



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

Appendice I
Rec. G.765

(11/95)

**ASPECTS GÉNÉRAUX DES SYSTÈMES
DE TRANSMISSION NUMÉRIQUES**

**GUIDE DE L'ÉQUIPEMENT DE
MULTIPLICATION DE CIRCUITS PAQUETS**

Appendice I à la
Recommandation UIT-T G.765

(Antérieurement «Recommandation du CCITT»)

AVANT-PROPOS

L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'Union internationale des télécommunications (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.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études 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 n° 1 de la CMNT (Helsinki, 1^{er}-12 mars 1993).

L'Appendice I à la Recommandation UIT-T G.765, que l'on doit à la Commission d'études 15 (1993-1996) de l'UIT-T, a été approuvé le 13 novembre 1995 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

NOTE

Dans le présent appendice, l'expression «Administration» est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue de télécommunications.

© UIT 1996

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

TABLE DES MATIÈRES

		<i>Page</i>
I.1	Termes et définitions	1
	I.1.1 bloc.....	1
	I.1.2 abandon de blocs.....	1
	I.1.3 indicateur d'abandon de blocs	1
	I.1.4 salves.....	1
	I.1.5 champ du type de codage.....	1
	I.1.6 bits essentiels	1
	I.1.7 identificateur de connexion de liaison de données.....	1
	I.1.8 bit de compensation du délai.....	2
	I.1.9 protocole d'émulation de circuits numériques.....	2
	I.1.10 interpolation numérique de la parole.....	2
	I.1.11 modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif imbriqué (MICDA).....	2
	I.1.12 bits d'amélioration	2
	I.1.13 seconde erronée.....	2
	I.1.14 relayage de trame	2
	I.1.15 pause	2
	I.1.16 protocole de commande de liaison de données à haut niveau (HDLC)	3
	I.1.17 alarme sur perte de réception de paquets	3
	I.1.18 bit de continuation.....	3
	I.1.19 champ de bruit.....	3
	I.1.20 extrémité d'origine	3
	I.1.21 en-tête de paquet	3
	I.1.22 train de paquets	3
	I.1.23 intervalle de mise en paquets	3
	I.1.24 horaire de restitution	3
	I.1.25 extrémité de signalisation.....	4
	I.1.26 horodateur	4
	I.1.27 trame d'information non numérotée	4
	I.1.28 trame d'information non numérotée avec vérification d'en-tête	4
	I.1.29 protocole de capacité de liaison virtuelle de données	4
	I.1.30 trame de parole.....	4
	I.1.31 champ d'information de la parole.....	4
	I.1.32 réseau de paquets à large bande	4
I.2	Guide d'initiation à l'équipement PCME.....	5
	I.2.1 Interpolation numérique de la parole	5
	I.2.2 Annulation d'écho	6
	I.2.3 Codage MICDA des signaux dans la bande vocale	6
	I.2.4 Démodulation/remodulation de télécopie	6
	I.2.5 Mise en paquets.....	7
	I.2.6 Relais de trame et brassage de paquets	9
I.3	Caractéristiques.....	9
	I.3.1 Gestion des encombrements.....	9
	I.3.2 Effets de lissage du trafic lors de l'abandon de blocs	10
	I.3.3 Performances de la télécopie sur les liaisons IDR	10
I.4	Etudes et dimensionnement	14
	I.4.1 Généralités	14
	I.4.2 Ingénierie de trafic des équipements PCME.....	15
	I.4.3 Utilisation de la largeur de bande à différents débits de codage	17
	I.4.4 Débit moyen en bits par seconde en fonction de la charge de trafic	18
	I.4.5 Valeurs de reconstitution par rapport à la charge de trafic	19

	<i>Page</i>
I.5 Installation et réception.....	22
I.5.1 Table de correspondance possible des configurations pour les équipements PCME.....	22
I.6 Exemples d'applications.....	23
I.6.1 Application point à point	23
I.6.2 Application point à multipoint	23
I.6.3 Applications à trafic occasionnel	23
I.6.4 Applications du relais de trame.....	25
I.6.5 Applications de téléphonie mobile.....	27
Bibliographie	33

GUIDE DE L'ÉQUIPEMENT DE MULTIPLICATION DE CIRCUITS PAQUETS

(Genève, 1995)

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation)

I.1 Termes et définitions

La présente Recommandation utilise les termes suivants qui ne sont actuellement pas définis dans la Recommandation G.701.

I.1.1 bloc

E: block
S: bloque

Groupe spécifique d'octets à l'intérieur d'un paquet de parole qui est composé de bits de même poids.

I.1.2 abandon de blocs

E: block dropping
S: eliminación de bloques

Processus dans lequel un ou plusieurs blocs de moindre poids d'un paquet de parole sont abandonnés pour réduire l'encombrement.

I.1.3 indicateur d'abandon de blocs

E: block dropping indicator (BDI)
S: indicador de eliminación de bloques

Champ de l'en-tête du paquet de parole qui indique le nombre de blocs qui ont été abandonnés et le nombre maximal de blocs qui peuvent être abandonnés.

I.1.4 salves

E: bursts
S: ráfagas

Périodes de signaux à haute énergie sur la voie d'accès d'un réseau à large bande.

I.1.5 champ du type de codage

E: coding type (CT) field
S: campo de tipo de codificación

Le champ du type de codage d'un paquet de données vocales/de bande vocale est une séquence à 5 bits dans l'en-tête du paquet qui indique la méthode de codage des échantillons de parole utilisés à l'extrémité d'origine avant la mise en paquets.

I.1.6 bits essentiels

E: core bits
S: bits primarios

Les bits essentiels forment un sous-ensemble de mots-codes total d'un codeur MICDA imbriqué qui doit atteindre le décodeur.

I.1.7 identificateur de connexion de liaison de données

E: data link connection identifier (DLCI)
S: identificador de conexión de enlace de datos

Champ à 13 bits qui définit l'adresse de destination d'une trame pour chaque liaison physique.

I.1.8 bit de compensation du délai

E: delay equalization (EQ) bit
S: bit de igualación de retardo

Le bit de compensation du retard (EQ) est utilisé pour indiquer à l'extrémité de terminaison si un paquet doit être reconstitué ou immédiatement restitué vers le côté réparti en canaux.

I.1.9 protocole d'émulation de circuits numériques

E: digital circuit emulation (DICE) protocol
S: protocolo de emulación de circuitos digitales

Protocole à large bande utilisé pour la transmission des données numériques qui arrivent du côté réparti en canaux par un format spécifique contenant des mots-codes vides et la répétition de données de codage.

I.1.10 interpolation numérique de la parole

E: digital speech interpolation
S: interpolación digital de la palabra

Processus qui met à profit les périodes d'inactivité d'une conversation pour insérer de la parole provenant d'autres conversations et pour éliminer les périodes de silence. C'est le même processus utilisé pour un équipement de multiplication de circuit numérique conforme à la Recommandation G.763.

I.1.11 modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif imbriqué (MICDA)

E: embedded adaptive differential pulse code modulation (ADPCM)
S: modulación por impulsos codificados diferencial adaptable jerarquizada (MICDA)

Les algorithmes MICDA imbriqués sont des algorithmes MICDA qui quantifient la différence entre le signal d'entrée et le signal estimé en bits essentiels et en bits d'amélioration.

I.1.12 bits d'amélioration

E: enhancement bits
S: bits secundarios

Les bits d'amélioration dans la modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) sont des bits qui ne sont pas utilisés à la fois dans le processus de prédiction du codeur et du décodeur. Ils améliorent les caractéristiques de codage quand ils sont utilisés dans le processus de décodage, en réduisant le bruit de quantification du signal reconstitué.

I.1.13 seconde erronée

E: errored second (ES)
S: segundo con errores

Seconde durant laquelle une ou plusieurs erreurs se sont produites.

I.1.14 relayage de trame

E: frame relay
S: retransmisión de tramas

Méthode utilisée pour le transport de trames HDLC à l'intérieur d'un réseau, par laquelle les nœuds de réseau assurent la détection d'erreurs sans retransmettre les paquets erronés. Les retransmissions sont effectuées aux extrémités du réseau seulement.

I.1.15 pause

E: gap
S: pausa

Période de signaux à faible énergie, détectée par un dispositif de détection de la parole.

I.1.16 protocole de commande de liaison de données à haut niveau (HDLC)

E: high level data link control (HDLC) protocol

S: protocolo de control de enlace de datos de alto nivel (HDLC)

Le protocole HDLC constitue une famille de protocoles niveau bit, à couche liaison, définie par l'Organisation internationale de normalisation (ISO).

I.1.17 alarme sur perte de réception de paquets

E: keep alive alarm

S: alarma de pérdida de paquetes

Alarme produite par une extrémité de terminaison qui subit une perte de réception de paquets.

I.1.18 bit de continuation

E: more (M) bit

S: bit más (M)

Le bit M de continuation est un bit utilisé pour indiquer que d'autres paquets en séquence doivent être attendus par l'extrémité de terminaison.

I.1.19 champ de bruit

E: noise field

S: campo de ruido

Champ de l'en-tête de paquet qui indique le niveau du bruit de fond que l'extrémité de terminaison peut restituer en l'absence de paquets.

I.1.20 extrémité d'origine

E: originating endpoint

S: punto extremo de origen

L'extrémité d'origine d'un nœud de paquets à large bande est le point qui reçoit le trafic du côté réparti en canaux, le met en paquets, et le transmet vers le réseau de paquets à large bande.

I.1.21 en-tête de paquet

E: packet header

S: encabezamiento de paquete

L'en-tête de paquet des Recommandations G.764 et G.765 contient les octets 4 à 8 (inclusif) de la trame (les fanions HDLC sont exclus de ce décompte d'octets).

I.1.22 train de paquets

E: packet stream

S: tren de paquetes

Ensemble de liaisons logiques multiplexées entre elles sur un circuit physique entre deux extrémités du réseau de paquets à large bande.

I.1.23 intervalle de mise en paquets

E: packetization interval

S: intervalo de empaquetado

Durée du trafic réparti en canaux qui a été mis en paquets.

I.1.24 horaire de restitution

E: scheduled play-out time

S: horario de restitución

Heure à laquelle un paquet reçu doit être restitué.

I.1.25 extrémité de signalisation

E: terminating endpoint

S: punto extremo de terminación

L'extrémité de signalisation d'un nœud de paquets à bande élargie est la partie du nœud qui reçoit le trafic mis en paquets, le dépaquette et le restitue sous forme de trafic réparti en canaux.

I.1.26 horodateur

E: time stamp (TS)

S: indicación de tiempo

Champ ayant une résolution de 1 ms qui enregistre le retard variable cumulé de mise en files d'attente que subit un paquet lorsqu'il traverse le réseau.

I.1.27 trame d'information non numérotée

E: unnumbered information (UI) frame

S: trama de información no numerada (UI)

Trame utilisée pour transférer des informations non acquittées entre deux entités à couche liaison de données. Le format et le codage sont les mêmes que ceux spécifiés dans les Recommandations Q.921 et I.441. Le contrôle de redondance cyclique (CRC) est calculé sur l'ensemble de la trame.

I.1.28 trame d'information non numérotée avec vérification d'en-tête

E: unnumbered information with header check (UIH) frame

S: trama de información no numerada con verificación del encabezamiento (UIH)

La trame d'information non numérotée avec vérification d'en-tête (UIH) est similaire à la trame d'information non numérotée (UI), à l'exception du fait que la séquence de contrôle de redondance cyclique (CRC) est calculée sur une partie des bits de la trame et non pas sur la trame entière. Dans la Recommandation G.764, le calcul du contrôle de redondance cyclique (CRC) est effectué sur l'ensemble de la trame et sur les en-têtes de paquets (les 8 premiers octets à l'exclusion des fanions).

I.1.29 protocole de capacité de liaison virtuelle de données

E: virtual data link capability (VDLC) protocol

S: protocolo de capacidad de enlace de datos virtual

Protocole à large bande qui est utilisé pour le transport des paquets de données numériques provenant du côté réparti en canaux dans les trames de commande de liaison de données à haut niveau (HDLC).

I.1.30 trame de parole

E: voice frame

S: trama de voz

Trame d'information non numérotée avec la vérification d'en-tête (UIH) de type G.764 qui contient un paquet de parole dans son champ d'information.

I.1.31 champ d'information de la parole

E: voice information field

S: campo de información de voz

Champ qui contient des blocs de trafic vocal.

I.1.32 réseau de paquets à large bande

E: wideband packet network

S: red de paquetes de banda ancha

Réseau de paquets offrant des circuits de transmission pouvant supporter des débits supérieurs à 64 kbit/s et inférieurs au débit à large bande de 150 Mbit/s.

I.2 Guide d'initiation à l'équipement PCME

L'équipement de multiplication de circuits paquets (PCME) (*packet circuit multiplication equipment*) utilise plusieurs innovations technologiques. Ces innovations peuvent être divisées en deux catégories. La première comprend les technologies communes à l'équipement de multiplication de circuit numérique (DCME) (*digital circuit multiplication equipment*) telles que l'interpolation numérique de la parole, l'annulation d'écho, la compression de la parole et la démodulation de télécopie. Il convient cependant de noter que, pour ces technologies courantes, les équipements PCME peuvent présenter des caractéristiques additionnelles, comme le codage imbriqué de la parole, pouvant s'avérer utiles dans la gestion des encombrements.

La seconde comprend des technologies spécifiques à l'équipement PCME, telles que la mise en paquets et le relais de trame.

Un exploitant de réseau peut utiliser les équipements PCME pour effectuer simultanément plusieurs types de connexions (compte tenu des contraintes imposées par la capacité du système). L'exploitant définit la façon dont les équipements PCME sont configurés pour chaque type de connexion. Une connexion comprend habituellement la compression et la mise en paquets de la transmission dans la bande vocale (voix ou données). D'autres types de connexions peuvent comprendre des circuits à 64 kbit/s sans compression de la voix ou des données qui peuvent également être brassées. Il est également possible de brasser des trains de paquets à chaque point du réseau; cela permet à l'équipement PCME de fonctionner dans des réseaux de trame de relais également.

Ce qui suit est une brève description des innovations technologiques qui viennent d'être évoquées.

I.2.1 Interpolation numérique de la parole

Le mode dialogué n'est pas continu et utilise rarement les deux sens de transmission de façon simultanée. L'interpolation numérique de la parole (DSI) (*digital speech interpolation*) utilise au mieux les périodes d'inactivité dans une conversation pour insérer de la parole provenant d'autres conversations. Etant donné que l'activité de la parole occupe en moyenne environ 40% du temps total dans une conversation, une baisse du débit binaire nécessaire à la transmission vocale peut être obtenue par l'élimination des périodes d'inactivité, c'est-à-dire par l'élimination des intervalles de silence de la parole ou par le codage du silence à un débit binaire inférieur à celui utilisé pour la parole.

L'interpolation de la parole par assignation de temps (TASI) (*time assignment speech interpolation*) a été initialement utilisée pour les systèmes de câbles analogiques sous-marins, puis transposée aux systèmes de transmission numérique par satellite. Ensuite, l'interpolation numérique de la parole a été combinée à des débits de codage MICDA variables (voir I.2.3), en vue de rentabiliser l'utilisation du trajet de transmission.

Un détecteur de parole très sensible est nécessaire pour reconnaître que la parole est en cours de transmission. La qualité du détecteur de parole à l'extrémité de transmission est un des facteurs importants qui déterminent la qualité globale de la parole. Si un détecteur de parole ne détecte pas correctement la parole, il peut tronquer le début des mots (*suppression de transitoires de début de parole*), en provoquant une dégradation importante de la qualité de la parole. Par contre, si le détecteur de parole est trop sensible, davantage d'intervalles de silence seront omis et le gain sera réduit. Habituellement, le détecteur de parole allonge la durée réelle de la salve de parole pendant un intervalle de temps appelé «*maintien*» afin d'éviter la suppression de transitoires de fin de parole. Cet allongement réduit le gain; il est donc recommandé que cet allongement n'augmente pas l'activité réelle de la parole de plus de 5%.

Un autre phénomène appelé «*gel*» de la voie se produit quand un locuteur demande qu'un canal lui soit attribué alors que tous les autres canaux sont occupés de sorte que l'attaque de la parole entrante ne soit pas transmise. Ce problème est résolu en ajoutant un retard constant dans les équipements de multiplication de circuit numérique conformément à la Recommandation G.763, de même que dans les équipements de multiplication de circuit par mise en paquets conformément aux Recommandations G.764 et G.765. Un équipement de multiplication de circuit numérique utilise cependant ce retard pour mettre en paquets le trafic entrant.

L'extrémité de terminaison restitue généralement un *bruit de fond* et non pas un silence pour réduire les discontinuités entre le silence et le bruit de fond accompagnant la parole. La Recommandation G.764 spécifie le niveau du bruit de remplissage dans l'en-tête de paquet. Ce bruit de remplissage peut être utilisé pour remplacer les paquets manquants ou retardés.

La puissance de bruit doit être soigneusement sélectionnée pour éviter le «*pompage de bruit*», de même qu'un contraste fâcheux entre le bruit de fond pendant la période d'inactivité et le bruit de fond pendant les salves de parole [1].

Par ailleurs, l'extrémité de terminaison doit permettre de faire la distinction entre les pauses qui sont dues au silence et les pauses qui sont dues à l'absence/l'abandon de paquets. La Recommandation G.764 spécifie qu'une extrémité d'origine met à 1 la valeur du *bit M de continuation* pour tous les paquets, sauf le dernier paquet d'une salve pour lequel le temps est mis à la valeur 0. Cela permet à un émetteur de signaler si un paquet fait partie d'une salve ou constitue le dernier paquet d'une salve.

Le mécanisme de bit M de continuation permet à l'extrémité de terminaison de distinguer entre l'absence de paquets au moment de la restitution en raison d'un silence à la source et leur absence en raison de la perte de paquets pendant le transit. Quand celle-ci achève la restitution d'un paquet et alors que le paquet suivant n'est pas disponible, l'extrémité de terminaison vérifie le bit M de continuation du dernier paquet. Si cette valeur est mise à 0, alors une absence de paquet indique qu'une pause réelle est intervenue dans la transmission à l'extrémité d'origine du nœud de transmission. Si la valeur du bit M du dernier paquet est mise à 1, l'absence de paquet provient d'un paquet en retard ou d'un dernier paquet qui n'est pas encore arrivé. Cette procédure permettra à l'extrémité de terminaison d'utiliser des procédures de remplissage appropriées pour le paquet de parole.

I.2.2 Annulation d'écho

Bien que l'écho soit le résultat d'un défaut quelconque d'adaptation d'impédance dans le circuit, ses effets sont d'autant plus importants que les retards sont longs. La principale source d'écho dans les circuits analogiques est la conversion de deux ou quatre fils à l'endroit où la connexion est établie entre le client et le central local. Dans les communications locales, une réduction du rapport signal/bruit est généralement suffisante pour masquer l'écho. Pour un retard donné, il y a un niveau optimal d'atténuation qui affaiblit l'écho sans dégrader le signal lui-même.

Dans le passé, le traitement d'écho dans les circuits ayant un retard important était effectué par des supprimeurs d'écho qui inséraient une perte élevée dans le trajet de retour d'écho. Les supprimeurs d'écho engendrent la suppression de transitoires de début de parole et sont inefficaces pendant la double parole. L'annulation d'écho permet d'éviter ces défauts en éliminant les échos de la parole.

Les annuleurs d'écho sont utilisés sur des connexions vocales bidirectionnelles. A chacune des extrémités du circuit, l'annuleur d'écho du côté local produit une réplique du signal de réception pour la soustraire du signal à transmettre. Pour chaque période d'échantillonnage, l'écho résiduel est utilisé pour la mise à jour des coefficients d'un filtre linéaire dont la réponse impulsionnelle simule le trajet d'écho.

Il convient de noter que dans le réseau RTPC, la protection contre les échos est nécessaire quand l'interpolation numérique de la parole est utilisée, parce que le détecteur de parole peut classer par erreur les signaux d'écho en parole, réduisant ainsi le gain de compression. Cela vient en complément du besoin d'annulation d'écho, afin de masquer le retard dû à la mise en paquets ou d'éviter le «gel» de la voie du détecteur.

I.2.3 Codage MICDA des signaux dans la bande vocale

La méthode usuelle de codage des signaux vocaux dans un réseau numérique utilise une modulation à impulsions codée (MIC) à 64 kbit/s. Les algorithmes de modulation à impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) mettent à profit la lente variation et le caractère prédictif de la parole pour réduire le débit binaire et augmenter l'efficacité de la transmission. Le Secteur de la normalisation de l'UIT-T a adopté les algorithmes de la Recommandation G.726 pour la transmission à des débits de 40 kbit/s, 32 kbit/s, 24 kbit/s et 16 kbit/s. Les algorithmes MICDA imbriqués de la Recommandation G.727 peuvent être utilisés pour la compression des signaux vocaux et des données dans la bande vocale lors de la transmission sur les réseaux numériques. Ils présentent un avantage par rapport aux algorithmes non imbriqués puisqu'un nœud intermédiaire peut réduire l'affectation de bits pour certains circuits entrants sans nécessiter l'échange des messages de commande entre les différents nœuds du trajet de connexion.

I.2.4 Démodulation/remodulation de télécopie

De nombreux facteurs affectent les performances de bout en bout du système de télécopie dans les équipements de compression. Ainsi, les méthodes suivantes peuvent être utilisées pour améliorer la qualité globale du système de transmission de télécopie dans les équipements de compression à débit de données intermédiaires (IDR) (*intermediate data rate*) pour satellites:

- accroître la qualité de la liaison IDR, en augmentant la puissance de transmission ou en utilisant un codage de correction d'erreurs plus robuste ou les deux;
- améliorer le fonctionnement de l'équipement de multiplication de circuit (CME) (*circuit multiplication equipment*) pour la télécopie en introduisant un codage de correction directe d'erreurs (FEC) (*forward error correction*) spécifique au service de télécopie tel que celui de la Recommandation G.766;
- améliorer les performances des tronçons nationaux de la connexion.

En 1991 et 1992, AT&T et COMSAT ont étudié l'impact des erreurs dans les équipements pour satellites utilisant les liaisons à débit de données intermédiaires (IDR) sur la qualité de l'image de télécopie groupe 3 (G3), en cas de connexions point à point. Lors de ces essais, une simulation de liaison à débit intermédiaire (IDR) a relié deux ensembles d'équipement de multiplication de circuit (CME) fréquemment utilisés qui intégraient à la fois le mode de codage MICDA et le mode de démodulation de télécopie pour le traitement de la télécopie. Les principales conclusions

étaient qu'en l'absence de dégradations dans le réseau arrière des prolongements nationaux, le trafic de la télécopie mise en paquets selon la procédure de démodulation/remodulation de la Recommandation G.765 permettait d'améliorer de façon importante les performances par rapport au codage MIC ou MICDA en mode circuit (sans une correction directe d'erreurs spécifique au service) sur des liaisons IDR.

Les résultats d'essai en pourcentage de pages sans erreur indiquent que les performances du trafic mis en paquets sont meilleures que celles du trafic en codage MIC et celles des équipements de multiplication de circuit numérique (DCME) avec la remodulation de télécopie de la Recommandation G.766 et sans la correction directe d'erreurs (FEC) de la Recommandation G.766. Par ailleurs, les résultats en pourcentage de pages gravement erronées indiquent que la remodulation après mise en paquets est supérieure même pour un taux d'erreurs sur les bits (BER) atteignant 10^{-5} . La raison pour laquelle la démodulation après mise en paquets peut améliorer les performances de bout en bout est la suivante: l'effet combiné de l'impact d'une rafale d'erreurs sur un paquet unique et la structure de commande répartie des systèmes de paquets réduit la fréquence d'exposition aux erreurs, ce qui explique que la transmission par paquets soit améliorée. Un équipement de multiplication de circuit numérique avec la remodulation de télécopie selon la Recommandation G.766 et avec la correction directe d'erreurs (FEC) selon cette même Recommandation G.766 a de meilleures performances qu'un équipement de multiplication de circuit par mise en paquets (PCME) parce que le code de correction directe d'erreurs (FEC) corrige les erreurs sur la ligne.

Une solution permettant d'améliorer les performances de la télécopie est d'utiliser des techniques de correction d'erreurs spécifiques au service, telles que le codeur BCH des équipements DCME qui a été spécifié dans la démodulation/remodulation de télécopie de la Recommandation G.766. Cette solution améliore de façon importante la qualité de la télécopie G3.

Pour améliorer les performances, une autre solution est d'ajouter un codeur de correction directe d'erreurs sur la ligne (par exemple, le codec extérieur concaténé Reed-Solomon pour liaisons IDR). Cette méthode permet d'améliorer les performances du canal à 2,048 Mbit/s pour tous les types de trafic. Cela comprend, en plus de la télécopie, d'autres services tels que la voix, les données numériques, les données dans la bande vocale à débit élevé, la visiophonie, le RNIS et le relais de trame.

La méthode la plus généralement utilisée pour réduire autant que possible la complexité des équipements est de renforcer la puissance de transmission des liaisons satellite, et partant, d'améliorer les objectifs de performances du satellite et la qualité des liaisons pour tous les types de trafic et de service.

I.2.5 Mise en paquets

Dans une connexion par commutation de circuits, les trajets de transmission et les ressources de commutation sont dédiés à l'appel même si le trafic est inexistant. Le retard constant dû à la transmission constitue la principale composante du retard. Les informations sont échangées sous forme de blocs de taille limitée ou «paquets» dans la commutation par paquets. A la source, les messages longs sont divisés en plusieurs paquets qui sont transmis par le réseau et réassemblés à l'arrivée afin de reconstituer le message initial. L'affectation de la largeur de bande pour la transmission est dynamique et s'effectue liaison par liaison. La commutation par paquets tire donc profit de l'effet de rafales de la transmission de la voix et des données afin de multiplexer le trafic provenant de différents utilisateurs pour que ceux-ci puissent utiliser de façon dynamique la largeur de la bande de transmission et les ressources de commutation. La mise en paquets facilite l'intégration de la parole et des données, et devrait permettre une utilisation plus efficace des ressources disponibles. Les réseaux servant uniquement à la transmission des données doivent être conçus de façon à recevoir des salves de trafic sans provoquer d'encombrement, ce qui conduit à une utilisation peu efficace de la largeur de bande. En multiplexant ainsi le trafic de données et la transmission dans la bande vocale dont l'effet de rafales est moins marqué, une utilisation plus efficace de la largeur de bande peut être obtenue. Par ailleurs, les systèmes de paquets s'adaptent plus facilement aux besoins de la mise en œuvre des réseaux parce que les bits nécessaires au contrôle des informations sont disponibles dans l'en-tête de paquet. Cette plus grande souplesse dans l'exploitation des réseaux permet d'intégrer plus facilement le trafic multimédia (parole, vidéo, données).

Afin de faciliter l'intégration de différents types de trafic, le protocole relatif à la mise en paquets de la parole selon la Recommandation G.764 fait référence aux Recommandations du réseau RNIS pour définir les procédures des couches physiques, de liaison et de paquets pour un traitement homogène de la voix, des données dans la bande vocale et des données numériques. Le protocole de niveau de liaison est extrait des Recommandations I.441/Q.921 (c'est-à-dire protocole LAPD), et est similaire à celui de la Recommandation Q.922 (protocole LAPF) contenant le protocole pour les applications de transmission de données exclusivement sur le relais de trame.

Les Recommandations G.764 et Q.922 ont beaucoup de ressemblances. Les salves de transmission sont comprises dans des trames, chacune ayant une adresse de destination. L'adresse s'appelle l'identificateur de connexion de liaison de données (DLCI) (*data link connection identifier*) et est enregistrée dans un champ d'adresse de l'en-tête de trame. Le réseau n'effectue pas de contrôle de flux utilisant une fenêtre d'anticipation ou retransmission. Le type général de trame ne nécessitant pas d'accusé de réception s'appelle trames d'informations non numérotées (UI) (*unnumbered information*).

La Recommandation G.764 a étendu le relais de trame au signal dans la bande vocale et a défini une nouvelle trame d'informations non numérotées avec en-tête (UIH) pour la voix mise en paquets. La trame vocale UIH effectue un contrôle de redondance cyclique (CRC) sur les octets 2-9 de la trame. Ces octets incluent le champ d'adresse (pour assurer une remise correcte), le champ de commande (pour garantir la validité du type de trame), et l'en-tête de la couche 3 qui contient les informations provenant de l'horodateur.

La trame UIH permet la mise en paquets de la voix sur des lignes de transmission sur lesquelles des erreurs peuvent se produire. Cela rend la transmission plus robuste, ce qui est important pour les codeurs de parole qui ne sont pas résistants aux erreurs sur la ligne tels que les codeurs MIC et MICDA.

Les informations contenues dans les paquets de type G.764 permettent à l'extrémité de terminaison de reconstituer des trains continus de parole et de les restituer périodiquement malgré des temps d'arrivée différents. Cela implique:

- 1) maintenir le rythme relatif des informations à l'intérieur d'une impulsion de parole par l'utilisation des numéros de séquence de paquet; et
- 2) compenser le retard des différents paquets à l'intérieur d'une salve de parole à l'aide de la valeur du temps de l'horodateur et de la valeur de reconstitution.

I.2.5.1 Numéros de séquence

Les numéros en séquence dans l'en-tête de paquet permettent à l'extrémité de déterminer si un paquet s'est perdu. En outre, les extrémités utilisent ces informations en liaison avec l'horodateur afin d'éliminer la variabilité du retard entre les impulsions de parole. Le premier paquet d'une impulsion de parole a toujours le numéro de séquence de «0»; les paquets subséquents dans le même fragment ont des numéros allant de 1 à 15, pour revenir à 1.

I.2.5.2 Horodateur

Le champ de l'horodateur dans l'en-tête de paquet enregistre le cumul des retards variables que le paquet subit en traversant le réseau. Chaque nœud ajoute la durée nécessaire pour présenter un paquet à l'horodateur avant de le transmettre. Au moment où le paquet atteint l'extrémité de terminaison, la valeur dans le champ de l'horodateur indiquera le retard total d'attente dans le réseau. Le paquet est alors retardé avant la restitution de sorte que le retard de bout en bout soit égal à la valeur de *reconstitution*. La valeur du retard de reconstitution est le résultat d'un compromis entre l'acceptation de retards excessifs et un nombre élevé d'abandons de paquets.

I.2.5.3 Procédures de reconstitution

Le délai de *reconstitution* est le retard variable maximal pouvant être autorisé sur un circuit virtuel donné dans un système de mise en paquets de la parole. L'extrémité de terminaison utilise ce paramètre pour masquer la gigue de rythme. Cette gigue résulte de la variabilité du retard que les différents paquets des mêmes circuits virtuels permanents rencontrent sur leur trajet. L'utilisation du délai de reconstitution améliore la qualité subjective de la parole reconstituée.

L'extrémité de terminaison utilise ce paramètre pour évaluer dans quelle mesure le premier paquet d'une salve de parole doit être retardé. Une fois qu'elle a évalué le temps de restitution, elle place les paquets subséquents dans l'ordre séquentiel et les conserve dans la mémoire tampon de restitution pendant une durée définie comme suit:

$$\text{temps précédant la restitution} = \text{délai de reconstitution} - \text{valeur de l'horodateur}$$

L'extrémité de terminaison doit donc enregistrer les paquets de parole qui arrivent avant l'horaire prévu pour leur restitution et les restituer à des intervalles réguliers. Les paquets dont le champ d'horodateur dépasse le délai de reconstitution sont considérés comme étant en retard et sont abandonnés. La valeur du délai de reconstitution est le retard maximal pouvant être autorisé sur le trajet de transmission. Les paquets qui subissent des retards dépassant cette valeur sont éliminés. Dans le cas de la voix, des paquets de bruit remplissent le vide laissé par les paquets manquants.

Cette méthode garantit que les paquets resteront en séquence et ne nécessiteront pas de synchronisation des horloges entre les extrémités. En outre, une valeur excessive d'abandon de paquets peut être utilisée pour détecter un encombrement dans le réseau, puis pour faire appel à des stratégies de gestion de surcharge.

Le délai de reconstitution n'est ajouté qu'une fois à l'extrémité de terminaison; par conséquent, si deux réseaux conformes à la Recommandation G.764 sont connectés en vis-à-vis, le retard s'ajoute au dernier nœud uniquement. Cette caractéristique permet au concepteur/à l'exploitant de réseau à maintenir le retard unilatéral de bout en bout dans la limite de 400 ms spécifiée dans la Recommandation G.114.

Le choix de la valeur de reconstitution est un compromis entre l'acceptation de retards excessifs et un nombre élevé d'abandons de paquets.

I.2.6 Relais de trame et brassage de paquets

Un équipement PCME peut assurer une fonction de réseau en mode paquet par brassage des paquets. Cette caractéristique est similaire à la capacité de brassage numérique, à l'exception du fait qu'elle s'applique au mode paquet et non au mode circuit traditionnel. Cette caractéristique est la même que celle utilisée pour les données numériques dans les relais de trame selon la description de la Recommandation Q.922.

Il y a cependant des différences entre les brassages de trames de type G.764 et les relais de trames du protocole LAPF de la Recommandation Q.922. Ces différences se trouvent au niveau des couches physiques, de liaison et de paquet comme cela est expliqué aux I.2.6.1, I.2.6.2 et I.2.6.3.

I.2.6.1 Couche physique

Selon 3.1.1/G.764, l'inversion de bits est nécessaire pour assurer une transmission correcte sur des circuits primaires qui exigent que des codes soient exclus en garantissant les spécifications de la densité de «un» logique. Ceci n'est pas une spécification de la Recommandation Q.922.

I.2.6.2 Couche logique (liaison)

Comme cela a été expliqué précédemment, la Recommandation G.764 utilise l'information non numérotée avec vérification d'en-tête ou trame UIH pour permettre que les calculs du contrôle de redondance cyclique (CRC) soient effectués sur une partie de la trame. La Recommandation Q.922 spécifie que le contrôle doit être effectué sur l'ensemble de la trame. Si les calculs du contrôle CRC sont effectués sur l'ensemble de la trame comme dans le protocole LAPF, toute erreur sur un des bits entraînerait l'abandon de la trame entière. Dans ce cas, l'application de la parole mise en paquets deviendrait par conséquent limitée aux cas où le taux d'erreur est très faible. Cette restriction exclurait l'application du protocole à de nombreux réseaux publics et privés internationaux, à moins qu'une certaine dégradation soit acceptée.

Les Recommandations G.764 et G.765 spécifient un identificateur de connexion de liaison de données (DLCI) à 13 bits comme moyen d'adressage de trames. Les protocoles pour les relais de trame utilisent un DLCI à 10 bits parce que trois bits du second octet ont été utilisés pour l'indication d'un encombrement en avant et en arrière, ainsi que pour le marquage des trames. Par conséquent, une traduction d'adresse doit être effectuée quand un équipement PCME assure l'interface avec un réseau de relais de trame pour la transmission des données exclusivement.

Chaque trame arrivant dans un équipement PCME est identifiée par le couple {train de paquets, DLCI}. Un train de paquets comprend des paquets affluant au débit de 64 kbit/s sur plusieurs intervalles de temps prédéfinis qui ne sont pas nécessairement contigus, mais qui se trouvent sur la même liaison sortante à débit primaire. Avant de rejoindre le train de paquets, le trafic entrant à débit constant (réparti sur plusieurs canaux) peut arriver sur différentes lignes d'accès à débit primaire, sur des intervalles de temps non contigus, à un débit de 64 kbit/s. Un DLCI identifie un point de destination donné pour un train de paquets donné.

I.2.6.3 Couche 3

La question de la variabilité du retard de temps est importante pour la transmission de la parole. La Recommandation Q.922 n'inclut pas ce mécanisme; par conséquent, l'interface entre un équipement PCME et des dispositifs de type Q.922 devrait garantir qu'aucune grande variabilité du retard puisse intervenir sur le réseau à relais de trame pour la transmission de données exclusivement.

I.3 Caractéristiques

Ce paragraphe explique comment l'équipement PCME est utilisé pour obtenir une dégradation plus progressive en cas de surcharge.

I.3.1 Gestion des encombrements

Dans le paragraphe suivant, un *train de paquets* comprend des paquets affluant sur plusieurs intervalles de temps prédéfinis à 64 kbit/s, qui ne sont pas nécessairement contigus, mais qui se trouvent sur la même liaison sortante de l'accès à débit primaire. Avant la mise en paquets, le trafic entrant à débit constant (réparti sur plusieurs canaux) peut arriver sur différentes liaisons de l'accès à débit primaire et sur des voies non contiguës.

Il y a deux types de mécanismes de gestion des encombrements dans un équipement PCME:

- a) l'abandon de blocs pour le trafic de parole; et
- b) la commande dynamique de charge (DLC) (*dynamic load control*).

L'abandon de blocs repose sur le principe de l'utilisation d'algorithmes imbriqués. Ces derniers sont des algorithmes dont les mots-codes comprennent un bloc essentiel et plusieurs blocs d'amélioration. Les blocs essentiels sont utilisés à la fois dans le codeur et le décodeur, alors que les blocs d'amélioration sont utilisés pour réduire le bruit de quantification dans le signal reconstitué. Les blocs essentiels doivent atteindre le décodeur pour éviter la désynchronisation entre le codeur et le décodeur, mais les blocs d'amélioration peuvent être dégagés des paquets quand les conditions de surcharge se produisent.

La correction des excès de largeur de bande s'effectue par l'abandon des paquets qui ont dépassé la largeur de bande attribuée. Celle-ci est utilisée dans le protocole de relais de trame pour la transmission de données uniquement conformément à la Recommandation Q.922, en faisant appel au bit d'erreur (DE).

Enfin, le principe de commande dynamique de charge (DLC) est de transmettre des signaux vers un commutateur ayant une capacité DLC, c'est-à-dire d'éviter que de nouveaux appels soient acceptés du côté accès pendant les périodes d'encombrement. Les signaux peuvent être conformes aux spécifications de la Recommandation Q.50 ou à l'un de plusieurs formats propres aux constructeurs.

On pourra trouver un guide d'initiation à l'algorithme imbriqué MICDA dans l'Appendice de la Recommandation G.727. La technique de l'abandon de blocs est expliquée de façon plus détaillée dans l'Appendice de la Recommandation G.764. Des études subjectives ont démontré qu'avec cet algorithme la qualité vocale avait une dégradation plus progressive dans des conditions de surcharge. En outre, les effets du lissage de trafic et les avantages procurés par cette méthode sur la capacité sont évidents quand les performances de bout en bout des liaisons en cascade sont comparées aux méthodes traditionnelles de mise en cascade de codeurs.

I.3.2 Effets de lissage du trafic lors de l'abandon de blocs

La combinaison des paquets provenant de sources vocales diverses et de la détection de la parole produit un effet de rafales très marqué, en raison des corrélations entre les moments successifs d'arrivée dans le train de paquets transmis sur les circuits de superposition. Sans l'abandon de blocs, ces corrélations ont tendance à augmenter les retards de files d'attente et les pertes de paquets.

La simulation, les résultats analytiques et les essais subjectifs dans des conditions réelles ont indiqué que l'abandon de blocs durant les encombrements accélérât le débit de service des paquets et atténuait l'effet de rafales très marqué du trafic vocal de paquets transmis sur des circuits de superposition. Les résultats ont indiqué une amélioration considérable de capacité.

I.3.3 Performances de la télécopie sur les liaisons IDR

Dans cette étude, les critères des Recommandations E.451, E.452, E.453 et E.456 sont utilisés pour la classification des pages. Une page est dite *gravement erronée* si elle contient une ou plusieurs des erreurs suivantes:

- douze événements de dégradation ou davantage;
- trois erreurs mineures ou davantage;
- une erreur majeure ou davantage.

Une page est dite *erronée* si elle contient un ou plusieurs événements de dégradation, mais n'est pas gravement erronée.

Une page est dite *sans erreur* si elle ne contient pas d'événements de dégradation.

Le Tableau I.1 énumère le nombre de pages d'essai de télécopie transmises par un équipement DCME (circuit) ou PCME (paquet), qui ont été analysées pour chacune de ces conditions d'essai. L'objectif était de transmettre suffisamment de pages pour obtenir au moins 100 événements d'erreur affectant les transmissions d'image pour chaque cas d'essai.

Les Tableaux I.2 et I.3 énumèrent le pourcentage de pages sans erreur et le pourcentage de pages gravement erronées pour chacune des conditions d'essai.

Les Figures I.1 et I.2 représentent sous forme de courbes les données représentées aux Tableaux I.2 et I.3 pour les pages respectivement sans erreur et gravement erronées.

Il convient de noter que le nombre de pages sans erreur par rapport aux courbes de taux d'erreur sur les bits (BER) pour les trois méthodes de transmission non mise en paquets sont très proches.

TABLEAU I.1/G.765

Nombre de pages analysées en vue des résultats finals

Taux d'erreur sur les bits des liaisons IDR	1×10^{-4}	3×10^{-5}	1×10^{-5}	3×10^{-6}	1×10^{-6}	3×10^{-7}	Total
MIC (circuit)	100	457	499	727	966	1381	4130
MIC (paquet)	101	508	598	1099	1044	1200	4550
MICDA (circuit)	74	196	401	415	344	638	2068
MICDA (paquet)	33	605	597	1276	1349	1198	5058
Remodulation sans correction FEC (circuit)	75	400	278	499	458	774	2484
Remodulation (paquet)	75	381	499	1280	1105	1298	4638

TABLEAU I.2/G.765

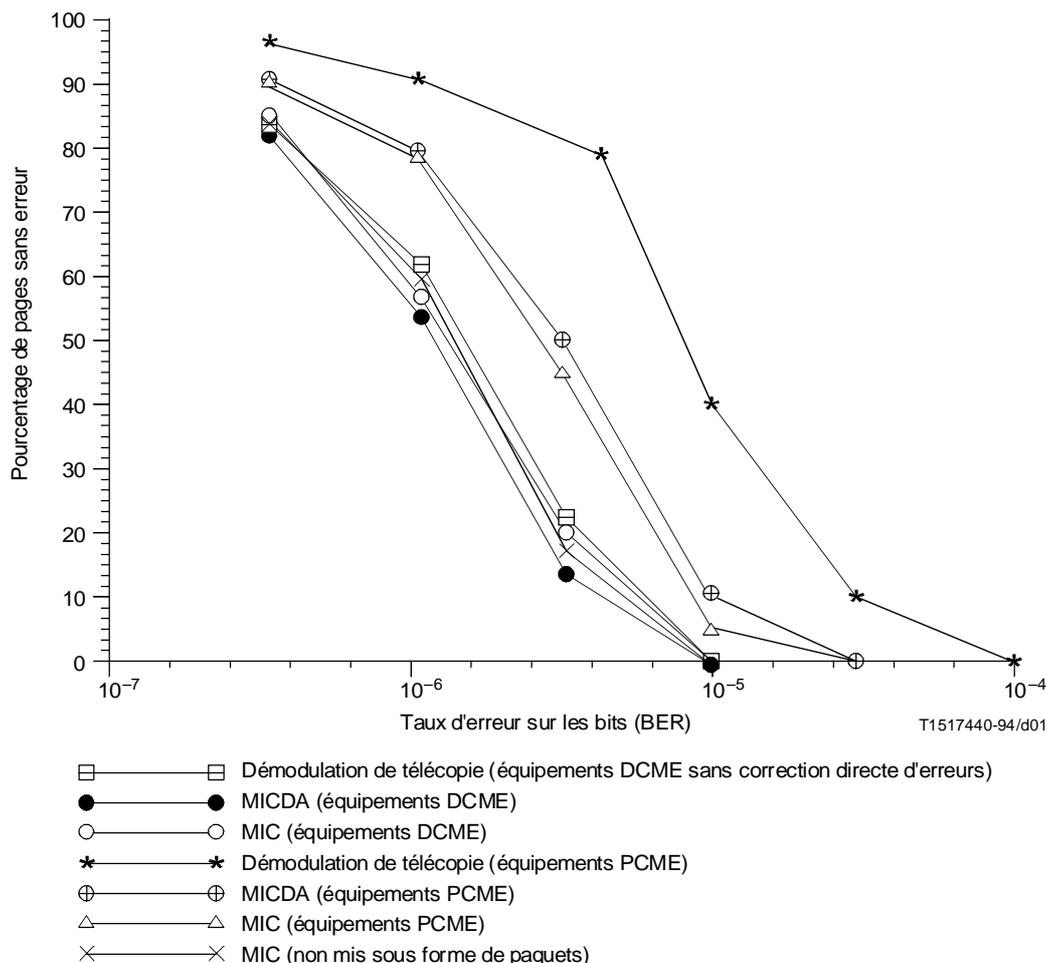
Pourcentage de pages sans erreur pour les données d'essai

IDR	MIC (%)		MICDA (%)		Remodulation sans correction directe d'erreurs (%)	
	(circuit)	(paquet)	(circuit)	(paquet)	(circuit)	(paquet)
3×10^{-7}	84,8	93,4	83,5	93,2	84,9	97,5
1×10^{-6}	59,2	76,8	52,9	77,5	62,0	90,9
3×10^{-6}	17,1	45,8	14,0	48,1	22,9	79,3
1×10^{-5}	0,2	6,0	0,0	11,1	0,4	43,3
3×10^{-5}	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	11,3
1×10^{-4}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3

TABLEAU I.3/G.765

Pourcentage de pages gravement erronées pour les données d'essai

IDR	MIC (%)		MICDA (%)		Remodulation sans correction directe d'erreurs (%)	
	(circuit)	(paquet)	(circuit)	(paquet)	(circuit)	(paquet)
3×10^{-7}	0,0	1,6	0,0	1,6	0,0	0,0
1×10^{-6}	0,0	6,4	0,0	6,4	0,0	0,0
3×10^{-6}	0,0	16,0	0,0	16,9	0,0	0,0
1×10^{-5}	0,4	54,7	3,3	49,9	0,4	0,0
3×10^{-5}	84,7	96,9	92,9	92,4	72,4	1,6
1×10^{-4}	100	100	100	100	100	32,0



NOTE – Les équipements DCME avec la démodulation et la remodulation de télécopie selon la Recommandation G.766 et la correction directe d'erreurs également selon la Recommandation G.766 n'ont pas été inclus dans cet essai particulier étant donné qu'ils permettent une exploitation quasiment exempte d'erreurs dans cette plage de taux d'erreur sur les bits (BER).

FIGURE I.1/G.765

Données représentées sous forme de courbes à partir du Tableau I.2

La Figure I.1 montre que les résultats de mesure pour le pourcentage de pages sans erreur sont fonction du taux d'erreur sur les bits de liaison IDR pour chacune des conditions d'essai. Cette figure met en évidence le fait que, pour chaque valeur de taux d'erreur sur les bits testée, la méthode de transmission par paquets permet d'obtenir un pourcentage plus élevé de pages sans erreur que les méthodes de transmission n'utilisant pas la mise en paquets (sans correction directe d'erreurs spécifique au service). Cela s'applique au MIC utilisé en référence, aux équipements DCME sans codage MICDA et aux équipements DCME avec remodulation de télécopie sans correction directe d'erreurs (FEC). Cette observation est valable pour tous les cas du trafic par paquets: MIC, MICDA et trafic à remodulation avec mise en paquets.

La Figure I.2 indique que la remodulation avec mise en paquets obtient de meilleurs résultats que le trafic en mode paquet et que le codage MIC et MICDA mis en mode paquet pour tous les cas d'images gravement erronées pour la plage $10^{-5} \leq \text{BER} \leq 10^{-4}$. Les codages MIC et MICDA mis en paquets ont des pourcentages de pages erronées supérieurs, en particulier quand le taux d'erreur sur les bits (BER) est compris dans la gamme $3 \times 10^{-7} < \text{BER} < 3 \times 10^{-5}$. Ceci s'explique par une multiplication des erreurs en cas de perte de paquets.

Les caractéristiques du codage MICDA sont meilleures que celles de la télécopie sur la liaison IDR concernée en raison des caractéristiques spécifiques du mode de transmission par paquets, comme cela est expliqué ci-dessous.

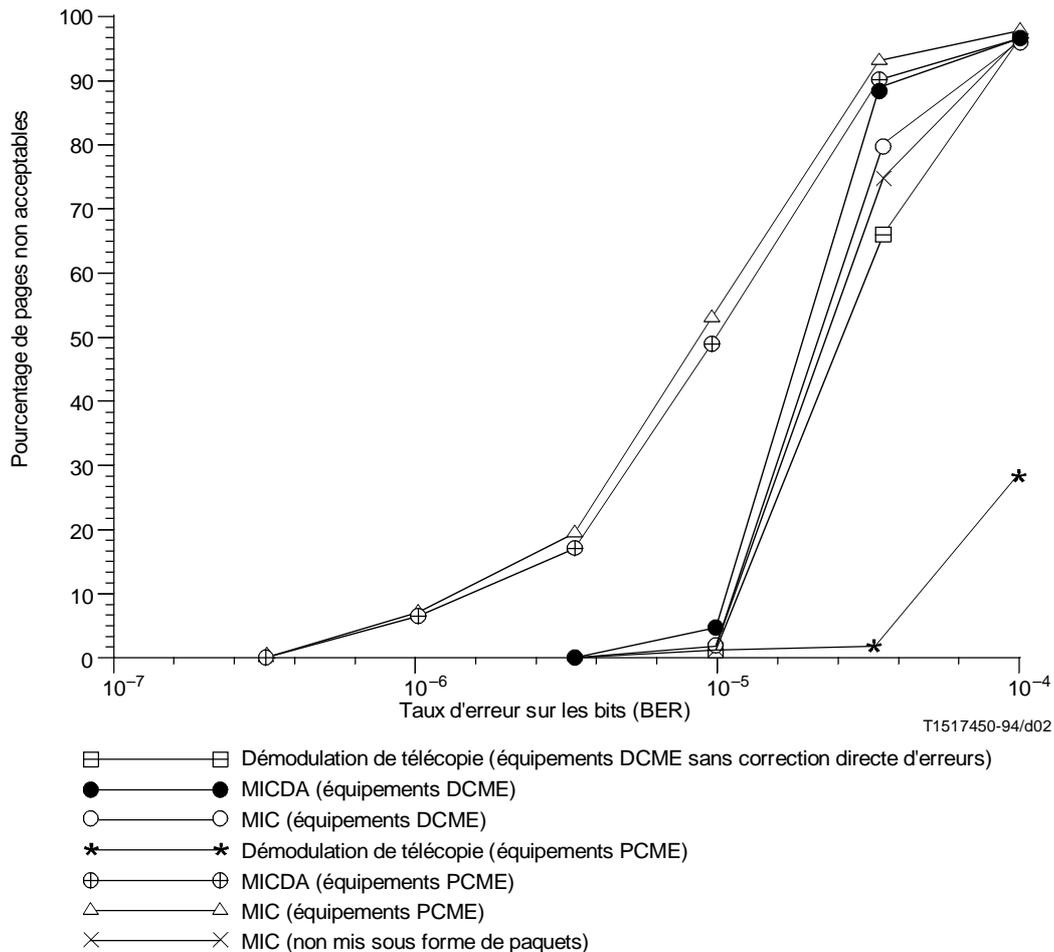


FIGURE I.2/G.765

Données représentées sous forme de courbes à partir du Tableau I.3

Des mesures ont démontré que la longueur usuelle de la salve pour une liaison IDR à 2048 kbit/s était comprise entre 20 et 40 bits et avait une longueur moyenne de 27 bits. En conséquence, une salve d'erreurs IDR affecte uniquement un paquet dans le trafic mis en paquets, c'est-à-dire une seule voie de transmission, tandis que plusieurs voies sont perturbées dans le trafic en mode circuit.

Avec la démodulation de télécopie, les équipements PCME de terminaison peuvent être conçus de façon à injecter des caractères de remplissage T.4 afin d'éviter que le récepteur V.29 ne raccroche et à minimiser les effets des erreurs quand un paquet est abandonné. Si le paquet abandonné contient des caractères de bourrage, aucune dégradation ne se produit. Quand l'abandon de paquets introduit une dégradation, la concentration des erreurs dues aux salves des erreurs IDR est telle qu'une seule ligne adjacente de balayage ou deux sont affectées dans la plupart des cas.

Une ligne erronée de balayage affecte de la même manière la qualité d'image de la télécopie, quel que soit le nombre d'erreurs sur les bits contenu dans cette ligne. Ainsi, pour le même nombre total de bits erronés, la concentration des erreurs en une ou deux lignes adjacentes de balayage permet d'obtenir de meilleures caractéristiques que celles obtenues quand les erreurs sont dispersées sur de nombreuses lignes, chacune ayant un nombre inférieur de bits d'erreur par ligne.

Une explication simplifiée est la suivante:

- 1) étant donné que la télécopie démodulée et mise en paquets utilise moins de largeur de bande sur le support de transmission (relative au codage MICDA ou MIC mis en paquets), son exposition aux rafales d'erreurs en est d'autant réduite; et
- 2) la perte des paquets contenant la télécopie démodulée a des effets localisés, tandis que la perte des paquets MICDA entraîne une perte de synchronisation du décodeur MICDA et/ou la perte de la porteuse pour le modem. Une moindre exposition aux erreurs de ligne dans les systèmes de paquets avec démodulation de télécopie et une moindre persistance des effets de perte de paquets expliquent l'amélioration considérable de la transmission par paquets telle qu'elle est décrite dans les Figures I.1 et I.2.

I.4 Etudes et dimensionnement

I.4.1 Généralités

Ce paragraphe contient les informations relatives à la charge de trafic devant être utilisées dans l'ingénierie de trafic des équipements PCME. Les courbes et les formules de trafic sont présentées dans le but de favoriser une utilisation optimale de la largeur de bande. Différentes origines de trafic, de tailles de trains de paquets, de facteurs de détection d'activité vocale et de combinaisons de gain de compression ont été utilisés pour obtenir des taux moyens de bits par échantillon.

I.4.1.1 Gain des équipements PCME

Les équipements PCME permettent d'obtenir un gain de largeur de bande en appliquant différents algorithmes de traitement selon le contenu de la voie. Ces algorithmes sont basés sur la détection et l'interpolation de l'activité des voies de transmission, la classification du type et de la vitesse des signaux, la codification à différents débits des codages MIC/MICDA, de même que la modulation des données de la télécopie G3.

En raison du caractère monodirectionnel des communications pour lesquelles aucune procédure de prise de contact de protocole n'est nécessaire entre les nœuds pour l'affectation de la largeur de bande, les gains obtenus par l'application de différentes techniques d'économie de largeur de bande sont indépendants du sens de transmission. En outre, l'effet du «gel» de voie de détecteur est éliminé.

I.4.1.2 Gain d'interpolation numérique de la parole

La détection de l'énergie et l'interpolation des informations détectées, de même que d'autres informations soumises à un traitement similaire, rendent possible le remplissage des pauses dans la transmission (de la voix, des données de bande vocale, de la télécopie) avec du trafic provenant d'autres canaux. Les gains spécifiques obtenus par l'interpolation numérique de la parole dépendent des procédés de transmission des équipements de signaux vocaux et de bande vocale. L'affectation de la largeur de bande s'effectue dans chaque sens dans les équipements PCME; elle est déterminée par le détecteur d'énergie à chaque extrémité des équipements PCME.

I.4.1.3 Type de signal et classification de vitesse – Effets sur le gain

La classification en temps réel du type de signal (voix, télécopie G3, ou données de bande vocale) et, dans le cas des données de bande vocale, la classification de la vitesse des signaux permettent un traitement optimal du trafic. La combinaison de ces algorithmes ne permet pas seulement des économies de largeur de bande, mais également une transmission correcte du débit, en préservant donc l'intégrité des informations. La classification permet d'obtenir des gains par l'affectation de débits de codage MIC/MICDA et par la démodulation de la télécopie G3.

I.4.1.4 Gain en débit de codage MIC/MICDA

Une fois que le type de signal et la vitesse ont été classifiés, un débit de codage est attribué aux signaux. Ce débit est programmable selon le canal, le type de signal et la vitesse. Pour la voix, l'algorithme MICDA imbriqué à 4 bits/échantillon et la capacité de décroître dynamiquement à 3, voire 2 bits/échantillon dans des périodes d'encombrement, sont couramment utilisés. Pour optimiser l'utilisation de la largeur de bande et la qualité du signal, on utilise le codage à des débits binaires sans abandon de bits de 8, 5, 4, 3 et 2 bits/échantillon pour les données de bande vocale. Les gains de codage dépendent des vitesses et des débits de codage de vitesse des signaux.

I.4.1.5 Gain en modulation de télécopie G3

Pour le trafic de télécopie G3, le signal peut être modulé à sa vitesse numérique initiale. Cette procédure permet au volume croissant de trafic de télécopie d'admettre des taux de compression similaires à ceux de la voix; sans la modulation, la largeur de bande utilisée par le trafic de télécopie réduirait la largeur de bande disponible pour la voix, en réduisant par là même la qualité de la voix.

I.4.2 Ingénierie de trafic des équipements PCME

Les informations relatives à l'ingénierie de trafic décrites dans ce paragraphe s'appliquent à cinq types usages des équipements PCME:

- 1) point à point;
- 2) à faible trafic;
- 3) multidestination;
- 4) cascade;
- 5) trafic de transit.

Après compression, un nombre de liaisons avec compression allant jusqu'à huit peut être transmis simultanément à partir d'un terminal PCME. Le traitement de compression sur chaque liaison est totalement indépendant des autres.

Ces graphiques ont pour objectif de permettre le calcul du gain des équipements PCME pour un ensemble donné de spécifications liées au trafic et pour un niveau donné de qualité de fonctionnement.

Le gain vocal dans les courbes suivantes (voir les Figures I.3, I.4 et I.5) est défini comme le nombre de voies d'accès à 64 kbit/s qui seraient nécessaires pour transmettre le trafic vocal sans les équipements PCME, divisé par le nombre d'intervalles de temps qui sont configurés pour le train de paquets des équipements PCME qui transmettent le trafic.

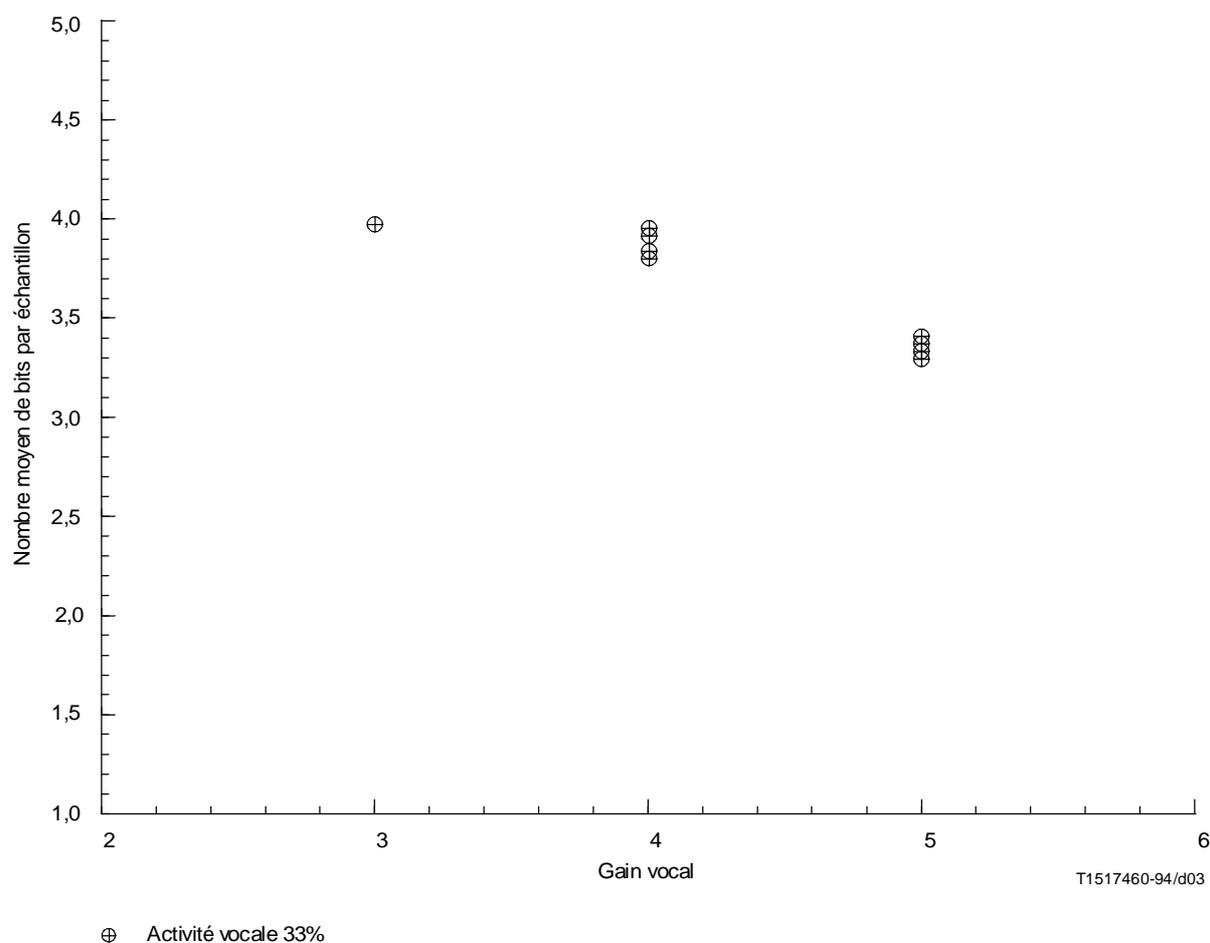


FIGURE I.3/G.765
Détecteur d'activité vocale à 33%

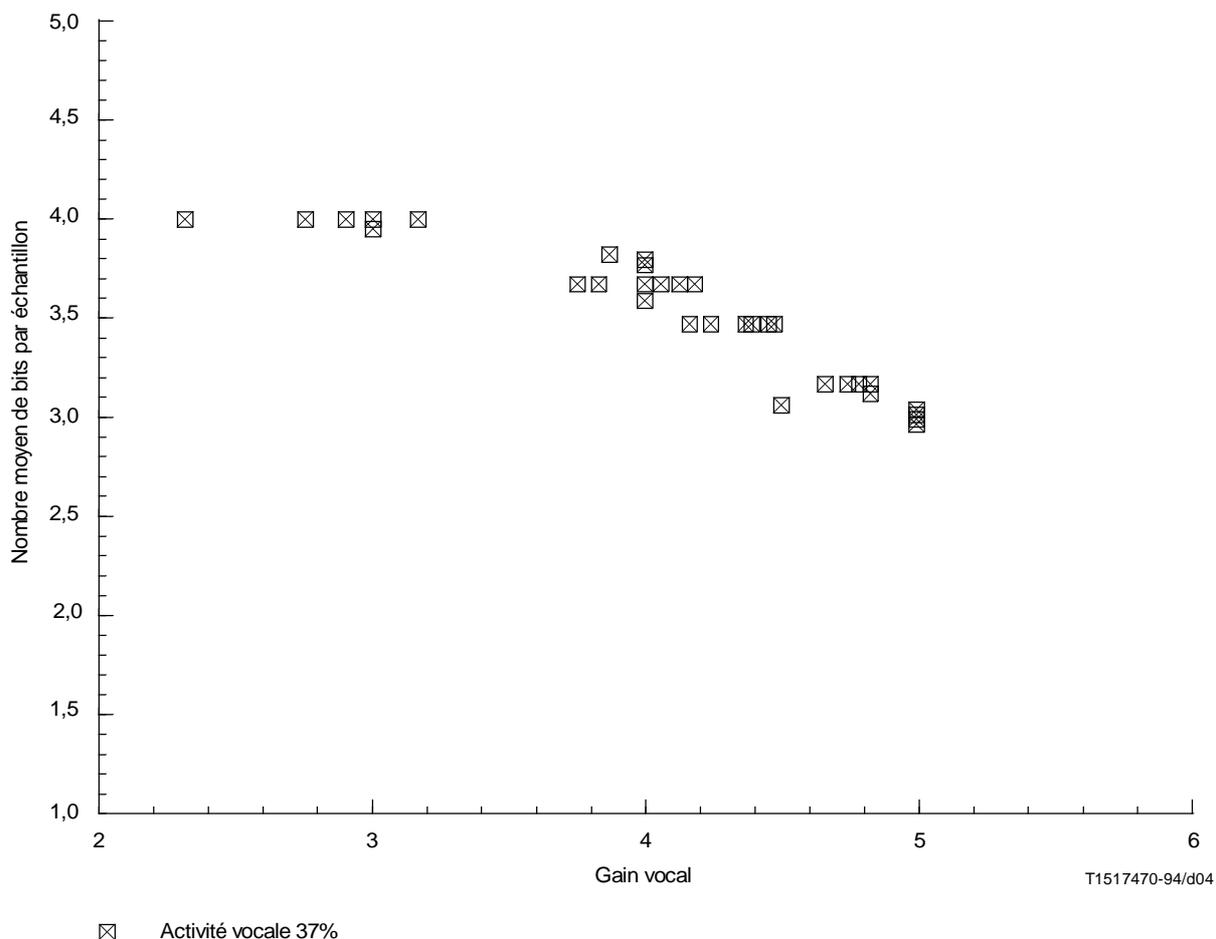


FIGURE I.4/G.765
Détecteur d'activité vocale à 37%

La définition du *niveau de qualité de fonctionnement* est subjective, étant donné qu'elle s'applique aux usagers du téléphone. Pour les équipements DCME, des correspondances ont été établies entre cette qualité subjective de fonctionnement et les paramètres quantitatifs du «gel» de voie de détecteur et du nombre moyen de bits par échantillon (voir la Recommandation G.763). Étant donné les différences de technologie, ces correspondances sont différentes pour chaque équipement PCME. De la même façon, étant donné que les équipements PCME provoquent rarement la suppression de transitoires de la parole ou le «gel» de voie de détecteur, ils peuvent être configurés avec un nombre moyen de bits par échantillon considérablement inférieur à celui des équipements DCME classiques (c'est-à-dire les équipements DCME propres à des constructeurs ou ceux qui ne sont pas conformes à la dernière révision de la Recommandation G.763) et avoir cependant une qualité de fonctionnement subjective égale ou supérieure.

Les courbes suivantes indiquent que la largeur de bande vocale sur un train de paquets est calculée en soustrayant la largeur totale de la bande utilisée pour des circuits préassignés et des communications de données attendues dans la bande vocale à partir de la largeur totale de bande du support de transmission du train de paquets.

Le nombre moyen de bits par échantillon a été mesuré de façon expérimentale pour un grand nombre de situations et différents réglages des détecteurs d'activité vocale. Le réglage a été adapté dans tous les cas pour qu'il n'y ait pas de «gel» de voie de détecteur.

NOTE – Le réglage du simulateur pour l'activité vocale est généralement inférieur à l'activité réelle de détection vocale dans les équipements PCME; cependant, la différence exacte dépend du constructeur et devrait être étalonnée pour chaque équipement.

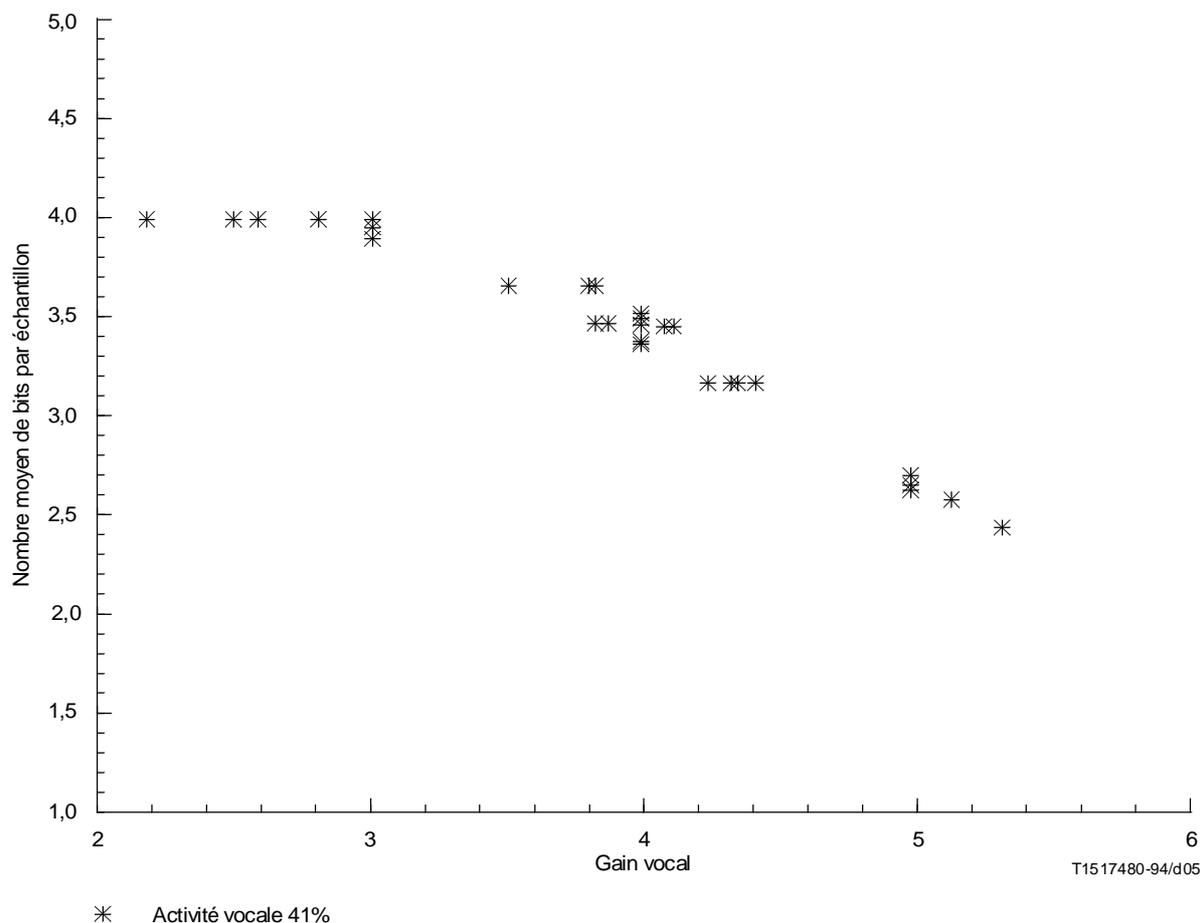


FIGURE I.5/G.765
Détecteur d'activité vocale à 41%

I.4.3 Utilisation de la largeur de bande à différents débits de codage

Dans la conception d'un réseau, il est important d'évaluer l'utilisation maximale de la largeur de bande pour différents débits de codage de données dans la bande vocale. Il est important pour faire cette estimation d'inclure les bits d'en-tête de type G.764 (10 octets), le bourrage de bits HDLC qui augmente en moyenne la longueur de paquet par un facteur de 1,016 et celle du fanion précédent et suivant pendant des périodes de production continue de trames. Par conséquent, la largeur de bande requise pour la transmission d'un champ d'information égal à 1 octet est calculée comme suit:

$$\begin{aligned}
 \text{Largeur de bande requise} &= \frac{[(I + 10)(1,016) + 2]}{\text{temps de mise en paquets } \tau} \text{ octets/par trame} \times 8 \text{ bits par objet} \\
 &= \frac{8,128I + 97,28}{\tau} \text{ kbit/s}
 \end{aligned}$$

Le temps de mise en paquets τ est de 16 ms pour les données de bande vocale et de 20 ms pour le protocole d'émulation de circuit numérique (DICE), les données de protocole de capacité de liaison virtuelle de données (VDLC) et les données démodulées de télécopie. Cette formule montre que l'effet des bits d'en-tête augmente quand le champ d'information diminue.

Le tableau de correspondances indiquées dans le Tableau I.4 peut donc être établi comme suit:

TABLEAU I.4/G.765

Correspondance entre les variables de largeur de bande

Type de trafic	Mode de transmission	Champ d'information l (octets)	Temps de mise en paquets τ (ms)	Largeur de bande requise (kbit/s)
64 kbit/s	Sans codage	128	16	71,1
Données numériques à 9,6 kbit/s	DICE	28	20	16,2
Données de bande vocale à 9,6 kbit/s	40 kbit/s MICDA	80	16	46,7
Télécopie à 9,6 kbit/s	démodulation/remodulation de télécopie	24	20	14,6
Données de bande vocale à 7,2 kbit/s	40 kbit/s MICDA	80	16	46,7
Télécopie à 7,2 kbit/s	démodulation/remodulation de télécopie	18	20	12,2
Données de bande vocale à 4,8 kbit/s	32 kbit/s MICDA	64	16	38,6
Télécopie à 4,8 kbit/s	démodulation/remodulation de télécopie	12	20	9,74
Données de bande vocale à 2,4 kbit/s	24 kbit/s MICDA	48	16	30,46
Télécopie à 2,4 kbit/s	démodulation/remodulation de télécopie	6	20	7,3
Données de bande vocale à 2,4 kbit/s	24 kbit/s MICDA	64	16	38

I.4.4 Débit moyen en bits par seconde en fonction de la charge de trafic

Les graphiques décrits dans les paragraphes précédents peuvent être utilisés pour évaluer le gain et le débit moyen en bits par seconde pour des charges de trafic données. Le principe est le suivant: pour une largeur de bande de train de paquets donnée, un facteur d'activité et un nombre moyen de bits par échantillon donnés, nous trouvons les courbes correspondant à la largeur de train de paquets et au facteur d'activité donné. A partir de ces courbes, nous déterminons le nombre de circuits vocaux qui correspondent au nombre moyen de bits par échantillon nécessaire. La largeur de bande nécessaire pour la parole est alors calculée.

NOTE 1 – Toutes ces courbes ont été calculées sans abandon de paquets (c'est-à-dire absence de «gel» de voie de détecteur).

Pour un schéma spécifique de charge de trafic, nous estimons les spécifications totales de largeur de bande pour les canaux sans codage, les canaux à bande vocale et les canaux de télécopie. Dans l'hypothèse où tous les canaux de la télécopie sont actifs au même moment, nous soustrayons toute cette largeur de bande et nous évaluons la largeur de bande disponible pour la parole dans l'état correspondant au cas le plus défavorable. En utilisant les courbes, nous estimons le gain le plus défavorable sans abandon de paquets (c'est-à-dire absence de «gel» de voie de détecteur).

NOTE 2 – Le gain calculé de cette façon est une évaluation très prudente. Par ailleurs, ces règles ne s'appliquent pas à d'autres cas que les applications de transmission point à point.

Des instruments de modélisation devraient être utilisés pour tenir compte de la variation instantanée des débits de codage de la parole dans le cas de réseaux plus complexes pour autant que des évaluations plus précises soient nécessaires. Un de ces outils est le progiciel de simulation Comnet II.5 qui est fabriqué par la société des Produits CACI. Ce produit crée des modèles de réseaux d'équipement PCME et simule leurs performances. Les résultats de ces simulations peuvent être utilisés pour optimiser la conception de réseau.

I.4.5 Valeurs de reconstitution par rapport à la charge de trafic

Ce paragraphe donne des indications pour le choix de la valeur de reconstitution du trafic vocal dans différentes conditions de charge et pour différentes tailles de train de paquets. Les valeurs sont choisies de façon qu'aucun abandon de paquets ne se produise (c'est-à-dire absence de «gel» de voie de détecteur).

Afin de choisir la valeur de la reconstitution, nous évaluons le retard dû à la formation de files d'attente pour la configuration de réseau dont il est question. En général, la sélection de la valeur de reconstitution est un compromis entre l'acceptation de retards excessifs et un nombre élevé de paquets abandonnés. En mode d'émulation de circuit, le délai de reconstitution est en général sélectionné de façon que la valeur soit plus élevée pour la transmission de données numériques que pour la transmission dans la bande vocale.

La valeur de la reconstitution dépend de plusieurs facteurs, notamment la longueur de mémoire tampon, les seuils d'abandon de blocs, le temps de service attribué à la file d'attente vocale et à la file d'attente des données numériques, le mélange de trafic sur le canal de données transmises dans la bande vocale, les facteurs de détection d'activité de parole et la largeur du train de paquets. En pratique, un intervalle de 20 à 30 ms par bond a été mis en évidence pour le trafic dans la bande vocale, augmentant pour passer de 50 à 70 ms quand la démodulation/remodulation de télécopie est utilisée. Ce retard supplémentaire tient compte du temps de traitement pour la démodulation de télécopie ou pour les contraintes de durée de temporisation imposées par le protocole T.30.

I.4.5.1 Une formule simple

Dans ce qui suit, nous supposons que seule la file d'attente de données de bande vocale est utilisée (c'est-à-dire qu'il n'y a pas de trafic de données numériques). Cette hypothèse s'applique aux applications de passerelles internationales. Appelons D_4 le temps de transit pour une trame contenant un paquet vocal de 4 bits en codage MICDA par échantillon. Le nombre total d'octets contenus dans un paquet uniquement composé de signaux vocaux comprend 64 octets de parole, 10 octets de bits d'en-tête et d'information de fin de paquet, 1 octet de bourrage de bits employé dans la trame et un octet appelé fanion HDLC entre les trames. En conséquence:

$$D_4 = \frac{76 \text{ octets/paquet} \times 8 \text{ bits/octet}}{N \times 64 \text{ kbit/s}} \approx \frac{9,5}{N} \text{ ms/paquet}$$

où:

$N \times 64 \text{ kbit/s}$ est la largeur de bande pour le train de paquets ($1 \leq N \leq 31$) et 64 kbit/s est la largeur de bande d'un intervalle de temps.

Appelons D_3 le temps de transit d'une trame contenant un paquet vocal à 3 bits par échantillon, après l'abandon du bloc contenant les bits de moindre poids de chacun des 128 échantillons dans le paquet en raison de l'encombrement. La taille totale de la trame est à présent de 60 octets. En conséquence:

$$D_3 = \frac{60 \text{ octets/paquet} \times 8 \text{ bits/octet}}{N \times 64 \text{ kbit/s}} \approx \frac{7,5}{N} \text{ ms/paquet}$$

Finalement, appelons D_2 le temps de transit pour une trame contenant un paquet vocal à 2 bits par échantillon, après avoir abandonné le bloc contenant la deuxième série de bits de moindre poids de chacun des 128 échantillons dans le paquet en raison de l'encombrement. La taille totale de la trame est à présent de 44 octets. En conséquence:

$$D_2 = \frac{44 \text{ octets/paquet} \times 8 \text{ bits/octet}}{N \times 64 \text{ kbit/s}} \approx \frac{5,5}{N} \text{ ms/paquet}$$

Les valeurs $B_1 = 20$ et $B_2 = 40$ indiquent les seuils d'abandon de bloc (en paquets), alors que la longueur totale de mémoire tampon est de 140 octets. Une estimation raisonnable du délai de reconstitution est donc:

$$\text{Reconstitution} = D_4 \times B_1 + D_3 (B_2 - B_1) + D_2 \times (140 - B_2)$$

Cette estimation est calculée pour différents types d'algorithmes de codage dans des conditions telles qu'aucun abandon de bloc ne devrait se produire. L'estimation devrait être augmentée d'environ 35 ms quand la démodulation et la remodulation de télécopie sont utilisées.

I.4.5.1.1 Estimations du délai de reconstitution pour l'algorithme MICDA (4,4) imbriqué

Dans un tel cas, il n'y a pas d'abandon de bloc de sorte que le codage est à 32 kbit/s. Le codage MICDA est utilisé et la seule réponse à l'encombrement est d'abandonner le paquet. L'estimation du délai de reconstitution pour différentes tailles de train de paquets de $N \times 64$ est indiquée comme suit:

Taille de train de paquets N	6	8	16	24	30	31
Délai de reconstitution (ms)	31,7	23,8	11,9	7,92	6,3	6,1

I.4.5.1.2 Estimations du délai de reconstitution pour l'algorithme MICDA (4,3) imbriqué

Dans ce cas, un bloc peut être abandonné pour la gestion des encombrements. La valeur du délai de reconstitution est choisie de telle sorte qu'aucun paquet ne soit abandonné en raison de retards excessifs. L'estimation du délai de reconstitution pour différentes tailles de train de paquets de $N \times 64$ est indiquée ci-après:

Taille de train de paquets N	6	8	16	24	30	31
Délai de reconstitution (ms)	56,7	42,5	21,25	14,17	11,3	11,0

I.4.5.1.3 Estimations du délai de reconstitution pour l'algorithme MICDA (4,2) imbriqué

Dans ce cas, deux blocs peuvent être abandonnés pour la gestion des encombrements. La valeur du délai de reconstitution est choisie de telle sorte qu'aucun paquet ne soit abandonné en raison de retards excessifs. L'estimation du délai de reconstitution pour différentes tailles de train de paquets de $N \times 64$ est indiquée ci-après:

Taille de train de paquets N	6	8	16	24	30	31
Délai de reconstitution (ms)	148,3	111,25	55,6	37,1	29,7	28,7

I.4.5.2 Validation expérimentale

Les mesures ont été effectuées sur un système réel utilisant les mêmes paramètres que pour les calculs. La charge en trafic vocal et la largeur de bande utilisées pour différents facteurs de détection d'activité de la parole ont été modifiées. La valeur de reconstitution minimale a été sélectionnée pour assurer qu'aucun abandon de paquets ne serait susceptible de se produire. Les mesures ont été effectuées pour deux réglages de gain vocal (4:1 et 5:1) avec différents facteurs de détection d'activité de la parole et des largeurs variées de train de paquets. Voir le Tableau I.5, de même que les Figures I.6 et I.7.

TABLEAU I.5/G.765

Délais de reconstitution selon les réglages de gain vocal (4:1, 5:1)

Gain	Facteur d'activité	Délai de reconstitution pour différentes largeurs de bande de trains de paquets (kbit/s)					
		6×64	8×64	16×64	24×64	30×64	31×64
4:1	33%	73	46	24	16	13	13
	37%	82	48	25	18	15	14
	41%	96	58	26	18	15	15
5:1	33%	136	102	33	20	20	17
	37%	146	109	43	22	20	19
	41%	152	114	53	28	28	25

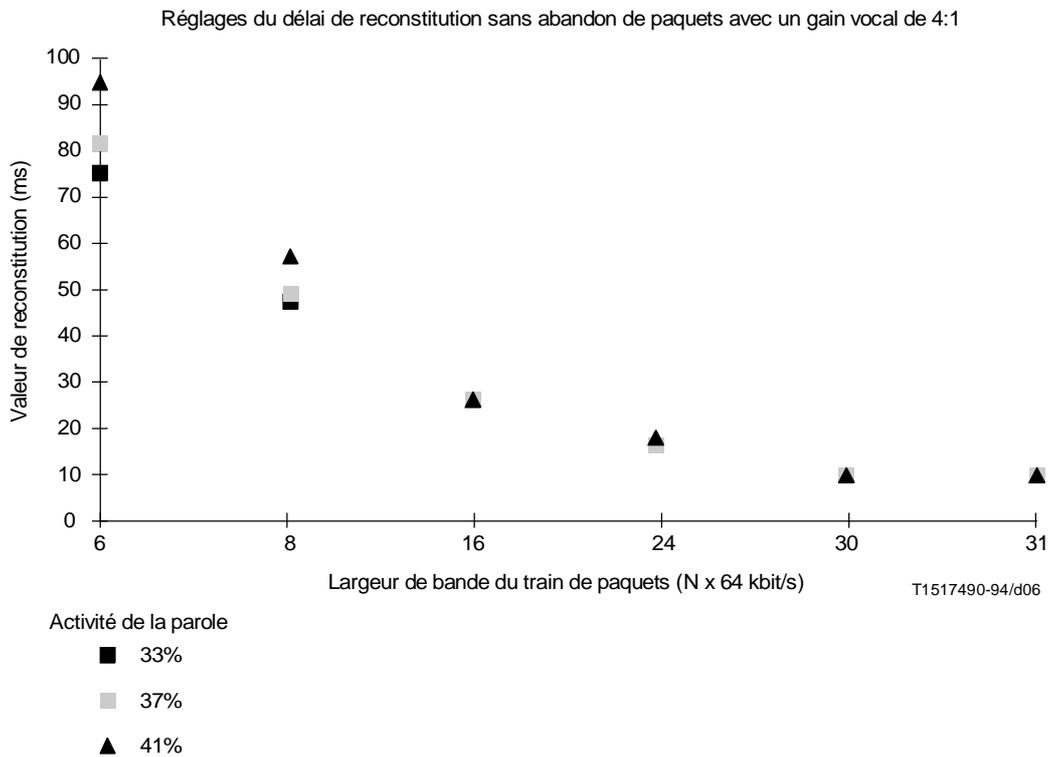


FIGURE I.6/G.765
Réglages du délai de reconstitution (gain vocal 4:1)

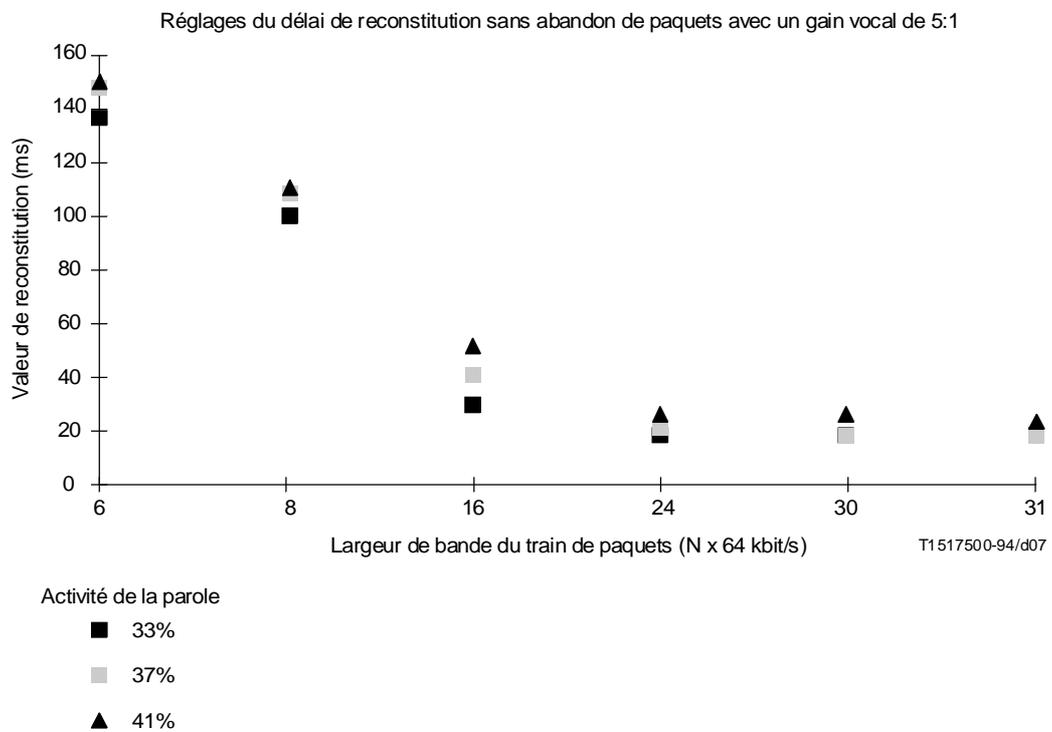


FIGURE I.7/G.765
Réglages du délais de reconstitution (gain vocal 5:1)

I.4.5.3 Discussion

Les résultats expérimentaux confirment les données d'exploitation de même que le calcul. Pour un gain égal à 4:1, la valeur de reconstitution de 20 ms est suffisante pour des trains de paquets de 24 intervalles de temps ou davantage. Afin de couvrir des tailles de train de paquets de 16 ou davantage, la valeur de reconstitution de 30 ms devrait être utilisée. Cette valeur de 30 ms est également suffisante pour des gains vocaux de 5:1 pour des tailles de train de paquets d'au moins 24 intervalles de temps.

Pour des tailles de train de paquets inférieures, la valeur de reconstitution augmente pour le même gain et on utilise le même système de paramètres (seuils d'abandon de bloc, longueurs de files d'attente, etc.) que pour des tailles de train de paquets supérieures.

I.5 Installation et réception

I.5.1 Table de correspondance possible des configurations pour les équipements PCME

Un équipement PCME peut être configuré de plusieurs façons. Ce qui suit est une table de correspondance de configurations proposée pour les équipements PCME comprenant 8 jonctions entrantes à 30 circuits sur 2 supports de transmission de trains de paquets.

Le Tableau I.6a) est utilisé quand l'intervalle de temps 16 ne transporte pas de trafic (il transporte par exemple la signalisation).

TABLEAU I.6a)/G.765

A partir de		Vers	
Jonction	Intervalle de temps	Train de paquets	Numéro DLCI
1	1 à 15 et 17 à 31	1	402 à 460
2	1 à 15 et 17 à 31	1	462 à 520
3	1 à 15 et 17 à 31	1	522 à 580
4	1 à 15 et 17 à 31	1	582 à 640
5	1 à 15 et 17 à 31	2	642 à 700
6	1 à 15 et 17 à 31	2	702 à 760
7	1 à 15 et 17 à 31	2	762 à 820
8	1 à 15 et 17 à 31	2	822 à 880

Le Tableau I.6b) est utilisé quand l'intervalle de temps 16 transporte de trafic.

TABLEAU I.6b)/G.765

A partir de		Vers	
Jonction	Intervalle de temps	Train de paquets	Numéro DLCI
1	1 à 31	1	402 à 462
2	1 à 31	1	464 à 524
3	1 à 31	1	526 à 586
4	1 à 31	1	588 à 648
5	1 à 31	2	650 à 710
6	1 à 31	2	712 à 772
7	1 à 31	2	774 à 834
8	1 à 31	2	836 à 896

D'autres configurations normalisées font l'objet d'un complément d'étude.

I.6 Exemples d'applications

I.6.1 Application point à point

Un équipement PCME est parfaitement adapté à un type d'application de changement de service dans lequel la compression et les affectations dynamiques de largeur de bande sont nécessaires pour:

- a) réduire les coûts de transmission;
- b) permettre un changement de service intermédiaire;
- c) satisfaire des besoins temporaires (par exemple, conventions ou urgences).

I.6.2 Application point à multipoint

I.6.2.1 Réseaux de satellite pour applications à trafic occasionnel

Les applications des équipements PCME dans des réseaux de satellite ont deux avantages:

- 1) la compression;
- 2) le brassage des paquets.

Dans l'environnement de communications internationales par satellite, les liaisons sont en général établies entre les réseaux téléphoniques publics commutés d'au moins deux pays (bien que des liaisons privées de réseau soient également disponibles). Il y a deux principaux schémas d'interconnexion:

- 1) liaisons point à point entre deux pays;
- 2) liaisons à destinations multiples desservant plusieurs pays.

Un système d'équipements PCME point à point serait équivalent du point de vue fonctionnel à une liaison DCME point à point. Les liaisons à destinations multiples sont particulièrement adaptées aux systèmes de paquets étant donné que les informations d'adresse sont contenues dans l'en-tête de chaque paquet. Étant donné que des canaux de gestion différents ne sont pas nécessaires pour chaque destination, il n'y a pas de limite au nombre de destinations dans une configuration par paquets à destinations multiples.

Les équipements PCME peuvent également être utilisés pour réduire les installations nécessaires entre la station terrestre satellite et l'autocommutateur associé (ce qui est appelé le problème des «circuits de raccordement»). Ce problème est entièrement résolu par l'association d'une capacité de brassage de paquets d'un réseau d'équipements PCME avec un équipement PCME placé à proximité de la station terrestre.

I.6.3 Applications à trafic occasionnel

Afin de bénéficier de l'effet de non-coïncidence du trafic diurne, le trafic entre plusieurs secteurs correspondant à différents fuseaux horaires peut être regroupé sans qu'une capacité maximale de transmission équivalant à la somme des capacités maximales de transmission entre les destinations ne soit nécessaire. Le trafic peut transiter par un réseau d'équipements PCME sans nécessiter de transcodages successifs. En utilisant les équipements PCME pour le réacheminement des appels, il est possible d'obtenir un réacheminement direct des appels d'une liaison de transmission vers une autre liaison de transmission en utilisant la procédure de réserve de trains de paquets décrite à l'article 15/G.765.

L'objectif est d'éviter le problème d'*attente sur occupation* pour les appels ayant des temps d'attente prolongés et par ailleurs de préserver l'ensemble du trafic en cours. Cela permet une utilisation optimale des liaisons de transmission, parce qu'un appel unique et de longue durée ne peut plus bloquer une liaison entière dont la capacité est de 120 appels pour la durée de l'attente sur occupation.

Comme cela a été défini dans la Recommandation G.765, un *train de paquets* est un ensemble de liaisons logiques multiplexées sur une voie physique entre deux nœuds d'un réseau de paquets à large bande. La Recommandation G.765 définit la réserve automatique comme étant un moyen de mettre en réserve et de restituer les trains de paquets sur des liaisons physiques différentes, tout en maintenant les deux extrémités synchronisées. La réserve peut être lancée automatiquement après des défaillances d'équipements ou en raison de changements prévus en vue d'assurer une utilisation optimale des ressources de transmission. L'effet de chacun de ces modes de secours sur le trafic est légèrement différent. Dans les reprises effectuées après incidents, le trafic sera inévitablement interrompu pendant une période brève au moins égale à l'intervalle normal de détection d'alarme qui est spécifié. Bien que ce phénomène puisse ne pas être observé dans les communications vocales, les effets sur les communications de données de bande vocale peuvent être manifestes. Par contraste, il est possible d'utiliser la réserve sans interruption du trafic vocal pendant le réacheminement de l'appel pour permettre une utilisation optimale des ressources de transmission. La raison de ce phénomène est que les équipements PCME utilisent généralement les liaisons physiques de réserve pour la transmission dans un sens, tandis que les autres équipements PCME utiliseront les liaisons physiques initiales dans l'autre sens.

I.6.3.1 Réacheminement des appels dans les équipements PCME en grappes

Dans le cas d'une grappe d'équipements PCME, la méthode ci-dessus peut être étendue au réacheminement des appels en cours dans une ordre prédéfini. La Figure I.8 montre une grappe de quatre équipements PCME, numérotés 1A à 4A, disposés d'un côté dans une grappe connectée à une grappe correspondante d'équipements PCME numérotés 1B à 4B. Chaque grappe d'équipements PCME est constituée d'équipements PCME individuels reliés par une chaîne bouclée. Chacun des équipements PCME reçoit le trafic entrant en provenance de plusieurs liaisons à débit primaire. A des fins de simplification, on suppose que la sortie des équipements PCME forme un train unique de paquets comprenant l'ensemble de la capacité d'une liaison à débit primaire (c'est-à-dire qu'un train de paquets = un support). En général, la largeur de bande d'un train de paquets peut varier entre plusieurs intervalles de temps et le débit primaire complet, et chacun des équipements PCME peut avoir plusieurs liaisons physiques de sortie.

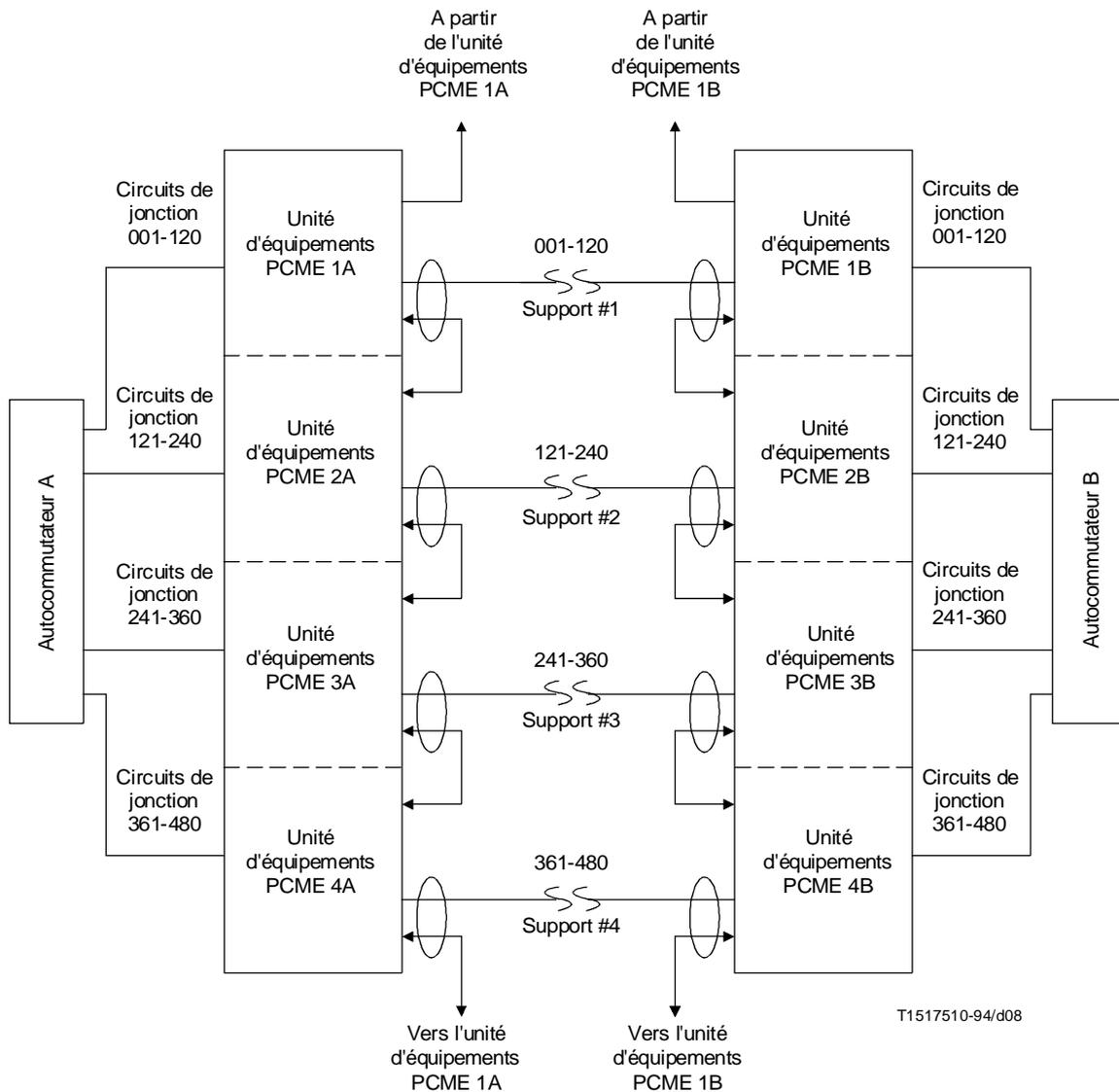


FIGURE I.8/G.765

Grappe de quatre équipements PCME

Initialement, les équipements PCME mettront en paquets le trafic entrant et l'enverront sur le support de transmission associé. Quand la réserve de train de paquets sera mise en service, les trames seront relayées sur les circuits de réserve qui sont physiquement connectés aux équipements PCME suivants adjacents. Dans ces équipements suivants adjacents, l'un des deux cas suivants peut survenir:

- si le support de transmission associé aux équipements PCME adjacents n'a actuellement pas de circuits de réserve, les trames relayées seront envoyées sur ce support de transmission, avec le trafic véhiculé normalement par ce support;

- mais si le support de transmission a des circuits de réserve, les trames relayées, de même que le trafic normal du support de transmission suivant, seront acheminées sur le support de transmission suivant qui sera physiquement connecté aux équipements PCME adjacents suivants.

Ce relayage de trame se poursuivra en chaîne bouclée. Les trames seront relayées entre les différents équipements PCME de façon qu'elles atteignent les équipements PCME dont les liaisons par paquets sont appelées liaisons de réserve pour les liaisons principales. Afin d'assurer que le trafic soit acheminé jusqu'à sa destination à l'extrémité de chaîne, la plage prévue pour l'adresse doit comprendre des ensembles disjoints. Les trames entrantes seront ainsi relayées entre un équipement PCME et le suivant jusqu'à ce qu'elles atteignent l'équipement PCME correspondant au sous-ensemble d'adresse auquel elles appartiennent. Ces derniers sont situés à l'extrémité du circuit virtuel correspondant. Les procédures de dépaquetage décrites dans les Recommandations G.764/G.765 seront appliquées dans ces équipements PCME et les informations réparties en canaux seront restituées sur les voies d'accès sortantes.

I.6.3.2 Exemple d'équipements PCME en grappes ayant une capacité de commutation en réserve sous tension

L'exemple suivant peut permettre d'expliquer les concepts ci-dessus. Initialement, aucun des trains de paquets n'est équipé d'un système de réserve et le trafic pour chacun des faisceaux de circuits est conforme à la Figure I.8. A un point donné, la largeur de bande sur support de transmission #1 des premiers équipements PCME ou davantage. (Comme cela a été mentionné précédemment, un des équipements PCME peut avoir des supports de transmission multiples, mais nous omettrons cette possibilité à des fins de simplification.) Nous supposons que les autocommutateurs A et B arrêtent d'établir des appels sur les circuits de jonction 001-120 (afin de progresser dans cette discussion, nous indiquerons que les DLCI correspondants se trouvent dans la gamme 001-120, mais cela n'est bien sûr pas obligatoire).

Supposons que dix minutes plus tard, tous les circuits de jonction soient au repos, sauf le circuit 024 qui transporte une connexion de données de bande vocale pouvant durer indéfiniment. On demande alors que des équipements PCME #1 mettent leur train de paquets en réserve de sorte que tout le trafic provenant des circuits de jonction 001 à 120 soit acheminé sur le support de transmission #2. Tout cela est transparent pour l'utilisateur, et étant donné que seul le circuit de jonction 024 est actif, l'accroissement net de la charge de trafic sur le support de transmission #2 est négligeable.

Les mêmes mesures sont prises si le support de transmission #2 des équipements PCME #2 doit être également libéré. Les autocommutateurs A et B arrêtent d'établir les appels sur les circuits de jonction 121 à 240. Supposons que dix minutes plus tard, les circuits de jonction 122 et 135 soient toujours actifs (le circuit 024 est également toujours actif). Alors l'activation de la réserve de train de paquets sur le support de transmission #2 provoquera un déplacement du trafic des circuits de jonction 001 à 120 et 121 jusqu'à 240 sur le support de transmission #3. L'effet est limité au réacheminement du trafic arrivée du côté réparti en canaux sur les circuits actifs 024, 122 et 135.

Afin de rétablir le support de transmission #1 entre les deux autocommutateurs, une demande est présentée aux équipements PCME #1. Le support de transmission #1 permettra de réacheminer le trafic entrant des circuits 001 à 120 sur le support de transmission #1 au lieu du support #3. Cela permettra de rétablir les communications de données de bande vocale du circuit de jonction 024 sur le support de transmission initial. De nouveau, cela est effectué de façon transparente pour l'utilisateur. Les circuits de commutation peuvent alors établir de nouveaux appels sur les circuits de jonction 001 à 120. Pendant ce temps, les circuits de jonction 121 à 240 continueront d'être acheminés vers le support de transmission #3.

Avec des règles de conception adaptées, des appels actifs en nombre beaucoup plus important peuvent être acheminés vers l'équipement de réserve, sans qu'une dégradation notable de qualité n'intervienne. Ceci est vrai en particulier si les appels transportent de la voix, étant donné que des équipements PCME peuvent abandonner 1 ou 2 bits d'amélioration afin de réduire la largeur de bande nécessaire aux paquets de signaux vocaux et d'éviter le «gel» de voie de détecteur. Supposons que 30 appels soient en cours sur le support de transmission #1 et soient réacheminés sur le support de transmission #2, et que ce dernier support transporte déjà 120 appels en utilisant un taux de compression de 4:1. Dans ce cas, le support de transmission #2 transportera 150 appels avec un taux de compression de 5:1. Ce nouveau taux est conforme aux directives d'exploitation recommandées en vue de fournir un service de qualité téléphonique normale. En réalité, les données expérimentales ont indiqué qu'avec un système de mise en paquets, le nombre moyen de bits par échantillon peut être réduit à 3,2 bit/s, voire à 2,8 bit/s sans dégradation notable de la qualité vocale.

Cet exemple montre l'une des façons de réorganiser les capacités de transmission sans affecter aucun des appels en cours, indépendamment de leur source et de leur réacheminement préalable. Si un type de trafic seulement doit être assuré, la procédure de rétablissement permanent de circuits virtuels décrite à l'article 14/G.765 pourrait être utilisée.

I.6.4 Applications du relais de trame

Des équipements PCME permettent la combinaison de la bande vocale, des données numériques et de l'image sur un réseau privé unique (ou privé virtuel). Les réseaux privés virtuels présentent les avantages des réseaux privés sans leurs difficultés d'exploitation, en utilisant les ressources d'un fournisseur de réseau, y compris la maintenance et la gestion de réseau. Enfin, un réseau privé virtuel hybride est une façon de fournir des services de réseau privé virtuel avec les équipements appropriés chez le client.

Des équipements PCME avec une interface Q.922 peuvent assurer la connexion entre les réseaux régionaux (WAN) (*wide area network*) et les réseaux locaux (LAN) (*local area network*). Ceci s'ajoute aux interconnexions des Recommandations X.25 et Q.921 qui utilisent la capacité des liaisons de données virtuelles (VDLC). Ainsi des équipements PCME peuvent assurer l'interface avec des dispositifs d'interconnexion de réseaux locaux à performances élevées ou des routeurs conformément aux spécifications d'acheminement des réseaux locaux de la Norme IEEE 802.3/Ethernet, par toute une série d'équipements et de réseaux régionaux. Ces routeurs se comportent comme des serveurs de communications et sont conformes aux fonctions de la Recommandation Q.922.

La connexion entre le routeur et les équipements PCME peut être effectuée par l'intermédiaire de l'interface série V.35.

Les équipements PCME exigent que l'interface à débit primaire à 1544 kbit/s utilise le format étendu de supertrame (ESF) (*extended superframe format*) des Recommandations G.703/G.704 et que le train de bits de la liaison HDLC soit inversé pour fonctionner sur des équipements pour réseaux à restriction de densité de «un» logique. Un circuit à inversion des bits fait référence à une trame normale LAPPED après le bourrage de bits et après inversion de son contenu avant la transmission. Cela est effectué pour être conforme à la spécification de la densité de «un» logique sur tous les équipements à débit primaire dits «restreints». Le bourrage de bits du train HDLC normal garantit qu'au moins un zéro existera tous les 6 bits. Par l'inversion de ce format, une densité de «un» logique est assurée pour tout intervalle d'au moins 6 bits.

Il convient de remarquer que les éléments de données DSU/CSU «non fractionnaires» ne peuvent pas être transférés entre une interface V.35 et un accès à débit primaire sans mutiler les informations du train HDLC. Ce type de modem ne fonctionnera avec aucun type d'équipement à débit primaire prévu pour un train HDLC.

Le paragraphe 3.2.7/G.764 spécifie la taille maximale de 490 octets entre les fanions. Dans le cas où les équipements PCME n'ont pas d'interface de type Q.922, le module de transmission du routeur doit être configuré de façon à ne pas permettre des trames dont le champ d'information dépasserait la taille de 490 octets. Si des équipements PCME ont une interface de type Q.922, les équipements PCME effectueront eux-mêmes la segmentation et la recombinaison des trames aux deux extrémités.

La mise en correspondance d'adresses entre les Recommandations Q.922 et G.765 peut être effectuée soit dans les équipements PCME soit dans le routeur avant l'encapsulation de trame.

Dans une expérimentation, deux stations de travail SUN Sparc ont échangé un fichier de 5 Mbit (5137338 octets) transmis à différentes valeurs de tailles de paquets. Cela a été effectué pour déterminer l'effet de la segmentation du message sur les performances avant de le transmettre en petits paquets dans le réseau PCME. Les tailles utilisées étaient de 128, 450, 490 et 500 octets. La taille minimale pour éviter la segmentation était de 576. Les résultats sont présentés dans le Tableau I.7.

TABLEAU I.7/G.765

Transfert de fichiers de 5 Mbit à partir d'une station SUN Sparc vers une station de travail SUN 3

Méthode de transmission	Taille de trame (octets)	Temps de transmission (ms)	Débit moyen (kbit/s)
Ethernet direct sur TCP/IP (10 Mbit/s)	1514	49 • 1	800 • 1
768 kbit/s (TCP/IP direct)	576	62 • 1	656 • 1
	490	78 • 1	528 • 1
768 kbit/s (Relais de trame)	500-450	79 • 1	520 • 1
	128	140 • 1	296 • 1

Quand deux stations de travail étaient connectées directement par Ethernet, le transfert de fichiers durait 49 s (au débit de 800 kbit/s) avec une taille maximale de message de 1514 octets. Ceci est la taille maximale du message que la sous-station peut transmettre, et est la taille maximale du message. Quand deux stations de travail étaient connectées par une ligne dédiée entre les routeurs, le temps de transmission augmentait de façon à atteindre 62 s pour une taille de paquets de 576 octets, et 78 s pour une taille de paquets de 490 octets. Ici, la largeur de bande disponible était un train de paquets à 768 kbit/s.

Avec un relais de trame assurant la transmission dans les équipements PCME, le transfert de fichiers de 5 Mbit durait environ 79 s pour des tailles de paquets comprises entre 450 octets et 500 octets. Cela indique que le passage par les équipements PCME a des effets négligeables sur la durée totale de la transmission. Quand la taille de paquets était réduite à 128 octets, l'intervalle passait brusquement à 140 s (avec un débit moyen de 296 kbit/s).

Pour les transferts dans le sens opposé, entre SUN 3 et SUN Sparc, la durée était supérieure de 6% environ, en raison des différences de performances des stations de travail. Par exemple, le transfert sur ligne dédiée durait 84 s quand la taille était fixée à 490 octets. Ces résultats indiquent que le retard est pour l'essentiel provoqué par la segmentation du message.

L'analyse syntaxique (de même que la segmentation) dans la station réduisent le débit d'environ 20%; le relais de trame ajoute une réduction supplémentaire de moins de 1%. Quand les messages sont divisés en paquets de taille encore inférieure (par exemple paquets de 128 octets), le temps de transmission augmente considérablement.

Un simulateur de trafic réseau (CHAS 96-1) était utilisé pour fournir la charge vocale, avec un facteur d'activité de 40%. Douze voies vocales utilisaient l'interpolation numérique de la parole. Le codage vocal retenu était l'algorithme MICDA (4,2) imbriqué de la Recommandation G.727. Pour une charge normale, 4 bits étaient utilisés par échantillon vocal. Dans des conditions normales de charge, certaines voies peuvent descendre à 3 bits par échantillon ou 2 bits par échantillon. On suppose que la charge comprend des salves courtes de trafic très concentré pour permettre à l'algorithme d'éliminer la charge excessive de façon imperceptible pour la personne qui écoute. Dans des conditions de surcharge importante, des paquets entiers contenant des salves de parole de 16 ms sont généralement abandonnés, de même que des paquets contenant des données. Ainsi, les conditions de trafic étaient telles que les débits vocaux à 768 kbit/s et les débits à données constantes à 768 kbit/s rivalisaient pour le même train de paquets à 768 kbit/s. Un grand nombre de procédés de mise en tampon et de charges a été utilisé pour déterminer les effets de l'intégration de la voix et du trafic de réseaux locaux. Un réglage adapté des paramètres pour les équipements PCME a permis de réduire le débit du réseau local de 768 kbit/s à 570 kbit/s. La qualité de la voix n'en a pas été affectée et les échantillons de parole ont gardé leurs 4 bits. Etant donné qu'il n'y avait pas de contrôle de flux dans le transfert de données, la réduction de la largeur de bande pour les données a été réalisée par l'abandon de trames. L'augmentation de la charge vocale à 24 voies a réduit le débit dans les réseaux locaux à 414 kbit/s, alors qu'un débit moyen de 3,3 bit/s était maintenu pour la voix.

Les performances sont d'autant meilleures dans le cas de figure plus réaliste de charge non constante du réseau local. Par exemple, avec 48 canaux vocaux actifs, le fichier de 5 Mbit a été transféré de la station de travail Sparc vers la station SUN 3 en 130 secondes (au débit moyen de 320 kbit/s) alors que le nombre moyen de bits par échantillon de voix était maintenu à 3,9 bits par échantillon. Dans ce cas, le retard provenait du contrôle de flux entre deux terminaux et non pas de l'abandon de trame.

L'avantage réel de l'interconnexion du routeur et des équipements PCME dans une application d'interconnexion de réseaux locaux sur des réseaux régionaux pourrait résider dans les applications pour lesquelles l'intégration de services est souhaitable. Il a été démontré que le trafic de bande vocale et le trafic dans les réseaux locaux pouvaient partager les mêmes faisceaux de transmission, et qu'un équilibre pouvait être favorisé entre la compression de la voix et le débit des réseaux locaux.

La Figure I.8 illustre une possibilité de réseau intégré dans lequel les nœuds locaux contiennent un routeur et de la voix répartie en canaux. Les deux types de trafic seraient transmis vers un réseau par paquets à large bande faisant appel à des équipements PCME utilisant des équipements hybrides, c'est-à-dire que le canal à débit primaire contiendrait en partie un train de paquets à relais de trame, tandis que le reste du canal contiendrait des circuits vocaux. Quand ils atteindraient le premier équipement PCME, les circuits vocaux seraient de nouveau convertis au format de paquets et directement intégrés au trafic des réseaux locaux. A l'autre extrémité du réseau, les circuits vocaux reviendraient à leur état de canaux séparés et seraient transmis avec le même trafic à relais de trame des réseaux locaux sur des équipements hybrides vers le nœud local de l'extrémité éloignée.

I.6.5 Applications de téléphonie mobile

I.6.5.1 Réseaux cellulaires analogiques

Dans un réseau cellulaire analogique, le central téléphonique pour réseaux mobiles (MTSO) est connecté au réseau téléphonique public commuté (RTPC) et à des cellules radio individuelles par des liaisons filaires (Figure I.9). Le central téléphonique pour réseaux mobiles (MTSO) surveille la qualité du signal sur les canaux et effectue les opérations de commutation entre les voies (*transfert*) quand la qualité est inférieure à un niveau spécifié. Il effectue l'opération de réacheminement nécessaire quand un transfert vient s'ajouter à l'exécution des nombreuses autres opérations de traitement cellulaire des appels. En outre, le MTSO prépare les données de facturation et permet des caractéristiques d'appel personnalisées telles que le renvoi d'appel.

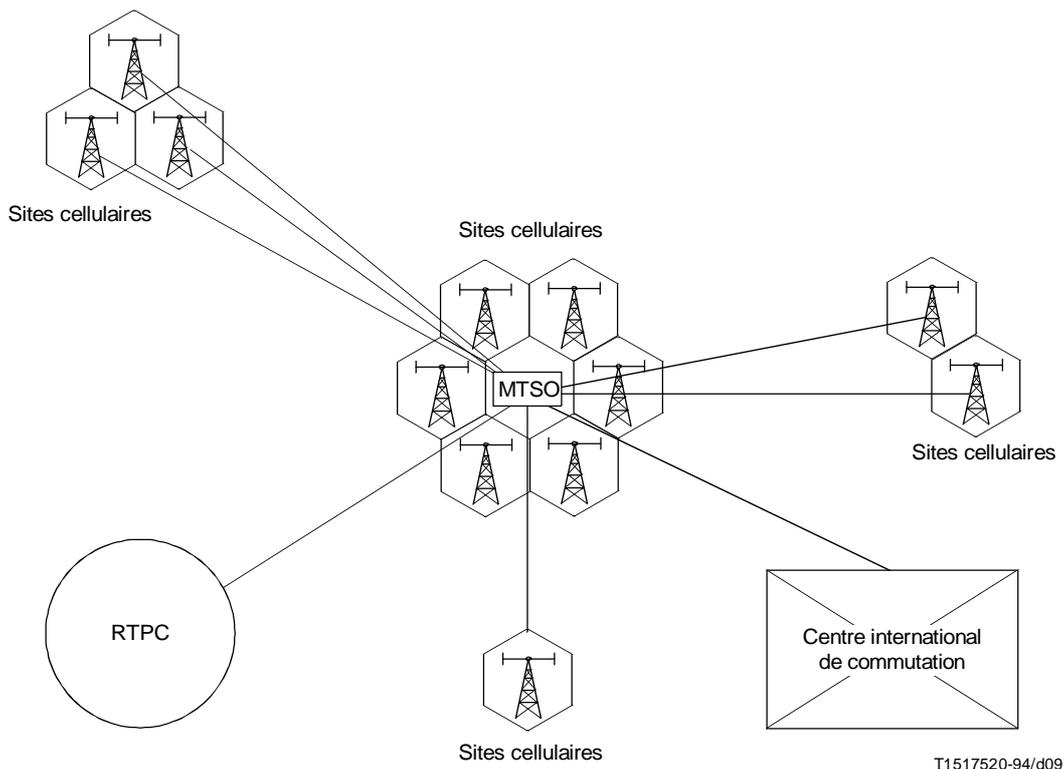


FIGURE I.9/G.765
Réseau cellulaire analogique

Durant la procédure de transfert, il peut y avoir une perte brève de signal pendant une durée comprise entre 200 ms et 1200 ms environ. Quand une station mobile transmet une télécopie, cette perte provoquera une hachure correspondant environ à $1/16^{\circ}$ de pouce en travers de la page pour chaque transfert. La fréquence du transfert est imprévisible, et le nombre de hachures par page dépend de la machine. Dans des conditions limites, cette pause peut conduire à un message d'erreur ou à une déconnexion.

Pour les densités à faible trafic, telles que les communautés isolées et les zones rurales, une architecture décentralisée peut être plus rentable. Dans cette architecture, plusieurs cellules sont interconnectées par un centre mobile de commutation (SMC) (*switching mobile center*) qui contrôle l'exploitation de ces quelques cellules (Figure I.10). Les centres mobiles de commutation (SMC) sont les interfaces primaires vers le réseau RTPC. Ils sont interconnectés entre eux et reliés à un centre mobile maître (MMC) (*master mobile center*) qui joue le rôle de première interface homme-machine et de base de données principale.

Dans cette architecture répartie, les liaisons par satellite peuvent assurer les interconnexions entre les différents centres mobiles de commutation (SMC) et/ou les centres mobiles maîtres (MMC), permettant ainsi la réalisation d'un réseau interurbain cellulaire à longue distance. Ceci est particulièrement utile quand il y a un manque important de relais radioélectriques ou d'autres relais terrestres. Les équipements de compression sont utilisés dans des réseaux cellulaires pour augmenter le nombre d'appels acheminés par les moyens de transmission du réseau cellulaire. Les multiplexeurs sont également utilisés pour combiner le trafic provenant de canaux multiples pour la transmission des données, de la voix ou des canaux vidéo sur une ligne unique à débit primaire. Enfin, les systèmes numériques de brassage sont utilisés à différents niveaux de la hiérarchie de transmission pour le réacheminement des appels sans démultiplexage. Un équipement PCME combine toutes ces fonctions et ajoute les suivantes:

- gain de compression en raison de l'interpolation numérique de la parole et du codage MICDA de la parole;
- commande de gestion des encombrements harmonieuse qui est adaptée à l'état réel de la liaison;

- classification en temps réel des signaux entrants sous forme de voix, de données de bande vocale aux différentes vitesses, de télécopie, etc. qui permet l'adaptation de la technique de compression adaptée au type de signal;
- capacité de fonctionnement en mode secours.

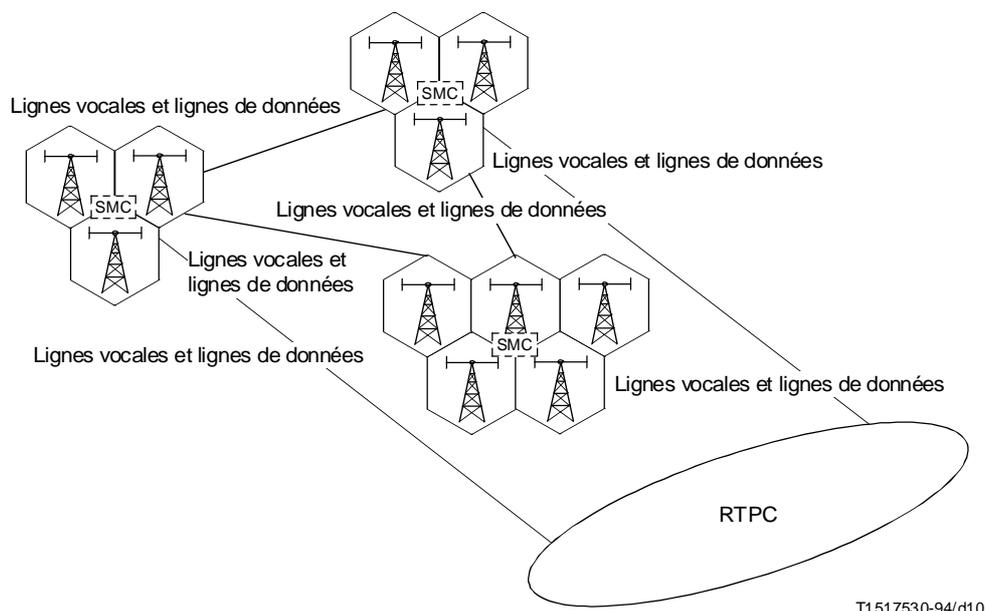


FIGURE I.10/G.765

Réseau cellulaire avec centre mobile de commutation (SMC)

Les équipements PCME peuvent également induire les effets suivants:

- la baisse du taux de déconnexion prématurée des appels de télécopie, étant donné que les équipements PCME introduisent une séquence de remplissage composée de zéros quand il y a une pause pendant le transfert d'appel;
- l'amélioration de la qualité de la télécopie pendant le transfert de l'image, étant donné que la télécopie démodulée et mise en paquets est moins susceptible d'être affectée par des erreurs sur la ligne; une gestion intégrée et centralisée, de même que la commande des différents terminaux.

Les études de réseau portent sur les questions suivantes dans un réseau cellulaire:

- élimination des silences;
- écho sur la ligne;
- mise en cascade;
- retard.

I.6.5.1.1 Élimination des silences

Le principe de l'élimination des silences est d'éliminer les segments de silence dans la parole. Ceci est similaire à l'interpolation numérique de la parole dans les applications usuelles de compression. Cependant, dans les applications mobiles, le signal arrivant dans le détecteur de parole inclut le bruit du véhicule, de même que la réverbération en raison des réflexions des ondes acoustiques sur les surfaces dures situées à l'intérieur du véhicule. Par conséquent, le signal peut être représenté comme suit:

$$S_{\text{détecteur de parole}} = s(t) + r[s(t)] + n_v(t) + n(t)$$

où:

$s(t)$ = signal de parole;

$r[s(t)]$ = réverbération de la parole;

$nv(t)$ = bruit du véhicule;

$n_c(t)$ = bruit de circuit.

Le bruit du véhicule dépend de plusieurs facteurs tels que:

- 1) la vitesse du véhicule;
- 2) la position des vitres (ouvertes ou fermées);
- 3) l'état de la route;
- 4) l'état du ventilateur (en marche ou à l'arrêt).

En outre, dans les applications mains libres, le bruit de fond n'est pas nécessairement blanc, en particulier si les fenêtres sont ouvertes. Dans ces situations, il peut être intéressant d'augmenter la valeur de seuil du détecteur de parole afin d'éviter la suppression de transitoires de la parole, en réduisant la sensibilité du détecteur de parole. Cela aurait pour effet de permettre la transmission du bruit de fond, si ce bruit atteint un niveau défini, tout en réduisant le gain réel de compression. La valeur de seuil du détecteur de parole dépassant le bruit de fond doit être définie subjectivement durant le temps de mise à disposition des équipements, selon les conditions dans lesquelles les appels seront établis vers le site radio.

I.6.5.1.2 Echo

Ce paragraphe ne traite que l'écho en ligne, parce que l'écho acoustique est exclu de ces considérations.

L'annulation d'écho est nécessaire pour deux raisons:

- 1) afin d'éviter les dégradations de la voix et des données de bande vocale (y compris la télécopie);
- 2) afin d'obtenir le gain maximal de compression, étant donné que l'écho peut perturber le détecteur de parole.

I.6.5.1.3 Mise en cascade

Dans les architectures actuelles centralisées, toute l'intelligence du réseau cellulaire, y compris l'établissement de l'appel, réside dans le central téléphonique pour réseaux mobiles (MTSO) (voir la Figure I.11), même si le trafic n'est pas effectué en direction du réseau RTPC (c'est-à-dire acheminé vers le même site radio ou vers un site différent). Par conséquent, tout le trafic sera mis en cascade comme suit:

- a) *Voix/données de bande vocale*
 - (cellulaire vers le réseau RTPC)
analogique-MIC-MICDA-MIC;
ce cas n'inclut pas le trafic international qui sera similaire au cas suivant;
 - (cellulaire vers cellulaire)
analogique-MIC-MICDA-MIC-MICDA-MIC-analogique.
- b) *Télécopie*: numérique-analogique-MIC-bande de base-MIC-bande de base-analogique-numérique.

Les codages et décodages successifs peuvent affecter les performances. L'effet de mise en cascade ne s'applique pas à la liaison de données entre le MTSO et le site radio. Dans ce cas, les équipements PCME peuvent utiliser le protocole DICE ou le protocole VDLC. Il est également possible que la liaison de données soit assurée pour la transmission sans codage à 64 kbit/s.

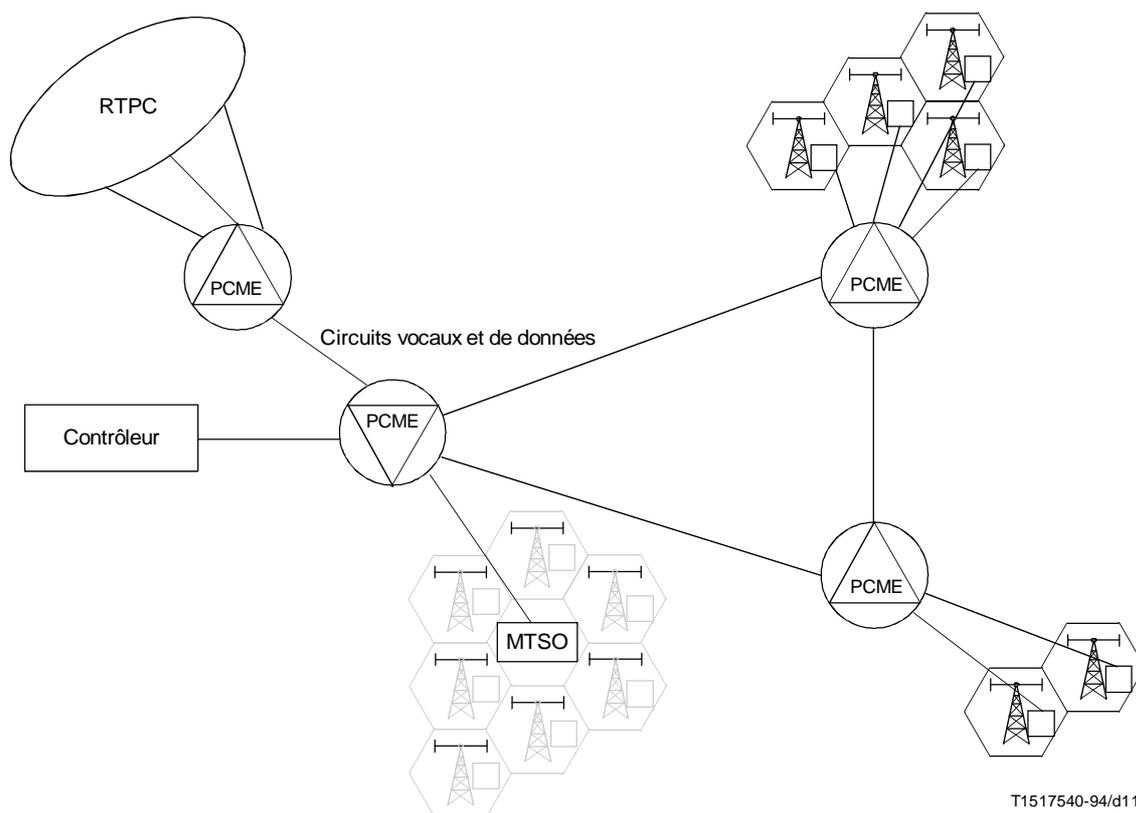


FIGURE I.11/G.765

Réseau cellulaire avec le central téléphonique pour réseaux mobiles (MTSO)

Etant donné que la plupart du trafic va vers le réseau RTPC national ou régional et provient de ce réseau, la probabilité d'avoir plus d'un codage/décodage en cascade est faible. Il convient de noter que les capacités des équipements PCME en brassage de paquets et en brassage de circuits peuvent être utilisées pour éviter les codages en cascade dans le trafic intercellulaire et intracellulaire. Il peut donc être nécessaire que des modifications soient apportées aux équipements de radiotéléphonie cellulaire de sorte que les appels entrants puissent être acheminés sur des intervalles de temps prédéfinis correspondant à leur destination finale (voir la Figure I.12).

I.6.5.1.4 Retard

L'utilisation des équipements PCME entraîne un retard lors de la mise en paquets et lors de la reconstitution. Ce retard s'ajoute aux appels du réseau RTPC une fois dans chaque sens de transmission. Si l'appel concerne la même radio cellulaire ou une autre radio cellulaire, le retard total sera multiplié par deux dans chaque sens de transmission quand un équipement PCME sera situé entre chaque site cellulaire et le central téléphonique pour réseaux mobiles (MTSO). Il convient d'évaluer l'effet du retard sur le transfert d'appel entre sites.

La valeur du délai de reconstitution est inférieure si le trafic est principalement composé de trafic vocal et si la télécopie n'est pas démodulée/remodulée. De la même façon, la reconstitution du trafic de données numériques est indépendante de la reconstitution du trafic dans la bande vocale.

I.6.5.2 Réseaux cellulaires numériques

Ce paragraphe traite de l'architecture du système global de communications mobiles (GSM). Dans ce réseau, le sous-système radio comprend le sous-système de base (BTS) (*base transceiver subsystem*) et le contrôleur de station de base (BSC) (*base station controller*) permettant la commande et la gestion en temps réel de nombreux sous-systèmes de base (BTS).

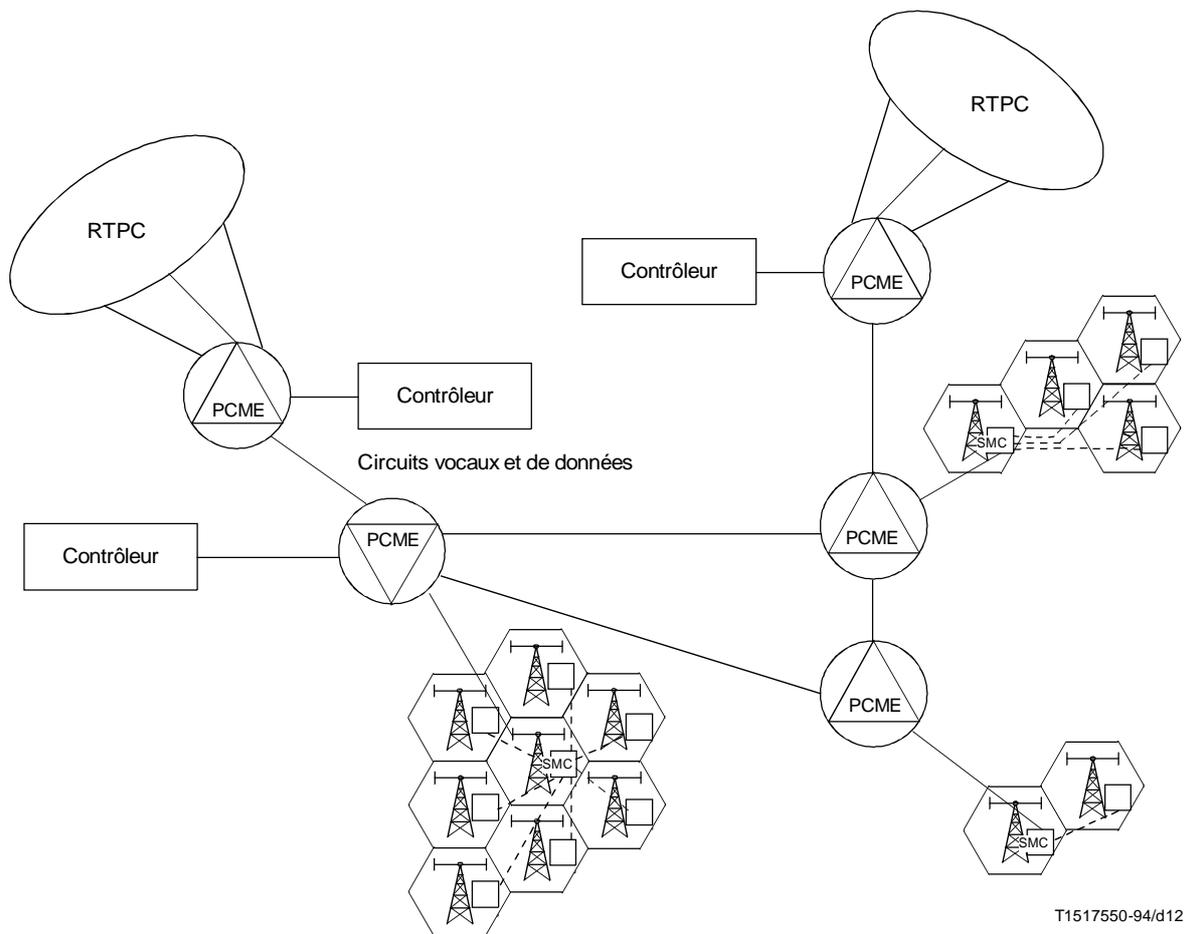


FIGURE I.12/G.765

Réseau cellulaire, trafic intercellulaire et intracellulaire

Le contrôleur de station de base (BSC) assure toutes les fonctions de commande de bas niveau et les fonctions spécifiques au réseau cellulaire du centre de commutation mobile (MSC) (*mobile switching center*).

Dans certaines réalisations du système GSM, la largeur de bande de transmission à 16 kbit/s est utilisée entre les sous-systèmes de base (BTS) et leur contrôleur (BSC), de sorte que quatre appels sont transmis sur un intervalle de temps à 64 kbit/s. Cependant, chaque appel vocal est transcodé en MIC à 64 kbit/s dans le contrôleur de station de base (BSC). La parole codée en loi A et les trains de données sont regroupés pour atteindre le débit de 64 kbit/s selon la structure de V.110 (données, y compris télécopie). Cela permet l'interfonctionnement avec les réseaux RNIS et RTPC; mais si le contrôleur de station de base (BSC) et le centre de commutation mobile (MSC) ne sont pas situés au même endroit, une perte de largeur de bande de transmission peut se produire.

Ainsi, l'utilisation des équipements PCME entre les stations de base BSC et les centres de commutation mobiles MSC, de même qu'entre ces derniers, peut être intéressante pour les raisons suivantes:

- a) elle permet la compression de la voix et des données sur ces liaisons. Ceci est important pour la réduction des coûts de fonctionnement quand des liaisons à 2 Mbit/s ont été louées par les PTT à l'exploitant des réseaux cellulaires, quand des liaisons radio ont été établies pour interconnecter les centres de commutation mobiles (MSC) ou quand les liaisons à 2 Mbit/s sont trop peu fréquentes;
- b) elle permet de relier les centres de commutation mobiles (MSC) en réseaux de téléphonie dans lesquels les signaux sont transmis sous forme comprimée;
- c) elle permet d'assurer une interface régulière avec le réseau RNIS, le réseau RTPC et les passerelles internationales dans les pays qui utilisent les équipements PCME dans leurs passerelles.

Il convient de noter que la fonction de démodulation/remodulation de télécopie des équipements PCME ne peut pas être utilisée parce que la télécopie arrive sous forme de train V.110 devant être émis sur un canal à 64 kbit/s. Alors que ceci réduit la largeur de bande disponible pour les signaux transmis sous forme comprimée, le délai de reconstitution peut être réduit d'environ 30 à 40 ms.

Parmi les questions de conception de réseau actuellement à l'étude, nous trouvons notamment:

- les spécifications du système global de communications mobiles (GSM) selon lesquelles le retard dans la section locale doit être fixé à 64 ms. Les effets de rotation de phase dans les réseaux du GSM devraient être étudiés;
- l'effet de la mise en cascade de l'algorithme GSM et du codage MICDA dans le trafic de bande vocale des communications internationales est exclu;
- la mise en cascade correspondant au cas le plus défavorable sera la suivante: MIC-(codage normalisé de la parole à 16 kbit/s)-MIC-MICDA-MIC-MICDA-MIC-(codage normalisé de la parole à 16 kbit/s)-MIC;
- un retard supplémentaire est dû au codage normalisé de la parole à 16 kbit/s qui s'ajoute au retard de mise en paquets.

I.6.5.3 Récapitulatif

Les points étudiés dans cet appendice se réfèrent à une juxtaposition d'équipements existants, sans pour autant essayer d'optimiser leur configuration. Par exemple, les capacités de brassage de paquets des équipements PCME n'ont pas été utilisées pour relier les différents sites cellulaires pour les signaux transmis sous forme comprimée. Aucune tentative n'a été faite pour utiliser les caractéristiques de démodulation/remodulation de télécopie des équipements PCME pour des systèmes cellulaires numériques. En fait, un protocole peut être envisagé sur le principe du protocole DICE afin d'extraire du flux V.100 les informations propres à chaque voie, ce qui permettrait d'économiser une largeur de bande précieuse (sur satellite). Enfin, il n'y a aucune nouvelle configuration dynamique du protocole de transmission de la parole par paquets (PVC) pour différents types de trafic, parce que cela nécessiterait des changements relatifs à l'interface du contrôleur de station de base (BSC) avec les équipements PCME.

Bibliographie

- [1] DVORAK (A.), ROSENBERGER (J.R.): Deriving a subjective testing methodology for digital circuit multiplication and packetized voice systems, *IEEE J. Selec. Areas Commun.*, vol. 6, n°. 2: 235-241, février 1988.
- [2] KIHLSSTRÖM (N. Viklund), BRIDGEWATER (D.): The development of an open-network digital circuit multiplication equipment system, *International Journal of Satellite Communications*, vol. 8: 461-490, 1990.
- [3] FISHBURN, MAHANT (S.), SHERIF (M.H.), SRIRAM (K.): A frame relay/cross-connect packetization system for satellite applications, *Proceedings of the ninth International Conference on Digital Satellite Communications ICDSC-9*, Session B6, 195-202, Copenhagen, mai 1992.