volume du trafic des données mobiles;
- h) que le nombre de dispositifs qui accèdent au réseau devrait augmenter du fait des nouvelles applications de l'Internet des objets (IoT);
- i) que des technologies telles que la formation de faisceaux et les entrées multiples/sorties multiples (MIMO) massives sont plus faciles à mettre en oeuvre dans les fréquences supérieures, en raison de la courte longueur d'onde associée à ces fréquences;
- j) qu'une grande largeur de bande contiguë permettrait d'accroître l'efficacité de la fourniture des données et de réduire la complexité des mises en oeuvre matérielles;
- k) que la taille des cellules diminue (elle peut être, par exemple, de l'ordre de quelques dizaines de mètres), afin d'augmenter la capacité de trafic dans les zones densément peuplées;
- l) que l'interfonctionnement entre les IMT et les autres systèmes de radiocommunication est assuré,

reconnaissant

- a) que certaines administrations ont déployé les systèmes IMT évolués avant leur déploiement mondial, en raison de l'augmentation rapide du trafic de données;
- b) qu'il est prévu que de nouvelles interfaces radioélectriques prenant en charge les nouvelles fonctionnalités des IMT-2020 soient mises au point, et que les systèmes IMT-2000 et les systèmes IMT évolués soient améliorés,

notant

que, conformément à l'article 44 de la Constitution de l'UIT, les Etats Membres s'efforcent d'appliquer dans les moindres délais les derniers perfectionnements de la technique,

recommande

d'utiliser l'Annexe pour fixer le cadre et les objectifs généraux du développement futur des IMT à l'horizon 2020 et au-delà.

Annexe

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction	4
2 Observation des tendances.....	5
2.1 Tendances en matière d'utilisation et d'applications	5
2.2 Croissance du trafic des IMT	7
2.3 Tendances technologiques	7
2.4 Etudes sur la faisabilité technique des IMT entre 6 et 100 GHz	10
2.5 Incidences sur le plan du spectre	11
3 Evolution des IMT	12
3.1 Rappel sur l'élaboration des IMT	12
3.2 Rôle des IMT à l'horizon 2020 et au-delà.....	13
4 Scénarios d'utilisation des IMT à l'horizon 2020 et au-delà.....	14
5 Capacités des IMT-2020.....	15
6 Cadre et objectifs	19
6.1 Relations	19
6.2 Délais	20
6.3 Principaux domaines nécessitant un complément d'étude	22

1 Introduction

Au cours des dernières dizaines d'années, l'évolution des communications mobiles s'est traduite par des progrès considérables sur le plan socio-technique, ce qui a contribué au développement socio-économique des pays développés et des pays en développement. Les communications mobiles sont devenues un aspect incontournable de la vie quotidienne pour l'ensemble de la société. Il est prévu que les tendances socio-techniques et l'évolution des systèmes de communication mobiles restent étroitement liées, et qu'elles constituent ensemble le fondement de la société à l'horizon 2020 et au-delà.

Dans l'avenir, toutefois, de nouvelles contraintes, telles que la hausse du volume de trafic, la forte augmentation du nombre de dispositifs faisant l'objet d'exigences de service diverses, l'amélioration de la qualité d'expérience (QoE) pour les utilisateurs et une réduction supplémentaire des coûts en faveur d'une accessibilité économique accrue, devraient nécessiter un nombre croissant de solutions novatrices.

L'objet de la présente Recommandation est de définir la vision pour les IMT à l'horizon 2020 et au-delà. Elle décrit les perspectives concernant les tendances en matière d'utilisation et d'applications, la croissance du trafic, les tendances technologiques et les incidences sur le plan du spectre, et fournit des orientations sur le cadre et les capacités pour les IMT à l'horizon 2020 et au-delà.

2 Observation des tendances

2.1 Tendances en matière d'utilisation et d'applications

Les dispositifs mobiles jouent dans la vie quotidienne des rôles variés qui évoluent en permanence. Les systèmes IMT futurs devraient prendre en charge de nouveaux cas d'utilisation, y compris des applications qui nécessitent des communications à très haut débit de données, un grand nombre de dispositifs connectés, et des applications à temps de latence ultra-court et à haute fiabilité. Des tendances plus précises en matière d'utilisation et d'applications sont présentées dans les § 2.1.1 à 2.1.8.

2.1.1 Prise en charge des communications à temps de latence ultra-court et à haute fiabilité axées sur les personnes

Les personnes souhaitent bénéficier d'une connectivité instantanée, pour laquelle les applications doivent fonctionner à une vitesse «éclair» sans temps d'attente: un simple clic de l'utilisateur doit déclencher une réaction perçue comme instantanée. Le fonctionnement à une vitesse éclair sera l'un des facteurs clés du succès des services en nuage et des applications de réalité virtuelle et de réalité augmentée. Les communications à faible temps de latence et à haute fiabilité qui satisfont à cette exigence de fonctionnement ouvrent ainsi la voie au développement futur de nouvelles applications, dans les secteurs de la santé, de la sécurité, de la bureautique et du divertissement, entre autres.

2.1.2 Prise en charge des communications à temps de latence très court et à haute fiabilité axées sur les machines

Les exigences en matière de fiabilité et de temps de latence dans les systèmes de communication actuels ont été conçues dans la perspective d'un utilisateur humain. Pour les futurs systèmes hertziens, les études relatives à la conception de nouvelles applications se basent sur des communications machine-machine (M2M) pour lesquelles il existe des contraintes de temps réel. Les voitures sans conducteur, les services mobiles en nuage évolués, l'optimisation de la gestion du trafic en temps réel, les interventions en cas d'urgence et de catastrophe, les réseaux électriques intelligents, la cybersanté et les communications industrielles efficaces, sont autant de domaines dans lesquels un faible temps de latence et une fiabilité élevée peuvent améliorer la qualité de vie.

2.1.3 Prise en charge d'une haute densité d'utilisateurs

Les utilisateurs finals souhaiteront bénéficier d'une qualité d'expérience satisfaisante en présence d'un grand nombre d'utilisateurs concurrents, par exemple dans une foule où la densité de trafic par unité de surface est élevée et où se trouve un grand nombre de combinés et de machines/dispositifs par unité de surface. Cette situation se produit, par exemple, dans le cas des contenus audiovisuels à fournir de manière concurrentielle dans la totalité d'une cellule, ou des applications d'infodivertissement dans les centres commerciaux, les stades, les festivals en plein air et autres manifestations publiques attirant un public nombreux. Elle concerne également les utilisateurs qui se servent de leur téléphone dans des embouteillages imprévus ou dans les transports en commun, ainsi que les membres de personnel d'institutions telles que la police, les pompiers ou le Samu, pour l'utilisation des réseaux de communication publics dans des environnements encombrés et des dispositifs centrés sur les machines.

2.1.4 Maintien d'un niveau de qualité élevé dans le contexte d'une mobilité élevée

Dans les années ultérieures à 2020, la société connectée devra permettre aux utilisateurs finals de bénéficier d'une qualité d'expérience similaire lors de leurs déplacements et lorsqu'ils sont chez eux ou au bureau, par exemple. Pour offrir la «meilleure qualité d'expérience», compte tenu de la forte mobilité des utilisateurs et des dispositifs centrés sur les machines, il sera nécessaire de disposer de solutions de connectivité robustes et fiables et de réussir à maintenir la qualité de service dans le contexte de la mobilité.

Le maintien d'un niveau de qualité élevé dans le contexte d'une mobilité élevée permettra de déployer avec succès des applications sur les équipements d'utilisateur situés à bord de véhicules tels que les voitures ou les trains à grande vitesse, comme cela est déjà le cas dans plusieurs pays. La connectivité à bord des véhicules peut être assurée à l'aide des IMT, d'un réseau local hertzien (RLAN) ou d'un autre type de réseau moyennant un raccordement approprié.

2.1.5 Services multimédias évolués

Il est probable que la demande de contenus multimédias haute définition sur les dispositifs mobiles augmente dans de nombreux domaines autres que les divertissements, par exemple les traitements médicaux, la sûreté et la sécurité.

Les dispositifs des utilisateurs seront dotés de fonctionnalités évoluées pour la consommation des contenus médias, telles que l'affichage ultra-haute définition, l'affichage multivues haute définition, les projections 3D mobiles, la visioconférence en immersion, ainsi que des fonctionnalités d'affichage et d'interface en réalité augmentée et en réalité mixte. Toutes ces évolutions entraîneront une demande de débits de données beaucoup plus élevés. Les contenus médias seront fournis à des utilisateurs en particulier ou à des groupes d'utilisateurs.

2.1.6 Internet des objets

Dans l'avenir, tout objet pouvant bénéficier d'une connexion sera connecté à l'aide de technologies Internet filaires ou hertziennes. Le nombre de dispositifs connectés augmentera donc rapidement et devrait dépasser celui des dispositifs conçus pour des utilisateurs humains.

Ces objets connectés peuvent être des smartphones, des capteurs, des actionneurs, des caméras, des véhicules, etc., et vont des dispositifs les plus simples aux dispositifs les plus complexes et les plus évolués. Un grand nombre de dispositifs connectés devraient fonctionner à l'aide des systèmes IMT.

Il en résulte que les entités connectées auront nécessairement des caractéristiques variables pour ce qui est de la consommation d'énergie, de la puissance d'émission, des exigences relatives au temps de latence, des coûts, et de nombreux autres paramètres essentiels à la stabilité de la connexion.

En outre, à mesure que de plus en plus d'objets deviennent connectés, de nombreux services utilisant la connectivité des objets seront créés. Les réseaux de distribution d'énergie intelligents, l'agriculture, la cybersanté, les communications de véhicule à véhicule et entre les véhicules et les infrastructures routières, sont considérés comme des domaines propices à la croissance future de l'Internet des objets (IoT).

2.1.7 Convergence des applications

La fourniture des nouvelles applications est de plus en plus souvent assurée à l'aide des IMT, y compris en ce qui concerne l'administration publique en ligne, les communications pour la protection du public et les secours en cas de catastrophe, l'éducation, les contenus audiovisuels linéaires¹ et à la demande, et la cybersanté. Cette convergence des applications doit tenir compte des exigences liées à ces applications.

2.1.8 Applications de localisation ultra-précises

A mesure que la précision de la localisation augmente, les applications géolocalisées, qui permettent de fournir des services de secours améliorés dans les situations d'urgence, ainsi que des services de navigation au sol précis pour les véhicules sans pilote ou les drones, pourraient connaître une forte croissance.

2.2 Croissance du trafic des IMT

De nombreux facteurs déterminent la croissance future de la demande de trafic des IMT, en particulier l'adoption de dispositifs dotés de fonctionnalités améliorées, dont le fonctionnement nécessite des débits binaires plus élevés et une plus grande largeur de bande. Des facteurs similaires ont conduit à une hausse du trafic lors du passage des IMT-2000 aux IMT évoluées.

Les principaux facteurs sur lesquels reposent les prévisions de croissance du trafic sont l'augmentation de l'utilisation de la vidéo, la multiplication des dispositifs et l'adoption des applications. Ces facteurs devraient évoluer dans le temps, et leur évolution ne sera pas la même dans tous les pays, en raison de différences sur le plan socio-économique. Le Rapport UIT-R M.2370 décrit de façon détaillée ces facteurs ainsi que d'autres tendances à l'origine de la croissance du trafic. Il présente également les estimations du trafic mondial des IMT pour l'après-2020 provenant de différentes sources. Selon ces estimations, le trafic mondial des IMT sera multiplié par un facteur de 10 à 100 entre 2020 et 2030.

Le Rapport UIT-R M.2370 décrit en outre l'asymétrie du trafic pour la même période. Il indique que le rapport de l'asymétrie moyenne du trafic mobile large bande est actuellement en faveur de la liaison descendante, ce qui devrait s'accroître du fait de la hausse de la demande de contenus audiovisuels.

2.3 Tendances technologiques

Le Rapport UIT-R M.2320 offre une vue d'ensemble des futurs aspects techniques des systèmes IMT de Terre pour la période 2015-2020 et au-delà. Il contient des informations sur les caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes IMT, y compris sur l'évolution des IMT grâce aux progrès technologiques et aux techniques à grande efficacité spectrale, ainsi que sur le déploiement de ces systèmes. En outre, le Rapport UIT-R M.2030 présente des informations plus précises sur les aspects techniques présentés dans les § 2.3.1 à 2.3.8 ci-après. Les technologies nécessaires pour assurer des débits de données plus élevés font l'objet du § 2.3.9.

¹ Un service audiovisuel est dit linéaire lorsque son mode de prestation est celui traditionnellement utilisé pour les services de radio et de télévision, dans lequel les auditeurs ou les téléspectateurs branchent leur poste sur les contenus, qui suivent une programmation. Celle-ci peut comporter, par exemple, des actualités, des divertissements, des fictions et des films dans le cas de la télévision, et différents types de contenus audio dans le cas de la radio. Cette programmation est établie par les fournisseurs de contenus et ne peut pas être modifiée par l'auditeur ou le téléspectateur. Les services linéaires ne sont pas limités à une technologie de diffusion particulière. Par exemple, une diffusion en continu en direct sur l'Internet est également considérée comme un service linéaire.

2.3.1 Technologies propres à améliorer l'interface radioélectrique

Les formes d'onde, la modulation et le codage évolués, ainsi que les systèmes d'accès multiple, par exemple le multiplexage MROF filtré, la modulation multiporteuses à banc de filtres (FBMC, *filter bank multi-carrier modulation*), l'accès multiple à répartition par motif (PDMA, *pattern division multiple access*), l'accès multiple à code épars (SCMA, *sparse code multiple access*), l'accès multiple à répartition par entrelacement (IDMA, *interleave division multiple access*) et l'étalement à faible densité (LDS, *low density spreading*), peuvent améliorer l'efficacité spectrale des systèmes IMT futurs.

Les technologies d'antenne évoluées, par exemple la formation de faisceaux 3D (3D-BF, *3d-beam forming*), les systèmes d'antenne actifs (AAS, *active antenna systems*), la technique des entrées multiples/sorties multiples (MIMO) massives et la technique MIMO en réseau, se traduiront par une amélioration de l'efficacité spectrale.

En outre, le mode mixte DRT/DRF, la connectivité double et le mode DRT dynamique peuvent améliorer la souplesse en matière de fréquences.

L'émission et la réception simultanées sur la même fréquence avec annulation de l'autobrouillage pourraient améliorer l'efficacité spectrale.

D'autres techniques, telles que le raccordement souple et les configurations d'accès radioélectrique dynamiques peuvent aussi apporter des améliorations à l'interface radioélectrique.

Dans les petites cellules, une modulation d'ordre supérieur et des modifications de la structure du signal de référence avec un temps système peuvent apporter des améliorations de la qualité de fonctionnement en raison de la mobilité plus faible lors de déploiements dans de petites cellules et des rapports signal/brouillage potentiellement plus élevés que dans le cas d'une zone étendue.

L'utilisation souple du spectre, la gestion conjointe des technologies d'accès radioélectrique (RAT) multiples et l'attribution souple des ressources sur la liaison montante et sur la liaison descendante, peuvent offrir des solutions techniques pour faire face à la croissance de la demande de trafic dans l'avenir et permettre une utilisation plus efficace des ressources radioélectriques.

2.3.2 Technologies de réseau

Les IMT futures nécessiteront des noeuds de réseau plus souples, qui puissent être configurés en fonction de l'architecture des réseaux pilotés par logiciel (SDN, *software defined network*) et de la virtualisation des fonctions de réseau (NFV), pour un traitement optimal des fonctions de noeud et une meilleure efficacité opérationnelle du réseau.

Le nuage RAN (C-RAN), qui permet une exploitation du système centralisée et coopérative, englobe les ressources de traitement de la bande de base et des couches supérieures de manière à constituer une réserve, afin que ces ressources puissent être gérées et attribuées sur demande d'une manière dynamique, alors que les unités radioélectriques et l'antenne sont déployées de manière répartie.

L'architecture de réseau d'accès radioélectrique (RAN, *radio access network*) devrait offrir un large éventail d'options pour les systèmes de coordination intercellulaire. La technologie de réseau auto-organisé (SON, *self-organizing network*) évoluée constitue un exemple de solution qui permet aux opérateurs d'améliorer l'efficacité OPEX des réseaux multi-RAT et multicouche, tout en répondant aux besoins croissants des abonnés en termes de débit.

2.3.3 Technologies propres à améliorer les déploiements du large bande mobile

Un réseau à plusieurs bonds basé sur une technique de relais peut considérablement améliorer la qualité de service (QoS) pour les utilisateurs finals en bord de cellule. Le déploiement dans de petites cellules peut améliorer la qualité de service pour les utilisateurs, en diminuant le nombre d'utilisateurs par cellule, et améliorer la qualité d'expérience des utilisateurs.

Les progrès de la diffusion en continu adaptative dynamique sur HTTP (DASH, *dynamic adaptative streaming over http*) devraient améliorer la qualité d'expérience des utilisateurs et rendre possible la diffusion en continu d'une plus grande quantité de contenus vidéo dans les infrastructures existantes.

Les économies de largeur de bande et l'amélioration de l'efficacité de la transmission est une tendance qui se développe pour le service évolué de radiodiffusion multimédia multidestinataires (eMBMS, *evolved multimedia broadcast and multicast service*). En outre, la commutation dynamique entre la transmission monodiffusion et la transmission multidiffusion peut présenter des avantages.

Les systèmes IMT actuels prennent en charge l'interfonctionnement des réseaux RLAN, au niveau du réseau central, y compris pour la mobilité transparente et la mobilité non transparente, et peuvent réduire la charge des réseaux cellulaires en détournant le trafic vers des bandes de fréquences exploitées sans licence.

Les applications sensibles au contexte peuvent offrir des services plus personnalisés qui garantissent une qualité d'expérience élevée pour l'utilisateur final et une adaptation proactive à l'évolution du contexte.

Les techniques basées sur la proximité permettent de fournir aux applications des informations indiquant si deux dispositifs sont à proximité immédiate l'un de l'autre, et d'établir des communications directes de dispositif à dispositif (D2D, *device-to-device*). Les communications de groupe, y compris les communications de messagerie instantanée vocale (PTT, *push to talk*), est fortement souhaitable pour la sécurité du public.

2.3.4 Technologies propres à améliorer les communications massives de type machine

Les systèmes IMT futurs devront assurer la connexion d'un grand nombre de dispositifs M2M, compte tenu d'un ensemble d'exigences de qualité de fonctionnement et d'exploitation, d'une amélioration supplémentaire des types de dispositifs de coût et de complexité peu élevés, ainsi que d'une extension de la couverture.

2.3.5 Technologies propres à améliorer les communications ultra-fiables et à faible temps de latence

Pour parvenir à un temps de latence ultra-court, le plan de données et le plan de commande pourront tous deux nécessiter des améliorations considérables et de nouvelles solutions techniques concernant à la fois les aspects liés à l'interface radioélectrique et à l'architecture de réseau.

Il est prévu que les systèmes hertziens futurs soient aussi largement utilisés dans le contexte des communications de machine à machine, par exemple pour la sécurité routière, la gestion efficace de la circulation, les réseaux électriques intelligents, la cybersanté, l'automatisation du secteur des communications hertziennes, la réalité augmentée, la commande tactile à distance et la téléprotection, ce qui nécessitera des techniques à haute fiabilité.

2.3.6 Technologies propres à améliorer l'efficacité énergétique des réseaux

Afin d'améliorer l'efficacité énergétique, la consommation d'énergie devrait être prise en compte lors de la conception des protocoles.

L'efficacité énergétique d'un réseau peut être améliorée à la fois en réduisant la puissance d'émission RF et la consommation de puissance des circuits. Pour améliorer l'efficacité énergétique, les variations de trafic propres à chaque utilisateur devraient être correctement exploitées, de manière à assurer une gestion adaptative des ressources. Les techniques utilisables sont, par exemple, la transmission discontinue (DTX, *discontinuous transmission*), la désactivation des stations de base et des antennes, et l'équilibrage du trafic entre plusieurs technologies RAT.

2.3.7 Technologies de terminal

Le terminal mobile, dispositif de technologie de l'information et de la communication (TIC) à usages multiples, qui permet d'effectuer des tâches personnelles et de se divertir, va accompagner l'utilisateur en répondant mieux à ses attentes. Existant aujourd'hui essentiellement sous la forme du smartphone portatif, il va en outre évoluer pour s'étendre aux dispositifs intelligents à porter sur soi.

Les technologies de circuit intégré, de batterie et d'affichage devraient donc être encore améliorées.

2.3.8 Technologies propres à améliorer le respect de la vie privée et la sécurité

Les systèmes IMT futurs devront offrir des solutions robustes et sûres pour parer aux menaces à la sécurité et au respect de la vie privée que créent les nouvelles technologies de radiocommunication, les nouveaux services et les nouvelles configurations de déploiement.

2.3.9 Technologies permettant d'assurer des débits de données plus élevés

Pour assurer des débits de données plus élevés et améliorer les capacités, les techniques clés suivantes sont nécessaires:

Spectre:

- Utilisation de grands blocs de fréquences dans les bandes de fréquences supérieures
- Regroupement de porteuses.

Couche physique:

- Amélioration de l'efficacité spectrale, à l'aide, par exemple, de techniques évoluées dans la couche physique (modulation, codage) et d'avancées dans le traitement spatial (MIMO en réseau et MIMO massives), et par l'exploitation d'autres idées faisant appel à des solutions novatrices ou de remplacement.

Réseau:

- Densification des réseaux.

2.4 Etudes sur la faisabilité technique des IMT entre 6 et 100 GHz

Le développement des IMT à l'horizon 2020 et au-delà devrait ouvrir la voie à de nouveaux cas d'utilisation et à de nouvelles applications et permettre de faire face à l'augmentation rapide du trafic, ce pour quoi il serait souhaitable de disposer de largeurs de bande de canal contiguës et plus larges que celles actuellement disponibles pour les systèmes IMT. Il apparaît donc nécessaire d'envisager l'utilisation de ressources de spectre dans les gammes de fréquences supérieures.

Le Rapport UIT-R M.2376 porte sur la faisabilité technique des IMT dans les fréquences comprises entre 6 et 100 GHz. Il donne des informations sur de nouvelles approches en matière de technologies et de systèmes de radiocommunication, qui pourraient être appropriées pour exploiter les IMT dans cette gamme de fréquences.

Le Rapport présente des données de mesure sur la propagation dans la gamme de fréquences comprise entre 6 et 100 GHz dans différents environnements. Il décrit les résultats de mesures en visibilité directe et sans visibilité directe pour les cas fixe et mobile, ainsi que les résultats de mesures dans un environnement extérieur vers intérieur. Il contient également les résultats de simulations de qualité de fonctionnement pour plusieurs configurations de déploiement.

Le Rapport décrit en outre des solutions basées sur la technique MIMO et la formation de faisceaux avec un grand nombre d'éléments d'antenne, ce qui permet de compenser l'augmentation de l'affaiblissement de propagation dû à l'utilisation de fréquences plus élevées. Ces solutions deviennent de plus en plus praticables du fait de la capacité d'exploiter des solutions d'antenne à l'échelle du circuit intégré et des réseaux d'antennes adaptatifs modulaires qui ne nécessitent pas de combinaison

CAN/CNA pour chaque élément d'antenne. La faisabilité de la production commerciale d'émetteurs et de récepteurs fonctionnant à ces fréquences est à l'étude, comme en atteste la présence sur le marché de produits pour les systèmes hertziens multi-gigabits (MGWS, *multi-gigabit wireless systems*) à 60 GHz et les activités de prototypage déjà en cours à des fréquences telles que 11, 15, 28, 44, 70 et 80 GHz.

Les avantages potentiels liés à l'utilisation des mêmes fréquences pour l'accès et pour le raccordement vers l'avant/vers l'arrière, comparativement à l'utilisation de deux fréquences différentes pour l'accès et pour le raccordement vers l'avant/vers l'arrière, sont également décrits dans le Rapport.

L'évaluation théorique, les simulations, les mesures, les évolutions technologiques et les activités de prototypage décrites dans le Rapport indiquent que l'utilisation des bandes entre 6 et 100 GHz est praticable pour les configurations de déploiement des IMT considérées, et qu'elle pourrait être envisagée pour le développement des IMT à l'horizon 2020 et au-delà.

2.5 Incidences sur le plan du spectre

Le Rapport UIT-R M.2290 présente les résultats d'études sur l'estimation des besoins de spectre à l'échelle mondiale pour les IMT de Terre à l'horizon 2020. Les besoins totaux estimés comprennent les fréquences déjà identifiées pour les IMT et les besoins de spectre supplémentaires.

Il convient de noter qu'aucune bande de fréquences à elle seule ne satisfait tous les critères requis pour le déploiement des systèmes IMT, notamment dans les pays présentant des conditions géographiques et des densités de population différentes. En conséquence, plusieurs gammes de fréquences seront nécessaires pour répondre aux besoins des systèmes IMT en matière de capacité et de couverture. Il convient aussi de noter qu'il existe des différences entre les pays tant au niveau des marchés que des configurations de déploiement et du rythme de la croissance des données mobiles.

Pour les systèmes IMT futurs à l'horizon 2020 et au-delà, il serait souhaitable de disposer de largeurs de bande de canal contiguës et plus larges que celles actuellement disponibles pour les systèmes IMT, afin d'assurer une croissance continue. Par conséquent, il convient d'étudier l'existence de ressources de spectre permettant de disposer de largeurs de bande de canal contiguës d'ici à cette échéance. Il faut poursuivre les efforts de recherche menés afin d'augmenter l'efficacité spectrale et d'étudier la disponibilité de canaux larges et contigus.

Par ailleurs, si des fréquences supplémentaires sont mises à disposition pour les IMT, il est nécessaire de tenir compte des incidences éventuelles que cela pourrait avoir sur les utilisations et les utilisateurs actuels de ces fréquences.

2.5.1 Harmonisation du spectre

Au vu de l'augmentation de la quantité de spectre nécessaire pour les services mobiles, il est de plus en plus souhaitable d'harmoniser les fréquences existantes et les fréquences nouvellement attribuées et identifiées. Les avantages de l'harmonisation du spectre sont de favoriser les économies d'échelle, de faciliter l'itinérance internationale, de simplifier la conception des équipements, d'allonger la durée de vie des batteries, d'améliorer l'efficacité spectrale et de réduire potentiellement les brouillages transfrontières. En général, un dispositif mobile comporte plusieurs antennes associées à des étages d'entrée radiofréquences, pour lui permettre de fonctionner dans différentes bandes, de manière à faciliter l'itinérance. Si les dispositifs mobiles peuvent être munis de jeux de puces communs, il est toutefois nécessaire d'utiliser différents composants pour tenir compte des disparités entre les dispositions de fréquences, ce qui rend la conception des équipements plus complexe.

Par conséquent, l'harmonisation du spectre pour les IMT permettra d'uniformiser les équipements; elle est souhaitable pour réaliser des économies d'échelle et garantir l'accessibilité économique des équipements.

2.5.2 Importance d'une largeur de bande de fréquences contiguë et plus large

La multiplication des dispositifs intelligents (smartphones, tablettes, télévisions, etc.) et la création d'une large gamme d'applications nécessitant un volume élevé de trafic de données ont conduit à une accélération de la demande de trafic de données hertzien. Les systèmes IMT futurs sont censés apporter une amélioration importante afin de faire face à cette augmentation rapide de la demande de trafic. En outre, les systèmes IMT futurs sont censés assurer la fourniture de services offrant des débits de donnée d'utilisateur de l'ordre du gigabit par seconde. Les bandes de fréquences actuellement disponibles varient entre les pays et les régions, de même que les largeurs de bande correspondantes, ce qui crée de nombreux problèmes liés à la complexité des dispositifs ainsi que des risques de brouillage. Des bandes de fréquences contiguës, plus larges et harmonisées, adaptées aux futures évolutions technologiques, permettraient de résoudre ces problèmes et faciliterait la réalisation des objectifs des systèmes IMT futurs.

Pour chacun des scénarios d'utilisation décrits dans la section 4 (c'est-à-dire le large bande mobile évolué, les communications ultra-fiables et à faible temps de latence, et les communications massives de type machine), les largeurs de bande nécessaires seraient variables. Dans les cas nécessitant une largeur de bande comprise entre plusieurs centaines de MHz et au moins 1 GHz, il faudra envisager d'utiliser des portions de spectre contiguës large bande au-dessus de 6 GHz.

3 Evolution des IMT

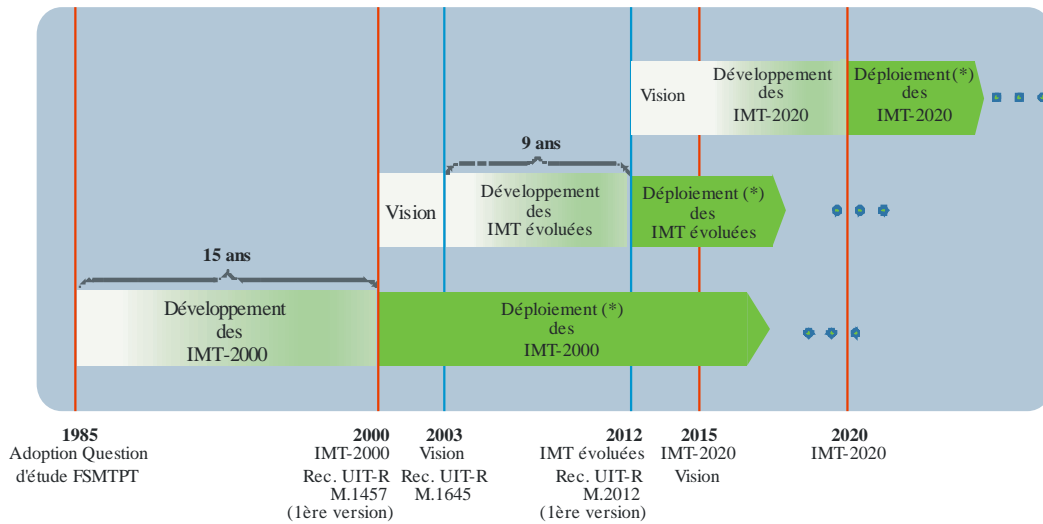
3.1 Rappel sur l'élaboration des IMT

Après l'adoption de la Question d'étude sur les futurs systèmes mobiles terrestres publics de télécommunication (FSMTPT) par le Comité consultatif international des radiocommunications (CCIR) en 1985, il a fallu au total 15 ans pour procéder à l'identification des bandes de fréquences, qui a eu lieu en 1992, et élaborer les spécifications des IMT-2000 (Recommandation UIT-R M.1457). Une fois ces spécifications élaborées, le déploiement des systèmes IMT-2000 a commencé.

L'UIT a alors immédiatement commencé à élaborer la Recommandation de vision sur le «Cadre et les objectifs d'ensemble du développement futur des IMT-2000 et des systèmes postérieurs aux IMT-2000» (Recommandation UIT-R M.1645, juin 2003). Sur la base de cette Recommandation, l'UIT a publié en 2012 la Recommandation UIT-R M.2012 sur les interfaces radioélectriques de Terre des IMT évoluées. Après l'élaboration de la Recommandation de vision, il a fallu neuf ans à l'UIT pour élaborer la deuxième phase des IMT. Une fois cette deuxième phase élaborée, le déploiement des systèmes IMT évolués a commencé.

FIGURE 1

Repères chronologiques concernant l'élaboration et le déploiement des IMT



(*) Le déploiement peut avoir lieu à des moments différents selon les pays.

M.2083-01

3.2 Rôle des IMT à l'horizon 2020 et au-delà

Les systèmes IMT servent de moyen de communication aux personnes et favorisent le développement d'autres secteurs, comme la science médicale, les transports et l'éducation. Compte tenu des tendances essentielles décrites dans la section 2, les IMT devraient continuer à contribuer aux objectifs suivants:

- **Infrastructures hertziennes pour connecter le monde:** La connectivité large bande va devenir aussi importante que l'accès à l'électricité. Les IMT vont continuer de jouer un rôle important dans ce contexte, en constituant l'un des piliers essentiels de la prestation des services mobiles et des échanges d'information. Dans l'avenir, les utilisateurs privés et professionnels disposeront d'une grande variété d'applications et de services, allant des services d'infodivertissement aux nouvelles applications industrielles et professionnelles.
- **Nouveau marché des TIC:** Le développement des systèmes IMT futurs devrait faciliter la mise en place d'un secteur des TIC intégré, qui jouera un rôle moteur pour les économies du monde entier. Les domaines envisageables sont, par exemple, l'accumulation, l'agrégation et l'analyse des mégadonnées, et la fourniture de services de mise en réseau personnalisés aux groupes d'entreprises et de réseaux sociaux sur les réseaux hertziens.
- **Réduction de la fracture numérique:** Les IMT continueront de favoriser la réduction des écarts liés à l'élargissement de la fracture numérique. Des systèmes de communication mobiles et hertziens d'un coût abordable, durables et faciles à déployer, peuvent contribuer à cet objectif tout en conduisant à des économies d'énergie et à des gains d'efficacité concrets.
- **Nouveaux modes de communication:** Les IMT permettront de partager tous types de contenus, à tout moment et en tout lieu, à l'aide de n'importe quel dispositif. Les utilisateurs créeront davantage de contenus, qu'ils partageront sans contraintes de temps et de lieu.
- **Nouvelles formes d'éducation:** Les IMT peuvent faire évoluer les méthodes d'éducation en assurant un accès facile à des manuels numériques ou un stockage dans le nuage des connaissances disponibles sur l'Internet, ce qui stimulera le développement d'applications telles que le cyberapprentissage, la cybersanté et le commerce électronique.
- **Promotion de l'efficacité énergétique:** Les IMT favorisent l'efficacité énergétique dans divers secteurs de l'économie, en assurant des communications de machine à machine et en offrant des solutions telles que les réseaux électriques intelligents, les téléconférences, et la logistique et les transports intelligents.

- **Evolutions sociales:** Grâce aux réseaux large bande, il devient plus facile pour le public de former et de partager rapidement des opinions au sujet d'une question politique ou sociale par l'intermédiaire des réseaux sociaux. La formation d'opinions par un très grand nombre d'individus connectés, du fait de leur capacité d'échanger des informations à tout moment et en tout lieu deviendra un agent essentiel des évolutions sociales.
- **Nouveautés artistiques et culturelles:** Les IMT aideront les personnes à créer des oeuvres d'art ou à participer à des performances ou activités collectives, par exemple des chorales virtuelles, des rassemblements éclair et des travaux de co-autorat ou d'écriture de chansons. En outre, les personnes connectées au monde virtuel sont capables de constituer de nouveaux types de communautés et de créer leurs propres cultures.

4 Scénarios d'utilisation des IMT à l'horizon 2020 et au-delà

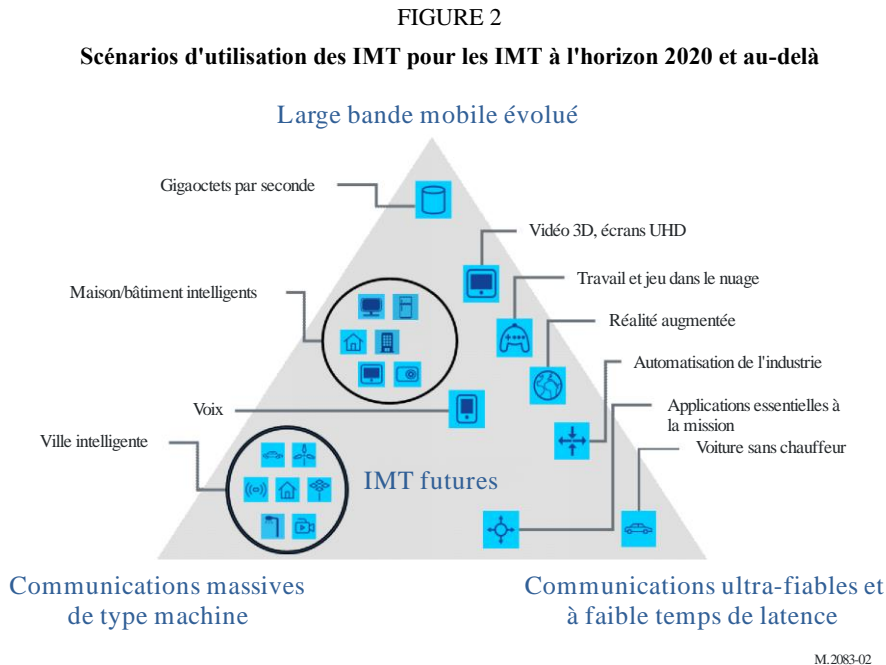
Les IMT à l'horizon 2020 et au-delà devraient se développer et prendre en charge des scénarios d'utilisation variés, qui iront au-delà des IMT actuelles. En outre, les différents scénarios d'utilisation et applications prévus pour les IMT à l'horizon 2020 et au-delà devraient être étroitement liés à des capacités très diverses. Ces scénarios d'utilisation sont les suivants:

- **Le large bande mobile évolué:** Le large bande mobile permet d'assurer l'accès des personnes aux contenus, services et données multimédias. La demande de large bande mobile va continuer de croître, pour conduire au large bande mobile évolué. Le scénario d'utilisation du large bande mobile évolué s'accompagnera de nouveaux domaines d'application et de nouveaux besoins, qui viendront s'ajouter aux applications existantes du large bande mobile, pour améliorer la qualité de service et offrir aux utilisateurs une expérience de plus en plus transparente. Ce scénario d'utilisation englobe un certain nombre de cas, y compris la couverture d'une zone étendue et les points d'accès publics, qui font l'objet d'exigences différentes. Dans le cas des points d'accès publics, qui servent à couvrir une zone avec une forte densité d'utilisateurs, une très grande capacité de trafic est nécessaire, alors que les exigences en termes de mobilité sont faibles et que le débit de données d'utilisateur est plus élevé que pour la couverture d'une zone étendue. Dans ce cas, il est nécessaire d'assurer une couverture homogène avec une mobilité moyenne à élevée, et d'assurer un débit de données d'utilisateur largement supérieur aux débits de données actuels. Toutefois, les exigences en termes de débits de données peuvent être assouplies par rapport au cas des points d'accès publics.
- **Les communications ultra-fiables et à faible temps de latence:** Ce scénario d'utilisation fait l'objet d'exigences strictes sur le plan des capacités, par exemple en termes de débit, de temps de latence et de disponibilité. Il s'applique, par exemple, à la commande par voie hertziennne de la fabrication industrielle et des processus de production, à la chirurgie à distance, à l'automatisation de la distribution dans les réseaux électriques intelligents, et à la sécurité des transports.
- **Les communications massives de type machine:** Ce scénario d'utilisation se caractérise par un très grand nombre de dispositifs connectés, qui transmettent en général un volume relativement faible de données non sensibles au retard. Ces dispositifs doivent être d'un coût peu élevé et munis d'une batterie à la durée de vie très longue.

Des scénarios d'utilisation supplémentaires devraient apparaître, mais ils sont pour le moment inconnus. Une certaine souplesse sera nécessaire pour que les IMT futures puissent s'adapter à de nouveaux scénarios d'utilisation, qui seront assortis d'exigences très diverses.

Les systèmes IMT futurs comporteront un grand nombre de fonctionnalités différentes. Selon les circonstances et les besoins des différents pays, les systèmes IMT futurs devraient être conçus de manière à disposer d'une modularité élevée, afin qu'il ne soit pas nécessaire de mettre en oeuvre toutes les fonctionnalités dans tous les réseaux.

La Figure 2 illustre quelques exemples d'application des scénarios d'utilisation prévus pour les IMT à l'horizon 2020 et au-delà.



5 Capacités des IMT-2020

Les IMT à l'horizon 2020 et au-delà devraient disposer de capacités nettement améliorées par rapport à celles décrites dans la Recommandation UIT-R M.1645, et ces capacités améliorées pourraient être considérées comme les nouvelles capacités des IMT futures. Etant donné que l'UIT-R va employer le nouveau terme IMT-2020 pour désigner les systèmes, composants de système et éléments associés qui prennent en charge ces nouvelles capacités, le terme IMT-2020 est utilisé ci-après.

Un large éventail de capacités, étroitement liées aux scénarios d'utilisation et applications prévus pour les IMT-2020, est envisagé. Les différents scénarios d'utilisation et les tendances actuelles et futures se traduiront par des exigences d'une grande diversité/variété. Les principes de conception essentiels sont la souplesse et la diversité, qui doivent permettre de couvrir de nombreux cas et scénarios d'utilisation différents, pour lesquels les capacités des IMT-2020, décrites dans les paragraphes suivants, auront une utilité et une applicabilité variables. En outre, les contraintes liées à la consommation d'énergie des réseaux et aux ressources de fréquences devront être prises en compte.

Les huit paramètres suivants sont considérés comme des capacités essentielles des IMT-2020:

Débit de données de crête

Débit de données maximal par utilisateur/dispositif dans des conditions idéales (en Gbit/s).

Débit de données perçu par l'utilisateur

Débit de données pouvant être fourni de manière ubiquitaire² dans toute la zone de couverture à un utilisateur/dispositif mobile (en Mbit/s ou Gbit/s).

Temps de latence

Contribution du réseau de radiocommunication au temps qui s'écoule entre l'envoi d'un paquet par la source et sa réception par le destinataire (en ms).

Mobilité

Vitesse maximale à laquelle peuvent être assurés une qualité de service (QoS) définie et un transfert transparent entre des noeuds radioélectriques pouvant appartenir à des couches et/ou technologies d'accès radioélectriques différentes (multicouche/-RAT) (en km/h).

Densité de connexion

Nombre total de dispositifs connectés et/ou accessibles par unité de surface (par km²).

Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique comporte deux aspects:

- côté réseau, l'efficacité énergétique correspond à la quantité de bits d'information reçue ou transmise par les utilisateurs, par unité de consommation d'énergie du réseau d'accès radioélectrique (RAN) (en bit/joule);
- côté dispositif, l'efficacité énergétique correspond à la quantité de bits d'information par unité de consommation d'énergie du module de communication (en bit/joule).

Efficacité spectrale

Débit de données moyen par unité de ressource spectrale et par cellule³ (en bit/Hz).

Capacité de trafic par zone

Débit total de trafic fourni par zone géographique (en Mbit/s/m²).

Les IMT-2020 devraient permettre aux utilisateurs de bénéficier d'une expérience équivalente, dans toute la mesure possible, à celle que leur offrent les réseaux fixes. Cette amélioration s'obtiendra par une augmentation du débit de données de crête et du débit de données perçu par l'utilisateur, une amélioration de l'efficacité spectrale, une diminution du temps de latence et une meilleure prise en charge de la mobilité.

Outre les communications classiques homme-homme et homme-machine, les IMT-2020 permettront de réaliser l'Internet des objets, en connectant une large gamme d'appareils, de machines et autres objets intelligents sans intervention humaine.

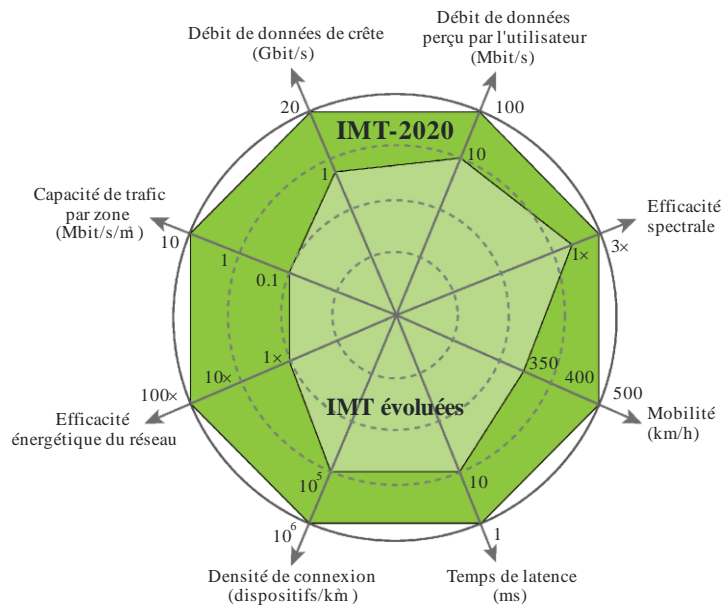
Les IMT-2020 devraient pouvoir fournir ces capacités sans imposer de contraintes excessives sur la consommation d'énergie, le prix des équipements de réseau et les coûts de déploiement, de manière à garantir la durabilité et l'accessibilité économique des IMT futures.

² Le terme «ubiquitaire» se rapporte à la zone de service cible considérée et n'est pas censé se rapporter à une région ou un pays entiers.

³ Zone de couverture radioélectrique dans laquelle un terminal mobile peut maintenir une connexion avec une ou plusieurs unités d'équipement radioélectrique se trouvant dans cette zone. Dans le cas d'une station de base individuelle, il s'agit de la zone de couverture de la station de base ou d'un sous-système (par exemple, une antenne de secteur).

La Figure 3 présente les capacités essentielles des IMT-2020 en les comparant avec celles des IMT évoluées.

FIGURE 3
Amélioration des capacités essentielles lors du passage des IMT évoluées aux IMT-2020



M.2083-03

Les valeurs indiquées dans la figure ci-dessus sont des cibles définies pour les travaux de recherche et les études sur les IMT-2020. Elles pourront être précisées dans d'autres Recommandations UIT-R et révisées à la lumière des futures études. Ces cibles sont décrites de manière plus détaillée ci-après.

Le débit de données de crête des IMT-2020 dans le cas du large bande mobile évolué devrait atteindre 10 Gbit/s. Toutefois, dans certaines conditions et certains scénarios, les IMT-2020 pourraient assurer un débit de données de crête allant jusqu'à 20 Gbit/s, comme indiqué dans la Fig. 3. Les débits de données perçus par l'utilisateur varieront en fonction des divers environnements d'utilisation du large bande mobile évolué. Pour ce qui est de la couverture d'une zone étendue, par exemple dans les zones urbaines et suburbaines, un débit de données perçu par l'utilisateur de 100 Mbit/s devrait être assuré. Dans le cas des points d'accès publics, le débit de données perçu par l'utilisateur devrait atteindre des valeurs supérieures (par exemple, 1 Gbit/s à l'intérieur des bâtiments).

L'efficacité spectrale pour le large bande mobile évolué devrait tripler par rapport à celle obtenue à l'aide des IMT évoluées. L'amélioration de l'efficacité par rapport aux IMT évoluées dépendra des scénarios d'utilisation et pourrait être plus importante pour certains d'entre eux (par exemple, amélioration d'un facteur cinq, sous réserve de futurs travaux de recherche). Les IMT-2020 devraient assurer une capacité de trafic par zone de 10 Mbit/s/m², par exemple dans les points d'accès publics.

L'amélioration des capacités offerte par les IMT-2020 ne devrait pas entraîner d'augmentation de la consommation d'énergie des réseaux d'accès radioélectrique. Par conséquent, l'efficacité énergétique des réseaux devrait être améliorée d'un facteur au moins égal à l'augmentation de la capacité de trafic envisagée pour le large bande mobile évolué lors du passage des IMT évoluées aux IMT-2020.

Les IMT-2020 devraient assurer un temps de latence de 1 ms pour les communications hertziennes, ce qui permettra de fournir des services avec un temps de latence très faible. Les IMT-2020 devraient aussi offrir une mobilité élevée, jusqu'à 500 km/h, avec une qualité de service acceptable. Ce cas de figure est notamment envisagé pour les trains à grande vitesse.

Enfin, les IMT-2020 devraient assurer une densité de connexion allant jusqu'à $10^6/\text{km}^2$, par exemple dans le scénario d'utilisation des communications massives de type machine.

Les valeurs de référence présentées dans la Fig. 3 pour les IMT évoluées en ce qui concerne le débit de données de crête, la mobilité, l'efficacité spectrale et le temps de latence, sont extraites du Rapport UIT-R M.1234. Publié en 2008, ce Rapport a fourni des critères d'évaluation pour les interfaces radioélectriques des IMT évoluées, qui sont décrites dans la Recommandation UIT-R M.2012.

Comme indiqué plus haut, si toutes les capacités essentielles peuvent revêtir une certaine importance pour la plupart des cas d'utilisation, l'utilité de certaines d'entre elles peut varier considérablement selon le cas ou scénario d'utilisation considéré. L'importance de chaque capacité essentielle pour les scénarios d'utilisation *du large bande mobile évolué, des communications ultra-fiables et à faible temps de latence, et des communications massives de type machine*, est représentée dans la Fig. 4, à l'aide d'une échelle à trois degrés: «élevée», «moyenne» et «faible».

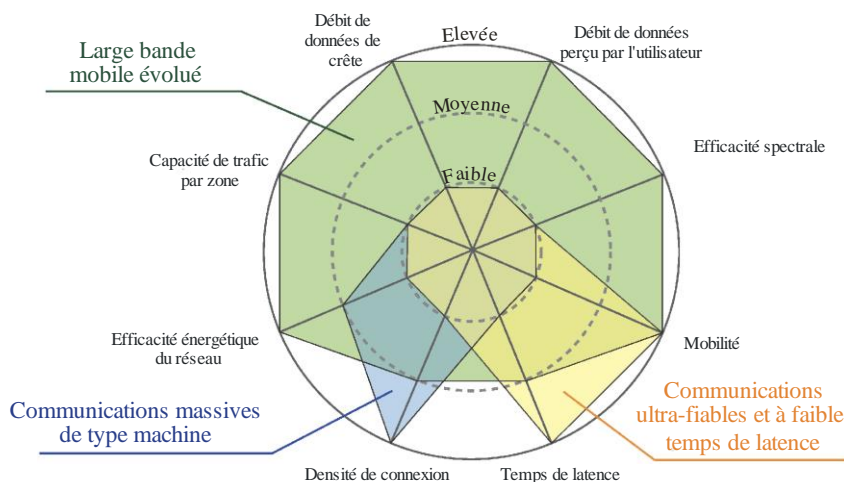
Dans le scénario du large bande mobile évolué, le débit de données perçu par l'utilisateur, la capacité de trafic par zone, le débit de données de crête, la mobilité, l'efficacité énergétique et l'efficacité spectrale, ont tous une importance élevée, mais la mobilité et le débit de données perçu par l'utilisateur n'ont pas simultanément la même importance dans tous les cas d'utilisation. Par exemple, les points d'accès publics nécessiteraient un débit de données perçu par l'utilisateur plus élevé, mais une mobilité plus faible que la couverture d'une zone étendue.

Dans certains scénarios des communications ultra-fiables et à faible temps de latence, il est primordial de disposer d'un faible temps de latence, par exemple pour assurer le fonctionnement des applications essentielles à la sécurité. Cette capacité serait également nécessaire dans certains cas d'utilisation à haute mobilité, par exemple la sécurité des transports, alors que des débits de données élevés, par exemple, pourraient avoir moins d'importance.

Dans le scénario des communications massives de type machine, une densité de connexion élevée est nécessaire pour prendre en charge le nombre extrêmement élevé de dispositifs reliés au réseau, qui peuvent, par exemple, transmettre de manière seulement occasionnelle, à un débit de données peu élevé et avec une mobilité nulle ou très faible. Dans ce scénario d'utilisation, il est indispensable de disposer de dispositifs peu coûteux et dotés d'une longue durée de vie opérationnelle.

FIGURE 4

Importance des capacités essentielles dans les différents scénarios d'utilisation



Les IMT-2020 peuvent aussi nécessiter d'autres capacités, qui rendraient les IMT futures plus souples, plus fiables et plus sécurisées lors de la fourniture de différents services dans les scénarios d'utilisation envisagés:

Souplesse en matière de fréquences et de largeur de bande

La souplesse en matière de fréquences et de largeur de bande est la souplesse offerte par la conception du système pour fonctionner dans différents scénarios, en particulier dans des gammes de fréquences différentes, y compris à des fréquences plus élevées et avec des largeurs de bandes plus importantes qu'à l'heure actuelle.

Fiabilité

La fiabilité désigne la capacité à fournir un service donné avec un niveau de disponibilité très élevé.

Résilience

La résilience est la capacité du réseau à continuer de fonctionner correctement pendant et après une perturbation naturelle ou d'origine humaine, par exemple une panne de secteur.

Sécurité et respect de la vie privée

La sécurité et le respect de la vie privée relèvent de plusieurs domaines, qui comprennent la protection de l'intégrité et le chiffrement des données des utilisateurs et des informations de signalisation, ainsi que les techniques visant à empêcher le traçage des utilisateurs finals, et la protection du réseau contre le piratage, la fraude, le déni de service, les attaques de l'homme du milieu, etc.

Durée de vie opérationnelle

La durée de vie opérationnelle correspond au rapport entre la durée de fonctionnement et la capacité d'énergie stockée. Elle est particulièrement importante pour les dispositifs de type machine dont la batterie doit avoir une longue durée de vie (par exemple, plus de 10 ans) et dont il est difficile d'assurer régulièrement la maintenance pour des raisons physiques ou économiques.

6 Cadre et objectifs

L'objectif du développement des IMT-2020 est d'anticiper les besoins des utilisateurs des services mobiles à l'horizon 2020 et au-delà. Les objectifs concernant les capacités des systèmes IMT-2020 qui sont décrites au § 5 n'ont qu'une valeur indicative et sont définies à des fins de recherche. Ils pourront être élaborés plus avant dans d'autres Recommandations de l'UIT et pourront être révisés à la lumière d'études futures. Le présent paragraphe décrit les relations entre les IMT-2020 et les systèmes IMT existants/les autres systèmes d'accès, et précise les délais et les domaines d'étude prioritaires, qui serviront de cadre et d'objectifs pour le déploiement des IMT-2020.

6.1 Relations

6.1.1 Relations entre les IMT existantes et les IMT-2020

Pour prendre en charge les nouveaux scénarios et les nouvelles applications à l'horizon 2020 et au-delà, il faudra développer les IMT-2020 pour pouvoir offrir les capacités améliorées décrites au § 5. Les valeurs pour ces capacités vont au-delà de celles décrites dans la Recommandation UIT-R M.1645. Les exigences techniques minimales (et les critères d'évaluation correspondants) qui seront définies par l'UIT-R sur la base des capacités des IMT-2020 pourraient éventuellement être respectées si des améliorations sont apportées aux systèmes IMT existants, par exemple en intégrant de nouveaux composants technologiques et de nouvelles fonctionnalités ou en développant de nouvelles technologies d'interface radioélectrique.

En outre, l'interfonctionnement entre les IMT-2020 et les IMT existantes et leurs évolutions sera assuré et les IMT-2020 viendront compléter les IMT.

6.1.2 Relations entre les IMT-2020 et d'autres systèmes d'accès

Les utilisateurs devraient pouvoir avoir accès aux services en tout lieu et à tout moment. Pour atteindre cet objectif, il faudra assurer l'interfonctionnement entre les diverses technologies d'accès, ce qui pourrait nécessiter d'utiliser une combinaison de différents réseaux fixes, de Terre et par satellite. Chaque composante devrait remplir sa fonction mais aussi être intégrée ou interopérable avec les autres composantes afin d'assurer une couverture universelle en toute transparence.

L'interfonctionnement entre les IMT-2020 et les autres systèmes radioélectriques, par exemple les réseaux LAN, les réseaux d'accès hertzien large bande, les réseaux de radiodiffusion et leurs éventuelles versions améliorées sera assuré. Il y aura également un interfonctionnement étroit entre les systèmes IMT et d'autres systèmes radioélectriques pour que les utilisateurs puissent être connectés de manière optimale et dans de bonnes conditions de rentabilité.

6.2 Délais

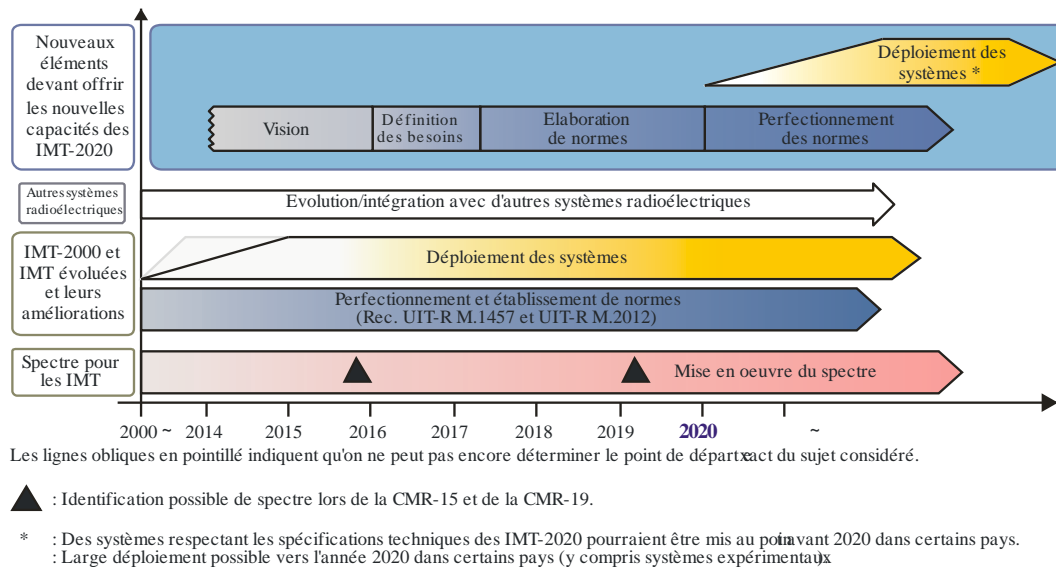
Lors de la planification du développement futur des IMT-2020 et des améliorations futures des IMT existantes, il sera important de tenir compte des échéances associées à la mise en oeuvre de ces systèmes, qui dépendent de plusieurs facteurs:

- tendances concernant les utilisateurs, exigences et besoins des utilisateurs;
- capacités techniques et évolution technologique;
- élaboration de normes et évolution de ces normes;
- questions relatives au spectre;
- considérations d'ordre réglementaire;
- déploiement des systèmes.

Tous ces facteurs sont interdépendants. Les cinq premiers ont été et continueront d'être traités par l'UIT. La conception et le déploiement de systèmes se rapportent aux aspects pratiques du déploiement de nouveaux réseaux, compte tenu de la nécessité de limiter le plus possible les investissements supplémentaires dans les infrastructures et de laisser aux clients le temps d'adopter les services d'un nouveau système. L'UIT terminera ses travaux de normalisation concernant les IMT-2020 au plus tard en 2020 afin de contribuer au déploiement des IMT-2020 attendu par les membres de l'UIT à l'horizon 2020 et au-delà.

Les échéances associées à ces différents facteurs sont indiquées dans la Figure 5. En ce qui concerne les phases et les échéances pour les IMT-2020, il est important de préciser la date à laquelle les normes seront achevées, quand le spectre sera disponible et quand le déploiement pourra commencer.

FIGURE 5
Phases et échéances prévues pour les IMT-2020



M.2083-05

6.2.1 Evolution à moyen terme

A moyen terme (c'est-à-dire jusqu'en 2020 environ), le développement futur des IMT-2000 et des IMT évoluées va se poursuivre, et les capacités des premiers systèmes qui ont été déployés seront sans cesse améliorées. Les améliorations seront dictées par le marché afin de satisfaire les besoins des usagers compte tenu des avancées techniques. Cette phase sera dominée par la croissance du trafic dans les bandes de fréquences attribuées actuellement aux IMT-2000 et le développement des IMT-2000 et des IMT évoluées pendant cette période se caractérisera par des modifications progressives ou évolutives des spécifications actuelles des interfaces radioélectriques des IMT-2000 et des IMT évoluées (Recommandations UIT-R M.1457 pour les IMT-2020 et UIT-R M.2012 pour les IMT évoluées, respectivement).

Il est prévu que les bandes désignées par les CMR seront mises à la disposition des IMT pendant cette période, en fonction de la demande des utilisateurs et d'autres considérations.

6.2.2 Evolution à long terme

Sur le long terme (à partir de 2020 environ), on pourrait mettre en oeuvre les IMT-2020, qui pourraient être déployés dans certains pays aux environs de 2020. Les IMT-2020 offriront des capacités améliorées par rapport à celles décrites au § 5 et auront peut-être besoin de bandes de fréquences additionnelles.

6.3 Principaux domaines nécessitant un complément d'étude

Les forums de recherche et les autres organisations extérieures désireuses de contribuer au développement futur des IMT-2020 sont encouragés à s'intéresser avant tout aux principaux domaines suivants:

- a) interface(s) radioélectrique(s) et interopérabilité de ces interfaces;
 - b) questions relatives au réseau d'accès;
 - c) questions relatives au spectre;
 - d) caractéristiques du trafic.
-