

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

Série J

Supplément 11

(04/2021)

SÉRIE J: RÉSEAUX CÂBLÉS ET TRANSMISSION DES
SIGNAUX RADIOPHONIQUES, TÉLÉVISUELS ET
AUTRES SIGNAUX MULTIMÉDIAS

**Lignes directrices relatives à l'installation d'un
service de télévision numérique pour les
réseaux câblés fondées sur les
Recommandations UIT-T**

Recommandations UIT-T de la série J – Supplément 11

UIT-T



Supplément 11 à la série J de Recommandations UIT-T

Lignes directrices relatives à l'installation d'un service de télévision numérique pour les réseaux câblés fondées sur les Recommandations UIT-T

Résumé

Plusieurs pays en développement prévoient de déployer des installations à fibres optiques et des systèmes évolués de transmission numérique sur les réseaux hybrides fibre-câble coaxial (HFC), dans le but d'introduire des services de télévision numérique par câble dans leurs infrastructures. Le Supplément 11 à la série J de Recommandations UIT-T contient des lignes directrices fondées sur les Recommandations UIT-T à l'intention des pays qui développent leurs systèmes.

Historique

Édition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	Identifiant unique*
1.0	UIT-T J Suppl. 11	28-04-2021	9	11.1002/1000/14640

Mots clés

Réseaux câblés, déploiement, télévision numérique, HFC, hybride fibre-câble coaxial, mise en œuvre, fibres optiques.

* Pour accéder à la Recommandation, reporter cet URL <http://handle.itu.int/> dans votre navigateur web, suivi de l'identifiant unique, par exemple, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

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 (TIC). 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

La présente publication de l'UIT-T a un caractère informatif. Les dispositions obligatoires, telles que celles figurant dans les Recommandations UIT-T, n'entrent pas dans le champ d'application de la présente publication. Celle-ci devrait uniquement être citée en tant que référence bibliographique dans les Recommandations de l'UIT-T.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente publication 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 publications.

À 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 ou par des droits d'auteur afférents à des logiciels, et dont l'acquisition pourrait être requise 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 responsables de la mise en œuvre de consulter les bases de données appropriées de l'UIT-T disponibles sur le site web de l'UIT-T à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2021

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	1
3.1	Termes définis ailleurs	2
3.2	Termes définis dans le présent Supplément	2
4	Abréviations et acronymes	2
5	Conventions	3
6	Recommandations UIT-T concernant la télévision numérique sur les réseaux câblés	3
6.1	Résumé des Recommandations	5
6.2	Choix de Recommandations.....	7
Appendice I – Système optique pour la transmission de signaux de radiodiffusion vidéonumérique.....		9
I.1	Introduction	9
I.2	Modèle de référence d'un système optique.....	9
I.3	Points et éléments de mesure.....	12
I.4	Spécification du système optique pour la transmission des signaux de radiodiffusion	13
I.5	Normes de la CEI	14
I.6	Programme des pays affiliés à la CEI.....	15
Appendice II – Télévision utilisant le protocole Internet (TVIP) sur un réseau hybride fibre-câble coaxial (HFC) et un réseau fibre jusqu'au domicile (FTTH).....		16
II.1	Introduction	16
II.2	Catégories de TVIP	16
II.3	TVIP sur système PON	16
II.4	TVIP sur système DOCSIS	17
II.5	Autres options de transmission de la TVIP	18
Appendice III – Services TVUHD (4K/8K)		21
III.1	Transmission du service TVUHD 4K/8K par des lignes d'accès HFC	21
III.2	Transmission du service TVUHD 4K/8K par lignes d'accès à fibres optiques/FTTH	22
III.3	Boîtier-décodeur STB 4K.....	22
Bibliographie.....		24

Introduction

De nombreux pays en développement procèdent actuellement au déploiement de la fibre optique et envisagent donc de déployer la télévision numérique sur les réseaux à fibres optiques. Les signaux de télévision numérique devraient être acheminés sur les réseaux à fibres optiques conformément, entre autres, aux Recommandations UIT-T J.185, J.186, J.83 et J.382, mais il est essentiel pour chaque pays de choisir la bonne Recommandation pour satisfaire ses exigences.

Supplément 11 à la série J de Recommandations UIT-T

Lignes directrices relatives à l'installation d'un service de télévision numérique pour les réseaux câblés fondées sur les Recommandations UIT-T

1 Domaine d'application

Le présent Supplément contient une liste de Recommandations existantes et une description de leur utilisation pour contribuer au déploiement de services de télévision numérique sur les réseaux câblés basés sur la fibre optique et sur les réseaux hybrides fibre-câble coaxial (HFC).

2 Références

- [UIT-T J.83] Recommandation UIT-T J.83 (2007), *Systèmes numériques multiprogrammes pour la distribution par câble des services de télévision, son et données.*
- [UIT-T J.94] Recommandation UIT-T J.94 (2016), *Informations de service pour la diffusion numérique dans les systèmes de télévision par câble.*
- [UIT-T J.183] Recommandation UIT-T J.183 (2016), *Multiplexage temporel de plusieurs flux de transport MPEG-2 et formats génériques des flux de transport sur les systèmes de télévision par câble.*
- [UIT-T J.185] Recommandation UIT-T J.185 (2012), *Équipement de transmission pour l'acheminement des signaux de télévision multicanaux sur les réseaux d'accès optique par conversion en modulation de fréquence.*
- [UIT-T J.186] Recommandation UIT-T J.186 (2008), *Équipements de transmission de signaux de télévision multicanaux sur les réseaux d'accès optique par multiplexage de sous-porteuses.*
- [UIT-T J.288] Recommandation UIT-T J.288 (2019), *Encapsulation de paquets type-longueur-valeur (TLV) pour les systèmes de transmission par câble.*
- [UIT-T J.382] Recommandation UIT-T J.382 (2018), *Systèmes évolués de transmission numérique vers l'aval de services télévisuels, radiophoniques et de données pour la distribution par câble.*
- [UIT-R BT.1869] Recommandation UIT-R BT.1869 (2010), *Schéma de multiplexage pour paquets de longueur variable dans des systèmes de diffusion multimédias numériques.*
- [CEI 60728-x] CEI 60728 (toutes les parties), *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs.*
- [ISO/CEI/IEEE 8802-3] ISO/CEI/IEEE 8802-3:2021, *Télécommunications et échange entre systèmes informatiques – Exigences pour les réseaux locaux et métropolitains – Partie 3: Norme pour Ethernet.*

3 Définitions

Néant.

3.1 Termes définis ailleurs

Néant.

3.2 Termes définis dans le présent Supplément

Néant.

4 Abréviations et acronymes

Le présent Supplément utilise les abréviations et acronymes suivants:

ADSL	ligne d'abonné numérique asymétrique (<i>asymmetric digital subscriber line</i>)
BLR	bande latérale résiduelle
CAS	système d'accès conditionnel (<i>conditional access system</i>)
CATV	télévision par câble (<i>cable television</i>)
CM	câblo-modem (<i>cable modem</i>)
CMTS	système de terminaison de câblo-modem (<i>cable modem terminating system</i>)
CPE	équipement des locaux client (<i>customer premises equipment</i>)
DOCSIS	spécifications de l'interface du service de transmission de données par câble (<i>data over cable service interface specifications</i>)
DVB	radiodiffusion vidéonumérique (<i>digital video broadcasting</i>)
END	dégradation équivalente de bruit (<i>equivalent noise degradation</i>)
EPON	réseau optique passif Ethernet (<i>Ethernet passive optical network</i>)
EVM	amplitude du vecteur d'erreur (<i>error vector magnitude</i>)
FEC	correction d'erreur directe (<i>forward error correction</i>)
FI	fréquence intermédiaire
FM	modulation de fréquence (<i>frequency modulation</i>)
FTTH	fibre jusqu'au domicile (<i>fiber to the home</i>)
GPON	réseau optique passif gigabitaire (<i>gigabit passive optical network</i>)
GSE	encapsulation de flux générique (<i>generic stream encapsulation</i>)
HD	haute définition (<i>high definition</i>)
HFC	hybride fibre-câble coaxial (<i>hybrid fibre/coaxial</i>)
IM	modulation d'intensité (<i>intensity modulation</i>)
IP	protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
IPVB	radiodiffusion vidéo IP (<i>IP video broadcasting</i>)
LDPC	code de contrôle de parité à faible densité (<i>low density parity check code</i>)
MAQ	modulation d'amplitude en quadrature (<i>quadrature amplitude modulation</i>)
MDU	unité d'habitation multiple (<i>multi-dwelling unit</i>)
MER	taux d'erreurs de modulation (<i>modulation error ratio</i>)
MPEG	groupe d'experts pour les images animées (<i>moving picture expert group</i>)
MRF	multiplexage par répartition en fréquence

MROF	multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence
MRT	multiplexage par répartition dans le temps
NM	marge de bruit (<i>noise margin</i>)
ONU/ONT	unité de réseau optique/termination de réseau optique (<i>optical network termination/unit</i>)
OTT	over-the-top
PD	photodétecteur (<i>photo detector</i>)
PON	réseau optique passif (<i>passive optical network</i>)
RF	radiofréquence (<i>radio frequency</i>)
SCM	multiplexage de sous-porteuses (<i>sub-carrier multiplexing</i>)
SI	information de service (<i>service information</i>)
STB	boîtier-décodeur (<i>set top box</i>)
TLV	type-longueur-valeur (<i>type length value</i>)
TS	flux de transport (<i>transport stream</i>)
TVIP	télévision utilisant le protocole Internet
UDP	protocole de datagramme d'utilisateur (<i>user datagram protocol</i>)
UHD	ultra haute définition (<i>ultra-high definition</i>)
VOD/VoD	vidéo à la demande (<i>video on demand</i>)
V-ONT	terminal de réseau optique pour les signaux vidéo (<i>video-optical network terminal</i>)
WDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde (<i>wavelength division multiplexing</i>)

5 Conventions

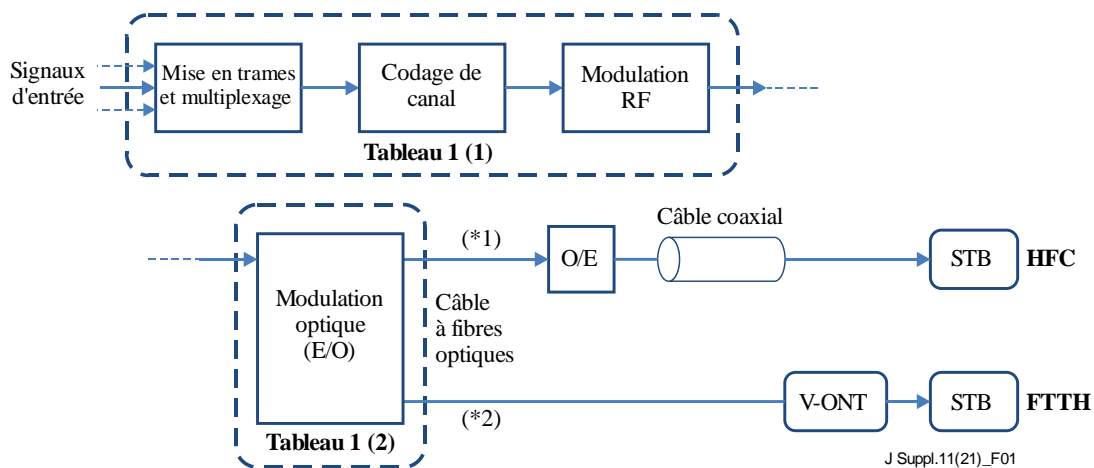
Néant.

6 Recommandations UIT-T concernant la télévision numérique sur les réseaux câblés

Les signaux de télévision numérique par câble sont acheminés via les réseaux hybrides fibre-câble coaxial (HFC) ou grâce aux installations tout fibre optique comme la fibre jusqu'au domicile (FTTH). La Figure 1 présente les éléments qui composent ces installations.

Au niveau de la tête des réseaux HFC et à fibres optiques, un ou plusieurs signaux de télévision numérique par câble, qui prennent généralement la forme d'un flux de transport MPEG-2, sont multiplexés dans une structure de trame, puis modulés sur le signal radiofréquence (RF), généralement au-dessous de 770 MHz, en fonction de la réglementation en vigueur dans chaque pays. Plusieurs signaux RF de fréquences différentes font l'objet d'un multiplexage par répartition en fréquence (MRF), et cet ensemble de signaux RF est converti en signal optique pour la transmission sur des câbles à fibres optiques.

Dans le système HFC, ce signal optique est reconverti en signal électrique pour la transmission sur des câbles coaxiaux qui desservent les derniers kilomètres de la ligne d'accès de l'abonné. Dans les installations tout fibre optique, par exemple FTTH, le signal optique d'origine arrive directement au domicile du client.



NOTE – Le câble à fibres optiques aux emplacements (*1) et (*2) utilise une longueur d'onde différente.

Figure 1 – Installations HFC et FTTH pour la télévision par câble

Le Tableau 1 présente une liste des Recommandations UIT-T applicables à ces installations.

Ces Recommandations peuvent être réparties en deux groupes. Le premier groupe de Recommandations concerne les fonctions allant de la mise en trames à la modulation RF, et le deuxième groupe concerne la modulation optique du signal RF.

Tableau 1 – Recommandations UIT-T applicables aux services de télévision numérique par câble basés sur les réseaux à fibres optiques et HFC

(1) De la mise en trames à la modulation RF

	Titre	Description
UIT-T J.83	Systèmes numériques multiprogrammes pour la distribution par câble des services de télévision, son et données	Un seul flux de transport MPEG-2 sur un canal MAQ
UIT-T J.183	Multiplexage temporel de plusieurs flux de transport MPEG-2 et formats génériques des flux de transport sur les systèmes de télévision par câble	MRT de plusieurs flux de transport MPEG-2, et structure de trame pour la transmission haut débit au moyen d'un regroupement des canaux
UIT-T J.288	Encapsulation de paquets type-longueur-valeur (TLV) pour les systèmes de transmission par câble	Encapsulation de paquets TLV sur un canal de réseau câblé UIT-T J.83 ou UIT-T J.183 pour transmettre des paquets de longueur variable tels que des paquets IP
UIT-T J.382	Systèmes évolués de transmission numérique vers l'aval de services télévisuels, radiophoniques et de données pour la distribution par câble	Transmission numérique par câble évoluée avec une efficacité spectrale élevée au moyen du multiplexage MROF et du code LDPC, connue également sous le nom DVB-C2

(2) Modulation optique

	Titre	Description
UIT-T J.185	Équipement de transmission pour l'acheminement des signaux de télévision multicanaux sur les réseaux d'accès optique par conversion en modulation de fréquence	Modulation de fréquence avant la modulation d'intensité
UIT-T J.186	Équipements de transmission de signaux de télévision multicanaux sur les réseaux d'accès optique par multiplexage de sous-porteuses	Modulation d'intensité

En outre, les signaux de télévision numérique peuvent être envoyés sous la forme de paquets IP via un réseau HFC en utilisant les spécifications de l'interface du service de transmission de données par câble (DOCSIS), ou via un système de réseau optique passif (PON) FTTH. Ce cas d'utilisation ne constitue pas le sujet principal du présent Supplément, mais une description brève des systèmes DOCSIS et PON figure dans l'Appendice I.

6.1 Résumé des Recommandations

1) Recommandation UIT-T J.83

La Recommandation [UIT-T J.83] traite de la définition de la structure de trame, du codage de canal et de la modulation des signaux numériques multiprogrammes de services de télévision, son et données distribués sur les réseaux câblés.

Cette Recommandation comporte quatre Annexes (A, B, C et D), qui spécifient les quatre systèmes numériques de télévision par câble utilisés dans différentes régions. Les Annexes A, B et C concernent les systèmes par câble qui transportent un seul flux de transport MPEG-2 sur un canal MAQ, et l'Annexe D est consacrée à la transmission numérique à bande latérale résiduelle à 16 états (BLR-16). Cette Recommandation préconise que, lors de l'introduction de nouveaux services multiprogrammes numériques dans des réseaux câblés existants ou futurs, l'on fasse appel à un des systèmes dont la structure de trame, le codage de canal et la modulation sont spécifiés dans les Annexes A, B, C et D.

2) Recommandation UIT-T J.183

La Recommandation [UIT-T J.183] décrit un format de multiplexage par répartition dans le temps (MRT) pour la transmission de plusieurs flux de transport MPEG-2 et/ou formats génériques de flux de transport au moyen d'une mise en œuvre simple de l'interface physique des systèmes MPEG-2 sur les systèmes de télévision par câble. La trame MRT encapsule les flux de transport MPEG-2 et/ou formats génériques de flux de transport, qui sont mis en paquets de 188 octets, avant transmission. Elle décrit aussi la structure de trame pour la transmission haut débit au moyen de la technologie de regroupement des canaux.

Le format de trame permet à un opérateur de télévision par câble d'empaqueter plusieurs flux de transport dans un seul canal ou dans plusieurs canaux. L'exploitation d'un réseau de distribution par câble serait plus souple si les services pouvaient être intégrés sur la base du flux de transport.

3) Recommandation UIT-T J.288

La Recommandation [UIT-T J.288] propose un mécanisme d'encapsulation des paquets TLV (type, longueur, valeur) spécifié dans la Recommandation UIT-R BT.1869 pour les systèmes de transmission par câble conçus conformément à la Recommandation [UIT-T J.83].

Un grand nombre des systèmes de radiodiffusion numérique existants transfèrent des flux de transport MPEG-2. Mais des formats de paquets de longueur variable, par exemple TLV, sont spécifiés afin de transmettre efficacement sur les canaux de radiodiffusion des paquets IP regroupant des paquets de longueur variable. Afin de pouvoir transmettre des paquets TLV au moyen du système de transmission UIT-T J.83 existant, il est nécessaire de fragmenter les paquets TLV de longueur variable et de les encapsuler dans des paquets de longueur fixe de 188 octets.

4) Recommandation UIT-T J.382

La Recommandation [UIT-T J.382] contient des spécifications à prendre en compte pour les systèmes évolués de transmission numérique par câble en sens aval afin d'assurer une grande efficacité d'utilisation du spectre et d'économiser des ressources de transmission en sens aval dans les réseaux hybrides fibre-câble coaxial (HFC). Cette Recommandation spécifie une définition commune de la structure de trame, du codage de canal et de la modulation pour les services télévisuels, radiophoniques et de données, y compris les services de radiodiffusion et de multidiffusion de haute qualité, distribués par le biais de réseaux HFC.

La Recommandation [UIT-T J.382] équivaut à la norme DVB-C2, qui fait référence à la seconde génération de systèmes numériques multiprogrammes pour la transmission par câble élaborée dans le cadre du projet européen de radiodiffusion vidéo numérique (DVB). Elle permet d'augmenter la capacité de transmission d'un canal de réseau câblé grâce à l'utilisation d'un code à correction d'erreur directe (FEC) efficace, appelé code de contrôle de parité à faible densité (LDPC), et à la modulation avec multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF). Elle prend en charge les flux de transport et n'importe quel format d'entrée par paquets ou continu, ainsi que l'encapsulation de flux générique (GSE).

5) Recommandation UIT-T J.186

La Recommandation [UIT-T J.186] décrit une méthode de transmission des signaux de télévision multicanal dans des réseaux d'accès optiques. Les équipements de transmission UIT-T J.186 permettent de transmettre des signaux vidéo multicanaux à modulation MAQ-64, MAQ-256 et autres grâce au multiplexage de sous-porteuses (SCM).

Suivant la technique de multiplexage SCM, la porteuse principale est celle du signal à fréquence optique, tandis que les sous-porteuses acheminent dans la bande latérale optique les signaux vidéo électriques à multiplexage MRF. Le format des signaux sortant du photodétecteur (PD) de la terminaison de réseau optique (ONT) est identique à celui des signaux alimentant le modulateur de l'émetteur optique. On utilise la méthode SCM dans le cas d'une ligne de jonction d'un système hybride fibre-câble coaxial (HFC).

6) Recommandation UIT-T J.185

La Recommandation [UIT-T J.185] décrit une méthode de transmission des signaux de télévision multicanaux dans des réseaux d'accès optique. Les équipements de transmission UIT-T J.185 permettent d'acheminer des signaux vidéo multicanaux à modulation MAQ-64, MAQ-256 et autres grâce à une conversion en modulation de fréquence (FM).

Dans ce système de transmission FM, les signaux de télévision multicanaux à multiplexage par répartition en fréquence (MRF) sont convertis simultanément en un signal unique FM à large bande. Celui-ci est ensuite acheminé dans le réseau d'accès optique après application de la technique de modulation d'intensité. Le terminal de réseau optique pour les signaux vidéo (V-ONT) situé dans les locaux client convertit le signal unique FM reçu, ce qui permet de retrouver les signaux vidéo multicanaux à multiplexage MRF d'origine pour la télévision par câble coaxial. L'interface de ce système de transmission FM est identique à celui du système de multiplexage de sous-porteuses à modulation d'amplitude (AM-SCM) défini dans la Recommandation [UIT-T J.186].

6.2 Choix de Recommandations

1) Multiplexage de signaux de télévision multiprogrammes numériques

Pour envoyer un signal de télévision multiprogramme numérique au moyen d'un canal MAQ de réseau câblé, la Recommandation [UIT-T J.83] ou [UIT-T J.183] est utilisée en fonction de la composition du signal multiprogramme.

Dans la Recommandation [UIT-T J.83], un seul flux de transport MPEG2 est reçu à l'entrée et un seul canal MAQ se trouve à la sortie. Ce flux de transport contient un ou plusieurs programmes télévisuels et sonores numériques. Chaque programme se distingue par l'identificateur de service, qui fait partie des informations de service figurant dans la trame de la Recommandation [UIT-T J.83]. Des détails sur les informations de service sont disponibles dans la Recommandation UIT-T J.94 "Informations de service pour la diffusion numérique dans les systèmes de télévision par câble".

Lorsque les flux de transport MPEG2 proviennent de différentes sources telles que des stations de télévision, les identificateurs de service des flux de transport diffèrent les uns des autres. Quand le débit binaire de chaque flux correspond à ce qui peut être envoyé sur un seul canal MAQ, on utilise la Recommandation [UIT-T J.83]. Cependant, si le total des débits binaires d'au moins deux flux de transport combinés correspond à ce qui peut être envoyé sur un canal MAQ, il est raisonnable de les multiplexer, en s'appuyant sur la Recommandation [UIT-T J.183], pour occuper un seul canal MAQ. La Recommandation [UIT-T J.183] définit la "trame de multiplexage des flux de transport (TSMF)", qui assure le multiplexage d'au moins deux flux de transport MPEG2 pour former un seul flux à transmettre sur un seul canal MAQ.

La Recommandation [UIT-T J.83] contient quatre annexes. L'Annexe A est principalement utilisée en Europe, en Afrique, en Asie et en Amérique du Sud, l'Annexe B en Amérique du Nord et l'Annexe C au Japon. L'Annexe D est consacrée à la transmission numérique BLR-16 pour l'Amérique du Nord, mais elle n'est pas utilisée. Il est nécessaire de tenir compte de l'interopérabilité entre les différents opérateurs de la région et d'autres facteurs pour bien choisir l'Annexe à utiliser.

2) Systèmes de transmission optiques

Pour transmettre un signal RF à modulation MAQ sur une portion de fibre d'un réseau HFC ou FTTH, celui-ci doit être converti du format électrique au format optique, en utilisant la Recommandation [UIT-T J.186] ou [UIT-T J.185].

La Recommandation [UIT-T J.186] est intitulée "Équipements de transmission de signaux de télévision multicanaux sur les réseaux d'accès optique par multiplexage de sous-porteuses". Le terme "multiplexage de sous-porteuses" (SCM) est utilisé ici pour décrire un système dans lequel plusieurs signaux RF de la télévision par câble (sous-porteuses) font l'objet d'un multiplexage MRF, puis d'une modulation d'intensité effectuée à l'aide d'un signal optique de longueur d'onde unique.

D'autre part, la Recommandation [UIT-T J.185] applique la modulation FM au signal MRF avant que l'intensité de celui-ci soit modulée par un signal optique de longueur d'onde unique conformément à la Recommandation [UIT-T J.186].

Le Tableau 2 compare les caractéristiques des modulations IM (UIT-T J.186) et FM (UIT-T J.185). En résumé, l'utilisation de la modulation FM accroît la complexité et les coûts des dispositifs, mais réduit les dégradations dues au bruit et aux distorsions. La décision finale concernant l'utilisation de la Recommandation [UIT-T J.186] ou [UIT-T J.185] devrait être prise une fois que les facteurs présentés ci-dessous ont été comparés.

Tableau 2 – Comparaison entre les Recommandations UIT-T J.186 et UIT-T J.185

	UIT-T J.186	UIT-T J.185
Modulation	Modulation d'intensité (IM)	Modulation de fréquence (FM) avant la modulation IM
Complexité des dispositifs	Dispositifs simples	Dispositifs complexes
Sensibilité	Sensibilité au bruit qui nécessite donc: <ul style="list-style-type: none"> – une intensité de signal plus élevée à la réception – plus de répéteurs 	Résistance au bruit qui nécessite donc: <ul style="list-style-type: none"> – une intensité de signal plus faible à la réception – moins de répéteurs pour les transmissions longue distance
Sensibilité aux distorsions	<ul style="list-style-type: none"> – Sensibilité aux distorsions – Utilisation nécessaire d'un amplificateur optique de grande qualité 	<ul style="list-style-type: none"> – Insensibilité aux distorsions – Possibilité d'utiliser un amplificateur optique de qualité standard
Largeur de bande	Jusqu'à 3,2 GHz	Jusqu'à 1,0 GHz

Pour concevoir et déployer le système de transmission optique basé sur la Recommandation [UIT-T J.186], la série de normes internationales CEI 60728 donne des informations pratiques portant notamment sur la configuration du système, les paramètres de base du système ou encore les méthodes de mesure. Ces normes sont présentées dans l'Appendice I. Il convient de noter que même si la Recommandation [UIT-T J.186] s'applique aux signaux vidéo analogiques et numériques, l'Appendice I porte sur les normes de la série CEI 60728 applicables uniquement aux signaux à modulation numérique.

Appendice I

Système optique pour la transmission de signaux de radiodiffusion vidéonumérique

(série de normes CEI 60728)

I.1 Introduction

La série de normes internationales [CEI 60728-x], intitulée "Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs", donne des informations sur la configuration, les spécifications, les méthodes de mesure et les considérations d'ordre conceptuel relatives aux systèmes de services pratiques, dont le déploiement et la conception reposent sur les équipements de transmission définis dans la Recommandation [UIT-T J.186].

Certaines de ces normes, notamment les Parties 113 et 115, sont applicables aux systèmes optiques pour la transmission des signaux de radiodiffusion, composés d'un équipement de tête de réseau, de lignes de transmission optique, d'un câblage interne aux bâtiments et de sorties de système. Alors que la Recommandation [UIT-T J.186] traite des signaux vidéo numériques et analogiques, la plupart des normes de la CEI les plus récentes traitent principalement des signaux de télévision utilisant uniquement la technologie de transmission numérique. Elles définissent aussi les paramètres de base des systèmes et les méthodes de mesure applicables aux systèmes optiques de distribution entre l'équipement de tête de réseau et les sorties de système, afin d'évaluer la qualité de fonctionnement des systèmes et leurs limites de fonctionnement. Dans ces normes, la fréquence du signal supérieure est limitée à environ 3 300 MHz.

Ces normes décrivent la transmission RF pour les signaux totalement numérisés à diffusion large ou restreinte (distribution de contenus de radiodiffusion dans une zone limitée) sur le réseau FTTH et présentent le système xPON comme un support de couche physique. La description détaillée de la couche physique n'entre pas dans le champ d'application de ces normes, qui se limite à la transmission de signaux RF sur le réseau FTTH. Par conséquent, ces normes ne traitent pas des technologies de transport IP, telles que les protocoles de multidiffusion IP et les protocoles associés. Toutefois, elles s'appliquent aussi à la transmission des signaux de radiodiffusion sur un réseau de télécommunication si les dispositions énoncées dans la partie relative à la fibre optique de ces normes sont respectées.

I.2 Modèle de référence d'un système optique

La Figure I.1 présente le modèle de référence du système FTTH pour la transmission de signaux de radiodiffusion. Bien que le nombre d'amplificateurs optiques et de répartiteurs optiques varie en fonction de l'ampleur du système optique, ou du nombre d'abonnés à connecter, la configuration du réseau de base doit suivre le modèle de référence du système. En outre, les niveaux optiques requis pour le fonctionnement du système étant relativement élevés, il convient d'accorder une attention particulière à la sécurité conformément aux normes [CEI 60825-1], [CEI 60825-2] et [CEI 60825-12].

En général, deux solutions se présentent pour créer un système de transmission optique, à savoir une solution à une fibre et une solution à deux fibres. Le modèle de référence illustré dans la Figure I.1 inclut le système de transmission des signaux de radiodiffusion et le système de transmission des signaux de données. Ce dernier utilise les deux sens de transmission sur la fibre optique avec des longueurs d'ondes optiques différentes. Les deux systèmes sont combinés grâce à des filtres avec multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM) à l'entrée et à la sortie du réseau de distribution à titre d'exemple. Le réseau de distribution est constitué d'éléments optiques passifs, comme des fibres optiques et des diviseurs de puissance optique uniquement, compte tenu de la maintenance et de l'expansion future des systèmes.

Dans certains cas, on utilise une unité de réseau optique (ONU) trois en un reposant sur une solution à une fibre (unité ONU pour les signaux vidéo (V-ONU), unité ONU pour les données et terminal téléphonique). Dans d'autres cas, l'unité ONU est située à l'extérieur de la maison de l'abonné. (Note – La CEI emploie le terme "unité de réseau optique (ONU)" dans ses normes, alors que l'UIT-T emploie le terme "terminaison de réseau optique (ONT)" dans ses Recommandations.)

Il existe plusieurs solutions permettant de connecter des unités d'habitation multiples (MDU) avec des systèmes FTTH (voir la Figure I.1). L'une d'elles consiste à connecter une unité MDU à l'aide d'un port électrique situé après la sortie d'une unité V-ONU, et une autre consiste à connecter l'unité MDU à l'aide d'un port optique depuis une installation extérieure.

Il est nécessaire d'éviter une diaphonie optique et électrique dans la solution à une fibre.

La diaphonie optique entre, d'une part, le signal de données vers l'aval transmis sur une longueur d'onde de 1 490 nm et, d'autre part, le signal de télévision par câble vers l'aval, se produit si le multiplexage WDM à 1 550 nm n'assure pas une protection suffisante contre le signal à 1 490 nm.

La diaphonie électrique entre, d'une part, le signal de données émis à 1 310 nm et, d'autre part, le signal à 1 550 nm à l'entrée du récepteur du photodétecteur pour la télévision par câble, se produit en raison d'un rayonnement électromagnétique à l'intérieur du triplexeur très compact.

Il est envisagé d'utiliser les longueurs d'ondes optiques et les bandes de fréquences radioélectriques listées dans les Tableaux I.1 et I.2.

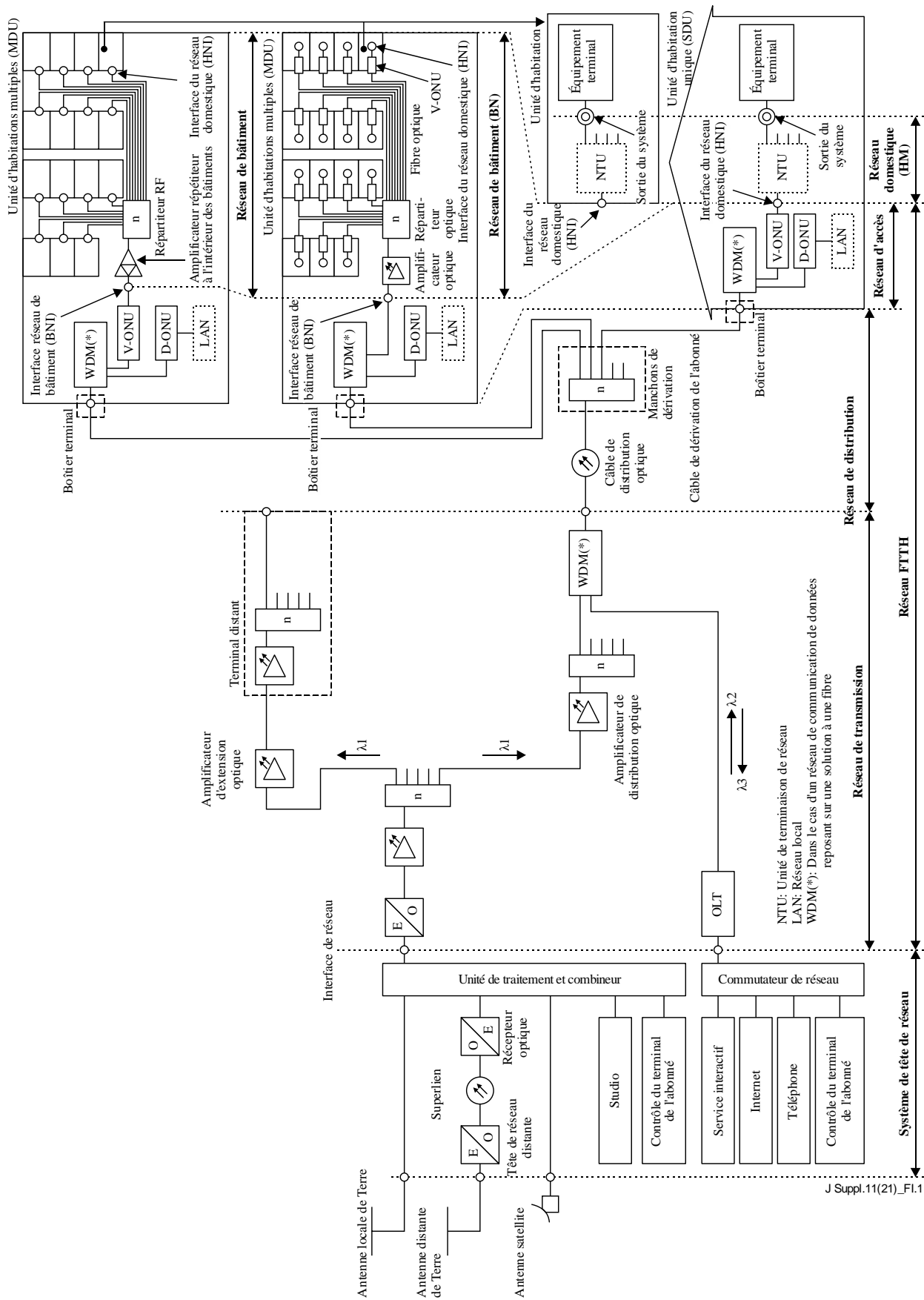
Tableau I.1 – Longueur d'onde optique pour le système FTTH

Signal optique	Longueur d'onde	Document
Transmission vidéo	1 550 nm	[CEI 60728-113]
Retour RF	1 610 nm	[CEI 60728-14]
Données (dans le sens aval)	1 490 nm/1 577 nm	[ISO/CEI/IEEE 8802-3]
Données (dans le sens amont)	1 310 nm/1 270 nm	[ISO/CEI/IEEE 8802-3]

Tableau I.2 – Gammes de fréquences

Bande de fréquences	Document
47 MHz à 862 MHz (signaux à modulation numérique uniquement)	[CEI 60728-101], [CEI 60728-113], [CEI 60728-115]
950 MHz à 3 300 MHz (transmission des signaux par satellite)	[CEI 60728-13-1], [CEI 60728-115]

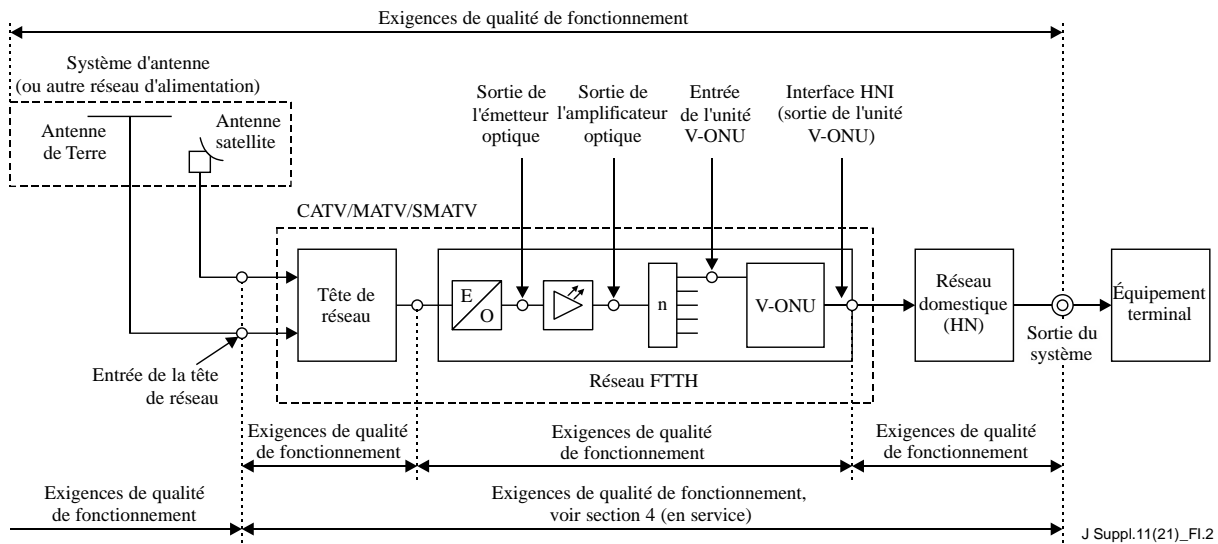
NOTE – Les normes [CEI 60728-113 Ed1] (gamme de fréquences 47 MHz à 862 MHz) et [CEI 60728-13-1 Ed2] (gamme de fréquences 950 MHz à 3 300 MHz) seront fusionnées dans quelques années pour constituer la norme [CEI 60728-113 Ed2] (gamme de fréquences 47 MHz à 3 300 MHz).



J Suppl.11(21)_F1.1

Figure I.1 – Exemple de système FTTH pour les signaux télévisuels et sonores

Les points de spécification en matière de qualité de fonctionnement du système optique sont présentés dans la Figure I.2.



J Suppl.11(21)_Fl.2

Figure I.2 – Points de spécification en matière de qualité de fonctionnement du système FTTH

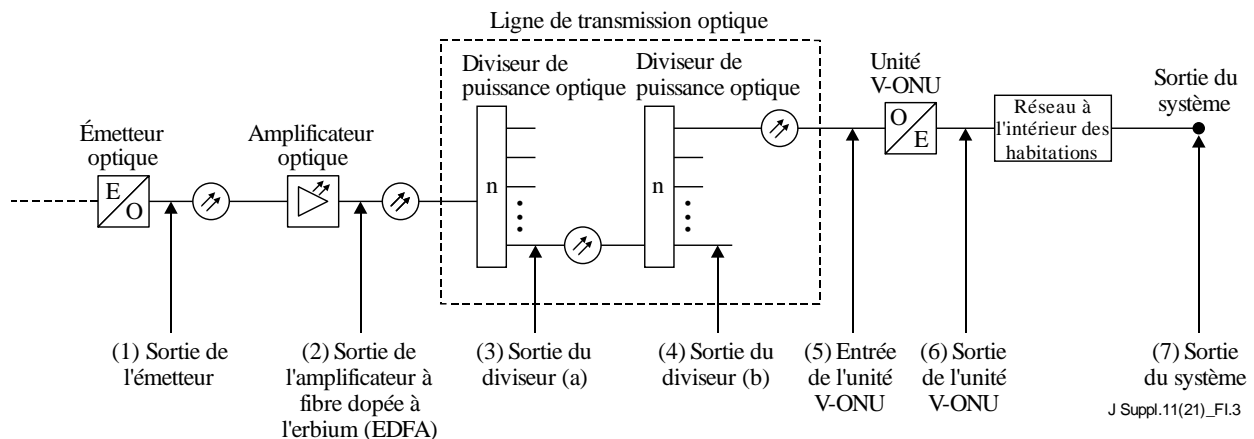
I.3 Points et éléments de mesure

Le présent paragraphe décrit les méthodes de mesure élaborées spécifiquement pour le système FTTH.

Les points de mesure décrits dans le présent Supplément se limitent à la partie du système allant du terminal de sortie de l'émetteur optique jusqu'à la sortie du système.

I.3.1 Points de mesure

Il est nécessaire de mesurer la puissance optique aux points (1) à (5) et le niveau du signal électrique aux points (6) et (7) de la Figure I.3 pour veiller au bon fonctionnement de l'intégralité du système. Des mesures doivent être effectuées aux points (5), (6) et (7) pour garantir le bon fonctionnement du système au point de sortie de la section optique et au point d'interface des locaux du client. Le bruit d'intensité relative (RIN) devrait être mesuré aux points (1) à (5) et le rapport signal/bruit S/N (signal électrique) aux points (6) et (7).



J Suppl.11(21)_Fl.3

Figure I.3 – Points de mesure du système de distribution vidéo

I.3.2 Éléments de mesure

Les points de mesure et les paramètres mesurés sont résumés dans le Tableau I.3.

Les mesures aux points (5), (6) et (7) sont obligatoires, tandis que des mesures à d'autres points sont nécessaires pour veiller au bon fonctionnement du système.

Tableau I.3 – Points de mesure et paramètres mesurés

Paramètres mesurés (exemples)	Points de mesure						
	(1) Sortie de l'émetteur	(2) Sortie de l'amplificateur EDFA	(3) Sortie du diviseur de puissance optique (a)	(4) Sortie du diviseur de puissance optique (b)	(5) Entrée de l'unité V-ONU	(6) Sortie de l'unité V-ONU	(7) Sortie du système
Puissance optique	○	○	○	○	○	–	–
Rapport S/N (électrique)	–	–	–	–	–	○	○
Rapport S/N (RIN) (voir Note)	○	○	Δ	Δ	Δ	–	–
Taux d'erreurs sur les bits (BER), taux d'erreurs de modulation (MER)	–	–	–	–	–	○	○

○ Des mesures sont possibles à ces points.
 Δ Des mesures sont possibles à ces points lorsque la puissance optique est supérieure à –3 dB (mW).
 NOTE – L'estimation théorique du rapport S/N au point (6), c'est-à-dire à la sortie de l'unité V-ONU, est fondée sur les résultats des mesures relatives aux équipements individuels.

I.4 Spécification du système optique pour la transmission des signaux de radiodiffusion

En ce qui concerne la transmission des services de radiodiffusion numérique sur les réseaux optiques, on utilise principalement les méthodes de modulation MAQ-64/256 ou MROF avec la modulation MAQ-256/1 024/4 096. La Figure I.2 présente les points de spécification en matière de qualité de fonctionnement du système FTTH classique. Les points de mesure (identiques aux points de spécification en matière de qualité de fonctionnement) et d'autres éléments de mesure permettant de contrôler la qualité de fonctionnement du système optique sont également représentés. Le rapport minimal S/N à la sortie de la tête de réseau, à la sortie de l'unité V-ONU et à la sortie du système, ainsi que le rapport S/N de section pour la ligne de transmission et le réseau à l'intérieur des habitations, sont indiqués dans le Tableau I.4. (Ce tableau concerne l'unité SDU, tandis qu'il existe un autre tableau pour les unités MDU dans la norme CEI 60728-113.)

S'agissant des signaux à modulation numérique, le taux d'erreurs sur les bits (BER) doit être utilisé en tant que paramètre de spécification uniquement à l'entrée de la tête de réseau. Un taux de 1×10^{-4} est requis pour les signaux de radiodiffusion à modulation numérique avant la correction FEC avec un codage RS (204, 188). Dans le cas d'une autre méthode FEC, un taux de 1×10^{-11} est requis après la correction FEC. Il est possible d'utiliser des paramètres supplémentaires à l'entrée de la tête de réseau, à savoir la dégradation équivalente de bruit (END), la marge de bruit (NM), le taux d'erreurs de modulation (MER) et l'amplitude du vecteur d'erreur (EVM).

**Tableau I.4 – Rapport minimal S/N requis en cours de service
(47 MHz-1 000 MHz pour une unité SDU)**

Signal de radiodiffusion			Rapport S/N à la sortie de la tête de réseau	Rapport S/N sur la ligne de transmission optique (5)	Rapport S/N à la sortie de l'unité V-ONU (6)	Rapport S/N pour l'interface réseau à l'intérieur des habitations	Rapport S/N à la sortie du système (7)
Système	Modulation	Sous-porteuse					
			dB	dB	dB	dB	dB
ISDB-T	MROF	MAQ-64	27	30	25	45	24
ISDB-C [UIT-T J.83]	MAQ-64	–	35	28	27	45	26
	MAQ-256	–	43	37	36	51	32
ISDB-C2 [UIT-T J.382]	MROF	MAQ-256	35	28	27	45	26
		MAQ-1 024	42	36	35	51	33
		MAQ-4 096(4/5)	46	39	38	53	37
		MAQ-4 096(5/6)	49	42	41	55	40
DVB-T	MROFC	MAQ-64	27	–	25	–	24
DVB-T2	MROFC	MAQ-256	33	–	31	–	30
DVB-C	MAQ-64	–	36	–	29	–	28
	MAQ-256	–	42	–	35	–	34
DVB-C2	MROFC	MAQ-256	35	–	29	–	28
		MAQ-1 024	42	–	35	–	34
		MAQ-4 096(5/6)	46	–	38	–	37
		MAQ-4 096(9/10)	49	–	41	–	40

NOTE – Ces valeurs de spécification donnent un exemple concernant une unité d'habitation unique (SDU) avec une gamme de fréquences de 1 GHz ou moins.

I.5 Normes de la CEI

On trouvera ci-dessous une liste de normes de la CEI utiles pour concevoir et exploiter un système FTTH. Cependant, la plupart des informations figurant dans le présent Appendice sont disponibles dans les normes [CEI 60728-113] et [CEI 60728-13-1].

Dans le cas des références datées, seule l'édition citée s'applique. Dans le cas des références non datées, la dernière édition du document dont il est fait mention (y compris n'importe quel amendement) s'applique.

CEI 60728-13-1:2017, Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 13-1: Extension de largeur de bande pour les signaux radiodiffusés sur un système FTTH.

CEI 60728-101:2016, Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 101: Performances des systèmes de voie directe soumis à une charge de porteuses exclusivement numériques.

CEI 60728-106 (en cours d'élaboration), Optical equipment for systems loaded with digital channels only.

CEI 60728-113:2018, Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 113: Systèmes optiques pour la transmission de signaux de diffusion soumis à une charge de porteuses exclusivement numériques.

CEI 60728-115:2021, Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 115: Systèmes optiques internes aux immeubles pour la transmission de signaux de diffusion.

CEI 60068-1:1988, Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide.

CEI 60825-1, Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences.

CEI 60825-2, Sécurité des appareils à laser – Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO).

CEI 60825-12, Sécurité des appareils à laser – Partie 12: Sécurité des systèmes de communication optiques en espace libre utilisés pour la transmission d'informations.

CEI 61755-1:2005, Interfaces optiques avec connecteurs pour fibres optiques – Partie 1: Interfaces optiques pour fibres monomodales à dispersion non décalée – Généralités et lignes directrices.

Rapport technique CEI 61930, Symbologie des graphiques de fibres optiques.

Rapport technique CEI 61931:1998, Fibres optiques – Terminologie.

NOTE 1 – L'édition 2 de la norme CEI 60728-113, qui doit être achevée en 2022, fera mention d'une bande de fréquences allant jusqu'à 3,3 GHz pour la transmission de signaux à fréquence intermédiaire (FI) par satellite, mais les normes [CEI 60728-13] et [CEI 60728-13-1] pour la transmission de signaux analogiques resteront inchangées.

NOTE 2 – La norme CEI 60728-115 est actuellement en cours d'élaboration. Les travaux devraient être achevés d'ici à la fin de l'année 2021.

NOTE 3 – La norme CEI 60728-106 est actuellement en cours d'élaboration. Les travaux devraient être achevés d'ici à la fin de l'année 2022.

I.6 Programme des pays affiliés à la CEI

Le Programme des pays affiliés est un système permettant aux pays non membres de participer aux travaux de la CEI.

La CEI a lancé ce programme en 2001 pour encourager les pays en développement à prendre part à ses travaux et leur faire profiter des avantages de la technologie de manière efficace et au coût le plus bas possible. En 2019, 86 pays étaient membres du Programme dirigé par M. Rojas Manyame (Namibie) depuis janvier 2018.

Les participants au Programme bénéficient notamment des avantages suivants:

- Obtention d'une version électronique des documents de la CEI (de plus, il est possible d'avoir accès gratuitement à davantage de normes CEI en devenant membre "*Affiliate Plus*").
- Installation et utilisation de la bibliothèque de la CEI.
- Méthode d'adoption plus simples qu'une norme CEI.
- Participation sans frais.

Appendice II

Télévision utilisant le protocole Internet (TVIP) sur un réseau hybride fibre-câble coaxial (HFC) et un réseau fibre jusqu'au domicile (FTTH)

II.1 Introduction

La partie principale des présentes lignes directrices concerne la télévision numérique acheminée sur un réseau unidirectionnel de télévision par câble composé d'un réseau à fibres optiques et d'un réseau hybride fibre-câble coaxial (HFC). Toutefois, le réseau câblé est sur le point de migrer vers une infrastructure bidirectionnelle fondée sur le protocole IP, par la mise en œuvre soit des spécifications de l'interface du service de transmission de données par câble (DOCSIS) sur le réseau HFC, soit du système de réseau optique passif (PON) sur le réseau à fibres optiques. Ce que nous appelons la "télévision utilisant le protocole Internet (TVIP)" est transmise actuellement sur ces réseaux. Le présent appendice offre un aperçu de la TVIP sur un réseau fibre jusqu'au domicile (FTTH) PON et DOCSIS.

II.2 Catégories de TVIP

La TVIP se décline sous différentes formes. Il peut s'agir d'un service linéaire ou en temps réel, ou d'un service non linéaire tel que la vidéo à la demande (VoD). Les services peuvent être acheminés soit sur un réseau Internet ouvert dit "de meilleur effort", soit sur un réseau IP géré. Ces catégories sont illustrées dans la Figure II.1.

Les services non linéaires utilisent toujours une connexion en mode unidiffusion ou une connexion point à point. La plupart des services linéaires utilisent actuellement une connexion en mode unidiffusion, mais les connexions en mode multidiffusion ou point à multipoint sont plus à même de garantir une utilisation efficace de la largeur de bande.

	Services linéaires	Services non linéaires
Réseau IP géré	Mode multidiffusion	VoD
Internet ouvert ("meilleur effort")	Mode unidiffusion • Par exemple: DAZN (pour le sport)	VoD (mode unidiffusion) • Par exemple: Netflix, Amazon

J Suppl.11(21)_FII.1

Figure II.1 – Catégories de TVIP

II.3 TVIP sur système PON

Le réseau optique passif (PON) peut renvoyer à tout type de réseau optique composé de dispositifs passifs mais, dans ce contexte, il renvoie au réseau optique passif gigabitaire (GPON) ou au réseau optique passif Ethernet (E-PON).

Le réseau optique passif gigabitaire (GPON), défini dans les Recommandations de la série [b-UIT-T G.984.x], est utilisé comme une technologie de réseau d'accès pour interconnecter les utilisateurs d'un réseau câblé ou d'un réseau de télécommunication avec le réseau central. Le réseau GPON a un débit binaire en sens aval de 2,4 Gbit/s et un débit binaire en sens amont de 1,2 ou 2,4 Gbit/s (généralement 1,2 Gbit/s). En principe, il peut desservir jusqu'à 64 abonnés se trouvant à une portée physique de 10 à 20 km.

Le réseau E-PON, aussi appelé "Ethernet-PON", est défini dans le document [b-IEEE 802.3ah]. Il a la même fonction que le réseau GPON, mais les débits binaires dans les sens aval et amont sont de 1,2 Gbit/s pour un maximum de 32 abonnés.

Tant le réseau GPON que le réseau E-PON ont des versions à 10 Gbit/s de normes et de produits disponibles actuellement. On trouvera par exemple des informations détaillées concernant le réseau GPON de 10 gigabits, appelé réseau "XG-PON", dans les Recommandations de la série [b-UIT-T G.987.x], tandis que le réseau E-PON de 10 gigabits est décrit dans le document [b-IEEE 802.3av].

Les systèmes GPON et E-PON sur réseau câblé sont tous deux composés d'un système de terminaison de ligne optique (OLT) au niveau de la tête de réseau câblé et d'une unité de réseau optique (ONU) au niveau des locaux des abonnés, avec un réseau de distribution optique passif (ODN) assurant l'interconnexion des systèmes. Cette structure générique est illustrée dans la Figure II.2.

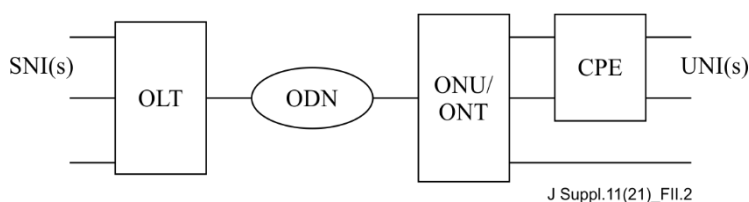


Figure II.2 – Système GPON générique (repris de la série UIT-T G.983)

Le plus souvent, le service TVIP consiste à envoyer un flux de transport MPEG2 (MPEG2-TS) au moyen du protocole IP en ajoutant un en-tête IP à chaque paquet de flux de transport (TS). Ce système est appelé MPEG2-TS sur IP.

Tant dans le système GPON que dans le système E-PON, les abonnés partagent la largeur de bande dans les sens aval et amont. Si tous les abonnés utilisent le sens aval en même temps, chaque abonné aura un débit binaire moyen d'environ 30 Mbit/s. Cette valeur est suffisante pour transmettre un service TVIP de bonne qualité, mais l'utilisation du mode multidiffusion réduira les exigences relatives à la largeur de bande totale.

II.4 TVIP sur système DOCSIS

Le laboratoire CableLabs met actuellement au point des spécifications de l'interface du service de transmission de données par câble (DOCSIS) en tant que technologie de réseau d'accès pour transmettre et recevoir des données via un réseau câblé HFC. Les spécifications DOCSIS ont été révisées plusieurs fois, et la toute dernière Recommandation approuvée est la Recommandation UIT-T H.224, laquelle définit les systèmes de transmission de données à haut débit par câble de cinquième génération. Les systèmes de transmission de cinquième génération comprennent plusieurs nouvelles fonctionnalités qui s'appuient sur les spécifications des Recommandations UIT-T précédentes, notamment les Recommandations de la série UIT-T J.222.x (DOCSIS 3.0) et la Recommandation UIT-T J.225 (DOCSIS 3.1). La Recommandation [b-UIT-T J.224] contient de nouvelles fonctionnalités essentielles pour la couche physique (PHY) et définit le mode de fonctionnement DOCSIS en duplex intégral (FDX).

La relation et la correspondance entre les diverses générations de spécifications DOCSIS de CableLabs et les Recommandations UIT-T de la série J portant sur les spécifications DOCSIS sont disponibles dans le Supplément 10 de la série J [b-UIT-T série J Sup 10].

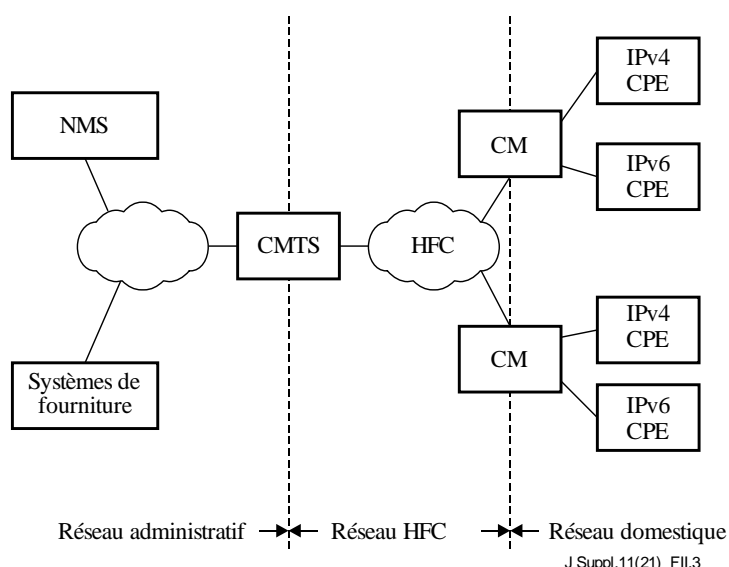


Figure II.3 – Réseau DOCSIS (repris de la Recommandation [b-UIT-T J.222.1])

Comme indiqué dans la Figure II.3, le système DOCSIS est composé d'un système de terminaison de câblo-modem (CMTS) au niveau de la tête de réseau câblé, d'un câblo-modem (CM) au niveau des locaux de l'utilisateur, et d'un réseau HFC interconnectant les systèmes CMTS et CM.

La TVIP sur système DOCSIS est acheminée de la même façon que la TVIP sur système PON.

II.5 Autres options de transmission de la TVIP

1) TVIP sur ADSL

La ligne d'abonné numérique asymétrique (ADSL) est une technologie de réseau d'accès sur les lignes d'abonné filaires métalliques (cuivre). La technologie ADSL a un débit binaire supérieur en sens aval et un débit binaire inférieur en sens amont, raison pour laquelle elle est définie comme étant asymétrique.

La première Recommandation UIT-T sur la technologie ADSL, à savoir la Recommandation [b-UIT-T G.992.1], a été approuvée en 1999. Les systèmes de cette version permettent des débits de données d'environ 6 Mbit/s en sens aval et d'environ 640 kbit/s en sens amont, même si les débits de données réels dépendent de facteurs tels que la distance entre le central et l'abonné, par exemple.

La technologie ADSL a depuis évolué pour prendre en charge des débits de données supérieurs, comme indiqué dans le Tableau II.2.

Tableau II.2 – Évolution de la technologie ADSL

	Recommandation UIT-T	Approuvée	Débits de données
ADSL	[b-UIT-T G.992.1]	1999	6 Mbit/s/640 kbit/s
ADSL 2+	[b-UIT-T G.992.5]	2009	16 Mbit/s/800 kbit/s
VDSL	[b-UIT-T G.993.1]	2004	52 Mbit/s/2,3 Mbit/s
VDSL 2	[b-UIT-T G.993.2]	2019	100 Mbit/s
G.fast	[b-UIT-T G.9701]	2019	1 Gbit/s (total sens amont et sens aval)

Même la première version de la technologie ADSL a suffisamment de débit de données pour acheminer des vidéos à haute définition (HD) codées avec des codecs UIT-T H.265/HEVC, avec un débit binaire d'environ 4 à 6 Mbit/s. Toutefois, cela n'est pas suffisant pour acheminer plusieurs chaînes en même temps ou pour transmettre des vidéos de résolution supérieure, comme les vidéos 4K. La technologie ADSL est par conséquent considérée comme une solution provisoire lorsque des lignes d'accès de type FTTH intégral ou HFC ne sont pas encore en place.

2) Diffusion vidéo IP

Le système de diffusion vidéo IP (IPVB) est un système utilisé pour acheminer des services vidéo IP pour les réseaux de télévision par câble (CATV), défini dans les Recommandations [b-UIT-T J.1210] et [b-UIT-T J.1211]. Il s'agit simplement d'ajouter un système de diffusion vidéo IP unidirectionnel aux réseaux CATV bidirectionnels à faible coût existants. Combiné au canal en sens amont fourni par le réseau d'accès bidirectionnel actuel, ce système permet de transmettre des services vidéo IP à débit binaire élevé dans les réseaux CATV jus'au domicile.

L'architecture du système IPVB est illustrée dans la Figure II.4. Le système IPVB se décompose en deux parties: la tête de réseau IPVB et le terminal IPVB. Entre la tête de réseau IPVB et le terminal IPVB, le système utilise des réseaux CATV en sens aval uniquement pour acheminer des signaux vidéo aux formats IP.

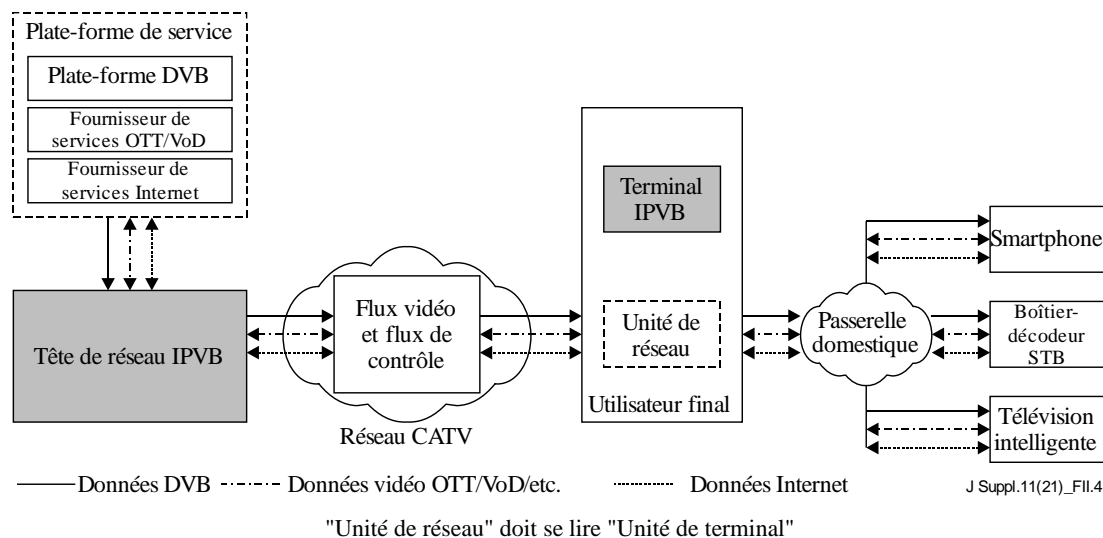


Figure II.4 – Architecture du système IPVB (reprise de la Recommandation UIT-T J.1210)

La plate-forme de service encapsule les programmes de radiodiffusion vidéonumérique (DVB), les tables d'informations de service (SI) et d'autres données connexes (par exemple, les informations sur l'accès conditionnel) dans les paquets UDP/IP (protocole de datagramme utilisateur/protocole Internet), puis assure la convergence de ces données IP moyennant l'attribution de canaux vidéo, et les transmet à la tête de réseau IPVB.

La tête de réseau IPVB reçoit ces paquets IP, par exemple des flux vidéo, de la plate-forme de service d'un système de télévision numérique, convertit les adresses de réseau unidiffusion des paquets en adresses de réseau multidiffusion (lorsque les paquets des flux ont des adresses de réseau unidiffusion, notamment les flux VoD, OTT et d'autres flux de services à la demande), et transmet ensuite les données IP issues de la convergence via le canal de radiodiffusion en sens aval des réseaux CATV aux terminaux IPVB.

Le terminal IPVB est généralement intégré au terminal utilisateur. Il reçoit les paquets multidiffusés UDP en sens aval provenant des réseaux CATV, sélectionne et distribue les paquets de service à l'équipement des locaux client (CPE) en distinguant les différentes adresses IP multidiffusion et les différents numéros de port de destination UDP, en fonction d'une ou de plusieurs exigence(s) des utilisateurs.

Typiquement, les systèmes IPVB peuvent utiliser un réseau de transmission optique avec une couche physique 10GE, la largeur de bande de canal de radiodiffusion en sens aval du système IPVB étant de 10 Gbit/s.

Lorsqu'il est associé à un réseau E-PON ou à un réseau GPON, le système IPVB peut prendre en charge des services interactifs, tels que les vidéos OTT ou VoD ayant une plus grande capacité. Ce système peut transmettre aisément des vidéos 4K et 8K, des vidéos de réalité virtuelle, ainsi que d'autres vidéos en direct à débit binaire élevé ou des vidéos à la demande.

Appendice III

Services TVUHD (4K/8K)

Le service de télévision à ultra-haute définition (TVUHD) 4K fournit une meilleure qualité vidéo que le service de télévision à haute définition (TVHD) 2K. Le service TVUHD 4K a déjà été déployé en Europe, en Amérique du Nord et dans les pays d'Asie au moyen de réseaux de radiodiffusion par satellite, terrestres et câblés, ainsi que dans plusieurs marchés des médias (films, communications mobiles et ordinateurs personnels, par exemple).


En règle générale, le service 4K utilise une nouvelle méthode de codage vidéo appelée HEVC [b-UIT-T H.265]. Cette technologie présente une efficacité de compression deux fois supérieure à celle de la technologie AVC [b-UIT-T H.264], et permet souvent la transmission de flux vidéo 4K à débit binaire élevé au moyen du support de radiodiffusion existant.

Le présent appendice décrit des cas d'utilisation des services TVUHD (4K/8K) via des infrastructures HFC et FTTH (RF), en faisant référence aux Recommandations [UIT-T J.83] (MAQ-256), [UIT-T J.183] (regroupement de canaux) et [UIT-T J.186], ainsi qu'à la Recommandation [b-UIT-T J.297] (STB 4K).

La prise en charge du décodage vidéo HEVC pour les résolutions 4K du dispositif terminal de TVIP est spécifiée dans la Recommandation [b-UIT-T H.721].

III.1 Transmission du service TVUHD 4K/8K par des lignes d'accès HFC

Il faut choisir la méthode de transmission adéquate pour transmettre un canal TVUHD 4K à codage HEVC dont le débit binaire est compris entre 15 et 35 Mbit/s, selon la qualité de l'image souhaitée. La Figure III.1 illustre le débit binaire maximum disponible pour différentes méthodes de transmission. Par exemple, si un canal 4K a un débit binaire de 35 Mbit/s, il peut être acheminé par un seul canal MAQ-64, conformément aux Annexes A et B de la Recommandation [UIT-T J.83], mais pour les systèmes qui utilisent l'Annexe C (Japon), il faudra soit utiliser un canal MAQ-256, soit regrouper des canaux MAQ-64, conformément à la Recommandation [UIT-T J.183].



Lignes d'accès (RF ou IP)	Débit de transmission		
	29,16 Mbit/s 26,97 Mbit/s	38,88 Mbit/s 38,81 Mbit/s	
RF	MAQ-64 <i>Annexe C, Recommandation UIT-T J.83</i>	MAQ-256	Plusieurs canaux MAQ-64/MAQ-256 (regroupement de canaux) Recommandation UIT-T J.183 MROF MAQ-1024 ~ MAQ-4096 Recommandation UIT-T J.382 (DVB-C2)
IP (HFC)	DOCSIS 2.0 (MAQ-64)	DOCSIS 2.0 (MAQ-256)	Plusieurs canaux MAQ-64/MAQ-256 (regroupement de canaux) Recommandation UIT-T J.222.0 (DOCSIS 3.0) MROF MAQ-1024 ~ MAQ-4096 Recommandation UIT-T J.225 (DOCSIS 3.1)
IP (FTTH)	E-PON (IEEE) G-PON (UIT-T)		

J Suppl.11(21)_FIII.1

NOTE: S'agissant de l'Annexe A de la Recommandation UIT-T J.83, le débit de transmission est 8/6 fois (+33%) supérieur aux données ci-dessus.

Figure III.1 – Technologie d'accès par câble et débit de transmission

Pour transmettre un canal 8K qui a habituellement un débit binaire de 100 Mbit/s, il est nécessaire de regrouper les canaux MAQ-64/MAQ-256 ou d'utiliser un canal MROF, conformément à la Recommandation [UIT-T J.382].

III.2 Transmission du service TVUHD 4K/8K par lignes d'accès à fibres optiques/FTTH

Les services 4K/8K fournis par des canaux de radiodiffusion par satellite ou terrestres peuvent être transmis ou retransmis via des lignes d'accès à fibres optiques/FTTH par câble en faisant appel au multiplexage de sous-porteuses (SCM) et à la modulation d'intensité (IM), conformément à la Recommandation [UIT-T J.186].

Le signal descendant d'un service de réception directe (DTH) par satellite utilise généralement une fréquence voisine de 12 GHz. Pour être transmis par une ligne d'accès à fibres optiques, ce signal est abaissé en fréquence vers une fréquence intermédiaire (FI), comprise entre environ 1 GHz et 3,2 GHz, à la sortie de l'antenne de réception satellite. Ce signal FI qui se présente sous la forme d'un signal électrique est converti en signal optique, sur la base de la Recommandation [UIT-T J.186], transmis via une ligne d'accès à fibres optiques et reconverti en signal électrique pour alimenter les boîtiers-décodeurs STB 4K/8K, ou directement les postes de télévision. Pour fournir ce service, il est nécessaire de disposer d'un système RF sur fibre, conformément à la Recommandation [UIT-T J.186], qui prend en charge la gamme de fréquences maximale du signal FI par satellite.

Comme la plupart des chaînes terrestres utilisent la bande des ondes décimétriques, elles peuvent être acheminées par des lignes d'accès FTTH par câble sans conversion de fréquence.

III.3 Boîtier-décodeur STB 4K

Pour recevoir un service 4K, il est nécessaire de disposer d'un boîtier-décodeur STB compatible 4K tel que celui décrit dans la Recommandation [UIT-T J.297]. On trouvera dans la Figure III.2 un exemple de schéma d'un boîtier-décodeur câblé 4K. Parmi les éléments les plus importants de ce boîtier-décodeur figurent le décodeur vidéo fondé sur la norme UIT-T H.265 ainsi que l'interface de sortie vidéo HDMI conforme à l'interface HDCP2.2 (interface multimédia haute définition), qui protègent les contenus 4K contre le piratage.

Le système d'accès conditionnel (CAS) est une autre fonctionnalité importante du boîtier-décodeur STB 4K. Il devrait utiliser un algorithme AES à 128 bits ou, mieux, se conformer à la spécification MoviesLabs (États-Unis) qui vise à améliorer la protection des contenus.

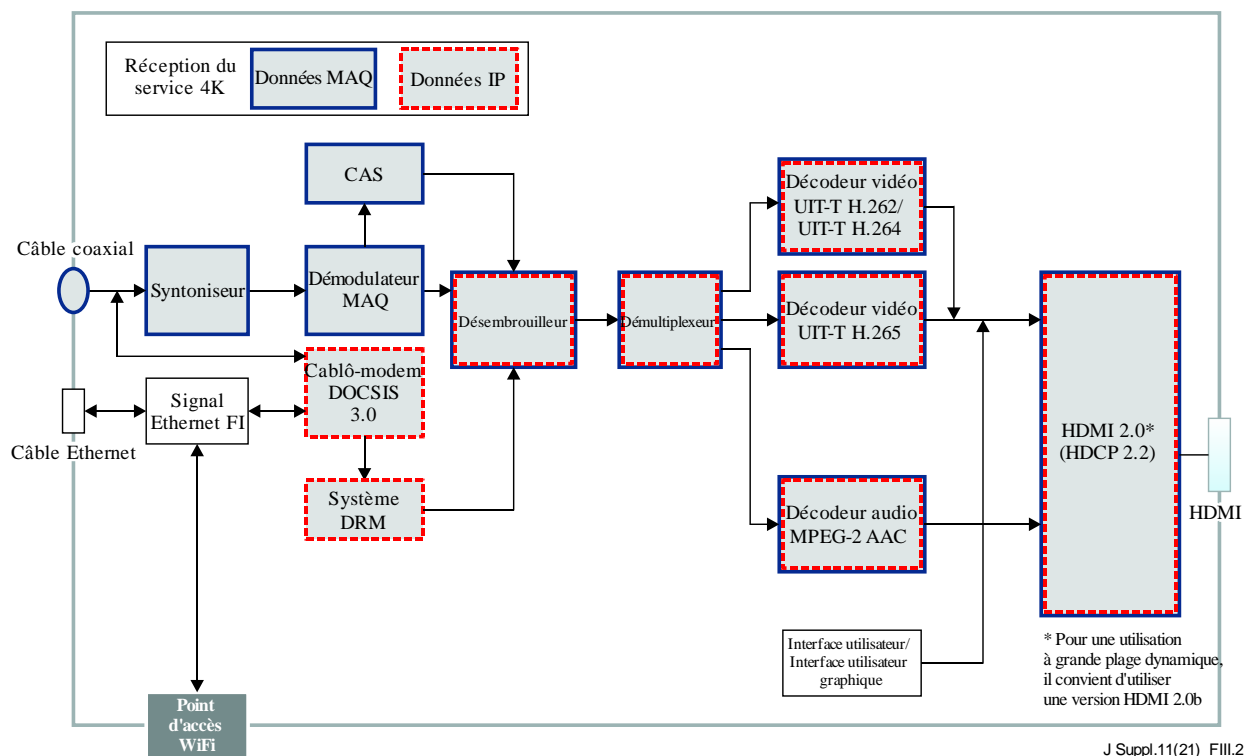


Figure III.2 – Exemple de schéma d'un boîtier-décodeur STB câblé 4K (repris de la Recommandation [b-UIT-T J.297])

Bibliographie

- [b-UIT-T G.984.1] Recommandation UIT-T G.984.1 (2012), *Réseaux optiques passifs gigabitaires: caractéristiques générales*.
- [b-UIT-T G.987] Recommandation UIT-T G.987 (2012), *Réseaux optiques passifs de 10 gigabits (XG-PON): définitions, abréviations et acronymes*.
- [b-UIT-T G.992.1] Recommandation UIT-T G.992.1 (1999), *Émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique asymétrique*.
- [b-UIT-T G.992.5] Recommandation UIT-T G.992.5 (2009), *Émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique asymétrique 2 – ADSL2 à largeur de bande étendue (ADSL2plus)*.
- [b-UIT-T G.993.1] Recommandation UIT-T G.993.1 (2004), *Émetteurs-récepteurs pour lignes d'abonné numérique à très grande vitesse (VDSL)*.
- [b-UIT-T G.993.2] Recommandation UIT-T G.993.2 (2019), *Émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique à très grande vitesse 2 (VDSL2)*.
- [b-UIT-T G.9701] Recommandation UIT-T G.9701 (2019), *Accès rapide aux terminaux d'abonné (G.fast) – Spécification de la couche physique*.
- [b-UIT-T H.264] Recommandation UIT-T H.264 (2019), *Codage vidéo évolué pour les services audiovisuels génériques*.
- [b-UIT-T H.265] Recommandation UIT-T H.265 (2019), *Codage vidéo à haute efficacité*.
- [b-UIT-T H.721] Recommandation UIT-T H.721 (2015), *Dispositifs terminaux de TVIP: Modèle de base*.
- [b-UIT-T J.122] Recommandation UIT-T J.122 (2007), *Systèmes de transmission de deuxième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems pour protocole IP*.
- [b-UIT-T J.222.0] Recommandation UIT-T J.222.0 (2007), *Systèmes de transmission de troisième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP: présentation générale*.
- [b-UIT-T J.222.1] Recommandation UIT-T J.222.1 (2007), *Systèmes de transmission de troisième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP: spécification de la couche physique*.
- [b-UIT-T J.222.2] Recommandation UIT-T J.222.2 (2007), *Systèmes de transmission de troisième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP: protocoles de la couche MAC et des couches supérieures*.
- [b-UIT-T J.222.3] Recommandation UIT-T J.222.3 (2007), *Systèmes de transmission de troisième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP: services de sécurité*.
- [b-UIT-T J.224] Recommandation UIT-T J.224 (2020), *Systèmes de transmission de cinquième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP*.
- [b-UIT-T J.225] Recommandation UIT-T J.225 (2020), *Systèmes de transmission de quatrième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP*.

- [b-UIT-T série J Sup 10] Recommandations UIT-T de la série J – Supplément 10, *Correspondance entre les spécifications DOCSIS de CableLabs et les Recommandations UIT-T de la série J.*
- [b-UIT-T J.297] Recommandation UIT-T J.297 (2018), *Exigences et spécification fonctionnelle du décodeur de télévision par câble pour la télévision à ultra-haute définition 4K.*
- [b-UIT-T J.1210] Recommandation UIT-T J.1210 (2019), *Exigences de la diffusion vidéo IP pour les réseaux de télévision par câble.*
- [b-UIT-T J.1211] Recommandation UIT-T J.1211 (2020), *Spécifications de la diffusion vidéo IP (IPVB) pour les réseaux de télévision par câble.*
- [b-IEEE 802.3ah] b-IEEE 802.3ah (2004), *Réseau optique passif Ethernet gigabitaire.*
- [b-IEEE 802.3av] b-IEEE 802.3av (2009), *Réseau optique passif Ethernet de 10 Gbit/s.*

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes de tarification et de comptabilité et questions de politique générale et d'économie relatives aux télécommunications internationales/TIC
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	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; 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	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation et mesures et tests associés
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, réseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication