

**Une Brève Description**  
**des**  
**Systèmes de Commutation et de Transmission**

Mr. G. Moumoulidis, OTE



**UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS**  
**INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION**  
**UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**





## SOMMAIRE

- 1. Introduction**
- 2. Systèmes de commutation**
  - 2.1 Généralités
  - 2.2 *Systèmes de commutation division d'espace.*
  - 2.3 *Systèmes de commutation division de temps - Système numériques*
    - 2.3.1 *Environnement analogique t*
    - 2.3.2 *Environnement numérique*
  - 2.4 *Spécification de centre*
- 3. Système de gain de paires d'abonné**
  - 3.1 *Historique*
  - 3.2 *Applications des systèmes de gain de paires*
  - 3.3 *Concentrateur de ligne*
  - 3.4 *Spécification de concentrateur de ligne*
- 4. Unité d'abonnés Distants**
- 5. Systèmes de Transmission**
  - 5.1 *Introduction*
  - 5.2 *Transmission à fréquence vocale*
    - 5.2.1 *Généralités*
    - 5.2.2 *Câble multipaire*
  - 5.3 *Multiplexage à division de fréquence*
    - 5.3.1 *Transporteurs de câble ouvert*
    - 5.3.2 *Transporteurs des systèmes multipaires*
  - 5.3. *Propriétés techniques nécessaires pour la planification de réseau*
  - 5.4 *Modulation par impulsion et codage*
  - 5.5 *Câbles coaxiaux*
    - 5.5.1 *Données historiques*
  - 5.6 *Câbles à fibres optiques*
    - 5.6.1 *Introduction*
    - 5.6.2 *Application au réseau de jonction*
    - 5.6.3 *Application au réseau interurbain*
  - 5.7 *Ligne de vue de liaison micro-onde*
  - 5.8 *Systèmes multiplex*
    - 5.8.1 *Système PCM Multiplex*
    - 5.8.2 *Système Multiplex FDM*

## 1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons traiter, brièvement les spécifications des systèmes de commutation et de transmission qui sont nécessaires pour la planification de réseaux. Les caractéristiques techniques des postes téléphoniques ne seront pas considérées.

Dans un appel téléphonique, les itinéraires entre l'abonné et les centres et entre centre à centre constituent les itinéraires de transmission. La Figure 1 est une représentation schématique des installations (postes téléphoniques, itinéraires de transmission et systèmes de commutation) engagées dans un appel.

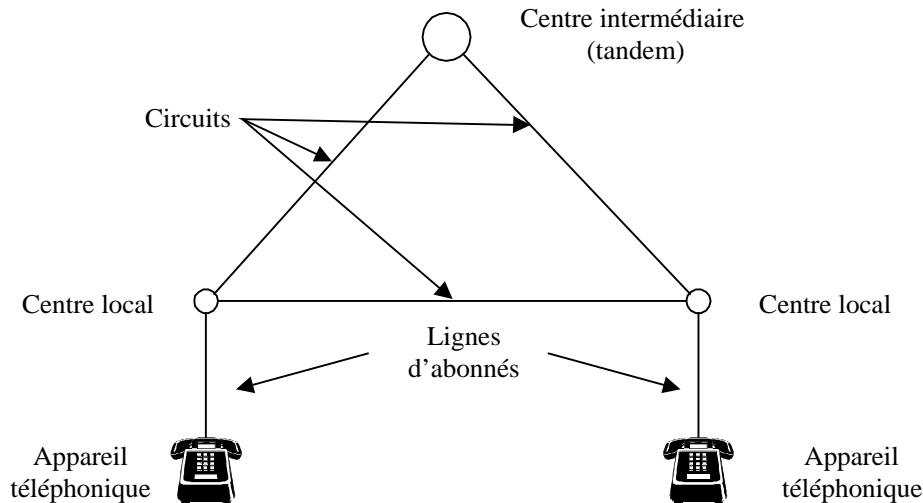


Figure 1

Malgré la variété des systèmes de commutation utilisés, nous allons voir seulement les caractéristiques générales communes des systèmes électromécaniques (conventionnels) et SPC numériques. Quand aux installations de transmission, seules les plus communes, utilisées, seront considérées.

## 2. SYSTEMES DE COMMUTATION

### 2.1 Généralités

La fonction de base de tout système de commutation est d'interconnecter les itinéraires de communication. Les deux groupes essentiels qui sont connues pour tous les systèmes de commutation et qui sont :

- réseaux de commutation formé de moyens de commutation individuels utilisés pour relier les itinéraires;
- une section de contrôle pour opérer le mieux les équipements de commutation au bon moment

Le type de réseau de commutation le plus commun est le réseau à division dans l'espace (SPC ou électromécanique) dans lequel les itinéraires de paroles sont physiquement séparés.

Les derniers systèmes numériques de commutation SPC utilisent les réseaux à division dans le temps dans lesquels plus qu'une conversation peut partager le même chemin physique.

### 2.2 Système de commutation par division dans l'espace

Dans ce type de systèmes de commutation il y a des systèmes conventionnels et électroniques SPC. Les deux systèmes ont plus ou moins les mêmes blocs principaux. Les différences principales peuvent être détectées du fait que les composants des centres SPC sont presque électroniques et le processus d'appel est contrôlée par une partie centrale qui est un ordinateur, souvent appelée un processeur de données.

Dans les vieux centres électromécaniques (systèmes strowger) le contrôle est fait d'une manière directe. Les commutateurs sont contrôlés par l'utilisation de pulsation à partir du cadran de l'abonné et sont guidés vers les bons contacts.

Dans les centres électromécaniques modernes (systèmes à contrôle commun) le contrôle est accompli par un équipement spécial plus ou moins centralisé, agissant rapidement. Cet équipement peut être de type à relais, comme dans beaucoup de systèmes crossbar.

La Figure 2 est une représentation schématique d'un système de commutation à division.

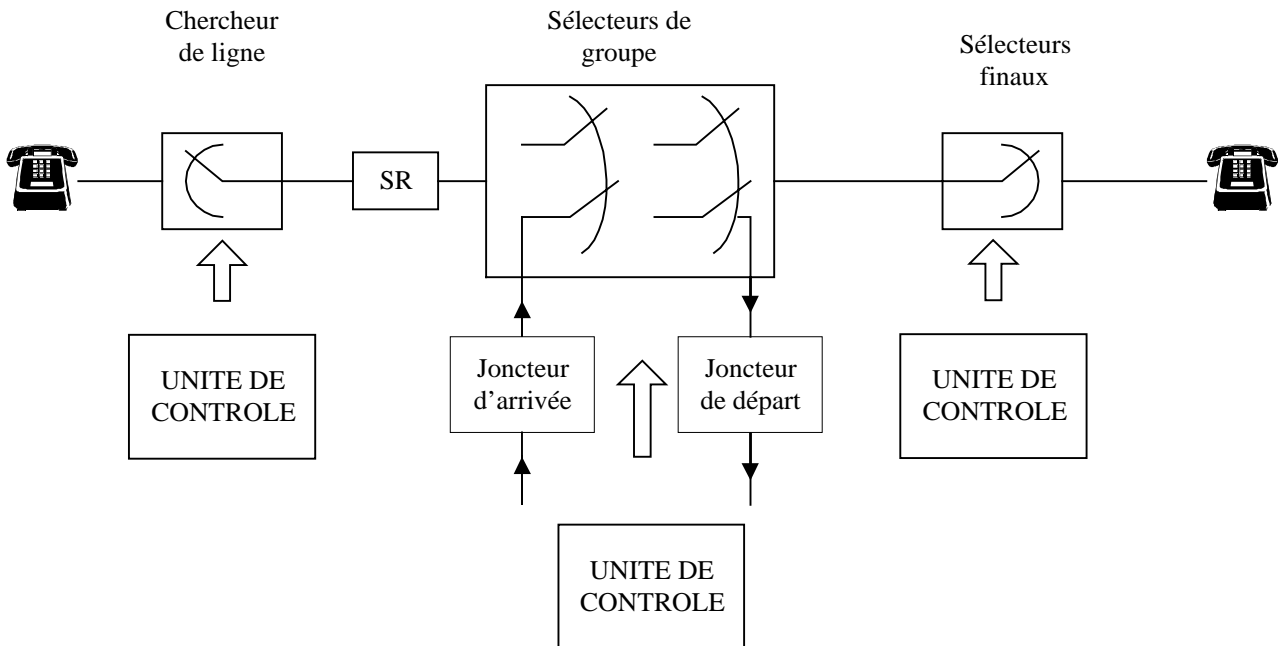


Figure 2

La fonction principale de:

- détecteur de ligne est de détecter l'abonné appelant et d'assurer le courant d'alimentation;
- sélecteur de groupe est de relier les chemins des différentes directions;
- joncteurs de départ et d'arrivée est pour interfacer le circuit selon les différents types de signalisation;
- la sélection finale est l'étage final des deux derniers digits jusqu'à ce que l'abonné demandé soit trouvé;
- dispositif de contrôle est de contrôler les systèmes de commutation.

Les stades au-dessus peut être détecté en tous les types de systèmes de commutation (conventionnel ou SPC).

### 2.3 Système de commutation à division dans le temps - Systèmes Numériques

Les sélecteurs de groupe sont de type numérique qui peuvent être facilement connectés à l'environnement PCM, il est bien évidemment possible de connecter le centre au réseau analogique avec FDM ou transmission à fréquence vocale. Comme c'est dit dans le paragraphe précédent, les stades principaux d'un centre analogique plutôt résumés sont aussi distingués ici.

#### 2.3.1 *Environnement Analogique*

La Figure 3 montre un diagramme en bloc d'un central numérique connecté à l'environnement analogique. Puisque l'environnement est analogique, on a besoin des convertisseurs PCM analogique/numérique, afin que les signaux de et vers le centre soient numériques. Pour les systèmes Européens, les spécifications PCM, CEPT (taux 2048 bits) sont utilisées. Selon les joncteurs ils sont de type conventionnel. Le signal est manipulé par des émetteurs de code (CS) et des récepteurs de code (CR) d'une manière conventionnelle. Les signaux à partir d'autres centres sont extraits des l'ensemble des lignes relais et multiplexées à l'intérieur du système de contrôle, alors que les signaux vers d'autres centres sont injectés dans l'ensemble des lignes à relais par le système de contrôle.

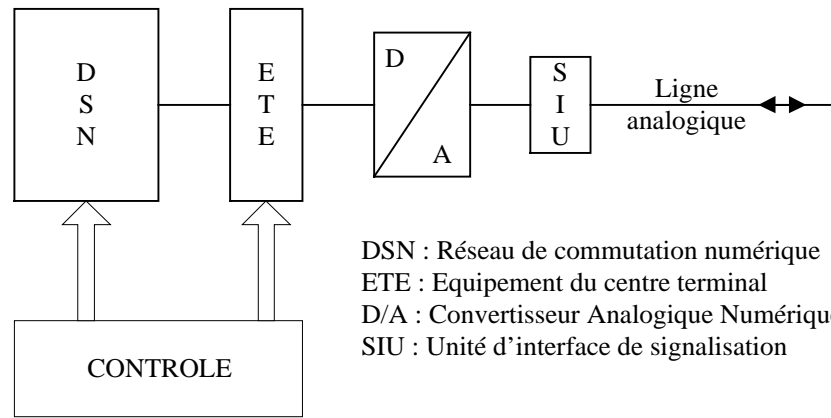


Figure 3

### 2.3.2 Environnement Numérique

La Figure 4 montre un diagramme en bloc d'un central numérique relié à l'environnement numérique. Les différences essentielles entre celui-là et l'environnement analogique est que dans l'environnement numérique, la conversion d'analogique en numérique n'est plus nécessaire.

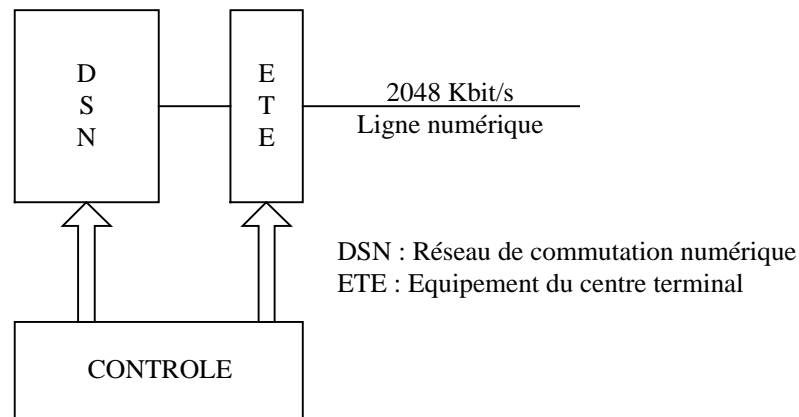


Figure 4

En ce qui concerne la signalisation, le canal commun de signalisation est utilisé. L'information dans le canal de signalisation (intervalle de temps 16) peut être extrait ou injecté directement par le centre terminal avant la commutation, ou pris via le réseau de commutation.

Les stades communs aux environnements analogique et numérique sont :

- Réseau de commutation numérique. Le réseau de commutation accomplit la commutation entre les signaux multiples dans le temps. Il consiste en les composants électroniques numériques.
- Centre terminal. Le but de ce centre est d'arranger les intervalles de temps, venant de différents multiplexeurs PCM, en phase avec les intervalles de temps du centre;
- Contrôle régional et central. Le but de cette unité est d'accomplir le contrôle du système avec un certain type de système processeur. Le contrôle régional s'occupe des fonctions fréquentes et simples, alors que le contrôle central manipule les fonctions plus compliquées.

## 2.4 Spécifications de centre

Nous allons tracer toutes les spécifications de centre qui sont exigées dans la planification de réseau. Pour toutes sortes de centre dans le réseau, c'est à dire local, tandem et transit, les données nécessaires sont citées ci-dessous:

- nom du centre;
- tandem / transit supérieur;
- type de système de commutation (exemple, strowger-EMD);
- type d'accessibilité (complet ou restreint).

Les autres types de données, concernant aussi les systèmes de commutation, qui doivent être fournies, sont:

- qualité de service;
- les exigences de transmission et de signalisation;
- principes d'acheminement;
- coût marginal du commutateur.

Pour le centre dont la disponibilité est réduite, ceci doit être défini:

- les disponibilités possibles;
- le nombre d'issues par sélecteur de groupe;
- le nombre maximum de routes sortantes.

## 3. SYSTEMES DE GAIN EN PAIRES D'ABONNES

### 3.1 Historique

Dans les années récentes, le coût du système de gain en paires d'abonnées, c'est à dire, le système qui aide L abonnés à être servi par K ( $L > K$ ) paires de câbles, a baissé considérablement en comparaison avec le câble. En plus, les frais d'exploitation, associés avec un réseau en boucle, entièrement en câble, ont augmenté avec le coût de la main d'oeuvre, surtout dans les zones où le mouvement d'abonnés est élevé et où la croissance est incertaine. Pour ces raisons, l'application de systèmes de gain en paires est devenue d'une importante considération dans la conception d'équipement de boucle.

La structure de base d'un système de gain en paires d'abonné est illustrée schématiquement dans la Figure 5.

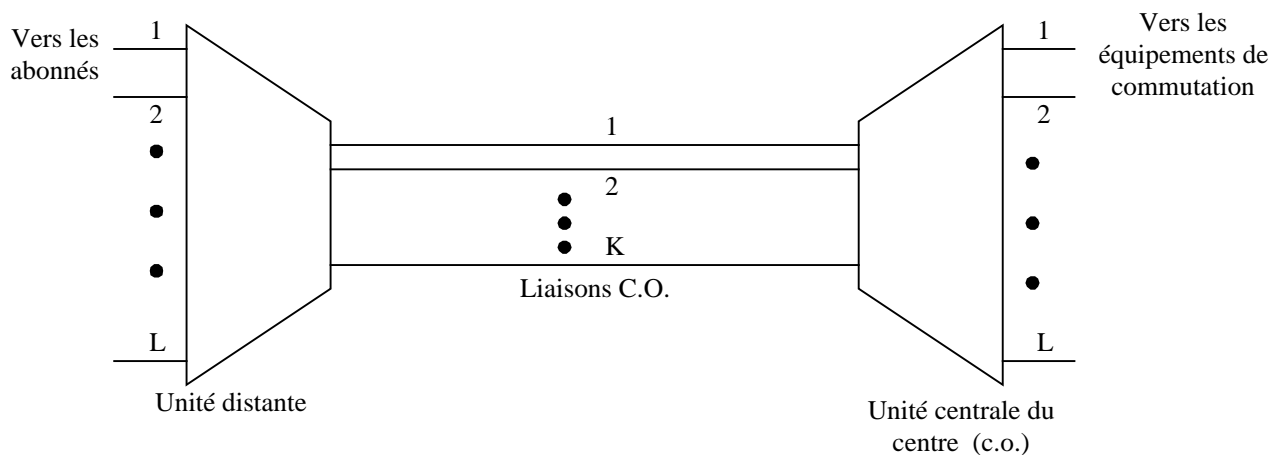


Figure 5

Le système consiste en une unité d'office central (CO), située dans le bâtiment de l'office central, et une unité lointaine, située dans le domaine. Un nombre donnée, L, d'abonnés sont branchés à l'unité lointaine par des paires de câbles individuelles qui vont être appelées lignes. L'unité lointaine est reliée à l'unité CO par K paires de câbles ( $K < L$ ), qui vont être appelées liaisons CO. L'unité CO convertit efficacement les K liaisons en L lignes à l'office central. Le gain en paires qui est défini comme la différence  $L - K$  est la réduction nette des besoins en paires de câbles accomplies par le système de gain en paires.

Il y a deux approches de base pour accomplir les systèmes de gain en paires:

- Les systèmes porteurs, division par multiplexage dans l'espace et dans le temps. Ces systèmes sont utilisés pour dériver la voix additionnelle et les canaux de signalisation sur chaque liaison de CO. Par exemple, l'unique canal porteur dérive une seconde ligne à partir d'une ligne individuelle ( $K = 1, L=2$ ).
- Concentrateur de lignes. Par exemple, le type 27/6 aide 27 abonnés à être reliés sur 6 paires au CO ( $K = 6, L = 27$ ).

### 3.2 Application des systèmes de gain en paires:

Les systèmes de gain de paires épuisent le besoin en paires de câbles d'abonnés, et ainsi, l'application évidente de gain en paire est une alternative de câble additionnel. Pourtant, la résolution d'une politique économique pour l'application de gain en paires n'est pas simplement une question de décider lequel utiliser, le gain en paires ou le câble.

Considérez une route qui connaît une croissance et dont sa capacité actuelle est épuisée. N'importe laquelle des alternatives suivantes peut être appropriée:

- (1) Placez un nouveau câble.
- (2) Placez un système, ou plus, de gain en paires, utilisant les câbles existants comme liaisons.
- (3) Placez, initialement, un système de gain de paires, ou plus, utilisant le câble existant comme liaisons. Quand ces systèmes sont épuisés, supprimez les et placez un câble nouveau.

L'alternative (3) est appelée une solution temporaire de gain en paires dans laquelle le câble de secours est différé, mais une fois il est placé, le gain en paires est enlevé. Partant généralement, le coût du système de gain de paires, par rapport au câble, doit être moins cher pour justifier (2) plutôt que (3). Cette (2) est répandue principalement sur les longues routes rurales alors que (3) est plus caractéristique pour les applications suburbaines.

### 3.3 Concentrateur de ligne

Un concentrateur de ligne est essentiellement un équipement de commutation. Les liaisons entre l'unité lointaine et l'unité central peuvent être des lignes physiques ou des canaux porteurs multiplex.

Un concentrateur de lignes utilise une combinaison partagée dans laquelle un certain nombre de canaux d'entrée partagent un plus petit nombre de canaux de sortie selon la demande. Par conséquent, il n'est pas possible d'avoir tous les abonnés du concentrateur, utilisant les téléphones simultanément. Pour cette raison, le trafic de départ à partir des abonnés joue un rôle important dans la planification et l'utilisation des concentrateurs pour essayer d'assurer que les liaisons sont disponibles quand c'est nécessaire.

Le nombre d'abonnés qui peuvent être servi par un concentrateur dépend aussi du type de service fourni. Par exemple un système concentration avec une congestion de 1 % à l'heure chargée pour servir 96 partie individuelle, dans certaines conditions de trafic, on peut seulement accommoder 72 deux-parties-de lignes.

Pour minimiser le nombre de paires de câble entre un emplacement distant et l'office centrale, il est possible pour un système concentrateur d'inclure une technique de multiplexage, transmettant plus d'un signal sur la même canal de transmission. Par exemple un concentrateur de ligne qui exige 30 paires de câbles peut desservir le même nombre d'abonné avec 4 paires seulement si le concentrateur est utilisé en conjonction avec un système PCM à 30 voies.

En général, les demandes de services entre deux abonnés appartenant an même concentrateur sont accomplies par l'équipement de l'office central, même s'il y a des concentrateur créés pour servir le trafic interne des abonnés sans le contrôle de l'office central. Pendant la planification des concentrateurs de lignes, les résistances de boucles entre l'unité de l'office central et l'unité distante devrait être considérée. Il faut aussi faire attention à ce que la résistance de boucle maximale permise ne soit pas dépassée pour aucun abonné .

Un concentrateur de ligne bien dimensionné ne dégradera le service d'aucune sorte. Pour cela, pour déterminer si un concentrateur de ligne peut être utilisé avantagement ou non, il suffit d'étudier l'aspect économique.

### 3.4 Spécification de concentrateur de ligne

Pour les concentrateurs de lignes, les données suivantes doivent être fournies:

- type et nom du concentrateur de ligne;
- nombre maximum d'abonnés qui peuvent être servis pour le type spécifique;
- coût marginal pour une ligne d'abonné;
- coût marginal pour une liaison;
- nombre maximum de liaisons nécessaires.

#### 4. UNITE D'ABONNES DISTANTS

L'application de l'unité d'abonnés distants (RSU) est la même que pour les systèmes de gain en paires d'abonnés. Les RSU sont des équipements numériques électroniques créés pour être reliés aux centres numériques SPC. Ces unités sont des étages d'abonnés distants, c'est à dire l'étage d'abonnés des centres est extrait du centre et installé près des abonnés.

La taille des RSU varie de quelque centaines à quelques milliers de lignes. La taille optimale dépend des facteurs technologiques et géographiques tel que la distribution de densité d'abonnés.

A cause des grandes capacités des RSU, l'installation nécessite le bâtiment, l'alimentation local d'énergie et l'équipement de contrôle. Les liaisons entre la RSU et le centre de rattachement doit être uniquement PCM, puisque les signaux de voix traités sont numériques. La figure 6 (a, b) montre des connexions typiques du centre local d'abonnés et la RSU.

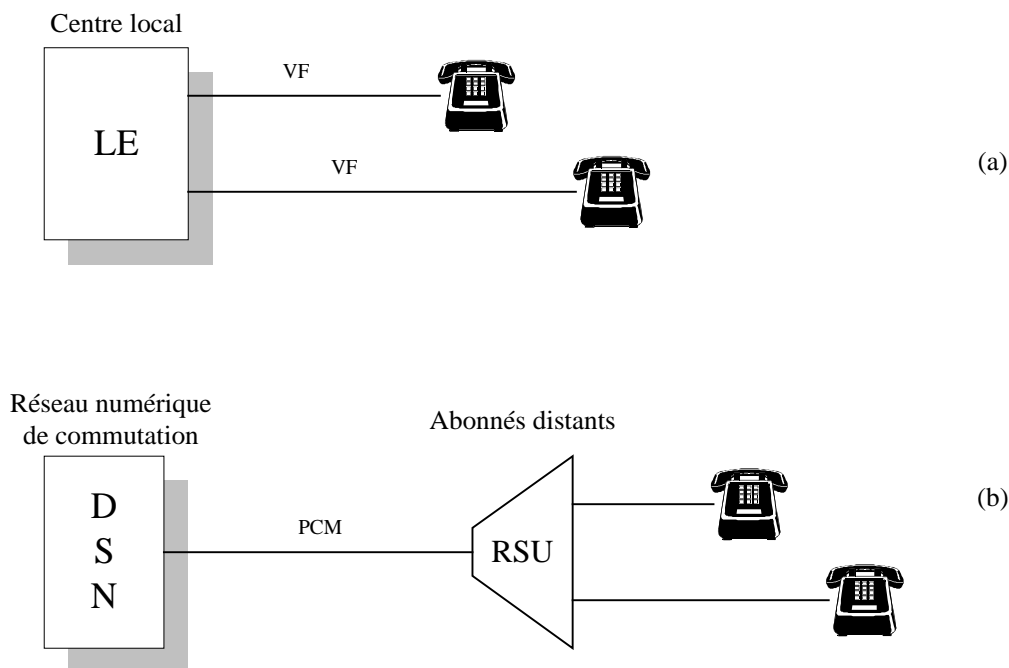


Figure 6

La connections des abonnés avec la RSU est supposée être analogique. En général, les RSU de petite capacité n'ont pas de possibilités de commutation locale. Cela est fait au niveau du centre de rattachement. Cela résulte en une isolation des abonnés de la RSU au cas où les liaisons ne fonctionnent pas. Il est convenable d'assurer des liaisons alternatives pour éviter cette situation indésirable. Pour les RSU dont les capacités sont plus grands, il y a une de centralisation de contrôle qui peut assurer la commutation locale. Dans ce cas, nous parlons de centres satellites. Les unités d'abonnés distants sont branchées seulement aux centres numériques SPC et par la suite (dans les études d'optimisation) ces unités doivent être considérées seulement quand les systèmes de commutation numériques sont engagés.

Nous devons agir avec soin en construisant le coût marginal d'une RSU, selon le coût de stade l'étage d'abonné, car la partie majeure appartient au coût marginal du centre de rattachement. Seuls les coûts additionnels associés aux abonnés de la RSU doivent être considérés.

## 5. SYSTEME DE TRANSMISSION

### 5.1 Introduction

Le problème de la planification, fournir et utiliser les installations nécessaires pour satisfaire la demande des abonnés exige un équilibre propre entre service et coût. Les facteurs les plus importants à considérer pendant la sélection des installations de transmission sont :

- la demande de services;
- les spécifications techniques;
- le nombre de circuits nécessaires et où ils se terminent;
- les conditions géographiques;
- la compatibilité du système;
- la faisabilité économique.

En général, un nombre de types différents de facilités de transmission sera disponible, ce qui va satisfaire les demandes. Le problème est de sélectionner à partir de rangée de facilités disponibles, le type le plus économique pour les besoins immédiats et pour les besoins futurs.

### 5.2 Transmission de fréquence de voix

#### 5.2.1 *Généralités*

Les systèmes à fréquence vocale transmettent l'information sur la ligne à des fréquences dans la portion utile du spectre audible. Les moyens utilisés pour transmettre ces informations peuvent être classifiés en :

- câble ouvert;
- câbles multipaires.

Le câble ouvert fait la concurrence économique au câble multipaire quand les besoins initiales de circuits sont basses (moins d'environ 12 circuits) avec la distance et la croissance basse. Dans les zones rurales les considérations de résistance peuvent exiger l'installation de câbles ouverts pour permettre une satisfaction de la supervision de signalisation. L'usage de câbles ouverts comme équipement de fréquence de vocale dans les réseaux de longue distance et les routes échine est très limité à cause des considérations de trafic, de économiques, et de techniques.

Le câble ouvert est très susceptible aux interférences électriques. Ses coûts d'entretien sont plus élevés que pour les câbles multipaires.

#### 5.2.2 *Câble multipaire*

Cet équipement consiste de conducteurs en aluminium ou en cuivre isolés, et l'isolement est soit en papier soit en plastique. Les conducteurs sont câblés en paires ou en quatre et assemblés en couches ou en unités. Les opérations du câblage sont attentivement contrôlées afin de réduire la diaphonie entre les circuits.

Les tailles de conducteurs en cuivre les plus communes sont 0.4, 0.6, 0.8, 0.9 mm, malgré le fait que nous rencontrons très souvent des tailles 0.41, 0.51, 0.64, 0.91.

Pour les paires de câbles multipaires non armés et pour les fréquences dans la bande audio (300 à 4000 Hz) une formule approximative pour le calcul d'atténuation,  $\alpha$ , par kilomètre, est donné par:

$$\alpha = \sqrt{\pi fRC}$$

où:

- |         |  |
|---------|--|
| f:      | fréquence  |
| R:      | résistance de boucle ohmique de la paire par kilomètre |
| C:      | est la capacitance de la ligne par kilomètre           |
| $\pi$ : | 3,14   |

L'atténuation de ligne pour une longueur de " $l$ " kilomètres est donnée par:

$$a = \alpha \cdot l$$

L'atténuation des paires de câbles est plus élevée que pour les câbles ouverts, mais sa valeur est moins susceptible à la variation. Les valeurs d'atténuation typiques à 800 HZ pour les câbles non armés sont illustrées dans le tableau I :

Conducteur	Diamètre Ø	Capacité en nF/km	Résistance de boucle en OHM/Km	Atténuation en dB/Km
Cuivre	0.4	45	280	1.55
“	0.6	50	130	1.11
“	0.6	55	130	1.16
“	0.6	120	130	1.72
“	0.8	38.5	72	0.73
“	0.9	55	56.6	0.77
“	0.9	120	56.6	1.14

Tableau I : Paramètres des câble

Le chargement est utilisé pour réduire la perte des paires de câble. Les facteurs les plus importants à considérer en choisissant un système de chargement sont: la largeur de bande désirée, la capacité mutuelle des paires de câbles, les exigences d'atténuation, l'impédance d'image désiré, la vitesse de propagation et les coûts relatifs..

Les spires typiques de charge sont 88 avec inductance 88 mH, 66 avec inductance mH et 44 pour 44 mH d'inductance. En ce qui concerne l'écartement des rouleaux, nous avons le type H avec écartement 1830 m qui est l'écartement le plus commun, le type D avec écartement 1362 m et le type B avec écartement 915 m. Ainsi, chargement H 88 signifie écartement type H avec 88 mHh inductance de rouleau.

Les paires chargées électriquement se comportent comme un filtre de bande basse alors, sauf atténuation, a, un autre paramètre important est la coupure de fréquence. Pour les fréquences, f, plus grandes que  $f_0$ , l'atténuation de la paire devient extrêmement élevée et la bande  $f > f_0$  est pratiquement rejetée. A l'intérieur de la bande audio l'atténuation reste presque constante. Une formule approximative pour les câbles chargés donnant l'atténuation par kilomètre est :

$$\alpha = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{SC}{L_p}}$$

où:

- R: résistance de boucle kilométrique,
- C: capacitance kilométrique;
- S: espacement de charge en km
- $L_p$  : anneau de chargement en Henry.

Quand au coupures de fréquences, une formule approximative est:

$$f_0 = \frac{1}{\pi} \sqrt{sL_p C}$$

Dans la table II sont données quelques paramètres électriques pour les câbles armés à de fréquences moyennes ( $300 \leq f \leq 3000$ ).

CHARGE- MENT	DIAMETRE	CAPACITE en nF/Km	ATTENUATION en dB/Km	IMPEDANCE en $\Omega$	LARGEUR DE BANDE en KHz
H88	0.8	38.5	0.30	1150	4.00
H88	0.9	50.0	0.27	1000	3.55
H88	0.9	38.5	0.24	1140	4.00

Table II : Paramètres du câble armé

Les recommandation du CCITT traitant les câbles chargés incluent:

- G522: Fréquence audio, usage de câbles de différent types de chargement;
- G451: Spécification des longueurs d'usine de câbles de télécommunication chargés;

- G542: Spécification des rouleaux de chargement pour les câbles de télécommunication chargés;
- G543: spécification des sections de répéteurs des câbles de télécommunication chargés.

En plus du chargement, les amplificateurs sont utilisés pour réduire les pertes sur les circuits plus longs. La position des moyens d'amplification doit être d'accord, compatible avec le niveau maximum des différences permises entre les paires. Les types les plus communs de câbles multipaires sont :

- câble aérien
- câble enterré
- câble en tuyau

L'installation du câble aérien exige le minimum de capitaux investis pour les terrains montagneux. Elle est plus flexible (quand les additions ou les changements sont nécessaires) et la faute d'emplacement est moins coûteuse, mais il est plus vulnérable aux interventions électriques et mécaniques que les deux autres types. Ses caractéristiques de transmissions sont plus susceptibles aux variations de température.

Le câble enterré est relativement libre des interférences par rapport au câble aérien et ses coûts annuels d'exploitation et d'entretien sont plus bas. Le câble en tuyau a le plus haut coût initial par circuit en comparaison avec les autres types. Les boucles d'abonnés dépassant les exigences de perte imposées par le plan de transmission peuvent être chargées avec H66 ou H88, utiliser des moyens d'amplification de calibre plus gros, ou le déport d'abonné afin de les porter dans les limites. Les paires d'abonné et de jonction doivent être dans des gaines de câble séparées à moins que le coût est beaucoup plus bas en cas d'utilisation de combinaison de câble.

Les câbles de jonction sont normalement enterrés ou souterrains. Du point de vue planification, technique et opération, il est désiré de réduire à un minimum le nombre de calibres utilisés à l'équipement de jonction d'une zone donnée, préférablement un mais pas plus de deux.

Cette sélection dépendra du plan de transmission, des exigences de signalisation inter office, de la distribution des jonctions et du coût relatif de fournir un tel arrangement. Une alternative désirable à considérer lors de l'établissement d'un plan fondamental d'une installation est l'utilisation des systèmes PCM dans les zones multi-centres. Les câbles inter villes peuvent être aériens ou souterrains. Ils peuvent consister de paires, étoile ou multiples. Normalement, ils sont utilisés seulement sur les routes relativement courtes ou pour un câble complet étant installé principalement pour les opérations de déport.

### 5.3 Multiplexage par division dans la fréquence

La division de fréquence est une méthode de multiplexage où les signaux à partir d'un nombre de canaux sont traduits en bandes de fréquence séparées par un processus de modulation afin qu'ils soient combinés et transmis sur un simple milieu

Les canaux sont arrangés en groupements afin de créer une liaison porteuse. Plusieurs groupements peuvent être combinés pour former un groupement de capacité plus grande et cette opération peut être répétée plusieurs fois par le moyen d'équipements de traduction.

La capacité et les moyens de transmission du porteur FDM pour des raisons d'abonné sont illustrés dans le tableau III

No.	TYPE	CAPACITE DU PORTEUSE	EQUIPEMENT DE TRANSMISSION
1	Circuit individuel	1	Câble à paire symétrique ou ligne métallique ouverte
2	3 circuits	2	Ligne ouverte
3	12 circuits	3	Câble symétrique ou ligne ouverte

Table III : Porteuse typiques pour les buts d'abonnés

#### 5.3.1 Porteurs de câble ouvert.

Le porteur FDM, comme il est communément appliqué aux installations de câble ouvert augmente la capacité des lignes de câble ouvert jusqu'à 12 chaînes de voix par paire. Le signal est appliqué à une paire de câble ouvert et est transmis en utilisant la fréquence de bande divisée.

Il est possible d'utiliser sur la même paire un porteur de 12 canaux et un porteur de 3 canaux. Dans ce cas, la capacité maximale de la ligne est augmentée jusqu'à 15 canaux de voix. Les recommandations du CCITT traitant ce sujet sont: G311, G312, G313, G314 & G361. La diaphonie causée par les accouplements entre les paires de câbles parallèles, est l'un des problèmes principaux de la transmission de porteur de câble ouvert.; Une solution efficace est l'utilisation de transposition technique. L'application principale du porteur de câble ouvert est dans ces zones où le taux de croissance est bas et les installations du câble ouvert sont déjà installées. En général son utilisation est en baisse car ces systèmes sont éliminés peu à peu en faveur des systèmes de câble.

### 5.3.2 Porteur de câble multipaire

Le type le plus commun de systèmes FDM sur paires de câbles fournit 12 ou 24 canaux de voix par système

Les recommandations pertinentes du CCITT traitant ce sujet sont: G321, G322, G323, G325 & G326.

Si un grand nombre de systèmes utilisés dans la même gaine de câble, alors un soin spécial doit être réservé au processus de sélection de paire et de câble et aussi aux procédures de planification et d'installation. Il est déconseillé de mixer des systèmes de porteurs différents dans le même câble, mais si c'est nécessaire, alors la fréquence et le niveau de compatibilité doivent être assurés.

### 5.3.3 Les spécifications techniques exigées pour la planification de réseau

Afin de faire un meilleur choix entre les systèmes de transmission variés qui accomplissent les demandes de transmission, leur coût et leurs propriétés techniques doivent être spécifiés. Pour ce but, les données suivantes doivent être fournies pour le multiplexage par division de fréquence:

- Système multiplex
  - système de signalisation
  - capacité des canaux du système
  - coût de l'équipement multiplex
  - coût de la portion des étagères
  - coût d'installation
- Système de ligne
  - type des moyens de transmission
  - distance entre les répéteurs
  - capacité du pot du répéteur
  - capacité du système de ligne
  - coût de l'équipement de la ligne terminale
  - coût des répéteurs
  - coût du pot
  - coût de l'installation

### 5.4 Modulation par impulsion et codage

La modulation par impulsion et codage (PCM) échantillonne chaque voix 8000 fois par seconde et transmet le résultat de chaque échantillon par le moyen de l'impulsion codée. Au bout de réception, les impulsions sont décodées et les informations sont utilisées pour reconstruire le signal dans ce canal respectif. Chaque valeur de signal séparée a un arrangement unique d'impulsions et seules la présence ou l'absence des impulsions, et non leur forme, déterminent la qualité reçue pour un arrangement de codage donné. Les répéteurs régénérateurs, espacés à des intervalles fixes, détectent la présence ou l'absence des impulsions et les remplacent avec d'autres nouvelles et parfaites. Théoriquement, cette notion de régénération aurait donné la possibilité de transmettre les messages pour une distance illimitée, mais en pratique, les petits erreurs de temps ont tendance à s'additionner, plaçant une limite à la longueur du système. Fondamentalement, il y a deux types de systèmes PCM en usage aujourd'hui :

- Le système (30+2) voix, consistant de 30 chaînes de voix plus une pour la signalisation et une autre pour la synchronisation. Ce système a été standardisé pour l'application Européenne par le CEPT (Conférence Européenne des postes et télécommunications); il a été aussi reconnu par le CCITT comme le standard des télécommunications internationales.

- Le système 24 voix est largement utilisé en Amérique du Nord et au Japon. Dans le tableau IV, les paramètres de bases des 2 systèmes sont illustrés: les systèmes PCM fonctionnent sur une base de quatre câbles physiques avec les deux directions de transmission sur des paires séparées à l'intérieur de la même gaine de câble ou dans une gaine de câble séparée.

Les facteurs principaux de câble contrôlant le matériel d'une ligne PCM sont l'atténuation, la diaphonie et le bruit d'impulsions.

L'espace commun de régénération est l'intervalle du rouleau pour le chargement H88. Les répéteurs finaux sont situés à mi-distance de l'espace intermédiaire afin de minimiser l'effet du bruit d'impulsion qui est très haut près des systèmes de commutation

Les systèmes PCM peuvent fonctionner en un réseau analogique ou numérique (réseau numérique intégré). Dans un réseau analogique, le PCM fonctionne entre les bureaux centraux conventionnelles ou les lignes de connexion conventionnelles à des offices centraux conventionnelles ou abonnés analogiques aux centres analogiques. Tous ces cas sont illustrés à la Figure 7.

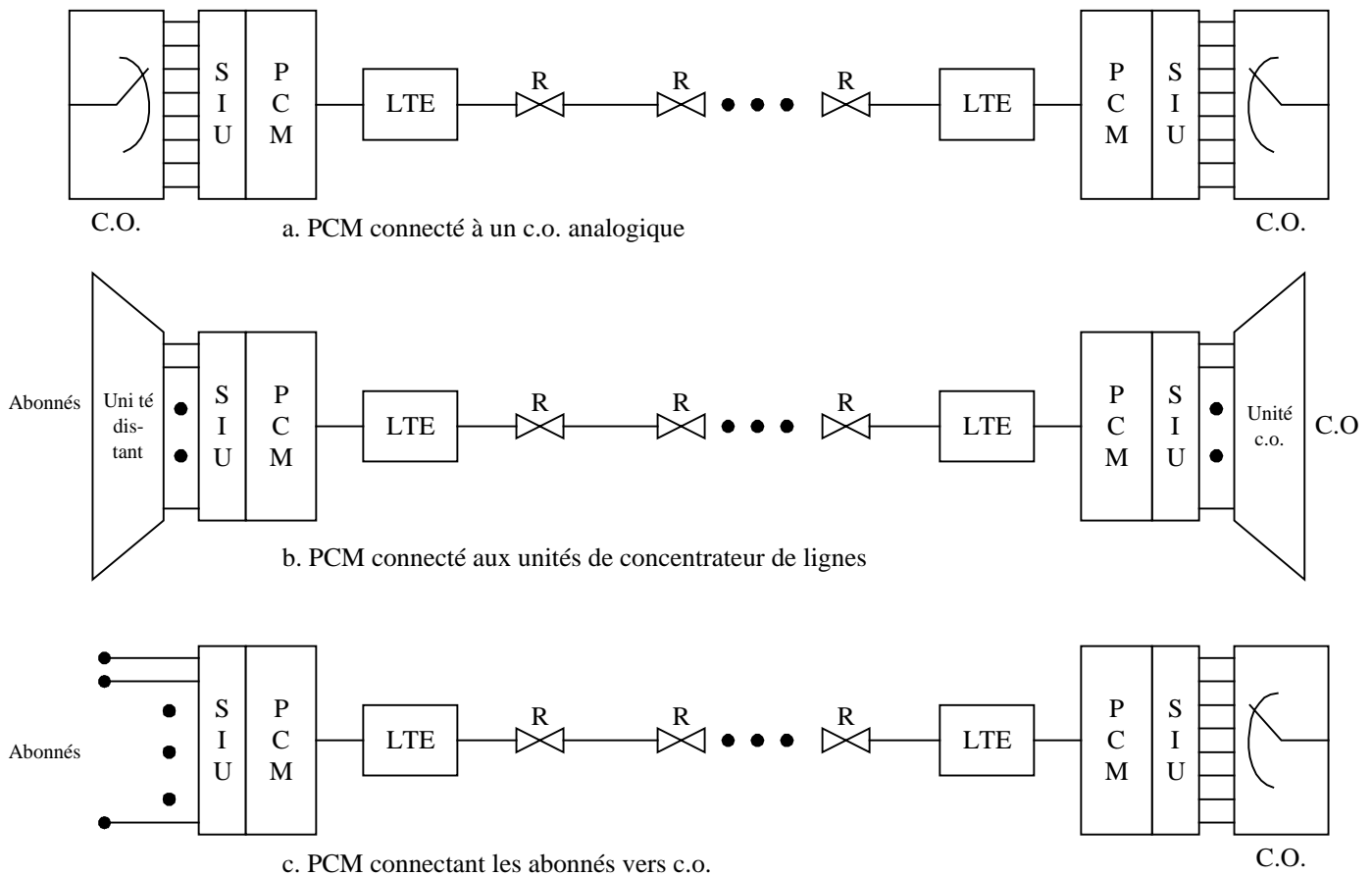


Figure 7

- SIU: Unité d'interface de signalisation
- PCM: Terminal PCM
- LTE: Equipement terminal de ligne
- CO: Bureau central
- R: Régénérateur

Tous les cas qui ont été signalés nécessitent un interface de signalisation et un terminal de PCM à chaque extrémité. La première unité est exigée pour la signalisation et la deuxième pour convertir les signaux numériques de voix en signaux analogiques.

Dans un réseau numérique intégré (IDN) où il y a une synergie entre la commutation et la transmission, seuls les signaux numériques sont traités. Les terminaux de PCM, pour buts de jonction, sont complètement éliminés.

Les données exigées pour l'amélioration des études des systèmes PCM sont les suivantes:

- Système de multiplexage
  - Les propriétés techniques
  - Le système de signalisation
  - La capacité en canaux
  - Coût pour:        les convertisseur A/D
  - équipement de multiplexage (2/8, 8/34, 34/140, etc. multiplexeurs)
  - étagères
  - installation
  
- Système de Ligne / Equipement de transmission
  - Type de câble multipaire
  - Type de câble coaxial
  - Type de liaison radio
  - Type de fibres optiques
  - Capacité du canal
  - Distance entre répéteurs
  - Capacité des pots
  - Coût pour :        équipement terminal de ligne
  - répéteurs
  - équipement de transmission
  - pots
  - étagères
  - installation

## 5.5 Câble coaxial

### 5.5.1 *Historique*

Le câble coaxial est un moyen de transmission approprié de bande de base pour les signaux, large bande, FDM ou PCM. Il y a deux types de câbles coaxiaux recommandés par le CCITT. L'un d'eux est le grand 2.6/9.5 mm et l'autre est le petit diamètre 1.2/4.4 mm. Le tableau 6-5 représente les systèmes de transmission FDM et PCM qui sont utilisés sur câbles coaxiaux. Les tubes coaxiaux sont placés dans une gaine de câble ensemble avec plusieurs paires symétriques qui peuvent être utilisées pour l'entretien et la surveillance du système porteur sur les paires coaxiales, et aussi pour fournir des circuits additionnels sur des petits systèmes porteurs ou à FV. Généralement, la capacité d'un câble coaxial varie entre deux et vingt tubes. Les tailles les plus communes sont : 4, 6, 8, 12 et 20.

Les équipements de transmission à câble coaxial sont principalement libre d'interférence de fréquence radio. La contribution du bruit par le câble lui-même est presque négligeable. Les pertes entre deux points sont souvent constants contrairement aux systèmes de lignes à vision micro-ondes qui subissent le fading, et les petites variations de perte apparaissant sont principalement dues aux changements de température le long du système.

Les avantages principaux des systèmes à câble coaxial sont:

- a) Haute flexibilité, pour l'instant
  - la possibilité de planifier pour un système ultime. Les tubes supplémentaires existant, planifiés pour permettre de nouveaux systèmes FDM peuvent être utilisés avec succès pour les systèmes PCM qui sont en demande du à la pénétration de la commutation numérique.
  - Insertion de voies (Channel dropping and inserting).
  - Additions d'équipement, ou son extraction, des systèmes fonctionnant.
  - Facilité d'interconnexions avec les différents types de systèmes de transmission.
  
- b) Performance élevée et disponibilité
  
- c) Faible coût d'entretien.

Les articles majeurs contribuant au coût initial d'un système sont:

- la surveillance de la route;

- le coût du câble lui même;
- le coût de l'installation. Cela représente un pourcentage important du coût total;
- les exigences des répéteurs, des pots et de l'énergie;
- équipement de surveillance et de détection de fautes;
- équipement terminal.

Le système à 960 canaux sur câble de petit diamètre est utilisé pour les distances moyennes et longues pour relier les zones à densité de téléphone élevée.

Les systèmes 12,18 et 60 Mhz fonctionnant sur grand câble coaxial sont utilisés principalement pour les circuits de long parcours pour relier les zones à haute densité de téléphone. Quand à la transmission numérique, le petit câble coaxial est convenable pour PCM troisième ordre, et le grand est convenable pour le quatrième ordre. Dans les années récentes le cinquième ordre (7680) est apparu, qui peut être installé sur grand câble coaxial (espacement de régénération 1,55 Km.

Table IV fournit quelques caractéristiques techniques des systèmes de transmission utilisés sur câbles coaxial

Type de câble coaxial	F D M				P C M			
	Type de système de trans.	Bande de base en MHz	Capacité en canaux	Espacement entre répéteurs en Km	Type de Système de trans.	Taux de Bit Mb/s	Capacité en canaux	Espacement entre répéteurs en Km
2.6/9.5	2.6	2.6	600	9.0	34	34	480	9.0
	4.0	4.0	960	9.0				
	6.0	6.0	1260	9.0				
	12.0	12.0	2700	4.5				
	18.0	18.0	3600	4.5				
1.2/4.4	60.0	60.0	10800	1.55	565	565	7680	1.55
	1.3	1.3	300	6 or 8	34	34	480	4.0
	4.0	4.0	960	4.0				
	6.0	6.0	1260	3.0				
12.0	12.0	2700	2.0					

TABLE IV : SYSTEMES DE TRANSMISSION FDM, PCM, UTILISES SUR CABLES COAXIAUX

## 5.6 Câbles à Fibres Optiques

### 5.6.1 Introduction

Dans les années récentes l'utilisation des fibres optiques en transmission à grande quantité d'information est devenue plus en plus répandue. Malgré le fait que les systèmes de transmission optique peuvent être désignés pour fonctionner avec la technique numérique ou analogique, le grand domaine d'application est la technique numérique. L'usage étendu des fibres optiques vient avec l'arrivée du réseau numérique intégré (IDN) en conjonction avec l'espacement de répéteur beaucoup plus grand qui peut être accompli lors de la transmission des signaux numériques.

Les avantages majeurs des fibres optiques peuvent être résumés en :

- petite perte de transmission;
- grande largeur de bande;
- immunité aux intrusions électromagnétiques;
- petit rayon de courbe.

Les fibres optiques ont résolu plusieurs problèmes. Cette technique dont le coût est réduit à cause de son utilisation bien répondue est un moyen de transmission compétitif pour des raisons de télécommunication.

Les systèmes de transmissions numériques les plus utilisés sur des fibres sont les systèmes PCM 34 et 140 Mb/S (PCM de 3ème et de 4ème ordre). Ce fait, en conjonction avec la possibilité d'accomplir, en câbles de petite taille un nombre considérable de paires, facilite la transmission à grandes quantités d'informations sous forme numérique sur un câble unique.

En se référant, en particulier, à la jonction et aux réseaux interurbains, tous les avantages cités ci-dessus font des fibres optiques des systèmes de transmission appropriés. Les faibles pertes permettent aux bureaux centraux d'être liés sans répéteurs intermédiaires, et la petite taille des câbles optiques permet une utilisation de tuyaux plus efficace, cela résulte des économies de coût importantes.

### 5.6.2 Application au Réseau de jonction

Les valeurs moyennes des longueurs de liaisons inter bureaux va de 2 à environ 12 km. Ces valeurs correspondent aux sections de répéteurs facilement accomplies par l'utilisation des systèmes à fibres optiques de première fenêtre (800 nm). Pour la liaison dépassant 15Km et opérant à 1300 nm, les systèmes de transmission optiques peuvent être utilisés. Dans les liaisons inter bureaux l'installation des répéteurs doit être évitée. L'introduction de commutation numérique dans les zones métropolitaines va résulter un besoin de grand nombre de circuits numériques.

### 5.6.3 Application au Réseau Interurbain

Les réseaux interurbain concernent les liaisons entre les centres à longues distances. Le circuit peut varier considérablement au longueur de 20 à plus de 300 Km et dans quelques cas à plus de 1000 Km. Puisque les faisceaux de circuits sont des grands faisceaux portant un grand trafic, la nécessité de systèmes de transmission de haute capacité est évidente. Dans des cas pareils, l'installation de PCM, d'ordre élevé, sur des fibres optiques est économique (au delà de 3ème ordre). Sur les routes où la longueur dépasse l'espacement de répéteur, il est nécessaire d'avoir des répéteurs intermédiaires. Nous avons à éviter l'alimentation à distance du répéteur. La meilleure solution d'installer les répéteurs est en bâtiments le long de la route où l'énergie est disponible. Dans le tableau V, quelques données pratiques pour les systèmes de transmission à fibres optiques sont classifiés.

De tels tableaux devraient être consultés lors de la planification des systèmes de transmission.

TYPE DE SYSTEME A FIBRE		INDICE GRADUE MULTIMODE			MONOMODE
TAUX DE BIT (Mbit/s)		34		140	140
SOURCE	longueur d'onde (nm)	850	1300	1300	1300
	DETAILS	type d'équipement	Laser	Laser	Laser
	largeur du spectre (nm)	≤5	≤10	≤10	≤10
	puissance moyenne d'injection (dBm)	- 1	- 3	- 3	- 6
FIBRE	Atténuation (dB/km)	≤3.5	≤1.0	≤1.0	≤0.7
DETAILS	Largeur de bande (MHz.km)	≥400			
DETECTEUR	Type d'équipement	APD	PIN FET	PIN FET	PIN FET
DETAILS	Sensibilité pour BER 10 <sup>-9</sup> (dbm)	- 48	- 45	- 41	- 41
SYSTEME	Taux de disponibilité d'énergie (db)	47	42	38	35
PARAMETRES	Système à large bande (MHz)	≥40	≥40	≥100	≥100
	Espace du répéteur (Km)	10	22	18	≥30

TABLE V :QUELQUES DONNEES TECHNIQUES DES SYSTEMES UTILES

### 5.7 Ligne de vue de liaisons micro-onde

Les liaisons micro-onde peuvent transmettre jusqu'à 2700 voix en utilisant le multiplexage par division de fréquence et jusqu'à 900 canaux, utilisant le multiplexage par division dans le temps sur chaque liaison radio porteuse.

Pour répondre aux exigences du bruit le nombre de répéteurs de bande de base doit être limité. La répétition de la bande de base devrait être utilisée seulement sur les courtes jambes de côté et les liaisons finales d'une route - radio principale. Les répéteurs intermédiaires à fréquence (IF) sont recommandés pour les routes principales dans les lieux où il n'y a pas de demande d'insertion. La répétition "IF" fait moins de bruit que la "bande de base" car le nombre des étapes de modulation /démodulation est réduit.

Les répéteurs de liaison - radio sont séparés de distances de l'ordre de 50Km. La séparation dépend de la topographie des terrains et des caractéristiques des équipements de transmission, c'est à dire, la variation continue de l'indice réfractif atmosphérique avec l'altitude.

Les articles principaux à considérer lors de la planification et l'ingénierie du terminal aux stations de répéteurs sont :

- l'ingénierie des chemins, l'interférence de fréquence - radio et la planification de fréquence;
- l'acquisition du terrain, bâtiments, route d'accès, le dessin, le tracé de la station;
- décision emplacement par emplacement sur "IF" ou bande de base, répéteurs, exigences d'énergie et équipements de secours;
- tours pour antennes;
- les exigences d'alarme;
- les exigences de diversité.

Les systèmes de haute capacité sont normalement utilisés pour les routes principales ou de long trajet. Les systèmes de faible capacité sont normalement utilisés comme "jambes de côté" des routes principales de haute capacité, ou comme indépendants pour les routes serrées. Les décisions d'utiliser les systèmes radio ou à fibres optiques est une décision de gestion associée aux exigences du trafic, aux spécifications techniques et à la faisabilité économique.

## 5.8 Systèmes multiplex

Les principaux traits des systèmes multiplex PCM et FDM ont été donnés dans les paragraphes précédents. Ici, on va présenter les différentes hiérarchies des systèmes de multiplexage.

### 5.8.1 *Systèmes de multiplexage PCM*

Le système multiplex de base pour les PCM est les PCM à 30/32 (2048 kb/s) pour les pays CEPT et 24 (1544 kb/s) en Amérique et au Japon. Les PCM de base constituent l'ordre supérieur de multiplexage, celui qu'on appelle "hiérarchie".

Le temps de multiplexage de quatre PCM de 30/32 donne le PCM de "second ordre" qui consiste en 120 voies téléphoniques à un taux de bit de 8440 kb/s. Le multiplexage de 4 PCM de second ordre constitue un troisième PCM de 480 voies téléphoniques avec un taux de bit de 34 Mb/s. Cette façon de constituer les différents ordres de PCM est applicable jusqu'au cinquième ordre.

Dans la Figure 8, tous les systèmes PCM de multiplexage sont montrés.

Il est observé que la connexion des centraux numériques est faite sur la base de 2048 kb/s (IDN) alors que la connexion des centres analogiques est faite sur la base de voies. Ce fait est significatif pour des buts de comparaison de coût.

### 5.8.2 *Systèmes multiplex FDM*

Douze voies audio fréquence (300-3400 Hz) peuvent être traduites à l'intérieur du groupe primaire CCITT (60-108 KHz) par la modulation directe ou modulation pré-groupe. Un super groupe de 60- voies est formé de cinq 12- groupes de voies dans la bande de fréquence 312-552 KHz. Un groupe maître de base est cinq 60- super groupe de voies de base dans la 812-2044 KHz. Un 900- super maître groupe de voies de base est formé de trois groupes maîtres de base dans la 8516-12388 KHz. Les différents groupes d'ordre sont montrés dans la Figure 9.

SYSTEMES MULTIPLEX MIC (PCM)

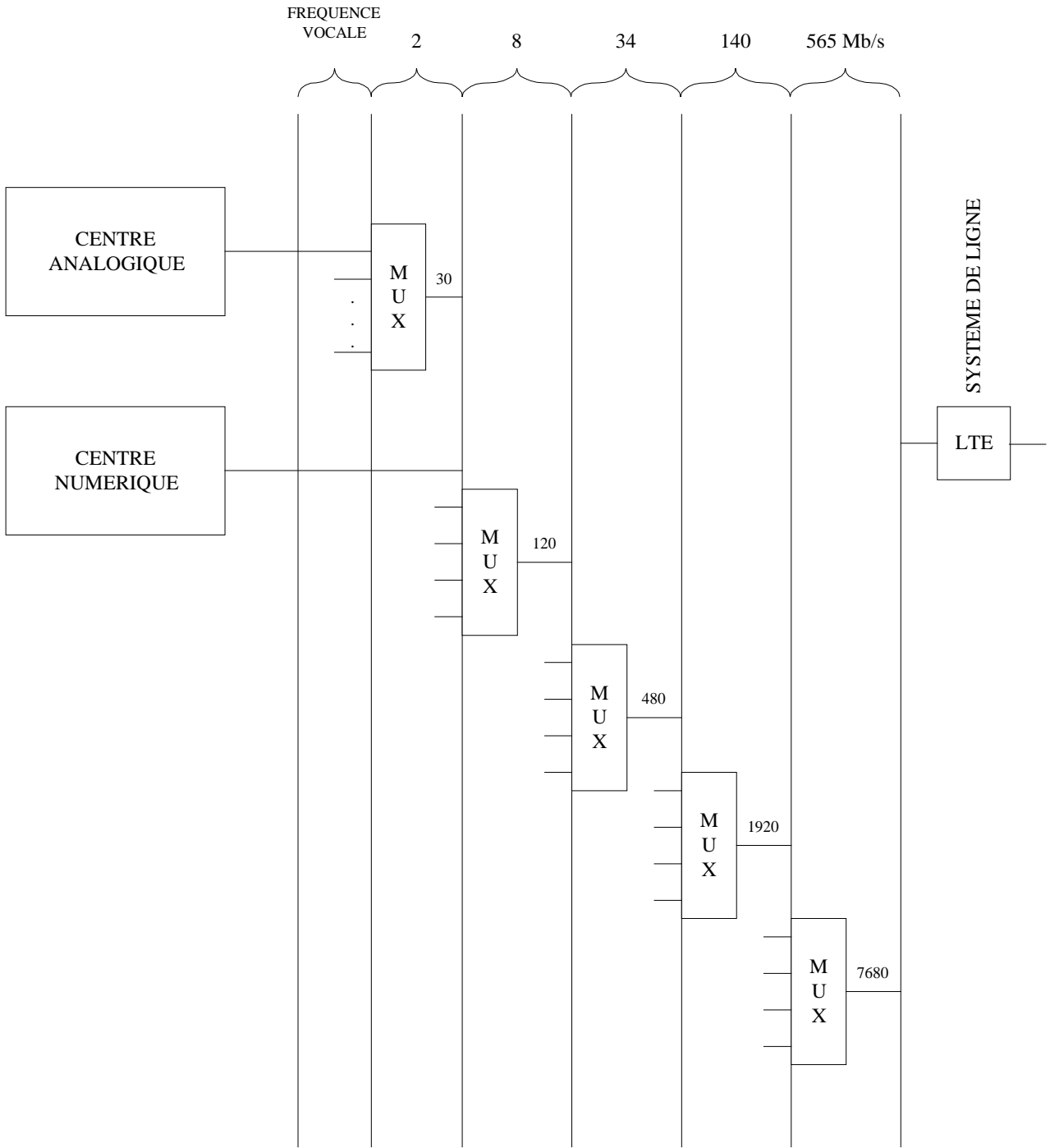


Figure 8  
Systèmes Multiplex PCM

SYSTEMES MULTIPLEX FDM

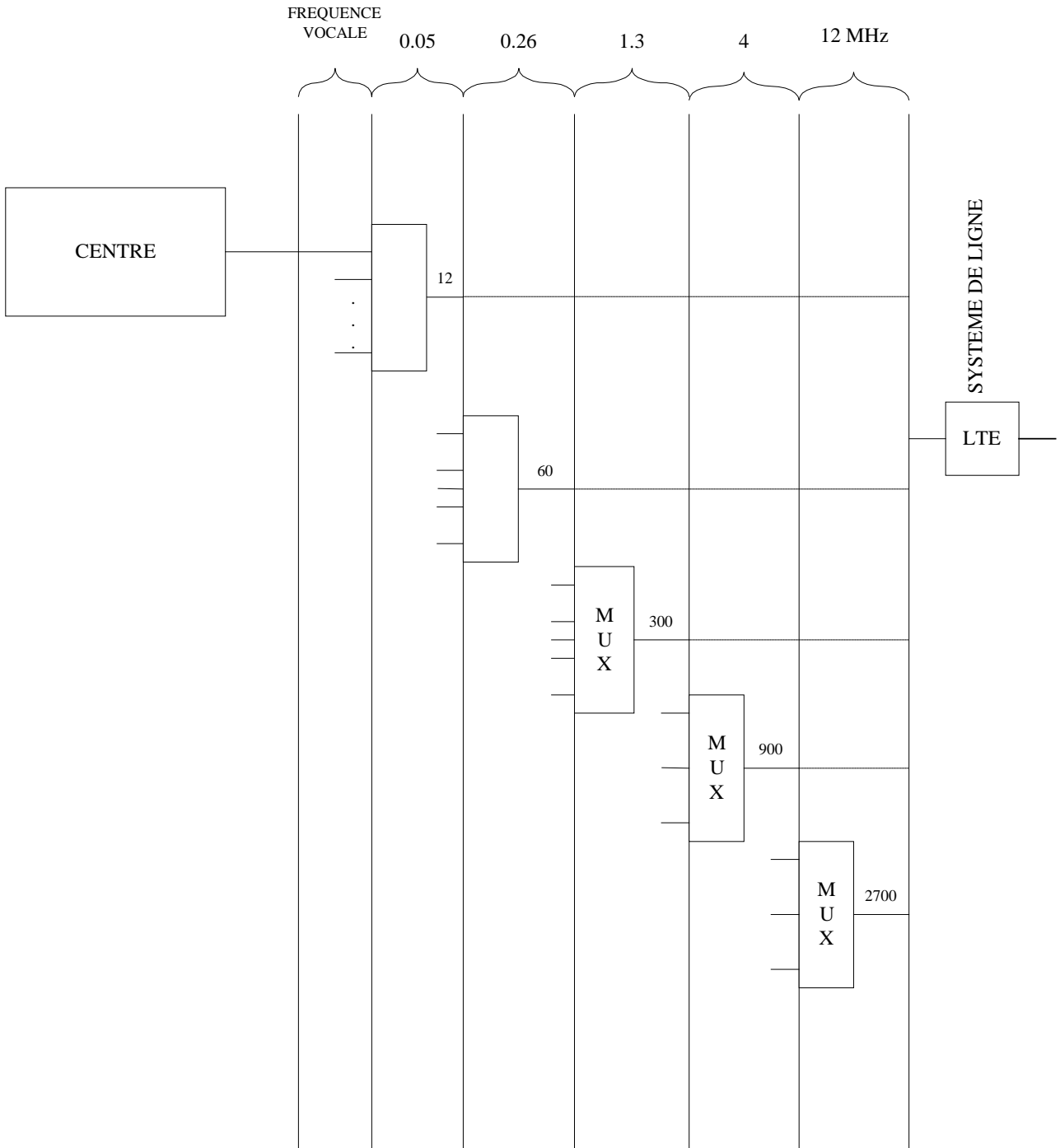


Figure 9  
Système Multiplex FDM

Références

1. Local Network Planning ITU/CCITT
2. General Network Planning ITU/CCITT
3. ITU Seminar on Traffic Engineering and Network
4. G. Moumoulidis: Transmission Media Network Planning, 1984
5. Planning of Telephone Networks Basic Data. Ericsson Document XF/SY 83076
6. CCITT-Study Group XV. The Application of Optical Fibres in Trunk Network, Temporary Document No. 12-E, Geneva 1983
7. ITT, Telecommunication Planning, Standard Electrica
8. Engineering and Operations in the Bell Systems. Bell Laboratories, 1980
9. Siemens, Communications Cables and Transmission Systems
10. M.T. Hills: Telecommunications Switching Principles, George Allen & Unwin, London 1979