



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

L.42

(05/2003)

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

**Extension des solutions à fibres optiques au
réseau d'accès**

Recommandation UIT-T L.42

Recommandation UIT-T L.42

Extension des solutions à fibres optiques au réseau d'accès

Résumé

La présente Recommandation décrit le réseau optique d'accès à utiliser pour la conception et la construction d'une transmission par fibre jusqu'au domicile (FTTH, *fibre to the home*). La présente Recommandation porte essentiellement sur les architectures des réseaux d'accès et la mise à niveau pour le passage des réseaux optiques aux réseaux optiques d'accès.

Source

La Recommandation L.42 de l'UIT-T a été approuvée le 14 mai 2003 par la Commission d'études 6 (2001-2004) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

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.

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2004

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

		Página
1	Introduction	1
2	Domaine d'application	1
3	Références normatives.....	1
4	Termes et définitions	3
5	Abréviations.....	3
6	Caractéristiques de l'architecture d'un réseau d'accès.....	3
	6.1 Réseau point à point	4
	6.2 Réseau en anneau	4
	6.3 Réseau point à multipoint.....	6
7	Méthode de répartition des fibres optiques en extérieur.....	6
8	Mise à niveau du réseau optique.....	7
9	Performance de la transmission optique pour un réseau optique d'accès	7
10	Composants optiques.....	8
	10.1 Câble à fibres optiques	8
	10.2 Epissurage de fibres optiques	8
	10.3 Autres composants optiques	8
11	Système d'assistance à la maintenance, de surveillance et d'essai d'un réseau optique	9
12	Alimentation électrique	9
13	Sécurité	9
	13.1 Sécurité électrique	9
	13.2 Sécurité optique	9
	Appendice I – Expérience du Brésil Exemple d'architecture de réseau optique d'accès	10
	I.1 Introduction	10
	I.2 Domaine d'application.....	10
	I.3 Modèle proposé	10
	I.4 Examen complémentaire et résultats	11
	I.5 Conclusions	11
	Appendice II – Expérience du Japon Description sommaire des techniques de conception structurelle d'un réseau optique d'accès.....	12
	II.1 Optimisation du dimensionnement de la boucle (zone de distribution).....	13
	II.2 Optimisation de la taille de la zone de dérivation vers le client (zone de distribution)	13
	Appendice III – Expérience de la Corée Méthodes de distribution associées à la conception de réseaux optiques dans les zones d'accès.....	15
	III.1 Nombre et taille des boucles du réseau d'alimentation.....	18

	Página
Appendice IV – Expérience des Pays-Bas	20
IV.1 Introduction	20
IV.2 Configurations faisant intervenir des systèmes à minitubes.....	20
IV.3 Réseaux d'accès utilisant des systèmes à minitubes	21

Recommandation UIT-T L.42

Extension des solutions à fibres optiques au réseau d'accès

1 Introduction

Les progrès réalisés en matière de techniques multimédias ont conduit au développement actif de nombreux types de services à large bande tels que les communications de données et les communications audio utilisant des réseaux d'accès. Il est important d'installer des réseaux à haut débit et à large bande permettant de fournir ces services de manière économique. Pour que ces derniers soient fournis en temps utile, nous devons construire des réseaux optiques d'accès de manière économique, immédiate et efficace pour permettre la transmission par fibre jusqu'au domicile (FTTH). Pour ce faire, les aspects liés à la construction, à la maintenance et à l'exploitation doivent être pris en compte lors de la phase de conception du réseau. Dans le présent document, on définit un réseau optique d'accès comme étant un réseau de fibres optiques qui relie par fibres FTTH le centre de commutation de l'exploitant aux maisons individuelles, aux appartements et aux bureaux.

2 Domaine d'application

La présente Recommandation porte principalement sur les architectures des réseaux d'accès et sur la capacité de mise à jour des réseaux optiques, qui sont les questions les plus importantes à considérer lors de la conception et de la construction des réseaux optiques d'accès. On décrit en outre dans la présente Recommandation la qualité de fonctionnement de la transmission optique, le système de maintenance et l'alimentation électrique requis pour la conception et la construction d'un réseau optique d'accès pour la transmission par fibres FTTH.

3 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [1] Recommandation UIT-T G.652 (2003), *Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes.*
- [2] Recommandation UIT-T G.662 (1998), *Caractéristiques génériques des dispositifs et sous-systèmes amplificateurs optiques.*
- [3] Recommandation UIT-T G.664 (2003), *Procédures et prescriptions de sécurité optique applicables aux systèmes de transport optiques.*
- [4] Recommandation UIT-T G.671 (2002), *Caractéristiques de transmission des composants et sous-systèmes optiques.*
- [5] Recommandation UIT-T G.694.1 (2002), *Grilles spectrales pour les applications de multiplexage par répartition en longueurs d'onde: grille dense DWDM.*
- [6] Recommandation UIT-T G.694.2 (2003), *Grilles spectrales pour les applications de multiplexage par répartition en longueurs d'onde: grille espacée CWDM.*

- [7] Recommandation UIT-T G.982 (1996), *Réseaux d'accès optiques pour la prise en charge des services jusqu'au débit primaire du RNIS ou à des débits équivalents.*
- [8] Recommandation UIT-T G.983.1 (1998), *Systèmes d'accès optique à large bande basés sur un réseau optique passif.*
- [9] Recommandation UIT-T G.983.2 (2002), *Spécification de l'interface de gestion et de commande de terminaison de réseau optique pour réseau optique passif à large bande.*
- [10] Recommandation UIT-T G.983.3 (2001), *Système d'accès optique à large bande avec capacité de service accrue par attribution de longueur d'onde.*
- [11] Recommandation UIT-T G.983.4 (2001), *Système d'accès optique à large bande avec capacité de service accrue par assignation dynamique de largeur de bande.*
- [12] Recommandation UIT-T G.983.5 (2002), *Système d'accès optique à large bande avec capacité de survie améliorée.*
- [13] Recommandation UIT-T G.983.6 (2002), *Spécifications de l'interface de gestion et de commande des terminaisons de réseau optique pour les réseaux optiques passifs à large bande à dispositifs de protection.*
- [14] Recommandation UIT-T G.983.7 (2001), *Spécification de l'interface de gestion et de commande de terminaison optique pour système de réseau optique passif à large bande avec attribution dynamique de largeur de bande.*
- [15] Recommandation UIT-T G.983.8 (2003), *Prise en charge des interfaces de gestion et de commande ONT des réseaux optiques passifs à large bande pour l'Internet, le RNIS, la vidéo, l'étiquetage des réseaux locaux virtuels, le brassage des conduits virtuels et d'autres fonctions de sélection.*
- [16] Recommandation UIT-T G.984.1 (2003), *Réseaux optiques passifs gigabitaires: caractéristiques générales.*
- [17] Recommandation UIT-T K.51 (2000), *Critères de sécurité des équipements de télécommunication.*
- [18] Recommandation UIT-T L.10 (2002), *Câbles à fibres optiques pour installations sous conduite et en galerie.*
- [19] Recommandation UIT-T L.12 (2000), *Epissurage des fibres optiques.*
- [20] Recommandation UIT-T L.13 (2003), *Prescriptions de qualité de service pour les nœuds optiques passifs: manchons étanches pour environnements extérieurs.*
- [21] Recommandation UIT-T L.15 (1993), *Réseaux de distribution locaux optiques – Facteurs à prendre en considération pour leur construction.*
- [22] Recommandation UIT-T L.26 (2002), *Câble à fibres optiques pour installations aériennes.*
- [23] Recommandation UIT-T L.31 (1996), *Atténuateurs pour fibres optiques.*
- [24] Recommandation UIT-T L.36 (1998), *Connecteurs de fibres optiques monomodes.*
- [25] Recommandation UIT-T L.37 (1998), *Dispositifs de branchement à fibres optiques (non sélectifs en longueur d'onde).*
- [26] Recommandation UIT-T L.40 (2000), *Système de surveillance, de test et d'assistance à la maintenance des installations extérieures en fibres optiques.*
- [27] Recommandation UIT-T L.41 (2000), *Longueur d'onde de maintenance sur les fibres d'acheminement des signaux.*
- [28] Recommandation UIT-T L.43 (2002), *Câbles à fibres optiques pour installations enterrées.*

- [29] Recommandation UIT-T L.44 (2000), *Alimentation électrique des équipements installés à l'extérieur.*
- [30] Recommandation UIT-T L.50 (2003), *Prescriptions pour les nœuds optiques passifs: répartiteurs de distribution optique pour les centraux téléphoniques.*
- [31] Recommandation UIT-T L.51 (2003), *Éléments nodaux passifs pour réseaux à fibres optiques – Définition et principes généraux pour la caractérisation et l'évaluation de la qualité de fonctionnement.*
- [32] Recommandation UIT-T L.53 (2003), *Critères de maintenance des fibres optiques pour les réseaux d'accès.*
- [33] CEI 60825 (2001), *Sécurité des appareils à laser.*
- [34] CEI 60950 (2001), *Matériel de traitement de l'information – Sécurité.*

4 Termes et définitions

Aux fins de la présente Recommandation, les définitions données dans les Recommandations UIT-T G.652, G.662, G.664, G.671, G.694.1, G.694.2, G.982, G.983.1 à G.983.8, G.984.1, K.51, L.13, L.26 et L.51 s'appliquent.

5 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

CATV	télévision par câble (<i>cable television</i>)
CWDM	multiplexage par répartition espacée en longueur d'onde (<i>coarse wavelength division multiplexing</i>)
DWDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde à haute densité (<i>dense wavelength division multiplexing</i>)
FTTH	fibre jusqu'au domicile (<i> fibre to the home</i>)
OLT	terminal de ligne optique (<i>optical line terminal</i>)
ONU	unité optique de réseau (<i>optical network unit</i>)
WDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde (<i>wavelength division multiplexing</i>)

6 Caractéristiques de l'architecture d'un réseau d'accès

Pour choisir ou concevoir un réseau optique d'accès pour la transmission par fibres FTTH, les sociétés de télécommunication devraient examiner essentiellement les points suivants:

- 1) son dimensionnement (nombre de fibres raccordées, longueur totale des fibres du réseau, etc.);
- 2) sa capacité de survie (sécurité, système de surveillance, etc.);
- 3) sa fonctionnalité (débit binaire, distance de transmission, etc.);
- 4) les coûts de construction et de maintenance;
- 5) la mise à niveau du réseau (accroissement de la capacité de transmission, de la distance de transmission et du nombre de clients (compte tenu des demandes futures)).

En se fondant sur les besoins propres à chaque région en matière de réseau optique d'accès, les sociétés de télécommunication devraient choisir et utiliser une ou plusieurs des architectures décrites ci-après, sur la base de caractéristiques appropriées d'ordre pratique, lors de la conception ou de la construction d'un réseau optique d'accès.

6.1 Réseau point à point

La configuration de base d'un réseau point à point est illustrée sur la Figure 1. Une fibre relie un terminal OLT d'un centre de commutation à une unité ONU d'un bâtiment, d'un immeuble d'habitation ou d'une maison. Un grand nombre de fibres sont donc installées et relient le centre de commutation aux clients. Cette configuration présente un affaiblissement optique peu élevé et correspond à une distance de transmission maximale entre un centre de commutation et un client donné. Elle peut en outre convenir à des clients souhaitant une grande largeur de bande et/ou un niveau de sécurité élevé.

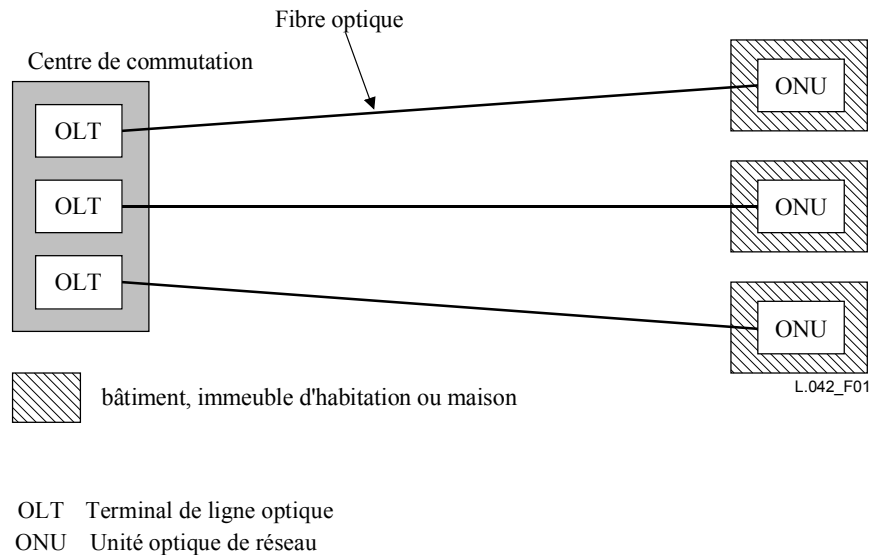


Figure 1/L.42 – Réseau point à point

6.2 Réseau en anneau

La configuration de base d'un réseau en anneau est illustrée sur la Figure 2. Cet anneau commence et aboutit au même centre de commutation et comprend plusieurs fibres qui relient les unités ONU de bâtiments, d'immeubles ou de maisons au même centre de commutation. Ainsi, dans le cas d'un réseau en anneau point à point (voir la Figure 2a), un très grand nombre de fibres sont installées et relient un centre de commutation aux clients. Au contraire, dans le cas d'un réseau en anneau de type multiple (voir la Figure 2b), le nombre de fibres déployées peut être diminué. Les avantages d'un réseau en anneau sont une très grande fiabilité et une facilité de maintenance en raison de la possibilité de routage par une autre voie.

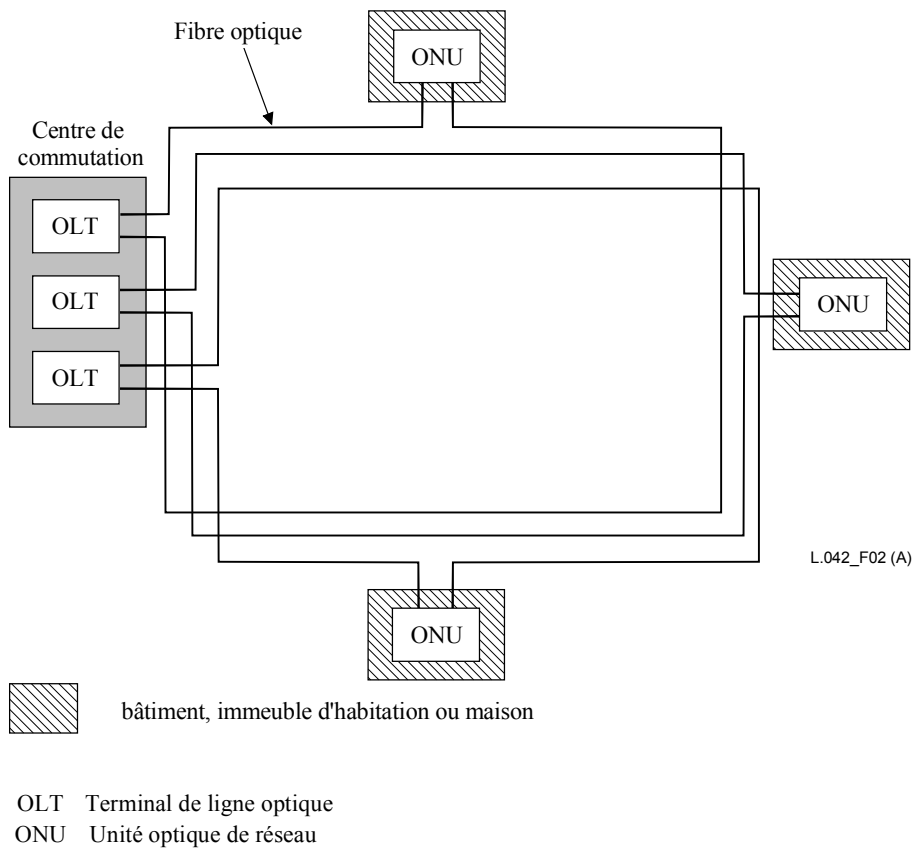


Figure 2a/L.42 – Réseau en anneau (de type point à point)

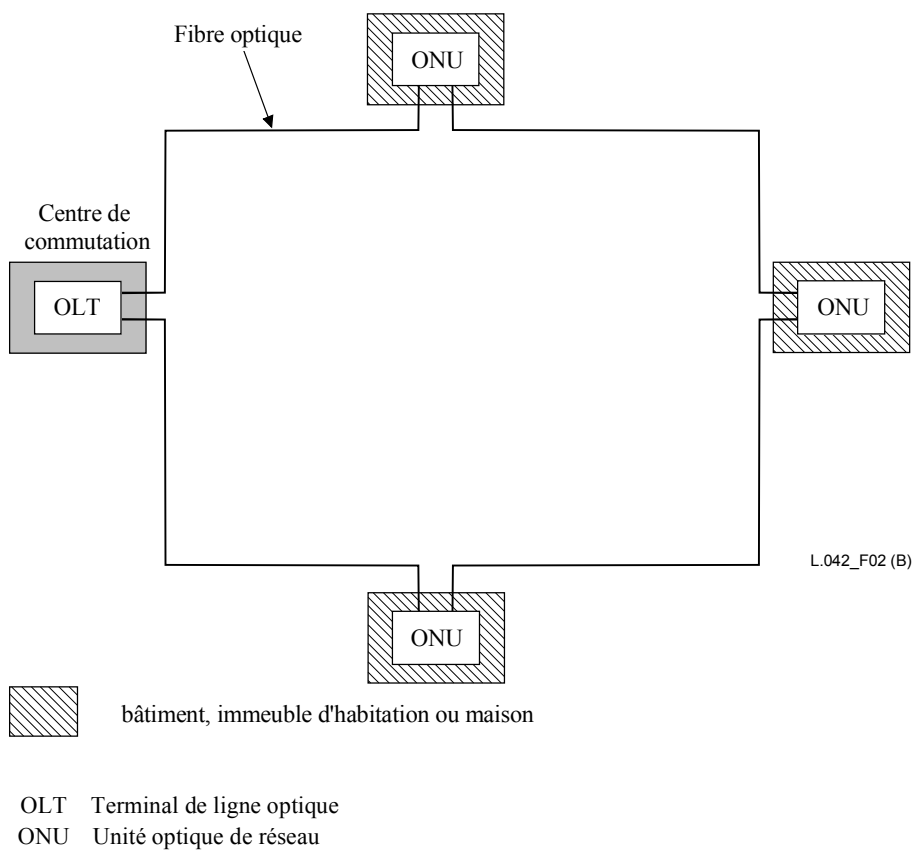


Figure 2b/L.42 – Réseau en anneau (de type multiple)

6.3 Réseau point à multipoint

La configuration de base d'un réseau point à multipoint est illustrée sur la Figure 3. Un tel réseau se caractérise par le fait qu'un composant de dérivation (à fibres optiques) ou un nœud actif est placé entre un terminal OLT et plusieurs unités ONU. Le choix de leur emplacement est la question la plus importante à considérer lors de la conception et de la construction du réseau. De plus, il existe deux types de composant de dérivation (à fibres optiques), suivant l'absence ou la présence d'un multiplexeur et d'un démultiplexeur de longueur d'onde. Dans le premier cas, l'utilisation du composant accroît l'affaiblissement d'insertion et diminue la distance de transmission à mesure que le nombre de branches augmente. Par contre, le second type de composant (à fibres optiques) est surtout utilisé pour les systèmes WDM. L'affaiblissement d'insertion n'augmente pas fortement mais le contrôle et la maîtrise de la longueur d'onde s'avèrent difficiles lorsque le nombre de branches s'accroît.

Lorsqu'un composant de dérivation (à fibres optiques) est installé dans un centre de commutation, une fibre au moins relie ce dernier au bâtiment, à l'immeuble ou à la maison d'un client. Un grand nombre de fibres sont donc tirées à partir du centre de commutation. En outre, l'environnement n'a qu'une incidence minimale sur l'installation du composant (à fibres optiques) puisque celui-ci est installé à l'intérieur du centre.

Par ailleurs, on peut placer un composant de dérivation (à fibres optiques) dans un manchon ou un coffret situé en extérieur ou dans le bâtiment du client, ce qui permet de réduire le nombre de fibres qui le relie à un terminal OLT. L'incidence des conditions d'environnement est cependant critique, car le composant se trouve en extérieur ou sur un mur extérieur d'un bâtiment ou d'une maison.

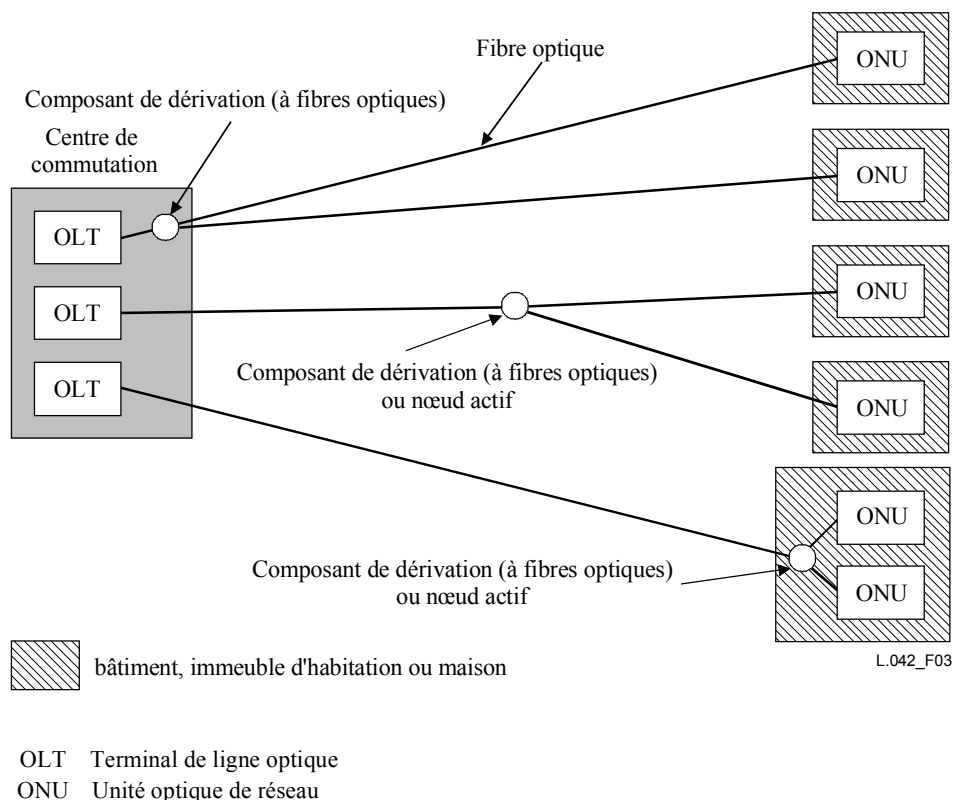


Figure 3/L.42 – Réseau point à multipoint (cas à deux branches)

7 Méthode de répartition des fibres optiques en extérieur

Des facteurs tels que les conditions géographiques, la densité de population ou la demande future en fibres optiques seront différents selon la région considérée. Les sociétés de télécommunication

devraient donc choisir une méthode de répartition des fibres optiques économique et efficace fondée sur l'examen de ces facteurs.

8 Mise à niveau du réseau optique

En cas d'accroissement de la capacité de transmission, de la distance de transmission et/ou du nombre de clients, il sera nécessaire de mettre le réseau optique à niveau. Les sociétés de télécommunication devront alors se reporter au contenu du Tableau 1 et choisir la méthode de mise à niveau appropriée.

Tableau 1/L.42 – Méthode de mise à niveau du réseau

	Réseau point à point	Réseau en anneau	Réseau point à multipoint
Accroître la capacité de transmission	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser un système à haut débit • Utiliser un système WDM (CWDM, DWDM) 		
Accroître la distance de transmission	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuer le nombre d'épissures de fibres optiques en utilisant par exemple la technique d'insertion de fibres par soufflage • Utiliser un amplificateur à fibres optiques 		<ul style="list-style-type: none"> • Diminuer le nombre d'épissures de fibres optiques en utilisant par exemple la technique d'insertion de fibres par soufflage • Utiliser un système WDM (utilisation d'un composant de dérivation (à fibres optiques) à multiplexeur et démultiplexeur de longueur d'onde) • Diminuer le nombre de branches ou passer à un réseau point à point • Utiliser un amplificateur à fibres optiques
Accroître le nombre de clients	<ul style="list-style-type: none"> • Passer à un réseau point à multipoint et accroître le nombre de branches • Installer un nouveau câble 	<ul style="list-style-type: none"> • Installer un nouveau câble 	<ul style="list-style-type: none"> • Accroître le nombre de branches • Installer un nouveau câble

Lors de la mise à niveau d'un réseau optique en anneau de type multiple ou d'un réseau optique point à multipoint, tous les terminaux d'utilisateur reliés à un terminal OLT doivent faire l'objet d'une mise à niveau simultanée.

9 Performance de la transmission optique pour un réseau optique d'accès

Les branches d'un réseau optique d'accès devraient être conçues de telle sorte que soient respectées les caractéristiques de performance (gamme d'affaiblissement, affaiblissement d'adaptation, dispersion, etc.) correspondantes aux prescriptions décrites dans des Recommandations UIT-T du type G.982, G.983.1 à G.983.8 ou G.984.1.

NOTE – Le calcul de l'affaiblissement optique total dans le réseau devra tenir compte des prescriptions de la Rec. UIT-T G.982.

10 Composants optiques

Le réseau comprend principalement des composants optiques tels que des câbles à fibres optiques monomodes et des composants optiques passifs tels que des composants de dérivation (de fibres optiques) et des épissures de fibres optiques (épissures par fusion, épissures mécaniques, connecteurs de fibres optiques).

La performance de ces composants peut dépendre de paramètres environnementaux tels que la température, l'humidité et les conditions mécaniques, qui différeront selon la région considérée. Les composants devraient donc être conçus et choisis pour pouvoir être utilisés dans les conditions requises. De plus, des agressions d'origine biologique risquant d'entraîner des pannes, ces composants devraient être protégés contre les risques de dégradation liés à un environnement donné.

Chaque composant devrait en outre satisfaire aux prescriptions mentionnées ci-dessous.

10.1 Câble à fibres optiques

Les caractéristiques d'un câble à fibres optiques monomodes devraient être conformes aux prescriptions des Recommandations UIT-T L.10, L.26 ou L.43 et celles des fibres devraient en principe satisfaire aux prescriptions de la Rec. UIT-T G.652.

10.2 Epissurage de fibres optiques

Il existe généralement trois méthodes d'épissurage de fibres optiques, faisant intervenir des épissures par fusion, des épissures mécaniques ou des connecteurs de fibres optiques. Les caractéristiques des épissures par fusion et des épissures mécaniques devraient être conformes aux prescriptions des Recommandations UIT-T G.671 et L.12. On tiendra compte des Recommandations UIT-T G.671 et L.36 pour le choix des connecteurs de fibres optiques.

Dans le cas d'une transmission analogique de télévision par câble, il est nécessaire d'étudier avec soin l'affaiblissement d'adaptation du connecteur optique en vue de satisfaire aux spécifications du système.

Lorsque la distance de transmission est limitée par l'affaiblissement optique total d'un réseau comprenant de nombreuses épissures de fibres optiques, il convient lors de la phase de conception de diminuer le nombre d'épissures, en utilisant par exemple la technique d'insertion de fibres par soufflage.

10.3 Autres composants optiques

1) *Composant de dérivation (à fibres optiques)*

Lorsqu'on conçoit un réseau point à multipoint, on utilise un composant de dérivation (à fibres optiques) avec ou sans multiplexeur et démultiplexeur de longueur d'onde. Celui-ci répartit le signal optique en provenance des fibres d'entrée entre une ou plusieurs fibres de sortie. Sa performance doit être conforme aux prescriptions des Recommandations UIT-T G.671 et L.37.

Lorsqu'un composant de dérivation (à fibres optiques) est inutilisé et présente un petit affaiblissement d'adaptation, il est nécessaire d'accroître cet affaiblissement en utilisant une méthode de terminaison adaptée en vue de satisfaire aux spécifications du système.

2) *Amplificateur optique*

L'utilisation d'un amplificateur optique peut permettre de compenser un affaiblissement optique tel que celui induit par un composant de dérivation (à fibres optiques). Ses caractéristiques de performance devraient prendre en compte les prescriptions des Recommandations UIT-T G.662 et L.50.

- 3) *Atténuateur optique*
Un atténuateur optique à atténuation constante ou variable est nécessaire pour ramener les bilans de puissance optique dans les limites voulues. Ses caractéristiques de performance devraient prendre en compte les prescriptions des Recommandations UIT-T G.671 et L.31.
- 4) *Compensateur de dispersion passif*
Un compensateur de dispersion passif peut être nécessaire pour compenser la dispersion chromatique associée à un trajet optique caractérisé par des bandes spectrales très larges, un débit élevé et une grande distance de transmission. Ses caractéristiques de performance devraient prendre en compte les prescriptions de la Rec. UIT-T G.671.
- 5) *Filtre optique*
Un filtre optique peut être nécessaire pour permettre la transmission dans la bande spectrale d'un service donné et rejeter les longueurs d'onde associées à d'autres services ou à un essai optique sur le réseau. La réponse spectrale d'un filtre peut être très étroite ou très large selon l'application considérée. Ses caractéristiques de performance devraient prendre en compte les prescriptions de la Rec. UIT-T G.671.
- 6) *Répartiteur optique (ODF, optical distribution frame)*
Un répartiteur optique, qui peut contenir et protéger des fibres optiques, des composants optiques passifs et qui peut recevoir et stocker les amorces en intérieur, est nécessaire pour relier les câbles à l'extrémité de la gaine. Ses caractéristiques de performance devraient prendre en compte les prescriptions de la Rec. UIT-T L.50.

11 Système d'assistance à la maintenance, de surveillance et d'essai d'un réseau optique

On trouvera dans la Rec. UIT-T L.40 la description d'un système d'assistance à la maintenance, de surveillance et d'essai d'un réseau point à point ou point à multipoint qui comprend un composant de dérivation (à fibres optiques) situé dans un centre de commutation. La longueur d'onde de maintenance doit être sélectionnée conformément aux prescriptions de la Rec. UIT-T L.41.

On trouvera dans la Rec. UIT-T L.53 la description d'un système d'assistance à la maintenance, de surveillance et d'essai d'un réseau optique en anneau ou point à multipoint comprenant un composant de dérivation (à fibres optiques) ou un nœud actif situé en extérieur ou dans un bâtiment, un immeuble d'habitation ou une maison. La longueur d'onde de maintenance doit être sélectionnée conformément aux prescriptions de la Rec. UIT-T L.41.

12 Alimentation électrique

Le choix de l'alimentation électrique et de l'alimentation de secours d'une unité ONU devrait dépendre de la fréquence d'interruption du courant fourni par les compagnies d'électricité, du coût d'utilisation du courant et de son délai de rétablissement après une panne, conformément aux indications de la Rec. UIT-T L.44.

13 Sécurité

13.1 Sécurité électrique

Les caractéristiques de sécurité électrique devraient prendre en compte les prescriptions de la Rec. UIT-T K.51 et de la CEI 60950.

13.2 Sécurité optique

Les caractéristiques de sécurité optique devraient prendre en compte les prescriptions de la Rec. UIT-T G.664 et de la CEI 60825.

Appendice I

Expérience du Brésil

Exemple d'architecture de réseau optique d'accès

I.1 Introduction

Le présent appendice contient un exemple d'architecture de réseau en anneau pour les nœuds optiques, qui sera considéré comme une contribution supplémentaire à l'objet de la présente Recommandation.

I.2 Domaine d'application

Les réseaux optiques d'accès (OAN, *optical access network*) se rapprochent de plus en plus de l'utilisateur final, l'architecture des réseaux déjà installés reposant très fortement sur les systèmes SDH. Les solutions fondées sur la transmission par paquets gagnent de l'importance en raison surtout de l'utilisation de l'Ethernet dans le dernier kilomètre, contrairement au cas des réseaux optiques passifs ATM. La technique de transmission optique par paquets devrait même être disponible dans un proche avenir au niveau commercial, si l'on se réfère à plusieurs expériences en cours en laboratoire ou sur le terrain.

La présente proposition d'architecture innovante de nœuds et de réseau applicable à un réseau OAN vise à établir un pont entre les topologies en anneau de fibres optiques existantes et les systèmes de transmission optique par paquets à venir, pour permettre une transition économiquement intéressante.

I.3 Modèle proposé

Un modèle schématique est présenté sur la Figure I.1. On suppose que la commutation optique de paquets (OPS, *optical packet switching*) est utilisée dans les nœuds du réseau, mais cette hypothèse n'est pas nécessaire. Ce modèle s'applique également à la commutation par rafales. Le trafic du réseau est généré dans un nœud quelconque, peut être adressé à n'importe quel autre nœud quelconque et peut être extrait en un nœud quelconque. Les adresses des nœuds sont indiquées dans les en-têtes de paquet ou de rafale, dans le domaine temporel ou fréquentiel. De ce point de vue, la terminaison OLT est équivalente à une unité ONU.

Par ailleurs, l'interconnexion à un réseau de service se fait exclusivement au travers d'un nœud OLT, qui sera donc considéré comme étant de niveau hiérarchique supérieur et pouvant présenter des fonctions de réseau OTN (Rec. UIT-T G.872).

Les nœuds comprennent des commutateurs optiques rapides (fonctionnant sur une base temporelle inférieure ou égale à la microseconde) et de circuits électroniques destinés à la reconnaissance des en-têtes, au contrôle de la commutation et au routage des paquets/rafales. Ces nœuds "tout optique" transmettent les paquets/rafales de données optiques aux unités ONU, qui convertissent et traitent les charges utiles en utilisant la fonction d'adaptation appropriée. Cette fonction rend le réseau transparent aux différents débits et formats d'utilisateur. Ce modèle est bien sûr destiné aux réseaux à capacité élevée, qui présentent une largeur de bande numérique par nœud d'au moins 1 Gbit/s. La commutation de paquets/rafales se caractérise par un temps de latence très court et des pertes de paquets extrêmement réduites, conformément aux prescriptions applicables aux réseaux à capacité élevée. On trouvera des détails supplémentaires sur ces questions dans la liste de références indiquée ci-après ou dans des documents qu'ils mentionnent.

Il faudra cependant, pour assurer la protection du trafic et la capacité de survie du service, disposer d'une architecture de superposition aux fins de bidirectionnalité, compte tenu du caractère

intrinsèquement unidirectionnel du flux de trafic par paquets/rafales nécessaire au bon fonctionnement d'un commutateur optique.

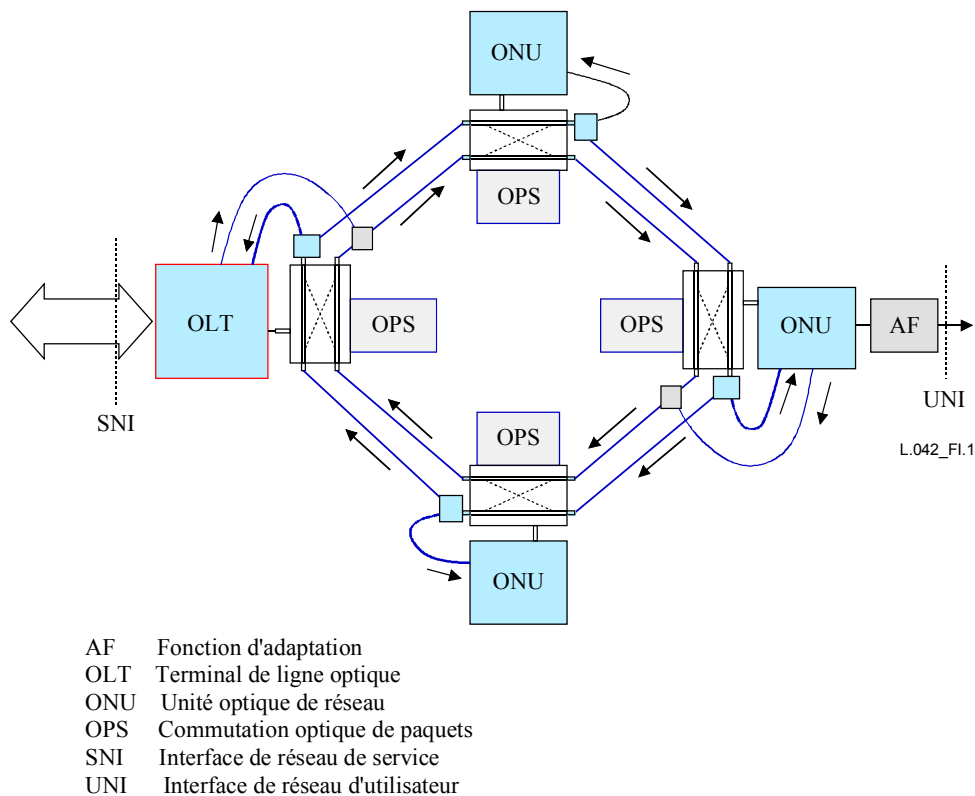


Figure I.1/L.42 – Réseau OAN à topologie en anneau avec fonctions d'insertion, d'extraction et de routage "en tout optique"

I.4 Examen complémentaire et résultats

La présente proposition a partiellement été mise à l'essai par le biais de prototypes en laboratoire et de simulations informatiques, avec des résultats cohérents et mesurables. Un nœud de réseau présentant des fonctions d'insertion/extraction, de commutation et de routage a été installé pour une performance de commutation et de routage par paquets sans perte; les mesures de BER relatives à l'intégrité de la charge utile ont conduit à des chiffres inférieurs à 10^{-12} en utilisant $(2^{23} - 1)$ mots séquence de bits pseudo-aléatoire (PRBS, *pseudo random bit sequence*). La simulation d'un trafic de réseau faisant intervenir des paquets et des rafales, 2×2 nœuds optiques sans mémoire tampon et le routage par contournement pour éviter les collisions de paquets, s'est traduite par un taux de perte de paquets très petit ($<10^{-6}$) pour des réseaux à 4, 8 ou 16 nœuds.

Il convient de se baser sur ces résultats pour continuer à améliorer les fonctionnalités des réseaux optiques et encourager l'élaboration de nouveaux concepts en matière de conception de réseau afin diminuer le rapport coût/efficacité et accroître la souplesse du service.

I.5 Conclusions

Anticiper l'utilisation de la commutation et du routage optiques par paquets permet donc d'étudier de nouveaux paradigmes en matière de conception de réseaux. On peut ainsi mieux explorer l'énorme potentiel que représente l'utilisation de fibres optiques et de systèmes WDM dans les réseaux d'accès.

Références

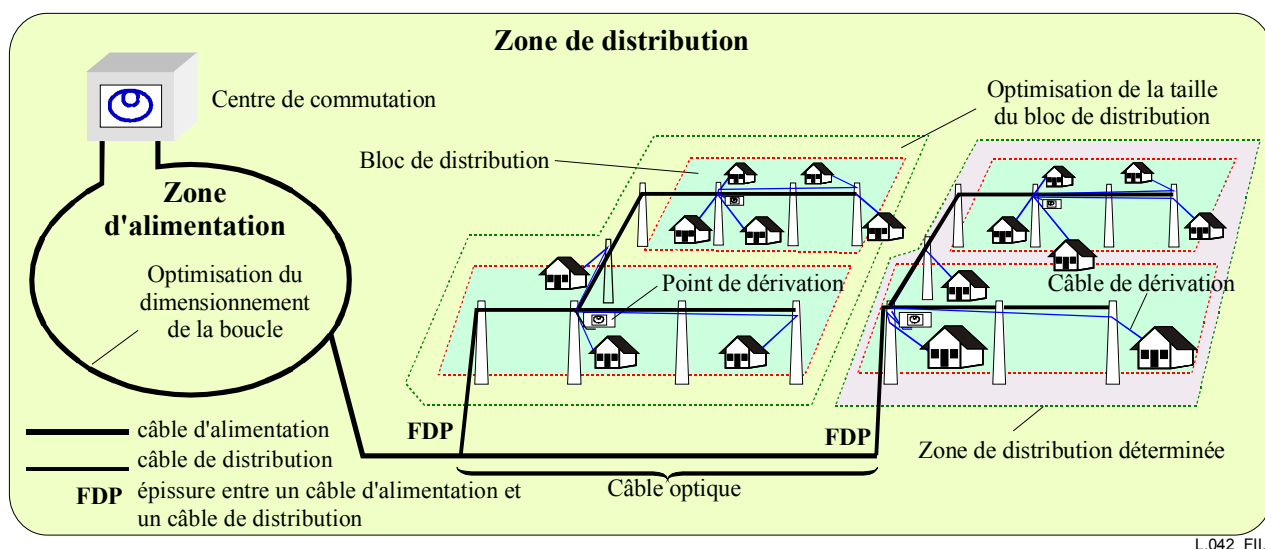
- [I-1] CHIARONI (D): Status and Applications of Optical Packet Switching, paper WeM.1, *ECOC'2001*, Amsterdam, septembre 2001.
- [I-2] BLUMENTHAL (D.J.): Photonic Packet and All-Optical Label Switching Techniques and Technologies, paper WO3, *OFC'2002*, Anaheim, Etats-Unis d'Amérique, mars 2002.
- [I-3] BARBOSA (F.R.), SACHS (A.C.), FERREIRA (R.S.), FURTADO (M.T.): New Photonic System for Optical Packet Switching, *6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics – SCI'2002*, Orlando FL, Etats-Unis d'Amérique, juillet 2002.
- [I-4] Ericsson Telecom AB, Apparatus, Method and System for Optical Packet Switching using Frequency Headers, *International Patent Application PCT/BR02/00015*, Munich, février 2002.
- [I-5] BONANI (L.H.), FURTADO (M.T.), SACHS (A.C.), MOSCHIM (E.), YAMAKAMI (A.): Non-Uniformly Distributed Traffic in Optical Networks with Optical Packet Switching Functionalities, *Brazilian Symposium on Microwaves and Optoelectronics – SBMO'2002*, Recife, Brésil, août 2002.

Appendice II

Expérience du Japon

Description sommaire des techniques de conception structurelle d'un réseau optique d'accès

Les services de communication fondés sur l'utilisation de fibres optiques se sont développés rapidement au Japon ces dernières années. La méthode de conception d'un réseau d'accès à fibres optiques est importante dans le sens où elle définit la base sur laquelle repose la construction du réseau. Pour répondre à une demande en fibres optiques initialement limitée et disparate, un certain nombre d'installations doivent être exploitées avec efficacité. La Figure II.1 illustre la configuration du réseau optique d'accès au Japon.



L.042_FII.1

Figure II.1/L.42 – Configuration du réseau optique d'accès

Les câbles d'alimentation sont installés dans un tunnel ou dans un conduit situé entre un centre de commutation et une épissure joignant un câble d'alimentation à un câble de distribution (FDP, *feeder and distribution joint point*) dans la zone d'alimentation. Les câbles de distribution, que l'on installe surtout entre des poteaux de télécommunication, sont reliés au câble d'alimentation via une épissure FDP et desservent des points de dérivation proches des lieux d'habitation. Un centre de commutation couvre une certaine zone, divisée en un certain nombre de zones de distribution déterminées de taille appropriée. Chacune d'elles est divisée en plusieurs blocs de distribution définis en fonction de la demande de service à fibres optiques.

Deux questions doivent être étudiées lors de la conception structurelle du réseau optique d'accès dans les zones d'alimentation et de distribution. Il s'agit de:

- 1) l'optimisation du dimensionnement de la boucle;
- 2) l'optimisation de la taille du bloc de distribution.

II.1 Optimisation du dimensionnement de la boucle (zone de distribution)

Par "distribution en boucle", on désigne une configuration selon laquelle le câble d'alimentation part du centre de commutation, suit un trajet circulaire et revient au point d'origine. Ce type de configuration permet d'utiliser des fibres optiques suivant deux directions différentes afin de répondre aux fluctuations de la demande, ce qui la rend plus souple que la "distribution en étoile". La distribution en boucle permet non seulement de mieux répondre aux fluctuations de la demande, mais aussi de remédier plus rapidement à des pannes en commutant le trafic sur des voies suivant la direction opposée, même lorsqu'un niveau de fiabilité élevé est exigé. Elle a ainsi été utilisée pour des voies de la zone d'alimentation dans, par exemple, de vastes zones urbaines comprenant de nombreuses lignes principales.

Ce type de distribution est actuellement mis en œuvre pour assurer une connexion efficace des voies vers les clients dans des zones qui ont fait ou feront l'objet d'une mise à niveau pour permettre la transmission par fibres optiques. Des boucles de tailles différentes ont donc été construites. Il n'est pas possible d'affirmer cependant que les boucles seront toujours les équipements les plus économiques intervenant dans l'ensemble de la configuration pour la mise en œuvre future des transmissions optiques. Ainsi, considérant l'intégralité du réseau desservi par un centre de commutation, il est procédé actuellement à l'étude des configurations optimales de distribution en boucle qui seront utilisées longtemps dans l'avenir et leur efficacité est testée en utilisant des modèles et des simulations fondés sur des réseaux réels.

II.2 Optimisation de la taille de la zone de dérivation vers le client (zone de distribution)

Une zone de distribution est divisée en plusieurs blocs sur la base de la demande de services à fibres optiques. On définit dans un bloc un point de dérivation auquel sont raccordés tous les abonnés du bloc (voir la Figure II.2).

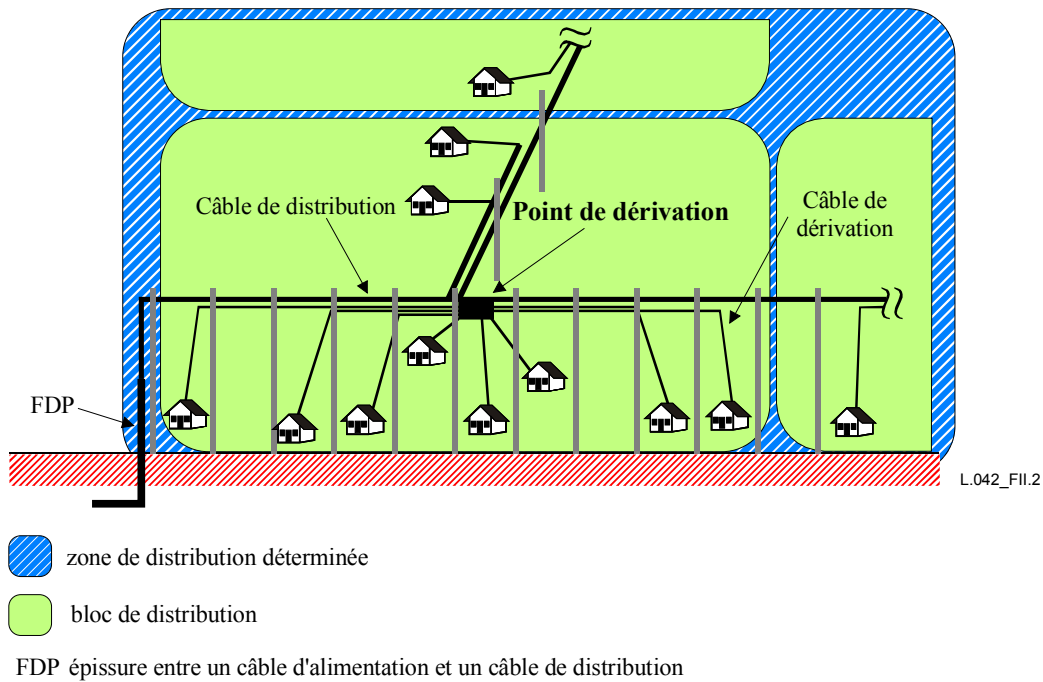


Figure II.2/L.42 – Configuration de distribution par blocs

La taille optimale d'un bloc de distribution devrait être déterminée en cherchant à diminuer au maximum le coût de la construction entre le point d'alimentation et un abonné. Lorsqu'il existe de nombreux blocs de distribution et que le nombre de points de dérivation augmente, les coûts de construction entre le point d'alimentation et l'abonné sont trop élevés pour permettre l'utilisation de nombreux manchons de dérivation et d'un grand nombre de câbles de distribution. Toutefois, lorsqu'il y a peu de blocs de distribution et que le nombre de points de dérivation diminue, ces coûts sont également trop élevés pour permettre l'installation de nombreux câbles de dérivation longue distance (voir le Tableau II.1). Une recherche est nécessaire pour déterminer le nombre de blocs d'une zone de distribution qui permette de diminuer au maximum les coûts de construction.

Tableau II.1/L.42 – Différences en termes de coûts dues à la taille des blocs de distribution

		Elevé	Faible
		Nombre de blocs de distribution	<p>L.042_TII.1 (A)</p>
Coûts	a) Câbles de dérivation	Faibles	Elevés
	b) Manchons de dérivation	Elevés	Faibles
	c) Câbles de distribution	Elevés	Faibles

Appendice III

Expérience de la Corée

Méthodes de distribution associées à la conception de réseaux optiques dans les zones d'accès

Cinq méthodes de distribution ont été étudiées, dont des méthodes classiques: la distribution par arborescence, la distribution par boucle, la distribution par connexion croisée, la distribution par liaisons et la distribution par arborescence non limitée. Chacune a ses caractéristiques propres, correspond à des applications utiles et a fait l'objet de simulations et d'essais menés par la société KT.

1) *Méthode de distribution par arborescence*

Les câbles de distribution ne sont installés qu'à l'endroit et au moment où ils sont nécessaires ou devraient être nécessaires, ce qui permet de diminuer les coûts liés aux équipements et à l'installation. Il est toutefois difficile avec cette méthode de faire face aux demandes imprévues, et le rétablissement d'un service interrompu à la suite d'une panne n'est pas facile. Cette configuration est donc très efficace dans des zones dont le développement est stabilisé (zones à immeubles d'habitation par exemple), en particulier lorsque ces demandes sont réparties linéairement le long des voies de distribution.

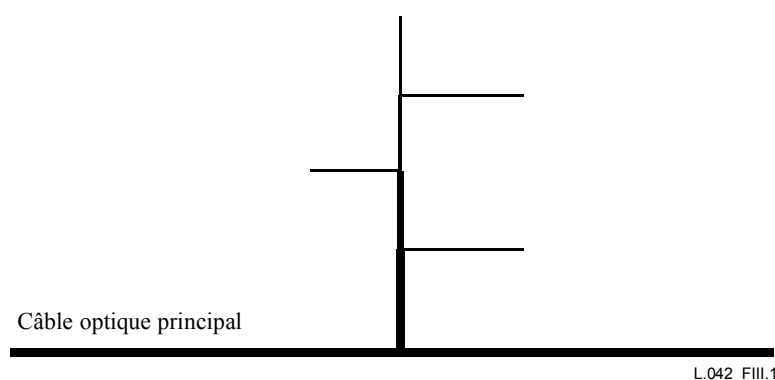


Figure III.1/L.42 – Méthode de distribution par arborescence

2) *Méthode de distribution par boucle*

Elle présente un bon rapport coût-efficacité pour les réseaux optiques de distribution (notamment dans des zones résidentielles à forte densité de population) et pour les réseaux optiques d'alimentation. Elle peut être appliquée aux blocs résidentiels formés de rangées de maisons et d'habitations isolées réparties uniformément en termes de demande. La demande de services à haut débit émanant d'utilisateurs situés en zones résidentielles s'accroît rapidement et cette méthode a l'avantage d'apporter une réponse souple en termes de réseaux optiques de distribution, même si les coûts associés aux équipements et à l'installation sont élevés.

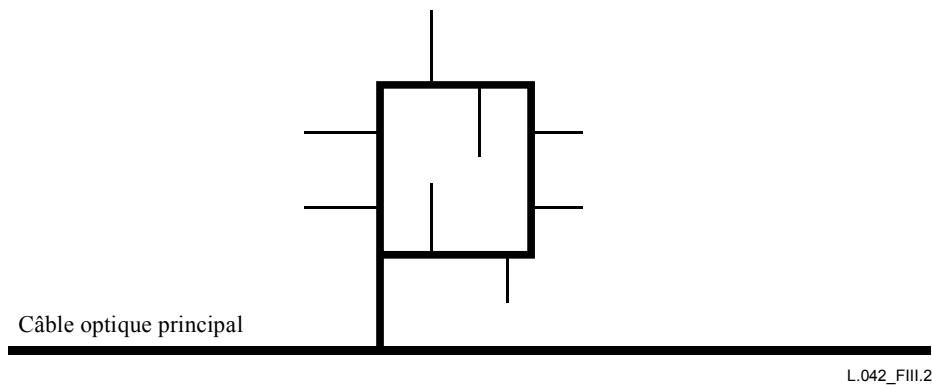


Figure III.2/L.42 – Méthode de distribution par boucle

3) *Méthode de distribution par connexion croisée*

Elle est très utile de par sa fiabilité et peut être appliquée en utilisant des coffrets à connexion croisée. Lorsque de nouveaux câbles doivent être installés pour répondre à un accroissement de la demande, les travaux d'installation sont aisés et rapides car ils peuvent être effectués hors sol dans un coffret à connexion croisée. Il est devenu difficile toutefois d'installer ces coffrets dans un lieu sûr et de les protéger du vandalisme. Appliquée à des blocs résidentiels éloignés des réseaux d'alimentation, cette méthode permet également d'obtenir un bon rapport coût-efficacité.

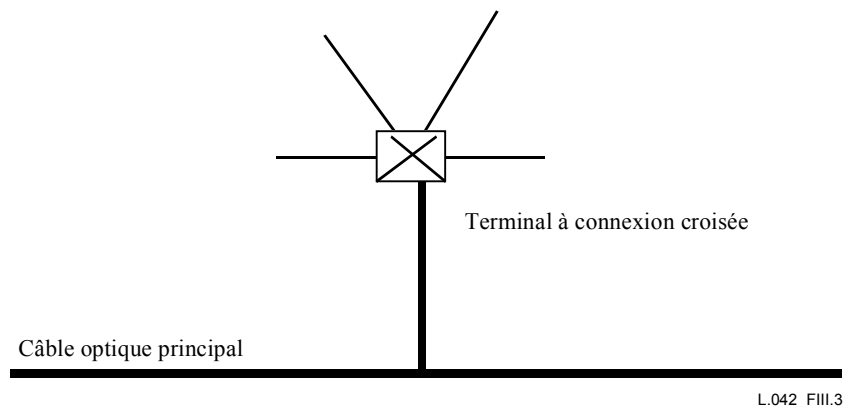


Figure III.3/L.42 – Méthode de distribution par connexion croisée

4) *Méthode de distribution par liaisons*

Des cœurs de fibres optiques communs peuvent être utilisés lorsque des demandes imprévues apparaissent en un point de distribution quelconque auquel ils sont reliés. Toutefois, si le nombre de câbles de distribution connectés s'accroît, les coûts liés aux équipements (câbles de distribution par exemple) augmenteront. Une analyse des coûts montre ainsi qu'un nombre de câbles compris entre 3 et 5 est souhaitable du point de vue économique. Elle indique également que, par rapport à la distribution par arborescence ou à la distribution par connexion croisée, la méthode de distribution par liaisons présente un avantage en termes de coûts d'au maximum 15% pour des emplacements situés à moins d'un kilomètre des réseaux d'alimentation. S'agissant du nombre de cœurs de fibres optiques gérés par un point de distribution, l'accroissement de ce nombre va dans le sens d'une solution plus économique. On appliquera donc la méthode de distribution par liaisons lorsqu'il est difficile d'installer un coffret à connexion croisée ou que les zones de distribution se trouvent à moins d'un kilomètre environ des réseaux d'alimentation.

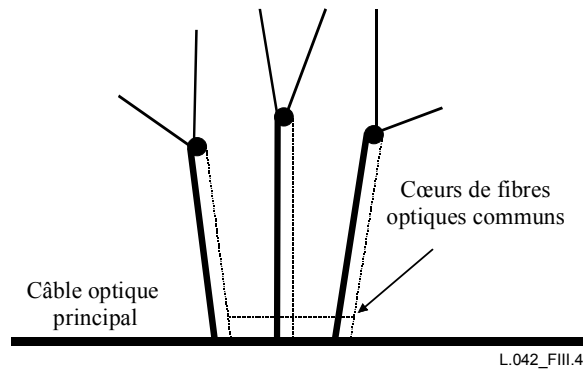


Figure III.4/L.42 – Méthode de distribution par liaisons

5) *Méthode de distribution par arborescence non limitée*

Elle offre une plus grande souplesse que la méthode de distribution par arborescence pour répondre aux nouvelles demandes et peut également être transformée si nécessaire en une distribution par boucle. Elle est donc applicable aux zones en développement dont la demande n'est pas stabilisée. Les distributions par boucle et par arborescence non limitée offrent une grande souplesse pour satisfaire aux demandes imprévues des utilisateurs sans qu'il soit nécessaire de recourir à des coffrets à connexion croisée.

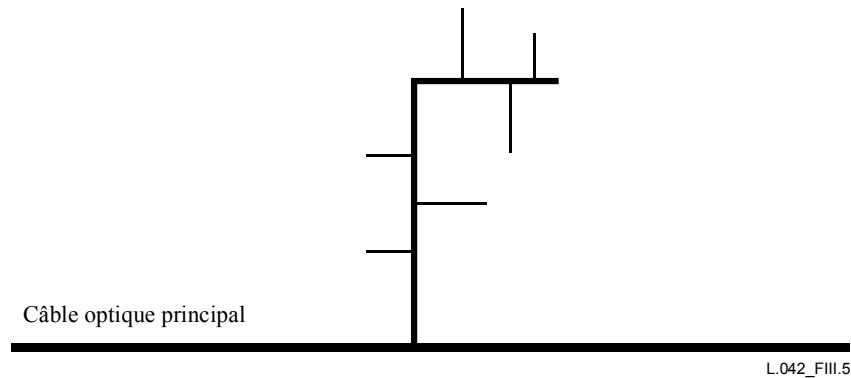


Figure III.5/L.42 – Méthode de distribution par arborescence non limitée

En outre, si l'on choisit et met en œuvre une méthode de distribution adaptée à l'environnement local, les cœurs de fibres optiques peuvent être fournis rapidement et utilisés avec efficacité en cas de besoin. Enfin, les méthodes de distribution et les lignes directrices indiquées dans la présente Recommandation pour les réseaux optiques de distribution peuvent être utilisées pour concevoir des réseaux optiques d'accès aux zones (cas de la transmission par fibres FTTH par exemple).

III.1 Nombre et taille des boucles du réseau d'alimentation

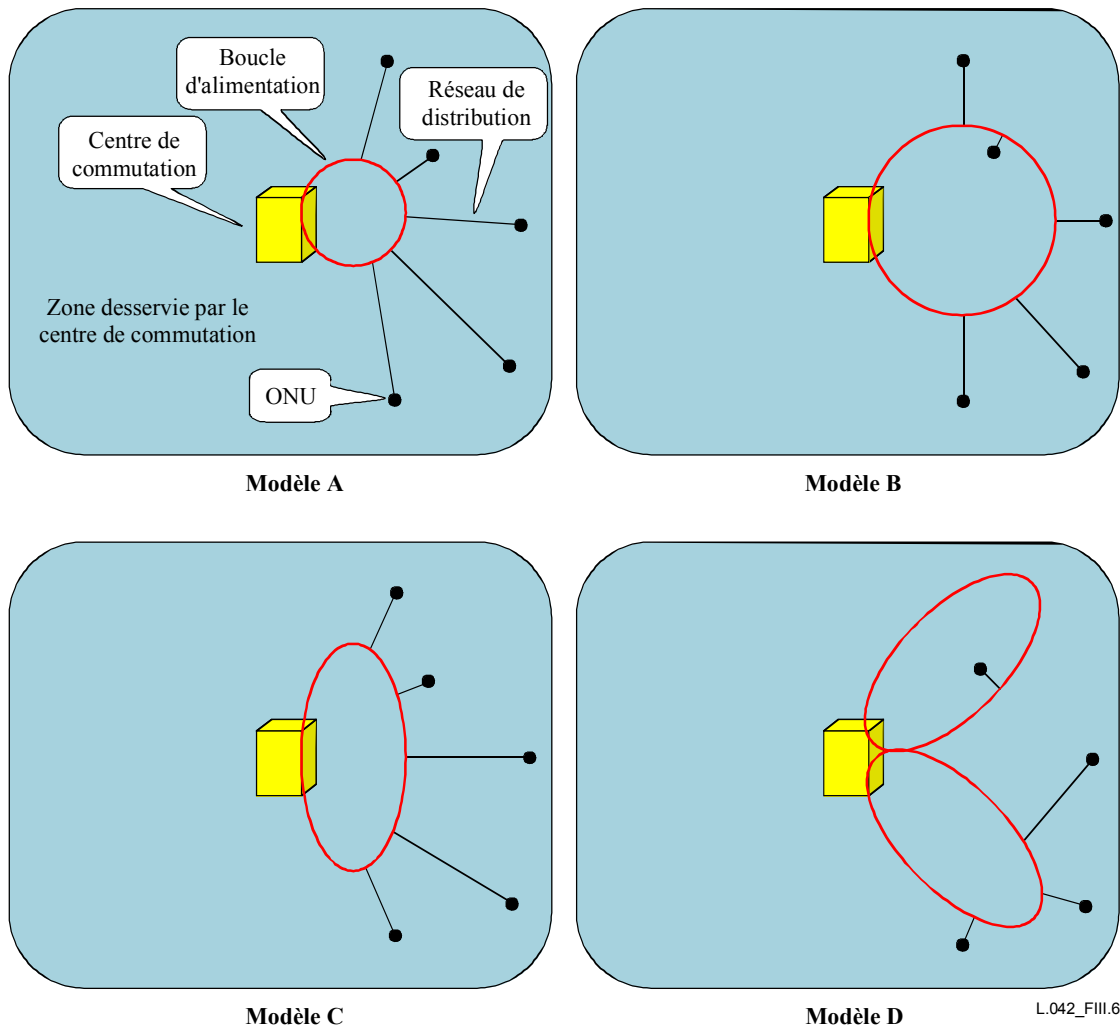
Un réseau d'accès comprend un réseau d'alimentation et un réseau de distribution. Ses coûts de construction correspondent au total des coûts de construction de ces deux réseaux. On suppose que l'optimisation du nombre et de la taille des boucles du réseau d'alimentation vise essentiellement à diminuer au maximum les coûts de construction du réseau d'accès. Il a été possible de déterminer des relations liant le nombre et la taille des boucles du réseau d'alimentation aux coûts de construction du réseau d'accès en appliquant des modèles et en procédant à des simulations (voir la Figure III.6 et le Tableau III.1). Il semble, à la lecture du Tableau III.1, qu'un compromis pourrait être trouvé entre les coûts de construction du réseau d'alimentation et ceux du réseau de distribution.

Nous supposons que la zone desservie par le centre de commutation (CC) ainsi que la boucle d'alimentation sont de forme carrée, et que ce centre se trouve au milieu de sa zone de desserte. Nous définissons la grandeur K , qui est le rapport entre (d), longueur d'un côté de la boucle d'alimentation, et (D), longueur d'un côté de la zone de desserte du centre de commutation (voir la Figure III.7). Sur la Figure III.8 sont indiqués les coûts de construction pour certaines valeurs de K et certains modèles.

Lorsque K augmente, les coûts de construction du réseau d'alimentation s'accroissent et ceux du réseau de distribution diminuent. Il ressort de l'expérience de la Corée que la valeur optimale de K pourrait être comprise entre 0,188 et 0,25 environ et que le nombre de boucles dans la zone de service pourrait être de 5 ou 6. A titre d'exemple, une zone de desserte moyenne en milieu urbain en Corée couvre une surface de 16 km², ce qui correspond à une longueur optimale de la boucle d'alimentation comprise entre 3 et 4 km environ.

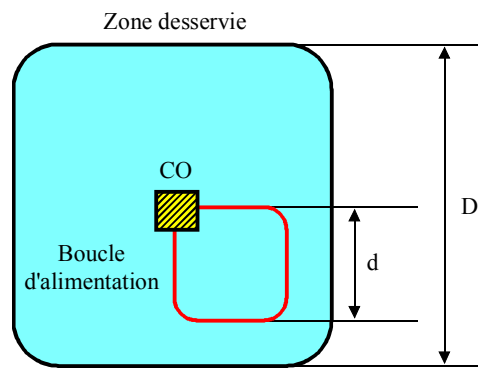
Tableau III.1/L.42 – Variation des coûts de construction en fonction du nombre et de la taille des boucles du réseau d'alimentation

		Taille d'une boucle		Nombre de boucles	
		Petite (Modèle A)	Grande (Modèle B)	Petit (Modèle C)	Grand (Modèle D)
Coûts de construction	Réseau d'alimentation	Faibles	Elevés	Nombre et taille des boucles du réseau d'alimentation	Elevés
	Réseau de distribution	Elevés	Faibles	Elevés	Faibles



L.042_FIII.6

Figure III.6/L.42 – Quelques modèles de boucles d'alimentation



$K = d/D (0,188 \sim 0,25)$

L.042_FIII.7

Figure III.7/L.42 – Rapport K entre (d), longueur d'un côté de la boucle d'alimentation, et (D), longueur d'un côté de la zone desservie par le centre de commutation

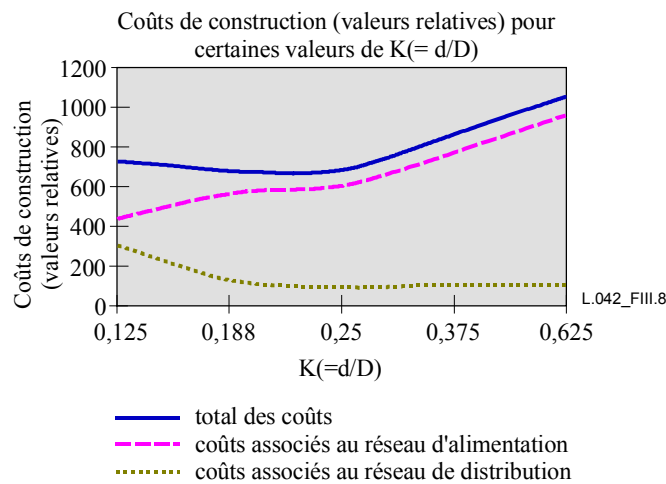


Figure III.8/L.42 – Coûts de construction (valeurs relatives) pour certaines valeurs de $K(= d/D)$

Appendice IV

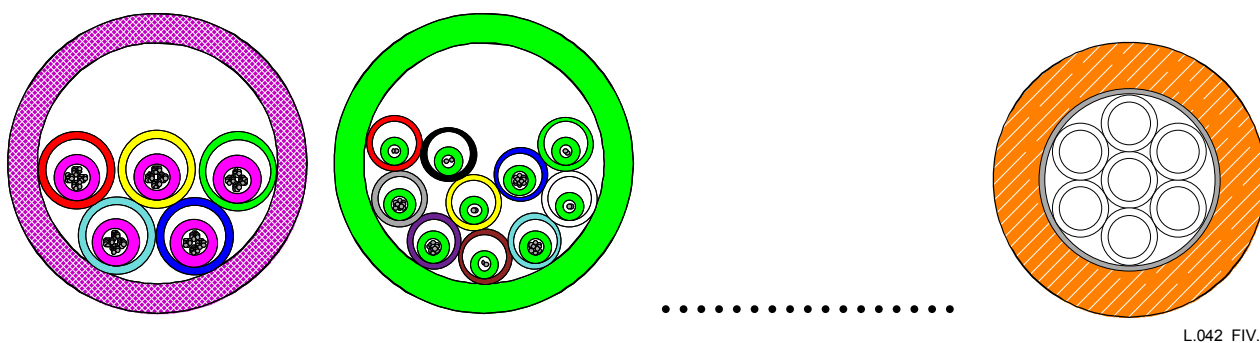
Expérience des Pays-Bas

IV.1 Introduction

On s'oriente aujourd'hui vers l'utilisation des fibres optiques dans les boucles locales. Les techniques classiques de câblage optique ne satisfont pas aux prescriptions d'installation des réseaux d'accès. Un grand nombre d'épissures et de branches doivent être installées pour relier un centre de commutation à un client (ce qui ne pose pas de problème pour les réseaux métalliques). De nouvelles techniques de câblage fondées sur des systèmes à microcâbles, à fibres soufflées et à minitubes (ou tubes de guidage) permettent de surmonter ces difficultés. Offrant la possibilité d'installer des dérivations sans recourir à l'épissurage, elles sont extrêmement souples et permettent de faire face à un accroissement de la demande. En outre, l'espace (limité) réservé aux conduits est utilisé d'une façon beaucoup plus efficace. Généralement, seule une petite partie des fibres installées est directement utilisée. Dans un tel contexte, savoir prévoir, c'est gagner de l'argent. En outre, les techniques les plus récentes en matière de fibres optiques peuvent être sélectionnées. Le présent appendice présente des solutions de câblage du réseau d'accès ainsi qu'un aperçu des techniques d'installation de conduits susceptibles de leur être associées.

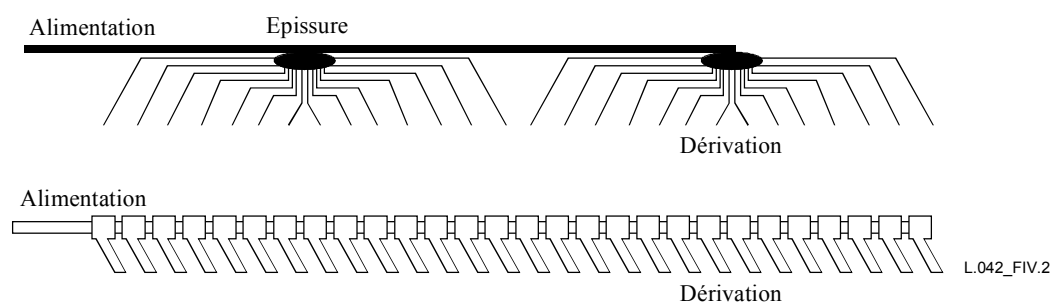
IV.2 Configurations faisant intervenir des systèmes à minitubes

Ces techniques font intervenir des bouquets, lâches ou denses, de tubes de guidage de petite taille (voir par exemple la Figure IV.1) déployés dans un réseau de conduits protecteurs (en polyéthylène, de diamètre compris entre 25 et 63 mm). Des conduits de tronçon sont déployés dans les rues et des conduits plus petits assurent la dérivation du trafic vers les abonnés (Figure IV.2). On utilise des connexions de dérivation "clipsables" peu onéreuses (Figure IV.3) ou des boîtiers de manipulation de tubes, qui peuvent être installés à tout instant et en tout lieu. Les tubes de guidage choisis, une fois reliés au moyen de simples connecteurs de type "push/pull", permettent de définir des voies entre le centre de commutation ou le point de présence (par exemple les nœuds principaux de la Figure IV.5) et les clients. Dans ces voies, on peut introduire par soufflage des câbles optiques ou des unités de fibres miniaturisés sans devoir recourir à un épissurage. Cette opération peut également être réalisée ultérieurement, lorsqu'un client demande à être connecté.



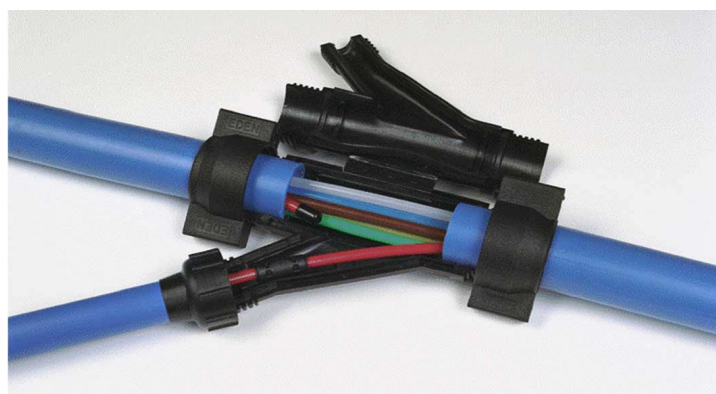
L.042_FIV.1

Figure IV.1/L.42 – Exemples de bouquets peu denses de minitubes (à gauche et au centre, pour des microcâbles comprenant respectivement 24 à 60 et 2 à 24 fibres optiques par minitube) et d'un bouquet dense (à droite, pour des fibres optiques)



L.042_FIV.2

Figure IV.2/L.42 – Structure de réseau associée à un câblage classique (figure supérieure) ou à des minitubes (figure inférieure)



L.042_FIV.3

Figure IV.3/L.42 – Connecteur de dérivation pour minitubes

IV.3 Réseaux d'accès utilisant des systèmes à minitubes

Utiliser des techniques classiques pour construire des réseaux optiques d'accès conduit à des insuffisances en termes de souplesse d'utilisation. Pour assurer le raccordement d'un câble de dérivation à un câble d'alimentation, il faut réserver une surlongueur (appelée fenêtre de découpage) dans le câble d'alimentation (voir la Figure IV.4). Cette opération est réalisée en des endroits prédéterminés bien définis, de préférence à proximité du client. Cependant, la plupart des clients ne sont pas connus à l'avance et dans la pratique, les nouveaux clients sont pour la plupart très éloignés de ces points de raccordement. Pour éviter de creuser à nouveau le long de la voie du câble d'alimentation, de nouveaux tubes sont posés en parallèle, ce qui prend beaucoup de place et coûte

cher. Pour ne pas devoir creuser à nouveau et éviter le recours excessif à des épissures lors de chaque extension du réseau, les techniques classiques prévoient également la pose initiale de l'intégralité de la longueur du câble d'alimentation, au-delà du premier client demandant à être connecté.

Le système fondé sur l'utilisation de minitubes permet de résoudre le problème susmentionné en ne faisant intervenir qu'un seul conduit de protection (de même taille que pour un câblage classique) comprenant plusieurs tubes de guidage de petite taille, ce qui diminue l'espace de tranchée nécessaire. Des clients peuvent être connectés au réseau à tout moment et, lorsque des connecteurs de dérivation "clipsables" sont utilisés, en tout lieu. Aucune fenêtre de découpage n'est nécessaire. En outre, un niveau d'épissurage est supprimé (voir la Figure IV.5) sur le réseau et il suffit d'installer les fibres dont le raccordement a fait l'objet d'un paiement. Lorsque de nouveaux clients se manifestent au-delà du tronçon installé, il suffit de "clipser" sur ce dernier un nouveau tronçon, ce qui autorise le passage d'un nouveau câble sans devoir procéder à un épissurage.

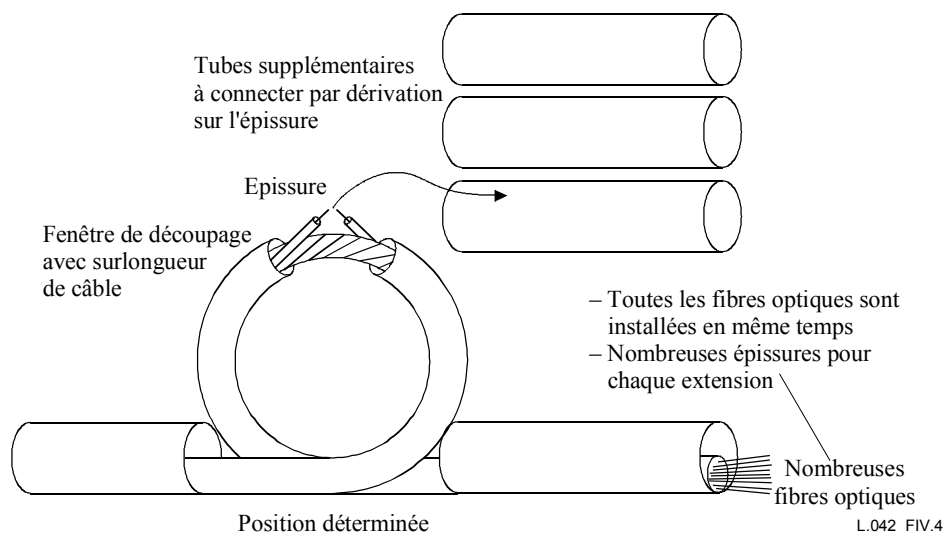


Figure IV.4/L.42 – Point d'épissurage avec surlongueur de câble dans le cadre d'un câblage optique classique

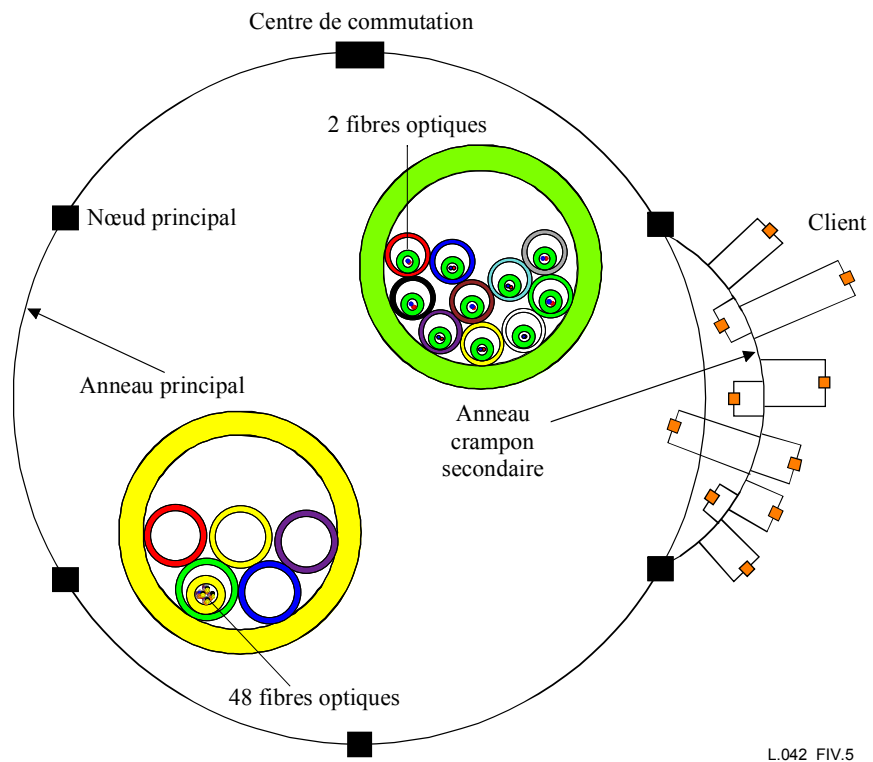


Figure IV.5/L.42 – Exemple de réseau à redondance utilisant un câblage par minitubes destiné à des professionnels

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	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie 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, protocole Internet et réseaux de nouvelle génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication