



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**L.47**

(10/2000)

SÉRIE L: CONSTRUCTION, INSTALLATION ET  
PROTECTION DES CÂBLES ET AUTRES ÉLÉMENTS  
DES INSTALLATIONS EXTÉRIEURES

---

**Installations d'accès utilisant des réseaux  
hybrides optiques/métalliques**

Recommandation UIT-T L.47

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

---

**Installations d'accès utilisant des réseaux hybrides optiques/métalliques**

**Résumé**

La présente Recommandation contient des informations et des directives sur les installations d'accès utilisant des réseaux [hybrides optiques/métalliques (HFC, *hybrid fibre/copper*)].

Les réseaux HFC devront permettre l'introduction de services multimédias avec plusieurs applications à large bande. Les réseaux HFC sont en effet les mieux placés car ce sont les seuls réseaux utilisables à la fois pour les télécommunications et la télévision par câble (CATV, *cable television*). D'autres applications ou services (télévision payante, télévision à péage, vidéo à la demande, banque à domicile, télétravail, téléachat, accès à Internet, etc.) peuvent être assurés sur ces réseaux.

Les réseaux HFC sont également une étape du processus d'évolution vers l'infrastructure mondiale de l'information (GII, *global information infrastructure*), qui sous-tend l'interconnexion des réseaux de CATV, des réseaux de télécommunication, des réseaux de données et des réseaux mobiles.

L'Appendice II contient des exemples de réseaux HFC.

**Source**

La Recommandation UIT-T L.47, élaborée par la Commission d'études 6 de l'UIT-T (1997-2000), a été approuvée par l'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (Montréal, 27 septembre – 6 octobre 2000).

## AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) 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.

## 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 responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2001

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

## TABLE DES MATIÈRES

		<b>Page</b>
1	Domaine d'application .....	1
2	Types élémentaires de réseaux HFC .....	1
3	Eléments physiques des réseaux hybrides optiques/métalliques .....	2
3.1	Eléments optiques .....	2
3.1.1	Câbles à fibres optiques .....	2
3.1.2	Connecteurs optiques .....	2
3.1.3	Amplificateurs optiques .....	2
3.1.4	Répartiteurs optiques .....	2
3.2	Eléments électriques et éléments en cuivre .....	2
3.2.1	Réseaux HFC-S .....	2
3.2.2	Réseaux HFC-C .....	3
4	Installation .....	4
4.1	Réseaux HFC-S .....	4
4.2	Réseaux HFC-C .....	4
4.2.1	Câbles coaxiaux .....	4
4.2.2	Coffrets .....	5
4.2.3	Installation en intérieur .....	5
	Appendice I – Questionnaire sur la Question 13/6 Installations d'accès utilisant des réseaux hybrides optiques/métalliques .....	5
I.1	Introduction .....	5
I.2	Architecture .....	5
I.3	Construction du câble .....	6
I.4	Composants pour les réseaux de CATV .....	7
I.5	Installation des câbles .....	7
I.6	Installation des coffrets .....	8
	Appendice II – Expérience de l'Italie en matière de réseaux HFC-C .....	9
II.1	Introduction .....	9
II.2	Le projet HFC-C .....	9
II.3	Infrastructure du réseau pour l'Italie .....	11
II.4	Conception d'un réseau coaxial .....	14
II.5	Evolution vers des réseaux "tout optique" .....	15
	Appendice III – Expérience de l'Indonésie en matière de réseau HFC-C Installations d'accès utilisant des réseaux hybrides optiques/métalliques .....	16
III.1	Introduction .....	16
III.2	Rappel .....	16

	<b>Page</b>
III.3	Topologie de réseau ..... 17
	III.3.1 Topologie du réseau de transport..... 17
	III.3.2 Topologie du réseau d'accès ..... 17
	III.3.3 Topologie du réseau coaxial ..... 17
III.4	Construction du câble ..... 18
	III.4.1 Câblage optique ..... 18
	III.4.2 Câblage coaxial..... 18
III.5	Attribution de largeur de bande ..... 19
III.6	Configuration du système ..... 20
	III.6.1 Tête de réseau ..... 20
	III.6.2 Pivot de distribution ..... 20
	III.6.3 Nœud de fibres..... 21
	III.6.4 Amplificateur (composant actif)..... 21
	III.6.5 Composants passifs..... 21
III.7	Système d'alimentation électrique..... 22
	III.7.1 Alimentation électrique dans le cas de câbles coaxiaux ..... 22
III.8	Installations extérieures (OSP, <i>outside plant</i> )..... 23
	III.8.1 Poteaux ..... 23
	III.8.2 Coffret..... 23
III.9	Normalisation..... 23
III.10	Outil de planification pour les réseaux à câble coaxial..... 24
III.11	Composants utilisés pour les réseaux à câbles coaxiaux HFC-C ..... 24
III.12	Légende..... 25

## Recommandation UIT-T L.47

### Installations d'accès utilisant des réseaux hybrides optiques/métalliques

#### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation:

- contient des informations générales sur les types élémentaires de réseaux HFC;
- décrit les constituants physiques les plus importants des réseaux HFC à l'exception des équipements de transmission;
- contient des informations générales et des directives concernant la mise en place de réseaux HFC.

#### 2 Types élémentaires de réseaux HFC

Il est possible de considérer des architectures de réseaux HFC très différentes, en fonction des besoins différents des Administrations et des opérateurs privés, des pays ou des contextes régionaux, ou des différents services multimédias. De plus, les réseaux HFC peuvent être mis en place dans les réseaux téléphoniques déjà existants, pour la partie optique ou métallique du réseau. Toutefois, les principes généraux suivants peuvent s'appliquer à tous les types de réseaux HFC.

Un réseau HFC peut être considéré comme composé de deux parties principales:

- Première partie: "le réseau de transport" – réseau dans lequel les services sont produits et remis (au niveau national, régional ou local). Ce réseau s'étend jusqu'aux points de distribution principaux. Le réseau de transport peut être très vaste. Le support physique de transmission est la fibre optique.
- Deuxième partie: le "réseau d'accès" – réseau reliant les utilisateurs finaux (au niveau local) aux points de distribution principaux. La longueur du réseau d'accès est en général de quelques kilomètres. Le support utilisé dans la première partie du réseau d'accès est la fibre optique. Le support de transmission physique utilisé dans la dernière partie du réseau d'accès jusqu'à l'utilisateur peut être une paire symétrique métallique (réseau HFC-S) ou une paire coaxiale cuivre/aluminium (réseau HFC-C).

En général les réseaux HFC-S sont directement dérivés des réseaux d'accès téléphoniques traditionnels en cuivre. Les nouveaux services peuvent être assurés sur les câbles à paires symétriques existants en utilisant la compression de données (JPEG, MPEG par exemple) ou certaines techniques de transmission (HDSL, ADSL, VDSL par exemple). Il est utile de noter que le type HFC-S englobe un large éventail de solutions réseau différentes, selon le degré de mise en œuvre des fibres optiques dans le réseau d'accès et l'architecture du réseau. Ainsi, le type HFC-S va de simple liaison métallique ADSL point à point jusqu'aux architectures de réseau optique passif [fibre jusqu'à l'immeuble (FTTB, *fibre to the building*)] point à multipoint.

Le terme HFC-C identifie un ensemble plus restreint de solutions réseau. Les réseaux HFC-C en général exigent la présence de nouveaux composants coaxiaux actifs et passifs dans la dernière partie du réseau d'accès même si une simple mise à niveau d'un réseau unidirectionnel HFC-C existant pour y intégrer des services interactifs est envisagée. Les nouveaux réseaux HFC-C peuvent offrir une largeur de bande maximale de 1 GHz pour la CATV et autres services multimédias à large bande.

Il convient de tenir compte:

- qu'une étude des facteurs économiques, des réseaux de télécommunication existants, des besoins actuels et à venir en matière de services, des règles et des règlements propres à chaque région doit être effectuée afin de choisir entre un réseau HFC-S et un réseau HFC-C;
- que les infrastructures existantes et des solutions techniques adaptées doivent aussi être utilisées chaque fois que possible afin de limiter les effets sur l'environnement associés aux nouveaux réseaux HFC, et en particulier en ce qui concerne le type de réseau HFC-C.

### **3 Eléments physiques des réseaux hybrides optiques/métalliques**

#### **3.1 Eléments optiques**

##### **3.1.1 Câbles à fibres optiques**

Les réseaux HFC-S et HFC-C utilisent des câbles à fibres optiques monomodes dans les réseaux de transport et d'accès.

Il convient de tenir compte:

- que les fibres optiques monomodes décrites dans UIT-T G.652, G.653, G.654 ou G.655 doivent être utilisées dans le réseau de transport. Les fibres optiques monomodes décrites dans UIT-T G.652 ou G.655 sont utilisées dans les réseaux d'accès;
- que des études appropriées doivent être effectuées afin de bien dimensionner le câble à fibres optiques du réseau d'accès: des capacités de câbles allant de 100 à 1000 fibres ont été signalées.

##### **3.1.2 Connecteurs optiques**

Tout connecteur normalisé (CEI) peut être utilisé dans les réseaux de transport ou d'accès.

Dans le cas de la transmission analogique de CATV, l'affaiblissement d'adaptation des connecteurs optiques doit soigneusement être pris en considération afin de respecter le cahier des charges du système.

##### **3.1.3 Amplificateurs optiques**

Des amplificateurs optiques sont utilisés dans les réseaux de transport et dans les réseaux d'accès. L'utilisation des amplificateurs optiques peut être associée à des architectures en arbre de réseaux optiques et à l'utilisation de répartiteurs optiques.

##### **3.1.4 Répartiteurs optiques**

Dans les réseaux HFC, les répartiteurs optiques sont généralement utilisés dans les réseaux optiques en arbre associés à des amplificateurs optiques afin d'étendre la zone desservie par un seul transmetteur optique. Dans les architectures PON HFC-S, les répartiteurs optiques sont utilisés comme dispositifs de dérivation à la fois dans les centraux et sur le terrain. Des facteurs d'éclatement compris entre 1:2 à 1:32 ont été signalés.

#### **3.2 Eléments électriques et éléments en cuivre**

##### **3.2.1 Réseaux HFC-S**

###### **3.2.1.1 Câbles à paires symétriques**

En général, on utilise des câbles à paires symétriques en cuivre dont les fils ont un diamètre compris entre 0,4 et 0,64 mm pour les réseaux d'accès et dont la portée est comprise entre 100 et 1500 mètres.

Des capacités de câbles comprises entre 10 et 3000 paires symétriques sont utilisées, en fonction des caractéristiques du réseau d'accès.

Il est nécessaire d'étudier et de caractériser les câbles à paires symétriques en cuivre existants afin de déterminer s'ils sont compatibles avec les techniques de transmission xDSL retenues. On se reportera également aux Recommandations de la série G.990.

### **3.2.2 Réseaux HFC-C**

#### **3.2.2.1 Câbles coaxiaux**

- *Câble de jonction coaxiale*

On utilise dans les réseaux d'accès HFC-C des câbles coaxiaux dont le conducteur extérieur a un diamètre de 12,7 (1/2 pouce) ou de 19,05 mm (3/4 de pouce) offrant une largeur de bande de 1 GHz et une impédance de 75 ohm. En général, ces liaisons ont une longueur comprise entre 100 et 500 mètres depuis le point d'injection jusqu'au dernier amplificateur.

- *Câble de dérivation coaxiale*

On utilise dans les réseaux d'accès HFC-C des câbles de dérivation coaxiale de type normalisé RG-11 ou RG-6 offrant une largeur de bande de 1 GHz et une impédance de 75 ohm. En général, leur longueur est comprise entre 50 et 150 mètres depuis le dernier amplificateur jusqu'à la terminaison du réseau coaxial.

Chaque fois que cela est possible, il faut choisir des câbles de manière à limiter le nombre d'amplificateurs coaxiaux. Malgré leur faible souplesse mécanique, ce qui peut poser un problème lors de l'installation, les câbles coaxiaux dont le diamètre extérieur est de 19,05 mm (3/4 de pouce) offrent une très bonne caractéristique d'affaiblissement.

#### **3.2.2.2 Connecteurs coaxiaux**

Des connecteurs coaxiaux de 15,825 mm (5/8 de pouce) et de type F sont en général utilisés pour les terminaisons de câble. Toutefois, de nombreux câbles différents peuvent être utilisés en fonction des modèles de câbles coaxiaux, des dimensions et des applications différentes.

Il convient de choisir soigneusement les connecteurs afin d'éviter des problèmes en exploitation liés à l'environnement (température, humidité, vibrations, etc.). Dans la plupart des cas, les connecteurs coaxiaux doivent être protégés par une enveloppe thermorétractable.

#### **3.2.2.3 Répartiteurs coaxiaux**

En général, les répartiteurs coaxiaux sont utilisés sur les sorties des amplificateurs coaxiaux (en particulier devant l'amplificateur d'injection) afin de répartir le signal électrique sur les différents câbles coaxiaux du réseau HFC-C. Des facteurs d'éclatement de 1:2, 1:3 et 1:4 sont courants.

#### **3.2.2.4 Dérivations coaxiales**

Les dérivations coaxiales sont en principe utilisées sur les sorties des derniers amplificateurs ou pour les réseaux de distribution coaxiaux dans les bâtiments. De nombreux types et versions sont disponibles sur le marché. Les modèles les plus courants comportent 2, 4, 8 ou 16 sorties.

#### **3.2.2.5 Convertisseurs électro-optiques et amplificateurs coaxiaux**

Les convertisseurs électro-optiques, les amplificateurs injecteurs, les extenseurs de ligne et les derniers amplificateurs sont utilisés dans les réseaux HFC-C afin respectivement de transformer le signal optique en signal électrique, injecter le signal électrique dans le réseau coaxial, amplifier le signal électrique dans le cas de liaisons coaxiales très longues (plus de 500 m), amplifier et distribuer le signal électrique dans la zone de desserte des utilisateurs finaux. En général, un réseau coaxial actif de type arborescent associé à un simple convertisseur électro-optique est conçu pour desservir de 100 à 500 utilisateurs, au moyen de 3 à 9 amplificateurs finaux.



L'utilisation des extenseurs de ligne doit être limitée aux cas de nécessité réelle.

### **3.2.2.6 Alimentation électrique**

La partie coaxiale d'un réseau HFC-C est téléalimentée depuis le coffret de l'amplificateur injecteur électro-optique par une alimentation électrique convenablement dimensionnée (en général 45-60 V alternatif, 10-15 ampères).

L'alimentation électrique doit être conçue afin de limiter les effets sur l'environnement (bruit) dans les installations urbaines.

## **4 Installation**

Ce paragraphe contient des informations générales et des directives relatives à certains aspects particuliers de l'installation des câbles métalliques faisant partie de réseaux HFC-S et HFC-C. En ce qui concerne les pratiques en matière d'installation de câble à fibres optiques, on se reportera aux Recommandations de la série L.

### **4.1 Réseaux HFC-S**

Le terme HFC-S identifie un large éventail de solutions réseau très différentes, en fonction du degré de mise en œuvre des fibres optiques dans le réseau d'accès et de l'architecture de réseau. Ainsi, il existe une grande diversité d'installations allant du simple modem ADSL à la pose de nouveaux câbles optiques et de coffrets [unité de réseau optique (ONU, *optical network unit*)] dans le réseau d'accès, avec une grande diversité de situations et de problèmes potentiels.

Il convient de tenir compte de ce qui suit:

- les infrastructures existantes doivent être utilisées chaque fois que possible (conduits, trous d'homme, etc.);
- les solutions techniques adaptées doivent être étudiées afin de limiter les effets sur l'environnement de la présence de nouveaux coffrets et de l'installation de câble en termes de travaux de génie civil, d'occupation du sol en milieu urbain, d'effet visuel;
- des solutions techniques adaptées doivent être étudiées afin de garantir la fiabilité et permettre la maintenance des réseaux HFC-S du point de vue du matériel et du logiciel;
- des infrastructures existantes doivent être étudiées du point de vue de leur réutilisation dans les réseaux HFC-S.

### **4.2 Réseaux HFC-C**

Le terme HFC-C identifie un éventail de solutions réseau plus restreint. Certaines informations et directives sont, sur les différents éléments de réseau HFC-C, données ci-après.

#### **4.2.1 Câbles coaxiaux**

Les câbles coaxiaux de jonction sont en général moins souples et plus encombrants que, par exemple, les câbles optiques. C'est pourquoi il faut utiliser des trous d'homme, des conduites et des procédures d'installation particulières afin de ne pas endommager le câble.

Il convient de tenir compte de ce qui suit:

- des procédures adaptées de tirage, de manipulation et de pose doivent être appliquées afin d'éviter de plier le câble, tout en respectant les rayons de courbure recommandés;
- pour la pose en conduite, il convient d'utiliser des conduites et des trous d'homme adaptés aux câbles de jonction. On a signalé l'utilisation de conduites présentant un diamètre compris entre 36 et 63 mm pour l'installation de câble unique;

- pour les installations aériennes ou sur les murs, il convient d'utiliser des accessoires de câble spéciaux (fixations, fils d'acier, attaches, etc.) pour tenir et fixer le câble.

#### **4.2.2 Coffrets**

La présence d'un grand nombre de coffrets extérieurs contenant des équipements actifs caractérise les réseaux HFC-C.

Il faut utiliser un modèle de coffret adapté aux caractéristiques et aux conditions ambiantes de l'équipement actif (température, humidité, vibrations).

Des solutions techniques adaptées doivent être étudiées afin de limiter les effets sur l'environnement de la présence de coffrets en milieu urbain. Il convient d'étudier différentes versions de coffret pour installations au sol, souterraines ou aériennes afin de répondre aux conditions particulières d'installation.

#### **4.2.3 Installation en intérieur**

Il convient de noter que l'installation d'équipement pour les réseaux HFC-C chez le client peut poser des problèmes en termes d'autorisation.

Il convient de tenir compte de ce qui suit:

- il faut utiliser dans la mesure du possible l'infrastructure d'immeuble existant;
- une infrastructure supplémentaire pour l'installation de câble de dérivation doit être évitée dans la mesure du possible;
- les câbles et accessoires doivent être conformes à la réglementation nationale ou régionale en matière de protection contre l'incendie.

## APPENDICE I

### **Questionnaire sur la Question 13/6 Installations d'accès utilisant des réseaux hybrides optiques/métalliques**

#### **I.1 Introduction**

Le présent appendice résume les réponses au Questionnaire sur les installations d'accès utilisant des réseaux hybrides optiques/métalliques auquel cinq pays (Espagne, Italie, Japon, Royaume-Uni et Suède) ont répondu. Il contient un exposé détaillé comparatif des résultats pour chaque pays.

#### **I.2 Architecture**

**I.2.1** Description générale du réseau: le fournisseur de réseau est un opérateur privé, le réseau a l'une configuration suivante: étoile, point à multipoint ou anneau. Il dessert des régions ou tout le pays. En général tous les types de câbles sont utilisés, en particulier les câbles métalliques au Japon et en Suède.

Une technologie hybride est utilisée.

Le plan de fréquences de transmission varie fortement d'un pays à l'autre. Ainsi, il est de 54-862 MHz (aval) et 5-40 MHz (amont) en Italie; de 50 Mbit/s bidirectionnel avec accès multiple par répartition dans le temps (TDMA, *time division multiple access*) au Japon, de 86-862 MHz (aval) et 5-55 MHz (amont) en Espagne. Il est de 54 (70-85)-860 MHz (aval) et 5-25 (50,60) MHz (amont) en Suède, de 10-65 MHz (amont) et 85-860 MHz (aval) au Royaume-Uni.

La transmission est à fois analogique et numérique. En général, les services assurés sont la CATV et des services interactifs.

**I.2.2** Architecture du réseau de transport: elle est du type étoile ou anneau et la transmission utilise la hiérarchie numérique synchrone (SDH). Le support de transmission est la fibre optique et le câble est du type en conduite.

**I.2.3** Architecture du réseau d'accès: elle est du type étoile ou point à multipoint. Le support de transmission est la fibre optique et le câble est du type en conduite.

**I.2.4** Accès d'abonné: son architecture est arborescente.

Les supports de transmission sont la paire en cuivre, le câble coaxial et la fibre optique. Le câble est du type en conduite ou aérien. Le nombre de clients desservis entre le dernier amplificateur et la terminaison de réseau est de 60-70 (Italie), de 30-70 (Suède), de 25 (Royaume-Uni). L'Espagne signale une capacité de 350 habitations par zone de distribution.

**I.2.5** Architecture du réseau à l'intérieur des bâtiments: elle est du type point à point ou point à multipoint. Le support de transmission est la paire métallique symétrique et/ou la paire coaxiale installées dans des conduites ou sur des murs.

### **I.3 Construction du câble**

**I.3.1** Réseau de transport: les câbles sont installés dans des conduites ou sont des câbles aériens. On utilise une fibre optique monomode. L'enveloppe du câble de fibre optique est du type PKH9E, PKH5E (E: enveloppe interne de qualité polyéthylène, K: fil aramide, H9: ruban d'acier ondulé, E: enveloppe extérieure en polyéthylène, H5: ruban d'aluminium) en polyéthylène ou sans métal. L'âme du câble à fibres optiques est du type non serré ou du type cylindrique rainuré. Le nombre de fibres par câble est compris en 12 et 60 en Italie, atteint 300 au Japon, compris entre 16 et 128 en Espagne, de 24F, 48F ou 96F en Suède et de 8 au Royaume-Uni.

**I.3.2** Réseau d'accès: normalement, on utilise un câble en conduite dont les fibres optiques sont du type monomode, l'enveloppe de ce câble étant du type PKH9E ou PKH5E, en polyéthylène ou sans métal. L'âme du câble est du type tube non serré ou cylindrique toronné rainuré.

Le nombre de fibres est de 12-60 en Italie, peut atteindre 1000 au Japon, compris entre 2 et 8 par tube, entre 16 et 128 par câble en Espagne, 4-24 (rubans de 4 fibres) en Suède, 8 au Royaume-Uni.

**I.3.3** Accès d'abonné: le câble est placé dans des conduites ou est aérien; il est constitué de fibres monomodes, l'enveloppe du câble est du type EKH9E, sans métal ou en polyéthylène. Il est en général du type tube non serré ou rainuré avec ruban de fibre, il comporte cinq rubans de fibres (20-40 fibres par rainures) (Italie), jusqu'à 1000 tiges rainurées et 4 ou 8 rubans de fibres (Japon), 4F-24F (Suède), 8 à 96 (Royaume-Uni).

Au Japon on n'utilise pas de câble coaxial. Dans les autres pays, on utilise des câbles coaxiaux de jonction et de dérivation.

Le diamètre du conducteur des câbles de jonction varie entre 3,15 et 13,7 mm ou entre 2,64 et 11,5 mm. L'affaiblissement linéique est compris entre 4,7 et 5,8 dB/100 m.

Les câbles de dérivation ont un diamètre de conducteur compris entre 1,02 et 4,6 mm et un affaiblissement linéique de 14,9 ou 9,9 dB/100 m à 450 MHz.

En Italie, les câbles de jonction comportent un ruban soudé en aluminium sans recouvrement. Les câbles de dérivation ont un conducteur extérieur à deux couches, le premier étant un double ruban d'aluminium placé au-dessus d'une structure sandwich de polyester, la seconde couche est une tresse de cuivre étamé. On utilise parfois des câbles de cuivre avec recouvrement (Royaume-Uni).

**I.3.4** Câbles d'intérieur: au Japon, en Espagne et en Suède on utilise des câbles d'intérieur à fibres optiques monomodes. Il s'agit de câbles de dérivation coaxiaux normalisés de type RG-6 et RG-11. En général, la longueur de câble entre la terminaison de réseau et le téléviseur est de 10 à 20 m.

## I.4 Composants pour les réseaux de CATV

**I.4.1** Composants optiques pour les réseaux de CATV: l'émetteur optique utilise les fibres monomodes à 1550 nm avec une largeur de bande pouvant atteindre 862 MHz, ce qui représente 20 canaux analogiques et 70 canaux numériques de télévision, de vidéo et d'audio (Italie); 1310 nm et 1550 nm et une largeur de bande pouvant atteindre 862 MHz (Espagne); 1310 ou 1550 nm (Suède); fibres monomodes à 1310 nm et une largeur de bande pouvant atteindre 862 MHz (Royaume-Uni).

Dans tous les pays, les amplificateurs pour fibres optiques utilisent les fibres monomodes dans la troisième fenêtre.

Les récepteurs optiques utilisent des fibres monomodes fonctionnant dans la troisième et deuxième fenêtre avec une largeur de bande pouvant atteindre 862 MHz.

Les répartiteurs à fibres optiques utilisent des fibres monomodes; les longueurs d'ondes sont de 1310 et 1550 nm; le tableau ci-dessous indique les facteurs d'éclatement adoptés.

Italie	Espagne	Suède	Royaume-Uni
2-4-8-12 sorties	1x8, 1x16, 1x32, 2x4, 2x8, 2x16, 2x32	1x2, 1x4, 1x8, 1x16, 1x32	1x3, 1x4, 1x8 uniquement à 1 310 nm

**I.4.2** Composants de correction pour les réseaux CATV: pour les câbles de dérivation on utilise des connecteurs de type F avec un affaiblissement d'adaptation de  $\geq 30$  dB, de type 5/8, pour les câbles de jonction avec un affaiblissement d'adaptation de  $\geq 30$  dB (Italie). En Espagne, on utilise aussi le type F avec 5/8-24 ou EN60169-24 avec un affaiblissement d'adaptation est  $\geq 30$  dB. En Suède, il existe certains problèmes liés à l'utilisation de connecteurs médiocres dans le réseau de CATV. Les normes adoptées sont l'EN50083-2 et l'EN50083-4. Au Royaume-Uni, on utilise les connecteurs de type F, 5/8 et M14.

Les répartiteurs coaxiaux pour les câbles de jonction ont en général des facteurs d'éclatement de 2, 3 ou 4.

Les coupleurs directionnels ont des facteurs d'éclatement de 2, 8 ou 12.

Les dérivations ont un nombre d'accès compris entre 2 et 16 et un affaiblissement d'insertion qui varie en conséquence entre 5,2 et 24 dB.

En ce qui concerne les composants coaxiaux actifs, on distingue trois types d'amplificateur: l'amplificateur injecteur, l'amplificateur d'extension et le dernier amplificateur (LA, *last amplifier*).

## I.5 Installation des câbles

**I.5.1** Type de câble: en conduite, en aérien ou à l'intérieur des bâtiments (Italie, Japon, Espagne, Royaume-Uni), pour les câbles optiques, coaxiaux ou à paires symétriques en cuivre.

**I.5.2** Techniques d'installation: en général on utilise des méthodes de tirage. Parfois, on utilise la technique de guidage pneumatique pour les câbles optiques en Espagne et au Royaume-Uni.

**I.5.3** Longueurs installées: elles varient selon le pays.

En Italie, la longueur d'installation est de 1 à 3 km environ pour les câbles optiques en conduite, les câbles optiques ne sont pas utilisés dans les bâtiments. Les longueurs d'installation atteignent 500 m au maximum pour les câbles coaxiaux en conduite, 100 m dans les bâtiments pour les câbles de dérivation. En général, la longueur des câbles à paires symétriques métalliques peut atteindre 500 m dans des conduites.

Au Japon, il existe des câbles en conduite dont la longueur moyenne est de 1 km et des câbles aériens dont la longueur moyenne est d'environ 500 m. La longueur moyenne des câbles dans les bâtiments est de 300 m.

En Espagne, la longueur d'installation est comprise entre 1 et 2 km.

En Suède, la longueur de câble est normalement de 2-4 km pour les câbles optiques et de 200-300 m.

**I.5.4** Techniques d'installation des câbles aériens: elles sont différentes selon le type de câble.

En Italie, on utilise une méthode d'enroulement et des attaches pour les câbles à fibres optiques, l'installation sur les murs pour les câbles coaxiaux et des attaches pour les câbles à paires métalliques symétriques. Dans les autres pays, on utilise en général des câbles autoporteurs.

## **I.6 Installation des coffrets**

**I.6.1** Utilisation des coffrets: un grand nombre de coffrets est utilisé pour les nœuds de fibres, les extenseurs de ligne, les derniers amplificateurs, les répartiteurs et les dérives extérieures dans les réseaux HFC-C.

**I.6.2** Type d'installation: les coffrets sont installés sur des voies de circulation, sur des poteaux ou à l'intérieur des immeubles; en fonction des possibilités, ils peuvent être installés en sous-sol, en bordure, à l'intérieur des bâtiments, sur les murs et sur les toits plats.

Le tableau ci-après présente les principales caractéristiques des coffrets:

	<b>Italie</b>	<b>Japon</b>	<b>Espagne</b>	<b>Suède</b>	<b>Royaume-Uni</b>
<b>Dimensions en cm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Coffrets de nœuds de fibres: 75×152×32 (bordure)/168×87×83 (en sous-sol)</li> <li>– Coffrets extenseurs de lignes, dernier amplificateur: 75×124×32 (bordure)/90×35×40 (en sous-sol)/71×65×24 (dans les bâtiments)</li> <li>– Dérives: 33×96×29 (bordure)/34×48×25, 33×52×30 (dans les bâtiments)</li> </ul>	60×20×10	Différents types	70×90×30	120×100×75
<b>Matériau</b>	Plastique	Métal	Plastique	Feuille d'acier galvanisé	Métal

**I.6.3** La compensation thermique est passive.

**I.6.4** Eléments internes: ils dépendent du type de coffret. Il peut s'agir de fibres optiques, de paires coaxiales ou de paires en cuivre, avec une configuration rigide ou souple, selon principalement le type de coffret.

## APPENDICE II

### Expérience de l'Italie en matière de réseaux HFC-C<sup>1</sup>

#### II.1 Introduction

En 1995, Telecom Italia a retenu l'architecture hybride fibre-câble coaxial (HFC-C) pour la distribution des services à large bande et multimédias dans le réseau d'accès italien conformément à une technique de transmission passe-bande par multiplexage de sous-porteuses (SCM, *sub-carrier multiplexing*).

La conception et la mise en place du réseau HFC-C ont été particulièrement complexes en Italie, en raison des fortes exigences en matière de niveau de qualité et de la diversité des contextes urbains et des situations administratives.

Le présent appendice donne un résumé des expériences pratiques acquises lors de la réalisation du projet HFC-C et des solutions particulières les plus importantes utilisées, des points de vue du concepteur et de l'installateur.

#### II.2 Le projet HFC-C

Depuis quelque temps, trois éléments – la disponibilité de plus en plus grande de services à large bande, les fortes exigences de qualité pour les services traditionnels, la libéralisation du marché européen des télécommunications – contraignent les opérateurs à utiliser de nouvelles technologies de réseau d'accès.

Pour Telecom Italia, l'objectif du projet HFC-C était d'élaborer une plate-forme de réseau à large bande évolutive en trois phases:

- phase 1: distribution des services vidéo analogiques et préparation à la transmission vidéonumérique;
- phase 2: distribution vidéo et services multimédias interactifs en ligne;
- phase 3: distribution vidéo et services multimédias interactifs avec intégration des services traditionnels à bande étroite.

Dans la solution technique retenue pour la phase 1 (transmission passe-bande à multiplexage de sous-porteuses), les signaux analogiques et numériques sont multiplexés au moyen de sous-porteuses radiofréquences (RF) convenablement espacées; le signal résultant module une porteuse optique qui est transmise sur les nœuds périphériques du réseau.

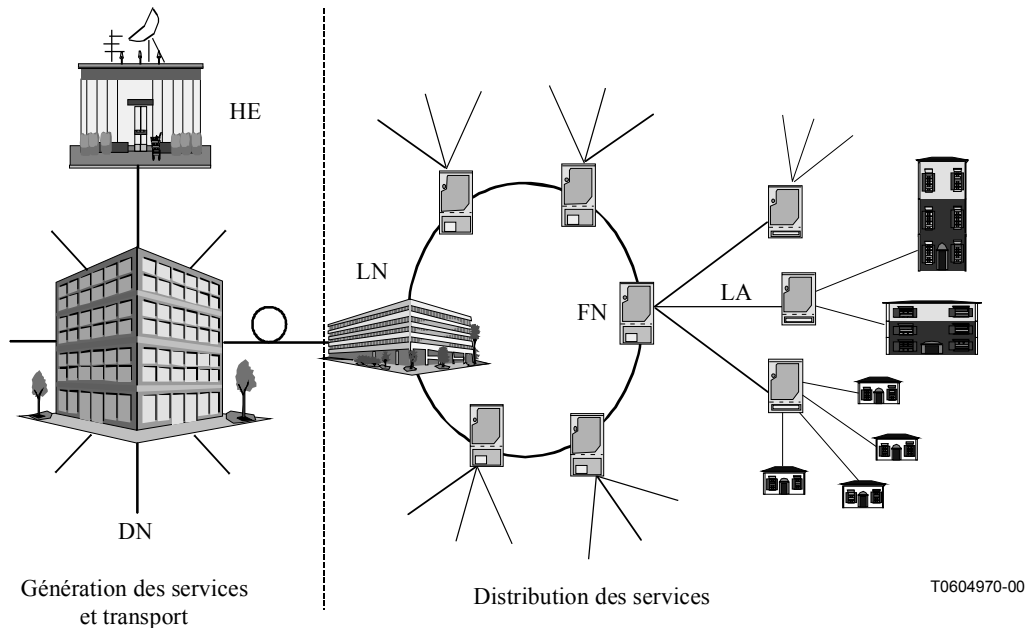
L'architecture de référence utilisée pour la phase 1 est représentée à la Figure II.1, les nœuds étant classés comme suit:

- tête de réseau (*HE, head end*): centre où les différentes sources de signal vidéo sont traitées et organisées pour être insérées dans le réseau.
- nœud de distribution (*DN, distribution node*): point d'entrée dans le réseau pour les canaux provenant des différentes têtes de réseau. Dans le nœud de distribution, les signaux vidéo sont insérés par multiplexage fréquentiel dans la bande de transmission disponible. Un nœud de distribution dessert en général une zone métropolitaine et ses faubourgs.
- nœud local (*LN, local node*): ce nœud de réseau reçoit les signaux en provenance des nœuds de distribution et les répartit sur les nœuds de fibre de la zone de distribution urbaine.

---

<sup>1</sup> BOTTANELLI (M.), COTTINO (E.): Building Italian Hfc Broadband Distribution Network: Field experiences and special installation solutions, *46th International Wire and Cable Symposium*, Philadelphia (USA), 17-20 novembre 1997.

- nœud de fibre (*FN, fibre node*): ce nœud de réseau convertit le signal optique en signal électrique et le distribue au moyen un réseau coaxial arborescent. Un nœud de fibre dessert en général 400 foyers au maximum.
- dernier amplificateur (*LA, last amplifier*): désigne le dernier point d'amplification du signal avant que celui-ci soit distribué aux clients. Dans le cas de signaux de faible niveau (zone de desserte très vaste), il est souvent nécessaire d'ajouter un autre point d'amplification dans le réseau de jonction entre le nœud FN et l'amplificateur LA ("amplificateur de ligne" ou "extenseurs de ligne").



**Figure II.1/L.47 – Architecture HFC-C associée à la phase 1 du projet**

Entre la tête de réseau (HE) et le réseau de distribution (DN), les canaux sont acheminés sur des liaisons en hiérarchie numérique synchrone (SDH) à 34 Mbit/s; entre le nœud de distribution (DN) et le nœud local (NL), la transmission analogique se fait par réseau régional optique; entre le nœud local (LN) et le nœud de fibres (FN), on utilise les fibres optiques du réseau de distribution primaire; enfin, du nœud en fibre (FN) au dernier amplificateur (LA) et jusqu'à la terminaison de réseau vers le client (NT, *network termination*), la transmission s'effectue sur un réseau coaxial amplifié arborescent, la longueur maximale des liaisons étant en principe de 500 mètres.

La partie coaxiale du réseau limite la largeur de bande disponible à 1 GHz conformément aux valeurs cibles suivantes:

- de 5 à 30 MHz pour la signalisation de commande du réseau et la transmission amont pour les services interactifs;
- de 54 à 470 MHz pour la distribution vidéo analogique;
- de 470 à 862 MHz pour la distribution vidéo, la téléphonie et la transmission de données numériques;
- de 862 à 1000 MHz pour les applications futures.

### II.3 Infrastructure du réseau pour l'Italie

Pour pouvoir mettre en place réelle du réseau HFC-C avec l'architecture décrite ci-dessus, différents problèmes ont dû être résolus compte tenu des exigences de Telecom Italia et des différents contextes urbains et administratifs.

Le Tableau II.1 donne un résumé en termes très généraux des trois techniques de base d'installation des câbles pour le réseau d'accès en fonction de leur coût, de leur fiabilité et de leur souplesse. Comme dans le passé, Telecom Italia a retenu l'installation en conduite avec trous d'homme d'exploitation, de connexion et de distribution. Il s'agit de la solution la plus coûteuse mais la plus fiable et la plus souple, qui prend en considération les besoins de l'Italie et l'évolution future des réseaux.

**Tableau II.1/L.47 – Techniques d'installation des câbles**

	<b>Coût</b>	<b>Fiabilité</b>	<b>Souplesse</b>
<b>Aérien</b>	Faible	Faible	Moyenne
<b>Enterré</b>	Moyen	Moyenne	Faible
<b>En conduite</b>	Elevé	Elevée	Elevée

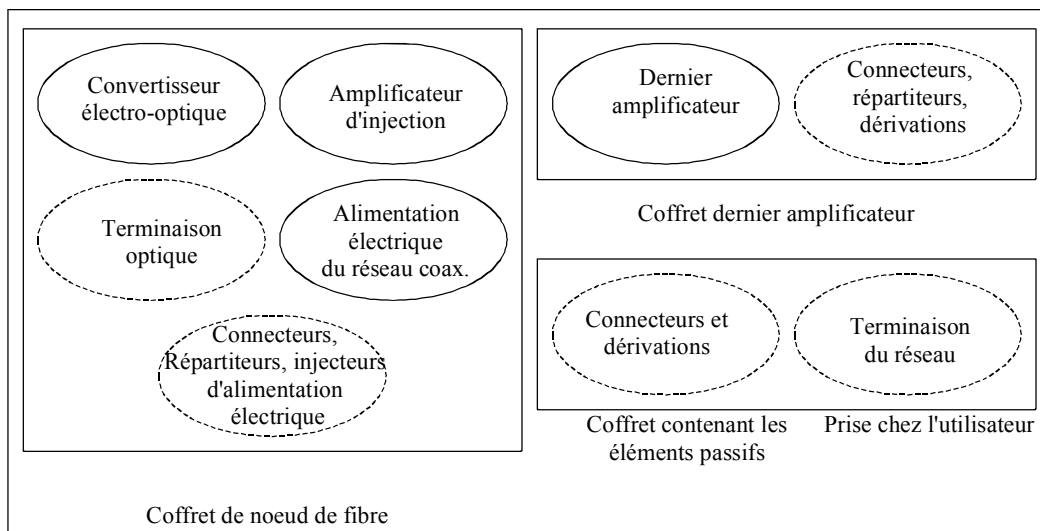
Des architectures HFC-C moins coûteuses peuvent être envisagées pour des contextes moins complexes en retenant les solutions suivantes (voir Tableau II.2).

**Tableau II.2/L.47 – Solutions applicables à des réseaux HFC-C moins coûteux**

• Installation fréquente sur les murs et sur les poteaux
• Conduites à faible profondeur (30 cm)
• Plusieurs câbles dans la même conduite
• Nombres et typologie des coffrets limités
• Différents services (HFC-C+FTTC) dans le même coffret
• Câbles doubles (coax. et t.p.) pour les connexions des clients

Dans chacun des cas, une architecture HFC-C implique automatiquement la présence d'éléments actifs sur le terrain. La Figure II.2 donne un récapitulatif des composants coaxiaux en fonction de leur coffret ou de leur situation dans le réseau.





T0604980-00

**Figure II.2/L.47 – Éléments et coffrets d'un réseau coaxial**

Dans cette figure, les composants entourés de cercles en trait plein sont de composantes actifs et peuvent dissiper une puissance comprise entre 15 et 35 watts (amplificateurs radiofréquences) et 100-150 watts (alimentation électrique du nœud FN réseau coaxial).

Les coffrets FN et LA sont souvent installés sur les trottoirs, tandis que les coffrets à composants passifs peuvent être installés sur les trottoirs ou dans les bâtiments des clients. Pour avoir une idée des conséquences environnementales des réseaux HFC-C, signalons que dans la zone circulaire autour d'un nœud FN, il y a en général six coffrets LA et environ 20 coffrets contenant les composants passifs.

C'est pourquoi il existe de nombreuses limites à la mise en place physique d'un tel réseau en fonction de la morphologie du sol, de la répartition des clients, des exigences d'ordre administratif, de la présence de monuments historiques, etc.

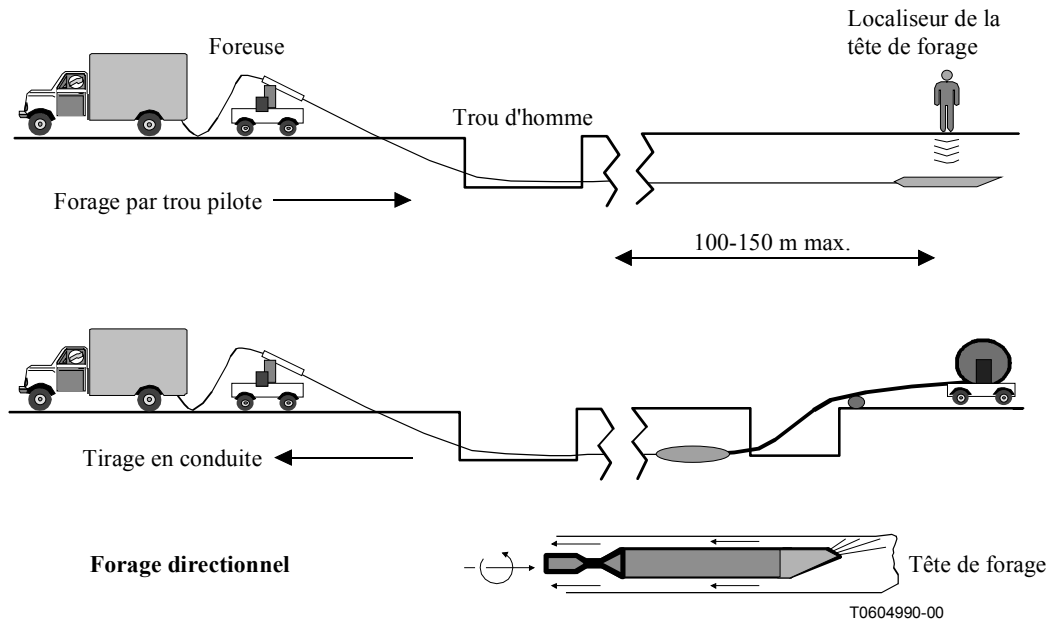
Ces limites et exigences pouvaient très fortement varier d'une ville à l'autre, de sorte que ce qui était demandé dans certaines zones était strictement interdit dans d'autres. Le Tableau II.3 contient un résumé de quelques différentes exigences ou situations en matière d'installation en Italie.

**Tableau II.3/L.47 – Différentes exigences en matière d'installation d'un réseau HFC-C**

• Obligation d'installer les amplificateurs LA en sous-sol
• Interdiction d'installer des amplificateurs LA en sous-sol
• Obligation de placer les coffrets d'amplificateurs LA dans les murs
• Tranchées sur les trottoirs uniquement
• Tranchées sur la chaussée uniquement
• Tranchées parallèles interdites
• Tranchées de croisement uniquement à proximité des intersections de voies de circulation
• Utilisation dans la mesure du possible de techniques sans tranchées
• Installation aérienne fortement recommandée (Venise)
• Utilisation fréquente d'amplificateur de ligne

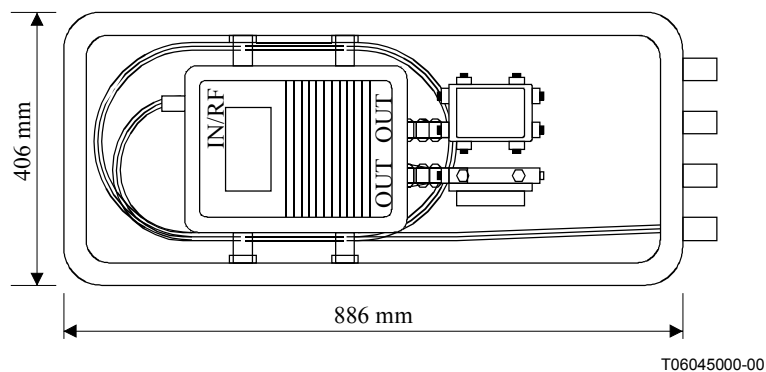
Afin de répondre aux différentes exigences, différentes solutions concernant les techniques d'installation et également les types de coffrets et leur implantation, ont été élaborées et expérimentées. Nous donnons ci-après quelques exemples de ces solutions:

- pour limiter l'impact environnemental du réseau HFC-C, on a utilisé le forage directionnel (Figure II.3), l'installation sur poteau, sur mur et en l'air;



**Figure II.3/L.47 – Technique de forage directionnel**

- les coffrets pour nœuds FN et amplificateurs LA qui ont été utilisés sur les trottoirs sont dérivés des coffrets de distribution à paires torsadées traditionnelles après modification des grilles d'aération pour dissipation thermique par convection naturelle (plus de 300 Watt);
- 300 anciens modules de coffret Telecom Italia pour paires torsadées ont été adaptés pour pouvoir être installés dans les bâtiments. Ils contiennent un amplificateur LA et deux dérivations;
- un modèle de coffret sous-sol étanche à feuille plastique pour amplificateur LA (Figure II.4) a été développé pour les installations dans les trous d'homme;



**Figure II. 4/L.47 – Schéma d'un coffret d'amplificateur LA pour installation en sous-sol**

- enfin, un coffret de nœud FN pour installation en sous-sol a été développé.

## II.4 Conception d'un réseau coaxial

L'optimisation d'une infrastructure de réseau HFC-C compte tenu des impératifs locaux est l'un des objectifs de conception de base de conception du réseau coaxial. Cette optimisation comporte les étapes suivantes:

- définition des connexions à large bande;
- accès;
- sorties;
- définition de la zone de desserte;
- conception radiofréquence;
- travaux de génie civil;
- liste des matériels;
- tracé.

Dans le guide de référence de conception de réseau HFC-C de Telecom Italia, les locaux d'abonné ont été classés selon les besoins de connexions à large bande comme indiqué dans le Tableau II.4.

Ce premier classement est suivi par une analyse détaillée des plans horizontaux et verticaux des locaux (cartes d'accès) dans la zone considérée. De plus, au moyen des cartes des accès, le concepteur de réseau sait où se trouvent les accès au bâtiment, les endroits pouvant être utilisés pour l'installation des câbles et les coffrets et les infrastructures déjà existantes.

**Tableau II.4/L.47 – Classement des locaux d'abonné**

Type	Description	Nombre de lignes à large bande
A	appartements, bureaux, boutiques	1
B	centres commerciaux, locaux hôtels/résidences de plus de 20 chambres	4
C1	hôtels/résidences de 20 à 80 chambres	40 (1 LA)
C2	hôtels/résidences de 81 à 150 chambres	80 (2 LA)
D1	clients professionnels nécessitant plus de 400 circuits	1 FN
D2	clients professionnels nécessitant de 101 à 400 circuits	1 FN
D3	clients professionnels nécessitant de 51 à 100 circuits	Comme pour B ou C
D4	hôtels/résidences de plus de 150 chambres	1 FN

L'architecture du réseau coaxial radiofréquence est généralement établie en recourant à la conception assistée par ordinateur (CAD, *computer aided design*) avec approche ascendante, depuis la définition des zones de desserte des amplificateurs LA jusqu'aux nœuds FN. A partir d'une base de données de composants RF très détaillée, le constructeur peut facilement dimensionner toutes les parties du réseau coaxial afin d'obtenir un niveau du signal d'au moins 12 dBmV à la terminaison de réseau chez le client.

On utilise des câbles de jonction en aluminium de 15,8 mm (0,625 pouce) et de 19,1 mm (0,750 pouce) pour relier les nœuds FN aux amplificateurs LA et les amplificateurs LA aux dérivations, tandis que l'on utilise des câbles de dérivation de type 6 et de type 11 pour le câblage chez le client. La disponibilité de différents types de câbles coaxiaux présentant des affaiblissements différents permet de minimiser le nombre d'amplificateurs RF de ligne dans le réseau.

La partie génie civil suit immédiatement l'étude RF: l'opérateur de CAD doit choisir les coffrets, les trous d'homme et la topologie des conduites et leurs emplacements, en utilisant au mieux les infrastructures existantes.

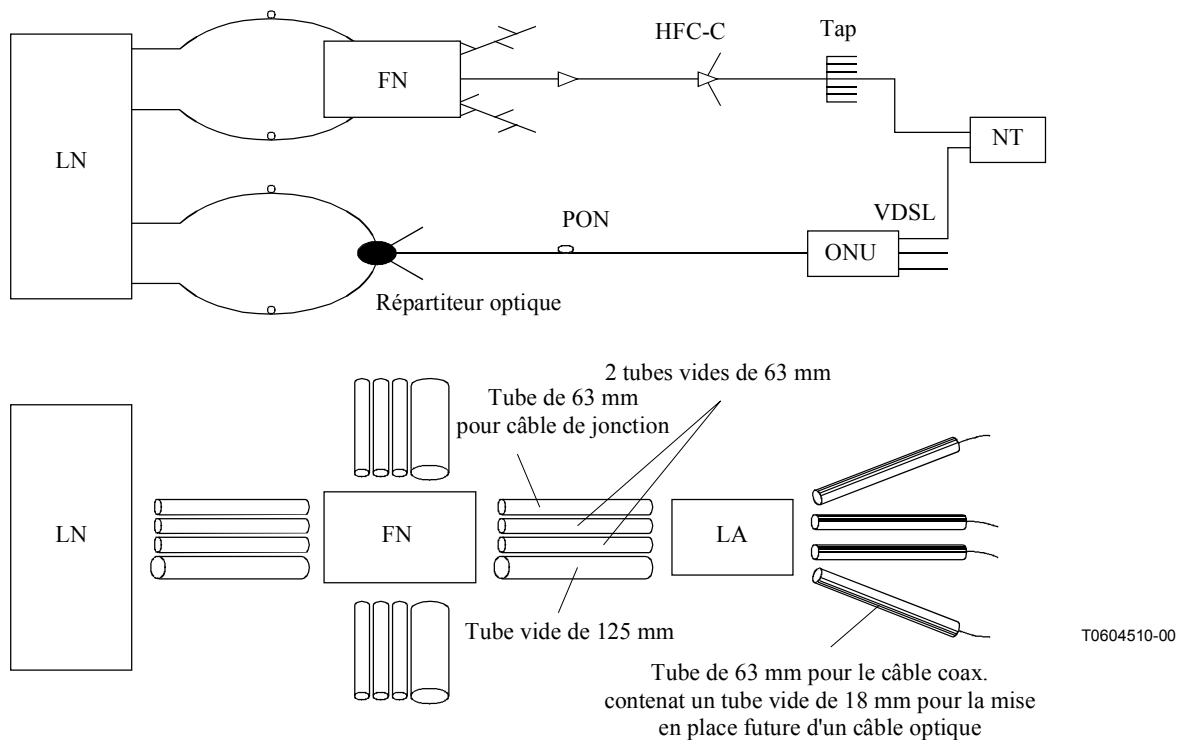
En définitive, le système de CAD peut automatiquement établir à partir du modèle de réseau, la liste des matériels et tracer les plans demandés (plans concernant le réseau à câble coaxial et plan de génie civil).

## II.5 Evolution vers des réseaux "tout optique"

Compte tenu des développements futurs, il est utile de considérer les aspects suivants du projet:

- introduction des technologies de transmission pour services à large bande dans le réseau d'accès italien;
- configuration des infrastructures en vue d'une expansion future du réseau vers un nouveau type d'architecture (HFC-S par exemple).

Alors que le premier aspect est directement relié à l'objectif du projet, le second présente des risques de sous-estimation.



**Figure II.5/L.47 – Evolution vers un réseau tout optique: architecture HFTTB (fibre jusqu'au bâtiment)**

La Figure II.5 illustre un exemple d'évolution de projet (architecture HFTTB, *hybrid fibre to the building architecture* (fibre hybride jusqu'au bâtiment)). Ici l'infrastructure HFC-C est comparée à une expérimentation possible d'un futur réseau optique passif (PON, *passive optical network*), comme étant la première étape vers l'intégration de tous les services.

L'infrastructure HFC-C était en réalité conçue pour accepter un réseau optique passif avec répartiteur optique placé à proximité des coffrets FN. Entre les coffrets FN et LA et pour chaque direction du réseau HFC-C, trois conduites vides (deux de 63 mm et un de 125 mm) ont été installées pour des applications futures. De plus, de l'amplificateur LA jusqu'aux locaux de l'abonné, chaque conduite

de 63 mm pour câble coaxial est équipée d'une conduite intérieure de 18 mm pour l'installation future d'un câble optique.

Considérant la Figure II.5, du nœud LN jusqu'au nœud FN, le réseau HFC-C et le réseau PON partage la même boucle de câbles à fibre optique sur des fibres différentes; du nœud FN jusque chez l'abonné, ils occupent la même infrastructure; en définitive les deux réseaux se rencontrent au niveau de la prise de l'utilisateur. Les services de distribution à large bande sont transmis sur le réseau HFC-C; les services traditionnels et interactifs à large bande peuvent être intégrés et transmis sur le réseau PON.

## APPENDICE III

### **Expérience de l'Indonésie en matière de réseau HFC-C Installations d'accès utilisant des réseaux hybrides optiques/métalliques**

#### **III.1 Introduction**

Cet appendice décrit plusieurs spécifications techniques et électriques de mise en œuvre des réseaux HFC-C en Indonésie, qui font référence au questionnaire sur les installations d'accès utilisant des réseaux hybrides optiques/métalliques (Question 13/6). Dans un souci de clarté, cette analyse contient certains tableaux et légendes.

#### **III.2 Rappel**

Le réseau HFC-C est l'une des technologies de réseau d'accès qui permet de prendre en charge des services à large bande et des services multimédias interactifs tout en tenant compte d'un certain nombre d'éléments. En Indonésie, le recours à la technologie HFC-C se justifiait entre autres par les motifs suivants:

- un réseau optique d'infrastructure était installé pour relier les centraux. Ce réseau pouvait être utilisé comme réseau HFC-C de jonction pour connecter les têtes de réseau au pivot de distribution;
- un simple réseau coaxial était déjà en place dans plusieurs hôtels et pouvait être utilisé pour les applications HFC-C;
- la forte demande potentielle en distribution de télévision, services Internet et services multimédias interactifs en particulier dans les lotissements, copropriétés et hôtels;
- l'utilisation de la technique HFC-C comme "super-conduit" pour les besoins futurs en bande passante et une nouvelle technologie du futur.

La technique HFC-C permet d'offrir plusieurs types de services multimédias et de communication de base, à savoir:

- la téléphonie classique;
- la télévision analogique;
- la télévision numérique;
- l'Internet rapide;
- les services à la demande: vidéo à la demande (VOD, *video on demand*), musique à la demande (MOD, *music on demand*), karaoké à la demande (KOD, *karaoke on demand*);
- le multimédia interactif.

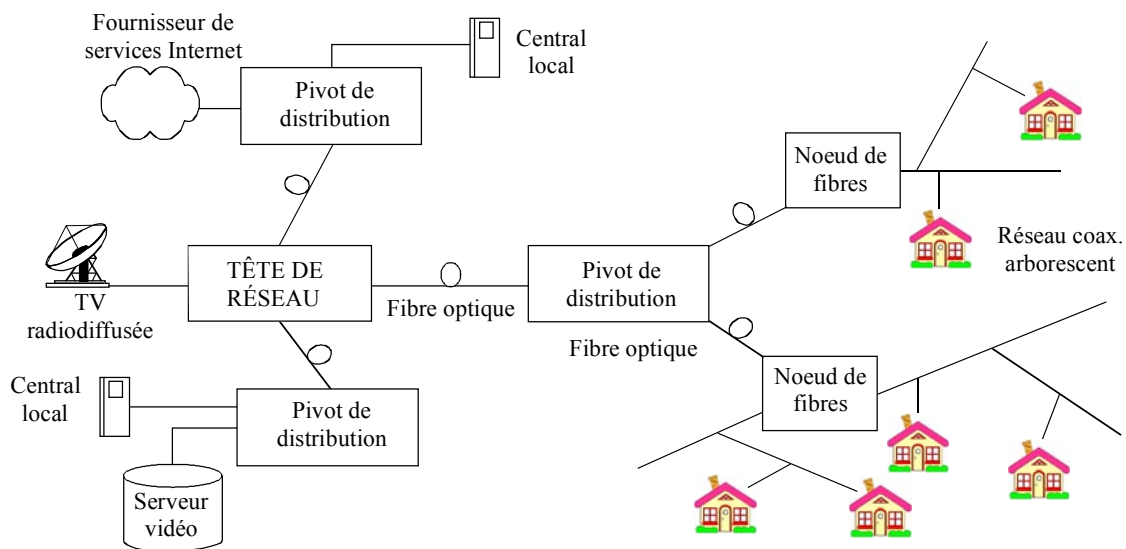
### III.3 Topologie de réseau

#### III.3.1 Topologie du réseau de transport

On a utilisé une topologie en anneau et technologie SDH (la hiérarchie numérique synchrone). Le support de transmission est la fibre optique et les câbles sont en général installés dans des conduites.

#### III.3.2 Topologie du réseau d'accès

La limite entre le réseau de transport et le réseau d'accès se trouve à la tête de réseau. Le réseau d'accès se trouve entre la tête de réseau et le côté client (Figure III.1). Le support de transmission du réseau d'accès est la fibre optique et celui entre le nœud de fibres optiques jusqu'au côté client est le câble coaxial.

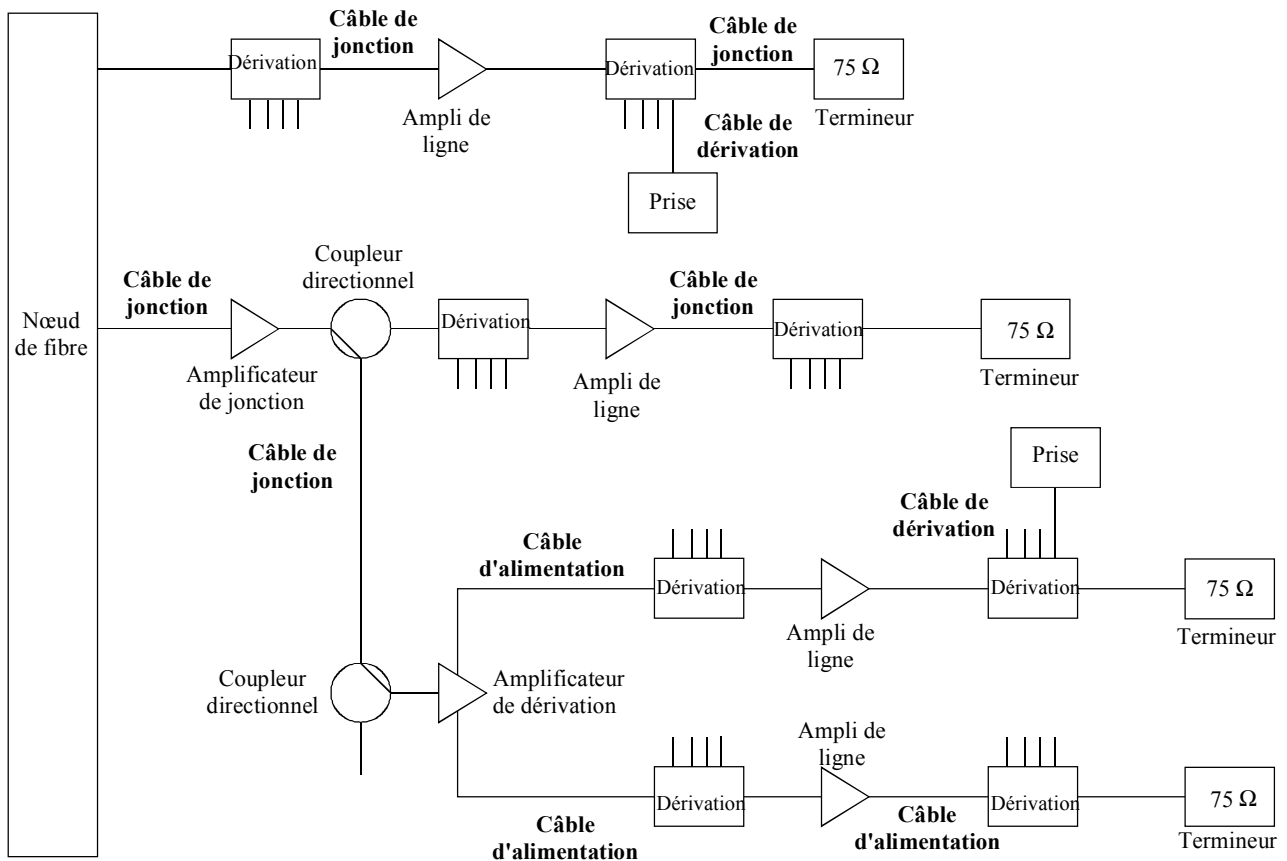


T0605020-00

Figure III.1/L.47 – Topologie du réseau d'accès

#### III.3.3 Topologie du réseau coaxial

Le réseau coaxial a une topologie en arbre avec dérivations (Figure III.2). On a utilisé des câbles aériens et à des câbles en conduite. En général, chaque nœud de fibres a en charge 500 domiciles tandis que la capacité en domiciles des nœuds de fibres dépend des services qui seront fournis au client.



T0605030-00

Figure III.2/L.47 – Topologie du réseau coaxial

### III.4 Construction du câble

#### III.4.1 Câblage optique

L'émetteur optique utilise des fibres UIT-T monomodes fonctionnant à 1310 et 1550 nm. La spécification du câble est conforme à UIT-T G.652. Le réseau de distribution à fibres optiques est du type point à point ou point à multipoint. Dans ce dernier cas, on utilise un répartiteur optique passif présentant un facteur d'éclatement de 1:n.

#### III.4.2 Câblage coaxial

On distingue deux types de câbles coaxiaux: le câble de jonction/d'alimentation et le câble de dérivation.

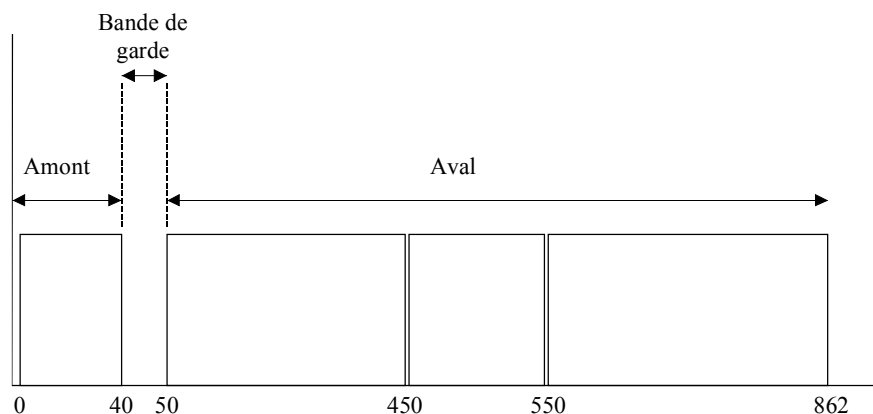
- Pour le câble de jonction/d'alimentation, TELKOM a recommandé l'utilisation de câbles de 0,500; 0,625; 0,750; 0,875 et 1,00 pouces de diamètre.
- Pour les câbles de dérivation, on a recommandé l'utilisation des types RG-6, RG-11 et RG-59.

Pour ce qui est de l'installation et de la fonction du câble, le type de câble coaxial utilisé était le même que dans le cas de l'autre câble, on distinguait en câble directement enterré, en câble sous conduite et en câble aérien. TELKOM n'a pas recommandé de câble siamois comme câble double coaxial, mais il a été possible d'utiliser des câbles siamois comportant une paire torsadée intégrée pour l'alimentation électrique dans un câble coaxial.

Dans l'application considérée, le choix du type de câble a en général été déterminé par la situation du passage dans la zone limite. Si la frontière pour le réseau de jonction/d'alimentation était relativement large, on pouvait choisir un câble de jonction/d'alimentation de gros diamètre, étant donné que ce type de câble présente un affaiblissement linéique inférieur. Dans des cas spéciaux du côté client, par exemple en présence de bruit ou de perturbations, on a préféré utiliser des câbles de dérivation dotés de protection double (à écran quadruple ou triple). Normalement, la limite de superficie de desserte d'un réseau coaxial était comprise entre environ 1 et 2 kilomètres carrés.

### III.5 Attribution de largeur de bande

Au premier stade de la mise en œuvre du réseau HFC-C, largeur de bande normalisée attribuée par TELKOM pouvait atteindre 862 MHz (voir Figure III.3). Il a été possible de porter cette largeur de bande à 1 GHz pour les éventuels futurs services. Dans le sens amont, une largeur de bande de 40 MHz a été recommandée, celle-ci pouvant être augmentée au besoin pour des services additionnels. La bande de garde amont-aval recommandée était de 10 MHz.



T0605040-00

**Figure III.3/L.47 – Attribution de largeur de bande dans le cas d'un système HFC-C**

- De 0 à 40 MHz:  
téléphonie, communication de données amont, signal de commande pour la vidéo à la demande et signal de gestion.
- De 40 à 50 MHz:  
bande de garde amont-aval.
- De 50 à 450 MHz:  
télévision analogique et radiophonie FM.
- De 450 à 550 MHz:  
télévision numérique (chaînes payantes, télévision à péage et quasi-vidéo à la demande)
- De 550 à 862 MHz:  
téléphonie, communication de données, vidéo à la demande réelle.



### III.6 Configuration du système

La Figure III.4 décrit la configuration générale d'un réseau HFC-C. TELKOM a recommandé la présence d'une seule tête de réseau dans le réseau HFC-C située en un point. Par exemple, pour Djakarta, Bandung et Surabaya qui sont des villes importantes, TELKOM a considéré qu'il fallait avoir une seule tête de réseau dans chaque ville. La longueur du réseau optique depuis la tête de réseau jusqu'à la distribution pouvait atteindre environ 30 kilomètres, et aussi du réseau optique jusqu'au nœud de fibres. La configuration du système dans le pivot de distribution dépendait de l'arrangement retenu par le fournisseur du service. Si le fournisseur de service n'offrait que des applications Internet, la présence de têtes de réseau de téléphonie et de vidéo interactive dans le pivot de distribution n'était pas nécessaire. Le fournisseur du service avait seulement besoin d'une tête de réseau en câble pour données connectée au fournisseur de service Internet ou au service de source de données et un câblo-modem jusqu'au client, sans boîtier adaptateur (STB, *set top box*). Cela était possible lorsque le réseau ne comportait pas de pivot de distribution mais seulement une tête de réseau ou un pivot de distribution et une tête de réseau à un emplacement et un système.

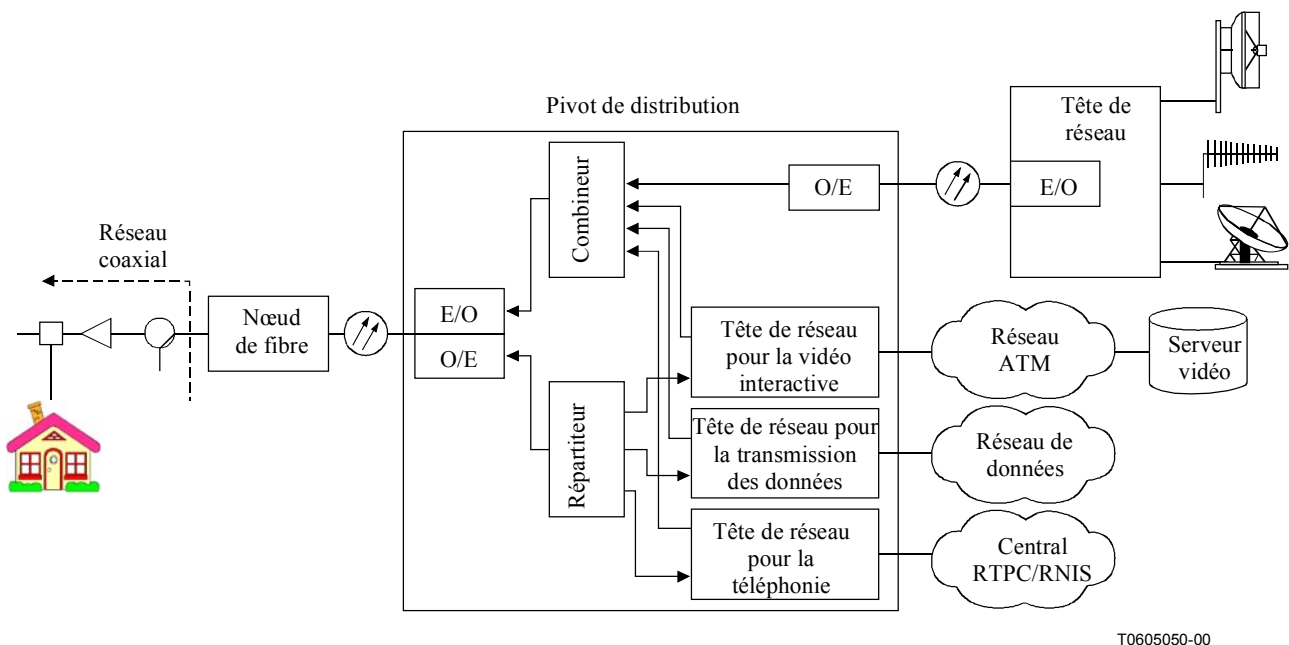


Figure III.4/L.47 – Configuration du système HFC-C

#### III.6.1 Tête de réseau

La tête de réseau fonctionne comme centre de service de diffusion télévisuelle, analogique et numérique. Pour les services offerts dans une zone desservie par un système HFC-C, TELKOM avait recommandé un seul emplacement de tête de réseau pour tous les clients/domiciles. La tête de réseau serait connectée à un ou plusieurs pivots de distribution. La source de service pour la diffusion télévisuelle était un satellite de télévision, de la télévision non hertzienne locale ou de la télévision numérique par voie hertzienne de terre en hyperfréquence.

#### III.6.2 Pivot de distribution

Le pivot de distribution associe les services de radiodiffusion télévisuelle provenant de la tête de réseau aux autres services en fonction des applications dans la zone considérée. Il pouvait s'agir de service vidéo à la demande en provenance d'un seul serveur, de services Internet pour se connecter à un fournisseur de service Internet ou de la téléphonie depuis le central local. Le pivot de distribution pouvait être installé en plusieurs points du central local. Il était également possible de placer les têtes

de réseau et les pivots de distribution au même endroit. En général, pour le pivot on utilisait des réseaux optiques d'infrastructure/jonction déjà utilisés pour les connexions entre deux centraux. La plupart des grandes villes d'Indonésie disposent déjà d'un réseau optique pour les jonctions.

Parallèlement, on a tenu compte des possibilités d'accès aux fournisseurs de services Internet (ISP), aux centraux privés et aux centraux. Il s'agissait également de savoir si TELKOM allait agir uniquement en qualité de fournisseur de réseau ou devenir un fournisseur de services, ce qui aurait changé la configuration globale du système. Plus particulièrement, il s'agissait de savoir si la frontière entre le fournisseur de réseau et le fournisseur de services devait se trouver dans le pivot de distribution ou au devant commencer au niveau des émetteurs-récepteurs optoélectroniques depuis le combineur si TELKOM agissait en qualité seulement de fournisseur de services.

### III.6.3 Nœud de fibres

Un nœud de fibres est une composante active qui a pour fonction de convertir le signal radio fréquence en signal optique et inversement. En général, un nœud de fibres est destiné à desservir environ 500 à 1000 foyers, selon le type de service mis en œuvre et la limite/groupe de clients.

Le nombre de dérivations d'un nœud de fibres doit être au maximum de 3, celles-ci pouvant être à fort ou à faible niveau de sortie. Les sorties à niveau élevé sont utilisées pour desservir des foyers qui sont situés à distance du nœud de fibres et également pour le réseau de distribution; en revanche, les sorties à faible niveau sont utilisées pour desservir des foyers qui ne sont pas éloignés de la fibre et qui sont de taille normale. Les sorties à haut niveau délivrent environ 47 dBmV et celles de faible niveau 32 dBmV environ. Il est possible d'ajouter des dérivations de sortie en utilisant un répartiteur ou un coupleur directionnels.

### III.6.4 Amplificateur (composant actif)

TELKOM a normalisé trois types d'amplificateur selon leur fonction: les amplificateurs de jonction, les amplificateurs en pont et les amplificateurs d'extension de ligne. Chaque type d'amplificateur est doté de différentes sorties de dérivation. L'amplificateur de jonction n'a qu'une sortie et une entrée, l'amplificateur de pontage a deux sorties. Comme le bruit ou la distorsion sont une caractéristique importante des amplificateurs, TELKOM a recommandé que le nombre maximal d'amplificateurs en séries soient de quatre, quel que soit le type d'amplificateur sur une liaison (Figure III.5).

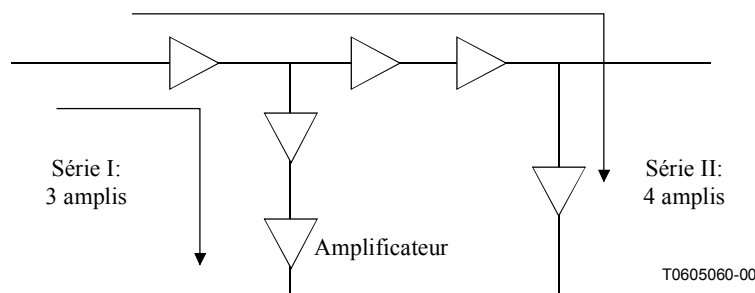


Figure III.5/L.47 – Amplificateurs en série

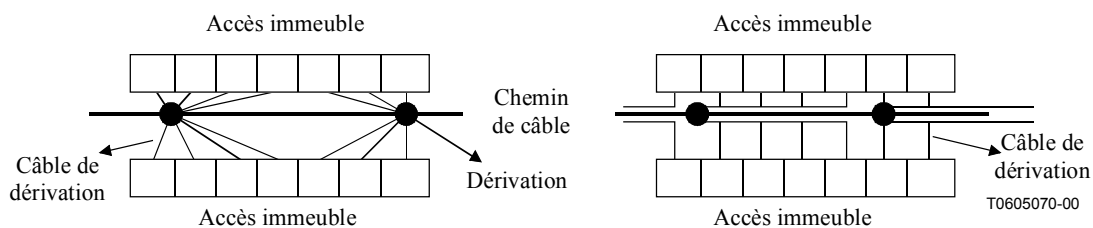
### III.6.5 Composants passifs

On distingue trois types de composants passifs: la dérivation permettant de dériver la composante de signal d'un câble de dérivation vers le côté client, le répartiteur et enfin le coupleur permettant de scinder le signal avec un certain affaiblissement.

- On distingue trois types de répartiteurs standards TELKOM: les répartiteurs à 2 sorties, à 3 sorties, à 3 sorties non symétriques.

- On distingue trois types de coupleurs directionnels (DC): le DC 8 dB, le DC 12 dB et le DC 16 dB.
- On distingue trois types de dérivation normalisée par TELKOM: la dérivation à 2 sorties, à 4 sorties et à 8 sorties avec un affaiblissement d'insertion compris entre 8 dB et 29 dB.

Une caractéristique importante du dispositif de dérivation à 8 sorties est la distance du câble de dérivation depuis le dispositif de dérivation jusqu'au côté client. On a estimé que dans une configuration de câble de dérivation en étoile ou directe, la longueur maximale de ce câble depuis ce dispositif jusqu'au côté client était de 100 mètres. Nous savons que l'affaiblissement sur le câble de dérivation pour les configurations en étoile ou en ligne directe (Figure III.6) est très élevé et est d'environ 10 à 12 dB pour 100 mètres alors que pour les câbles de jonction/d'alimentation ce chiffre n'est que de 3 dB environ. Un dispositif de dérivation à 8 sorties peut en principe desservir au maximum quatre foyer du côté gauche et du côté droit. En ce qui concerne les immeubles en copropriété ou les hôtels, l'emplacement des prises n'est pas tout à fait le même que dans les zones résidentielles.



**Figure III.6/L.47 – Connexion aux domiciles par câble de dérivation**

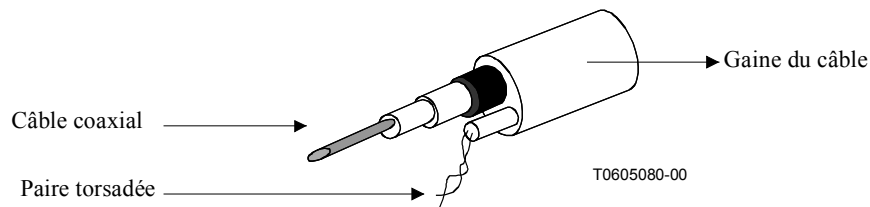
### III.7 Système d'alimentation électrique

L'alimentation électrique est fournie par le nœud de fibres qui délivre 60 à 90 volts alternatifs sous 10 à 15 ampères. L'alimentation des amplificateurs se fait selon deux techniques: une technique centralisée et une technique décentralisée. La complexité des systèmes de distribution décentralisée est plus grande car il faut prévoir plusieurs alimentations pour tous les amplificateurs et aussi certains équipements de blocage de l'alimentation électrique pour éviter que certains amplificateurs ne prélèvent du courant d'une autre alimentation électrique. Par ailleurs, les systèmes centralisés sont plus simples car l'alimentation se fait depuis un point situé, en général, dans le coffret du nœud de fibres.

#### III.7.1 Alimentation électrique dans le cas de câbles coaxiaux

- a) Utilisation de câbles siamois (paire torsadée, voir Figure III.7).

L'électricité est fournie par la paire torsadée et non dans le câble coaxial. On utilise en général une unité de distribution de courant (PDU, *power distributed unit*) dans un dispositif de dérivation pour alimenter un câble de dérivation.



**Figure III.7/L.47 – Câble siamois destiné à l'alimentation électrique**

- b) On utilise un seul câble (le câble coaxial lui-même).

Cette technique induit une corrosion plus importante dans le conducteur car celui-ci chauffe à cause du passage du courant.

### III.8 Installations extérieures (OSP, *outside plant*)

#### III.8.1 Poteaux

Etant donné que le réseau coaxial était tout nouveau en Indonésie, la pose du câble coaxial pouvait se faire sur le même trajet que le réseau à fils en cuivre ou sur des trajets différents. Dans le cas d'une installation aérienne, on pouvait utiliser le poteau téléphonique ou un poteau d'alimentation électrique ou un poteau distinct selon le contexte et la réglementation du pays. La distance minimale entre un câble coaxial et un câble d'alimentation électrique était de 30 centimètres. Le câble coaxial devait être placé en dessous du câble d'alimentation électrique pour limiter les perturbations. Tous les amplificateurs étaient placés sur un poteau et non entre deux poteaux sauf les composants passifs comme les répartiteurs et les dispositifs de dérivation qui pouvaient se trouver au milieu.

#### III.8.2 Coffret

Tous les amplificateurs et composants passifs sur une liaison enterrée ou sur une liaison sous conduit ont été installés dans un coffret ou sur un support. Les coffrets en fibre de verre étaient dotés d'un isolant à haute résistance thermique. Les spécifications physiques de ce type de coffret sont analogues à celles des coffrets utilisés pour les paires métalliques et les ONU, à savoir: bonne résistance à la corrosion, protection contre la pluie et la neige et présence d'une ventilation pour éviter la condensation. La résistance du circuit de masse du coffret ne devait pas dépasser 3 ohms. L'alimentation électrique d'un nœud de fibres placée dans un coffret devait comporter une alimentation de secours par accumulateur. Les répartiteurs dans le nœud de fibres devaient être également placés dans un coffret ou être situés immédiatement en sortie de l'amplificateur du nœud de fibres. Le coffret devait également disposer d'une entretoise de protection pour empêcher tout écrasement.

### III.9 Normalisation

TELKOM a publié plusieurs documents de normalisation pour chaque composant et système et également un guide d'installation pour les systèmes HFC-C. Toutes ces normes contiennent des règles, des spécifications techniques, des spécifications électriques pour chaque dispositif et système. Nous donnons ci-dessous la liste des normes pour les systèmes HFC-C publiée par la Division de recherche et de développement de PT TELKOM. Ces documents peuvent être actualisés selon l'évolution technique:

- a) CIU (unité d'interface client, *customer interface unit*) – HFC;
- b) STB (adaptateur externe) – HFC;
- c) câblo-modem – HFC;
- d) câble coaxial – HFC;

- e) composants passifs – HFC;
- f) amplificateur – HFC;
- g) nœud de fibres – HFC;
- h) tête de réseau – HFC;
- i) câble téléphonique – HFC;
- j) chemin de câbles – HFC;
- k) normalisation de systèmes HFC;
- l) guide d'installation des réseaux coaxiaux.

### III.10 Outil de planification pour les réseaux à câble coaxial

La Division recherche et développement de PT TELKOM a mis au point un logiciel de planification et de conception des réseaux, en particulier pour les réseaux à câble coaxial. Ce logiciel qui porte le nom de TelCoNet (TELKOM Coaxial Network-planning tools) permet de faciliter le processus de conception et de planification des réseaux. Nous donnons ci-dessous quelques caractéristiques de ce logiciel:

- 1) possibilité d'introduire les données cartographiques d'entrée sous la forme de fichiers en points (bpm, jpeg, tif) ou vectoriels (dwg);
- 2) calcul des niveaux des signaux aval et amont à partir du nœud de fibres jusqu'au point de démarcation côté client;
- 3) calcul du bruit et de la distorsion à savoir le composite du second ordre (CSO), du battement triple composite (CTB, *composite triple beat*), transmodulation (XMOD, *cross modulation*) et modulation HUM;
- 4) calcul de la consommation électrique pour des systèmes d'alimentation répartis ou centralisés;
- 5) calcul du tableau quantitatif (BoQ, *bill of quantity*) de toute l'infrastructure en câbles, amplificateurs et composants passifs;
- 6) calcul du budget total pour l'achat de l'infrastructure de réseau totale.

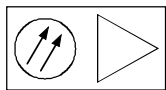
### III.11 Composants utilisés pour les réseaux à câbles coaxiaux HFC-C

Répartiteur: a) Facteur d'éclatement b) Nombre de sorties c) Affaiblissement d'insertion d) Ronflement e) Intensité	a) Facteur d'éclatement: 1/2 ; 1/3 ; 1/3 asymétrique. b) Nombre de sorties 2 ou 3. c) Affaiblissement d'insertion pour répartiteurs à 2 sorties: (maximum) 4,1 à 5,5 dB. d) Affaiblissement d'insertion pour répartiteurs à 3 sorties: (maximum) 7,8 à 9,2 dB. e) Ronflement minimum: 70 dB. f) Intensité: 10 ampères.
Coupleur directionnel: a) Facteur d'éclatement b) Affaiblissement d'insertion c) Directivité d) Ronflement e) Intensité	a) Facteur d'éclatement: 8 dB, 12 dB, et 16 dB. b) Affaiblissement d'insertion CC 8 dB: (maximum) 2,2 à 4 dB. Affaiblissement d'insertion CC 12 dB: (maximum) 1,5 à 3,3 dB. Affaiblissement d'insertion CC 16 dB: (maximum) 2,0 à 3,3 dB. c) Directivité: à l'étude. d) Ronflement minimum: 70 dB. e) Intensité: 10 ampères.

Dispositif de dérivation: a) Nombre de sorties b) Affaiblissement d'insertion c) Affaiblissement d'adaptation d) Isolement e) Intensité	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nombre de sorties: 2, 4 et 8.</li> <li>– Affaiblissement d'insertion avec 2 sorties: (maximum) 0,7 à 5,5 dB.</li> <li>– Affaiblissement d'insertion avec 4 sorties: (maximum) 0,7 à 5,5 dB.</li> <li>– Affaiblissement d'insertion avec 8 sorties: (maximum) 0,8 à 5,5 dB.</li> <li>– Affaiblissement d'adaptation avec 2 sorties: (minimum) 16 à 20 dB.</li> <li>– Affaiblissement d'adaptation avec 4 sorties: (minimum) 16 à 20 dB.</li> <li>– Affaiblissement d'adaptation avec 8 sorties: (minimum) 16 à 20 dB.</li> <li>– Affaiblissement d'isolement: minimum 18 dB.</li> <li>– Intensité: 6 ampères.</li> </ul>
Amplificateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Amplificateur de jonction.</li> <li>– Amplificateur de pont.</li> <li>– Amplificateur d'extension de ligne.</li> </ul>
Alimentation électrique	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Système décentralisé ou centralisé.</li> <li>– 60 à 90 V CA.</li> <li>– Intensité maximale: 15 ampères.</li> <li>– Accumulateur de secours.</li> </ul>
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Le coffret doit être rendu étanche à l'eau et à l'humidité.</li> <li>– Les composants doivent pouvoir fonctionner entre 10° C et 50° C.</li> <li>– Les composants doivent être protégés contre les perturbations électromagnétiques minimum (–100 dB).</li> <li>– Les composants doivent pouvoir résister à une pression d'eau de 10 psi au minimum pendant 60 secondes dans l'eau.</li> <li>– Le ronflement minimal est de 70 dB.</li> <li>– L'intensité est de 10 ampères.</li> </ul>

### III.12 Légende

Afin d'unifier le concept et la perception, la Division recherche et développement a publié des légendes pour les réseaux coaxiaux. Ces légendes doivent être utilisées pendant les processus de planification et de conception, en particulier lors du traçage du réseau. Cette légende est également utilisée dans notre logiciel TelCoNet.



Noeud de fibre



Amplificateur de jonction



Amplificateur de pontage



Amplificateur d'extension de ligne



Répartiteur à 2 sorties



Répartiteur à 3 sorties



Répartiteur à 3 sorties non symétriques



Coupleur directionnel 8 dB



Coupleur directionnel 12 dB



Coupleur directionnel 16 dB



Dispositif de dérivation à 2 sorties (affaiblissement 8 dB)



Dispositif de dérivation à 2 sorties (affaiblissement 11 dB)



Dispositif de dérivation à 4 sorties (affaiblissement 26 dB)



Dispositif de dérivation à 4 sorties (affaiblissement 29 dB)



Dispositif de dérivation à 8 sorties (affaiblissement 14 dB)



Dispositif de dérivation à 8 sorties (affaiblissement 17 dB)



Dispositif de dérivation à 8 sorties (affaiblissement 20 dB)



Dispositif de dérivation à 2 sorties (affaiblissement 14 dB)



Dispositif de dérivation à 2 sorties (affaiblissement 17 dB)



Dispositif de dérivation à 2 sorties (affaiblissement 20 dB)



Dispositif de dérivation à 2 sorties (affaiblissement 23 dB)



Dispositif de dérivation à 2 sorties (affaiblissement 26 dB)



Dispositif de dérivation à 2 sorties (affaiblissement 29 dB)



Dispositif de dérivation à 4 sorties (affaiblissement 11 dB)



Dispositif de dérivation à 4 sorties (affaiblissement 14 dB)



Dispositif de dérivation à 4 sorties (tap loss 17 dB)



Dispositif de dérivation à 4 sorties (affaiblissement 20 dB)



Dispositif de dérivation à 4 sorties (affaiblissement 23 dB)



Dispositif de dérivation à 8 sorties (affaiblissement 23 dB)



Dispositif de dérivation à 8 sorties (affaiblissement 26 dB)



Dispositif de dérivation à 8 sorties (affaiblissement 29 dB)



Termineur



CIU (Unité d'interface client, *customer interface unit*)

T0605090-00

## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
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	Transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
<b>Série L</b>	<b>Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures</b>
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
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
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 et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication