



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

I.741

(06/99)

SÉRIE I: RÉSEAU NUMÉRIQUE À INTÉGRATION DE
SERVICES

Aspects équipements du RNIS-LB – Fonctions de
transport

**Interfonctionnement et interconnexion entre
réseaux ATM et réseaux téléphoniques
commutés pour la transmission de signaux
vocaux, audio et de données en bande vocale**

Recommandation UIT-T I.741

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE I
RÉSEAU NUMÉRIQUE À INTÉGRATION DE SERVICES

STRUCTURE GÉNÉRALE	
Terminologie	I.110–I.119
Description du RNIS	I.120–I.129
Méthodes générales de modélisation	I.130–I.139
Attributs des réseaux et des services de télécommunication	I.140–I.149
Description générale du mode de transfert asynchrone	I.150–I.199
CAPACITÉS DE SERVICE	
Aperçu général	I.200–I.209
Aspects généraux des services du RNIS	I.210–I.219
Aspects communs des services du RNIS	I.220–I.229
Services supports assurés par un RNIS	I.230–I.239
Téléservices assurés par un RNIS	I.240–I.249
Services complémentaires dans le RNIS	I.250–I.299
ASPECTS GÉNÉRAUX ET FONCTIONS GLOBALES DU RÉSEAU	
Principes fonctionnels du réseau	I.310–I.319
Modèles de référence	I.320–I.329
Numérotage, adressage et acheminement	I.330–I.339
Types de connexion	I.340–I.349
Objectifs de performance	I.350–I.359
Caractéristiques des couches protocolaires	I.360–I.369
Fonctions et caractéristiques générales du réseau	I.370–I.399
INTERFACES UTILISATEUR-RÉSEAU RNIS	
Application des Recommandations de la série I aux interfaces utilisateur-réseau RNIS	I.420–I.429
Recommandations relatives à la couche 1	I.430–I.439
Recommandations relatives à la couche 2	I.440–I.449
Recommandations relatives à la couche 3	I.450–I.459
Multiplexage, adaptation de débit et support d'interfaces existantes	I.460–I.469
Aspects du RNIS affectant les caractéristiques des terminaux	I.470–I.499
INTERFACES ENTRE RÉSEAUX	I.500–I.599
PRINCIPES DE MAINTENANCE	I.600–I.699
ASPECTS ÉQUIPEMENTS DU RNIS-LB	
Équipements ATM	I.730–I.739
Fonctions de transport	I.740–I.749
Gestion des équipements ATM	I.750–I.799

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

RECOMMANDATION UIT-T I.741

INTERFONCTIONNEMENT ET INTERCONNEXION ENTRE RESEAUX ATM ET RESEAUX TELEPHONIQUES COMMUTES POUR LA TRANSMISSION DE SIGNAUX VOCAUX, AUDIO ET DE DONNEES EN BANDE VOCALE

Résumé

La présente Recommandation fournit des prescriptions pour les fonctions d'interfonctionnement et d'interconnexion entre des réseaux ATM publics et d'autres types de réseaux téléphoniques publics commutés (y compris des réseaux hertziens) à des fins de transmission de signaux vocaux, audio et de données en bande vocale. Les fonctions comprennent les interfaces de conversion de réseaux TDM vers des réseaux ATM, la conversion entre le multiplexage TDM et le mode ATM, le transport, le multiplexage, la commutation et l'annulation d'écho.

Source

La Recommandation UIT-T I.741, élaborée par la Commission d'études 15 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 22 juin 1999 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

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.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, le terme *exploitation reconnue (ER)* désigne tout particulier, toute entreprise, toute société ou tout organisme public qui exploite un service de correspondance publique. Les termes *Administration*, *ER* et *correspondance publique* sont définis dans la *Constitution de l'UIT (Genève, 1992)*.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 1999

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

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références normatives	1
3	Abréviations.....	3
4	Termes et définitions	4
5	Configuration générique de l'interfonctionnement/de l'interconnexion RTPC/RNIS-BE/ATM.....	5
6	Exemples de scénarios de mise en réseau.....	5
6.1	Interfonctionnement et interconnexion	5
6.2	Scénario 1: référence RTPC/RNIS-BE.....	6
6.3	Scénario 2: référence ATM.....	7
6.4	Scénario 3: interconnexion et interfonctionnement ATM-RTPC.....	7
	6.4.1 Interfaces physiques.....	7
	6.4.2 Critères liés aux services	7
	6.4.3 Prescriptions relatives à la couche AAL.....	11
	6.4.4 Perte et insertion erronée de cellules	12
	6.4.5 Limitation d'écho	13
	6.4.6 Paramètres de trafic et tolérances	13
	6.4.7 Gestion et contrôle d'erreur.....	13
6.5	Scénario 4: interconnexion et interfonctionnement RTPC/RNIS-BE-ATM-RTPC/RNIS-BE.....	13
	6.5.1 Interfaces physiques.....	14
	6.5.2 Caractéristiques liées au service	14
	6.5.3 Prescriptions relatives à la couche AAL.....	15
	6.5.4 Cellules perdues et insérées de manière erronée	15
	6.5.5 Limitation d'écho	15
	6.5.6 Paramètres de trafic et tolérances	15
	6.5.7 Gestion et contrôle d'erreur.....	15
6.6	Scénario 5: interconnexion et interfonctionnement mobile-ATM-mobile	15
	6.6.1 Interfaces physiques.....	15
	6.6.2 Caractéristiques liées au service	16
	6.6.3 Descriptions relatives à la couche AAL	16
	6.6.4 Cellules perdues et insérées de manière erronée	16
	6.6.5 Limitation d'écho	16
	6.6.6 Paramètres de trafic et tolérances	17
	6.6.7 Gestion et contrôle d'erreur.....	17

	Page	
7	Signaux en bande vocale au sein de réseaux ATM.....	17
7.1	Remplissage de cellule.....	17
7.2	Perte de cellule et mécanisme de rétablissement	17
7.3	Gigue.....	17
7.4	Fonctions de transcodage et de passerelle.....	18
8	Détails supplémentaires concernant l'interfonctionnement RTPC/ATM	18
8.1	Annulation d'écho	18
8.2	Commande d'encombrement et contrôle de flux	19
8.3	Considérations relatives à l'interface DCME/ATM.....	19
8.4	Interface avec les réseaux cellulaires	20
8.5	Interface de compression TDM/ATM.....	20
	Annexe A – Interconnexion RTPC/RNIS-BE-ATM au moyen d'un équipement DCME	20
A.1	Contexte général	20
A.2	Problèmes d'acheminement et de mise en tandem.....	22
A.3	Interface ATM-DCME.....	23
	Appendice I – Problèmes de synchronisation liés à l'annulation d'écho dans les réseaux ATM.....	23
I.1	Introduction.....	23
I.2	Variation du temps de propagation des cellules	24
I.3	Elimination ou réduction des effets de la variation CDV sur le processus de synchronisation	28
	I.3.1 Fonctionnement en synchronisme avec le réseau	28
	I.3.2 Horodatage résiduel synchrone.....	29
	I.3.3 Rétablissement d'horloge adaptatif	33
I.4	Prescriptions de bruit de phase de l'anneur d'écho.....	46
I.5	Conclusions.....	46

Recommandation I.741

INTERFONCTIONNEMENT ET INTERCONNEXION ENTRE RESEAUX ATM ET RESEAUX TELEPHONIQUES COMMUTES POUR LA TRANSMISSION DE SIGNAUX VOCAUX, AUDIO ET DE DONNEES EN BANDE VOCALE

(Genève, 1999)

1 Domaine d'application

Le domaine d'application de la présente Recommandation est de fournir des prescriptions pour les fonctions d'interfonctionnement et d'interconnexion entre des réseaux ATM publics et d'autres types de réseaux téléphoniques publics commutés (y compris les réseaux hertziens) pour la transmission de signaux vocaux, audio et de données en bande vocale. Les fonctions comprennent les interfaces de conversion de réseaux avec multiplexage TDM vers des réseaux ATM, la conversion entre le multiplexage TDM et le mode ATM, le transport, le multiplexage, la commutation et l'annulation d'écho.

2 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui de ce fait en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations en vigueur est régulièrement publiée.

- Recommandation UIT-T G.114 (1996), *Temps de transmission dans un sens.*
- Recommandation UIT-T G.131 (1996), *Réduction de l'écho pour le locuteur.*
- Recommandation UIT-T G.165 (1993), *Annuleurs d'écho.*
- Recommandation UIT-T G.168 (1997), *Annuleurs d'écho pour les réseaux numériques.*
- Recommandation UIT-T G.176 (1997), *Directives de planification pour l'intégration de la technologie ATM dans les réseaux assurant des services en bande vocale.*
- Recommandation UIT-T G.703 (1998), *Caractéristiques physiques et électriques des jonctions numériques hiérarchiques.*
- Recommandation UIT-T G.704 (1998), *Structures de trame synchrone utilisées aux niveaux hiérarchiques de 1544, 6312, 2048, 8448 et 44 736 kbit/s.*
- Recommandation CCITT G.706 (1991), *Procédures de verrouillage de trame et de contrôle de redondance cyclique (CRC) concernant les structures de trame de base définies dans la Recommandation G.704.*
- Recommandation UIT-T G.707 (1996), *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation CCITT G.711 (1988), *Modulation par impulsions et codage (MIC) des fréquences vocales.*
- Recommandation CCITT G.726 (1990), *Modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) à 40, 32, 24, 16 kbit/s.*

- Recommandation CCITT G.727 (1990), *Modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA) imbriqué à 5, 4, 3 et 2 bits par échantillon.*
- Recommandation CCITT G.728 (1992), *Codage de la parole à 16 kbit/s en utilisant la prédiction linéaire à faible délai avec excitation par code.*
- Recommandation UIT-T G.729 (1996), *Codage de la parole à 8 kbit/s en utilisant la prédiction linéaire à excitation par séquences codées à structure algébrique conjuguée (CS-ACELP).*
- Recommandation CCITT G.732 (1988), *Caractéristiques des équipements de multiplexage MIC primaires fonctionnant à 2048 kbit/s.*
- Recommandation CCITT G.751 (1988), *Equipements de multiplexage numériques fonctionnant au débit binaire du troisième ordre de 34 368 kbit/s et au débit binaire du quatrième ordre de 139 264 kbit/s et utilisant la justification positive.*
- Recommandation UIT-T G.763 (1998), *Equipements de multiplication de circuit numérique utilisant la modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (Recommandation G.726) et la concentration numérique de la parole.*
- Recommandation UIT-T G.766 (1996), *Démodulation/remodulation de télécopie pour équipement multiplicateur de circuits numériques.*
- Recommandation UIT-T G.804 (1998), *Transport des cellules ATM dans les réseaux à hiérarchie numérique plésiochrone.*
- Recommandation UIT-T G.823 (1993), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 2048 kbit/s.*
- Recommandation UIT-T G.824 (1993), *Régulation de la gigue et du dérapage dans les réseaux numériques fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s.*
- Recommandation UIT-T G.832 (1998), *Transport d'éléments de la hiérarchie numérique synchrone sur des réseaux à hiérarchie numérique plésiochrone – Structure des trames et structure des multiplex.*
- Recommandation UIT-T G.957 (1995), *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T I.356 (1996), *Caractéristiques du transfert de cellules de la couche ATM du RNIS-LB.*
- Recommandation UIT-T I.361 (1999), *Spécifications de la couche ATM du RNIS à large bande.*
- Recommandation UIT-T I.363.1 (1996), *Spécification de la couche d'adaptation ATM du RNIS-LB: AAL de type 1.*
- Recommandation UIT-T I.363.2 (1997), *Spécification de la couche d'adaptation ATM du RNIS-LB: AAL de type 2.*
- Recommandation UIT-T I.363.3 (1996), *Spécification de la couche d'adaptation ATM du RNIS-LB: AAL de type 3/4.*
- Recommandation UIT-T I.363.5 (1996), *Spécification de la couche d'adaptation ATM du RNIS-LB: AAL de type 5.*
- Recommandation UIT-T I.371 (1996), *Gestion du trafic et des encombrements dans le RNIS-LB.*

- Recommandation UIT-T I.580 (1995), Dispositions générales d'interfonctionnement entre le RNIS à large bande et le RNIS à 64 kbit/s.
- Recommandation UIT-T I.610 (1999), *Principes et fonctions d'exploitation et de maintenance du RNIS à large bande.*
- Recommandation UIT-T I.751 (1996), *Gestion en mode de transfert asynchrone du point de vue des éléments de réseau.*
- Recommandation UIT-T Q.50 (1997), *Signalisation entre équipements de multiplication de circuits et centres de commutation internationaux.*
- Recommandation UIT-T Q.115 (1997), *Logique de commande des dispositifs de limitation d'écho.*
- Recommandation UIT-T Q.2660 (1995), *Interfonctionnement du sous-système utilisateur du système de signalisation n° 7 du RNIS à large bande et du sous-système utilisateur du RNIS à bande étroite.*

3 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

AAL	couche d'adaptation ATM (<i>ATM adaptation layer</i>)
AAL CS	sous-couche de convergence AAL (<i>AAL convergence sublayer</i>)
ACR	rétablissement d'horloge adaptatif (<i>adaptive clock recovery</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
CDV	variation du temps de propagation des cellules (<i>cell delay variation</i>)
CLP	priorité de perte de cellules (<i>cell loss priority</i>)
CLR	taux de perte de cellules (<i>cell loss rate</i>)
CRC	contrôle de redondance cyclique (<i>cyclic redundancy check</i>)
CS-ACELP	prédiction linéaire avec excitation par séquences codées à structure algébrique conjuguée (<i>conjugate-structure algebraic-code excited linear prediction</i>)
DBR	débit binaire déterministe (<i>deterministic bit rate</i>)
DCME	équipement de multiplication de circuit numérique (<i>digital circuit multiplication equipment</i>)
FDM	multiplex par répartition en fréquence (<i>frequency division multiplex</i>)
GFC	contrôle de flux générique (<i>generic flow control</i>)
HEC	contrôle d'erreur sur l'en-tête (<i>header error control</i>)
ISUP	sous-système utilisateur du RNIS (<i>ISDN user part</i>)
ISUP-BE	sous-système utilisateur du RNIS à bande étroite (<i>narrowband-ISUP</i>)
ISUP-LB	sous-système utilisateur du RNIS à large bande (<i>broadband-ISUP</i>)
IWF	fonction d'interfonctionnement (<i>interworking function</i>)
LD-CELP	prédiction linéaire à faible délai avec excitation par code (<i>low-delay code excited linear prediction</i>)
MIC	modulation par impulsion et codage

MICDA	modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif
MTE	équipement terminal mobile (<i>mobile terminal equipment</i>)
OAM	exploitation et maintenance (<i>operation and maintenance</i>)
PRC	horloge de référence primaire (<i>primary reference clock</i>)
PTI	information de type de charge utile (<i>payload type information</i>)
QS	qualité de service
RNIS	réseau numérique à intégration de services
RNIS-BE	RNIS à bande étroite
RNIS-LB	RNIS à large bande
RTPC	réseau téléphonique public commuté
SN	numéro de séquence (<i>sequence number</i>)
SRTS	horodatage résiduel synchrone (<i>synchronous residual time stamp</i>)
TDM	multiplexage par répartition dans le temps (<i>time division multiplex</i>)
TE	équipement terminal (<i>terminal equipment</i>)
VCI	identificateur de canal virtuel (<i>virtual channel identifier</i>)
VCLAD	assemblage et désassemblage de cellules vocales (<i>voice cell assembly and disassembly</i>)
VPI	identificateur de conduit virtuel (<i>virtual path identifier</i>)

4 Termes et définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

4.1 îlot ATM: un îlot ATM est un segment autonome d'une infrastructure de télécommunication pour lequel l'accès est fourni exclusivement par des interfaces ATM. Le trafic extérieur à un îlot ATM est transporté en général par le RTPC.

4.2 interconnexion: configuration dans laquelle deux îlots de réseau de même nature (par exemple ATM) sont reliés par un réseau différent (par exemple RTPC) par le biais d'un circuit permanent établi entre eux. L'interconnexion inclut également la connexion de deux réseaux non ATM (par exemple RTPC, RNIS-BE ou mobiles) par le biais d'un réseau de base ATM. Le paragraphe 6 présente des exemples de divers scénarios ATM-RTPC/RNIS-BE et ATM/réseau mobile.

4.3 interfonctionnement: configuration dans laquelle un réseau ATM et un autre type de réseau (par exemple RTPC ou mobile) sont reliés par le biais des fonctions nécessaires pour la conversion d'un des formats de réseau vers l'autre et réciproquement. Ces fonctions peuvent inclure le mappage dans les deux sens de signaux en bande vocale et la conversion de la signalisation.

5 Configuration générique de l'interfonctionnement/de l'interconnexion RTPC/RNIS-BE/ATM

La Figure 5-1 présente l'interfonctionnement et l'interconnexion génériques pour des réseaux avec commutation de circuits (RTPC/RNIS) et avec commutation de cellules (ATM).

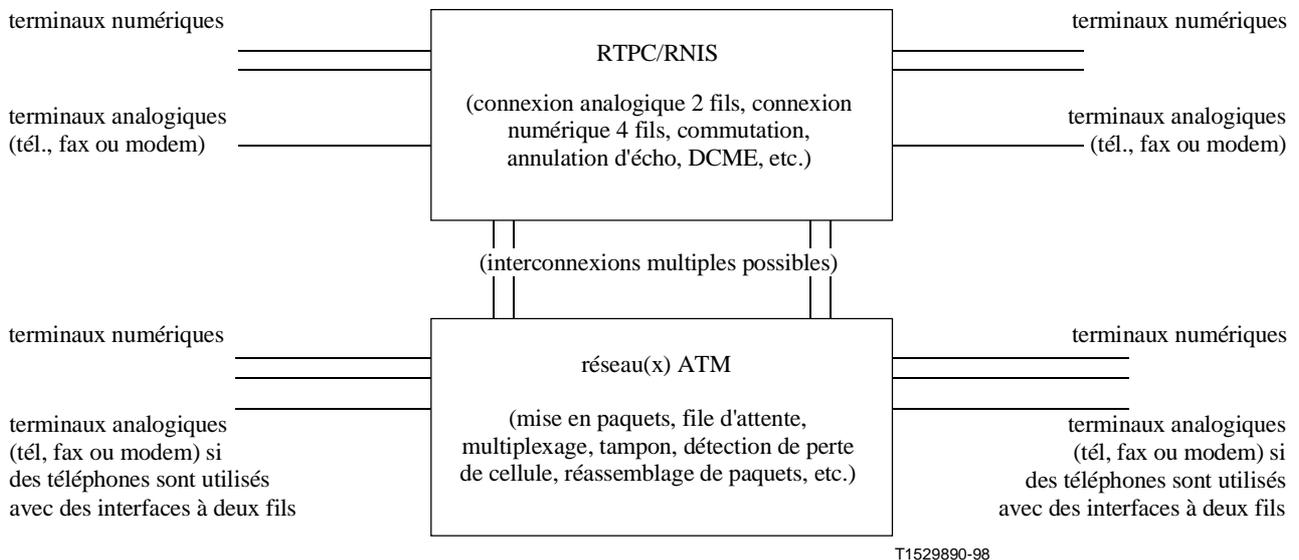


Figure 5.1/I.741 – Configuration générique pour l'interfonctionnement et l'interconnexion RTPC/RNIS-BE-ATM

NOTE – Un appel donné peut traverser plusieurs réseaux avec commutation de circuits et de cellules. Ce point sera traité plus en détail dans les prochains paragraphes.

6 Exemples de scénarios de mise en réseau

Les exemples de réseau qui suivent traitent à la fois de l'interfonctionnement et de l'interconnexion. Pour chacun de ces exemples, l'interface entre le réseau ATM et le réseau RTPC/RNIS-BE est réalisée – sauf accord bilatéral stipulant une autre solution – au moyen de signaux multiplex primaires conformes à la Recommandation G.711, qui sont transportés à travers la frontière entre les deux réseaux. L'Annexe A décrit des prescriptions spéciales pour l'interface entre un réseau ATM et un réseau RTPC/RNIS-BE basés sur un équipement DCME.

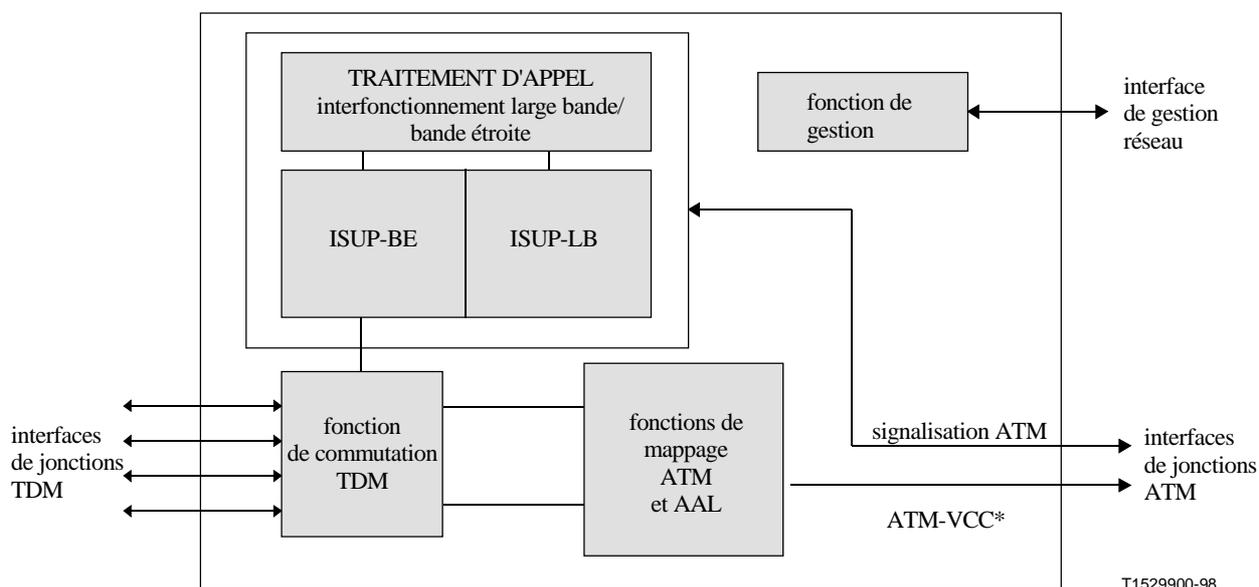
Les scénarios suivants sont pris en considération:

- 1) référence RTPC/RNIS-BE;
- 2) référence ATM;
- 3) ATM-RTPC/RNIS-BE;
- 4) RTPC/RNIS-BE-ATM-RTPC/RNIS-BE;
- 5) mobile-ATM-mobile.

6.1 Interfonctionnement et interconnexion

Les dispositions générales pour l'interfonctionnement entre le RNIS-LB et le RNIS à 64 kbit/s (bande étroite) ont été spécifiées dans la Recommandation I.580. Cette dernière présente un aperçu général des cinq scénarios de communication de base pour les services RNIS-BE dans les réseaux RNIS-LB et RNIS-BE.

Les fonctions d'interfonctionnement sont fournies dans ces scénarios par une "fonction IWF". Une telle fonction peut, soit constituer un équipement autonome avec des interfaces physiques vers le réseau à bande étroite et le réseau RNIS-LB (réseau ATM), soit être intégrée dans un équipement ATM tel qu'un nœud de réseau ATM. La Figure 6-1 présente cette fonctionnalité de base.



* conteneur de circuits virtuels ATM

Figure 6-1/I.741 – Fonctionnalité de la fonction IWF

6.2 Scénario 1: référence RTPC/RNIS-BE

La Figure 6-2 présente un scénario pour une connexion purement RTPC/RNIS-BE entre deux équipements terminaux (TE, *terminal equipment*) connectés à des réseaux RTPC/RNIS-BE. Les algorithmes de codage de la parole utilisés uniquement dans ce type de réseau seront probablement les suivants:

- G.711 MIC;
- G.726, G.727 MICDA;
- G.728 LD-CELP;
- G.729 CS-ACELP.

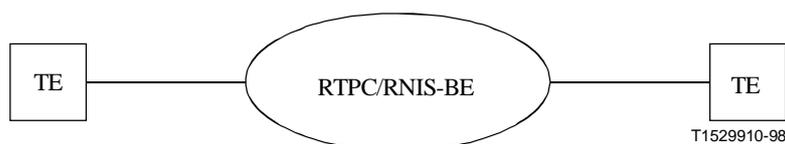


Figure 6-2/I.741 – Scénario pour la référence RTPC/RNIS-BE

6.3 Scénario 2: référence ATM

La Figure 6-3 présente le scénario pour tout ATM normalisé entre deux ponts d'équipement terminal (TE) connectés en mode ATM. La stratégie d'assemblage et de désassemblage de paquets pour la parole à faible débit et les signaux en bande vocale est décrite aux 6.4.3 et 7.

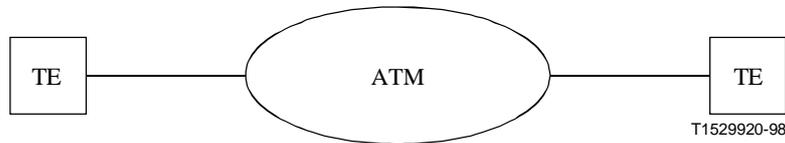


Figure 6-3/I.741 – Scénario ATM de référence

6.4 Scénario 3: interconnexion et interfonctionnement ATM-RTPC

La Figure 6-4 présente l'interface entre le RTPC/RNIS-BE et un flot ATM qui utilise une fonction d'interfonctionnement (IWF, *interworking function*) possédant les fonctionnalités et les interfaces décrites ci-dessous.

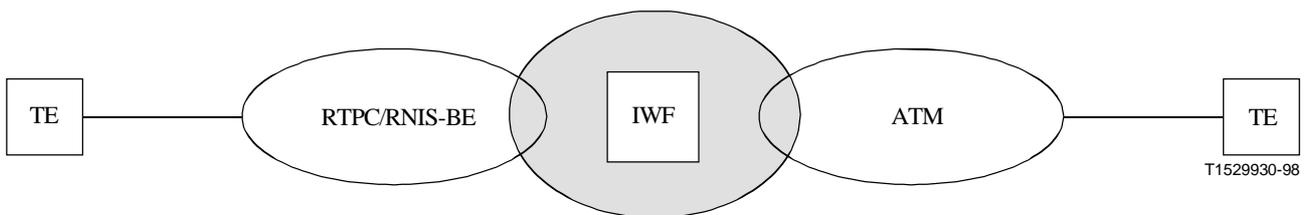


Figure 6-4/I.741 – Scénario d'interfonctionnement ATM-RTPC/RNIS-BE

Les caractéristiques logiques et physiques ainsi que les limites spécifiques de performance de la fonction d'interfonctionnement (IWF) sont présentées ci-dessous:

6.4.1 Interfaces physiques

L'interface physique entre le réseau RTPC/RNIS-BE et la fonction IWF peut être fournie par toute interface TDM définie dans les Recommandations G.703, G.704, G.751, G.707 et G.957.

L'interface physique entre la fonction IWF et le réseau ATM peut être fournie par toute interface définie dans les Recommandations G.703, G.704, G.707, G.957, G.804, G.832 et I.432.1-I.432.5.

6.4.2 Critères liés aux services

6.4.2.1 Tramage

Appelle une étude ultérieure.

6.4.2.2 Synchronisation

Il convient de noter, conformément aux idées développées dans l'Appendice I "Problèmes de synchronisation liés à l'annulation d'écho dans les réseaux ATM", qu'il existe trois méthodes principales pour la synchronisation dans les réseaux RNIS-LB/ATM, à savoir les suivantes:

- fonctionnement en synchronisme avec le réseau;
- horodatage synchrone résiduel (SRTS, *synchronous residual time stamp*);
- rétablissement d'horloge adaptatif.

6.4.2.2.1 Fonctionnement en synchronisme avec le réseau

Cette méthode est recommandée lorsque des flux de trafic doivent être fusionnés et lorsque l'interfonctionnement s'effectue avec un réseau RTPC/RNIS-BE. Elle est également recommandée lorsqu'une horloge réseau est disponible au niveau de la fonction IWF et que l'utilisateur du service n'a pas besoin d'une synchronisation transparente. Il est nécessaire que le service CBR soit synchronisé avec l'horloge réseau lorsque le fonctionnement en synchronisme avec le réseau est utilisé.

Les effets de la variation du temps de propagation CDV peuvent être totalement éliminés en forçant la station d'extrémité à fonctionner en synchronisme avec l'horloge réseau. Etant donné qu'une horloge réseau est présente au niveau des stations terminales émettrices et réceptrices, le flux binaire du service peut être transféré simplement à partir de la mémoire tampon de sortie avec le débit du service et en synchronisme avec l'horloge, de manière totalement indépendante des variations de délais de transfert de cellules dues au réseau ATM. Un dimensionnement correct du tampon de restitution et un délai initial pour la restitution restent nécessaires pour garantir que la variation CDV ne provoque pas de perte de cellule ou ne nécessite pas d'insertion de bits de bourrage. Dans le cas d'une défaillance de l'horloge réseau, la mémoire tampon devra utiliser un algorithme de glissement de tampon par rapport à l'horloge de réception placée en mode d'attente. L'utilisation d'un algorithme d'horloge adaptatif appelle une étude ultérieure.

6.4.2.2.2 Horodatage résiduel synchrone

Cette méthode est recommandée lorsqu'une transparence de fréquence est exigée à travers un réseau ATM. Elle peut également être utilisée pour limiter le dérapage provoqué par la variation CDV.

Lorsque l'horodatage SRTS est utilisé pour la couche AAL de type 1 (se référer au 6.4.3), le comptage du nombre de cycles de l'horloge extraite du réseau pendant N cycles de l'horloge du service est fait au moyen d'un compteur à p bits et la valeur de l'horodatage SRTS à p bits est transmise à travers le réseau vers le point de terminaison du réseau de réception. L'horloge de service locale peut être ajustée au niveau du terminal récepteur en fonction de l'horloge réseau de référence afin de garantir qu'un nombre identique de cycles de l'horloge extraite du réseau soient comptés durant les mêmes N cycles de l'horloge de service locale, ce qui asservit cette horloge de service locale à l'horloge du service de l'émetteur en utilisant les horodatages résiduels reçus et l'horloge réseau de référence.

6.4.2.2.3 Rétablissement d'horloge adaptatif

Cette méthode est recommandée lorsqu'une transparence est nécessaire au sein du réseau ATM et qu'il n'existe pas de contrainte forte pour le dérapage au niveau des interfaces de service. Il existe plusieurs implémentations possibles pour méthode adaptative (ACR, *adaptive clock recovery*), conduisant chacune à des performances différentes.

Lorsque les cellules ATM passent à travers un certain nombre de réseaux ATM différents, il peut être impossible de fournir une horloge réseau commune aux stations émettrices et réceptrices. Par

ailleurs, certains services ne nécessitent peut-être pas une qualité d'horloge telle qu'elle est fournie par les procédés de synchronisation avec le réseau ou d'horodatage SRTS. Il est possible, dans de tels cas, que l'unique possibilité ou la solution la plus rentable consiste à utiliser une technique de rétablissement d'horloge adaptatif.

Le rétablissement d'horloge adaptatif utilise en général le fait que, quelle que soit l'ampleur de la variation de délai existant au sein du réseau, le temps moyen entre arrivées du flux de cellules au débit DBR reste constant. Tout mécanisme de rétablissement d'horloge adaptatif a pour fonction d'extraire cette moyenne à long terme des temps entre arrivées, en la séparant du "bruit" produit par la variation CDV et par les pertes de cellules, puis d'utiliser cette valeur comme base pour l'extraction d'une horloge du service en réception.

Le tampon de données se comporte comme un comparateur de phase entre le flux de cellules entrant et le flux de cellules sortant, le niveau de remplissage du tampon plein constituant l'information de sortie de la comparaison de phase. Le remplissage du tampon varie "en dents de scie" du fait que, lors de l'arrivée d'une cellule, les bits du service sont livrés en bloc par la charge utile ATM.

Le niveau moyen de remplissage du tampon croît avec le temps si l'horloge de réception est trop lente par rapport à l'horloge d'émission. Une fois qu'une telle tendance a été détectée, il est possible d'augmenter la fréquence de l'horloge de réception de manière à ramener le niveau du tampon à une valeur nominale et d'asservir la fréquence de l'horloge de réception à celle de l'horloge d'émission. La réciproque est vraie lorsque l'horloge de réception est trop rapide par rapport à l'émetteur et que le niveau moyen du tampon décroît avec le temps. Dans ce cas, la fréquence de l'horloge de réception sera diminuée de manière à ramener le niveau du tampon à une valeur nominale.

Une description complète de ces méthodes de rétablissement du temps est en dehors du domaine d'application de la présente Recommandation. Le choix de la méthode de rétablissement du temps utilisée affectera la valeur du bruit de phase constaté sur une connexion, ce qui peut affecter en conséquence les performances de tous les annuleurs d'écho qui constatent la présence de ce bruit dans leur queue d'écho. Les méthodes de réseau synchrone et de rétablissement d'horloge par horodatage SRTS produisent la quantité de bruit de phase la plus faible et isolent la connexion des effets de la variation CDV. Il en résulte que l'utilisation de l'une ou l'autre de ces deux méthodes est recommandée.

Les techniques de rétablissement d'horloge adaptatif comportent le risque de produire un bruit de phase qui peut avoir une influence sur les annuleurs d'écho. Il en résulte que l'utilisation du rétablissement d'horloge adaptatif comme mécanisme de rétablissement du temps appelle une étude ultérieure.

6.4.2.2.4 Modes de fonctionnement

Les deux modes de fonctionnement suivants sont utilisables pour le transport des informations d'horloge entre des interfaces de service.

- Mode synchrone – Les informations de temps aux interfaces de service proviennent directement d'une horloge PRC.
- Mode asynchrone – Les informations de temps sont générées par une source d'horloge de l'utilisateur qui est indépendante de la source de référence du réseau ATM, du réseau RTPC ou des deux. Les informations de temps des utilisateurs sont transportées entre équipements connectés, soit par le biais du réseau ATM en utilisant l'horodatage SRTS ou le rétablissement ACR, soit indépendamment du réseau ATM.

6.4.2.3 Gigue et dérapage

La gigue mesurée à la sortie de l'interface de service IWF et tolérée au niveau de l'entrée de l'interface de service IWF sera conforme aux Recommandations G.823 and G.824.

Les prescriptions de gigue et de dérapage des Recommandations G.823 et G.824 s'appliquent dans le cas d'un fonctionnement en synchronisme avec le réseau ou d'un horodatage SRTS.

Si le rétablissement ACR est utilisé, le service doit alors tolérer une certaine valeur de dérapage. Les prescriptions doivent être définies par l'interface de service spécifique.

6.4.2.4 Alarmes

Les fonctions OAM (exploitation et maintenance) et les actions qui en résultent sont définies dans les Recommandations G.706, G.707, G.732, G.804, I.432.1-5 et I.610.

Dans le cas de certains services ATM et RTPC/RNIS-BE, les informations d'alarme se terminent au niveau de la fonction IWF. Le traitement des défaillances et des défauts en provenance du réseau RTPC/RNIS-BE vers le côté ATM/large bande et en sens inverse appelle une étude ultérieure. Les flux F4 et F5, tels qu'ils sont spécifiés dans la Recommandation I.610, se terminent au niveau de la fonction IWF sous la forme d'un "point de terminaison de connexion" conformément à la Recommandation I.751.

6.4.2.5 Signalisation

Le scénario 1 nécessite, pour des connexions commutées, le mappage des informations utilisateur ainsi que le mappage entre les protocoles de signalisation du RNIS-LB et du RNIS-BE. L'interfonctionnement entre le sous-système utilisateur du RNIS (ISUP) du RNIS-BE et le sous-système utilisateur du RNIS-LB (ISUP-LB) au niveau de l'interface NNI peut être trouvé dans la Recommandation Q.2660. Cette Recommandation décrit le mappage/l'interfonctionnement entre les sous-systèmes ISUP-LB et ISUP-BE pour l'appel de base et les services complémentaires. L'application des recommandations correspondantes est nécessaire si des fonctionnalités de l'ensemble de capacités, par exemple de point à multipoint, doivent être utilisées.

6.4.2.6 Délai

Le délai pour des connexions en bande vocale dans des réseaux ATM peut être calculé comme suit:

délai total de bout en bout = délai de codage du signal en bande vocale + délai
 d'assemblage de cellule + délai de propagation*) + variation
 du temps de propagation des cellules + délai de désassemblage
 de cellule + délai de décodage du signal en bande vocale

*) Le délai de propagation se constitue du délai de transmission résultant de la longueur d'une connexion et des délais introduits par des équipements tels que des commutateurs, des brasseurs, des équipements de ligne, etc.

Les prescriptions de délai maximal de la Recommandation G.114 doivent être respectées en ce qui concerne l'acheminement de communications vocales. Le délai total résultant de transitions multiples entre réseaux RTPC/RNIS-BE et ATM/RNIS-LB doit être compatible avec cette prescription.

Les effets suivants, provoqués par les délais, se manifestent dans des réseaux ATM.

6.4.2.6.1 Délai d'assemblage et de désassemblage de cellule

Un délai d'assemblage de cellule est introduit au niveau de la fonction IWF par la conversion de connexions à 64 kbit/s en cellules ATM. Par exemple, un champ d'informations de 47 octets rempli avec des échantillons de parole à 64 kbit/s conduit à un délai d'assemblage de cellule de 5,875 ms. La méthode de "remplissage partiel de cellule ATM" peut être utilisée pour minimiser le délai introduit par l'assemblage des cellules (se référer au 6.4.3).

6.4.2.6.2 Délai de transfert de cellule et variation du temps de propagation des cellules

Se référer au sous-paragraphe 6.5/I.356 et au Tableau 2/I.356 pour ce qui est de la définition et des prescriptions concernant le délai de transfert de cellule et la variation du temps de propagation des cellules. La définition de la variation du temps de propagation des cellules entre deux points est utilisée.

6.4.2.6.3 Variation du temps de propagation des cellules

Dans un cas idéal, le délai de bout en bout à travers le réseau composite reste constant lorsque des signaux en bande vocale tels que la voix, des données en bande vocale ou de télécopie traversent un réseau ATM. Etant donné toutefois que le réseau ATM/RNIS-LB est basé sur des cellules et que ces dernières subissent des variations de délai lors de la traversée du réseau, il convient d'accorder une attention spéciale au délai cumulé de bout en bout. La variation du temps de propagation des cellules est introduite par les commutateurs ATM, les files d'attente dans les équipements de ligne utilisés comme moyen d'accès et les queues au sein des récepteurs utilisées pour l'adaptation des débits de cellule. La fonction IWF utilisera une mémoire tampon afin de maintenir un délai constant. La taille de ce tampon est fonction des spécifications fournies dans la Recommandation I.356 et doit être suffisante pour prendre en charge le délai CDV prévu.

6.4.3 Prescriptions relatives à la couche AAL

Le terme "couche AAL" est utilisé dans les réseaux ATM/RNIS-LB pour désigner la couche située entre le niveau ATM et les couches supérieures. Les Recommandations des séries I.363.1 ont identifié et décrit quatre types de couche AAL. Pour des communications vocales, une fonction majeure de la couche AAL consiste à convertir la voix, les données en bande vocale et les signaux audio en cellules ATM et vice versa.

6.4.3.1 Couche AAL simplifiée de type 1

Il a été convenu que, pour le transport d'un signal unique en bande vocale (c'est-à-dire un signal à 64 kbit/s codé conformément à la Loi A ou à la Loi μ de la Recommandation G.711), la couche AAL pour la voix est une couche AAL simplifiée de type 1, telle qu'elle est décrite dans la Recommandation I.363.1; cette couche fournit un transport de circuit qui conserve la synchronisation au niveau du service avec les fonctions de base de la couche AAL de type 1. Les méthodes de réalisation sont l'horodatage SRTS et le rétablissement ACR. Il n'est pas fait usage de pointeurs de données structurées ou de correction d'erreur vers l'aval.

6.4.3.1.1 Remplissage des cellules

Un remplissage à 100% des cellules est utilisé pour la couche AAL simplifiée de type 1.

6.4.3.1.2 Codage des cellules

La disposition des canaux/des échantillons au sein de la cellule appelle une étude ultérieure.

6.4.3.1.3 Ordre des bits

La disposition des bits au sein des octets appelle une étude ultérieure.

6.4.3.2 Autres types de couche AAL

L'utilisation de la couche AAL de type 1 (c'est-à-dire, autre que le type 1 simplifié) et de la couche AAL de type 2 (I.363.2) appelle une étude ultérieure.

6.4.3.2.1 Remplissage des cellules

La stratégie de remplissage à 100% des cellules pour un même canal MIC peut fournir certains avantages tels qu'une utilisation plus simple et plus efficace du mode ATM, la possibilité d'utiliser

des mécanismes existants de détection de perte de cellule et la minimisation du travail nécessaire à l'étude de nouveaux algorithmes d'ordonnement de cellules. Les organismes qui souhaitent fournir des stratégies de remplissage partiel de cellules sont toutefois libres de le faire. A titre d'exemple, le délai d'assemblage peut être réduit de moitié en remplissant uniquement 24 octets sur les 48 octets du champ d'informations de la cellule. Le gaspillage de bande passante peut être toléré dans ce cas, mais l'utilisation de cellules avec un remplissage partiel nécessite l'échange d'informations supplémentaires pour l'indication du degré de remplissage de la cellule, par exemple au moyen de pointeurs de transfert de données structurées.

6.4.3.2.2 Codage des cellules

La disposition des canaux/des échantillons au sein de la cellule appelle une étude ultérieure.

6.4.3.2.3 Ordre des bits

La dispositions des bits au sein des octets appelle une étude ultérieure.

6.4.4 Perte et insertion erronée de cellules

6.4.4.1 Perte de cellules

L'entité de couche AAL réceptrice doit détecter/compenser les événements de perte de cellules afin de maintenir l'intégrité du comptage de bits; elle doit également minimiser le délai, c'est-à-dire réduire les problèmes de performance liés aux échos, lors du transfert des octets individuels du signal en bande vocale depuis la charge utile de l'unité SAR-PDU vers l'utilisateur de la couche AAL. L'entité de couche AAL réceptrice peut effectuer des actions basées sur les valeurs de numéro de séquence reçus, mais de telles actions ne doivent pas augmenter les délais de transfert à travers la couche AAL au-delà de la valeur nominale de la variation CDV, afin de réduire les problèmes de performance liés aux échos.

L'entité de couche AAL réceptrice doit pouvoir prendre en charge un accroissement ou une diminution brusque du délai de transfert de cellule nominal (une telle modification du délai de transfert de cellule peut résulter d'un événement de basculement de protection dans le réseau).

L'attribut de perte de cellule d'une fonction IWF représente un compteur du nombre de cellules perdues. Ce compteur enregistre le nombre de cellules qui sont détectées comme ayant été perdues dans le réseau avant le traitement effectué par la couche AAL de la fonction d'interfonctionnement de destination.

6.4.4.2 Insertion erronée de cellules

Il n'est pas nécessaire, conformément au 2.5.1.3/I.363.1, de détecter les cellules insérées de manière erronée pour des signaux en bande vocale. S'il est implémenté dans une fonction IWF, l'attribut d'insertion erronée de cellules représente un comptage du nombre d'événements de violation de séquence qui est interprété par la sous-couche de convergence de la couche AAL comme des insertions erronées de cellules.

6.4.4.3 Débordements négatifs de tampon

L'attribut de débordement négatif de tampon d'une fonction IWF représente le nombre de débordements négatifs du tampon de réassemblage.

6.4.4.4 Débordements de tampon

L'attribut de débordement de tampon d'une fonction IWF représente le nombre de débordements du tampon de réassemblage.

6.4.5 Limitation d'écho

Des mesures de limitation d'écho, telles que l'annulation d'écho, sont nécessaires lorsque le délai de bout en bout dépasse les valeurs spécifiées par la Recommandation G.131 (se référer également au 8.1). Il existe deux solutions pour l'implantation des annuleurs d'écho dans le scénario 3 lorsque des téléphones sont utilisés avec des interfaces à deux fils:

- l'un des annuleurs d'écho est placé au niveau de la fonction IWF et l'autre à proximité de l'équipement CPE (équipement local de client).

Les deux annuleurs d'écho peuvent être insérés dans le domaine non ATM (annuleur d'écho en mode multiplexage TDM) ou dans le domaine ATM (les annuleurs d'écho en mode ATM appellent une étude ultérieure). L'implémentation de la fonction d'annuleur d'écho est plus simple si les deux côtés sont des portions non ATM;

- annuleurs d'écho localisés au niveau de la fonction IWF

Lorsque les deux annuleurs d'écho sont localisés au niveau de la fonction IWF, chacun d'eux peut être inséré dans le domaine non ATM (annuleur d'écho en mode multiplexage TDM) ou dans le domaine ATM (les annuleurs d'écho en mode ATM appellent une étude ultérieure). La fonction d'annulation d'écho est plus complexe dans ce cas du fait de la présence du mode ATM dans le circuit de queue. L'un des impacts possibles est une dégradation de la qualité de service en cas de perte de cellules.

NOTE – Une étude ultérieure est nécessaire pour évaluer l'impact des insertions erronées de cellules, des pertes de cellule et des compensations de perte de cellule dans l'itinéraire d'écho d'un annuleur d'écho sur les performances de cet équipement. Une variation du temps de propagation des cellules non corrigée dans l'itinéraire de queue d'un annuleur d'écho peut être interprétée par l'annuleur comme des changements de l'itinéraire d'écho variables dans le temps et provoquer une recherche permanente de convergence au sein de l'équipement.

6.4.6 Paramètres de trafic et tolérances

Appellent une étude ultérieure.

6.4.7 Gestion et contrôle d'erreur

Appellent une étude ultérieure.

6.5 Scénario 4: interconnexion et interfonctionnement RTPC/RNIS-BE-ATM-RTPC/RNIS-BE

L'interconnexion de bout en bout entre le réseau RTPC/RNIS-BE et un îlot ATM (Figure 6-5) s'effectue par le biais de deux fonctions d'interfonctionnement (IWF) avec les fonctionnalités et les interfaces décrites ci-dessous.

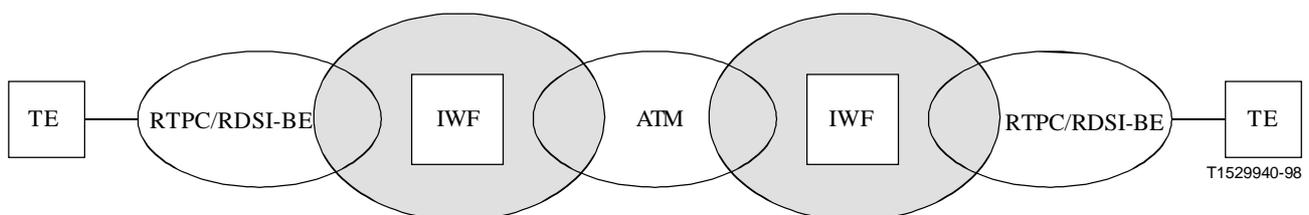


Figure 6-5/I.741 – Scénario d'interconnexion RTPC/RNIS-BE-ATM-RTPC/RNIS-BE

Les caractéristiques physiques et logiques de la fonction d'interfonctionnement (IWF) entre des réseaux RTPC/ATM ainsi que les limites spécifiques de performance sont décrites ci-dessous pour une connexion de bout en bout entre des emplacements d'équipement terminal (TE) basés sur un réseau RTPC/RNIS-BE.

6.5.1 Interfaces physiques

Se référer au 6.4.1.

6.5.2 Caractéristiques liées au service

6.5.2.1 Tramage

Appelle une étude ultérieure.

6.5.2.2 Synchronisation

6.5.2.2.1 Problèmes généraux concernant la synchronisation

Se référer au 6.4.2.2 "Synchronisation".

6.5.2.2.2 Interconnexion réseau

Le réseau ATM peut être utilisé dans ce scénario pour des jonctions simples de services vocaux entre des équipements à bande étroite (par exemple, des commutateurs RTPC/RNIS-BE). Les équipements aux deux extrémités peuvent obtenir une synchronisation à partir du réseau ATM (fonctionnement en synchronisme avec le réseau), comme cela est recommandé, ou recevoir une distribution de synchronisation par d'autres moyens. Ceci peut se faire au moyen de connexions supplémentaires vers un réseau RTPC/RNIS-BE public assurant la fourniture d'une horloge aux deux équipements connectés en mode ATM.

6.5.2.3 Gigue et dérapage

Se référer au 6.4.2.3.

6.5.2.4 Alarmes

Se référer au 6.4.2.4 "Alarmes".

6.5.2.5 Signalisation

Deux réalisations sont possibles pour ce scénario lorsque le réseau RNIS-LB/ATM est utilisé comme réseau de base pour le transport d'informations RNIS-BE:

- une connexion RNIS-LB transparente est utilisée pour l'émulation des canaux ou des accès RTPC/RNIS-BE. Dans ce cas, seul le mappage du protocole d'informations utilisateur est requis, un mappage des informations de signalisation n'est pas nécessaire. Toutes les informations de signalisation RTPC/RNIS-BE sont transférées de manière transparente à travers le réseau RNIS-LB;
- la deuxième réalisation fait appel à un interfonctionnement de réseau. La fonction d'interfonctionnement fournit dans ce cas le mappage des informations de signalisation et des informations utilisateur entre les réseaux RTPC/RNIS-BE et RNIS-LB. Se référer au sous-paragraphe 6.4.2.5.

6.5.2.6 Délais

Se référer au 6.4.2.6.

6.5.3 Prescriptions relatives à la couche AAL

Se référer au 6.4.3.

6.5.4 Cellules perdues et insérées de manière erronée

Se référer au 6.4.4.

6.5.5 Limitation d'écho

Des actions de limitation d'écho, telles que l'utilisation d'annuleurs d'écho, sont nécessaires si les canaux de parole sont véhiculés par le biais de cellules ATM et que le délai de bout en bout dépasse la valeur spécifiée dans la Recommandation G.131 (se référer également au 8.1). Dans ce scénario, les annuleurs d'écho au niveau de la fonction IWF peuvent être insérés dans le domaine non ATM (annuleur d'écho en mode multiplexage TDM) ou dans le domaine ATM (les annuleurs d'écho en mode ATM appellent une étude ultérieure).

L'utilisation d'annuleurs d'écho multiples sur la connexion appelle une étude ultérieure pour ce scénario.

NOTE – Une étude ultérieure est nécessaire pour évaluer l'impact des insertions erronées de cellules, des pertes de cellule et des compensations de perte de cellule dans l'itinéraire d'écho d'un annuleur d'écho sur les performances de cet équipement. Une variation du temps de propagation des cellules non corrigée dans l'itinéraire de queue d'un annuleur d'écho peut être interprétée par l'annuleur comme des changements de l'itinéraire d'écho variables dans le temps et provoquer une recherche permanente de convergence au sein de l'équipement.

6.5.6 Paramètres de trafic et tolérances

Appellent une étude ultérieure.

6.5.7 Gestion et contrôle d'erreur

Appellent une étude ultérieure.

6.6 Scénario 5: interconnexion et interfonctionnement mobile-ATM-mobile

L'interconnexion de bout en bout entre le réseau mobile et un îlot ATM (Figure 6-6) s'effectue par le biais d'une fonction d'interfonctionnement (IWF) avec les fonctionnalités et les interfaces décrites ci-dessous.

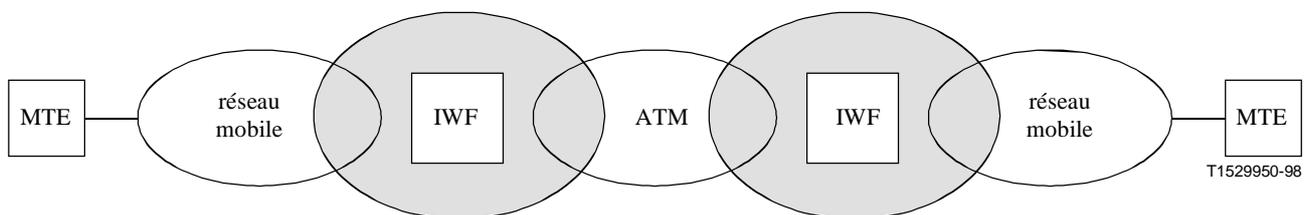


Figure 6-6/I.741 – Scénario d'interconnexion mobile-ATM-mobile

Les caractéristiques physiques et logiques de la fonction d'interfonctionnement (IWF) entre le réseau mobile et le réseau ATM sont décrites ci-dessous pour une connexion de bout en bout entre deux emplacements d'équipement de terminal mobile (MTE, *mobile terminal equipment*).

6.6.1 Interfaces physiques

Se référer au 6.4.1.

6.6.2 Caractéristiques liées au service

6.6.2.1 Tramage

Appelle une étude ultérieure.

6.6.2.2 Synchronisation

6.6.2.2.1 Généralités concernant la synchronisation

Se référer au 6.4.2.2 "Synchronisation".

6.6.2.2.2 Interconnexion réseau

Appelle une étude ultérieure.

6.6.2.3 Gigue et dérapage

Se référer au 6.4.2.3.

6.6.2.4 Alarmes

Se référer au 6.4.2.4.

6.6.2.5 Signalisation

Deux réalisations sont possibles pour ce scénario, dans lequel le réseau RNIS-LB/ATM est utilisé comme réseau de base pour le transport d'informations issues de réseaux mobiles:

- une connexion RNIS-LB transparente est utilisée pour l'émulation des canaux ou des accès mobiles. Dans ce cas, seul le mappage du protocole d'informations utilisateur est requis, un mappage des informations de signalisation n'est pas nécessaire. Toutes les informations de signalisation de réseau mobile sont transférées de manière transparente à travers le réseau RNIS-LB;
- la deuxième réalisation fait appel à un interfonctionnement de réseau. La fonction d'interfonctionnement fournit dans ce cas le mappage des informations de signalisation et d'utilisateur entre le réseau mobile et le réseau RNIS-LB.

6.6.2.6 Délais

Se référer au 6.4.2.6.

6.6.3 Descriptions relatives à la couche AAL

Se référer au 6.4.3.

6.6.4 Cellules perdues et insérées de manière erronée

Se référer au 6.4.4.

6.6.5 Limitation d'écho

Si les canaux de parole sont véhiculés par le biais de cellules ATM et que le délai de bout en bout dépasse la valeur spécifiée dans la Recommandation G.131, des actions de limitation d'écho sont alors nécessaires, telles que l'utilisation d'annuleurs d'écho (se référer également au 8.1). Dans ce scénario, la transmission est entièrement numérique et aucun écho électrique n'est produit. La limitation de l'écho acoustique est de la responsabilité du fournisseur du réseau mobile.

NOTE – Une étude ultérieure est nécessaire pour évaluer l'impact des insertions erronées de cellule, des pertes de cellule et des compensations de perte de cellule dans l'itinéraire d'écho d'un annuleur d'écho sur les performances de cet équipement. Une variation du temps de propagation des cellules non corrigée dans l'itinéraire de queue d'un annuleur d'écho peut être interprétée par l'annuleur comme des changements de

l'itinéraire d'écho variables dans le temps et provoquer une recherche permanente de convergence au sein de l'équipement.

6.6.6 Paramètres de trafic et tolérances

Appellent une étude ultérieure.

6.6.7 Gestion et contrôle d'erreur

Appellent une étude ultérieure.

7 Signaux en bande vocale au sein de réseaux ATM

7.1 Remplissage de cellule

Se référer au 6.4.3.

7.2 Perte de cellule et mécanisme de rétablissement

La compensation d'une perte de cellule conduit à remplacer un segment de 5,875 ms du signal transmis par une modulation qui se présente au niveau du modem récepteur comme une rafale d'interférences d'une durée de 6 ms. La transmission du signal se poursuit ensuite avec la même phase que précédemment. L'interférence d'une durée de 5,875 ms peut se traduire par un silence ou peut être remplie par un certain type de signal généré par le récepteur ATM. Il existe diverses possibilités de remplissage, telles que la répétition de la cellule précédente ou un bruit blanc de niveau fixe ou égal au niveau moyen de la cellule précédente. On estime que le bruit blanc aura l'effet le moins perturbateur sur le modem, le silence et la répétition de la dernière cellule introduisant des perturbations croissantes. Il est peu probable, pour la plupart des modems, qu'une telle interruption de courte durée provoquera un nouvel apprentissage du modem. La fréquence de tels événements ne doit pas être supérieure à celle d'événements perturbateurs comparables dans les réseaux existants. L'effet réel de l'application dépendra du protocole utilisé; dans certains cas, la session sera terminée alors que dans d'autres, l'effet se limitera à une réduction du débit.

Une perte de cellule non compensée réduira le délai de bout en bout d'environ 6 ms (pour des cellules pleines). Ceci produira un changement brutal de la phase du signal reçu conduisant à une perte de l'optimisation de l'annulation d'écho. Il est pratiquement certain que le modem devra effectuer un nouvel apprentissage, ce qui conduira à une perte de données pendant une durée de 5 à 20 s. La perturbation résultant d'un tel événement est nettement plus importante que pour une perte compensée; sa fréquence d'apparition doit être inférieure de manière significative à celle des glissements d'horloge du MIC.

En ce qui concerne des signaux vocaux véhiculés en utilisant des codages conformes aux Recommandations G.711 et G.726/G.727, les cellules détectées comme perdues ne nécessitent pas de compensation du fait de la faible probabilité du taux de perte de cellule (CLR, *cell loss rate*), qui est garanti par la pluralité des classes de QS pour la parole. La pertinence de mécanismes de compensation de perte de cellule, tels que la répétition ou l'interpolation de cellule, appelle une étude ultérieure.

7.3 Gigue

Les diverses Recommandations pour les modems ne spécifient pas de chiffres pour la tolérance de gigue, mais ces équipements sont conçus de manière à fournir des performances satisfaisantes sur le réseau RTPC/RNIS-BE. Les systèmes ATM doivent en conséquence être conçus de manière à fonctionner au moins aussi bien que les systèmes de transmission existants. On estime dans la pratique que l'itinéraire de transmission complet impliquera des segments MIC et ATM, de sorte que

tout rétablissement de synchronisation effectué pour le segment ATM sera soumis aux contraintes acceptables pour le segment MIC.

Une technique effective de masquage de la gigue consiste à utiliser un tampon extérieur pour différer la transmission des paquets/des cellules. Le principe consiste à transmettre les paquets à des intervalles réguliers indépendamment des variations des temps d'arrivée. Le délai de retransmission peut être positionné par l'opérateur entre 300 μ s et 3 ms par incréments de 100 μ s, conformément à la Recommandation I.356. Dans tous les cas, la valeur du délai de retransmission dépend de la composition du trafic ainsi que des caractéristiques des liaisons entre le point d'extrémité origine et le point d'extrémité de terminaison.

7.4 Fonctions de transcodage et de passerelle

Il est probable que les procédés de codage avec loi A et loi μ seront abondamment utilisés pour véhiculer la voix à travers un réseau ATM. La spécification de la couche AAL 1 donnée dans la Recommandation I.363.1 identifie le besoin d'une conversion entre les lois A et μ mais ne définit pas de fonction de conversion.

Il est recommandé d'utiliser les règles de conversion spécifiées par la Recommandation G.711 lorsqu'une conversion entre la loi A et la loi μ est nécessaire. L'emplacement où la conversion entre les lois A et μ doit être faite appelle toutefois une étude ultérieure.

8 Détails supplémentaires concernant l'interfonctionnement RTPC/ATM

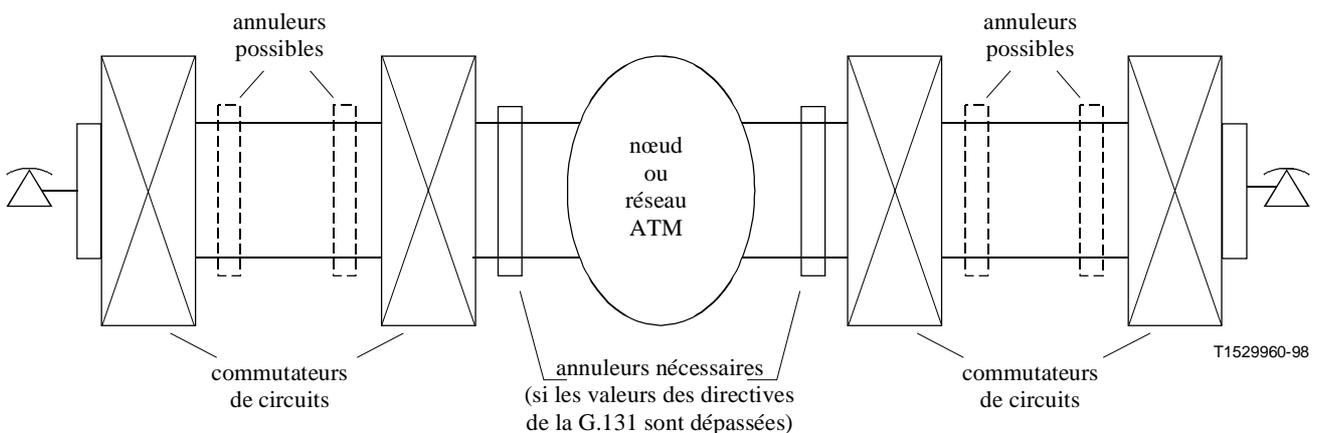


Figure 8-1/I.741 – Exemple détaillé d'interfonctionnement RTPC/RNIS-BE-ATM

8.1 Annulation d'écho

La Recommandation G.176 spécifie des directives générales pour la limitation d'écho dans des domaines de réseaux ATM homogènes ainsi que pour des réseaux mixtes RTPC/ATM. La limitation d'écho est de la responsabilité du fournisseur du domaine ATM et doit être fournie aux frontières RTPC/ATM. L'annulation d'écho doit s'appliquer conformément aux règles de la Recommandation G.131 et peut être une fonctionnalité de la stratégie de remplissage de cellule mise en œuvre. Tous les annuleurs d'écho utilisables pour des réseaux ATM doivent satisfaire aux prescriptions de la Recommandation G.168. L'Appendice I/G.168 "Conseils pour la mise en œuvre d'annuleurs d'écho" fournit une description générale de la mise en œuvre d'annuleurs d'écho. Les procédures de signalisation véhiculent – conformément à la Recommandation Q.115 "Logique de commande des dispositifs de limitation d'écho" – des éléments d'informations de la logique de

limitation d'écho, ce qui permet d'implanter l'annulation d'écho, soit dans le réseau à bande étroite, soit dans le réseau à large bande.

8.2 Commande d'encombrement et contrôle de flux

Une disparité de capacités peut exister entre le réseau RTPC/RNIS-BE et le réseau ATM en ce qui concerne leur débit. Il est possible d'utiliser dans ce cas une réglementation et une gestion de largeur de bande basée sur la Recommandation Q.50.

8.3 Considérations relatives à l'interface DCME/ATM

Des efforts considérables ont été effectués au cours des vingt-cinq dernières années pour l'élaboration de techniques de compression de circuits à longue distance ou pour l'interpolation de signaux vocaux avec utilisation de largeurs de bande limitées. Ceci inclut les techniques de codage à faible débit (voix à 32 et 16 kbit/s) ainsi que l'interpolation numérique de la parole. Des gains de compression d'un facteur de 4 à 5 sont généralement réalisés de nos jours pour des équipements de multiplication de circuit numérique (DCME, *digital circuit multiplication equipment*). Les équipements DCME ont été abondamment mis en place pour des itinéraires internationaux par câble ou par satellite et certains opérateurs ont considéré qu'il était rentable de mettre de tels équipements en place dans leurs réseaux nationaux.

Il a été relativement facile d'isoler dans le passé les portions de réseau qui pouvaient tirer profit de l'utilisation d'un traitement de signal supplémentaire et de mettre en place des équipements spéciaux dans ces portions. Ceci est possible parce que le trafic de parole et en bande vocale est généralement séparé des autres types de trafic et parce que le trafic vocal peut facilement être détecté et extrait des circuits à multiplexage par répartition dans le temps (TDM, *time division multiplexing*). Ceci n'est pas le cas pour le mode ATM, lorsque des connexions vocales seront, par exemple, multiplexées de manière asynchrone avec des centaines ou des milliers d'autres connexions sur des itinéraires internationaux. Des équipements autonomes de multiplication de circuit sur des itinéraires avec largeur de bande limitée seront beaucoup plus difficiles à concevoir et à mettre en place pour les raisons suivantes:

- en vue de réaliser des gains d'interpolation, les équipements DCME actuels traitent des supports qui ont déjà été remplis par le commutateur passerelle avec du trafic de parole. L'acheminement en fonction du trafic n'est pas un principe général de conception des réseaux ATM (des prescriptions générales d'acheminement pour des groupes de connexion peuvent, par exemple, interdire un acheminement séparé par type de support);
- par ailleurs, si les types de trafic présentés à l'équipement DCME sont intégrés, le gain de compression sera fonction du mélange du trafic vocal avec d'autres trafics. L'opérateur réseau ne connaît pas le degré de compression qui peut être obtenu et sera obligé de planifier le scénario du cas le plus défavorable, avec une compression nulle ou faible. Il en résulte que la largeur de bande économisée par la compression sera en fin de compte occupée par des cellules vides;
- compte tenu du multiplexage asynchrone du trafic ATM, les équipements de multiplication de circuit devront accéder à la signalisation ATM pour identifier les connexions de parole. Il sera nécessaire d'extraire et de traiter les connexions de parole en laissant inchangée la qualité de service du trafic restant (y compris la variation du temps de propagation des cellules).

8.4 Interface avec les réseaux cellulaires

L'interface des réseaux ATM avec les réseaux cellulaires dépend de l'utilisation, ou non, d'une liaison ATM entre la station de base et le centre de commutation du réseau mobile. Cette interface a pour objectif principal de fournir un processus de multiplexage efficace en termes de largeur de bande pour le transport du trafic en bande vocale. Dans ce cas particulier, les signaux vocaux arrivent sous la forme de signaux comprimés à faible débit (débits de 16 kbit/s et moindres).

Il faut considérer deux cas, selon que le transport du trafic cellulaire est en mode paquet ou est fondé sur le multiplexage par répartition dans le temps.

- si le trafic cellulaire est présenté en mode paquet, le rôle de l'interface est alors de fournir une fonction de relais permettant de formater le paquet pour le transport du trafic sur le réseau ATM. Ceci évite les délais résultant de la mise en paquets du trafic et de la dégradation potentielle résultant du transcodage;
- si le trafic cellulaire arrive sous la forme d'un multiplex temporel, l'interface fournira alors la fonction de mise en paquets. Cette fonction introduira des délais supplémentaires et une fonction d'annulation d'écho sera nécessaire dans ce cas.

8.5 Interface de compression TDM/ATM

La fonction de l'interface au niveau du point d'extrémité origine est, dans ce cas, de fournir la détection, l'interpolation et le codage de la parole, le multiplexage des diverses fonctions, la mise en paquets (avec un remplissage partiel ou à 100% des cellules) ainsi que l'annulation d'écho. L'interface a pour fonction, au niveau du point d'extrémité de destination, de fournir la détection et la compensation de perte de cellule, le masquage des variations du délai de cellule, le décodage de la parole, l'injection de bruit de confort et le démultiplexage.

ANNEXE A

Interconnexion RTPC/RNIS-BE-ATM au moyen d'un équipement DCME

A.1 Contexte général

L'apparition de réseaux ATM de zone métropolitaine se fera probablement, du moins dans les premières étapes, par le raccordement "d'îlots" d'activités ATM locales et privées. Le besoin pour une connectivité en zone métropolitaine avec d'autres réseaux locaux se développera au fur et à mesure de l'extension de ces îlots locaux privés. Les signaux en bande vocale qui sont échangés entre les réseaux ATM locaux peuvent englober, par exemple, la parole, du trafic de modem en bande vocale et des transmissions de télécopie.

La réalisation d'une telle connectivité en zone métropolitaine entre des réseaux ATM locaux nécessitera, comme indiqué dans la Figure A.1, l'ajout d'une fonction d'interfonctionnement dans les équipements DCME existants. L'équipement DCME fournira les fonctions de détection et d'interpolation de la parole, de compression de la parole, d'annulation d'écho et de mise en paquets. L'équipement DCME avec cette nouvelle fonction se comportera également comme une passerelle entre les réseaux ATM et RTPC/RNIS-BE. La fonction d'interfonctionnement peut se situer à l'extérieur de l'équipement DCME ou faire partie de cet équipement.

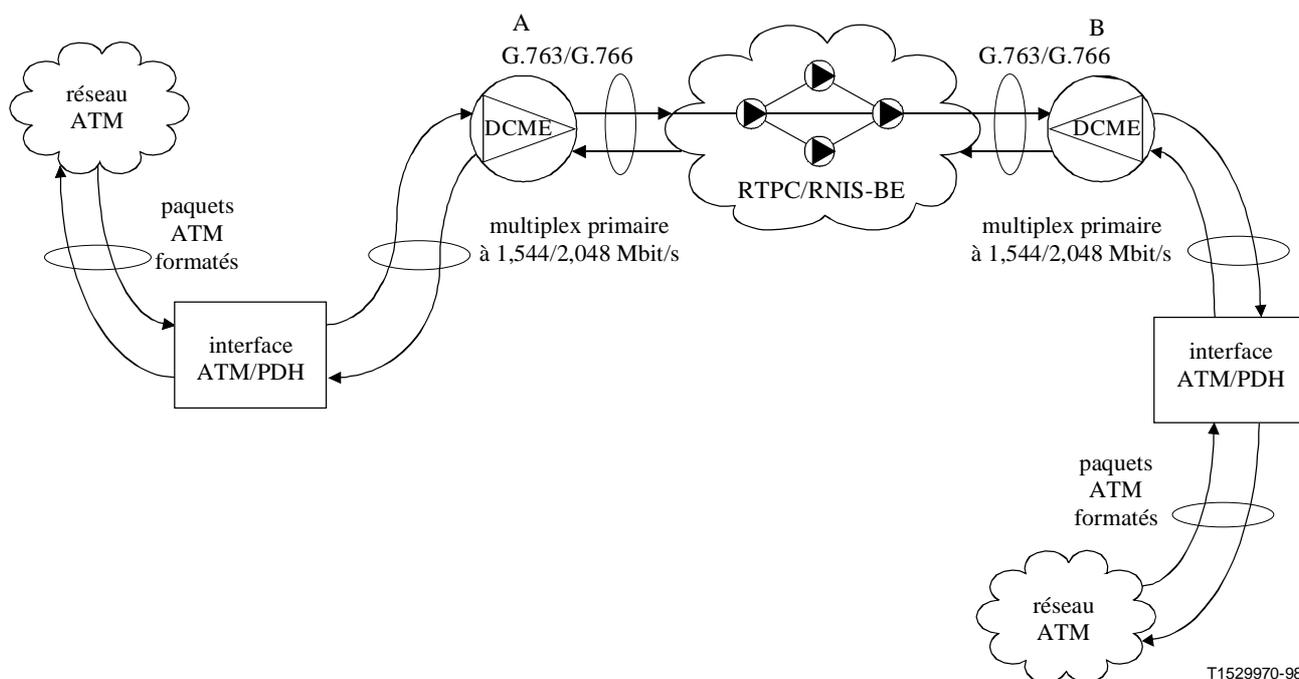


Figure A.1/I.741 – Interface ATM-DCME

Il n'est pas nécessaire d'introduire de nouvelle couche AAL dans cette démarche parce que toutes les adaptations nécessaires peuvent s'effectuer dans la passerelle DCME. Par exemple, la commande d'encombrement, qui est nécessaire dans l'environnement RTPC en raison des limitations de largeur de bande, sera une fonction de l'équipement DCME. Les réseaux ATM locaux peuvent être dotés à l'avenir de mécanismes de commande d'encombrement locaux lorsque le besoin s'en fera sentir.

Le scénario de réseau RTPC/RNIS-BE présenté ci-dessus utilise un réseau téléphonique numérique commuté usuel avec des contraintes de largeur de bande. Les équipements DCME des points A et B sont connectés aux deux extrémités du RTPC et échangent dans les deux sens des signaux en bande vocale avec le réseau RTPC/RNIS-BE. Ce dernier peut également contenir des équipements DCME permettant d'acheminer le trafic entre les équipements DCME des points A et B, ce qui permettra d'éviter d'effectuer pour le trafic des codages et décodages successifs et inutiles.

L'équipement DCME est utilisé comme un moyen permettant d'étendre la capacité des systèmes de transmission numérique en fournissant une multiplication de circuit par l'utilisation du codage de la parole à faible débit et l'interpolation numérique de la parole (DSI, *digital speech interpolation*). L'équipement DCME peut prendre en charge les signaux de parole, les signaux audio à 3,1 kHz (données en bande vocale et parole) et le trafic de canal à 64 kbit/s libre sans restrictions. Le trafic de télécopie est traité par l'équipement DCME conformément à la Recommandation G.766 lorsqu'il existe une possibilité d'utilisation de la démodulation et de la remodulation.

L'utilisation de l'équipement DCME suppose que les interfaces avec les îlots ATM sont conformes aux Recommandations G.703/G.704 pour des débits à 1544 kbit/s ou à 2048 kbit/s. L'utilisation de l'équipement DCME fournit les fonctions suivantes:

- interpolation numérique de la parole;
- codage à faible débit utilisant les Recommandations G.726/G.727 pour la modulation MICDA et par la suite d'autres algorithmes de codage définis par l'UIT-T;

- mécanisme de commande d'encombrement adapté aux caractéristiques instantanées du trafic et à la composition du trafic; la commande peut être, soit une commande locale (dans l'équipement DCME), soit une commande globale effectuée depuis le commutateur passerelle en utilisant la Recommandation Q.50;
- démodulation et remodulation de télécopie.

La démodulation et remodulation de télécopie améliore les performances du système de transmission vis-à-vis des erreurs en rafale. La synchronisation et l'annulation d'écho effectuées au niveau de l'équipement DCME de destination doivent être prises en compte pour la réalisation de l'interface DCME/ATM. Le mappage du format ATM vers le format G.763/G.766 appelle une étude ultérieure.

L'équipement DCME du point d'extrémité origine recherche le type du signal figurant dans le flux MIC. Le flux MIC est analysé afin de déterminer si le canal est actif et, le cas échéant, si le signal présent est un signal vocal ou non. La vitesse de transmission est évaluée dans le cas de signaux non vocaux afin de sélectionner l'algorithme de codage adéquat.

S'il a été déterminé que le flux MIC véhicule du trafic de télécopie du Groupe 3, l'équipement DCME du point d'extrémité origine traitera alors le signal comme des données en bande vocale à haute vitesse si aucun procédé de modulation n'est reconnu ou, dans le cas contraire, démodulera le signal pour en extraire les données d'image de télécopie afin de les transmettre au débit de la bande de base. Les fonctions de compression, de mise en paquets, de tampon et de multiplexage sont effectuées de manière classique pour la compression et la mise en paquets de l'en-tête ATM converti et de la charge utile en paquets à large bande en vue de la transmission sur le RTPC/RNIS-BE.

L'équipement DCME du point d'extrémité de terminaison récupère le signal MIC initial et le place dans le champ de charge utile du paquet ATM. Les signaux sont transmis dans la direction inverse de la même manière que décrit ci-dessus.

A.2 Problèmes d'acheminement et de mise en tandem

L'identificateur VPI de l'en-tête de la cellule ATM se constitue d'un champ de 8 bits qui fournit la possibilité de 256 canaux virtuels. L'identificateur VCI est, de même, un champ de 16 bits qui fournit la possibilité de 65 536 canaux virtuels. Ce nombre élevé de canaux est utilisable pour les débits à large bande, mais le nombre de canaux est bien moindre pour le débit primaire. La plus grande partie du trafic dans un réseau ATM local sera interne à ce réseau et ne concernera pas des réseaux locaux ATM distincts. Il en résulte que le nombre de canaux virtuels utilisés pour l'interconnexion de réseaux ATM locaux représentera un pourcentage faible du nombre total de canaux.

La fonction de mappage entre les canaux virtuels dans le réseau ATM local et les canaux virtuels dans l'environnement de paquet à large bande est réalisée comme suit:

- pour les circuits virtuels permanents, il est possible d'effectuer le mappage au moment de la fourniture du circuit jusqu'à ce que tous les canaux du réseau par paquets à large bande soient utilisés;
- le mappage est fait au moment de l'établissement de l'appel pour les circuits virtuels commutés.

L'appel sera bloqué en utilisant les protocoles adéquats entre l'équipement DCME et le commutateur ATM dans le réseau ATM local lorsque tous les canaux dans l'environnement de paquet à large bande sont utilisés. L'utilisation d'extensions de la Recommandation Q.50 pour traiter cette situation appelle une étude ultérieure.

A.3 Interface ATM-DCME

L'interface ATM-DCME réalisera les fonctions suivantes:

- 1) la variation du temps de propagation des cellules ATM (CDV) doit être éliminée, parce qu'il est nécessaire de fournir à l'équipement DCME un flux binaire à débit constant conforme aux Recommandations G.703/G.704. Un moyen possible pour supprimer ou limiter la variation CDV (c'est-à-dire la gigue) consiste à placer les cellules ATM dans un tampon avant leur conversion dans le format G.703/G.704. La taille du tampon dépend du type de trafic et de la configuration du réseau. La taille du tampon doit être spécifiée au moment où on étudie la valeur du délai qui sera introduit et la possibilité que des cellules en retard seront considérées comme perdues et donc ignorées. La méthode de remplacement de cellule appelle une étude ultérieure;
- 2) les bits de contrôle CRC de chaque cellule ATM seront vérifiés. Si le contrôle fournit un résultat valide, l'interface ATM-DCME extraira alors la charge utile de la cellule ATM et effectuera la conversion dans le format G.703/G.704. La cellule sera ignorée si le contrôle fournit un résultat non valide. La méthode de remplacement de cellule appelle une étude ultérieure;
- 3) le flux binaire G.703/G.704 reconstitué est émis vers l'équipement DCME origine pour un traitement conforme à la Recommandation G.763. La trame support de sortie de l'équipement DCME est émise vers l'équipement DCME de destination à travers le réseau RTPC. L'unité de réception de l'équipement DCME effectue la décompression de la trame et la conversion des signaux de la jonction en flux binaires G.703/G.704 individuels pour chaque canal;
- 4) l'interface ATM-DCME du côté récepteur convertit les signaux G.703/G.704 en cellules ATM qui sont ensuite émises vers le réseau ATM local;
- 5) il peut être nécessaire de transmettre à travers le réseau, en plus de la charge utile des cellules ATM, certains champs de l'en-tête de la cellule ATM et certaines informations utilisées par la couche d'adaptation ATM. Ceci peut se faire en attribuant pour la signalisation des canaux à 64 kbit/s libres;
- 6) des mesures spéciales peuvent être nécessaires pour l'annulation d'écho en fonction de la stratégie de remplissage de cellule ATM et du délai de propagation total. L'annulation d'écho doit être effectuée de préférence aussi près que possible de la source.

APPENDICE I

Problèmes de synchronisation liés à l'annulation d'écho dans les réseaux ATM

I.1 Introduction

La présente Recommandation contient un résumé des procédés de synchronisation pouvant être adoptés pour minimiser l'influence des variations du débit de cellules ATM sur la qualité de la synchronisation pour des services à débit constant.

Elle indique principalement que, lorsqu'un réseau ATM est présent dans la queue d'écho d'une connexion vocale, comme indiqué dans la Figure I.1, le bruit de phase induit par la variation CDV peut être limité à la valeur observée dans les réseaux TDM actuels en utilisant la technique de synchronisation adéquate [c'est-à-dire, le fonctionnement en synchronisme avec le réseau ou l'horodatage résiduel synchrone (SRTS, *synchronous residual time stamp*)]. Si l'on considère toutefois que ces deux procédés nécessitent la fourniture d'une horloge de référence relativement pure aux deux extrémités du réseau ATM, ce qui peut être impossible dans certains cas, l'utilisation d'une synchronisation adaptative peut être prise en considération, à condition que le dérapage de

phase résiduel reste dans les limites de tolérance de bruit de phase de l'annuleur d'écho. Une étude reste à faire pour vérifier si les techniques de rétablissement d'horloge adaptatif et le dérapage de phase résiduel qui en résultent seront compatibles avec l'utilisation d'un annuleur d'écho.

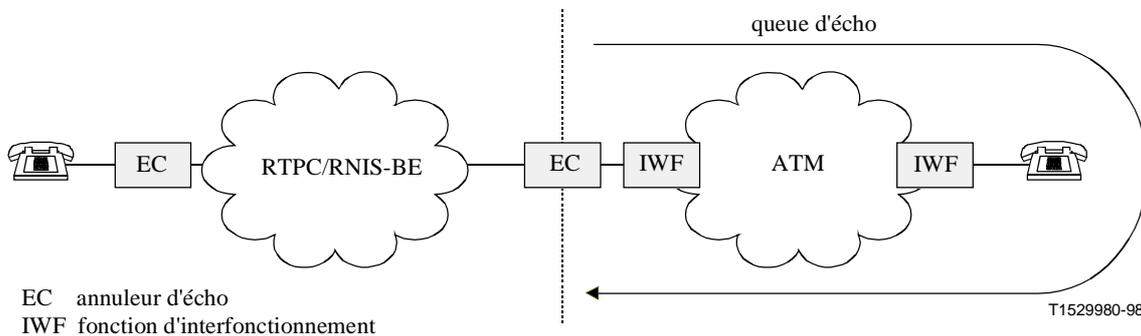


Figure I.1/I.741

I.2 Variation du temps de propagation des cellules

Un flux à débit constant fourni en entrée à un réseau ATM est mappé dans la charge utile des cellules ATM qui sont passées à la couche Physique à des intervalles réguliers (si on fait abstraction de la gigue du temps d'attente, etc.).

En l'absence de variation du temps de propagation des cellules lors de la traversée du réseau ATM, les cellules arrivent avec des intervalles réguliers et peuvent être transmises immédiatement vers l'interface à débit constant. La cellule suivante arrive exactement au moment où le tampon est sur le point d'être vide.

Toutefois, si chacune des cellules subit un délai différent dans la traversée du réseau et si, par exemple, la deuxième cellule arrive en retard, le tampon sera vide et ne contiendra plus de bits à transmettre. Si la deuxième cellule arrive en avance, elle provoque un débordement du tampon de 47 octets. Il s'ensuit qu'il est nécessaire de dimensionner et d'exploiter le tampon de sortie de manière à permettre aux cellules d'arriver en avance ou en retard. Le procédé usuel consiste à retarder la restitution de la cellule initiale d'une durée égale à la tolérance maximale permise pour la variation du temps de propagation des cellules. Ceci garantit que le tampon ne sera jamais vide, même si la première cellule arrive très en avance et la deuxième très en retard [Figure I.2 a)]. Il est cependant nécessaire d'augmenter la taille du tampon en lui donnant une valeur au moins égale à la taille de la charge utile d'une cellule augmentée du nombre maximal de cellules qui peuvent être livrées pendant un intervalle de temps égal au double de la variation CDV de crête à crête. Ceci garantit que si la première cellule arrive très en retard, si elle subit en outre un retard égal à la variation CDV de crête à crête avant sa restitution et si la cellule suivante arrive très en avance, cette dernière trouvera tout de même de la place libre dans le tampon [Figure I.2 b)]. Il est nécessaire dans ce dernier cas d'optimiser le niveau du tampon sur une certaine durée pour garantir que le retard subi par les cellules dans le tampon n'est pas supérieur à la variation du temps de propagation des cellules de crête à crête.

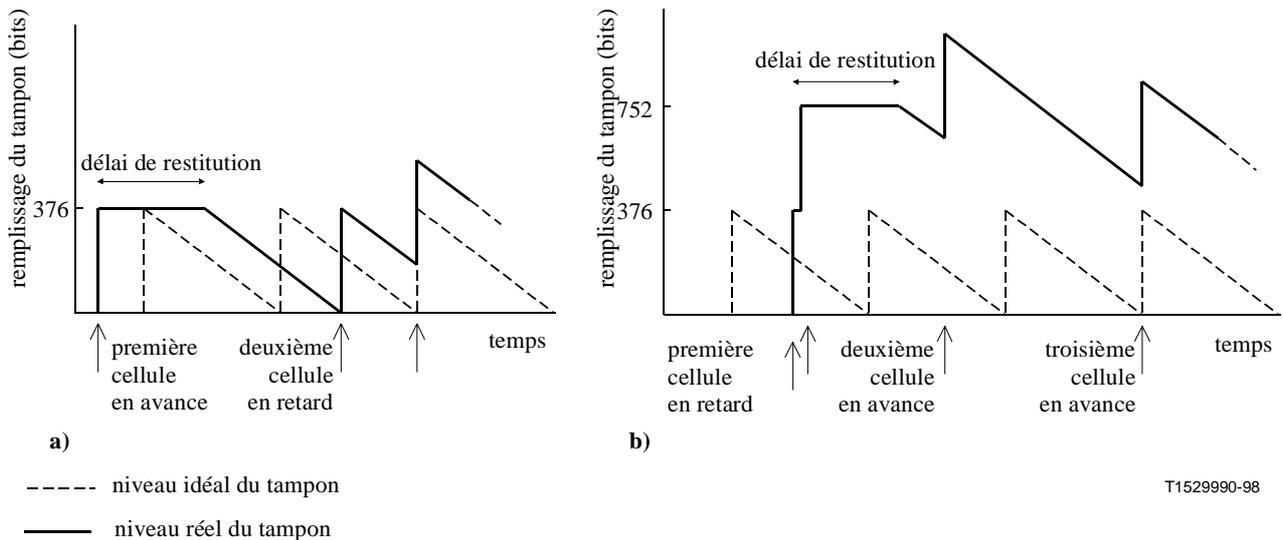


Figure I.2/I.741 – Arrivée de cellules ATM avec variation CDV

Le niveau de remplissage du tampon dépassera la valeur résultant de la variation CDV lorsque l'horloge du récepteur nécessite un certain temps pour se verrouiller sur l'émetteur ou lorsque l'horloge du récepteur varie en fonction du temps. La durée nécessaire au verrouillage et l'écart des fréquences d'horloge au cours du temps doivent être prises en compte lorsqu'on spécifie le délai nécessaire avant la restitution initiale et la taille totale du tampon. Le temps passé dans le tampon peut être considéré comme servant à l'élimination d'un délai variable en le remplaçant par un délai total fixe. Le délai total fixe dans le réseau ATM devient alors égal au délai de propagation fixe résultant de la transmission, augmenté de la valeur de la variation CDV de crête à crête.

La cause principale de la variation du temps de propagation des cellules au sein d'un réseau ATM est, parmi beaucoup d'autres, la concurrence pour l'accès aux ports de sortie. Si l'on considère des flux de trafic indépendants sur chaque port d'entrée (et un commutateur conçu sans blocage avec un tampon au niveau du port de sortie), les cellules qui arrivent au commutateur avec un débit constant subiront des temps d'attente variables dans le tampon de sortie en fonction du nombre de cellules qui sont en concurrence à un instant donné pour un même port de sortie. La régularité du flux de trafic entrant est alors perturbée et les cellules arrivent à leur destination à des intervalles irréguliers. D'autres phénomènes pouvant contribuer à la variation CDV sont, d'une part, le fait que la gigue du temps d'attente résultant de la durée d'arrivée entre cellules (qui est déterminée par l'horloge du service émetteur) ne correspond pas exactement à l'intervalle entre les cellules disponibles sur la ligne de transmission physique, et d'autre part, les variations de délai provenant de la structure de commutation d'un commutateur ATM.

La variation du temps de propagation des cellules de crête à crête est le paramètre principal qui détermine le dimensionnement du tampon au niveau du récepteur et le délai initial de restitution. Toutefois, lorsqu'un procédé de synchronisation par rétablissement d'horloge adaptatif est utilisé, la dépendance de la variation du temps de propagation des cellules par rapport au temps peut affecter la qualité de l'horloge rétablie, ce qui conduit à des valeurs plus élevées pour la taille du tampon de restitution (ou à des pertes de cellule si le tampon est trop exigu) ainsi que pour la gigue et le dérapage du flux binaire en sortie.

Un grand nombre d'articles publiés traitent de la modélisation des caractéristiques de la variation du temps de propagation des cellules pour divers modèles de référence de réseau, diverses charges du réseau et diverses caractéristiques de trafic. Beaucoup d'entre eux utilisent comme base d'évaluation du réseau des modèles analytiques de file d'attente tels que les modèles $N^*D/D/1$ ou $M/D/1$ pour un commutateur unique; d'autres utilisent des techniques de simulation numérique et d'autres encore

réalisent des essais de charge sur des prototypes de commutateur ATM avec du trafic réel pour tenter de déterminer les caractéristiques de la variation CDV telle qu'elle est susceptible de se présenter dans un réseau réel. Aucune de ces techniques n'est en mesure de prédire avec exactitude les performances pouvant être attendues dans des réseaux réels parce que les caractéristiques du réseau seront influencées de manière forte et dynamique par les stratégies de gestion du trafic de l'opérateur réseau. Une telle stratégie peut, par exemple, fixer les charges de trafic autorisées par le contrôle d'admission de connexion (CAC, *connection admission control*), la partition des services, les fonctions de mise en forme du trafic et les algorithmes de gestion de tampon en fonction du service pouvant être activés pour différents services et différentes qualités de service. La variation du temps de propagation des cellules subie sera nulle ou faible pour des réseaux dont les ports de sortie du commutateur ont des charges faibles, alors que d'importantes variations du temps de propagation des cellules sont possibles pour des réseaux écoulant du trafic à débit constant qui entre en compétition avec des charges de commutateurs fortes et irrégulières. La variation du temps de propagation des cellules de crête à crête subie par le service et les caractéristiques variables en fonction du temps seront très différentes dans chaque cas spécifique. Tout opérateur de réseau a donc l'obligation de garantir que sa stratégie de gestion du trafic et ses études de simulation évoluent vers une conception de réseau qui est en mesure de répondre aux prescriptions de chaque service spécifique qu'il offre sur son réseau ATM.

Le modèle de file d'attente M/D/1 qui fait l'hypothèse d'arrivées selon une loi de Poisson et d'un temps de service constant est souvent considéré comme un modèle analytique adéquat pour la prédiction dans le cas le plus défavorable.

La formule suivante donne un exemple de distribution des temps d'attente dans le cas d'une file d'attente M/D/1:

$$Q(x) = \sum_{n>x} \frac{(\rho(n-x))^n}{n!} e^{-\rho(n-x)} (1-\rho)$$

pour une charge du commutateur $\rho = 0,9$ (soit 90%), la variation du temps de propagation des cellules de crête à crête (définie ici comme égale au quantile à 10^{-3} à des fins de comparaison avec la Figure I.2 a) ci-dessus qui porte sur environ 1000 échantillons) on aboutit au résultat $x = 34$ durées de cellule. Ceci équivaut, dans le cas d'un port de sortie STM-1, à une variation du temps de propagation des cellules de crête à crête égale à $96 \mu\text{s}$.

De tels résultats pessimistes peuvent être utilisés pour l'élaboration de stratégies de gestion de tampon robustes. Ces techniques analytiques ne donnent toutefois que peu d'informations sur la dépendance de la variation CDV qui peut être attendue en fonction du temps, parce que le modèle implique par défaut un spectre de fréquence "blanc" pour une charge stationnaire. Les techniques de simulation numérique et les mesures "réelles" fournissent de ce fait le meilleur moyen de compréhension des caractéristiques de fréquence de la variation CDV. Les Figures I.3 a) et I.3 b) ci-dessous présentent les caractéristiques du temps de propagation des cellules et la densité spectrale de puissance de la variation CDV résultant de la simulation d'une connexion au débit CBR de 2 Mbit/s multiplexée avec 15 autres sources de trafic suivant une loi de Bernoulli créant une charge totale fixe de 90% sur le tampon de sortie.

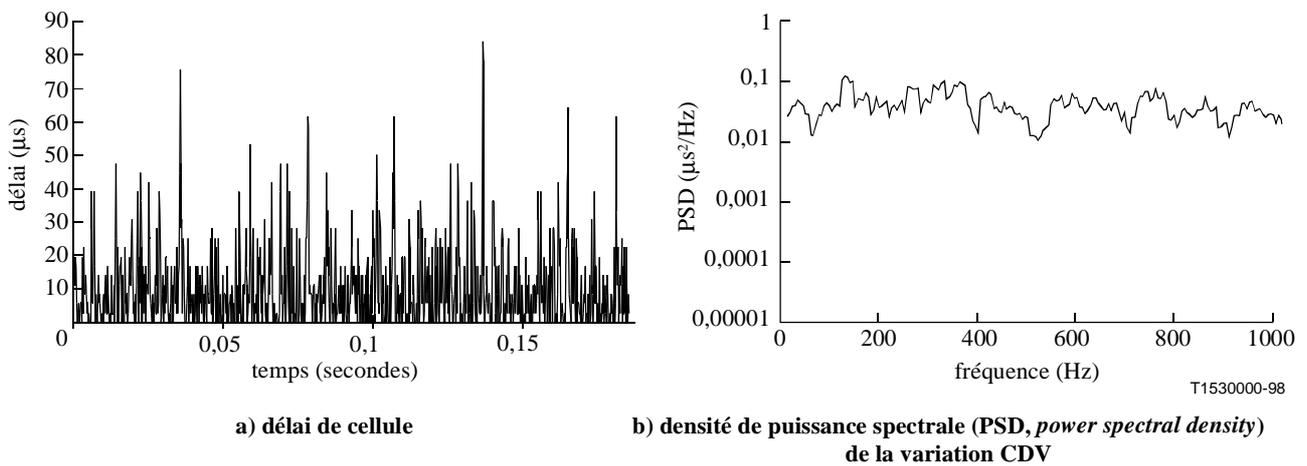


Figure I.3/I.741

Les résultats limités du modèle numérique simple confirment les résultats du modèle analytique en prédisant une répartition essentiellement "blanche" pour la densité spectrale de puissance. De tels modèles simplifiés doivent toutefois être traités avec précaution. Ce genre de modèle évalue en général les effets d'une charge stationnaire sur le tampon de sortie. Tout changement lent de la charge du réseau en cours de journée peut entraîner des raies spectrales de forte intensité aux basses fréquences. Tout changement par palier de la charge du réseau, toute concurrence de flux CBR avec des flux dont le débit varie en rafales ou tout flux CBR avec des débits dissemblables, ou les effets de la gigue du temps d'attente peuvent également introduire des caractéristiques spectrales fortes aux basses et hautes fréquences. L'exemple donné dans les Figures I.4 a) et I.4 b) indique l'effet sur la densité spectrale de puissance d'un saut de la charge du réseau pour un palier de 70% à 90%. On constate que les composantes à basse fréquence sont prédominantes dans ce cas.

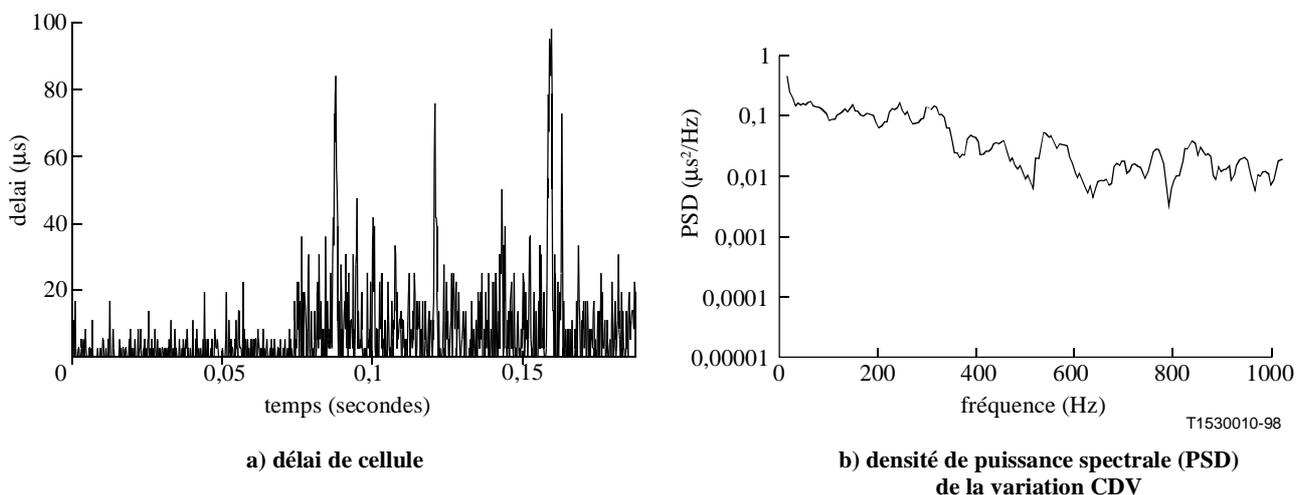


Figure I.4/I.741

Il est donc important de comprendre non seulement les effets du niveau de cellule pour une charge stationnaire, mais également les effets des statistiques de charge du réseau. De tels effets peuvent restreindre l'utilisation de techniques de rétablissement adaptatif d'horloge à des services CBR sélectionnés pour lesquels des niveaux plus importants de gigue et de dérapage sont tolérables.

I.3 Élimination ou réduction des effets de la variation CDV sur le processus de synchronisation

Il existe trois solutions pour éliminer au niveau de la couche ATM les effets de la variation CDV sur des connexions à débit constant, à savoir: a) fonctionnement en synchronisme total avec le réseau utilisant une horloge du service extraite à partir de l'horloge réseau, b) utilisation de l'horodatage résiduel synchrone (SRTS), c) rétablissement adaptatif d'horloge.

En outre, lorsque le réseau n'est responsable que du transport de cellules ATM et non de la livraison à l'utilisateur d'un flux à débit constant, la couche Application réceptrice de niveau supérieur peut avoir une responsabilité supplémentaire d'extraction d'une horloge du service.

Ces trois solutions sont traitées plus en détail ci-dessous.

I.3.1 Fonctionnement en synchronisme avec le réseau

Les effets de la variation CDV peuvent être totalement éliminés en forçant une station d'extrémité à fonctionner en synchronisme total avec le réseau. Comme indiqué dans la Figure I.5, l'horloge du service est extraite directement à partir de l'horloge réseau. Comme une horloge réseau est présente au niveau des stations d'extrémités émettrices et réceptrices, le flux du service peut simplement être transmis depuis le tampon de restitution à la cadence de l'horloge d'une manière totalement indépendante de la variation du temps de propagation des cellules introduite par le réseau ATM. Un tampon de restitution de taille correcte et un délai initial de restitution restent nécessaires pour garantir que la variation CDV ne provoque pas de perte de cellule ou ne nécessite pas d'insertion de bits de bourrage. Dans le cas d'une défaillance de l'horloge réseau, la mémoire tampon devra également utiliser un algorithme de glissement de tampon par rapport à l'horloge de réception placée en mode d'attente, ou le récepteur devra revenir à un algorithme d'horloge adaptatif.

L'horloge réseau est distribuée par la synchronisation de la couche Physique qui connecte les éléments du réseau ATM. Ces éléments réseau peuvent également être synchronisés par le biais d'une interface de synchronisation physique externe ou comme esclave d'un autre élément réseau ATM par le biais de la connexion de couche Physique.

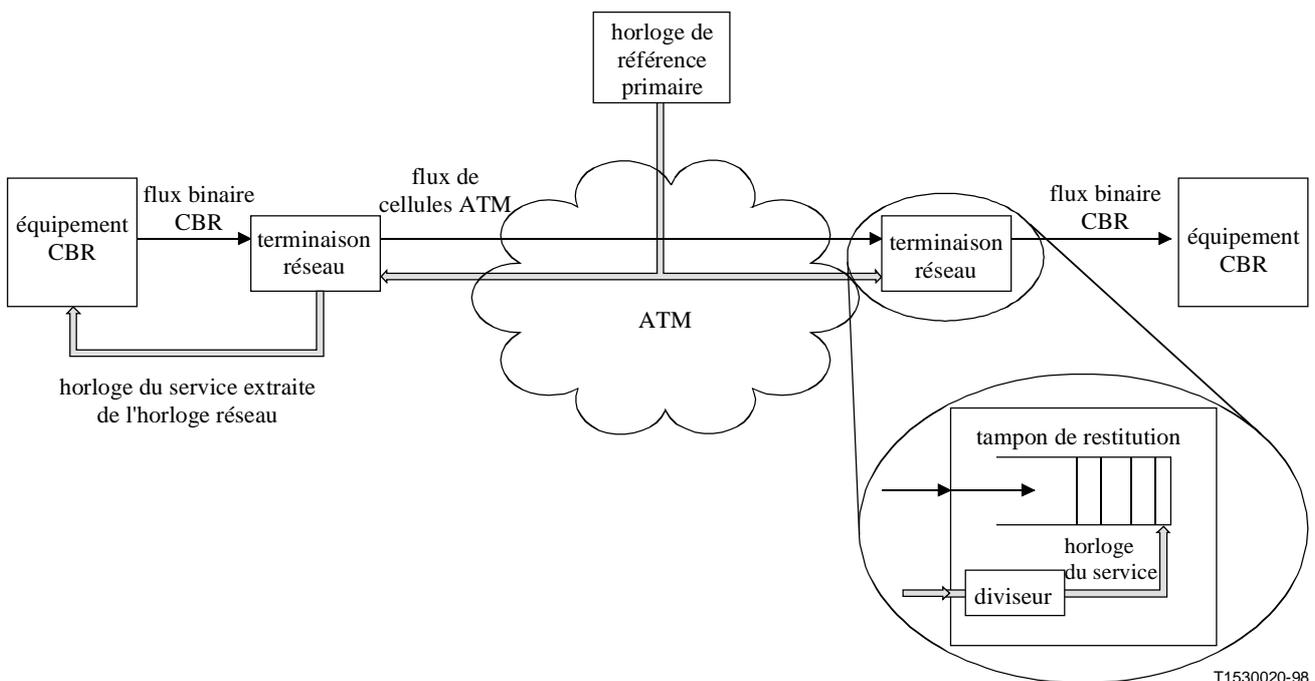


Figure I.5/I.741 – Fonctionnement en synchronisme avec le réseau

I.3.2 Horodatage résiduel synchrone

L'option de synchronisme avec le réseau décrite ci-dessus présente l'inconvénient que toutes les stations d'extrémité ne souhaitent pas nécessairement se synchroniser avec l'horloge réseau. Une option possible dans ce cas consiste à transporter à travers le réseau ATM des informations concernant l'horloge de la source afin d'éliminer le risque de vidage ou de débordement du tampon de restitution. Le procédé utilisé à cet effet, appelé "horodatage résiduel synchrone" (SRTS), est étroitement lié au protocole de la couche d'adaptation ATM de type 1. Le réseau doit distribuer une horloge de réseau de bonne qualité au niveau de l'interface réseau pour que l'horodatage SRTS puisse fonctionner avec précision.

Les Figures I.6 a) et I.6 b) présentent l'implémentation générale de l'horodatage SRTS.

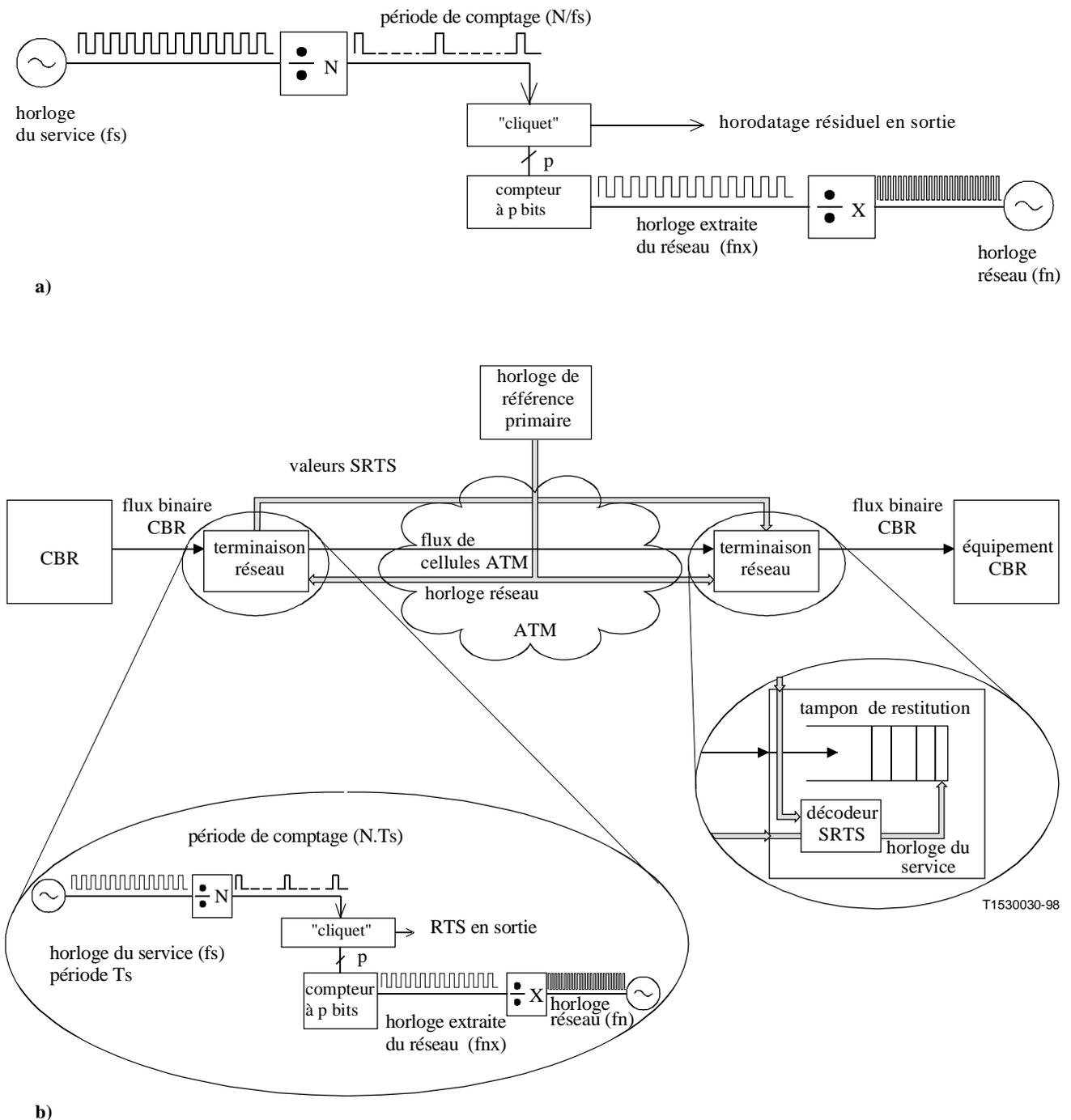


Figure I.6/I.741 – Implémentation d'horodatage résiduel synchrone

L'horodatage SRTS utilise un compteur à p bits pour compter le nombre de cycles de l'horloge extraite du réseau (f_n/X) qui apparaissent pendant N cycles de l'horloge du service; cette valeur d'horodatage SRTS à p bits est transmise à travers le réseau vers le point de terminaison du réseau récepteur. L'horloge locale du service au niveau du terminal récepteur peut être réglée par rapport à l'horloge réseau de référence pour garantir que le même nombre de cycles d'horloge extraite du réseau sont comptés pendant les mêmes N cycles de l'horloge locale du service, ce qui verrouille cette dernière sur l'horloge du service de l'émetteur au moyen des horodatages résiduels reçus et de l'horloge réseau de référence.

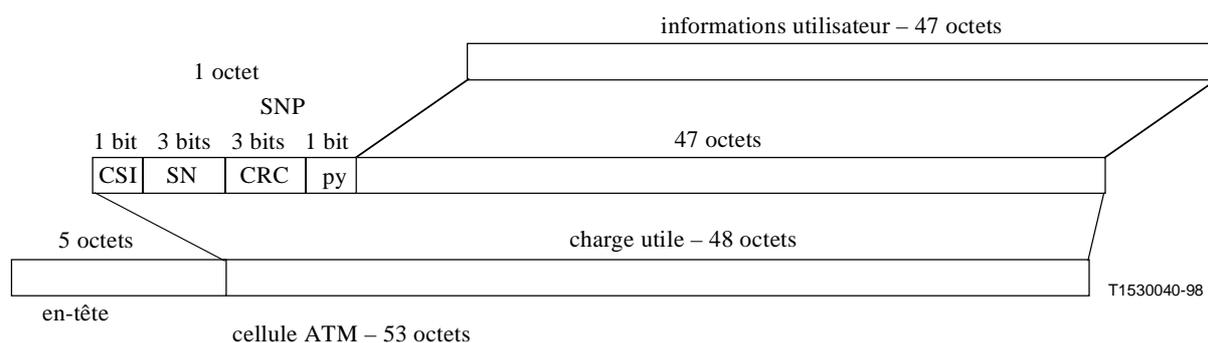
La valeur de N = 3008 et un horodatage SRTS avec un nombre de bits p = 4 ont fait l'objet d'un accord et ont été spécifiés dans la Recommandation I.363.1 pour les hiérarchies CBR à 1,544 Mbit/s et 2,048 Mbit/s définies par la Recommandation G.702.

L'horloge extraite du réseau f_{nx} est spécifiée uniquement en supposant l'existence d'une horloge à 8 kHz extraite du débit de trame du réseau et en limitant les valeurs de f_{nx} de la manière suivante:

$$f_{nx} = 8 \text{ kHz} \times 19\,440 / 2^k \text{ avec } k = 0, 1, 2, \dots, 11$$

$$1 \leq f_{nx} / (fs) < 2$$

La valeur de l'horodatage SRTS à 4 bits est transportée à travers le réseau sous la forme de bits d'indication de sous-couche de convergence (CSI) qui sont distribués à l'alternat dans 8 cellules ATM consécutives par le biais de la couche d'adaptation ATM de type 1 (Figure I.7).



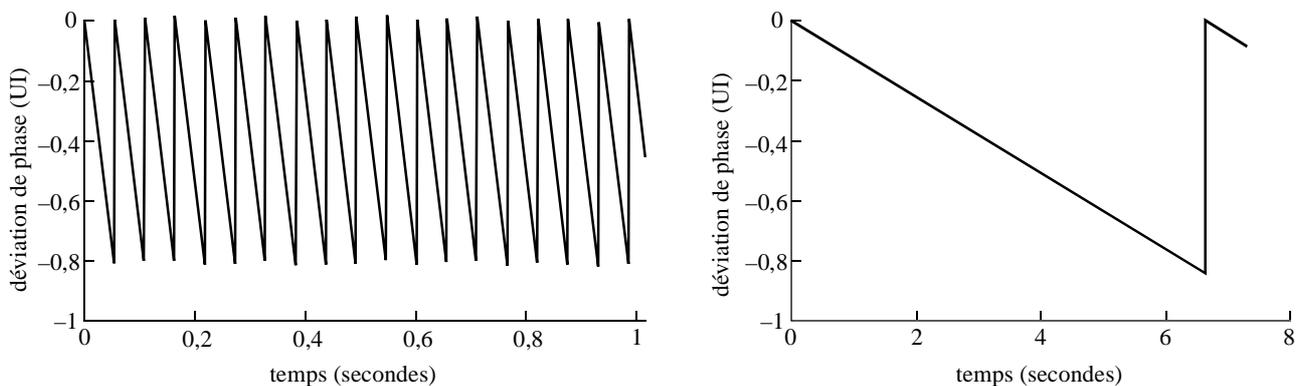
- CSI indication de sous-couche de convergence
- SN numéro de séquence
- CRC contrôle de redondance cyclique
- Py bit de parité paire
- SNP protection de numéro de séquence

Figure I.7/I.741 – Couche AAL de type 1 – Format de données non structurées

La valeur de N = 3008 qui a été choisie correspond au nombre de bits d'information utilisateur de couche AAL de type 1 pour 8 cellules ATM.

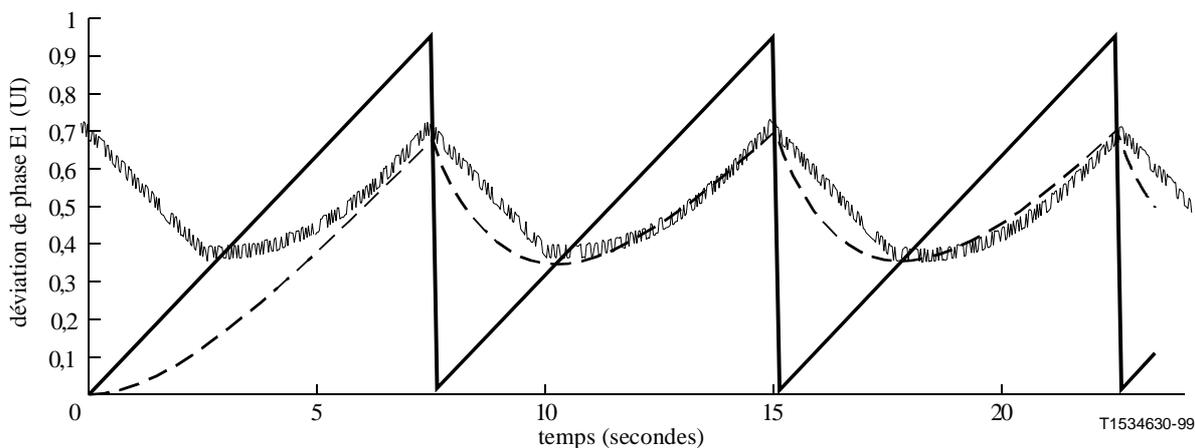
Etant donné que la fréquence nominale de l'horloge du service est connue de l'émetteur et du récepteur, il n'est pas nécessaire de transmettre un comptage total pour l'horloge extraite du réseau, d'où l'utilisation de 4 bits seulement constituant un comptage résiduel ou un déplacement. Ce comptage résiduel donne une indication du déplacement par rapport à la fréquence nominale de l'horloge. L'utilisation de 4 bits permet un déplacement de $\pm 200\%$ par rapport à la fréquence nominale de l'horloge.

La quantification introduite par l'horodatage résiduel conduira à de légères perturbations de l'horloge au niveau du récepteur. Les effets de la quantification peuvent être concrétisés en examinant les détails de l'implémentation pour un service donné, tel que le service CBR à 2,048 Mbit/s. La fréquence de l'horloge extraite du réseau est spécifiée comme étant égale à 2,43 MHz dans ce cas particulier et avec les contraintes indiquées ci-dessus. Le nombre de cycles de l'horloge extraite du réseau observés durant 3008 cycles d'horloge du service est additionné modulo 16 dans un compteur à 4 bits. Le comptage total exact est de 3569,0268 cycles de l'horloge extraite du réseau pour un décalage de fréquence de 10%. L'horodatage résiduel à 4 bits arrondit cette valeur à 3569 et le comptage résiduel modulo 16 fournit un comptage égal à 0001 binaire. Comme la fréquence nominale du service est connue, le comptage tronqué de l'horloge extraite du réseau égal à 3569 peut être recréé au niveau de l'extrémité distante lorsque la valeur 0001 binaire de l'horodatage résiduel est reçue. La fréquence de l'horloge du service recréée à partir de cette valeur tronquée est donnée par la formule $2,43 \text{ MHz} \cdot (3008/3569) = f_s = 2,048 \text{ MHz} + 17,5\%$, soit une erreur de 7,5% provenant de la quantification effectuée par l'horodatage résiduel. L'erreur statique sur la fréquence et le décalage de phase croissant qui en résultent se poursuivent jusqu'à ce que les comptages partiels de 0,0268 cycles cumulés pour chaque période d'horodatage (pendant $1/0,0268 = 37$ périodes d'horodatage) deviennent supérieurs à 1; dans l'hypothèse d'un comptage d'horloge égal 3570 et d'une valeur de fréquence d'horloge implicite pour cet horodatage égale à $f_s = 2,048 \text{ MHz} - 262,6\%$, ceci conduit à une erreur de $-272,6\%$ par rapport à l'horloge du service émetteur. Toutefois, l'erreur de l'information moyenne de fréquence qui est fournie sur une durée à long terme de 37 périodes d'horodatage est égale à $(37 \cdot 17,5\%) - 262,6\%$, soit $+10,128\%$, ce qui se rapproche de la valeur effective de fréquence du service. Il en résulte que la moyenne à long terme des valeurs de l'horodatage résiduel permet de déterminer et de suivre la valeur effective de la fréquence sous-jacente du service. L'effet global est indiqué de la façon la plus claire en visualisant le décalage de phase en fonction du temps entre l'horloge du service reçu déterminée implicitement par l'horodatage résiduel et la valeur effective de l'horloge d'émission. La Figure I.8 a) représente ce décalage pour l'exemple en question. Les transitions de phase qui apparaissent dans ce cas particulier sont suffisamment fréquentes pour qu'il soit nécessaire de les réduire en introduisant une constante de temps suffisamment longue dans la boucle de verrouillage de phase assurant l'extraction de l'horloge pour le service récepteur.



a) Transitions de phase pour l'horodatage résiduel +10% de décalage de l'horloge d'émission

b) Transitions de phase pour l'horodatage résiduel +17,45% de décalage de l'horloge d'émission



— valeurs transitoires simulées pour la phase de l'horodatage SRTS – non filtrées
 - - - valeurs transitoires simulées pour la phase de l'horodatage SRTS – filtrées
 ——— valeurs transitoires mesurées pour la phase de l'horodatage SRTS

c) Valeurs transitoires de la phase de l'horodatage SRTS

Figure I.8/I.741 – Valeurs transitoires de la phase de l'horodatage RTS et SRTS

Les transitions de phase deviennent suffisamment rares pour certaines valeurs de la fréquence de service, en particulier lorsque le comptage extrait du réseau est voisin d'un nombre entier, de sorte qu'il devient plus difficile de les éliminer par filtrage, comme indiqué dans les Figures I.8 b) et I.8 c). Il convient de noter que la Figure I.8 c) représente une simulation et une comparaison de mesures faites sur une unité de service de données (DSU, *data service unit*) du commerce avec une interface UNI ATM E3 et une interface d'émulation de circuit E1. Cette unité DSU utilise une implémentation précoce de l'horodatage conformément à la Recommandation I.363.

La fréquence de l'horloge de référence extraite du réseau n'était pas définie dans les précédentes versions de la Recommandation I.363 et cette unité semble utiliser une horloge de référence extraite du réseau avec une fréquence égale à $34,368 \text{ MHz}/16 = 2,148 \text{ MHz}$ qui n'est plus normalisée à l'heure actuelle. Ceci entraîne une déviation maximale de phase possible légèrement plus forte, égale à 0,9 UI, qui apparaît dans les résultats de la simulation et des mesures. L'utilisation d'une fréquence de 2,148 MHz – au lieu de la valeur de 2,43 MHz définie récemment pour l'horloge de référence extraite du réseau – rend incompatibles les premières implémentations de l'horodatage SRTS I.363 avec les implémentations plus récentes.

L'excursion maximale de phase reste comprise dans les limites spécifiées par la Recommandation G.823 pour le dérapage et la gigue sur des interfaces en hiérarchie PDH, même dans le cas d'une transition de phase isolée. Il en résulte que, si une horloge de bonne qualité est livrée au niveau des interfaces réseau, les procédés d'horodatage SRTS sont en mesure de fournir un procédé de synchronisation avec un tiers à travers le réseau ATM en respectant les contraintes de gigue et de dérapage prescrites par la Recommandation G.823. De telles imperfections et l'effet cumulatif des imperfections de l'horloge réseau et de l'horloge du service peuvent toutefois faire que l'horodatage devienne impropre pour le transport de signaux nécessitant la qualité d'une horloge d'équipement; ce point appelle une étude ultérieure. Une étude complémentaire est également nécessaire pour déterminer le niveau effectif de qualité nécessaire pour l'horloge réseau au niveau d'un nœud ATM qui est responsable de la fourniture de la synchronisation adaptative pour une émulation de circuit.

I.3.3 Rétablissement d'horloge adaptatif

Il peut être impossible, lorsque les cellules ATM passent à travers un certain nombre de réseaux ATM différents, de fournir une horloge réseau commune aux stations émettrices et réceptrices. Par ailleurs certains services ne nécessitent peut-être pas une qualité d'horloge telle que celle fournie par les procédés de synchronisation avec le réseau ou d'horodatage SRTS. Il est possible, dans de tels cas, que l'unique possibilité ou la solution la plus rentable consiste à utiliser une technique de rétablissement d'horloge adaptatif.

Le procédé de rétablissement d'horloge adaptatif est décrit dans les Figures I.9 et I.10 qui servent d'introduction pour l'exposé de base.

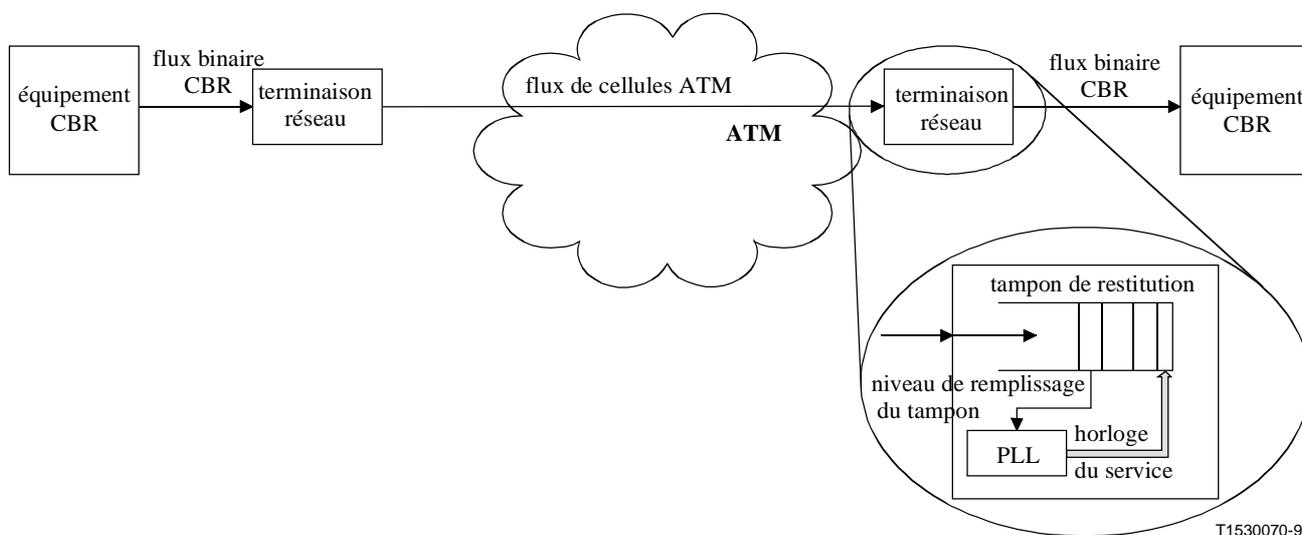


Figure I.9/I.741 – Rétablissement d'horloge adaptatif

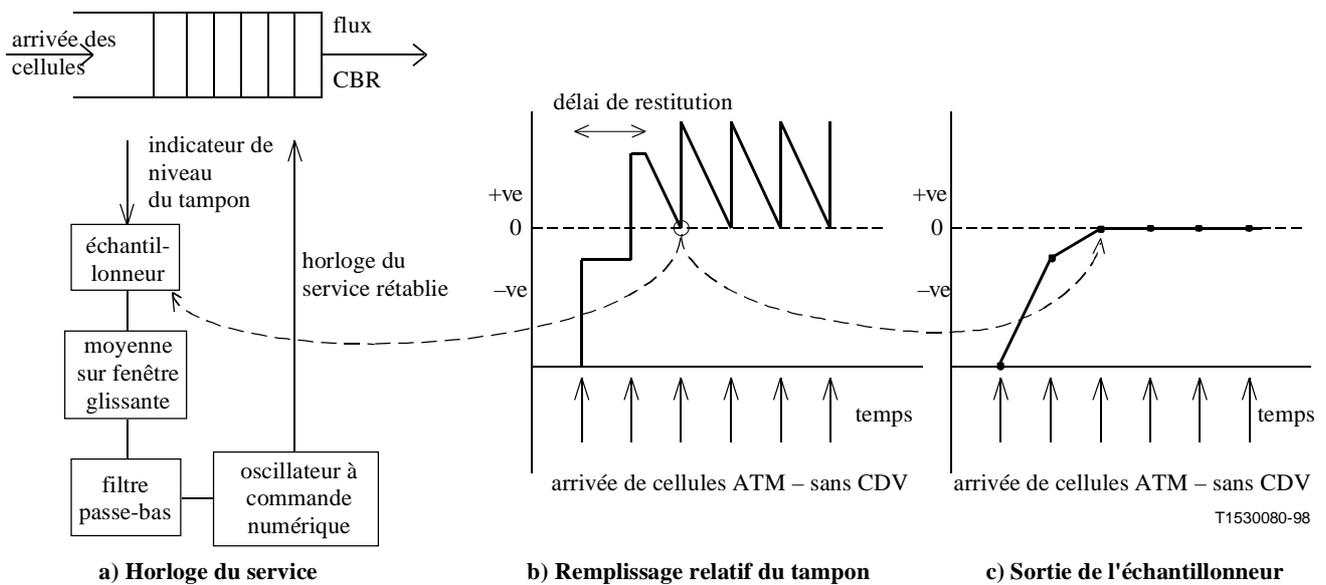


Figure I.10/I.741

Le rétablissement d'horloge adaptatif utilise en général le fait que, quelle que soit l'ampleur de la variation du temps de propagation existant au sein du réseau, le temps moyen entre arrivées du flux de cellules au débit CBR reste constant. Tout mécanisme de rétablissement d'horloge adaptatif a pour fonction d'extraire cette moyenne à long terme des temps entre arrivées, en la séparant du "bruit" produit par la variation CDV et par les pertes de cellule, puis d'utiliser cette valeur comme base pour l'extraction d'une horloge du service en réception.

Le tampon de données se comporte comme un comparateur de phase entre le flux de cellules entrant et le flux de cellules sortant, le niveau de remplissage du tampon plein constituant l'information de sortie de la comparaison de phase. Le remplissage du tampon varie "en dents de scie" même en l'absence de variation CDV du fait que, lors de l'arrivée d'une cellule, les bits du service sont livrés "en bloc" par la charge utile ATM comme indiqué dans la Figure I.10 b).

Si cette forme d'onde est échantillonnée avec un taux correspondant au débit d'arrivée des cellules, s'il n'existe ni variation CDV ni gigue du temps d'attente et si les horloges d'émission et de réception sont verrouillées l'une sur l'autre, les valeurs des échantillons seront constantes comme indiqué dans la Figure I.10 c).

Si l'horloge du récepteur est trop lente par rapport à celle de l'émetteur, le niveau moyen du tampon augmentera avec le temps et la valeur des échantillons augmentera comme indiqué dans la Figure I.11.

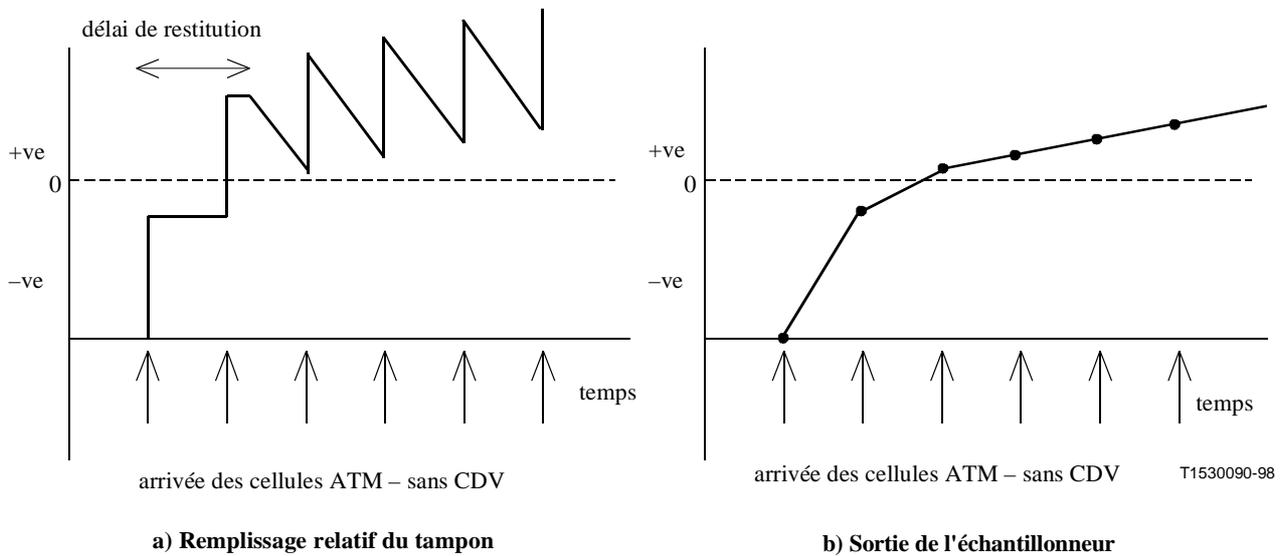


Figure I.11/I.741

Une fois que cette tendance a été détectée, elle peut être utilisée pour augmenter la fréquence de l'horloge de réception afin de ramener le niveau du tampon à une valeur nominale, ce qui assure le verrouillage de l'horloge de réception sur celle de l'émetteur. La présence de la variation CDV peut malheureusement masquer la tendance sous-jacente, comme indiqué dans la Figure I.12 ci-dessous:

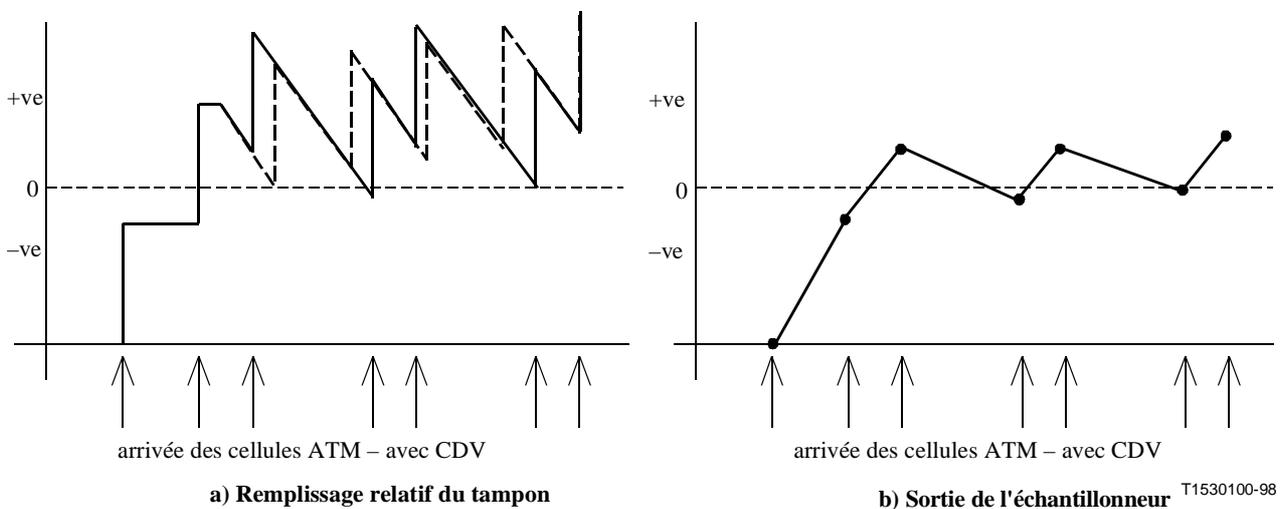


Figure I.12/I.741

Il en résulte que les valeurs d'échantillonnage du niveau du tampon ne peuvent pas être utilisées directement, mais qu'elles doivent être filtrées de sorte que l'horloge rétablie ne réagisse que s'il existe une discordance entre les horloges de l'émetteur et du récepteur. Une telle discordance a en général pour effet un accroissement continu ou une diminution continue du niveau moyen de remplissage du tampon pendant la durée de calcul de la moyenne. L'algorithme de rétablissement adaptatif ignorera les fluctuations relatives plus rapides autour de la moyenne, qui proviennent de la variation CDV.

Le processus de rétablissement d'horloge adaptatif se comporte donc comme un filtre passe-bas, ce qui fait qu'une variation CDV à basse fréquence, telle qu'elle peut se produire en raison d'un changement cyclique lent ou discontinu dans la charge du réseau, sera interprétée de manière incorrecte comme une discordance de fréquence, comme indiqué dans la Figure I.13. En présence d'une variation CDV à basse fréquence, le niveau du tampon augmentera ou diminuera pendant la période de prise de la moyenne d'une manière très comparable au comportement entre l'émetteur et le récepteur en cas de discordance. Le circuit de rétablissement adaptatif répondra de manière erronée à la variation CDV de basse fréquence, ce qui produira des variations à basse fréquence de la phase de l'horloge rétablie, en accord avec la variation CDV.

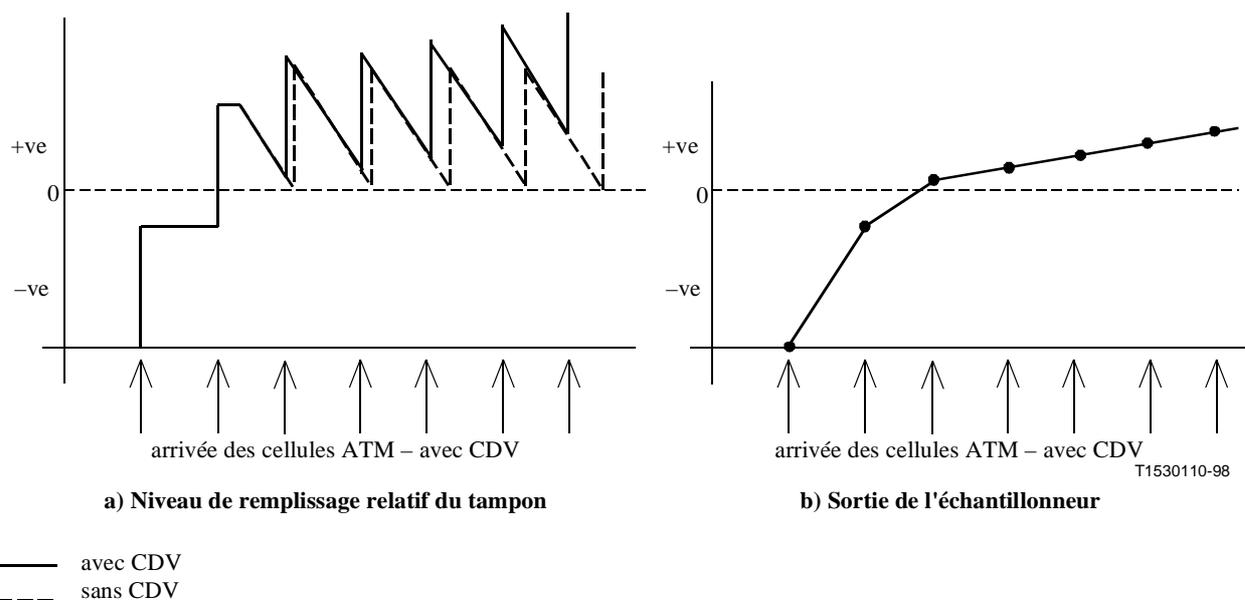
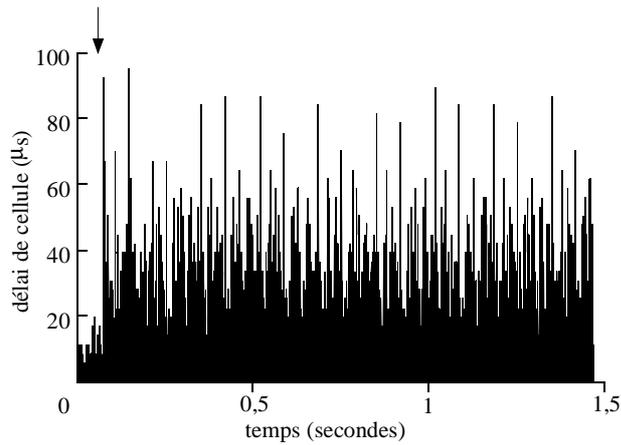


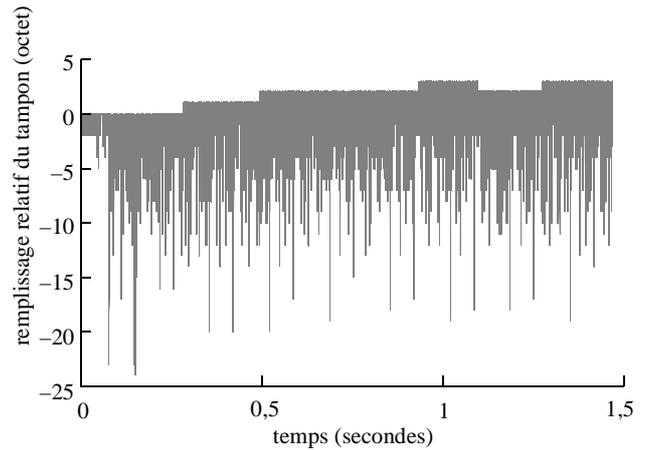
Figure I.13/I.741

Les Figures I.14 a) à I.15 c) présentent une simulation du processus de rétablissement d'horloge adaptatif à 2,048 MHz correspondant aux caractéristiques de la variation de la Figure I.4 a) (reproduite sur une période de temps plus longue dans la Figure I.14 a).

accroissement de charge
de 70% à 90%



a) Délai de cellule (µs)



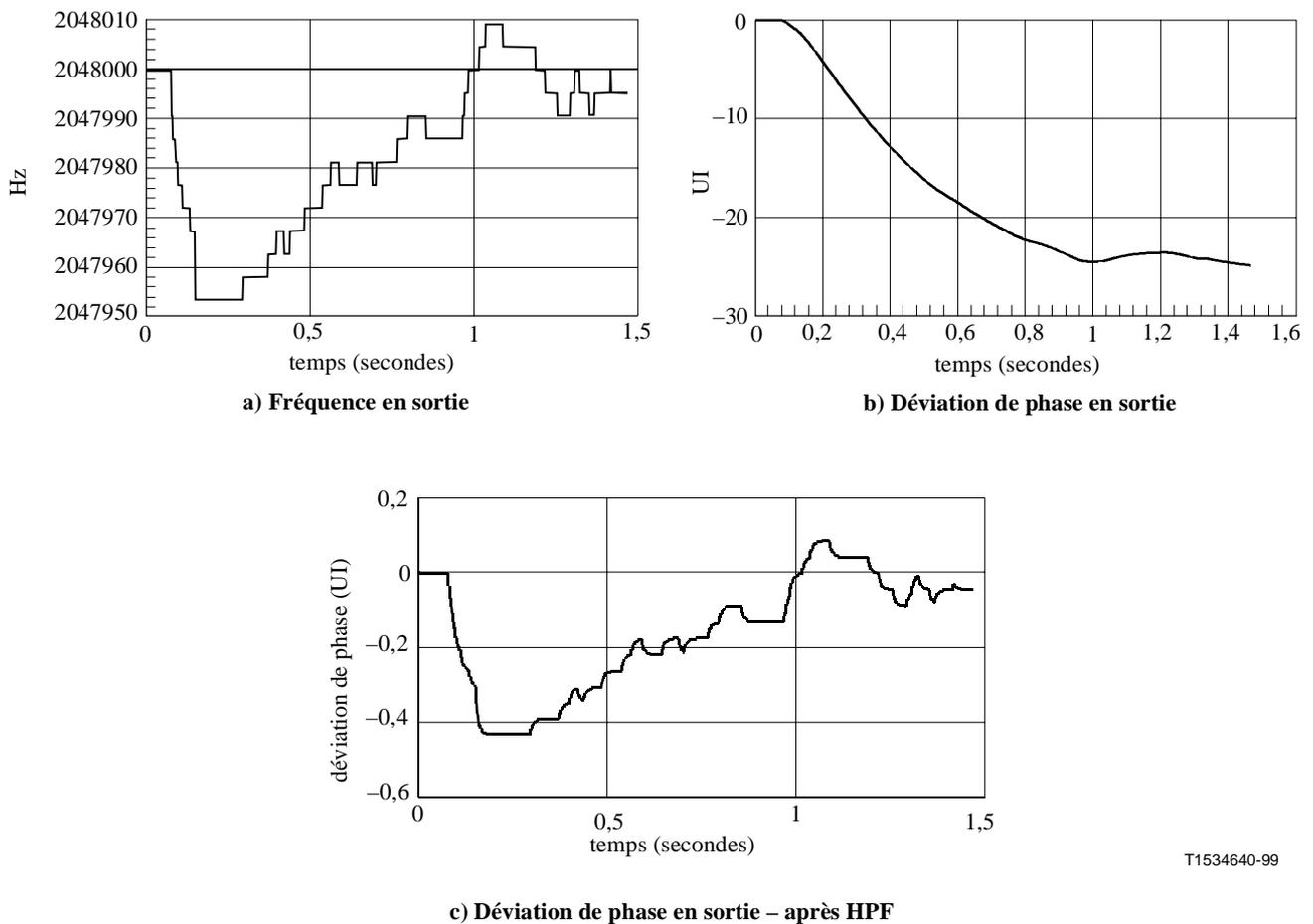
b) Remplissage relatif du tampon – point bas

T1530120-98

Figure I.14/I.741

Les retards dans les arrivées de cellules dans la Figure I.14 a) se traduisent par un remplissage faible du tampon dans la Figure I.14 b).

Les Figures I.15 a) à I.15 c) représentent respectivement l'excursion de la fréquence en sortie, l'excursion totale de phase en sortie (dérapage) et la gigue supérieure à 20 Hz.



T1534640-99

Figure I.15/I.741

On peut considérer que le mécanisme de rétablissement d'horloge adaptatif répond à un accroissement de l'amplitude quadratique moyenne du délai de cellule lorsque la charge du commutateur passe brusquement de 70% à 90%. L'accroissement de l'amplitude quadratique moyenne du délai provoque en général une diminution du niveau du tampon et la fréquence en sortie est diminuée momentanément de manière à ramener le niveau moyen du tampon à sa valeur normale. Le régime transitoire pour la fréquence provoque dans ce cas une gigue de crête à crête au-dessus de 20 Hz égale à 0,5 intervalle unité (UI, *unit interval*) [Figure I.15 c)] et une excursion totale de phase équivalente au transport de 24,4 UI soit 11,9 μ s [Figure I.15 b)]. Ces résultats sont valables pour un commutateur unique; dans le cas général les caractéristiques de charge de tous les commutateurs traversés par le flux de cellules CBR doivent être prises en compte par la simulation et les excursions de phase de crête à crête provoquées par les variations de la charge du réseau peuvent facilement dépasser les valeurs indiquées ici.

Le modèle de simulation numérique ci-dessus a traité du cas d'une horloge de sortie à 2 Mbit/s qui s'adapte à des modifications lentes de délai dans le réseau provoquées par des modifications de charge de ce dernier. Le modèle a indiqué que pour un saut de 70% à 90% de la charge d'un port de sortie STM-1, l'amplitude quadratique moyenne du délai dans le réseau s'accroît de 11,9 μ s et que la phase de l'horloge de sortie à 2 Mbit/s s'adaptera à cette augmentation de délai comme indiqué respectivement dans les Figures I.16 et I.17. (NOTE – La valeur de 11,9 μ s représente 24,4 intervalles unité (UI) ou périodes de bit à la fréquence de 2,048 Mbit/s.)

accroissement de charge
de 70% à 90%

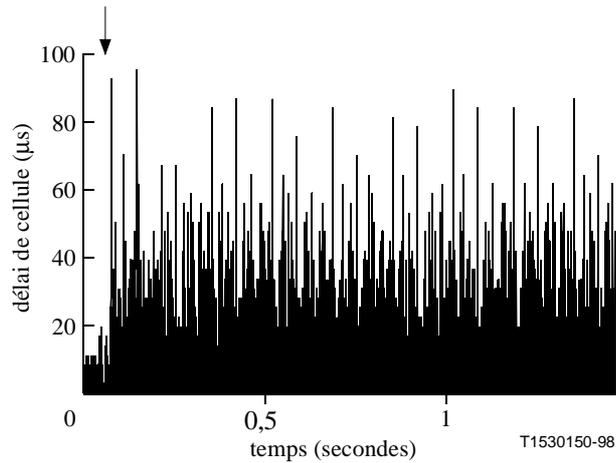


Figure I.16/I.741 – Délai de cellule

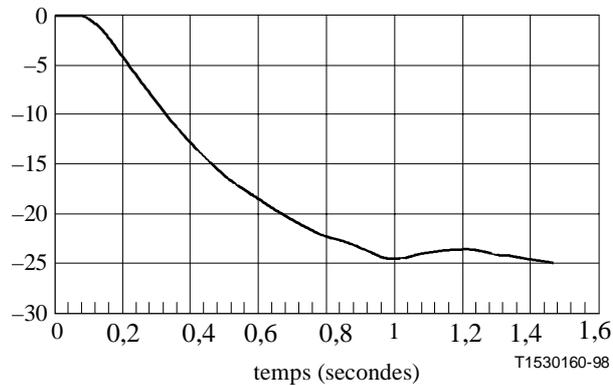


Figure I.17/I.741 – Déviation de phase en sortie

Le délai moyen dans le commutateur (plutôt que l'amplitude quadratique moyenne) pour une charge de 90% mis en évidence dans le modèle numérique de la Figure I.16 était égal à 10,1 μ s. Ce résultat est corroboré par la solution analytique pour une file d'attente M/D/1 qui fournit le délai moyen $\lambda(\rho)$ dans le cas le plus défavorable pour une charge ρ donnée:

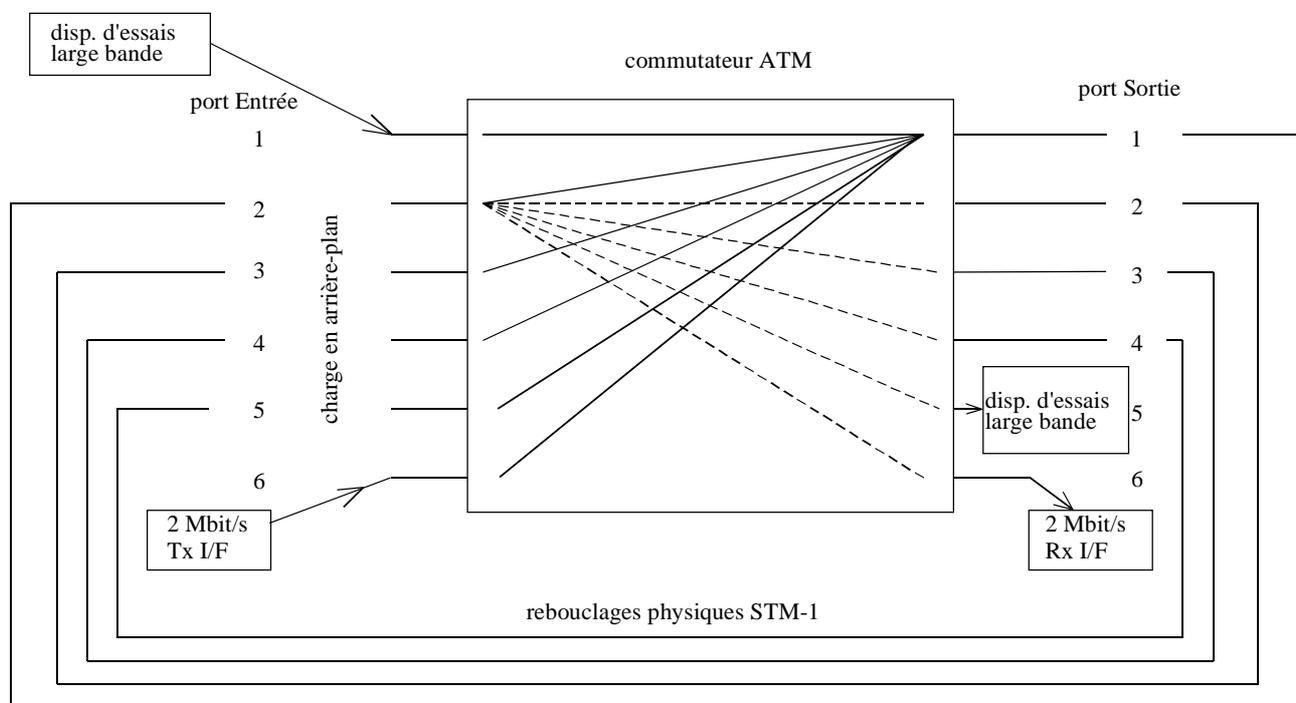
$$\lambda(\rho) = \frac{\rho}{2(1-\rho)} \quad (1)$$

Dans l'équation (1) l'accroissement du délai moyen attendu pour une charge de 90% = $\lambda(0,9)$ est égal à 4,5 cellules = $4,5 \times 2,83 \mu$ s pour un port de sortie STM-1, ce qui conduit à une valeur de $12,75 \mu$ s = 26 UI à une fréquence de 2,048 MHz.

Il était donc attendu que si un port de sortie du commutateur ATM pouvait être chargé artificiellement à un niveau de 90%, un régime d'alignement de phase comparable à la représentation donnée dans la Figure I.2 devrait se manifester sur la sortie du flux CBR à 2 Mbit/s du module de rétablissement d'horloge, provoquant un dérapage de la phase du signal de sortie à 2 Mbit/s en accord avec les variations à long terme de la charge (de fréquence inférieure à 1 Hz).

I.3.3.1 Configurations expérimentales

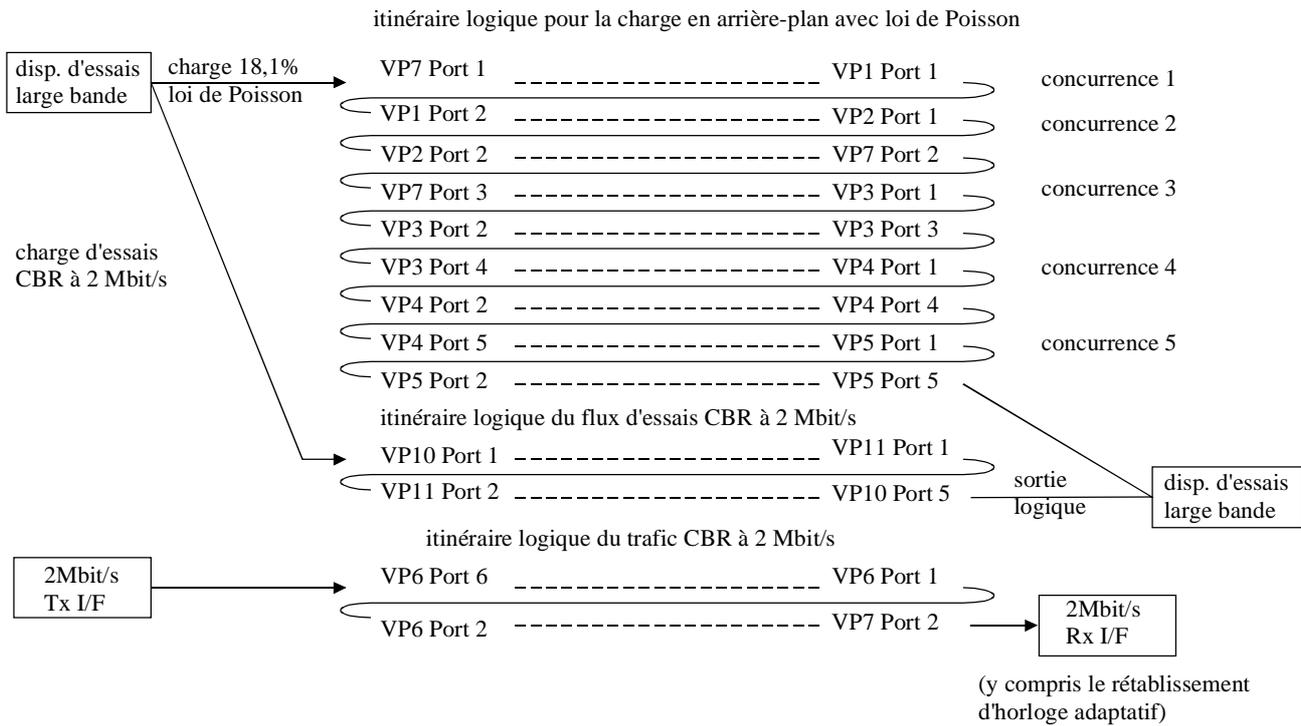
Une technique de "trombone" a été utilisée pour charger artificiellement un port de sortie du commutateur ATM; cette technique consiste à reboucler la charge de la source d'entrée à travers le commutateur en modifiant l'identité du conduit virtuel et en utilisant des câbles physiques volants, ce qui permet de créer au niveau du port de sortie concerné un trafic en concurrence comparable à une charge réelle. Bien qu'on estime que ce procédé de trombone fournisse des distributions du temps de propagation des cellules manquant de précision, il était prévu que pour une charge donnée induite par le trombone, l'accroissement de délai moyen obtenu serait en gros le même que pour un trafic réel en rafales. Les trombones ont été réalisés comme indiqué dans la Figure I.18.



T1530170-98

Figure I.18/I.741

La Figure I.19 présente la connectivité logique de conduit virtuel nécessaire pour obtenir la concurrence de charge.



T1530180-98

Figure I.19/I.741

La Figure I.19 indique que la charge en arrière-plan se constituait de deux composantes. La première était une charge en rafales selon une loi de Poisson, générée par un dispositif d'essais à large bande fournissant une charge moyenne totale de 18,1% sur son interface de sortie STM-1.

La charge est rebouclée en trombone à travers cinq ports de sortie différents, les ports 1 à 5, afin d'obtenir une charge totale en concurrence sur le port de sortie n°1 égale à $5 \times 18,1 = 90,5\%$. La deuxième composante de la charge en arrière-plan était un flux d'essai à 2 Mbit/s avec un débit CBR généré également par un dispositif d'essais à large bande en concurrence avec le trafic de Poisson. Le flux d'essais était utilisé pour mesurer la modification du délai moyen dans le commutateur lorsque la composante de trafic de Poisson était activée et désactivée, afin d'effectuer une comparaison avec le résultat prévu par l'équation (1) et le changement de phase mesuré pour l'horloge de réception à 2 Mbit/s.

Les deux flux de cellules à 2 Mbit/s issus du dispositif d'essais à large bande et l'interface de transmission à 2 Mbit/s constituent une charge additionnelle égale à $(2 \times 2 \times 10^6 / 155,52 \times 10^6) \times (2430/2340) = 2,7\%$ pour la section STM-1 et la charge sur l'itinéraire. Il en résulte une charge totale du commutateur égale à $90,5 + 2,7 = 93,2\%$ lorsque le trafic de Poisson est activé.

Le cas le plus défavorable attendu pour l'accroissement du délai $\lambda(\rho)$ pour $\rho = 0,932$ est donné par l'équation (1) qui fournit les résultats suivants:

= 6,85 durées de cellule STM-1
 = $6,85 \times 2,8 \mu s = 19,2 \mu s$
 = $19,2 \times 10^{-6} \times 2,048 \times 10^6 = 39,3$ intervalles unité

Il était donc attendu que le flux binaire à 2 Mbit/s reçu en provenance de l'interface de transmission subisse un décalage de phase de 39 UI lorsque la charge serait activée. La Figure I.20 représente le dispositif d'essais utilisé pour les mesures.

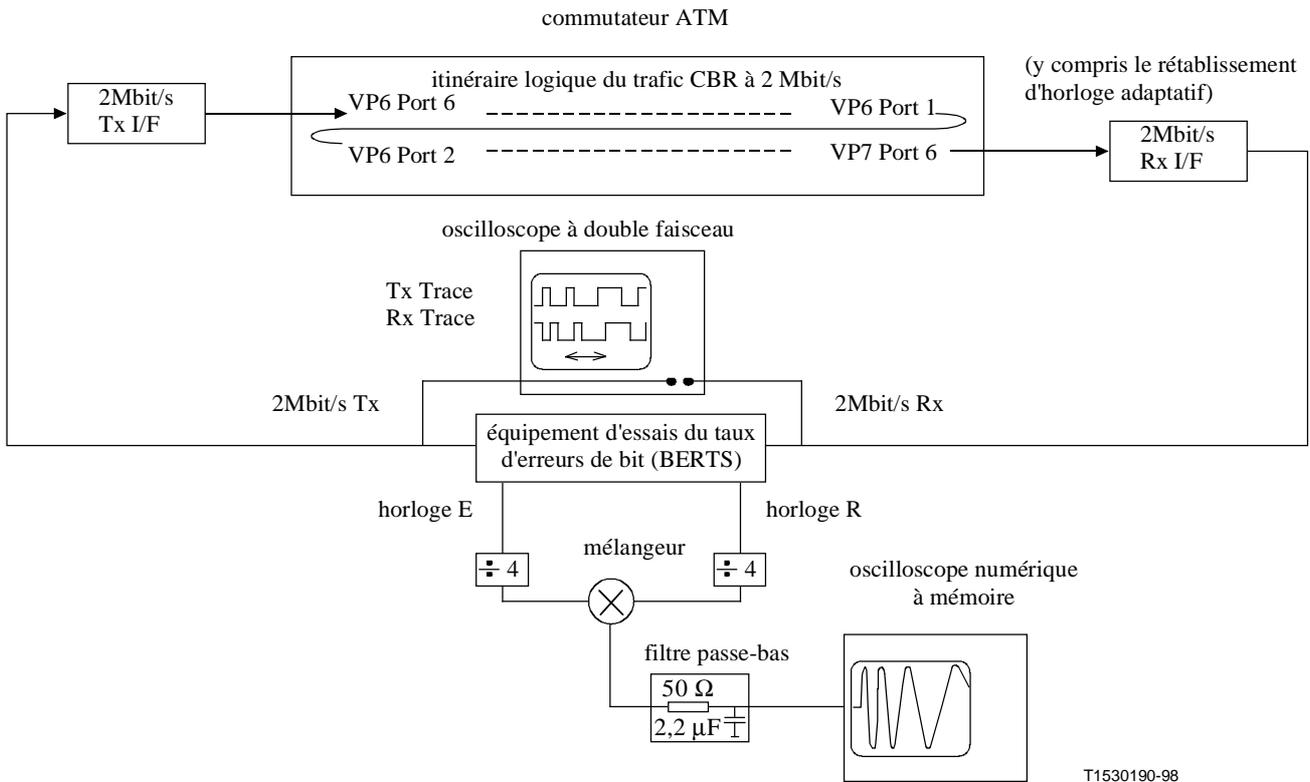


Figure I.20/I.741

Les traces ont été observées sur les oscilloscopes indiqués dans le schéma de blocs de la Figure I.20. Ces traces sont reproduites par les Figures I.6 et I.7 qui indiquent les caractéristiques observées lors de la commutation de la charge et qui feront l'objet de l'analyse qui suit.

La trace des "données reçues" sur l'oscilloscope à double faisceau (Figure I.20) a permis d'observer des traces situées à la gauche et à la droite par rapport à la trace des "données émises" lorsque le trafic en arrière-plan avec loi de Poisson était activé et désactivé. Le problème était de déterminer le nombre de cycles du décalage de l'horloge de réception par rapport à l'horloge d'émission (c'est-à-dire quel est le dérapage de phase de crête à crête résultant du changement de charge dans le réseau).

Le calcul de la valeur et de la vitesse du changement de phase induits par un changement de charge utilise les informations mesurées par l'oscilloscope numérique à mémoire représenté dans le bas du schéma (Figure I.20). Pour ce faire, l'horloge de référence d'émission issue de l'équipement d'essais (BERTS) est mélangée avec l'horloge reçue. Le mélangeur produit un seul cycle en sortie pour chaque cycle d'horloge traversé par l'horloge de réception par rapport à l'horloge de référence d'émission. Il en résulte que le dérapage de phase induit pour l'horloge de réception à 2 Mbit/s peut être mesuré simplement par le comptage du nombre de cycles en sortie du mélangeur et peut être visualisé sur l'oscilloscope au moment de l'activation de la charge. De plus en plus fort, si l'on visualise l'accroissement de la périodicité de la forme d'onde en sortie du mélangeur, il est possible d'estimer la vitesse du changement et donc la constante de temps du mécanisme de rétablissement d'horloge adaptatif et d'en faire la comparaison avec la réponse prédite dans la Figure I.15 b).

I.3.3.2 Résultats des mesures

- Incorporation du flux CBR à 2 Mbit/s issu du dispositif d'essais à large bande**

Les caractéristiques de délai du flux CBR à 2 Mbit/s généré par le dispositif d'essais à large bande ont été mesurées au moyen de ce dispositif en activant et en désactivant la charge de trafic d'arrière plan avec loi de Poisson. Les résultats ont été les suivants:

	Délai à 2 Mbit/s (µs)		
	min.	moyenne	max.
Poisson 18,1% sans charge en arrière-plan	141,1	143,85	150,1
Poisson 18,1% avec charge en arrière-plan	140,1	160,99	287,1
Différence des délais moyens (µs)		17,14	

La différence des délais moyens en cycles d'horloge (intervalles unité) à 2,048 MHz est fournie par la règle de trois suivante: $17,14 \times 10^{-6} \times 2,048 \times 10^6 = 35$ UI ce qui se compare favorablement avec la valeur de 39 UI prédite pour le cas le plus défavorable du modèle de file d'attente M/D/1.

- Résultats directs des mesures effectuées sur l'horloge de réception à 2 Mbit/s**

L'investigation des traces de l'oscilloscope à double faisceau représentées par la Figure I.20 a indiqué un dérapage d'horloge de l'ordre de 1 UI de crête à crête pour l'horloge de réception à 2 Mbit/s, même en l'absence de concurrence de la charge réseau. Ceci signifie que le bruit de fond de phase produit lui-même un signal de sortie de crête à crête qui masque les traces de mesure attendues à la sortie du mélangeur. La décision a donc été prise de placer des diviseurs d'horloge (division par quatre) avant le mélangeur de manière à réduire le bruit de fond de phase à une valeur égale à $1 \text{ UI}/4 = 0,25 \text{ UI}$ de crête à crête, ce qui garantit une sortie de "bruit" du mélangeur beaucoup plus faible. Du fait de la présence des diviseurs, on était en droit d'attendre pour 4 cycles (UI) de dérapage de la phase de l'horloge réseau reçue un cycle "sinusoïdal" unique en sortie du mélangeur. La trace de mesure résultant de l'activation de la charge en arrière-plan est indiquée dans la Figure I.21.

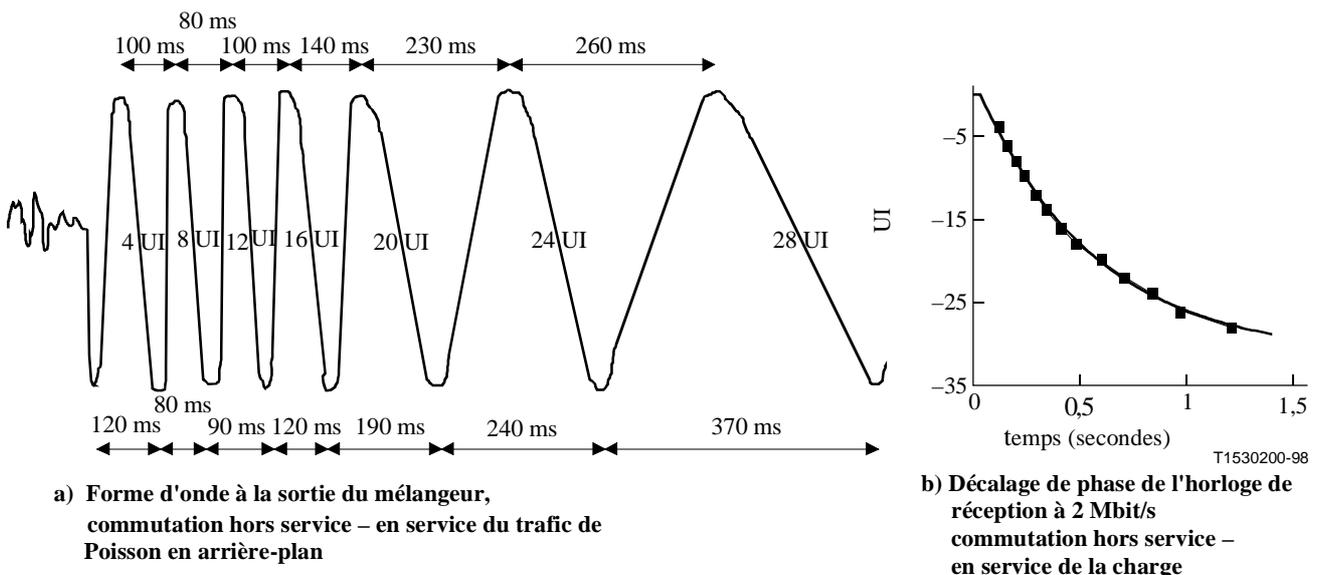


Figure I.21/I.741

et la trace résultant de la désactivation de la charge en arrière-plan est indiquée dans la Figure I.22.

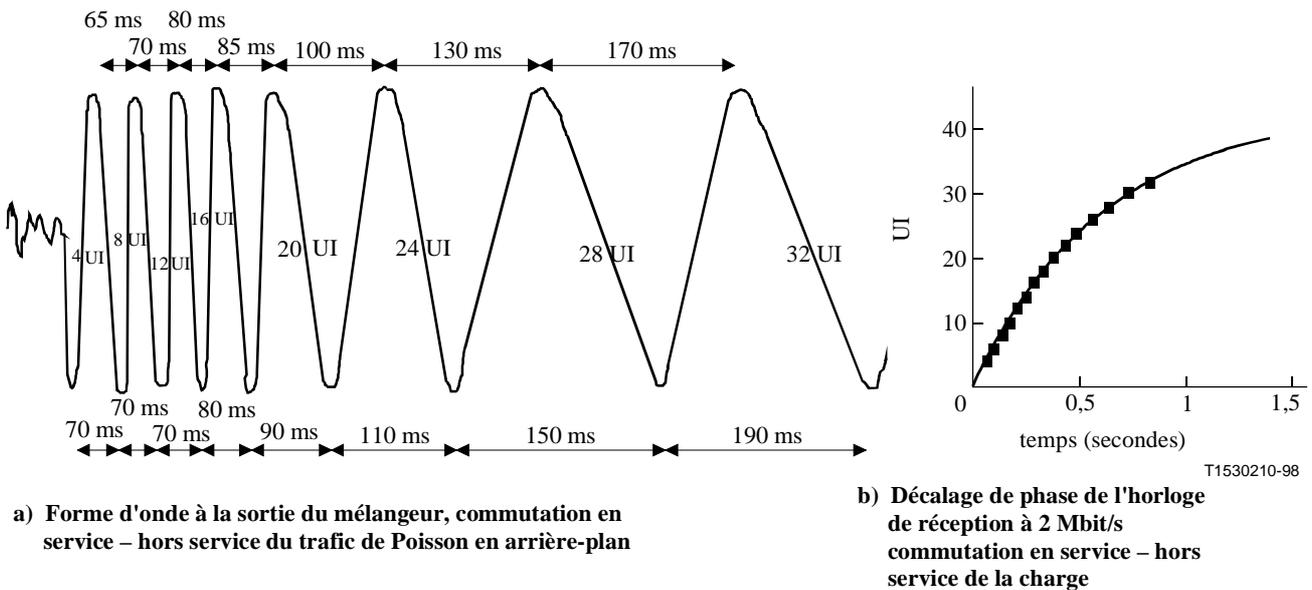


Figure I.22/I.741

Le nombre total de cycles dans la forme d'onde à la sortie du mélangeur était égal à 7 pour une activation de la charge et à 8 pour une désactivation de la charge. Nous pouvons donc estimer que l'accroissement de la charge dans le réseau provoque un dérapage de phase approximativement égal à $8 \times 4 = 32$ UI phase dérapage. Ceci se compare favorablement à la mesure de délai pour la charge en arrière-plan à 2 Mbit/s compte tenu de l'incertitude introduite par l'utilisation des diviseurs d'horloge, pouvant aller jusqu'à 8 UI, et du fait que la réponse de l'horloge adaptative est mesurée en amplitude quadratique moyenne et non en délai moyen.

La constante de temps de l'horloge adaptative peut être estimée à 0,8 seconde sur la base des Figures I.21 b) et I.22 b), ce qui se compare favorablement avec le résultat de la simulation donné par la Figure I.15 b).

Ce résultat indique que, comme prévu, la phase de sortie de l'horloge de réception à 2 Mbit/s suit directement les évolutions lentes de délai résultant de la charge du réseau. Dans le cas mesuré, il a été montré que le décalage de phase est de l'ordre de 32 UI (cycles d'horloge) pour un saut de la charge passant d'un niveau pratiquement nul à un niveau de 93,2%.

I.3.3.3 Limites de dérapage

La limite du dérapage de phase à long terme pour un flux CBR à 2 Mbit/s de la hiérarchie PDH est égale à 36,9 UI à $1,2 \times 10^{-5}$ Hz (limite du dérapage journalier) et descend à 18 UI entre 0,01 Hz et 1,667 Hz. Pour toute variation de la charge du réseau avec une périodicité supérieure à la constante de temps de la boucle adaptative de verrouillage de phase, l'horloge de réception suivra directement l'amplitude quadratique moyenne du délai du commutateur. Il en résulte, par exemple que dans le cas le plus défavorable d'une modification de la charge du réseau de 93,2% en une minute, la phase de l'horloge de réception sera modifiée d'environ 32 UI, alors que la limite de tolérance est de 18 UI pour un équipement aval. Pis encore, la totalité de cette limite de tolérance ne pourra pas être allouée au réseau ATM. Il semble probable que pour un réseau comprenant un certain nombre de commutateurs ATM soumis à des périodes d'heure chargée et de d'heure creuse, il se produira pour le

flux de cellule sortant au débit CBR des dérapages qui excèdent les limites définies par la Recommandation G.823.

I.3.3.4 Limites de gigue

La limite pour la gigue pour un flux CBR à 2 Mbit/s de la hiérarchie PDH telle qu'elle est définie par la Recommandation G.823, est égale à 1,5 UI de crête à crête entre 20 Hz et 100 kHz. Le montant de la gigue au-dessus de 20 Hz est limité par le taux de modification autorisé par la boucle adaptative de verrouillage de phase de l'horloge. Le montant de la gigue acceptable pour un passage instantané de la charge réseau de 0 à 93,2% peut être estimé en faisant passer les réponses mesurées des Figures I.21 b) et I.7 b) dans un filtre passe-haut à 20 Hz. Les résultats correspondant aux Figures I.21 b) "activation de la charge" et I.22 b) "désactivation de la charge" sont indiqués dans la Figure I.23.

Les caractéristiques mesurées doivent dans ce cas être approximées par une fonction exponentielle puis soumises à un filtre passe-haut à 20 Hz. Ceci conduit à un résultat de gigue de crête égale à 1,3 UI. Bien que cette valeur soit inférieure à la limite de 1,5 UI, elle est probablement trop élevée pour la gigue provenant d'une source unique, parce qu'elle se combinera avec des giges issues d'autres sources.

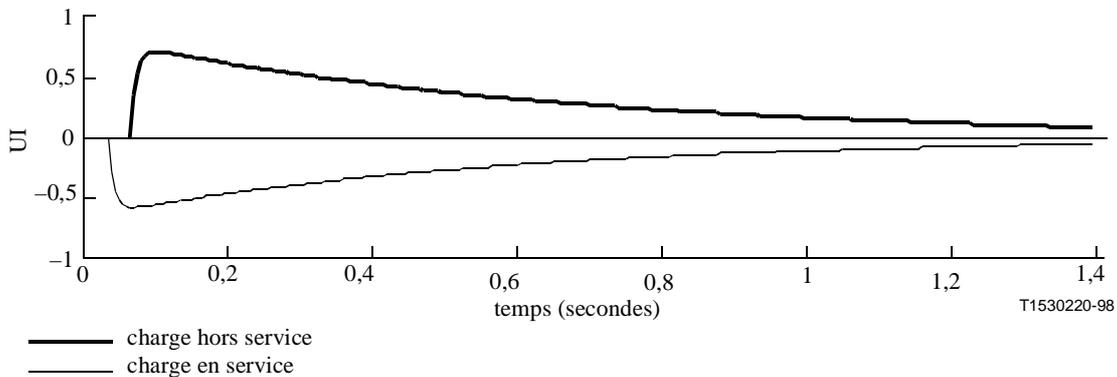


Figure I.23/I.741 – Gigue au-dessus de 20 Hz

Les mesures effectuées sur le commutateur ATM et pour une interface de transmission CBR à 2 Mbit/s CBR indiquent que pour un commutateur utilisant une file d'attente de port avec priorité unique, la phase à long terme du flux CBR de sortie à 2 Mbit/s suivra les variations lentes de délai de la file d'attente du commutateur provoquées par une charge variable du réseau. Etant donné que les limites définies par la Recommandation G.823 pour le dérapage à 2 Mbit/s se situent entre 36,9 UI et 18 UI, il semble impossible de garantir de telles limites en utilisant une seule queue de priorité en association avec le rétablissement d'horloge adaptatif. Ceci est particulièrement le cas lorsque les flux CBR sont en compétition avec des charges importantes de données par rafales et parce qu'il n'est pas possible d'allouer au réseau ATM la totalité des limites de tolérance de dérapage des équipements aval. Il en résulte qu'un équipement aval qui compte sur le respect des limites de dérapage de la Recommandation G.823 ne peut pas être connecté à travers un commutateur ATM en utilisant une configuration de rétablissement d'horloge adaptatif avec la garantie d'un comportement conforme du dérapage.

Il peut être possible de réduire un dérapage excessif en utilisant une file d'attente distincte pour les flux de cellules à débit CBR. Si l'on considère, par exemple, le cas où un seul flux CBR existe, il subira peu de variation CDV s'il est servi par un tampon distinct prioritaire et il ne provoquera pratiquement aucun dérapage au niveau de la sortie du circuit adaptatif de l'horloge. Une étude

complémentaire est toutefois nécessaire même dans ce cas pour élucider les effets de la gigue du temps d'attente, les effets de concurrence entre différents taux de débit CBR pour des charges CBR élevées et la concurrence avec le trafic vidéo en temps réel à débit VBR utilisant éventuellement le même tampon.

En l'absence de telles études, la méthode d'horodatage résiduel synchrone (SRTS) pour l'établissement du synchronisme du service ou le fonctionnement en synchronisme avec le réseau restent les options préférées pour la synchronisation de services CBR nécessitant une conformité avec les prescriptions de gigue et de dérapage de la Recommandation G.823.

La recommandation faite ici est que, lorsque des tampons de commutation avec priorité unique sont mis en œuvre avec le rétablissement d'horloge adaptatif pour la livraison de flux à débit CBR, ces flux doivent être utilisés uniquement pour des services qui ne sont pas sensibles aux dérapages.

Les caractéristiques suivantes doivent être prises en compte pour la conception lorsqu'on se pose la question de l'utilisation du rétablissement d'horloge adaptatif pour tout service spécifique:

- a) paramètres de l'horloge du service émetteur, comprenant la fréquence, les tolérances et le taux de dérapage;
- b) caractéristiques temporelles et spectrales de la variation CDV qui seront imposées au flux de cellules du service par le ou les réseaux ATM traversés. Ce point comprend les effets de concurrence sur les portes et la gigue du temps d'attente;
- c) fonction de transfert de phase associée au mécanisme de rétablissement d'horloge adaptatif;
- d) tolérance de gigue/de dérapage du service spécifique à véhiculer.

Le mécanisme d'horloge adaptative doit être en mesure de suivre toutes les fluctuations de l'horloge du service émetteur dans des limites définies de tolérance et de taux de dérapage, tout en évitant de suivre les fluctuations erronées provoquées par la variation CDV au sein du réseau. La variation CDV transmettra par défaut certaines des fluctuations à l'horloge rétablie, en fonction de la valeur de la variation CDV au sein du réseau, ainsi que la variation CDV à la fonction de transfert de la gigue/du dérapage du mécanisme d'horloge adaptative de l'horloge de service reçue. La conception doit toutefois garantir que les variations de phase qui s'ensuivent restent dans les limites de tolérance des spécifications de gigue et de dérapage du service spécifique.

I.4 Prescriptions de bruit de phase de l'annuleur d'écho

Il est nécessaire d'avoir plus d'informations sur la tolérance de l'annuleur d'écho par rapport au bruit de phase. Il est toutefois probable que la performance de l'annuleur d'écho ne sera pas affectée en cas d'utilisation, dans la queue d'écho ATM, de la synchronisation par le réseau ou de l'horodatage SRTS.

Une étude ultérieure est nécessaire au sujet des effets sur les annuleurs d'écho des procédés de rétablissement d'horloge adaptatif et des dérapages de phase qui en résultent. Il est difficile d'estimer, tant que d'autres travaux n'auront pas été effectués, si la performance de l'annuleur d'écho sera affectée par l'utilisation du rétablissement d'horloge adaptatif dans la queue d'écho ATM.

I.5 Conclusions

Le présent appendice a exposé rapidement les caractéristiques de la variation du temps de propagation des cellules au sein du réseau ATM et les effets produits sur le fonctionnement et le dimensionnement du tampon de sortie. Elle a également présenté l'effet de la variation du temps de propagation des cellules sur la qualité relative de l'horloge lorsque les méthodes de synchronisation avec le réseau et d'horodatage résiduel synchrone (SRTS) sont utilisées pour synchroniser les horloges d'émission et de réception.

Il est recommandé d'utiliser dans la mesure du possible l'une de ces deux méthodes afin de minimiser les effets du bruit de phase en cas d'interfonctionnement avec utilisation d'anneaux d'écho.

Il est toutefois reconnu que les deux procédés nécessitent la livraison d'une horloge de référence relativement pure aux deux extrémités du réseau ATM, ce qui peut être impossible dans certains cas; l'utilisation de la synchronisation adaptative peut alors être prise en considération dans la mesure où le dérapage de phase résiduel reste dans les limites de la tolérance du bruit de phase de l'anneau d'écho. Une étude complémentaire est nécessaire pour déterminer si les procédés de rétablissement d'horloge adaptatif et le dérapage résiduel qui en découlent seront compatibles avec le fonctionnement de l'anneau d'écho.

SERIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux pour données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication