

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

Y.3001

(05/2011)

SÉRIE Y: INFRASTRUCTURE MONDIALE DE
L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET
RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION

Réseaux de prochaine génération – Réseaux futurs

Réseaux futurs: Objectifs et but de conception

Recommandation UIT-T Y.3001

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y
**INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET RÉSEAUX DE
PROCHAINE GÉNÉRATION**

INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION	
Généralités	Y.100–Y.199
Services, applications et intergiciels	Y.200–Y.299
Aspects réseau	Y.300–Y.399
Interfaces et protocoles	Y.400–Y.499
Numérotage, adressage et dénomination	Y.500–Y.599
Gestion, exploitation et maintenance	Y.600–Y.699
Sécurité	Y.700–Y.799
Performances	Y.800–Y.899
ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE INTERNET	
Généralités	Y.1000–Y.1099
Services et applications	Y.1100–Y.1199
Architecture, accès, capacités de réseau et gestion des ressources	Y.1200–Y.1299
Transport	Y.1300–Y.1399
Interfonctionnement	Y.1400–Y.1499
Qualité de service et performances de réseau	Y.1500–Y.1599
Signalisation	Y.1600–Y.1699
Gestion, exploitation et maintenance	Y.1700–Y.1799
Taxation	Y.1800–Y.1899
Télévision IP sur réseaux de prochaine génération	Y.1900–Y.1999
RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION	
Cadre général et modèles architecturaux fonctionnels	Y.2000–Y.2099
Qualité de service et performances	Y.2100–Y.2199
Aspects relatifs aux services: capacités et architecture des services	Y.2200–Y.2249
Aspects relatifs aux services: interopérabilité des services et réseaux dans les réseaux de prochaine génération	Y.2250–Y.2299
Numérotage, nommage et adressage	Y.2300–Y.2399
Gestion de réseau	Y.2400–Y.2499
Architectures et protocoles de commande de réseau	Y.2500–Y.2599
Smart ubiquitous networks	Y.2600–Y.2699
Sécurité	Y.2700–Y.2799
Mobilité généralisée	Y.2800–Y.2899
Environnement ouvert de qualité opérateur	Y.2900–Y.2999
Réseaux futurs	Y.3000–Y.3099

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

Recommandation UIT-T Y.3001

Réseaux futurs: Objectifs et but de conception

Résumé

La Recommandation UIT-T Y.3001 décrit les objectifs généraux des réseaux futurs et les objectifs applicables à la conception de ces réseaux. Afin de distinguer les réseaux futurs des réseaux existants, quatre objectifs généraux liés aux services, aux données, à l'environnement et à la dimension socio-économique ont été définis. Pour réaliser ces objectifs, douze objectifs relatifs à la conception ont été définis: diversité des services, souplesse fonctionnelle, virtualisation des ressources, accès aux données, consommation d'énergie, universalisation des services, incitations économiques, gestion des réseaux, mobilité, optimisation, identification, fiabilité et sécurité. Dans la présente Recommandation, il est supposé que la date de mise en place des réseaux futurs est fixée entre 2015 et 2020 environ. L'Appendice I décrit certaines technologies élaborées dans le cadre de travaux de recherche récents qui seront probablement utilisées pour faciliter la réalisation des objectifs de conception.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études
1.0	ITU-T Y.3001	2011-05-20	13

AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2012

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.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références.....	1
3	Définitions	2
	3.1 Termes définis ailleurs	2
	3.2 Termes définis dans la présente Recommandation	2
4	Abréviations et acronymes	2
5	Conventions	3
6	Introduction	3
7	Objectifs généraux	4
	7.1 Prise en charge des services	4
	7.2 Accès aux données	4
	7.3 Considérations environnementales	4
	7.4 Dimension socio-économique	4
8	Objectifs en matière de conception.....	4
	8.1 Diversité des services	5
	8.2 Souplesse fonctionnelle	6
	8.3 Virtualisation des ressources	6
	8.4 Accès aux données	7
	8.5 Consommation d'énergie	7
	8.6 Universalisation des services.....	8
	8.7 Incitations économiques	9
	8.8 Gestion des réseaux	9
	8.9 Mobilité	10
	8.10 Optimisation	11
	8.11 Identification.....	11
	8.12 Fiabilité et sécurité	11
9	Date prévue de mise en place et transition	12
Appendice I – Technologies permettant d'atteindre les objectifs de conception		13
	I.1 Virtualisation des réseaux (virtualisation des ressources).....	13
	I.2 Mise en réseau axée sur les données/contenus (accès aux données).....	13
	I.3 Economie d'énergie dans l'exploitation des réseaux (consommation d'énergie)	14
	I.4 Gestion intrasystème des réseaux (gestion des réseaux)	15
	I.5 Optimisation des réseaux (optimisation)	16
	I.6 Mise en réseau mobile répartie (mobilité).....	18
Bibliographie.....		19

Recommandation UIT-T Y.3001

Réseaux futurs: Objectifs et but de conception

1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit les objectifs généraux et de conception. Elle couvre:

- des questions fondamentales auxquelles il n'a pas été accordé suffisamment d'attention lors de la conception des réseaux actuels, et qu'il est recommandé d'intégrer dans les objectifs des réseaux futurs;
- les capacités et caractéristiques de haut niveau dont la prise en charge par les réseaux futurs est recommandée;
- le délai prévu pour la mise en service des réseaux futurs.

On trouvera dans l'Appendice I des idées et sujets de recherche sur les réseaux futurs qui sont importants et peuvent être utiles pour les travaux de normalisation futurs de l'UIT-T.

2 Références

Les Recommandations UIT-T et autres références suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions de la présente Recommandation. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Les Recommandations et autres références étant sujettes à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des Recommandations et autres références énumérées ci-dessous. Une liste des Recommandations UIT-T en vigueur est publiée périodiquement. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut de Recommandation.

- [UIT-T F.851] Recommandation UIT-T F.851 (1995), *Télécommunications personnelles universelles – Description du service (ensemble de services 1)*.
- [UIT-T Y.2001] Recommandation UIT-T Y.2001 (2004), *Aperçu général des réseaux de prochaine génération*.
- [UIT-T Y.2019] Recommandation UIT-T Y.2019 (2010), *Architecture fonctionnelle de la fourniture des contenus dans les NGN*.
- [UIT-T Y.2091] Recommandation UIT-T Y.2091 (2008), *Réseaux de prochaine génération: termes et définitions*.
- [UIT-T Y.2205] Recommandation UIT-T Y.2205 (2011), *Réseaux de prochaine génération – Télécommunications d'urgence – Considérations techniques*.
- [UIT-T Y.2221] Recommandation UIT-T Y.2221 (2010), *Prescriptions de prise en charge pour les applications et services de réseaux de capteurs ubiquitaires dans l'environnement des réseaux de prochaine génération*.
- [UIT-T Y.2701] Recommandation UIT-T Y.2701 (2007), *Prescriptions de sécurité des réseaux de prochaine génération de version 1*.

3 Définitions

3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise le terme suivant défini ailleurs.

3.1.1 identificateur [UIT-T Y.2091]: suite de chiffres, de caractères, de symboles ou de toute autre forme de données, utilisée pour identifier un ou plusieurs abonnés, utilisateurs, éléments de réseau, fonctions, entités de réseau fournissant des services ou des applications, ou d'autres entités (par exemple, des objets physiques ou logiques).

3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.2.1 réseau-élément: réseau homogène unique qui ne peut constituer à lui seul une infrastructure de télécommunication complète de bout en bout.

3.2.2 réseau futur (RF): réseau permettant de fournir des services, des capacités et des fonctionnalités qui sont difficiles à fournir au moyen des technologies de réseau existantes. Un réseau futur peut être:

- a) un réseau-élément nouveau ou une version améliorée d'un réseau-élément existant; ou
- b) un ensemble hétérogène de réseaux-éléments nouveaux ou de réseaux-éléments nouveaux et existants, exploité en tant que réseau unique.

NOTE 1 – Le pluriel "réseaux futurs" est utilisé pour indiquer qu'il peut y avoir plus d'un réseau correspondant à la définition de l'expression "réseau futur".

NOTE 2 – Un réseau de type b) peut également comporter des réseaux de type a).

NOTE 3 – La dénomination attribuée à l'ensemble final peut ne pas comporter le mot "futur", selon la nature de cet ensemble et ses éventuelles similitudes par rapport à un réseau antérieur.

NOTE 4 – L'utilisation du mot "difficiles" n'empêche pas que des technologies actuelles soient utilisées dans des réseaux futurs.

NOTE 5 – Dans le contexte de la présente Recommandation, l'adjectif "nouveau" qualifiant un réseau-élément signifie que le réseau-élément en question permet de fournir des services, des capacités et des fonctionnalités qui sont difficiles ou impossibles à fournir au moyen des technologies de réseau existantes.

3.2.3 universalisation des services: processus visant à permettre la fourniture des services de télécommunication à toutes les personnes ou à tous les groupes de personnes indépendamment de leur situation sociale, géographique et économique.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

CDN	Réseau de distribution de contenus (<i>content distribution network</i>)
CI	Circuit intégré
ET	Télécommunications d'urgence (<i>emergency telecommunications</i>)
ID	Identificateur
IP	Protocole Internet (<i>Internet Protocol</i>)
OCDM	Multiplexage optique par répartition en code (<i>optical code division multiplexing</i>)
P2P	Pair-à-pair (<i>peer-to-peer</i>)
QoE	Qualité d'expérience
QoS	Qualité de service

RF	Réseau futur
SoA	Architecture orientée service (<i>service-oriented architecture</i>)
TIC	Technologies de l'information et de la communication

5 Conventions

La présente Recommandation utilise la formule "il est recommandé" pour indiquer les principaux points à prendre en considération dans la normalisation des réseaux futurs. Un complément d'étude est nécessaire pour déterminer avec précision les besoins et leur degré ("requis", "recommandé", "facultatif").

6 Introduction

Si certains besoins liés aux réseaux n'évoluent pas, un certain nombre de besoins évoluent tandis que des besoins nouveaux font leur apparition, si bien que les réseaux et leur architecture évoluent à leur tour.

Pour les réseaux futurs, certains besoins traditionnels tels que la promotion de la concurrence loyale [UIT-T Y.2001], qui reflètent les valeurs de la société, demeurent importants.

Dans le même temps, de nouveaux besoins se font jour. De nombreux projets de recherche ont abouti à la formulation de besoins relatifs à la société future [b-NICT Vision] et [b-EC FI] et, bien qu'il n'existe toujours pas de consensus, il est clair que les questions de durabilité et d'environnement seront des considérations extrêmement importantes sur le long terme. De nouvelles applications telles que l'Internet des objets, les réseaux électriques intelligents et l'informatique dématérialisée font en outre leur apparition. De nouvelles technologies d'implémentation, notamment des technologies de pointe utilisant le silicium et la fibre optique, permettent par ailleurs de répondre à des besoins qui étaient jusque-là généralement considérés comme irréalistes, par exemple en permettant de réduire sensiblement les coûts de production de certains équipements. Tous ces nouveaux facteurs ont pour conséquence que les réseaux doivent répondre à des besoins nouveaux.

Il est difficile de modifier l'architecture de base des réseaux publics à grande échelle, tels que les réseaux de télécommunication, en raison de la quantité considérable de ressources nécessaire pour construire, exploiter ces réseaux et en assurer la maintenance. Cette architecture est donc soigneusement conçue de façon à être suffisamment souple pour satisfaire des besoins en évolution constante. Par exemple, le protocole Internet (IP, *Internet Protocol*) absorbe et dissimule les différents protocoles et implémentations des couches sous-jacentes et, avec son adressage simple ainsi que d'autres caractéristiques, ce protocole a réussi à s'adapter aux importants changements en matière d'évolutivité et dans les domaines de la qualité de service (QoS, *quality of service*) et de la sécurité.

Cependant, il n'est pas certain que les réseaux actuels puissent continuer, dans l'avenir, de répondre à des besoins en pleine évolution. Il n'est pas non plus certain que le marché des nouvelles applications, en pleine expansion, pourra être à même de financer les investissements considérables qui sont nécessaires pour modifier les réseaux, si la nouvelle architecture tient suffisamment compte de la rétrocompatibilité et des coûts de migration. Certains chercheurs étudient diverses architectures et technologies d'appui, telles que la virtualisation des réseaux [b-Anderson]; [b-ITU-T FG-FN NWvirt], l'économie d'énergie dans l'exploitation des réseaux [b-ITU-T FG-FN Energy] et les réseaux centrés sur les contenus [b-Jacobson].

Il est par conséquent raisonnable de s'attendre à ce que certains besoins puissent être satisfaits par les nouvelles architectures de réseau et technologies d'appui décrites récemment par les chercheurs, et que ces dernières puissent être les fondements des réseaux du futur, dont les phases d'essai et le déploiement progressif devraient avoir lieu approximativement entre 2015 et 2020.

Dans la présente Recommandation, on appelle les réseaux basés sur ces nouvelles architectures les "réseaux futurs" (RF).

La présente Recommandation décrit les objectifs généraux susceptibles de distinguer les RF des réseaux existants, les objectifs que les RF devraient viser en matière de conception, les dates prévues pour la transition et les questions de migration, ainsi que les technologies qui devraient aider à réaliser les objectifs de conception.

7 Objectifs généraux

Il est recommandé de faire en sorte que les RF répondent aux objectifs généraux ci-après, qui reflètent les nouveaux besoins qui apparaissent actuellement. Il s'agit d'objectifs qui ne sont pas considérés comme prioritaires et auxquels les réseaux actuels ne répondent pas de manière satisfaisante. Ces objectifs sont les caractéristiques proposées qui distingueront clairement les RF des réseaux actuels.

7.1 Prise en charge des services

Il est recommandé de faire en sorte que les RF prennent en charge la fourniture de services dont les fonctionnalités soient conçues pour être adaptées aux besoins des applications et des utilisateurs. Le nombre et la variété des services devraient exploser dans l'avenir. Il est également recommandé de veiller à ce que les RF prennent en charge ces services tout en évitant que les coûts de déploiement et d'exploitation ne subissent de hausse importante.

7.2 Accès aux données

Il est recommandé d'optimiser l'architecture des RF pour le traitement d'immenses volumes de données dans un environnement réparti et de faire en sorte que les RF permettent aux utilisateurs d'accéder aux données souhaitées en toute sécurité, facilement, rapidement et avec précision, où qu'ils se trouvent. Dans le contexte de la présente Recommandation, le terme "données" ne se limite pas à tel ou tel type de données comme les contenus audio ou vidéo, mais englobe toutes les informations qui sont accessibles sur un réseau.

7.3 Considérations environnementales

Il est recommandé de veiller à ce que les RF soient respectueux de l'environnement. Il est notamment recommandé de réduire au minimum les effets qu'ont la conception et l'implémentation de l'architecture des RF, ainsi que l'exploitation de ces réseaux, sur l'environnement, notamment en limitant la consommation de matière et d'énergie et en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. Il est également recommandé de concevoir et d'implémenter les RF de façon à pouvoir les utiliser pour réduire les effets d'autres secteurs sur l'environnement.

7.4 Dimension socio-économique

Il est recommandé de concevoir les RF en tenant compte de questions socio-économiques, en vue de réduire les obstacles rencontrés par les différents acteurs de l'écosystème des réseaux. Il est également recommandé de tenir compte de la nécessité de réduire les coûts d'utilisation des RF afin de favoriser leur déploiement et leur durabilité. Ces facteurs aideront à universaliser les services et à instaurer une concurrence saine et permettront à tous les acteurs de réaliser des rendements appropriés.

8 Objectifs en matière de conception

Les objectifs en matière de conception sont des capacités et des caractéristiques de haut niveau dont la prise en charge par les RF est recommandée. Il est recommandé de veiller à ce que les RF prennent en charge les objectifs de conception ci-après afin que les objectifs généraux énoncés

au § 7 puissent être réalisés. Il est à noter que certains de ces objectifs risquent d'être extrêmement difficiles à prendre en charge dans un RF donné et que chaque objectif ne sera pas implémenté dans tous les RF. Un complément d'étude sera nécessaire pour déterminer si la prise en charge de ces objectifs de conception par un RF donné devrait être requise, recommandée ou facultative.

La Figure 1 ci-dessous indique la relation entre les quatre objectifs généraux énoncés au § 7 et les douze objectifs de conception énoncés dans le présent paragraphe. Il est à noter que certains objectifs de conception, tels que la gestion des réseaux, la mobilité, l'identification ainsi que la fiabilité et la sécurité, peuvent être liés à plusieurs objectifs généraux. La Figure 1 indique uniquement le lien entre chaque objectif de conception et l'objectif général dont il relève le plus directement.

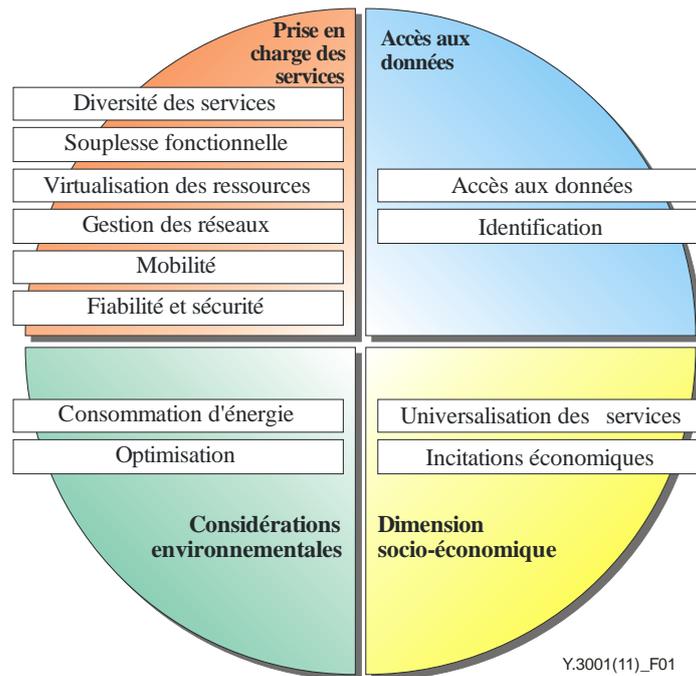


Figure 1 – Les réseaux futurs: quatre objectifs généraux et douze objectifs de conception

8.1 Diversité des services

Il est recommandé de concevoir les RF pour prendre en charge des services diversifiés adaptés à une grande variété de caractéristiques et de comportements de trafic. Il est également recommandé de faire en sorte que les RF prennent en charge des dispositifs de communication extrêmement nombreux et variés, tels que des capteurs et des terminaux.

Explication: Dans l'avenir, les services se diversifieront avec l'apparition d'un éventail de nouveaux services et de nouvelles applications présentant des différences dans leurs caractéristiques (telles que la largeur de bande et la latence) ou dans leur comportement de trafic (tel que la sécurité, la fiabilité et la mobilité). Les RF devront de ce fait prendre en charge des services que les réseaux actuels ne permettent pas de gérer efficacement. Par exemple, les RF devront prendre en charge des services qui ne nécessiteront qu'occasionnellement la transmission de données à raison de quelques octets, des services qui nécessiteront des largeurs de bande de l'ordre du Gbit/s, du Tbit/s et au-delà, des services qui nécessiteront un temps de transmission de bout en bout proche de celui correspondant à la vitesse de la lumière ou encore des services qui permettront la transmission de données par intermittence et occasionnent des temps de transmission très longs.

En outre, les RF devront prendre en charge des terminaux extrêmement nombreux et variés afin qu'un environnement de communication universel puisse être créé. D'une part, dans le domaine des réseaux de capteurs ubiquitaires, un nombre considérable de dispositifs en réseau, tels que des

capteurs et télédéTECTEURS à circuit intégré (CI), communiqueront en utilisant des largeurs de bande très faibles. D'autre part, on trouvera des applications haut de gamme telles que la visioconférence à haute résolution, qui simulera la présence de façon réaliste. Ces applications nécessiteront des largeurs de bande colossales, même si les terminaux associés ne sont pas très nombreux.

8.2 Souplesse fonctionnelle

Il est recommandé de concevoir les RF de façon à assurer une certaine souplesse fonctionnelle permettant de prendre en charge et de maintenir les nouveaux services créés à la demande des utilisateurs. Il est également recommandé de faire en sorte que les RF favorisent le prompt déploiement de nouveaux services de façon adaptée à la croissance et à l'évolution rapide des demandes des utilisateurs.

Explication: Il est extrêmement difficile de prévoir toutes les demandes susceptibles d'être formulées par les utilisateurs sur le long terme. Les réseaux actuels sont conçus pour être polyvalents, de façon à prendre en charge de manière suffisamment efficace les fonctionnalités de base qui seront vraisemblablement nécessaires pour satisfaire à la plupart des demandes futures des utilisateurs. Or, tels qu'ils sont conçus, les réseaux actuels n'offrent pas toujours une souplesse suffisante, par exemple lorsque leurs fonctionnalités de base ne permettent pas une prise en charge optimale de certains nouveaux services et doivent par conséquent être modifiées. Toute adjonction ou modification de fonctionnalités au sein d'une infrastructure de réseau déjà en place suppose généralement des travaux de déploiement complexes qui doivent être soigneusement planifiés pour éviter que d'autres services utilisant la même infrastructure de réseau ne soient perturbés.

Par ailleurs, les RF doivent permettre des modifications dynamiques des fonctionnalités de réseau afin que des services de réseaux divers présentant des besoins particuliers puissent être exploités. Par exemple, le transcodage vidéo et/ou le regroupement des données de capteurs au sein du réseau (c'est-à-dire le traitement intraréseau) devraient être possibles. Il devrait également être possible, au sein des RF, d'implémenter de nouveaux protocoles pour de nouveaux types de services. Les services devraient coexister sur infrastructure de réseau unique sans se perturber mutuellement, en particulier lorsqu'une fonctionnalité de réseau est ajoutée ou modifiée pour prendre en charge un service donné. Les RF devraient être à même de prendre en charge des services expérimentaux à des fins de test et d'évaluation et permettre que la transition entre la phase d'essai des services et leur déploiement proprement dit ait lieu dans de bonnes conditions, de façon à réduire les obstacles au déploiement de nouveaux services.

8.3 Virtualisation des ressources

Il est recommandé de concevoir les RF de façon à permettre la virtualisation des ressources associées aux réseaux afin que ces ressources puissent être subdivisées, et qu'une ressource unique puisse être partagée simultanément par plusieurs ressources virtuelles. Il est recommandé de rendre les RF à même d'isoler une ressource virtuelle donnée de toutes les autres. Il est également recommandé de faire en sorte que les RF prennent en charge l'abstraction, c'est-à-dire qu'une ressource virtuelle donnée ne doit pas nécessairement correspondre directement à ses caractéristiques physiques.

Explication: Dans le domaine des réseaux virtuels, la virtualisation des ressources peut permettre aux réseaux de fonctionner sans perturber le fonctionnement d'autres réseaux virtuels tout en partageant les ressources de réseau. Etant donné que plusieurs réseaux virtuels peuvent coexister, différents réseaux virtuels peuvent utiliser différentes technologies de réseau sans se perturber mutuellement, ce qui permet une meilleure utilisation des ressources physiques. La propriété d'abstraction permet de fournir des interfaces normalisées pour accéder aux réseaux et aux ressources virtuelles et gérer ces derniers et aide à prendre en charge la mise à jour des capacités des réseaux virtuels.

8.4 Accès aux données

Il est recommandé de concevoir et d'implémenter les RF pour traiter de façon optimale et efficace des volumes considérables de données. Il est recommandé de doter les RF de mécanismes permettant d'extraire des données rapidement, quel que soit leur emplacement.

Explication: Les réseaux téléphoniques existants ont pour principale fonction de connecter deux abonnés ou plus pour leur permettre de communiquer. Les réseaux IP ont quant à eux été conçus pour permettre la transmission de données entre des terminaux déterminés. A l'heure actuelle, les utilisateurs recherchent des données sur les réseaux à l'aide de mots-clés orientés vers les données, et accèdent à ces données sans connaître leur emplacement réel. Du point de vue des utilisateurs, les réseaux sont principalement utilisés en tant qu'outils pour accéder aux données requises. Puisque que l'accès aux données demeurera important dans l'avenir, il est essentiel que les RF fournissent aux utilisateurs les moyens d'accéder aux données requises facilement sans passer par des procédures de longue haleine, tout en assurant l'exactitude de ces données.

Les volumes de données numériques échangés dans les réseaux et les propriétés de ces données sont en pleine évolution. Les médias générés par les consommateurs connaissent une croissance explosive: les réseaux sociaux créent de gigantesques volumes de blogs instantanément, les réseaux de capteurs ubiquitaires [UIT-T Y.2221] génèrent chaque seconde des volumes de données numériques considérables et certaines applications appelées microblogs permettent une communication quasiment en temps réel, comprenant notamment des données multimédias. Ces données sont produites, stockées et traitées de façon répartie au sein des réseaux. Dans les réseaux IP actuels, les utilisateurs accèdent à ces données dans le réseau selon des procédures conventionnelles, c'est-à-dire en identifiant l'adresse et le numéro de port de l'hôte qui héberge les données souhaitées. Les données comprennent parfois des informations à caractère privé ou des actifs numériques alors qu'aucun mécanisme de sécurité intégré n'est en place. Dans l'avenir, il sera donc nécessaire de mettre en place des technologies de réseau plus simples, plus efficaces et plus sûres conçues pour traiter des volumes de données très importants.

Les caractéristiques de trafic de ces communications de données évoluent également. Les tendances en matière de trafic dans les RF dépendront principalement de l'emplacement des données plutôt que de la répartition des abonnés. En raison de l'informatique dématérialisée, les ressources de TIC telles que la puissance de calcul et la capacité des centres de stockage de données sont en augmentation. Conjuguée à la multiplication des appareils mobiles ayant des ressources de TIC insuffisantes, cette tendance fait que le traitement des données s'effectue de plus en plus dans des centres plutôt que dans les terminaux utilisateurs. Les concepteurs des RF doivent par conséquent suivre de près ces évolutions, à savoir l'importance croissante des communications dans les centres de traitement des données et le nombre gigantesque de transactions effectuées dans les centres de traitement des données et entre ces centres pour répondre aux demandes des utilisateurs.

8.5 Consommation d'énergie

Il est recommandé de faire en sorte que les RF utilisent des technologies de terminaux, d'équipements et de réseaux qui permettent d'améliorer le rendement énergétique et de satisfaire les demandes des utilisateurs en mettant en jeu un trafic aussi réduit que possible. Il est recommandé de concevoir ces technologies non pas pour fonctionner indépendamment les unes des autres, mais pour interfonctionner et offrir une solution globale permettant de réduire la consommation d'énergie des réseaux.

Explication: Pour réduire les effets d'un produit sur l'environnement, il convient de prendre en considération toutes les phases de la durée de vie de ce produit, notamment la production des matières premières, la fabrication, l'utilisation et la mise au rebut. C'est cependant l'énergie consommée lors de la phase d'utilisation qui constitue la question la plus importante dans le cas des équipements fonctionnant 24 heures sur 24, cas de figure fréquent dans les réseaux. Parmi les divers types de consommation d'énergie, la consommation électrique est généralement prédominante.

L'économie d'énergie joue par conséquent un rôle de premier ordre dans la réduction des effets qu'ont les réseaux sur l'environnement.

L'économie d'énergie est également importante pour l'exploitation des réseaux. La largeur de bande nécessaire augmente généralement à mesure que de nouveaux services et de nouvelles applications sont créés. Toutefois, la consommation d'énergie et la chaleur qui en résulte pourraient devenir, dans l'avenir, une contrainte matérielle importante qui s'ajouterait à d'autres contraintes matérielles telles que la capacité des fibres optiques ou la fréquence d'exploitation des appareils électriques. Ces facteurs pourraient devenir des obstacles majeurs à l'exploitation des réseaux et, dans le pire des cas, empêcher la mise sur le marché de nouveaux services et de nouvelles applications.

Traditionnellement, les économies d'énergie sont réalisées le plus souvent selon une approche axée sur les appareils, à savoir la miniaturisation des processus de traitement des semi-conducteurs et l'intégration des processus de fabrication des appareils électriques. Toutefois, cette approche se heurte actuellement à des obstacles tels que la puissance d'alimentation élevée en mode veille et les limites physiques de la fréquence d'exploitation. Par conséquent, il sera essentiel, dans l'avenir, d'adopter non seulement des approches axées sur les appareils, telles que la réduction de la puissance d'alimentation des appareils électriques et des dispositifs à fibres optiques, mais aussi des approches axées sur les équipements et les réseaux.

La commutation est moins gourmande en énergie dans le domaine optique que dans le domaine électrique, mais les files d'attente pour les paquets sont difficiles à implémenter sans mémoire électronique. Par ailleurs, la commutation de circuits consomme moins d'énergie que la commutation par paquets en mode sans connexion.

Les noeuds de réseau tels que les commutateurs et les routeurs devraient être conçus de façon à intégrer des mécanismes de veille intelligents comparables à ceux des téléphones mobiles actuels. Il s'agit là d'une approche axée sur les équipements. En ce qui concerne les approches axées sur les réseaux, il conviendrait d'étudier la possibilité d'un contrôle du trafic visant à optimiser le rendement énergétique. On citera comme exemples courants certaines méthodes d'acheminement qui permettent de réduire le volume de pic du trafic, ou encore la mise en mémoire cache et le filtrage, qui permettent de réduire les volumes de données à transmettre.

Les stratégies d'économie d'énergie axées sur les appareils, les équipements et les réseaux qui visent aussi bien à améliorer le rendement énergétique qu'à réduire le trafic non essentiel seront des éléments de première importance pour réaliser des économies d'énergie dans l'exploitation des RF.

8.6 Universalisation des services

Il est recommandé de faire en sorte que les RF facilitent et accélèrent la fourniture de prestations dans des zones diverses, aussi bien dans les villes que dans les zones rurales, dans les pays développés comme dans les pays en développement, en réduisant les coûts d'utilisation des réseaux et en appliquant des principes de réseau ouvert.

Explication: A l'heure actuelle, l'environnement des réseaux comporte toujours d'importants obstacles à l'entrée sur le marché, qui entravent aussi bien l'élaboration d'équipements par les fabricants que la fourniture de services par les opérateurs. A cet égard, les RF devraient renforcer l'universalisation des services de télécommunication et faciliter la création et la mise en place de réseaux ainsi que la fourniture de services.

A cette fin, les RF devraient favoriser l'ouverture via l'adoption de normes mondiales et de principes de conception simples de façon à réduire les coûts d'utilisation des réseaux, en particulier les coûts d'élaboration, de mise en place, d'exploitation et de gestion, afin de réduire ce qu'il est convenu d'appeler la fracture numérique.

8.7 Incitations économiques

Il est recommandé de concevoir les RF de façon à offrir un environnement concurrentiel durable permettant de résoudre les différends entre les différentes parties prenantes des télécommunications/TIC (utilisateurs, fournisseurs divers, gouvernements ou encore détenteurs de droits de propriété intellectuelle) au moyen d'incitations économiques efficaces.

Explication: Nombre de technologies n'ont pu être déployées, développées ou établies durablement en raison de décisions inadéquates ou inappropriées prises par les concepteurs relativement à certains aspects socio-économiques intrinsèques (par exemple, un désaccord entre participants), ou du fait d'un manque d'attention à l'environnement (par exemple, des technologies concurrentes) ou d'incitations (par exemple, des interfaces ouvertes). De tels échecs ont parfois été la conséquence du fait que les technologies conçues n'étaient assorties d'aucun mécanisme propre à stimuler une concurrence équitable.

Par exemple, aucun mécanisme de QoS n'accompagnait initialement l'implémentation des réseaux IP aux fins de la fourniture de services en temps réel tels que la transmission vidéo en continu. La couche IP ne donnait à la couche supérieure aucun moyen de savoir si la QoS était garantie de bout en bout. En outre, il n'existait aucune véritable incitation économique susceptible d'encourager les exploitants de réseau à mettre en place les premières implémentations de réseau IP. Ces éléments sont au nombre des facteurs qui ont créé des obstacles à la mise en place, dans les réseaux IP, de mécanismes permettant de garantir la QoS, et à la fourniture de services de transmission vidéo en continu, alors même que certains acteurs du secteur des télécommunications ont essayé de personnaliser des réseaux ou ont demandé à d'autres entités de mettre en place des réseaux personnalisés en vue de créer de nouveaux services et d'en partager les recettes.

Il convient donc de prêter dûment attention à certains aspects économiques et sociaux tels que les incitations économiques à la conception et l'implémentation de prescriptions, d'une architecture et de protocoles pour les RF de façon à offrir un environnement de concurrence durable aux différents acteurs du secteur.

Les méthodes de règlement des différends économiques, y compris les différends dans le cyberspace, qui comprennent l'octroi de récompenses économiques à chaque participant revêtent une importance croissante [b-Clark]. L'utilisation des réseaux est considérée comme un moyen de créer des incitations économiques dans différents domaines alors que l'Internet croît et rassemble diverses fonctionnalités d'ordre social. Les intérêts souvent incompatibles des différents acteurs de l'Internet ont donné lieu à des différends au sujet de l'Internet et à des controverses en matière de réglementation nationale et internationale.

8.8 Gestion des réseaux

Il est recommandé de concevoir les RF de façon à pouvoir prendre en charge, maintenir et alimenter efficacement les services et les entités, qui sont de plus en plus nombreux. En particulier, il est recommandé de faire en sorte que les RF soient à même de traiter efficacement des volumes considérables de données et d'informations de gestion, puis de transformer ces données en informations qui soient réellement utiles aux opérateurs.

Explication: Le nombre de services et d'entités que le réseau doit prendre en charge est en augmentation. La mobilité et les technologies hertziennes sont devenues des aspects essentiels des réseaux. Les besoins en matière de sécurité et de protection de la vie privée doivent être ajustés en raison de l'expansion des applications et les réglementations sont de plus en plus complexes. En outre, on assiste à l'apparition d'équipements de réseaux non traditionnels au sein des réseaux en raison de l'intégration de la capacité de collecte et de traitement des données due à l'Internet des objets, aux réseaux électriques intelligents et à l'informatique dématérialisée, entre autres choses, d'où la multiplication des objectifs associés à la gestion des réseaux qui rendent les critères

d'évaluation de plus en plus complexes. C'est pourquoi il sera essentiel de fournir un appui aux opérateurs des RF.

L'un des problèmes auquel les réseaux actuels sont confrontés est le fait que, en raison de considérations économiques, les systèmes d'exploitation et de gestion ont été conçus spécifiquement pour chaque élément de réseau. Etant donné que la multiplication des fonctionnalités de gestion désorganisées et désordonnées accroît la complexité et fait augmenter les coûts d'exploitation, les RF devraient fournir des systèmes d'exploitation et de gestion hautement efficaces au moyen d'interfaces de gestion plus intégrées.

Par ailleurs, les systèmes d'exploitation et de gestion des réseaux actuels dépendent largement des compétences des opérateurs de réseau, si bien qu'il se pose un problème important: faciliter la gestion des réseaux et transmettre les connaissances du personnel. La gestion et l'exploitation des réseaux nécessiteront toujours l'accomplissement de tâches faisant appel à des compétences humaines, notamment la prise de décisions de haut niveau nécessitant plusieurs années d'expérience. En ce qui concerne ces tâches, il est important que même un opérateur débutant ne possédant pas de compétences particulières soit en mesure de gérer facilement des réseaux complexes à grande échelle à l'aide de fonctions automatisées. Dans le même temps, il convient d'étudier les moyens de transmettre efficacement les connaissances et le savoir-faire entre les générations.

8.9 Mobilité

Il est recommandé de concevoir les RF pour permettre une mobilité propre à faciliter la création de réseaux à haut débit et à grande échelle dans un environnement où un nombre gigantesque de noeuds peut se déplacer dynamiquement dans des réseaux hétérogènes. Il est également recommandé de veiller à ce que les RF prennent en charge les services mobiles indépendamment de la capacité de mobilité des noeuds.

Explication: Les réseaux mobiles évoluent en permanence en intégrant de nouvelles technologies. Les réseaux mobiles futurs devraient donc inclure divers réseaux hétérogènes, allant des macrocellules aux microcellules, aux picocellules et même aux femtocellules, et différents types de noeuds équipés de technologie d'accès diverses, car un réseau d'accès unique ne peut assurer une couverture ubiquitaire ni des communications de haute qualité de façon continue pour un très grand nombre de noeuds. D'un autre côté, les réseaux mobiles existants tels que les réseaux cellulaires ont été conçus dans une perspective centralisée et les principales fonctionnalités de signalisation concernant la mobilité sont situées dans le réseau central. Toutefois, cette approche pourrait limiter l'efficacité d'exploitation car la signalisation de l'ensemble du trafic est effectuée par des systèmes centralisés, si bien que des problèmes d'extensibilité et de qualité de fonctionnement se posent. De ce point de vue, les RF devraient prendre en charge une architecture hautement échelonnée pour des noeuds d'accès répartis, des mécanismes permettant aux opérateurs de gérer des réseaux mobiles répartis, ainsi que des voies d'acheminement optimales pour les données d'application et de signalisation.

Etant donné qu'une architecture de réseau mobile répartie facilite le déploiement de nouvelles technologies d'accès en situant les fonctionnalités de mobilité à proximité des points d'accès, assurant ainsi une grande souplesse, et optimisent la mobilité grâce à des liaisons de raccordement de courte distance et à des réseaux à haut débit, cette architecture est essentielle pour permettre la mobilité dans les RF.

Il existe des technologies permettant d'assurer des services de mobilité indépendamment de la capacité des noeuds. Toutefois, cette tâche est difficile lorsqu'un noeud possède une capacité limitée, comme dans le cas d'un capteur. Par conséquent, il conviendrait d'étudier les moyens par lesquels les RF pourraient assurer une mobilité universelle.

8.10 Optimisation

Il est recommandé de concevoir les RF de façon à permettre une qualité de fonctionnement suffisante en optimisant la capacité des équipements de réseau en fonction des besoins en matière de services et des demandes des utilisateurs. Il est également recommandé de rendre les RF à même d'effectuer diverses tâches d'optimisation au sein du réseau en tenant compte des différentes contraintes matérielles liées aux équipements de réseau.

Explication: L'expansion de l'accès large bande favorisera l'apparition de services divers présentant différentes caractéristiques et accentuera encore davantage la diversité des exigences applicables aux différents services, telles que la largeur de bande, le temps de transmission, etc. Les réseaux actuels ont été conçus pour satisfaire les niveaux d'exigences les plus élevés pour les services ayant le plus grand nombre d'utilisateurs, tandis que la capacité de transmission des équipements associés aux services est généralement surévaluée pour la plupart des utilisateurs et des services. Si ce modèle est maintenu dans l'avenir alors que la demande des utilisateurs augmente, les équipements de réseau seront confrontés à diverses contraintes matérielles telles que la capacité de transmission de la fibre optique, la fréquence d'exploitation des appareils électriques, etc.

Par conséquent, les RF devraient optimiser la capacité des équipements de réseau et effectuer des tâches d'optimisation au sein du réseau en tenant compte des différentes contraintes matérielles liées aux équipements de réseau.

8.11 Identification

Il est recommandé de doter les RF d'une nouvelle structure d'identification à même de prendre en charge la mobilité et l'accès aux données de façon échelonnable.

Explication: La mobilité et l'accès aux données sont des objectifs de conception des RF. Ces deux caractéristiques nécessitent une disposition permettant l'identification (et la dénomination) efficace et échelonnable [UIT-T F.851] d'un grand nombre d'objets de communication de réseau (serveurs et données). Les réseaux IP actuels utilisent des adresses IP pour l'identification des serveurs. Il s'agit en réalité de localisateurs des serveurs qui dépendent des points de rattachement au réseau. Lorsqu'un serveur se déplace, son identificateur (ID) [UIT-T Y.2091] change, ce qui donne lieu à des interruptions des sessions de communication. La téléphonie mobile dissimule ce problème en traitant les questions de mobilité dans les couches inférieures, mais lorsque celles-ci ne parviennent pas à remplir cette fonction, par exemple en raison de l'hétérogénéité des réseaux d'accès, le problème réapparaît. De même, il n'existe aucun ID largement utilisé qui puisse être utilisé pour l'identification des données. Il conviendrait donc de résoudre ces problèmes lors de la conception des RF en définissant une nouvelle structure d'identification permettant une mise en réseau efficace des serveurs et des données. Les RF devraient permettre un mappage dynamique entre les données et les ID des serveurs, ainsi qu'un mappage dynamique entre ces ID et les localisateurs des serveurs.

8.12 Fiabilité et sécurité

Il est recommandé de concevoir, d'exploiter et de mettre à jour les RF de façon à les rendre fiables et résistants face à des conditions difficiles. Il est également recommandé de concevoir les RF de façon à préserver la sécurité et la vie privée des utilisateurs.

Explication: Etant donné que les RF seront appelés à servir d'infrastructures essentielles aux activités sociales humaines, ils devraient notamment prendre en charge tous les types de services essentiels aux missions, tels que la gestion intelligente du trafic (routier, ferroviaire, aérien, maritime et spatial), les réseaux électriques intelligents, la cybersanté, la cybersécurité et les télécommunications d'urgence [UIT-T Y.2205] en assurant l'intégrité et la fiabilité. Les dispositifs de communication sont utilisés pour assurer la sécurité des personnes et faciliter l'automatisation des activités humaines (conduite, pilotage, télécommande domotique ou bureautique, examens et suivi médicaux, etc.). Cette fonction devient extrêmement importante dans les situations de

catastrophe (catastrophes naturelles, par exemple tremblements de terre, tsunamis ou ouragans, conflits militaires ou d'autres types, accidents de la circulation majeurs, etc.). Certains services d'intervention en cas d'urgence (par exemple entre un particulier et l'autorité compétente) pourront également nécessiter un accès prioritaire pour les utilisateurs autorisés, le traitement priorité du trafic d'urgence, l'identification des dispositifs de réseau ainsi que le pointage temporel et géographique, y compris les informations de précision associées, qui amélioreraient considérablement la qualité de service.

Tous les utilisateurs doivent légitimement pouvoir placer leur confiance dans les RF et compter sur ces derniers pour leur fournir un niveau acceptable de service, y compris face à différents obstacles et défaillances susceptibles d'entraver le bon fonctionnement de ces réseaux. Cette capacité des RF, appelée résilience, comporte deux composantes: la fiabilité (la mesure dans laquelle on peut placer sa confiance dans le système en question) et la résistance aux problèmes. La confiance peut être accordée s'il peut être garanti que les RF fonctionneront comme prévu en termes de fiabilité et de sécurité. La fiabilité d'un système est mise à l'épreuve par des problèmes de natures très diverses, notamment les défaillances naturelles (par exemple, le vieillissement du matériel), les catastrophes à grande échelle (naturelles ou causées par l'homme), les attaques (menées dans le monde réel ou dans le cyberspace), les erreurs de configuration, le trafic inhabituel mais légitime ou encore les problèmes liés à l'environnement (en particulier pour les réseaux hertziens). Les domaines d'activité liés à la résistance aux problèmes concernent la conception et la mise au point de RF capables de continuer à prendre en charge des services en cas de problème. Les sous-domaines associés sont la capacité de survie, la résistance aux perturbations et la capacité de prise en charge du trafic, qui concernent la capacité d'un système à remplir sa mission en temps voulu en cas de problème.

Les RF sont caractérisés par la virtualisation et la mobilité ainsi que par les volumes importants de données transmises et par le grand nombre de services pris en charge. Pour assurer la sécurité sur des réseaux présentant ces caractéristiques, il est nécessaire de mettre en place un contrôle d'accès à plusieurs niveaux (garantie d'identification, d'authentification et d'autorisation de l'utilisateur), en sus des prescriptions de sécurité existantes telles que celles énoncées dans [UIT-T Y.2701]. Il s'agit notamment de protéger l'identité en ligne ainsi que la réputation des utilisateurs et de donner aux utilisateurs la possibilité de contrôler les communications non sollicitées. Les RF devraient offrir un environnement sécurisé à tous, en particulier aux enfants, aux personnes handicapées et aux groupes minoritaires.

9 Date prévue de mise en place et transition

La description des RF donnée dans la présente Recommandation repose sur l'hypothèse que les essais de services et le déploiement progressif des réseaux futurs répondant aux objectifs généraux et de conception susmentionnés auront lieu entre 2015 et 2020 environ. Cette estimation se base sur deux facteurs: l'état d'avancement des technologies existantes et futures qui seraient utilisées lors des phases d'essai et de déploiement des RF, d'une part, et le fait que toute évolution pouvant avoir lieu après ces dates approximatives relève uniquement de suppositions.

L'indication des dates ci-dessus ne signifie pas nécessairement que les réseaux évolueront durant la période en question, mais que certaines parties des réseaux devraient évoluer. Des stratégies d'évolution et de transition pourront être employées pour faciliter l'apparition des technologies de réseau naissantes et futures. De tels scénarios d'évolution et de migration pourront faire l'objet d'études complémentaires.

Appendice I

Technologies permettant d'atteindre les objectifs de conception

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Dans le présent appendice, on trouvera une description de certaines technologies nouvelles mises au point dans le cadre de travaux de recherche récents. Ces technologies devraient être utilisées pour faciliter la mise en place des RF et pourraient jouer un rôle important dans leur développement. Le titre de chaque section indique le nom de la technologie abordée ainsi que l'objectif de conception auquel elle est le plus étroitement liée, de façon à montrer le lien avec le corps de la présente Recommandation. Il est à noter qu'une technologie donnée peut être liée à plusieurs objectifs de conception. Par exemple, la virtualisation des réseaux est étroitement liée non seulement à la virtualisation des ressources, mais aussi à la diversité des services, à la souplesse fonctionnelle, à la gestion des réseaux ainsi qu'à la fiabilité et à la sécurité. Le titre de chaque section renvoie à l'objectif de conception qui est le plus directement concerné.

I.1 Virtualisation des réseaux (virtualisation des ressources)

Les RF devraient permettre de fournir un large éventail d'applications, de services et d'architectures de réseau, et la virtualisation des réseaux est une technologie essentielle pour y parvenir. La virtualisation des réseaux permet de créer des subdivisions de réseau logiquement isolées dans une infrastructure de réseau physique partagée, de telle sorte que plusieurs réseaux virtuels hétérogènes peuvent exister simultanément au sein de ladite infrastructure. Cette technologie permet également l'accumulation de ressources multiples, qu'elle fait apparaître comme une ressource unique. On trouvera une définition détaillée de la virtualisation des réseaux ainsi qu'un cadre de référence dans [b-ITU-T FG-FN NWvirt].

Les utilisateurs des subdivisions de réseau logiquement isolées peuvent programmer des éléments de réseau en tirant parti de la programmabilité, qui leur permet d'importer et de reconfigurer de façon dynamique des technologies nouvellement inventées pour en faire des équipements virtuels (par exemple, des routeurs ou des commutateurs) au sein du réseau. La virtualisation des réseaux permet en outre de fédérer des réseaux, de telle sorte que plusieurs infrastructures de réseau peuvent être exploitées en tant qu'éléments d'un réseau unique, bien qu'elles soient dispersées géographiquement et gérées par des fournisseurs distincts. Pour prendre en charge la programmabilité et la possibilité de fédérer les réseaux, il est nécessaire de prendre en charge les déplacements dynamiques des éléments de réseau logiques, des services et des capacités entre les subdivisions de réseau logiquement isolées. En d'autres termes, il est possible de retirer un service ou un élément d'une subdivision de réseau et de le mettre à disposition dans une autre subdivision logiquement isolée afin de fournir un service ou une connexion de façon continue aux utilisateurs finals ou à d'autres fournisseurs. Ce faisant, les utilisateurs finals ou les autres fournisseurs peuvent localiser des services et éléments éloignés et y accéder.

I.2 Mise en réseau axée sur les données/contenus (accès aux données)

La croissance explosive du world wide web au sein de l'Internet a engendré la distribution de volumes considérables de contenus (textes, images, données audio et vidéo, etc.). Une grande proportion du trafic Internet est issue de ces contenus. Par conséquent, plusieurs méthodes de mise en réseau axées sur la distribution de contenus ont été proposées, notamment ce qu'il est convenu d'appeler les réseaux de distribution de contenus (CDN, *content distribution network*) [UIT-T Y.2019] et les réseaux pair-à-pair (P2P, *peer-to-peer*) destinés à l'échange de contenus.

En outre, il a été proposé de nouvelles méthodes axées sur le traitement des contenus de données dans une optique d'utilisation des réseaux [b-CCNX], [b-Jacobson] et [b-NAMED DATA]. Ces méthodes se distinguent des réseaux existants en termes d'adressage, d'acheminement, de mécanismes de sécurité, etc. Alors que le mécanisme d'acheminement utilisé par les réseaux existants dépend de l'"emplacement" (adresse IP ou nom du serveur), la nouvelle méthode d'acheminement repose sur le nom des données/contenus, lesquels peuvent être stockés dans des emplacements multiples au moyen d'un mécanisme de mise en mémoire tampon sur l'ensemble du réseau. Quant aux questions de sécurité, il a été proposé que toutes les données/tous les contenus aient une signature de clé publique permettant de prouver leur authenticité. Une étude réalisée met par ailleurs l'accent sur la résolution de nom et de nommage des données au sein du réseau [b-Koponen]. Certaines méthodes reposent sur le principe d'une superposition partant des réseaux IP existants, tandis que d'autres prévoient une mise en oeuvre repartant sur de nouvelles bases.

Les auteurs de deux projets de recherche proposent un nouveau modèle de réseau reposant sur le principe de publication/abonnement ("publish/subscribe" ou "pub/sub") [b-Sarela] et [b-PSIRP]. Selon ce modèle, les expéditeurs de données "publient" ce qu'ils souhaitent envoyer et les destinataires "s'abonnent" aux publications qu'ils souhaitent recevoir. Certaines activités de recherche visent quant à elles à créer de nouvelles architectures de réseau axées sur les contenus/données et reposant sur un nouveau modèle d'information et de gestion des informations. Voir [b-NETINF] et [b-Dannewitz].

I.3 Economie d'énergie dans l'exploitation des réseaux (consommation d'énergie)

La réduction de la consommation d'énergie, qui est extrêmement importante du point de vue de l'environnement et de l'exploitation des réseaux, fait appel à différentes technologies au niveau des terminaux, des équipements et des réseaux [b-Gupa]. Ces technologies ne devraient pas fonctionner indépendamment, mais interfonctionner les unes avec les autres, qu'elles interviennent au même niveau ou à des niveaux différents, en tant que solution globale propre à réduire au maximum la consommation d'énergie totale.

L'économie d'énergie dans l'exploitation des réseaux s'articule autour de trois grands axes prometteurs:

- Acheminer le trafic en utilisant moins d'énergie
A l'heure actuelle, la transmission des données est généralement effectuée au moyen de terminaux et d'équipements qui consomment de l'énergie et dont la consommation d'énergie dépend principalement du débit de transmission. Les technologies d'économie d'énergie permettent d'atteindre les mêmes débits en utilisant moins d'énergie grâce à des terminaux/équipements à faible consommation d'énergie, à la commutation photonique, à des protocoles simplifiés, etc. [b-Baliga2007], et ainsi de réduire la consommation d'énergie par bit transmis.
- Contrôler le fonctionnement des terminaux/équipements en fonction de la dynamique du trafic
Les terminaux et systèmes de réseau existants fonctionnent en permanence à plein débit et selon leurs spécifications complètes. Les réseaux utilisant des technologies d'économie d'énergie, au contraire, régleront le fonctionnement en fonction du trafic en employant des méthodes telles que la commande du mode veille, le réglage dynamique de la tension et des techniques de fonctionnement basé sur une horloge dynamique [b-Chabarek]. De tels systèmes permettront de réduire les besoins totaux en énergie.
- Satisfaire les demandes des utilisateurs en générant le moins de trafic possible
L'exploitation des réseaux existants ne tient généralement pas compte du volume total de trafic généré pour satisfaire les demandes des utilisateurs. Les réseaux utilisant des

technologies d'économie d'énergie, quant à eux, permettront de satisfaire les demandes en générant le moins de trafic possible. Plus particulièrement, ces réseaux permettront de réduire le trafic non essentiel ou non valable (par exemple, messages de maintien en vie en volumes excessifs ou messages d'utilisateurs dupliqués) en ayant recours à la multidiffusion, au filtrage, à la mise en mémoire tampon, au réacheminement, etc. Ces réseaux permettront ainsi de réduire le trafic et donc les besoins totaux en énergie.

Ces stratégies d'économie d'énergie applicables à l'exploitation des réseaux permettront de réduire la consommation totale d'énergie et d'apporter des solutions axées sur les réseaux à des problèmes environnementaux. Si l'implémentation de nouveaux services contribue potentiellement à accroître la consommation d'énergie, les réseaux utilisant des technologies d'économie d'énergie peuvent quant à eux limiter cette augmentation. Par comparaison avec le cas des réseaux n'utilisant aucune technologie d'économie d'énergie, la consommation totale d'énergie pourrait même être réduite.

I.4 Gestion intrasystème des réseaux (gestion des réseaux)

Etant donné les limites que comportent les opérations actuelles de gestion des réseaux, une nouvelle stratégie décentralisée de gestion des réseaux, appelée gestion intrasystème, est en cours d'élaboration [b-MANA] et [b-UniverSELF]. Cette stratégie fait appel à la décentralisation, à l'auto-organisation, à l'autonomie et à l'autogestion, dont elle fait ses principes facilitateurs fondamentaux. A l'inverse des méthodes de gestion existantes, il s'agit d'intégrer les fonctions de gestion dans le système lui-même, si bien que le réseau devient à même de contrôler la complexité. La gestion des RF est ainsi facilitée, les RF exécutant désormais eux-mêmes les fonctions de gestion. On présente ci-après quelques caractéristiques de la gestion intrasystème des RF.

Dans l'avenir, les réseaux seront vastes et complexes car ils devront prendre en charge des services divers présentant des caractéristiques différentes (largeur de bande, qualité de service, par exemple), si bien que les infrastructures de réseau et la gestion des services de réseau deviendront plus compliquées et difficiles. Différentes stratégies ont été proposées dans le passé pour normaliser les systèmes de gestion des réseaux en définissant une interface commune pour les systèmes d'exploitation, notamment le principe de l'architecture orientée service (SoA, *service-oriented architecture*), mais ces stratégies n'ont pas été mises en pratique en raison d'obstacles tels que les coûts associés. Ce problème est appelé à s'aggraver dans l'avenir en raison de la multiplication de systèmes de gestion différents due à l'augmentation du nombre des services, si bien qu'il sera nécessaire de disposer de technologies permettant une exploitation et une gestion efficaces. Par ailleurs, étant donné que l'exploitation et la gestion des réseaux dépendent principalement, à l'heure actuelle, des compétences des responsables de la gestion des réseaux, il se pose un problème important: faciliter la gestion des réseaux et transmettre le savoir-faire du personnel.

Deux fonctionnalités sont proposées pour réaliser ces objectifs.

La première est un système unifié d'exploitation et de gestion dans une optique de gestion hautement efficace, tandis que la seconde est une interface sophistiquée de contrôle et un système de transmission des connaissances et du savoir-faire des opérateurs permettant aux opérateurs les moins expérimentés d'exploiter et de gérer les réseaux.

Les deux systèmes décrits ci-dessous sont proposés pour permettre aux RF de satisfaire ces objectifs.

a) Interface commune pour l'exploitation et la gestion [b-TMF NGOSS] et [b-Nishikawa]

Ce système permet une exploitation et une gestion hautement efficaces en vue d'adapter tous les systèmes de réseau prenant en charge des services différents. La technologie de base de données jouera un rôle central pour effectuer automatiquement la transition entre l'ancien système de base de données, qui contient les informations sur les utilisateurs et les infrastructures, et le nouveau système.

- b) Système sophistiqué d'interface de contrôle et de transmission des connaissances et du savoir-faire des opérateurs [b-Kipler] et [b-Kubo].

Afin de faciliter le contrôle et la gestion de divers systèmes et services de réseau pour les opérateurs ne possédant pas de compétences spécialisées, les systèmes d'exploitation des RF devraient être assortis d'un mécanisme autonome de contrôle et d'un mécanisme d'autostabilisation. La mise en place d'interfaces de contrôle sophistiquées et conviviales facilitera en outre l'exécution de certaines tâches d'exploitation et de gestion des réseaux. L'une des stratégies viables en la matière est la "visualisation" des différents statuts des réseaux, comme suit:

- Visualisation de la gestion du système (technologie logicielle)
Les technologies de visualisation des réseaux facilitent le travail des administrateurs de système et améliorent l'efficacité du travail en permettant de visualiser facilement l'état des réseaux. Les technologies de visualisation comprennent les outils de surveillance des réseaux et de localisation des dérangements ainsi que l'automatisation des systèmes de réseau.
- Visualisation de la gestion des infrastructures (technologie matérielle)
Les technologies de visualisation intervenant au niveau du matériel informatique sont efficaces pour aider les ingénieurs d'exploitation dans leur travail, notamment pour le contrôle des fibres optiques et de l'état des communications, la localisation des dérangements et l'identification des fibres optiques. Ces technologies facilitent en outre la localisation des dérangements, en particulier si ces derniers se produisent au niveau du réseau ou des terminaux des utilisateurs, ce qui permet de réduire les coûts de maintenance.

I.5 Optimisation des réseaux (optimisation)

Avec l'apparition de nouveaux services, de nombreux utilisateurs demanderont de plus grandes largeurs de bande, tandis que d'autres se contenteront de la largeur de bande actuelle, si bien que les besoins des utilisateurs en largeur de bande deviendront plus variés. Les réseaux actuels ont été conçus pour satisfaire les besoins d'un maximum d'utilisateurs, tandis que la capacité des équipements est surévaluée pour la plupart des services. Dans l'avenir, les équipements de réseau seront confrontés à diverses contraintes matérielles telles que la capacité de la fibre optique, la fréquence d'exploitation des appareils électriques et à fibres optiques ou encore la consommation d'électricité. Il convient donc de concevoir les RF de façon à améliorer l'efficacité d'utilisation afin de fournir des capacités optimales (c'est-à-dire non abondantes) pour les besoins des utilisateurs.

Trois domaines prometteurs peuvent permettre de traiter ces aspects: l'optimisation au niveau des terminaux, l'optimisation au niveau des systèmes et l'optimisation au niveau des réseaux.

- a) Optimisation au niveau des terminaux [b-Kimura]
Cette technique d'optimisation de la fréquence d'exploitation, composée d'une couche optique, d'une couche électrique et d'une couche hybride optique/électrique, permet de fournir la largeur de bande minimale nécessaire aux services et aux applications.
- b) Optimisation au niveau des systèmes [b-Gunaratne]
Bien que le chiffrement de toutes les données transmises dans les réseaux constitue la solution définitive contre les menaces de sécurité, les données sont actuellement chiffrées de façon sélective via des fonctions des couches supérieures, lesquelles sont trop lentes pour tout chiffrer. Optimiser les mécanismes de sécurité, c'est-à-dire concentrer les fonctions de chiffrement dans les couches inférieures (des techniques de traitement dans la couche physique telles que la technologie de transmission par multiplexage optique par répartition en code (OCDM, *optical code division multiplexing*)) et cesser d'effectuer le chiffrement dans les couches supérieures permettraient d'assurer un niveau de sécurité élevé ainsi qu'une faible latence et un rendement énergétique élevé.

c) Optimisation au niveau des réseaux [b-Iiyama]

Ce type d'optimisation vise à régler des problèmes tels que les contraintes matérielles que sont la capacité des fibres optiques et la fréquence d'exploitation des appareils électriques en modifiant les flux de trafic eux-mêmes. Cette technique permet par ailleurs une utilisation potentiellement accrue des ressources de réseau telles que les voies de transmission dans les réseaux ou les équipements de réseau.

– Optimisation des voies de transmission

Les réseaux actuels, utilisés pour fournir notamment des services de texte ou de voix, ne peuvent évoluer pour prendre en charge une transmission à haut débit, à haute capacité et à faible latence de bout en bout pour tous les réseaux à fibres optiques en raison de problèmes économiques et techniques, entre autres. La technique d'optimisation des voies de transmission consiste à optimiser les voies de transmission compte tenu des caractéristiques des services et des conditions de trafic. Cette technique permet en outre de synchroniser les données transmises selon des voies distinctes et, par conséquent, de transmettre des informations composées de plusieurs types de données ayant des caractéristiques différentes selon des voies distinctes. Conjuguée à l'optimisation de la fréquence d'exploitation, cette technique permet de transmettre des données à des vitesses lentes à très élevées sur un seul et même réseau, ce qui facilite l'exploitation tout en améliorant l'efficacité.

– Optimisation de la topologie des réseaux

Cette technologie permet d'optimiser la topologie des réseaux des couches supérieures (par exemple, la couche paquet) en utilisant non seulement des informations relatives aux couches supérieures, telles que la répartition géographique des demandes des utilisateurs en matière de trafic, mais aussi des informations relatives à la topologie des réseaux des couches inférieures (par exemple, la couche optique).

– Optimisation des points d'accès

Dans les réseaux actuels, tous les services sont transmis sur la même ligne d'accès. Par conséquent, un seul et même point d'accès prend en charge tous les services pour un utilisateur donné. L'efficacité de prise en charge s'en trouve diminuée car chaque service possède des caractéristiques distinctes (par exemple, largeur de bande, latence, utilisabilité). La technique d'optimisation des points d'accès permet une prise en charge hautement efficace et souple et, par conséquent, une optimisation des points d'accès en fonction, par exemple, de la distance de transmission possible pour chaque service. Cette technique tire tout le parti des technologies à fibres optiques et de la transmission longue distance.

– Optimisation de la mise en mémoire cache et du stockage

L'un des enjeux des réseaux futurs consiste à distribuer des contenus différents de façon efficace tout en améliorant la qualité de service et en faisant diminuer les coûts. L'utilisation des capacités de mise en mémoire cache et de stockage permet de distribuer et de fournir les contenus au plus près des utilisateurs finals, de façon à optimiser la qualité de fonctionnement du réseau et à améliorer la qualité d'expérience pour les utilisateurs finals.

– Optimisation des capacités de calcul

Les capacités de calcul fournies par les réseaux permettent aux utilisateurs finals (principalement des entreprises) de déployer et d'exécuter des tâches de calcul (applications logicielles, liées notamment à l'optimisation). Des capacités de calcul réparties au sein des réseaux permettent une utilisation plus souple de ces derniers et une amélioration de la qualité de fonctionnement aussi bien des services que des réseaux.

I.6 Mise en réseau mobile répartie (mobilité)

Dans les réseaux actuels, les fonctionnalités de base telles que la gestion de la mobilité physique, l'authentification et les serveurs d'application sont installées dans les systèmes centralisés ou dans le réseau central mobile. Il en résulte notamment des problèmes d'extensibilité et de qualité de fonctionnement ainsi que des points de défaillance isolés et des goulets d'étranglement.

Une méthode d'accès alternative qui suscite actuellement beaucoup d'intérêt, en particulier pour le déploiement auprès des particuliers et des entreprises, consiste en un noeud d'accès hertzien portable de petites dimensions, avec répartition des fonctionnalités de réseau, notamment des fonctionnalités de mobilité [b-Chiba]. Dans cette architecture répartie, les événements de mobilité et les voies de transmission des données peuvent être gérés et concentrés au plus près des terminaux de façon à éviter les problèmes d'extensibilité et de qualité de fonctionnement. Les problèmes liés à des points de défaillance isolés et à des goulets d'étranglement peuvent en outre être contenus car seul un petit nombre de terminaux est géré à l'extrémité du niveau des noeuds d'accès.

Si l'on situe les fonctionnalités, qui sont généralement situées dans le réseau central mobile, en tout point du réseau de façon souple et répartie, il est possible d'établir un réseau mobile hautement efficace et évolutif. Ainsi, contrairement au réseau mobile actuel, la mise en réseau répartie:

- permet de localiser et d'optimiser les voies de signalisation et de transmission de données;
- permet aux administrateurs des réseaux de contrôler les voies de signalisation et de transmission de données;
- permet de situer les entités fonctionnelles (par exemple, la gestion de la mobilité) en tout point du réseau (aussi bien dans le réseau central que dans le réseau d'accès mobiles);
- permet de prendre en charge la fonction de découverte (ressources et dispositifs de réseau) des dispositifs connectés de façon centralisée ou répartie;
- permet de connecter des dispositifs qui ne sont pas parfaitement mobiles et/ou sécurisés sans détériorer leur mobilité ni leur sécurité.

En prenant en charge les fonctionnalités susmentionnées, la mise en réseau répartie peut fournir un accès ininterrompu et optimal et garantir des services de bout en bout.

Bibliographie

- [b-ITU-T FG-FN Energy] Groupe spécialisé de l'UIT-T sur les réseaux futurs, FG-FN-OD-74 (2010), *Overview of Energy-Saving of Networks*, décembre.
- [b-ITU-T FG-FN NWvirt] Groupe spécialisé de l'UIT-T sur les réseaux futurs. FG-FN-OD-73 (2010), *Framework of Network Virtualization*, décembre.
- [b-Anderson] Anderson, T., Peterson, L., Shenker, S., et Turner, J. (2005), *Overcoming the Internet impasse through virtualization*, Computer, IEEE Computer Society, Vol. 38, No. 4, p. 34-41.
- [b-Baliga2007] Baliga, J., et al. (2007), *Photonic Switching and the Energy Bottleneck*, Proc. IEEE Photonics in Switching, août.
- [b-Bohl] Bohl, O., Manouchehri, S. et Winand, U. (2007), *Mobile information systems for the private everyday life*, Mobile Information Systems, décembre.
- [b-CCNX] Project CCNx (Content-Centric Networking).
<<http://www.ccnx.org/>>
- [b-Chabarek] Chabarek, J., et al. (2008), *Power Awareness in Network Design and Routing*, in Proc. IEEE INFOCOM'08, avril.
- [b-Chiba] Chiba, T. et Yokota H. (2009), *Efficient Route Optimization Methods for Femtocell-based All IP Networks*, WiMob'09, octobre.
- [b-Clark] Clark, D., Wroclawski, J., Sollins, K. et Braden, R. (2005), *Tussle in Cyberspace: Defining Tomorrow's Internet*, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 13, No. 3, juin.
- [b-Dannewitz] Dannewitz, C. (2009), *NetInf: An Information-Centric Design for the Future Internet*, in Proc. 3rd GI/ITG KuVS Workshop on The Future Internet, mai.
- [b-EC FI] Commission européenne, Information Society and Media Directorate-General (2009), *Future Internet 2020: Visions of an Industry Expert Group*, mai.
<http://www.future-internet.eu/fileadmin/documents/reports/FI_Panel_Report_v3.1_Final.pdf>
- [b-Gunaratne] Gunaratne, C. et al. (2008), *Reducing the energy consumption of Ethernet with adaptive link rate (ALR)*, IEEE Trans. Computers, Vol. 57, No. 4, p. 448-461, avril.
- [b-Gupa] Gupta, M. et Singh, S. (2003), *Greening of the Internet*, Proc. ACM SIG-COMM'03, août.
- [b-HIP] IETF Host Identity Protocol (hipHIP) Working Group.
<<http://datatracker.ietf.org/wg/hip/>>
- [b-Iiyama] Iiyama, N., et al. (2010), *A Novel WDM-based Optical Access Network with High Energy Efficiency Using Elastic OLT*, in Proc. ONDM'2010, 2.2, février.
- [b-Jacobson] Jacobson, V., et al. (2009), *Networking Named Content*, CoNEXT 2009, Rome, décembre.

- [b-Kafle] Kafle, V. P. et Inoue, M. (2010), *HIMALIS: Heterogeneous Inclusion and Mobility Adaption through Locator ID Separation in New Generation Network*, IEICE Transactions on Communications, Vol. E93-B No. 3, p.478-489, mars.
- [b-Kimura] Kimura, H., *et al.* (2010), *A Dynamic Clock Operation Technique for Drastic Power Reduction in WDM-based Dynamic Optical Network Architecture*, in Proc. S07-3, World Telecommunication Congress (WTC).
- [b-Kipler] Kilper, D. C., *et al.* (2004), *Optical Performance Monitoring*, J. Lightwave Technol., Vol. 22, p. 294-304.
- [b-Koponen] Koponen, T., Chawla, M., Chun, B., *et al.* (2007), *A data-oriented (and beyond) network architecture*, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 37, No. 4, p. 181-192, octobre.
- [b-Kubo] Kubo, T., *et al.* (2010), *In-line monitoring technique with visible light form 1.3 μ m-band SHG module for optical access systems*, Optics Express, Vol. 18, No. 3.
- [b-LISP] IETF Locator/ID Separation Protocol (lispLISP) Working Group. <http://datatracker.ietf.org/wg/lisp/>
- [b-MANA] Galis, A., *et al.* (2008), *Management and Service-aware Networking Architectures (MANA) for Future Internet – Position Paper: System Functions, Capabilities and Requirements*, University of Twente, décembre.
- [b-NAMED DATA] Named Data Networking. <http://www.named-data.net/>
- [b-NETINF] Network of Information (NetInf). <http://www.netinf.org/>
- [b-NICT Vision] National Institute of Information and Communications Technology, Strategic Headquarters for New Generation Network R&D (2009), *Diversity & Inclusion: Networking the Future Vision and Technology Requirements for a New-generation Network*, février.
- [b-Nishikawa] Nishikawa, K., *et al.* (2009), *Scenario Editing Method for Automatic Client Manipulation System*, Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium.
- [b-PSIRP] Publish-subscribe Internet Routing Paradigm (PSIRP). <http://www.psirp.org/>
- [b-Sarela] Särelä, M., Rinta-aho, T. et Tarkoma, S., *RTFM: Publish/Subscribe Internetworking Architecture*, ICT-Mobile Summit 2008 Conference Proceedings, Paul Cunningham and Miriam Cunningham (Eds), IIMC International Information Management Corporation.
- [b-TMF NGOSS] Tele Management Forum GB930, *The NGOSS approach to Business Solutions* (2005), Version 1.0.
- [b-UniverSELF] UniverSelf, realizing autonomies for Future Networks. <http://www.univerself-project.eu/>

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Terminaux et méthodes d'évaluation subjectives et objectives
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de prochaine génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication