

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R F.1332-1
(05/1999)

Transport de signaux à fréquence radioélectrique par fibres optiques

Série F
Service fixe



Union
internationale des
télécommunications

Avant-propos

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

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

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

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

Séries des Recommandations UIT-R

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

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

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

Publication électronique
Genève, 2011

© UIT 2011

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

RECOMMANDATION UIT-R F.1332-1*,**

TRANSPORT DE SIGNAUX À FRÉQUENCE RADIOÉLECTRIQUE
PAR FIBRES OPTIQUES

(1997-1999)

Champ d'application

La présente Recommandation traite du transport de signaux à fréquence radioélectrique par fibres optiques. Le texte initial a fait l'objet de nombreuses adjonctions, notamment le concept de système radioélectrique hybride avec fibres optiques (HFR) (*hybrid fibre-radio system*). Des informations sur le système HFR ont été ajoutées, en particulier sur la configuration du système, l'application de service et la technique de transmission à des fréquences intermédiaires. En outre, la technique de compression du niveau de signal est mise en oeuvre en vue d'améliorer l'excursion dynamique de la liaison optique.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les fibres optiques sont largement utilisées dans les réseaux d'abonnés ou pour le câblage interne des bâtiments;
- b) que le transport de signaux à fréquence radioélectrique par fibres optiques peut être appliqué aux liaisons d'accès des stations de base radioélectriques dans de nombreuses applications hertziennes;
- c) qu'on peut attendre les avantages suivants de l'utilisation des systèmes radioélectriques hybrides avec fibres optiques (HFR, *hybrid fibre-radio*):
 - simplification de l'équipement des antennes distantes et réduction des coûts de maintenance et d'exploitation, grâce à une utilisation intensive de modulateurs et de démodulateurs et d'autres équipements fonctionnels dans une terminaison de ligne optique en tête d'un système d'alimentation optique;
 - efficacité d'utilisation de la largeur de bande spectrale disponible sur la liaison radioélectrique;
- d) que la technique précitée permet de réduire le volume d'équipement de la station de base radioélectrique;
- e) que la technique précitée présente des avantages en matière de maintenance et d'exploitation,

recommande

- 1 qu'il soit fait référence à la Fig. 1 pour la configuration de base d'un système HFR dans lequel les signaux à fréquence radioélectrique sont transportés directement par les fibres optiques;
- 2 qu'il soit fait référence au Tableau 1 pour la description des applications possibles pour le service fixe utilisant un système HFR;
- 3 que, pour l'exploitation dans les bandes des hautes fréquences, supérieures à environ 10 GHz, on choisisse la fréquence centrale d'un modulateur dans les bandes des fréquences intermédiaires;
- 4 qu'il soit fait référence à la Fig. 2 pour la configuration de référence d'un système HFR entre les nœuds de service et les réseaux installés chez les abonnés, en accord avec la configuration de référence des réseaux d'accès optiques définis dans la Recommandation UIT-T G.983. Pour assurer l'interfonctionnement des systèmes, on a défini une liaison d'accès radioélectrique hybride avec fibres optiques entre les points de référence V et T ou entre l'interface des nœuds de service et l'interface réseau-utilisateur, liaison qui comprend les modules fonctionnels suivants:
 - terminaison de ligne optique, réseau de distribution optique et antenne distante (Partie 1) dans la partie distribution optique; et
 - antenne distante (Partie 2), support radio de dérivation et antenne de terminaison de réseau dans la partie dérivation.

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 15 de la normalisation des télécommunications.

** La Commission d'études 5 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en décembre 2009 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

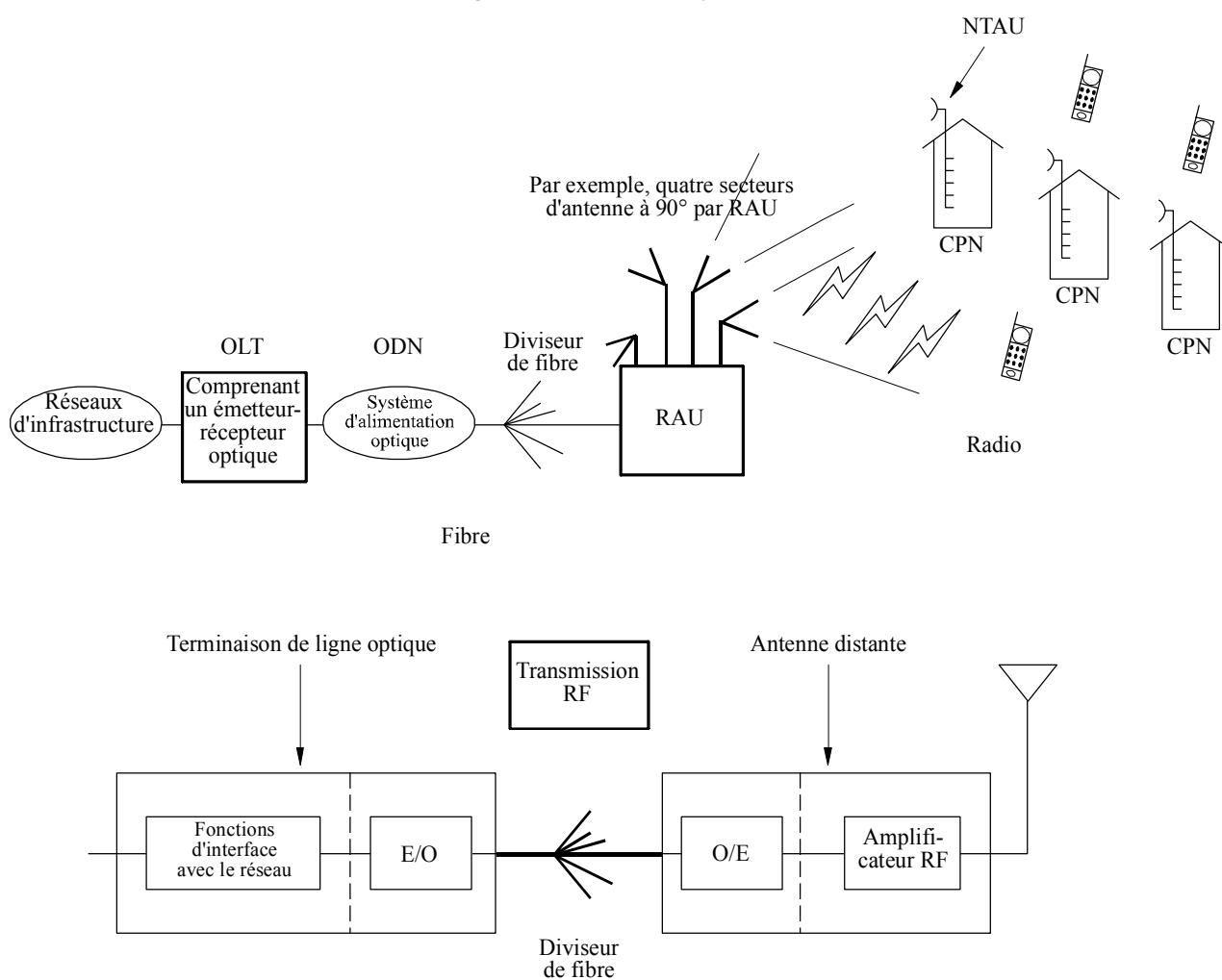
Pour assurer la compatibilité transversale du système (à mi-portée), il est recommandé de mettre en œuvre des points de référence additionnels (interfaces) à l'intérieur de la liaison d'accès radioélectrique hybride avec fibres optiques:

- des points de référence optiques: O_1 entre la terminaison de ligne optique et le réseau de distribution optique, O_r entre le réseau de distribution optique et l'antenne distante (conformément à la Recommandation UIT-T G.982);
- des points de référence radioélectriques: R_1 entre l'antenne distante et le support radio de dérivation, R_2 entre le support radio de dérivation et l'antenne de terminaison de réseau;

5 que, pour la conception des systèmes HFR, on mette en pratique les informations techniques données dans l'Annexe 1 pour obtenir des indications supplémentaires dans l'application de la présente Recommandation.

FIGURE 1

Configuration de base d'un système HFR



Voir le § 2 de l'Annexe 1 pour les abréviations.

TABLEAU 1

Applications possibles pour le service fixe utilisant des systèmes HFR

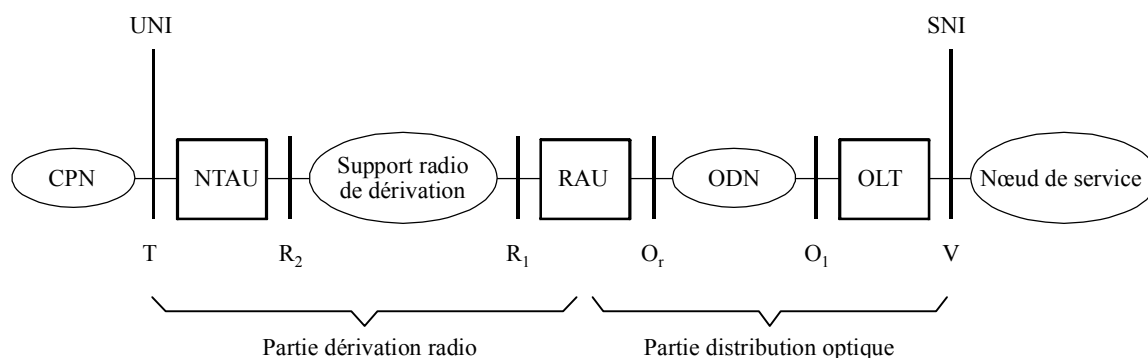
Zone de service	A l'intérieur des bâtiments	A l'extérieur des bâtiments	
Application	RLAN	AHF	Service transportable
Terminal d'utilisateur	Module LAN	Terminal de système cellulaire pour terminal point à point/ point à multipoint (utilisation fixe)	Terminal transportable pour vidéo/données/voix
Fréquences radioélectriques possibles ⁽¹⁾	Ondes décimétriques/ centimétriques/millimétriques	Ondes décimétriques/ centimétriques/millimétriques	Ondes centimétriques/ millimétriques
Technique d'accès dans la liaison radioélectrique	AMRT-AMRC-AMRF	AMRT-AMRC-AMRF	AMRT-AMRC-AMRF

⁽¹⁾ Ondes décimétriques: 300-3 000 MHz
 Ondes centimétriques: 3-30 GHz
 Ondes millimétriques: au-dessus de 30 GHz.

Voir le § 2 de l'Annexe 1 pour les abréviations.

FIGURE 2

Configuration de référence d'une liaison d'accès HFR



Voir le § 2 de l'Annexe 1 pour les abréviations.

F.1332-02

ANNEXE 1

1 Introduction

Pour les futurs services (interactifs) à large bande, les fibres optiques seront utilisées à grande échelle dans les réseaux d'abonnés, mettant ainsi en œuvre le concept de la fibre jusqu'au point de concentration (FTTC), de la fibre jusqu'au bureau (FTTO) ou de la fibre jusqu'au domicile (FTTH). D'un autre côté, les clients souhaiteront peut-être recourir aux divers services fournis par différents réseaux d'infrastructure également dans des applications hertziennes, en raison d'une demande et d'une concurrence croissantes, de l'absence de largeur de bande disponible ou d'une mise en œuvre rapide et rentable. Parmi ces applications, citons l'AHF, les terminaux transportables pour données/ vidéo/voix et les ordinateurs personnels transportables utilisés pour les modules des réseaux locaux hertziens (RLAN). Pour répondre efficacement à ces demandes, il y aura lieu de mettre en service des systèmes HFR dans lesquels les signaux à fréquence radioélectrique sont transmis directement par des fibres optiques.

La présente Annexe expose le principe de base et le fondement technique de ces systèmes HFR.

2 Abréviations

AHF	accès hertzien fixe
AMRC	accès multiple par répartition en code
AMRF	accès multiple par répartition en fréquence
AMRT	accès multiple par répartition dans le temps
C/N	rapport porteuse/bruit (<i>carrier-to-noise-ratio</i>)
CAG	commande automatique de gain
CPN	réseau installé chez l'abonné (<i>customer premises network</i>)
DRT	duplex par répartition dans le temps
E/O	convertisseur électrique-optique (<i>electric-to-optic conversion</i>)
FI	fréquences intermédiaires
FTTC	fibre jusqu'au point de concentration (<i>fibre to the curb</i>)
FTTH	fibre jusqu'au domicile (<i>fibre to the home</i>)
FTTO	fibre jusqu'au bureau (<i>fibre to the office</i>)
HFR	système radioélectrique hybride avec fibres optiques (<i>hybrid fibre-radio</i>)
IM	intermodulation
LAN	réseau local (<i>local area network</i>)
MF	modulation de fréquence
NTAU	antenne de terminaison de réseau (<i>network termination antenna unit</i>)
ODN	réseau de distribution optique (<i>optical distribution network</i>)
O/E	convertisseur optique-électrique (<i>optic-to-electric conversion</i>)
OLT	terminaison de ligne optique (<i>optical line termination</i>)
RAU	antenne distante (<i>remote antenna unit</i>)
RF	fréquence radioélectrique (<i>radio-frequency</i>)
RLAN	réseau local hertzien (<i>radio local area network</i>)
SCM	multiplexage de sous-porteuses (<i>subcarrier multiplex</i>)
SEFA	extraction du signal et aménagement des fréquences (<i>signal extraction and frequency arrangement</i>)
SLC	compression du niveau de signal (<i>signal level compression</i>)
SNI	interface de nœud de service (<i>service node interface</i>)
UNI	interface utilisateur-réseau (<i>user network interface</i>)

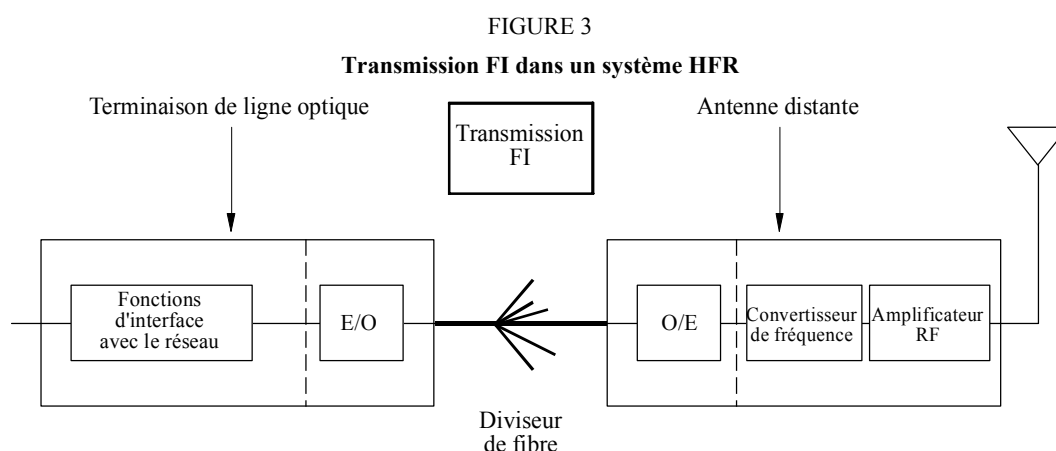
3 Configuration de base des systèmes HFR

Les Fig. 1 et 2 montrent qu'un système HFR se compose d'une OLT, d'un ODN, d'une RAU, d'une NTAU et de liaisons radioélectriques à fibres optiques entre ces stations. Un tel système peut former une infrastructure pour des réseaux d'accès qui fournissent des services hertziens au réseau installé chez l'abonné, qui peut comprendre de nombreux terminaux différents.

Dans un équipement radionumérique classique, on installe généralement un modulateur/démodulateur et un amplificateur de puissance dans une même station. En revanche, dans les systèmes HFR, l'OLT et la RAU intègrent de nombreuses fonctions d'intraréseautage qui sont le plus souvent utilisées pour plusieurs RAU (voir la Fig. 1) selon le coefficient de division du réseau ODN. Comme exemples de fonctions d'intraréseautage, citons les fonctions de modulation/démodulation, de multiplexage/démultiplexage, de commande et de correction d'erreur, les dernières

fonctions étant nécessaires surtout en raison d'une qualité de transmission plus mauvaise (par rapport à celle de la transmission par fibres optiques) de la liaison radioélectrique. Dans le système représenté à la Fig. 1, il faut mettre en œuvre dans de nombreux cas une technique d'accès multiple pour satisfaire les demandes de trafic adressées vers l'amont émanant d'un grand nombre de terminaux client. L'OLT a aussi pour fonction de gérer la technique d'accès en utilisant efficacement le spectre des fréquences. En pareils cas, la relation entre l'OLT et la RAU équivaut à celle des systèmes radioélectriques du type point à multipoint pour les réseaux d'abonnés. Si les signaux à fréquence radioélectrique sont déjà transportés dans le mode optique sur l'ODN, l'ensemble des fonctions susmentionnées se trouvent localisées dans l'OLT et les RAU reliées à l'OLT sont maintenues de petites dimensions et de conception simple (voir la partie inférieure de la Fig. 1).

Il existe toutefois une limite supérieure, pour des raisons d'ordre technique, à la fréquence radioélectrique pouvant être transmise par des fibres optiques; cette limite est imposée par la vitesse de fonctionnement du convertisseur E/O (et O/E). Dans les cas où l'on a besoin d'un convertisseur E/O (et O/E) à bonne efficacité en termes de coût pour la mise en œuvre des systèmes HFR, une transmission FI pourrait être indiquée car ce convertisseur E/O (et O/E) fonctionne dans les bandes FI. Après transmission sur la liaison en fibre optique, les porteuses FI sont converties en fréquences radioélectriques dans la RAU (voir la Fig. 3).



F.1332-03

Autre raison pour recourir à la transmission FI, le filtrage d'un seul canal de transmission radioélectrique (d'une largeur de bande de plusieurs dizaines de MHz) est bien plus facile et moins coûteux dans la gamme FI, ce qui permet de choisir les canaux dans chaque RAU. Dans ce cas, seules les données pertinentes seront envoyées d'une RAU particulière même si le système d'alimentation optique comprend un réseau de distribution optique passif. Dans le cas contraire, la largeur de bande limitée de l'élément hertzien du support de transmission partagé serait gaspillée. Si le filtrage des canaux FI/RF n'est pas possible, les RAU individuelles pourraient également être traitées au moyen de fonctions d'acheminement optique dans le système d'alimentation optique conjointement avec les fonctions de filtre optique à l'intérieur de la RAU ou au moyen d'une ligne d'alimentation par fibres optiques point à point pour rendre la RAU encore moins complexe. L'acheminement optique ou la liaison par fibres optiques point à point peuvent également être nécessaires en raison de taux de trafic élevés, vu qu'une RAU doit desservir plus de 10 000 abonnés avec des services à large bande de plus en plus nombreux dans un avenir lointain.

4 Application des systèmes HFR

La Fig. 4 illustre deux applications particulières des systèmes HFR. Dans la Fig. 4a), une RAU joue le rôle de module central pour un RLAN fonctionnant dans chaque bureau d'une entreprise, tandis que l'OLT gère l'affectation des voies radioélectriques utilisées par toutes les RAU. La Figure met en évidence les avantages suivants des systèmes HFR:

- la quantité d'équipement diminue dans une RAU, en raison de la séparation entre le modulateur/démodulateur et l'amplificateur de puissance. Cela simplifie le choix des emplacements pour les RAU;
- les équipements de l'OLT sont concentrés dans une seule salle; ce sont les interfaces de réseau et les modules de service qui fournissent le service vocal, le service numérique par paquets, etc. De ce fait, les travaux de maintenance et de remplacement de tel ou tel équipement peuvent être faits efficacement et rapidement.

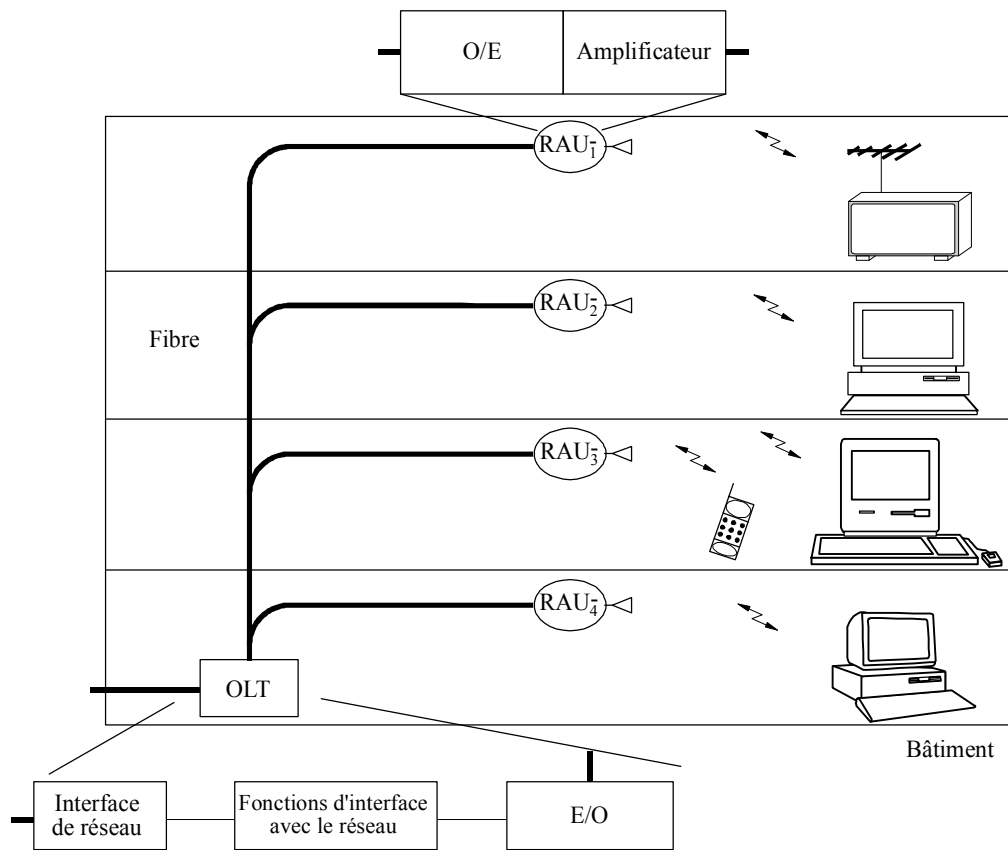
La Fig. 4b) donne un exemple d'applications en dehors des bâtiments. Une RAU fournit une liaison d'accès hertzien à un certain nombre d'habitations situées dans une zone de service. L'OLT a pratiquement les mêmes fonctions que dans les systèmes mis en œuvre à l'intérieur des bâtiments et on peut s'attendre à bénéficier aussi dans cette application, des avantages signalés plus haut. Dans les systèmes classiques, l'équipement radioélectrique est généralement installé sur un pylône élevé, ce qui présente inévitablement des dangers dans les travaux de maintenance. Or, ces travaux peuvent être considérablement réduits dans les systèmes HFR.

Cette application à l'extérieur des bâtiments est considérée comme étant une extension hertzienne sur les derniers 100 m (ou dans certains cas les derniers 10 m) de la fibre jusqu'au domicile (FTTH). Si les bandes d'ondes millimétriques supérieures à 30 GHz peuvent être exploitées à cet effet, le système HFR pourra avoir une capacité aussi élevée que 150 à 600 Mbit/s par porteuse. Chaque rayon de la zone d'une RAU est supposé être de l'ordre de 300 m, le but étant d'améliorer l'efficacité d'utilisation des fréquences et de réduire la puissance d'émission.

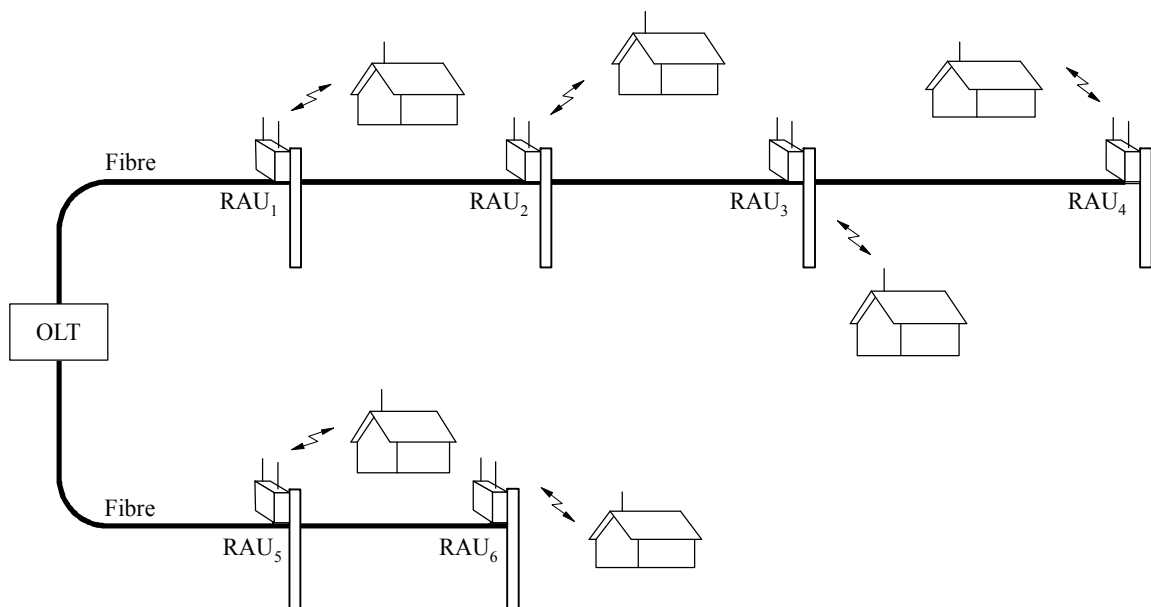
Lorsque l'on utilise des ondes millimétriques, il convient de prendre en compte l'affaiblissement dû à la pluie. La CAG à la station de base (RAU) constitue une contre-mesure efficace notamment sur la liaison montante (NTAU vers RAU), vu que le bruit produit dans la partie fibres optiques peut très bien être supprimé par le signal RF d'entrée d'un niveau constant.

FIGURE 4

Exemples d'applications mettant en œuvre des systèmes HFR



a) Application intérieure



b) Application extérieure

5 Exemples de mise en œuvre

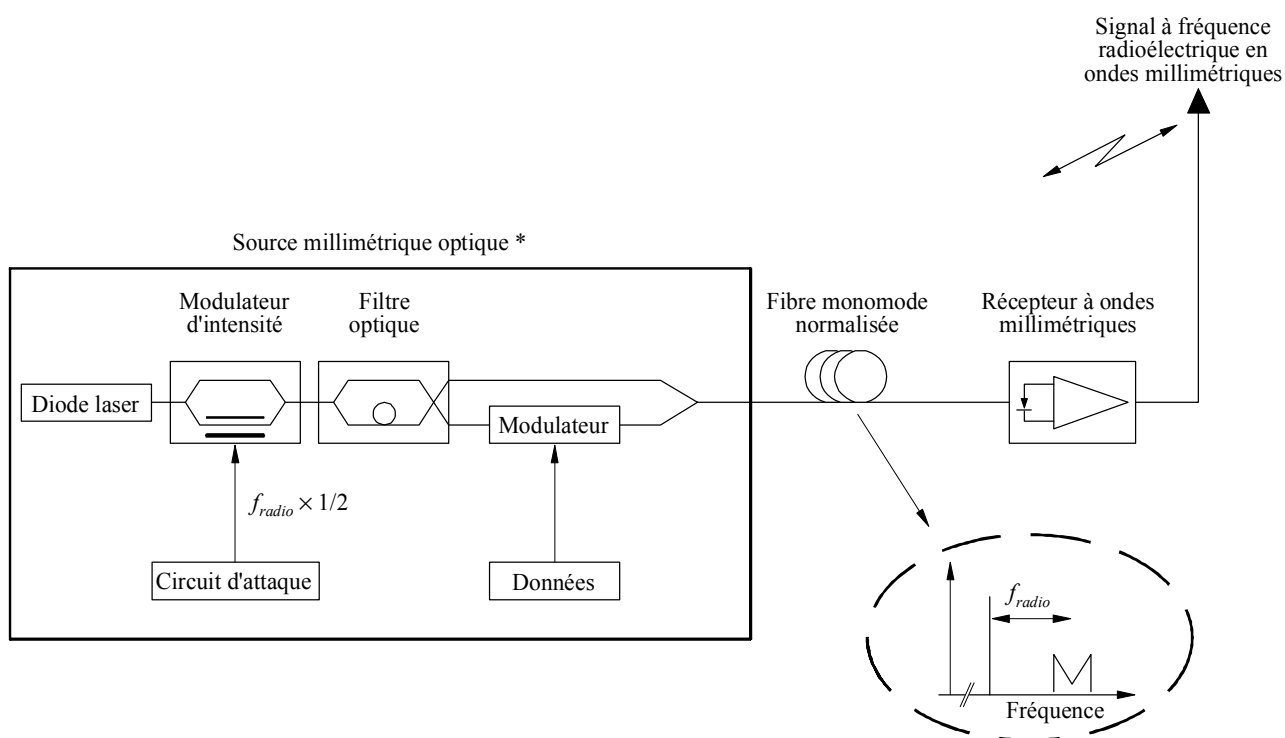
Dans les systèmes HFR, on applique généralement une technique de multiplexage de sous-porteuses (SCM). Du côté du convertisseur E/O, plusieurs signaux de sortie des modulateurs, avec des fréquences différentes, sont multiplexés dans le combineur. Ensuite, le signal combiné, composé de plusieurs sous-porteuses, module directement la diode laser. De cette façon, les sous-porteuses peuvent être transmises simultanément par la fibre optique. La diode laser produit un signal optique modulé dont l'intensité est proportionnelle au courant électrique d'entrée. La fréquence maximale est limitée par les caractéristiques de la diode laser.

En sens inverse, une photodiode placée dans le convertisseur O/E convertit la puissance optique reçue en puissance électrique, avec une réponse linéaire. Chaque voie radioélectrique désirée est isolée après la photodétection.

La modulation directe de la diode laser avec le signal RF combiné limite la longueur de la ligne d'alimentation à fibres optiques en raison des pertes optiques et de la dispersion chromatique. Le premier facteur peut être suffisamment compensé au moyen d'un amplificateur optique. On peut remédier au problème causé par le deuxième facteur en appliquant le principe de l'hétérodynage dans lequel deux porteuses optiques séparées par la fréquence radioélectrique sont transportées par des fibres (voir la Fig. 5). Dans ce cas, une porteuse optique fait office d'oscillateur local pour l'application de la technique hétérodyne dans la RAU et l'autre porteuse achemine le flux d'information. Cette méthode permet de mettre en œuvre jusqu'à 100 km de ligne d'alimentation, selon les débits de données et la qualité de la transmission. En outre, dans ce cas, la fréquence radioélectrique n'est pas limitée par la largeur de bande de modulation de la diode laser. Néanmoins, l'utilité de cette technique d'hétérodynage avec source millimétrique dépend des caractéristiques du filtre optique.

FIGURE 5

Source d'ondes millimétriques hétérodyne (source double fréquence, modulation à double bande latérale)

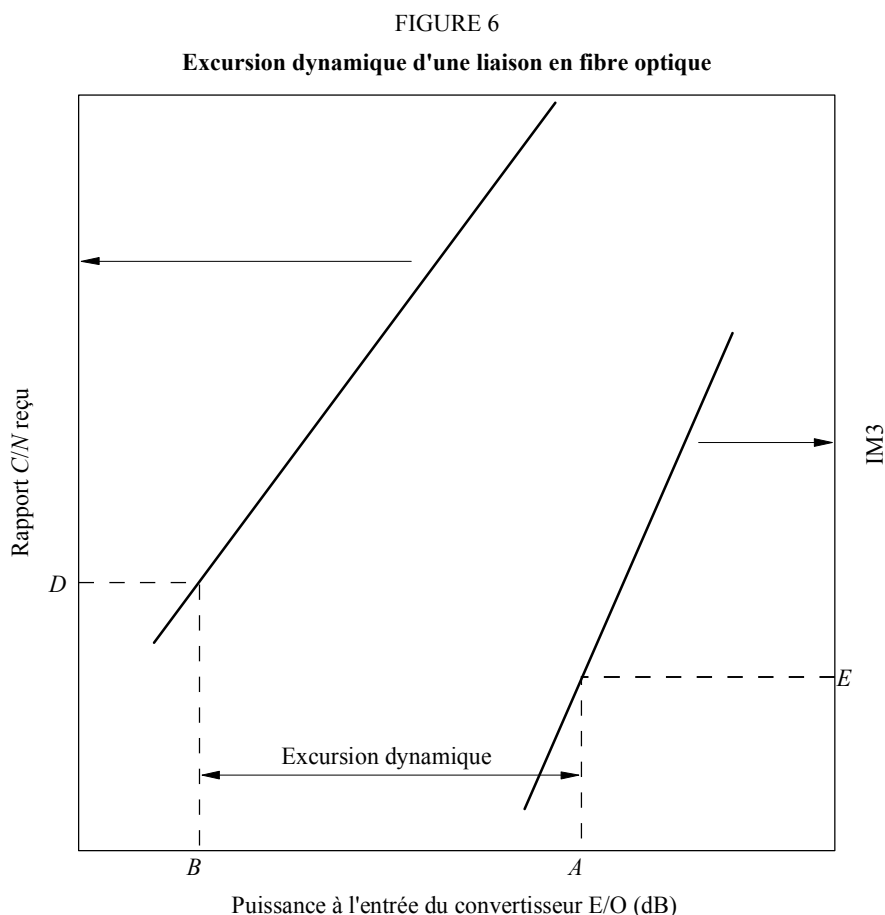


* Voici un exemple de mise en œuvre de source millimétrique optique. D'autres modèles sont possibles, par exemple les techniques de verrouillage par courant d'injection de la diode laser.

Pour les applications extérieures avec microcellules, la puissance du signal reçu subit un évanouissement lent ou peu profond; elle diminue selon la loi bien connue de l'inverse de la quatrième puissance entre une RAU et un terminal hertzien. Lorsqu'un terminal mobile n'est plus en position de visibilité directe, le signal reçu décroît brusquement du fait de l'affaiblissement par diffraction.

En règle générale, le récepteur d'une RAU reçoit deux signaux ou davantage, dont les niveaux sont très différents; il est donc difficile de choisir un gain adéquat pour tous les signaux. Un système HFR doit par conséquent avoir une grande portée dynamique sur la liaison montante (de la RAU à l'OLT). C'est ce qu'on appelle un problème d'adaptation à la distance. La dynamique est limitée par le bruit et par le fonctionnement non linéaire de l'ensemble de la liaison. Il est important de remédier à la non-linéarité des dispositifs optiques et de l'équipement radioélectrique.

La limite supérieure du niveau à l'entrée du convertisseur E/O est déterminée en grande partie par la non-linéarité de ce convertisseur. Dans la Fig. 6, le niveau d'entrée A produit le niveau maximum admissible, E , de IM3. Par ailleurs, la limite inférieure du niveau à l'entrée du convertisseur E/O dépend de la valeur requise du rapport C/N , D correspondant au niveau B . Dans ce cas, l'excursion dynamique du convertisseur E/O est définie par $(A - B)$ dB.



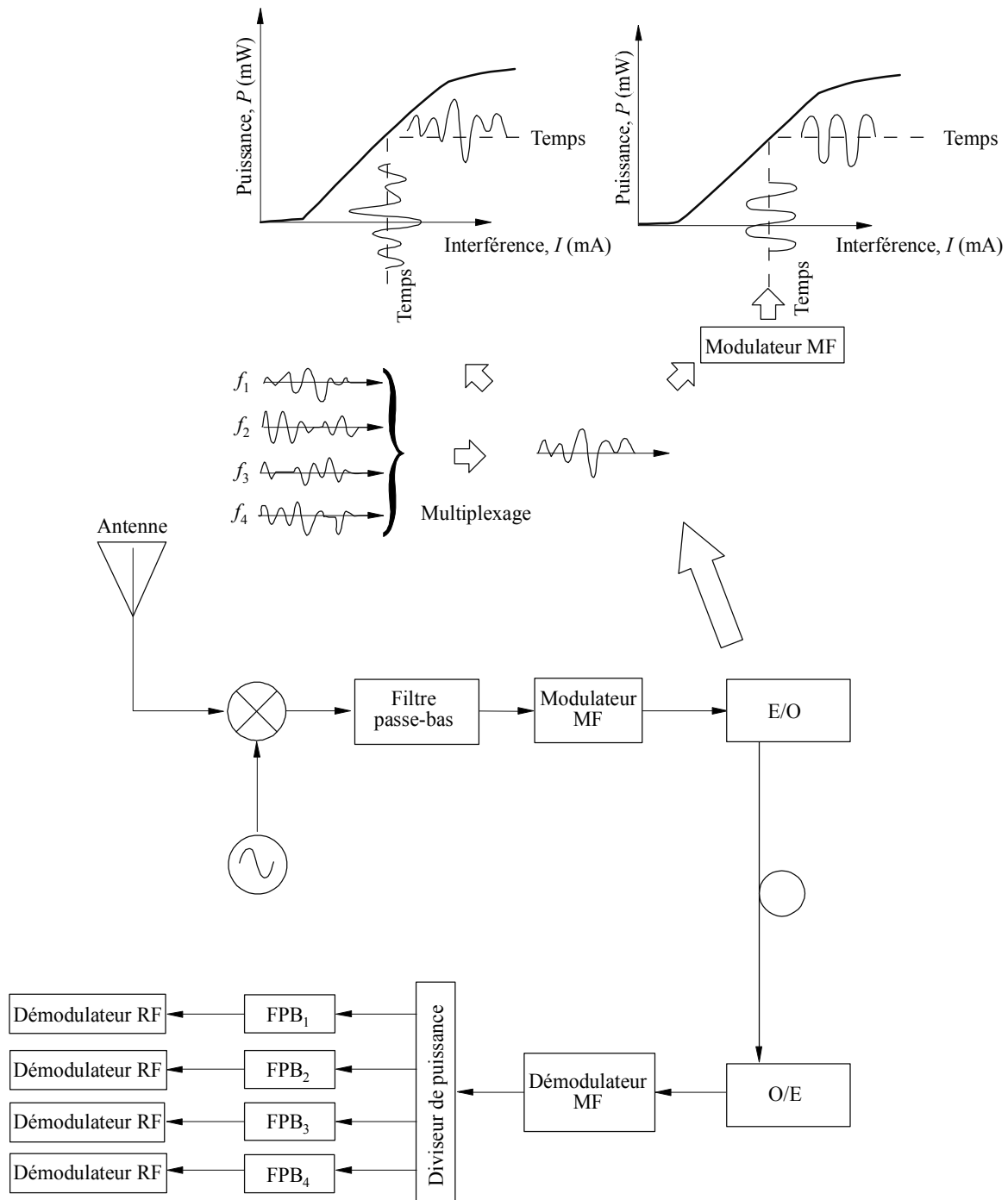
D : valeur requise du rapport C/N (niveau de seuil)
 E : niveau maximal admissible de IM3

F.1332-06

On a proposé une technique améliorée, avec un modulateur MF, pour augmenter l'excursion dynamique. Cette méthode est illustrée schématiquement par la Fig. 7. Dans la méthode classique, la porteuse à faible niveau risque d'être affectée par le brouillage IM3 dû à la non-linéarité. En revanche, un modulateur MF permet de maintenir constant le niveau de signal à l'entrée du convertisseur E/O. La valeur de crête du courant d'injection de la diode laser demeure presque constante, bien que la largeur de spectre du signal MF varie avec la fréquence maximale et la tension de crête du signal de modulation.

FIGURE 7

Illustration schématique de la technique MF dans la liaison montante



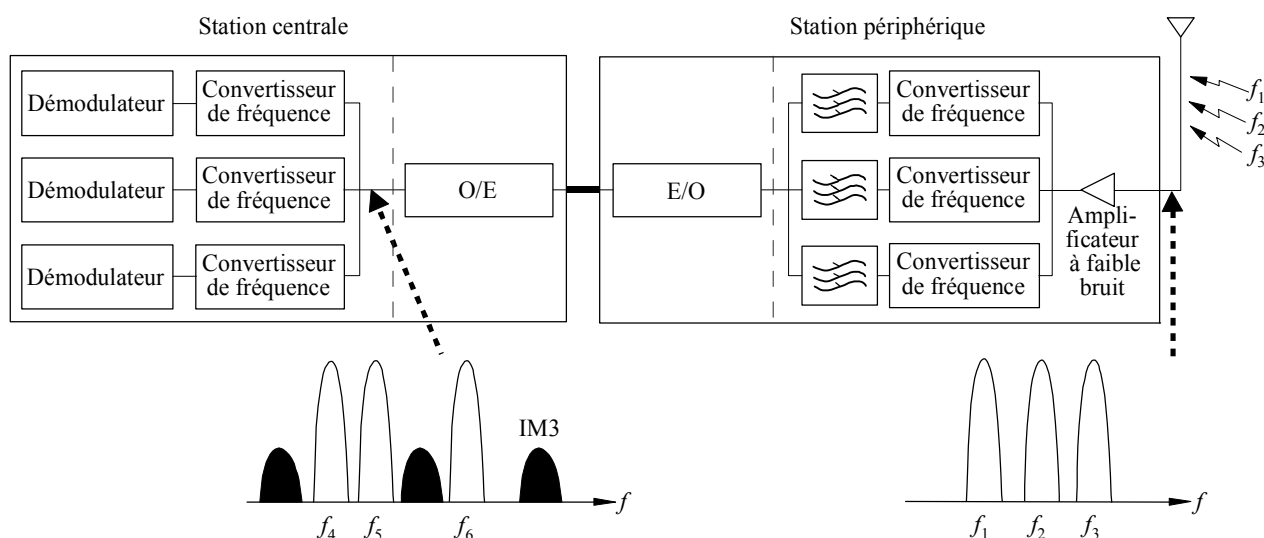
FPB: filtre passe-bande

F.1332-07

La Fig. 8 illustre une autre technique qui a été proposée pour augmenter l'excursion dynamique: c'est la technique d'extraction du signal et d'aménagement des fréquences (SEFA) sur la fibre. Les signaux non désirés provenant d'autres cellules sont éliminés avant la modulation optique. En extrayant les signaux désirés, de fréquences f_1, f_2 et f_3 dans la RAU, et en remplaçant ces fréquences par f_4, f_5 et f_6 respectivement, on empêche le signal IM3 à deux fréquences ($2f_2 - f_1$) de brouiller le signal f_3 . La diode laser est modulée par les signaux dont la fréquence a été changée. Bien entendu, la puissance de chaque signal extrait peut être réglée par une CAG ou par un limiteur. Etant donné qu'on peut négliger la non-linéarité de la diode laser, la technique SEFA permet d'accroître l'indice de modulation optique, conduisant à l'amélioration du rapport C/N .

FIGURE 8

Principe de la technique SEFA

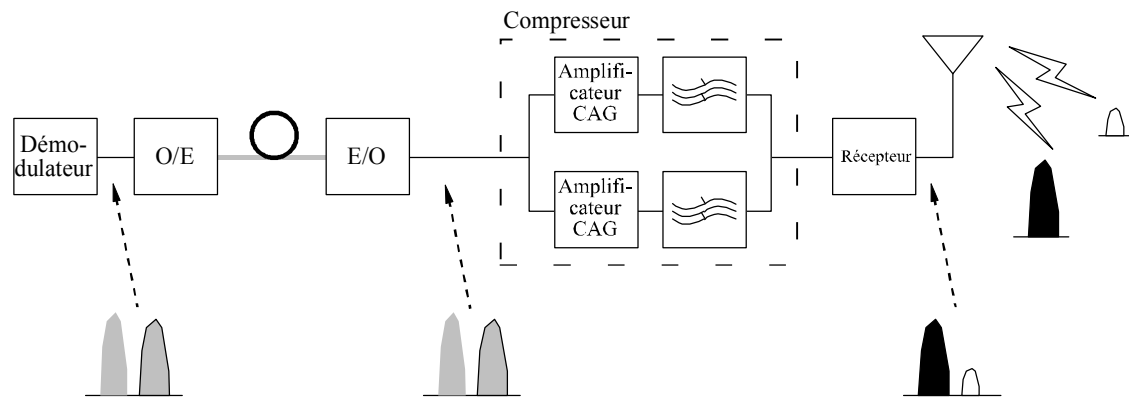


F.1332-08

Il faut déterminer les pertes optiques admissibles, y compris les pertes dans les connecteurs optiques, pour faire en sorte d'atteindre la qualité souhaitée en matière de rapport C/N total, en fonction des diverses méthodes de modulation radioélectrique. Un des paramètres clés est le retard de transmission sur la fibre entre une OLT et les RAU, notamment dans les systèmes AMRT-DRT. Ce retard est d'environ $5 \mu\text{s}/\text{km}$ dans une fibre monomode conforme aux dispositions des Recommandations UIT-T G.652, UIT-T G.653 ou UIT-T G.655. Pour les deux sens de transmission d'une liaison, le retard peut dépasser l'intervalle de garde entre les instants d'émission et de réception.

Il a été proposé d'appliquer la technique de compression du niveau de signal (SLC) pour améliorer l'excursion dynamique de la liaison optique, comme le montre la Fig. 9. Dans cette technique, le compresseur, qui est constitué d'amplificateurs CAG ou de limiteurs et de filtres passe-bande, est placé en tête du convertisseur E/O. Le gain le plus élevé du compresseur pourrait être ajusté si un signal de plus faible niveau est reçu par l'antenne. Le rapport C/N reçu par le convertisseur O/E est fortement tributaire du niveau à l'entrée du convertisseur E/O qui équivaut au gain du compresseur. Le gain élevé du compresseur atténue l'effet du facteur de bruit produit sur la liaison optique par des pertes optiques et un facteur de bruit dans le récepteur optique. L'utilisation de la technique SLC améliore donc le rapport C/N au niveau du convertisseur O/E pour les signaux de faible niveau reçus par les antennes. Elle permet également de réduire le niveau minimum à l'entrée du convertisseur E/O pour le rapport C/N requis et d'améliorer l'excursion dynamique. En outre, on s'attend à une amélioration de l'excursion dynamique obtenue en associant la technique SLC avec la technique SEFA, étant donné que le niveau IM3 maximum admissible causé par l'intermodulation n'est pas pris en compte, comme indiqué ci-dessus.

FIGURE 9
Technique de SLC sur la liaison montante



- Signaux reçus par l'antenne (faible niveau)
- Signaux reçus par l'antenne (niveau élevé)
- Signaux transportés par fibres optiques