



TELECOM 98

www.Mcours.com
Site N°1 des Cours et Exercices Email: contact@mcours.com

Frame Relay

Principes et applications

Matthieu BRIAND (mattbr@mail.dotcom.fr)

Avril 1997

Abstract

Throughout the history of information technology, there have been many changes in the way in which information is stored, retrieved, presented and used. There seem to be continual improvements in the way in which technology is utilized and the applications to which it is put. However the rate of change in the industry has never seemed to be quite as rapid. The major changes over recent years have included local area networks and the widespread digitalization of the public network infrastructure ; but these changes have taken several years before being generally accepted and used.

Frame Relay surfaced as a protocol in its own right in 1989 ; before that it was part of the ISDN standards. Since that time there has been much debate, disagreement, and controversy over the nature of the benefits of this new communications protocol. Many claims have been made as to its capabilities in various situations from data networking (taking over from X25) through LAN interconnection, across WAN, even to the realms of passing voice and video information. However the reality is somewhat removed from many of the claims and the applicability of frame relay is very closely tied into the application and the networking infrastructure.

What makes Frame Relay so attractive ?

- maybe the fact that you pay for a rate that you can outperform in burst speed (Bc) without paying for the extra bits ?
- maybe the fact that the protocol in itself is very closed to the most popular interconnection protocol in Europe, X25 which makes updates to Frame Relay easier ?
- the simplicity of the basic Frame Relay protocol compared to ATM ?

Frame Relay is also very original in the fact that instead of trying to correct errors during data transmission, it discards the frames that are causing problems. This is done, for example, when a lot of people are creating what is call a congestion (when too many people are in burst mode). In this case either notification bits (FECN, BECN) or CLLM protocol is used to inform the end user of the problem : the end user will then suspend for a few seconds his data transfer.

Virtual circuits (permanent ie PVC or switched ie SVC) are the basis of Frame Relay implementation : they are addressed by DLCI, and the LMI protocol makes their administration simpler. As an interconnection protocol, Frame Relay has two interfaces : one for user to network (UNI), and the other for Network to Network (NNI – used for interconnection of frame relay networks). Voice over Frame Relay is not so far away : in 1997 Frame Relay Forum will vote an implementation called VoFR.

Market of Frame Relay in France is shared between 3 operators : BT, AT&T and Transpac (FT). Some firms already use Frame Relay for their Wide Area Networks in Europe.

Résumé

Les besoins en terme de “bande passante ” ont amené les comités de normalisation à réfléchir à des techniques permettant d’optimiser les débits. Les travaux de l’IUT-T dans le cadre du RNIS, Réseau Numérique à Intégration de Services ont donné naissance au I.233 (Frame Mode Bearer Services), protocole jugé intéressant et vite repris par un groupe de constructeurs nommé Groupe des Quatre (Cisco, Nortel, Stratacom et DEC) au début des années 90. A ce groupe vinrent se rajouter d’autres constructeurs qui contribuèrent eux aussi à développer ce protocole au sein du Frame Relay Forum.

Le Frame Relay ou relayage de trame en français, a connu un essor important de par ses qualités intrinsèques :

- un débit minimum garanti dénommé CIR peut être dépassé dans des périodes de burst ce qui permet l’adaptation du débit au type d’application utilisé,
- le client ne paye qu’en fonction du débit minimum garanti demandé,
- c’est un protocole simple de niveau 2 qui possède beaucoup de points communs avec le protocole X25 de commutation de paquets, protocole dominant en Europe le marché des interconnexions de réseau, ce qui permet d’adapter facilement les équipements X25 pour les rendre compatible Frame Relay

Le concept original derrière le Frame Relay est que lors de ces courtes périodes où le débit garanti, CIR, est dépassé, et en cas de congestion (tous les utilisateurs dépassent le débit garanti en même temps sur la même ligne), les trames supplémentaires sont détruites (en appliquant le principe du Discard Eligibility) et c’est à l’utilisateur de départ de renvoyer les trames ensuite... Pour éviter ce type de problème (les congestions) des bits de la trame Frame Relay (BECN et FECN) peuvent être utilisés pour notifier les congestions aux nœuds du réseau afin de suspendre momentanément le flux en excès. Le mécanisme CLLM contribue lui aussi à avertir le réseau de ce type de problème en utilisant un canal dédié.

Frame Relay est basé sur les circuits virtuels, chaque circuit possédant un numéro particulier appelé DLCI. Un mécanisme de signalisation dénommé LMI permet de connaître le statut de ces circuits virtuels dénommés PVC ou SVC suivant leur nature permanente ou commuté. Une interface d’interconnexion de réseaux Frame Relay existe sous le sigle NNI qu’il faut différencier de UNI, qui correspond à l’interface entre l’utilisateur et le réseau Frame Relay. Pour répondre aux besoins d’un grand nombre d’utilisateurs, le passage de la voix sur le réseau Frame Relay est en cours de normalisation.

Les offres commerciales Frame Relay en France sont dispensés par BT, AT&T et Transpac (FT). De nombreuses sociétés Européennes croient au Frame Relay en tant que solution d’interconnexion de réseaux, même s’il est menacé en cela par l’émergence d’ATM.

SOMMAIRE

Abstract	2
Introduction	6
1. Remarques générales sur le Frame Relay	7
1.1 Le Frame Relay, une commutation au niveau liaison sans reprise sur erreurs	7
1.2 Le Frame Relay : fonctionnalités	8
1.3 Frame Relay : les circuits virtuels	9
1.4 Frame Relay : le mode “burst” et le CIR	10
PRINCIPES	12
2. Fonctionnement détaillé du protocole	13
2.1 L’interface physique	13
2.2 La trame Frame Relay	13
2.3 Mécanisme de gestion des exceptions	15
2.3 Adressage (DLCI)	16
2.4 Gestion des congestions (DE, FECN, BECN et CLLM)	21
2.4.1 DE	21
2.4.2 FECN, BECN	22
2.4.3 CLLM	23
2.5 Signalisation (LMI)	27
2.5.1 Signalisation unidirectionnelle	30
2.5.2 Signalisation bidirectionnelle	35
2.5.3 Signalisation asynchrone	36
2.6 Network to Network Interface (NNI – FRF 2.1)	37
2.7 Circuit virtuel commuté (SVC – FRF 4)	40
3. Les évolutions futures du Frame Relay : la voix sur le Frame Relay	43
APPLICATIONS	49
4. Les offres commerciales Frame Relay	50
4.1 L’offre commerciale des constructeurs de commutateurs	50
4.2 L’offre commerciale des opérateurs de télécommunication	52
4.2.1 L’offre de France Télécom	53
4.2.2 L’offre de BT	57
4.2.3 L’offre de AT&T	58
5. Présentation d’un matériels spécifiques au Frame Relay : Le FRAD	59
6. Présentation de quelques réseaux Frame Relay Européens	61
6.1 Le réseau FR Finnpap	61

6.2 Le réseau FR Danzas	62
6.3 Le réseau FR AMS	63
6.4 Le réseau FR Infonie	64
6.5 Un exemple de réseau FR transportant de la voix	65
Conclusion	67
ANNEXES	68
Glossaire (défini par le Frame Relay Forum)	69
Bibliographie	71
Brochure publicitaire Transpac : le service Frame Relay	71
Etat du marché FR en 1996	76
Exemples de normes FRF :	102
FRF1.1 (UNI)	103
FRF3.1 (Encapsulation)	118
FRF4 (SVC)	130

Introduction

Au cours du temps, de nombreux protocoles de communication ont été développés et implémentés, certains ont connu le succès, d'autres non. Durant les années 60 et 70, c'était commun pour les fabricants d'ordinateurs de développer leurs propres protocoles qui utilisaient leurs propres environnements et pas les autres. Pendant les années 70, IBM publia la première spécification d'architecture de communication de données dite ouverte sous le nom de SNA (Systems Network Architecture). C'est aussi dans les années 70 qu'une nouvelle spécification de protocole connue sous le nom de X25 naquit, introduite non pas par un constructeur d'ordinateur mais par une organisation de standardisation : le CCITT.

Issu des travaux du CCITT dans les années 80 dans le cadre des travaux sur le RNIS (normes : I.233 Frame mode bearer services part 1, Q.922 ISDN data link layer specification for frame mode bearer services, Q.933 ISDN signalling specification for frame mode bearer services, I.370 congestion management for the ISDN frame relaying bearer service, I.372 et I.555) le Frame Relay a été défini comme un protocole de transfert de données caractérisé par des temps de transit sur les réseaux faibles et une correction d'erreur très limitée (de telles caractéristiques permettaient de mieux s'adapter à la qualité des lignes qui évoluait vers des taux d'erreur de plus en plus faibles).

Certains constructeurs ont jugé que le protocole méritait un intérêt particulier et ont implémenté une version en dehors du monde du RNIS. Ce groupe, connu sous le nom de groupe des quatre (DEC, Northern Telecom, Cisco and Stratacom) produisit un document le 18 Septembre 1990 connu sous le nom de *Frame Relay Specification with Extensions – based on Proposed TISI Standards*. Ce document fut proposé à tout vendeur désireux de l'implémenter. Un second groupe de vendeurs fut créé quelques mois après cette proposition, le Frame Relay Forum, pour développer cette technologie.

C'est cette technologie que nous vous proposons d'étudier dans la suite. Ce document a été conçu pour répondre à deux objectifs :

- connaissance théorique du protocole en lui-même avec un état de l'art des améliorations que la norme a ou va subir depuis sa première spécification,
- application pratique de ces connaissances dans le cadre d'une mise en réseau (aspect matériel et coût d'une telle solution)

Ce document s'adresse donc à deux publics (un public technique qui lira le document du début jusqu'à la fin et un public plus commercial qui lira la présentation générale de la technologie et continuera en lisant la seconde partie).

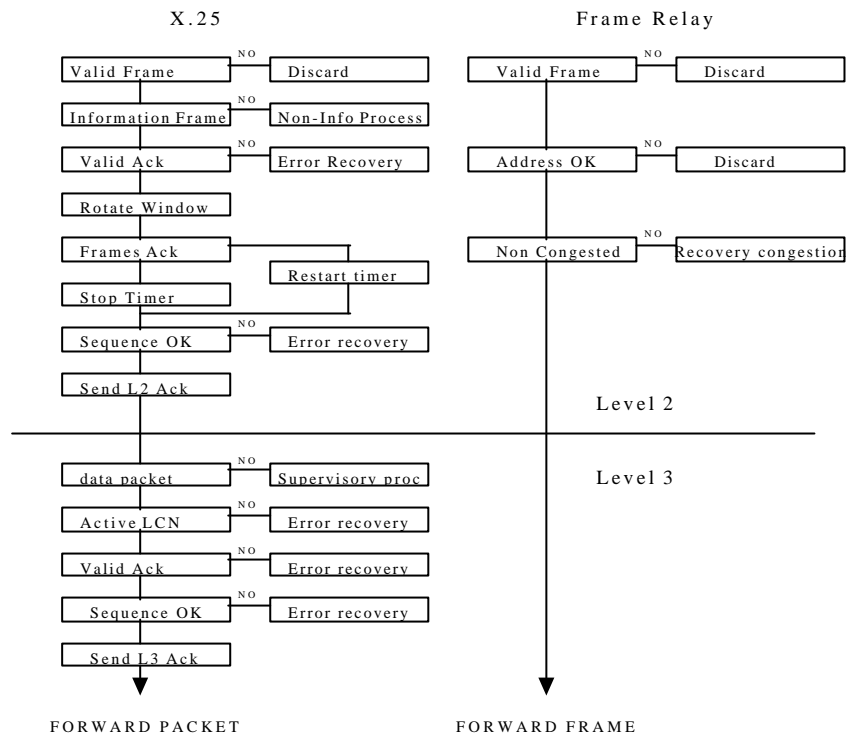
1. Remarques générales sur le Frame Relay

Avant de se lancer pleinement dans le protocole, nous allons présenter quelques principes généraux caractérisant la technologie Frame Relay.

1.1 Le Frame Relay, une commutation au niveau liaison sans reprise sur erreurs

Le but d'une commutation au niveau de la liaison, qui se décline en commutation de trames et en relayage de trames, est d'améliorer en performance la commutation de paquets (ex : X25) en simplifiant le nombre de niveaux de l'architecture à prendre en compte. En reportant la commutation au niveau 2 de l'architecture, on simplifie considérablement le travail des **nœuds**. En effet, dans une commutation de paquets, on attend de recevoir correctement une trame, avec des retransmissions potentielles, puis on travaille sur le paquet. Un acquittement est envoyé vers le **nœud** précédent et on garde une copie tant que le **nœud** suivant n'a pas fait parvenir un acquittement positif. Un autre avantage du relayage de trames est l'introduction d'une signalisation séparée du transport des données. La mise en place de la connexion de niveau 2 s'effectuera par une connexion logique différente de celle de l'utilisateur. Les **nœuds** intermédiaires n'ont donc pas à se préoccuper de maintenir cette connexion. Les contrôles d'erreurs et de flux sont reportés aux extrémités de la connexion. La simplification du travail effectué par les **nœuds** intermédiaires est très importante. On considère que l'on gagne un ordre de grandeur.

Il faut voir le relayage de trames comme une amélioration de la recommandation X25 en simplifiant fortement les fonctionnalités dans les **nœuds** intermédiaires. On retrouve cependant le même type de service et finalement des caractéristiques assez proches. *Pour mieux illustrer ces propriétés voici un graphe qui compare les complexités des 2 techniques :*



Le relayage de trames est une simplification de la commutation de trames, technique aujourd'hui inusitée : dans les nœuds intermédiaires, on commute les trames sans tenir compte des erreurs potentielles à l'intérieur de la trame et d'une éventuelle reprise sur erreurs, du séquençement, du temporisateur de reprise, etc.

1.2 Le Frame Relay : fonctionnalités

La normalisation du Frame Relay s'appuie sur la recommandation Q.922 (et plus particulièrement sur le noyau de base de cette recommandation : Core Q.922). On utilise les fonctionnalités complètes aux extrémités de la connexion et celles du noyau dans les nœuds intermédiaires. Les fonctionnalités de cette recommandation sont les suivantes :

- délimitation, alignement et transparence des trames,
- multiplexage et démultiplexage des trames en utilisant le champ adresse,
- inspection de la trame pour vérifier qu'elle possède un nombre entier d'octets avant insertion ou après extraction des 0 intégrés pour la transparence,
- inspection de la trame pour vérifier qu'elle n'est ni trop courte, ni trop longue,
- détection des erreurs de transmission et demande de retransmission dans les éléments extrémités de la connexion,
- fonction de contrôle de flux de bout en bout

Les deux dernières fonctionnalités ne font pas partie du noyau et ne sont donc entreprises qu'aux extrémités de la connexion.

On peut comparer les trois types de commutation utilisés pour le transport des données informatiques. Les caractéristiques sont données dans le tableau suivant. Par comparaison, on voit bien que le relayage de trames s'avère le plus efficace mais seulement si le taux d'erreurs en ligne est tout à fait négligeable. Les retransmissions de niveau 2 sont obligatoirement effectuées de bout en bout ; en effet, on ne s'occupe pas de la zone de détection d'erreur qu'au niveau du nœud de sortie du réseau. Ce relayage de trames n'a d'ailleurs de signification que parce que le progrès sur la réduction du taux d'erreurs en ligne ont été considérable ces dix dernières années.

Pour mieux cerner les différences entre les différents types de commutation, voici un tableau qui résume les différences majeures de fonctionnalités entre chaque type :

	Paquet (X.25)	Commutation de trames	Relayage de trames
Formatage	Oui	Oui	Oui
Transparence	Oui	Oui	Oui
Existence d'un CRC	Oui	Oui	Oui
Contrôle d'erreurs	Oui	Oui	Non
Contrôle de flux	Oui	Oui	Non
Reprise et Redémarrage	Oui	Non	Non

1.3 Frame Relay : les circuits virtuels

Un des aspects importants du Frame Relay est le type de connexion qui est supporté. Le Frame Relay a été conçu pour être un protocole simple, et les implémentations initiales manquaient de messages de configuration et de libération d'appel. Le protocole en lui-même ne contient pas d'adresse de type réseau.

L'information d'adressage n'a qu'une valeur locale (*voir la partie sur DLCI*). Le Frame Relay a été initialement défini comme étant un protocole orienté connexion permanente : une connexion entre 2 utilisateurs est établie de façon permanente et ne peut pas être annulée n'importe quand. Ce mode d'opération est appelé circuit virtuel permanent (CVP ou PVC par la suite) et est tout de même bien restreint car les utilisateurs ne peuvent pas mettre en place de connexions vers d'autres utilisateurs à la demande. La connexion sera mise en place (par un ingénieur réseau) quand le réseau démarre et sera disponible de façon permanente jusqu'à ce que le réseau lui-même s'arrête.

Une nouvelle norme, appelée circuit virtuel commuté (CVC ou SVC par la suite) a été mise en place pour répondre à ce besoin mais elle n'est que peu utilisée actuellement (*voir la partie sur SVC*).

1.4 Frame Relay : le mode "burst" et le CIR

Un des principaux avantages du Frame Relay est sa capacité à supporter les pics de charge (bursts) des utilisateurs. Comme il n'y a aucun contrôle de flux, les utilisateurs ont la possibilité d'envoyer autant de données sur le réseau qu'ils en ont envie et ceci à n'importe quel moment. Par contre le gros inconvénient du Frame Relay pour le prestataire de service est qu'il ne sait pas comment dimensionner son réseau en fonction de la bande passante dont ont besoin les différents utilisateurs.

Le Frame Relay n'a aucun moyen de forcer un utilisateur à cesser d'envoyer des données si le réseau est saturé. Il y a des mécanismes pour signifier à l'utilisateur qu'il peut y avoir des problèmes à l'intérieur du réseau si des données continuent à y être envoyées. Le réseau recommande alors de cesser l'envoi de données pendant un moment. Mais l'utilisateur ne le fait que s'il respecte le "gentleman's agreement" du réseau. Les messages de notification de congestion sont envoyés à l'intérieur des trames de données. Si l'utilisateur ne respecte pas les conseils du réseau et continue à émettre des données, la congestion va augmenter et c'est pour cela que le CIR (committed information rate) a été créé.

Le CIR est le débit de données que l'utilisateur est sûr de voir passer dans le réseau à n'importe quel moment et sans aucun problème. Le CIR n'a aucun lien avec le débit réel de la ligne de l'utilisateur. Un utilisateur peut avoir une ligne à 2Mbps et avoir, par exemple un CIR de 64Kbps. Cela signifie que l'utilisateur sera toujours sûr de passer 64Kbps, mais en pic de charge il pourra faire passer sur la ligne jusqu'à 2Mbps. Le prestataire dimensionnera sa ligne en fonction des 64Kbps du CIR et non en fonction du débit physique de la ligne.

Que se passe-t-il quand l'utilisateur souhaite dépasser le CIR ? A partir du moment où l'utilisateur opère à un débit de ligne physique supérieur à celui planifié, il est donc possible que parfois il veuille faire passer plus de données sur le réseau que ce qui est à l'origine prévu. Le réseau va tenter de laisser passer ses données s'il lui reste de la bande passante libre (l'utilisateur dispose à ce sujet de 2 indicateurs : le Burst

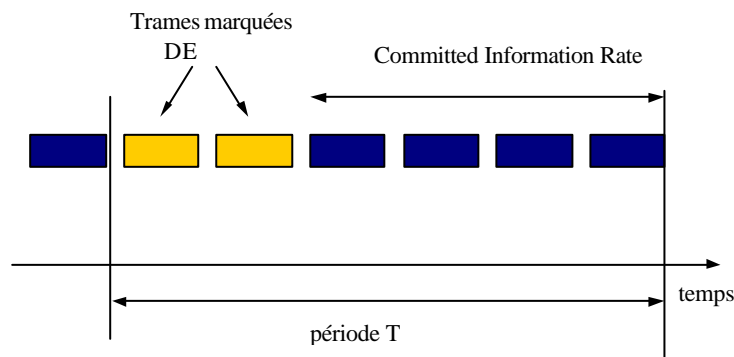


autorisé ou B_c et le Burst en excès ou $B_e - B_c$ s'ajoute à B_c : les trames envoyées en $B_e + B_c$ sont rejetées – voir schéma).

Cependant cette procédure a des limites. Un des critères fondamentaux du Frame Relay est que s'il y a des problèmes le réseau a le droit de détruire les trames. C'est une approche logique vu le faible taux d'erreur des lignes du réseau Frame Relay. Comment le réseau distingue les données qui ne dépassent pas le CIR et celles qui sont en sus ? Toutes les trames qui ne dépassent pas le CIR contiennent un indicateur, le "discard eligibility". Cet indicateur se trouve dans les trames de données et est mis à un si les trames dépassent le CIR. Les données qui ont l'indicateur DE (discard eligibility) positionné à un sont susceptibles d'être détruites par le réseau. La destruction des données marquées DE n'intervient que si le réseau est surchargé ou en voie de l'être. La méthode exacte pour déterminer quelles trames pourront être marquées DE est déterminée par le fabricant des équipements Frame Relay, mais un mécanisme "classique" est basé sur le CIR et sur le temps : sur une période de temps T , un compteur est mis à jour avec le montant de données que l'utilisateur envoie sur le réseau. Quand les données dépassent le CIR de l'utilisateur, le réseau marque les trames "fautives" avec le bit DE jusqu'à la fin de la période T .

Cette approche est assez grossière et ne distingue pas les données importantes pour l'utilisateur de celles qui ne le sont pas mais le réseau accepte que l'utilisateur marque lui-même certaines trames DE. Si l'utilisateur marque lui-même ces trames en DE, elles ne seront pas prises en compte pour le calcul du CIR. Le CIR est particulièrement approprié pour l'utilisation dans un contexte de réseau public Frame Relay. Un prestataire de service peut offrir des CIR à différents tarifs sur des lignes physiques à 2Mbps. Il n'y a aucun rapport entre le CIR et le débit physique de la ligne. Le prestataire de service peut alors offrir d'autres garanties d'acheminement des trames qui respectent le CIR tout en permettant aux utilisateurs de dépasser ce CIR dans des pics de charges, mais à leurs risques et périls.

Le graphique suivant explicite la différence entre CIR et trames marquées DE



PRINCIPES

2. Fonctionnement détaillé du protocole

Dans cette partie, nous allons détailler le protocole Frame Relay en nous attachant plus à son fonctionnement interne.

2.1 L'interface physique

Le Frame Relay est issu des travaux sur le RNIS : l'interface physique est donc l'interface d'accès classique ou primaire du RNIS. Malgré tout le Frame Relay Forum permet d'utiliser de multiples interfaces telles :

- V.35 ,
- G.703 et G.704,
- X.21

Toutes ces interfaces autorisant uniquement un débit de 2,048 Mb/s ; la norme UNI (User to Network Interface) Frame Relay (FRF1) a été amendée en Janvier 96 pour ajouter le support des interfaces plus rapides suivantes (norme FRF1.1) :

- Ansi-530-A-1992,
- HSSI (High Speed Serial Interface) 52Mb/s,
- DS3 Interface 44Mb/s,
- E3 Interface 34Mb/s,
- V36 et V37 (2-> 10 Mb/s)

2.2 La trame Frame Relay

La plupart des protocoles (comme X25 ou SNA) utilisent une trame dérivée de la " high level data link control procedure " HDLC ou de la "synchronous data link control procedure " SDLC. LAPD est le dérivé de HDLC utilisé dans le RNIS sur lequel le Frame Relay est basé.

Rappelons la composition d'une trame de type HDLC :

Flag	Champ d'adresse	Champ de contrôle	Champ d'information	FCS	Flag
------	-----------------	-------------------	---------------------	-----	------

Comme le Frame Relay n'implémente pas toutes les fonctions du HDLC, quelques éléments ont été omis et d'autres ont été regroupés : c'est le cas des champs d'adresse et de contrôle qui ont été regroupés dans un champ simple de type " header " et appelé lui aussi champ d'adresse.

Les champs suivant du HDLC ont été conservés :

- Le Flag : de type 01111110

Comme tous les flag, ils indiquent la fin ou le début d'une trame et permet la synchronisation. Pour éviter que cette séquence de bits ne se retrouve de nouveau à l'intérieur de la trame, on ajoute un 0 après une séquence de 5 bits à 1. De la même façon, le récepteur recherchera lui aussi 5 bits à 1 et enlèvera le bit à 0 qui suit cette séquence.

- Le champ d'information :

Il contient les données de l'utilisateur (données "brutes" ou trames provenant d'autres protocoles et encapsulées). Le Frame Relay Forum recommande une taille de 1600 octets avec une taille minimale de 1 octets. Ces données sont transmises sans être interprétées.

- Le FCS ou Frame Check Sequence :

C'est un champ qui sert à s'assurer que la trame n'a pas été transmise avec des erreurs. Il fait 2 octets et correspond au polynôme $(x^{16} + x^{12} + x^5 + 1)$ défini par le CCITT. Le Frame Check Sequence effectue un contrôle sur tous les bits de la trame à l'exception des entêtes et enqueues.

Voyons maintenant les spécificités de la trame Frame Relay :

Flag	Champ d'adresse	Champ d'information	FCS	Flag
------	-----------------	---------------------	-----	------

Composition du champ adresse : (2 octets)

Adresse	CR	EA	Adresse	FECN	BECN	DE	EA
---------	----	----	---------	------	------	----	----

- Le champ adresse : constitué des 6 bits de poids fort du premier octet et des 4 bits de poids fort du second octet. Concaténés, ces 10 bits forment l'adresse qui représente l'adresse d'un utilisateur du réseau Frame Relay, et on l'appelle plus couramment Digital Link Connexion Identifier. Nous verrons par la suite que cette adresse peut être étendue sur 24 bits.
- Le bit CR (Commande / Response indication bit) : inutilisé ce bit est passé de façon transparente sur le réseau
- Le bit EA (extended address bit) : ce bit permet d'étendre l'adressage : si le bit EA est à 0 cela veut dire que l'adresse se poursuit dans

l'octet suivant jusqu'à ce que le bit EA soit mis à 1. Malgré tout le standard Frame Relay est une adresse sur 2 octets.

- Les bits FECN/BECN (Forward/Backward Explicit Congestion Notification bit) : ces 2 bits permettent d'indiquer à l'utilisateur qu'une congestion a eu lieu dans un sens ou dans l'autre. FECN est mis à 1 si une congestion a eu lieu dans le sens de traversée de la trame. BECN indique une congestion dans le sens opposé de transport de la trame. Malgré tout il n'y a aucune obligation pour l'utilisateur du système de réception de tenir compte de cette information. Nous verrons par la suite les mécanismes liés aux congestions...
- Le bit DE (Discard Eligibility) : ce bit sert lui aussi dans les situations de congestion : sa mise à un permet de notifier au réseau que cette trame peut être détruite en cas de congestion car elle dépasse le CIR (cf. : supra). Il peut être mis à un par l'utilisateur ou le réseau. Il faut aussi noter que des trames n'ayant pas le bit DE à un peuvent aussi être détruite en cas de congestion si nécessaire...

Tous les champs ci-dessus doivent être présent dans chaque trame qui est transportée entre 2 systèmes. Il est important de noter qu'à l'intérieur du protocole Frame Relay, il n'y a aucune obligation ou mécanisme permettant de passer des messages de signalisation entre utilisateurs (Le protocole LMI – Local Management Interface que nous verrons par la suite va dans ce sens).

Une autre remarque à propos de la comparaison Frame Relay / HDLC : le Frame Relay ne possède pas d'informations de séquençement entre trames et donc ne nécessite pas de numéro de séquence ou de messages de contrôle pour confirmer la réception.

2.3 Mécanisme de gestion des exceptions

Nous allons voir comment le protocole Frame Relay gère les erreurs dans les trames.

Le principe général du Frame Relay est que si une trame est bonne, elle est envoyé à son destinataire en suivant la "route" appropriée. Par contre, s'il y a un problème sur le réseau, par exemple une congestion, les nœuds du réseau sont autorisés à détruire la trame pour corriger le problème.

De plus, ces mêmes nœuds peuvent détruire les trames jugées invalides sans prévenir le destinataire. Sont déclarées invalides, les trames de la forme suivante :

- une trame qui a moins de 5 octets entre l'entête et l'enqueue,
- une trame dont le FCS (contrôle de type CRC) est invalide,
- une trame qui ne contient pas une adresse valide,
- une trame qui contient un DLCI non supporté (voir le paragraphe sur le DLCI)

- une trame qui dépasse la taille configurée entre l'utilisateur et le réseau
- une trame qui ne possède pas une entête ou une enquee

En ce qui concerne le traitement des trames qui dépasseraient la longueur maximale, le groupe des quatre laissait libre au constructeur l'implémentation de la procédure à effectuer (qui était en général de détruire la trame). Par contre l'implémentation du CCITT et de l'ANSI y ajoute 2 alternatives supplémentaires :

- faire suivre une partie de la trame jusqu'au destinataire puis détruire la trame (utile pour certains types d'équipement qui ne bufferisent pas complètement chaque trame avant de l'envoyer sur le réseau)
- faire suivre toute la trame jusqu'au destinataire avec un FCS correct (ce type d'implémentation sera très peu utilisé car la plupart des matériels ont des buffers qui sont configurés pour une taille maximale fixe)

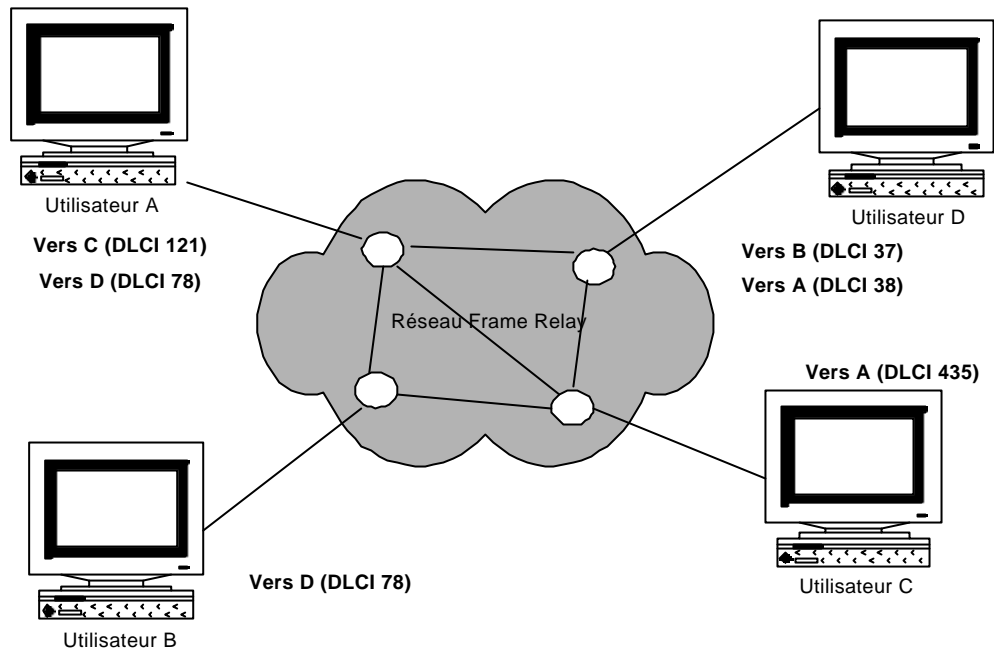
De plus, certaines règles doivent être respectées :

- en cas de non transmission de données, on doit envoyer des flags sur le réseau frame relay,
- le réseau ne peut pas lire ou modifier les données contenues dans le champ de données de la trame Frame Relay, à l'exception de celles contenues dans la trame utilisés par le protocole LMI (que nous verrons dans la suite)
- un des DLCI est réservé pour le protocole LMI et ne peut donc être utilisé

2.3 Adressage (DLCI)

L'adressage en Frame Relay s'effectue en donnant un numéro de circuit virtuel entre l'utilisateur et le réseau et n'a qu'une valeur locale. Ces identificateurs locaux sont nommés par le sigle DLCI pour Digital Link Connexion Identifier. Ils peuvent désigner des circuits virtuels permanents (PVC) comme des circuits virtuels commutés (SVC). Leur fonction correspond à celle des LCN, Logical Circuit Number, de X25.

Pour mieux illustrer cette valeur locale d'un DLCI voici un schéma :



Origine	DLCI	Destination	DLCI
Utilisateur A	121	Utilisateur C	435
Utilisateur A	78	Utilisateur D	38
Utilisateur B	78	Utilisateur D	37

Nous voyons bien dans cet exemple que l'utilisateur A et l'utilisateur B utilisent un même DLCI sans que cela ne pose un quelconque problème de part la valeur locale de cet identificateur.

Comme les DLCI n'ont seulement qu'une valeur locale, il est de la responsabilité du réseau de faire la liaison entre le DLCI de départ de le DLCI d'arrivée en passant par différent "réseaux" de DLCI à l'intérieur du réseau Frame Relay.

Voici comment fonctionne l'attribution des DLCI au niveau d'un **nœud** de réseau :

- chaque **nœud** possède une table de commutation qui associe à un DLCI sur une voie entrante un DLCI sur une voie sortante ainsi qu'une voie de sortie.
- A l'arrivée d'une trame, le **nœud** de commutation va effectuer le processus suivant : lecture de la valeur du DLCI, lecture dans l'entrée de la voie d'arrivée la voie de sortie, remplacement de la valeur du champ DLCI de la trame par la nouvelle valeur, mise dans la file d'émission de la voie indiquée dans la table de la trame

Illustrons cette propriété par un exemple :

Notre ~~no~~ Node Frame Relay possède 4 voies

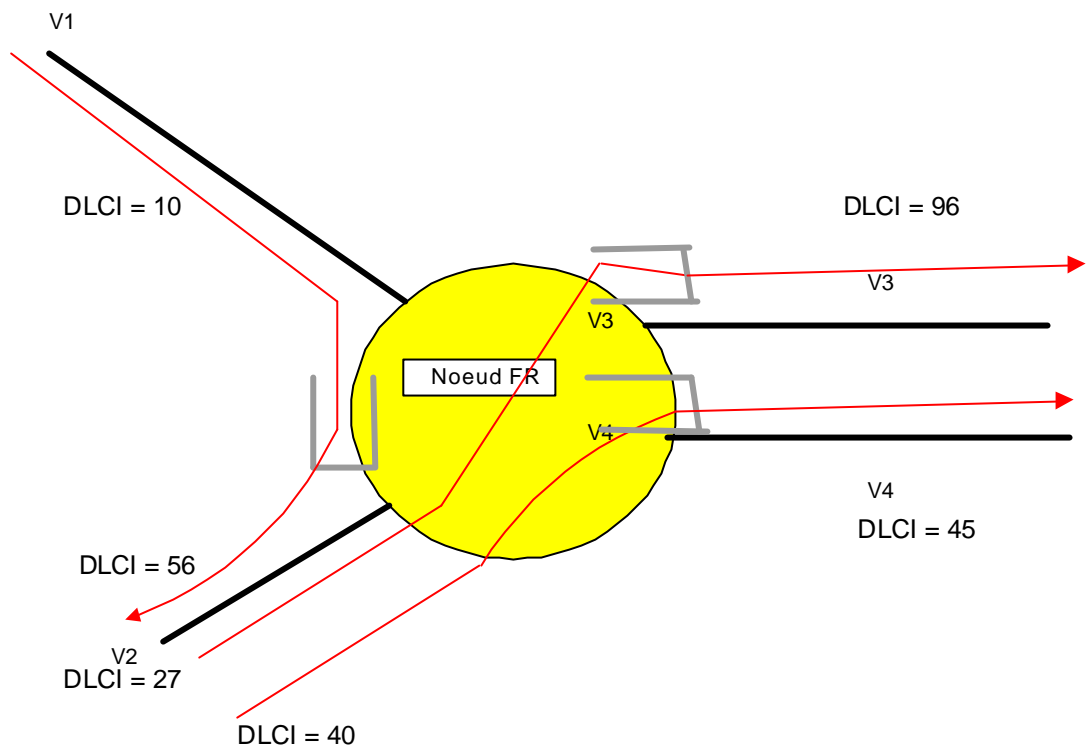


Table de commutation de la voie 1

DLCI entrant	Voie de sortie	DLCI sortant
10	2	56
26	3	64
39	4	98

Table de commutation de la voie 2

DLCI entrant	Voie de sortie	DLCI sortant
11	1	89
27	3	96
40	4	45

Table de commutation de la voie 3

DLCI entrant	Voie de sortie	DLCI sortant
99	1	87
120	2	91
74	4	54

Table de commutation de la voie 4

DLCI entrant	Voie de sortie	DLCI sortant
55	1	11
44	2	78
33	3	77

Comme nous l'avons vu précédemment le DLCI est codé dans le champ adresse de la trame Frame Relay. Par défaut la taille du champ adresse est de 2 octets (soit 1023 DLCI possibles) mais les spécifications de l'ANSI et du CCITT permettent son extension à 3 (65535 DLCI) voire 4 octets (8M+ DLCI) grâce à l'utilisation du bit EA (Extended address) :

- Si le bit EA est à 0, le champ adresse n'est pas terminé et se poursuit sur l'octet suivant
- Si le bit EA est à 1, le champ adresse est terminé

Pour mieux illustrer cette propriété, voici les 3 cas possibles de champ adresse :

Cas 1 : 2 octets : le plus utilisé :

8	7	6	5	4	3	2	1
---	---	---	---	---	---	---	---

DLCI (bits de poids fort)	0	EA=0
---------------------------	---	------

DLCI (bits de poids faible)	FECN	BECN	DE	EA=1
-----------------------------	------	------	----	------

Cas 2 : 3 octets : spécification ANSI/CCITT

8 7 6 5 4 3 2 1

DLCI (bits de poids fort)			0	EA=0
DLCI	FECN	BECN	DE	EA=0
DLCI (bits de poids faible)			D/C	EA=1

Cas 3 : 4 octets : spécification ANSI/CCITT

8 7 6 5 4 3 2 1

DLCI (bits de poids fort)			0	EA=0
DLCI	FECN	BECN	DE	EA=0
DLCI				EA=0
DLCI (bits de poids faible)			D/C	EA=1

Les champs de 2 octets peuvent paraître suffisants pour un ~~non~~ Frame Relay mais les champs de 3 et 4 octets ont une utilité sur les interfaces Frame Relay de type Network to Network. Une connexion Network to Network est définie comme une connexion entre 2 réseaux Frame Relay adjacents (Nous verrons l'interface NNI par la suite).

Certaines valeurs de DLCI sont réservées pour l'usage du réseau :

Valeurs DLCI			Fonctions
Champs sur 2 octets 0	Champs sur 3 octets 0	Champs sur 4 octets 0	Canal utilisé pour le LMI : intégrité des liens et signalisation des appels Réservé pour utilisation future
1 - 15	1 - 1023	1 - 131 071	
16 - 991	1024 - 63 487	131 072 - 8 126 463	Disponible pour les circuits virtuels (temporaires ou permanents)
992 - 1007	63 488 - 64 511	8 126 464 - 8 257 535	Réservé pour la gestion du réseau FR (par exemple pour le CLLM)
1008 - 1022	64 512 - 65 534	8 257 536 - 8 388 606	Réservé pour utilisation future
1023	65 535	8 388 607	.Utilisé pour faire passer des messages de gestion d'interfaces en rapport avec les protocoles de couches supérieures

Ce tableau nous permet de voir que sur les 1023 DLCI d'un champ adresse sur 2 octets seulement 976 sont disponibles. De même avec un champ adresse sur 3 octets, seulement 62 463 DLCI sont disponibles. Le champ sur 4 octets laisse, lui, 7 995 392 possibilités.

2.4 Gestion des congestions (DE, FECN, BECN et CLLM)

Une congestion apparaît lorsque tous les utilisateurs dépassent le débit qui leur est accordé : le réseau Frame Relay possède des procédures pour notifier à l'utilisateur ce type de problème. Nous avons regroupé dans cette partie les différents moyens mis en œuvre pour essayer de remédier à ce type de problème.

2.4.1 DE

Nous avons déjà vu dans la partie *Frame Relay : le mode burst et le CIR* comment fonctionnait le bit DE (Discard Eligibility, qui marque les trames qui dépassent le CIR) de la trame Frame Relay.

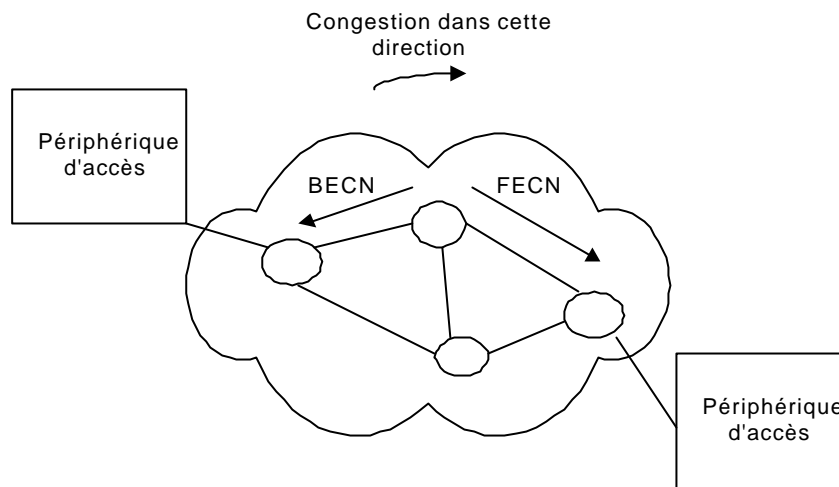
2.4.2 FECN, BECN

Nous avons aussi pu voir lors de l'étude de la trame Frame Relay, les bits FECN (Forward Explicit Congestion Notification) et BECN (Backward Explicit Congestion Notification) : explicitons un peu mieux leur fonctionnement. Ces 2 bits sont dénommés explicit congestion notification bits et sont utilisés pour envoyer des informations à l'utilisateur final sur l'état du réseau et les congestions qui peuvent y exister. Une congestion peut apparaître à l'intérieur du réseau sur n'importe quel noeud, et peut affecter soit l'intégralité du réseau, ou plus simplement n'importe quel DLCI opérant sur ce noeud. Lors d'une congestion, le **noeud** est capable de le notifier au périphérique distant en changeant l'état du bit de notification de congestion (FECN ou BECN est mis à 1) dans les trames Frame Relay. FECN est mis à 1 dans les trames qui passent dans la direction de la congestion (quand un FECN est reçu par l'utilisateur final cela indique que la trame est passée par une zone de congestion à l'intérieur du réseau). BECN est utilisée dans le sens inverse de la congestion (quand un BECN est reçu par l'utilisateur de départ cela indique qu'une congestion a eu lieu à l'intérieur du réseau).

Le principe derrière FECN est que tous les utilisateurs "derrière" la congestion seront informés du problème et pourront peut être prendre des décisions pour alléger le problème. Dans de nombreux cas les utilisateurs "derrière" la congestion utilisent un protocole (encapsulé dans la trame FR) qui nécessite des acknowledgements pour les données reçues. Une méthode pour faire chuter le trafic réseau est de retarder ces acknowledgements. Cela force l'utilisateur de départ à suspendre l'envoi de nouvelles données avant la confirmation de la réception des données précédentes. Ceci est un exemple d'utilisation des mécanismes de fenêtrage des protocoles traditionnels au-dessus du Frame Relay pour résoudre les problèmes réseaux.

Le principe derrière BECN est que si un utilisateur reçoit un BECN, il sait qu'il envoie des données sur le réseau qui causent ou contribuent à une congestion. La meilleure chose serait de suspendre temporairement la transmission de trames sur le réseau pour alléger la congestion. Le problème du BECN est qu'il sera seulement reçu par l'utilisateur de départ si les données remontent dans la direction inverse, à l'opposé du flot de congestion. Beaucoup d'applications opèrent en half duplex (un message est envoyé d'un utilisateur à l'autre et l'utilisateur de départ attend que la destination est répondue avant de renvoyer des informations supplémentaires). Les réseaux Frame Relay typiques transportent du trafic d'application full duplex. Il y a donc un dialogue continu entre les systèmes finaux. Le succès du BECN dépendra donc plus du comportement du périphérique de réception que de celui des applications.

Voici un schéma qui résume les sens de passage de FECN et de BECN :



2.4.3 CLLM

Un des problèmes majeurs avec les mécanismes de gestion de congestion à l'intérieur du protocole Frame Relay est que les messages de notification de congestion (FECN et BECN) sont transportés à l'intérieur des trames de données et ne sont pas envoyés à l'utilisateur s'il ne les sollicite pas (à l'inverse des autres protocoles synchrones qui fournissent des flots de messages de contrôle séparés). Le principal problème de ce type de fonctionnement est le manque de possibilité d'informer l'utilisateur qu'il congestionne le réseau s'il n'y a pas de données qui passe dans la direction opposée. Le protocole Frame Relay repose sur la mise à 1 du bit FECN dans les données qui sont envoyées à destination, ce qui amène celui qui a envoyé les données à diminuer son trafic momentanément. Ce type de procédure est non seulement, irréaliste, mais probablement difficile à mettre en œuvre car elle demande une coordination du contrôle de flux entre chaque extrémités. Pour que la procédure de contrôle de flux FECN marche, les périphériques des utilisateurs doivent coordonner leurs protocoles de haut niveau de telle manière qu'un FECN reçu au niveau de la trame signalera aux niveaux supérieurs qu'une baisse du taux de transfert doit être signalé à l'utilisateur distant.

Cette situation a amené l'ANSI et le CCITT à développer un mécanisme optionnel appelé Consolidated Link Layer Management (CLLM). CLLM est utilisé sur un DLCI séparé de celui du flux de donnée et existe pour passer des messages de contrôle de niveau couche de liaison du réseau vers l'utilisateur. Avec un champ d'adresse de 2 octets, le DLCI 1023 est utilisé pour le CLLM. Quand un nœud du réseau est congestionné, il peut soit utiliser les bits FECN ou BECN à l'intérieur des trames de données sur le DLCI de l'utilisateur, soit le message CLLM sur un DLCI de management, ou les deux. Le message CLLM contient une liste de DLCI qui peuvent causer la congestion, et demande implicitement que le propriétaire du DLCI suspende temporairement la transmission. Il est aussi possible que le message CLLM transporte une liste de DLCI non actifs. Bien que ces DLCI ne causent pas de congestion, le message indique à l'utilisateur du réseau Frame Relay que ces DLCI ne doivent pas être activés sinon ils pourront probablement aggraver la congestion. Le message CLLM

(pour un champ d'adresse de 2 octets) est représenté dans le schéma ci dessous et est contraint à la même taille maximale qu'une trame de type Frame Relay. Il peut être nécessaire d'envoyer plus qu'un message CLLM si la liste de tous les DLCI affectés ne tient pas dans une seule trame. Les formats pour des DLCI de 3 et 4 octets ont été défini dans les spécifications ANSI/CCITT mais nous les omettrons de cet exposé pour plus de clarté.

Le message CLLM provient de l'implémentation ISDN du Frame Relay. A l'intérieur du réseau ISDN, le CLLM serait envoyé à l'intérieur d'une trame LAPD XID (échange identification) à travers le canal D de l'ISDN. Le format du message est resté inchangé quand il a été transmis à l'implémentation non ISDN du Frame Relay, même si beaucoup de champs ne sont pas exactement en rapport.

8	7	6	5	4	3	2	1	Signification
0	1	1	1	1	1	1	0	Drapeau
1	1	1	1	1	0	R	0	CLLM Octet adresse 1 (R = Réponse)
1	1	1	1	X	X	X	1	CLLM Octet adresse 2 (X = non pris en compte)
1	0	1	0	1	1	1	1	Champs de contrôle XID
1	0	0	0	0	0	1	0	Identificateur du format (130)
0	0	0	0	1	1	1	1	Identificateur du groupe = 15
								Longueur groupe (octet 1)
								Longueur groupe (octet 2)
0	0	0	0	0	0	0	0	Identificateur de paramètre = 0 (identificateur de paramètre)
0	0	0	0	1	0	0	0	Longueur du paramètre (4)
0	1	1	0	1	0	0	1	Valeur paramètre =105 (en ASCII "I")
0	0	1	1	0	0	0	1	Valeur paramètre =49 (en ASCII "1")
0	0	1	1	0	0	1	0	Valeur paramètre =50(en ASCII "2")
0	0	1	1	0	0	1	0	Valeur paramètre =50 (en ASCII "2")
0	0	0	0	0	0	1	0	Identificateur de paramètre=2 (identificateur de cause)
0	0	0	0	0	0	0	1	Longueur du paramètre (1)
								Valeur de la cause
0	0	0	0	0	0	1	1	Identificateur de paramètre=3 (identification des

								DLCI)
								Longueur du paramètre (2n)
								Octet 1 valeur du DLCI (1 ^{er} DLCI)
								Octet 2 valeur du DLCI (1 ^{er} DLCI)
								...
								Octet 1 de valeur du DLCI (n ^{ième} DLCI)
								Octet 2 de valeur du DLCI (n ^{ième} DLCI)
								Frame Check Sequence
								Frame Check Sequence
0	1	1	1	1	1	1	0	Drapeau

Les champs à l'intérieur du message CLLM sont décrits ci-dessous :

- Informations contenues dans le header (les 8 1^{ers} octets) :
 - Les octets d'adresse :

Dans l'exemple donné, l'adressage sur 2 octets est utilisé. Si un adressage sur 3 ou 4 octets est utilisé (en utilisant le bit EA) les DLCI contenu ultérieurement dans le message seront aussi de ce format. Le champ d'adresse contient le DLCI 1023 en format binaire. Il faut noter que ceci représente l'usage du CLLM sur des réseaux Frame Relay non ISDN, car quand le Frame Relay est utilisé sur un réseau ISDN cette adresse peut être différente. Le bit R est normalement mis à 1 pour indiquer une trame de réponse XID, la méthode classique pour transmettre un message CLLM.
 - Le champ de contrôle XID :

Ce champ indique que la trame représente un XID LAPD et est utilisé pour garder la compatibilité avec l'implémentation ISDN du Frame Relay.
 - L'identificateur de format :

Ce champ est aussi un champ fixe qui a pour valeur 130. L'origine de cette valeur vient de la spécification ISO 8885, qui le définit comme un identificateur d'intérêt général.
 - Le champ de groupe :

L'identificateur de groupe est toujours mis à la valeur 15 qui est assignée par l'ISO 8885 pour indiquer des paramètres privés. Le champ longueur du groupe est un champ de 16 bits qui représente la longueur du "reste" du message Group Value (le nombre d'octets entre ce champ et le FCS)
 - Champ Group Value (les octets suivant jusqu'au FCS) :
 - Champ identificateur de paramètre :

Le champ identificateur de paramètre (en anglais : parameter set identifier) consiste en un champ header (indicateur d'ensemble de paramètres privés – '0') et un champ de longueur (toujours mis à '4') suivi de 4 octets qui

contiennent le caractère alphanumérique 'I122'. Cela indique que le message est un ensemble de paramètre privé pour le protocole I.122.

- Champ identificateur de cause de congestion :

Ce champ contient le message qui indique la cause de la congestion du réseau. Le champ consiste en un header (identificateur de cause – '2') et un champ de longueur (toujours mis à '1'). Ceux ci sont suivi par un champ de cause, établi par le réseau , qui indique la cause de la congestion réseau, et qui est codé conformément au tableau suivant :

8	7	6	5	4	3	2	1	Equivalent décimal : cause de congestion
0	0	0	0	0	0	1	0	2 : Congestion de courte durée due à un trafic excessif temporaire
0	0	0	0	0	0	1	1	3 : Congestion de longue durée due à un trafic excessif temporaire
0	0	0	0	0	1	1	0	6 : Panne temporaire d'un équipement
0	0	0	0	0	1	1	1	7 : Panne de longue durée d'un équipement
0	0	0	0	1	0	1	0	10 : Maintenance de courte durée
0	0	0	0	1	0	1	1	11 : Maintenance de longue durée
0	0	0	1	0	0	0	0	16 : Congestion de courte durée - cause inconnue
0	0	0	1	0	0	0	1	17 : Congestion de longue durée - cause inconnue

Si le champ d'identificateur de cause est manquant du message CLLM, le message entier sera ignoré. Tous les messages de congestion sont considérés comme étant de courte ou de longue durée. Même si la signification de courte ou longue durée est dépendante de l'implémentation, le standard recommande que court terme signifie un problème transitoire qui durera probablement quelques secondes ou minutes, alors que le long terme s'appliquera à tous les autres cas.

- Champ identificateur de DLCI :

Ce champ contient la liste des DLCI qui sont congestionnés. Les adresses DLCI dans la liste sont formatées de la même manière que le champ d'adresse DLCI (longueur : 10 bits, bits 8 à 3 du 1^{er} octet et 8 à 5 du 2nd octet, le reste étant réservé pour des usages futurs). Le champ de header contient la valeur '3'. Le champ de longueur contient la longueur du champ qui donne les DLCI congestionnés (par exemple, si les adresses de 2 octets sont utilisées, et n DLCI sont reportés, le champ contient la valeur binaire de 2*n). Comme le champ de longueur pour cet ensemble de paramètres fait seulement un octet, un maximum de 255 octets peut être utilisé pour reporté les DLCI congestionnés, si plus est nécessaire, alors plusieurs messages CLLM doivent être utilisés. Si le champ d'identification des DLCI est manquant du message CLLM, le message entier sera ignoré.

2.5 Signalisation (LMI)

Le protocole Frame Relay comme décrit jusqu'à présent atteint les objectifs qui lui ont été fixés : c'est un mécanisme de transport de données à haute vitesse qui offre la possibilité d'offrir de la bande passante à la demande pour ses utilisateurs. Comme le protocole est basé sur des PVC il n'y a pas besoin de procédure et connexion et de déconnexion de circuits. Il n'y a pas non plus de besoin pour un contrôle de flux ou des mécanismes de recouvrement d'erreurs. Frame Relay tel qu'il est décrit offre un mécanisme basique de transport de données.

Malgré tout, le protocole tel qu'il est décrit ne permet pas un contrôle local ou une gestion de l'interface, et il n'y a pas non plus de moyen pour que le système final détermine le statut de sa connexion. Pour ces raisons, les instances de standardisation ont inclus des mécanismes de signalisation dans le protocole. L'aspect important de ces protocoles de signalisations est qu'ils sont désignés uniquement pour compléter le protocole de base Frame Relay en tant que supplément. Il est parfaitement possible d'implémenter une interface Frame Relay et de faire passer des données sans mécanismes de signalisation. Ils permettent simplement à l'utilisateur d'obtenir plus d'information sur le statut du réseau et sont donc considérés comme étant optionnels. Cette gestion se nomme LMI pour Local Management Interface et passe par le DLCI 0.

Le but principal du LMI est de fournir à l'utilisateur le statut et les informations de configurations relatifs aux PVC utilisés par l'interface Frame Relay. Le LMI est seulement utilisable au niveau des interfaces entre l'utilisateur et le réseau et inclut les fonctionnalités suivantes :

- notification de l'addition, de la suppression et de la présence de PVC au niveau de l'interface,
- notification de la disponibilité d'un PVC pré-configuré,
- un mécanisme de polling qui assure la continuité de la liaison.

Même si le LMI est considéré comme optionnel par les organismes de normalisation, beaucoup des améliorations du Frame Relay ont été faits dans cette voie et serviront à améliorer l'efficacité générale du protocole.

Voyons plus en détail le protocole LMI qui s'illustre par la trame suivante :

8	7	6	5	4	3	2	1	Signification
0	1	1	1	1	1	1	0	Drapeau
0	0	0	0	0	0	0	0	En-tête : DLCI = 0, CR = 0
0	0	0	0	0	0	0	1	FECN = 0, BECN = 0
0	0	0	0	0	0	1	1	Indicateur de trame non numérotée
0	0	0	0	1	0	0	0	Champs identificateur du protocole

0	0	0	0	1	0	0	0	Référence d'appel
								Type du message
								Premier d'élément d'information
								...
								...
								...
								Deuxième élément d'information
								...
								...
								N ^{ième} élément d'information
								...
								Frame Check Sequence
								Frame Check Sequence
0	1	1	1	1	1	1	0	Drapeau

Le protocole LMI se conforme à toutes les règles standard du Frame Relay relatives à la structure de trame et aux opérations du protocole. Les champs de la trame LMI sont :

- Header :

C'est le header standard du Frame Relay et il utilise toujours le DLCI 0 pour le champ d'adresse. C'est cette adresse qui spécifier que le message est un message LMI car aucun autre trafic ne peut utiliser le DLCI 0. Cela constitue une sorte de signal "out-of-band" par le fait que toute la signalisation des circuits des utilisateurs (DLCI 16-991) a lieu sur le DLCI 0, aucune signalisation n'intervenant à l'intérieur des circuits utilisés par les utilisateurs. Il est à noter que quelques vendeurs utilisent le DLCI 1023 pour le LMI (standard du groupe des quatre, 0 étant le standard ANSI/CCITT).

- Indicateur de trame non numérotée :

Le protocole LMI est plus proche du protocole LAPD que le protocole de transfert Frame Relay. Une indication de cela se trouve dans la présence de ce champ qui indique que la trame est une trame non numérotée (qui ne contient aucune séquence numérotée et qui n'a donc aucune possibilité d'être contrôlé par un contrôle de flux). Ce champ est toujours présent à l'intérieur des messages LMI et est toujours codé par '0 0 0 0 0 1 1'. L'utilisation du LMI de cette façon permet un degré raisonnable de compatibilité pour les services

Frame Relay à travers des réseaux RNIS ou non RNIS, et une migration douce entre les deux.

- **Identificateur du protocole :**

Il est toujours mis à '0 0 0 0 1 0 0 0' et est retenu pour la compatibilité avec les procédures RNIS du Frame Relay. Dans ces procédures, le discriminateur du protocole est utilisé pour distinguer les messages de contrôle d'appel des autres messages.

- **Référence d'appel :**

La référence d'appel est utilisé durant l'établissement des SVC (circuits virtuels commutés –nous verrons les SVC dans la suite de cet exposé). Les messages qui ne sont pas relatifs à l'établissement ou la clôture d'appels ont ce champ mis à '0 0 0 0 0 0 0 0'.

- **Type de message :**

Le but de ce champ est d'identifier le type de message de gestion envoyé à travers le LMI. Il y a un code standard pour le contenu de ce champ qui dépend du type général de message et du numéro de message spécifique. Il y a actuellement 3 types de messages génériques : établissement d'appel, clôture d'appel, et message divers. Cette section parlera seulement des messages divers qui sont relatifs aux PVC. Les autres messages seront rapidement abordés dans la partie relative aux SVC.

Voici un tableau des codages de messages divers :

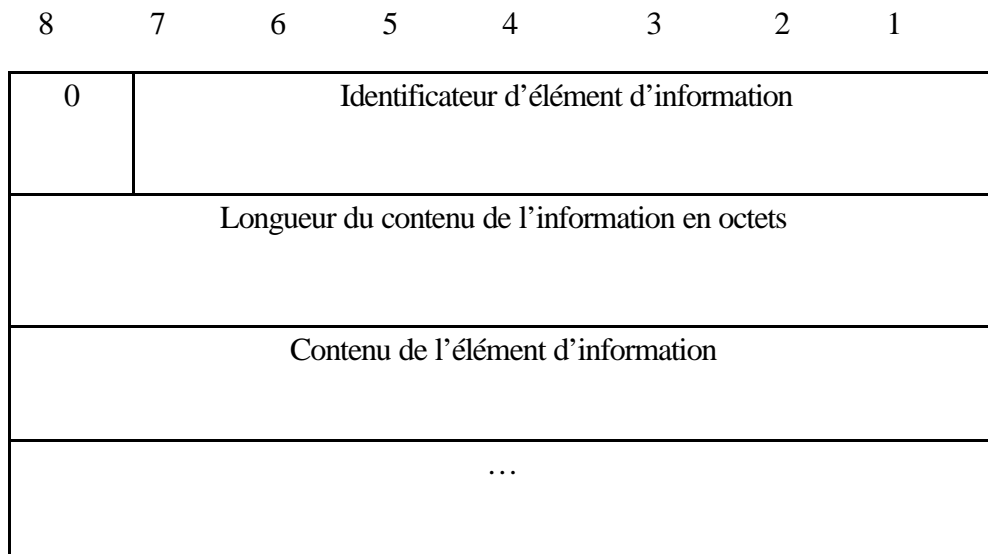
8	7	6	5	4	3	2	1	Commentaire
0	1	1	-	-	-	-	-	Message divers
0	1	1	1	1	1	0	1	Statut
0	1	1	1	0	1	0	1	Demande de statut

A l'intérieur du champ de type de message, le bit 8 est toujours mis à '0' pour permettre la possibilité future de l'utiliser comme un bit d'extension de la même manière que le bit EA dans le header de la trame Frame Relay. Les bits 7 à 5 sont mis à '1 1 1' indiquant que l'on a un message divers. Les bits restant contiennent des numéros de messages spécifiques détaillés ci dessus.

- **Eléments d'information :**

Les éléments d'informations contiennent les détails spécifiques propre au message de gestion LMI. Il y en a généralement un et habituellement plus d'un, élément d'information à l'intérieur d'un message. Les éléments d'information peuvent consister en un octet simple ou en une multitude d'octets de tailles

diverses. Le codage de la longueur variable de l'information est décrit par le schéma suivant :



Il y a 3 différents mécanismes de signalisation à l'intérieur du LMI :

- signalisation unidirectionnelle (utilisée en UNI)
- signalisation bidirectionnelle (utilisée en NNI)
- signalisation asynchrone (conseillée en cas d'utilisation de PVC et de SVC sur la même connexion)

La signalisation unidirectionnelle est la forme basique de polling du LMI, et un mécanisme de signalisation non balancé où le réseau et l'utilisateur utilisent des messages différents. Le bidirectionnel est une forme spéciale de la signalisation unidirectionnelle dans laquelle le réseau et l'utilisateur utilisent tous les deux les mêmes procédures. La signalisation asynchrone est une forme différente de procédure qui ne se base pas sur des séquences de polling.

2.5.1 Signalisation unidirectionnelle

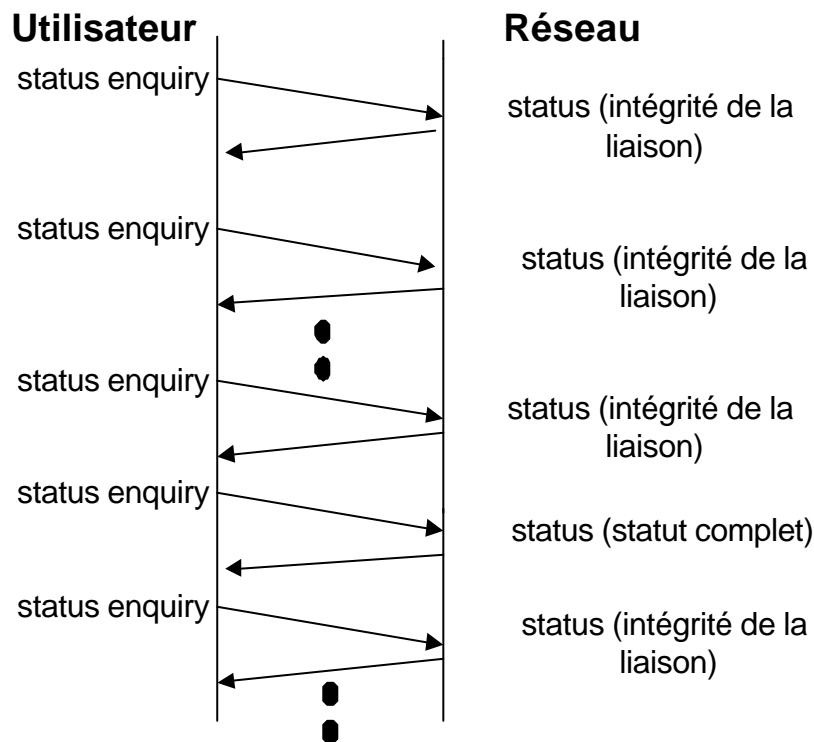
Le LMI unidirectionnel basique est constitué de 2 messages : STATUS et STATUS ENQUIRY. Ils sont utilisés pour réaliser différentes activités au sein du LMI, incluant

une vérification d'intégration du lien, la notification de l'addition ou de la libération d'un PVC et la notification de disponibilité d'un PVC.

Le LMI implémente une procédure de polling périodique (aussi appelée "heartbeat process") qui est un mécanisme pour passer les messages de statuts entre l'utilisateur et le réseau. Chaque T391 (paramètre configurable de 5 à 30s et par défaut à 10s) secondes, l'utilisateur envoie un STATUS ENQUIRY au réseau.

Ce STATUS ENQUIRY demande une réponse au réseau pour confirmer l'intégrité du lien. Le réseau répond en envoyant un message STATUS contenant les éléments d'informations sur l'intégrité du lien.

Un compteur est mis à jour avec le nombre de cycles de polling qui ont eu lieu. Après N391 (paramètre configurable de 1 à 255 et par défaut à 6) STATUS ENQUIRIES, l'utilisateur demande un statut complet à la place d'une simple intégrité du lien. Le réseau répond alors avec un message STATUS qui fournit les éléments d'informations pour chaque PVC configuré sur cette liaison Frame Relay. Si un élément d'information sur un PVC est manquant du rapport de statut, cela doit être interprété comme une libération du PVC de l'interface Frame Relay.



Le format du message STATUS ENQUIRY défini par le CCITT est le suivant :

8	7	6	5	4	3	2	1	Commentaire
0	1	1	1	1	1	1	0	Drapeau

0	0	0	0	0	0	0	0	En tête : DLCI = 0 (adr LMI), CR = 0
0	0	0	0	0	0	0	1	FECN = 0, BECN = 0
0	0	0	0	0	0	1	1	Trame non numérotée
0	0	0	0	1	0	0	0	Champs identificateur du protocole
0	0	0	0	0	0	0	0	Référence d'appel
0	1	1	1	0	1	0	1	Type du message: Status Enquiry
0	1	0	1	0	0	0	1	Élément d'information type de rapport
0	0	0	0	0	0	0	1	Longueur élément d'information = 1
								Type de rapport
0	1	0	1	0	0	1	1	Élément d'information vérification de l'intégrité du lien
0	0	0	0	0	0	1	0	Longueur élément d'information = 2
								Numéro de séquence envoyé
								Numéro de séquence reçu
								Frame Check Sequence
								Frame Check Sequence
0	1	1	1	1	1	1	0	Drapeau

Il est à noter que le message contient toujours 2 éléments d'information, l'élément d'information type de rapport et l'élément d'information vérification de l'intégrité du lien. L'élément d'information type de rapport est requis et peut être l'un des 3 suivant :

8	7	6	5	4	3	2	1	Type de rapport
0	0	0	0	0	0	0	0	Statut complet
0	0	0	0	0	0	0	1	Vérification d'intégrité du lien seul
0	0	0	0	0	0	1	0	Statut asynchrone d'un seul PVC

La requête de statut complet est envoyée pour avoir le statut complet de tous les PVC configurés à travers l'interface. La rapport d'intégrité du lien est envoyé pour obtenir une séquence de nombres intermédiaires. (NB : le statut asynchrone que nous verrons rapidement par la suite possède un rapport de statut qui est envoyé pour obtenir des détails sur un unique PVC)

La séquence de vérification de lien a été définie pour s’assurer qu’à la fois l’utilisateur et le réseau sont assurés de la stabilité et de la validité de la connexion physique et logique entre eux. L’intégrité du lien est vérifiée par une séquence de génération de nombre et un processus de vérification. Chaque fois que l’utilisateur envoie un message STATUS ENQUIRY, le nombre de séquences envoyées est incrémentées et placé dans le champ nombre de séquence envoyées de l’élément d’information de vérification du lien. L’utilisateur place aussi la dernière séquence reçue dans le champ nombre de séquence reçue du STATUS ENQUIRY.

L’élément d’information “ intégrité du lien ” est détaillé ci dessous (version CCITT) :

8	7	6	5	4	3	2	1	Commentaire
0	1	0	1	0	0	1	1	Identificateur de l’élément d’information “ intégrité du lien ”
0	0	0	0	0	0	1	0	Longueur du contenu de la vérification d’intégrité de lien (2)
								Nombre de séquences envoyées
								Nombre de séquences reçues

Quand le réseau reçoit le message STATUS ENQUIRY, il génère un message STATUS, incrémente son propre nombre de séquences, le place dans l’élément d’information et renvoie aussi le dernier nombre de séquences reçu par l’utilisateur. Les séquences de nombres sont codées binaires de 0 à 255 de manière cyclique. Le nombre 0 est seulement utilisé pour le nombre de séquences initialement reçu, car c’est le seul moment où ce nombre est indéfini. Ultérieurement si un 0 est reçu, on considère qu’il y a eu une erreur.

Le rapport de statut complet est envoyé tous les N391 (voir supra pour la valeur de cette variable) cycles de polling en mettant l’indicateur de message STATUS ENQUIRY dans le message STATUS ENQUIRY à statut complet. Dès lors le réseau envoie un rapport de statut complet qui contient un élément d’information pour chaque PVC existant. Le but de ce rapport complet est d’informer l’équipement de l’utilisateur de l’addition de nouveaux PVC et de leurs statuts. On distingue l’existence et la disponibilité des PVC car un PVC nouvellement créé peut être indisponible pour des raisons de délais de création. Pour illustrer ce propos on peut prendre comme exemple, l’établissement d’un PVC entre utilisateurs de réseau Frame Relay. Cela prend un certain temps pour établir une liaison bout à bout (ce temps est dépendant de l’implémentation choisie). En l’absence de mécanisme temps réel pour l’établissement de circuit, l’utilisateur est uniquement guidé par le contenu du message STATUS. En conséquence, pendant que le PVC est établi, l’utilisateur reçoit un message de

STATUS qui différencie entre un circuit qui est en train d'être établi et un circuit qui est établi. Tout ceci est rendu possible par l'utilisation d'indicateur de statut pour les PVC qui différencie entre PVC actif et PVC nouveau. L'élément d'information correspondant au statut du PVC est reporté ci dessous :

	8	7	6	5	4	3	2	1
	0	1	0	1	0	1	1	1
Longueur du contenu du statut du PVC (ici 3)								
0 ext.	0 Spare	DLCI						
1 ext.	DLCI				0	0	0	Spare
1 ext.	0	0	0	Nouv	0	Actif	0	Spare

L'élément d'information statut du PVC contient le DLCI du PVC reporté et 2 bits qui déterminent si le PVC est nouveau et/ou actif. Le réseau met à 1 le bit nouveau dès lors qu'un PVC est ajouté par le centre de gestion du réseau. Le réseau continue de mettre à 1 le bit nouveau dans le message de statut complet jusqu'à ce qu'il reçoive le message STATUS ENQUIRY de la part de l'utilisateur et que celui contienne un nombre de séquences reçues égal au nombre de séquences envoyées courant (le nombre de séquences envoyées transmis dernièrement dans le message STATUS). Dès lors que cette synchronisation a eu lieu le réseau met le bit nouveau à l'intérieur du message de statut du PVC à '0'.

L'indication d'un nouveau PVC ne permet pas à l'équipement de l'utilisateur de commencer à transmettre sur ce PVC. C'est seulement lorsque le réseau le met à l'état actif que l'utilisateur peut transmettre des données sur ce PVC particulier. Ce bit actif est mis lorsque le réseau lui-même est convaincu qu'un chemin vers la destination existe (quand le PVC est donc pleinement établi).

De part la nature non temps réel du processus, nous pouvons assister aux cas suivant :

- Le PVC est disponible mais à cause de problème de timing dans le message de statut complet des PVC, un seul des utilisateurs est prévenu de l'état actif de ce PVC. Cet utilisateur envoie donc des trames sur le PVC qui sont envoyées à la destination avant que celle ci n'ait reçu un message de statut actif
- Le PVC devient indisponible sur le réseau, mais du à des problèmes de temps avec les messages de statut complet des PVC, l'utilisateur n'est pas averti de l'état inactif du PVC. L'utilisateur envoie donc des données sur ce PVC.

La réponse de l'utilisateur ou du réseau n'est pas défini dans la spécification du protocole Frame Relay qui suggère simplement que l'action doit être dépendant de l'implémentation. L'approche la plus probable pour les vendeurs est de détruire les trames qui sont reçus sur un PVC vu comme étant inactif. Une approche plus préférable est de bufferiser les données jusqu'à ce que le PVC devienne actif.

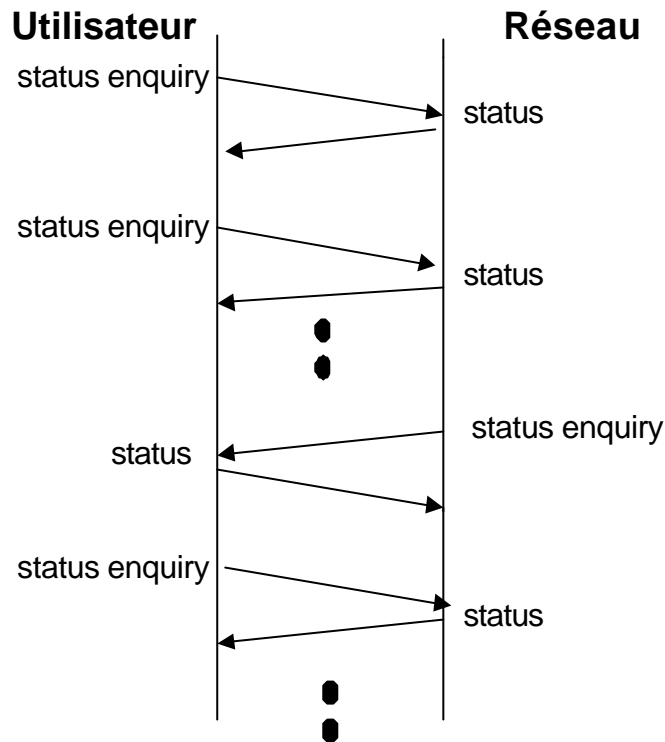
2.5.2 Signalisation bidirectionnelle

Dans la partie précédente, les STATUS ENQUIRY provenaient de l'utilisateur (ou du DTE) et les messages STATUS provenaient du réseau (ou du DCE).

Ce type de procédure peut convenir à beaucoup d'applications mais un protocole balancé est préférable pour garder un meilleur équilibre entre les 2 côtés de l'interface. Les procédures bidirectionnelles sont considérées comme étant une spécification optionnelle du Frame Relay et ne sont utilisées que dans le cas d'accords bilatéraux. Ces procédures bidirectionnelles sont principalement utilisées dans le cadre de différents réseaux physiques (via l'interface NNI que nous verrons par la suite) ce qui permet à chaque réseau d'interroger l'autre pour avoir des informations de statut.

Les procédures bidirectionnelles sont très proches de celles unidirectionnelles vues précédemment : elles ne diffèrent qu'en un seul point : les messages STATUS ENQUIRY et STATUS sont générés par les 2 côtés de l'interface.

Voici un schéma qui illustre ce propos :



Dans les procédures bidirectionnelles chaque côté de l'interface Frame Relay agit à la manière d'un utilisateur (DTE) et d'un réseau (DCE). Malgré tout même si chaque côté agit suivant les mêmes procédures, les paramètres associés aux compteurs utilisés (N391, T391 etc...) peuvent être différents. De plus chaque côté de l'interface envoie et reçoit des nombres de séquences pour chaque direction du flux d'information. Cela signifie donc que chaque côté de l'interface possède un compteur d'émission et de réception de séquences pour chaque direction du protocole LMI.

Les procédures bidirectionnelles sont utiles dans les situations où les équipements réseau doivent interagir (entre des commutateurs Frame Relay par exemple) ou entre des réseaux Frame Relay (via l'interface NNI).

2.5.3 Signalisation asynchrone

L'une des faiblesses du protocole LMI est le délai qu'il met à informer l'utilisateur (ou le réseau) de changements concernant les PVC. Par exemple : si les compteurs T391 et N391 (vu précédemment) sont réglés par défaut il peut s'écouler 60 secondes avant que l'utilisateur soit informé de l'état inactif d'un PVC. Bien évidemment pendant ces 60 secondes, l'utilisateur aura envoyé des informations (avec un CIR de 256Kbps cela équivaut à environ 14Mbits de données).

C'est pour cette raison que l'on a créé les messages à mise à jour asynchrone. Cela consiste en les messages standards STATUS ENQUIRY et STATUS mais envoyés dès lors que le statut d'un PVC change. Les messages à mise à jour asynchrone contiennent des informations sur un unique PVC (celui dont le statut a changé).

Ce type de message peut être utilisé à la place des modes bidirectionnels ou unidirectionnels grâce à des accords entre les 2 parties qui opèrent sur la connexion Frame Relay. Malgré tout, quand les SVC et les PVC opèrent sur la même connexion

réseau, il est recommandé que seulement les types de messages asynchrones soient utilisés pour faire passer les informations sur les changements de statuts des circuits.

2.6 Network to Network Interface (NNI – FRF 2.1)

Précédemment nous avons étudié l'interface UNI (User to Network Interface). UNI est une interface qui permet aux utilisateurs d'accéder à un réseau Frame Relay public ou privé et d'établir un chemin de communication à l'intérieur du même réseau. Pour étendre l'utilisation du protocole Frame Relay, et pour rendre les connections entre différents réseaux Frame Relay possible, il a été nécessaire de fournir une méthode d'interconnexion entre réseaux Frame Relay. Ces différents réseaux Frame Relay peuvent être considérés comme étant des sous réseaux à l'intérieur d'un plus grand réseau.

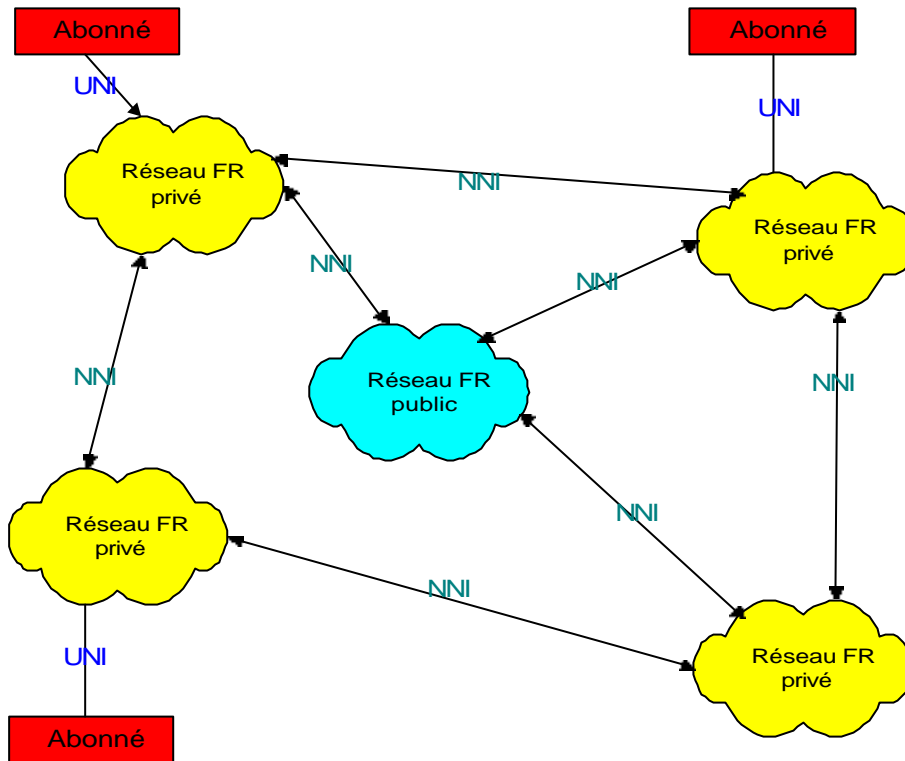
Les interconnexions sont notamment nécessaires dans les domaines suivant :

- Services Frame Relay public (exemple : Transpac) fourni par un opérateur public ou un fournisseur à valeur ajoutée
- Des réseaux de transit fournis par un opérateur ou un fournisseur à valeur ajoutée pour interconnecter 2 réseaux Frame Relay
- Des réseaux Frame Relay privés utilisés par des compagnies privées pour leurs propres services Frame Relay

On peut localiser l'interface NNI au niveau des points suivants :

- Entre un réseau public Frame Relay et un réseau public Frame Relay de transit
- Entre un réseau public Frame Relay de transit et un autre réseau public Frame Relay de transit
- Entre un réseau privé Frame Relay et un réseau public Frame Relay de transit
- Entre un réseau privé Frame Relay et un réseau public Frame Relay
- Entre 2 réseaux privés Frame Relay

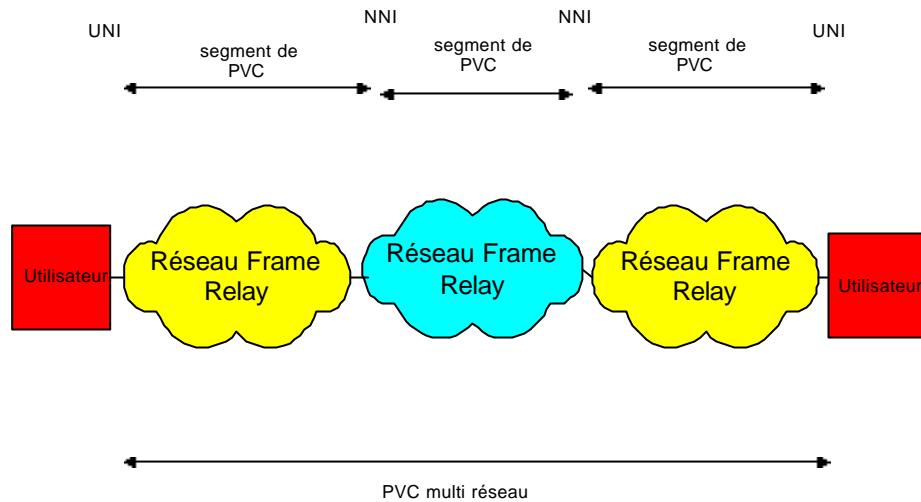
Quelques-unes de ces possibilités sont illustrées ci-dessous :



Le NNI a été conçu pour fournir une interface efficace entre 2 sous-réseaux Frame Relay. Le NNI traite les transferts de données à grande vitesse, la gestion des congestions et le transfert et la signalisation de la disponibilité des PVC. Le NNI est basé sur les mêmes standards que l'UNI à part que le NNI nécessite un LMI bidirectionnel et le mode asynchrone est fortement recommandé.

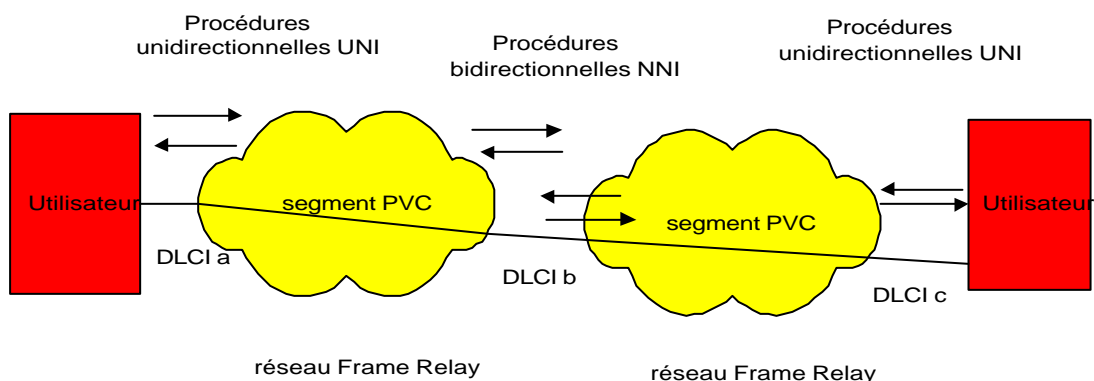
Le NNI est basé sur le concept des segments de PVC : chaque segment contient un réseau complet et est lié par un UNI d'un côté et un NNI de l'autre, ou par un NNI des 2 côtés.

En voici un exemple :



On appelle PVC multi-réseau la concaténation de 2 ou plus segments de PVC.

Sur un PVC multi-réseau, les réseaux Frame Relay opéreront à la fois du côté utilisateur et à la fois du côté réseau. Au niveau de l'UNI, le réseau opérera avec des procédures côté réseau (en répondant au message STATUS ENQUIRY). Au niveau du NNI, le réseau opérera à la fois du côté utilisateur et du côté réseau simultanément (en répondant aux messages STATUS ENQUIRY et STATUS). C'est donc un service bidirectionnel qui est requis pour le NNI. En plus des procédures bidirectionnelles, le NNI pourrait être capable de supporter les procédures de messages asynchrones dans chaque direction pour obtenir une mise à jour des statuts en temps réel quand cela est nécessaire. Nous pouvons illustrer ce propos par le schéma suivant :



Il faut aussi noter que le NNI utilise lui aussi un adressage local avec des DLCI différents à chaque interface (UNI ou NNI).

Comme le NNI implémente des procédures bidirectionnelles, il doit aussi implémenter les timers et compteurs associés. Le NNI implémente des compteurs et des timers séparés pour chaque direction à l'intérieur du NNI, et garde aussi un nombre de séquences séparé pour le mécanisme de vérification du lien pour chaque direction. Malgré tout il est fortement recommandé que le NNI implémente les mêmes valeurs pour les timers et les compteurs de chaque côté du NNI (le compteur de polling, N391, peut lui être différent).

2.7 Circuit virtuel commuté (SVC – FRF 4)

Il est communément admis que pour que le Frame Relay devienne un protocole de communication répandu, des méthodes de mise en place et de déconnexion de circuits sont requises. Cela permettra aux utilisateurs d'utiliser le Frame Relay pour des objectifs autres que l'interconnexion de réseaux, et de faire passer du trafic pour des destinations différentes un peu à la manière d'un réseau X25.

Même si les SVC (CVC en Français) sont un concept simple, leur implémentation est loin d'être simple. Le protocole SVC est basé sur un sous-ensemble du protocole de signalisation RNIS Q.933 ('Signalling Specification for Frame Mode Bearer Service').

Tous les messages qui sont utilisés dans les procédures SVC passent par le UNI sur le canal de signalisation (canal 0), et non sur celui de l'utilisateur. Les messages qui sont envoyés à travers ce canal sont formatés de la même manière que les messages LMI classiques (ils contiennent un header et des éléments d'informations). Par contre pour les procédures SVC le champ référence d'appel qui était auparavant vide est maintenant utilisé.

8	7	6	5	4	3	2	1	Signification
0	1	1	1	1	1	1	0	Drapeau
0	0	0	0	0	0	0	0	En-tête : DLCI = 0, CR = 0
0	0	0	0	0	0	0	1	FECN = 0, BECN = 0
0	0	0	0	0	0	1	1	Indicateur de trame non numérotée
0	0	0	0	1	0	0	0	Champs identificateur du protocole
0	0	0	0	0	0	0	1	Référence d'appel (longueur du champ valeur : ici 1 octet)
0	0	0	0	1	0	0	0	Référence d'appel : Flag sur le bit 8 puis bit 7 à 1 : valeur de la référence d'appel

								Type du message
								Premier d'élément d'information
								...
								...
								...
								Deuxième élément d'information
								...
								...
								N ^{ième} élément d'information
								...
								Frame Check Sequence
								Frame Check Sequence
0	1	1	1	1	1	1	0	Drapeau

Le champ référence d'appel (voir schéma ci dessus) : sa signification est locale et peut être de 2 ou 3 octets. Le format en 2 octets est le plus répandu. Le 1^{er} octet indique si la valeur de la référence d'appel prend 1 ou 2 octets, le 2^{ème} octet contient la valeur de la référence d'appel et le flag pour la référence d'appel. Ce flag est utilisé pour indiquer quel côté de l'interface est l'origine de l'appel : le côté qui appelle met ce bit à 0 et la destination met ce bit à 1. Le but de ce flag est de résoudre les problèmes pouvant provenir de demandes simultanées qui allouent la même référence d'appel. Une référence d'appel sur 3 octets est utilisée quand un octet additionnel est requis pour étendre la valeur de la référence d'appel de 7 à 15 bits. Cela peut être nécessaire dans le cas d'une interface Frame Relay très rapide qui utilisent beaucoup de circuits, ou dans le cas d'une interface NNI. La valeur de la référence d'appel est choisie par l'origine de l'appel quand le message initial de connexion de circuit est délivré.

Le type de message : il y en a 7 qui sont détaillés ci dessous :

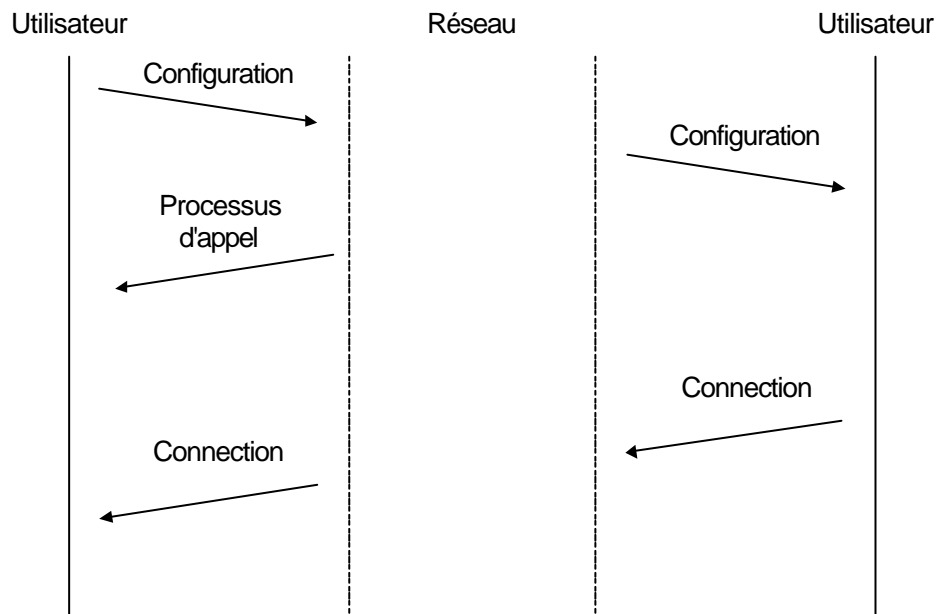
8	7	6	5	4	3	2	1	Type de message
0	0	0						Messages d'établissement d'appel
0	0	0	0	0	0	1	0	Processus d'appel
0	0	0	0	0	1	1	1	Connexion
0	0	0	0	0	1	0	1	Configuration

0	1	0						Messages de fin d'appel
0	1	0	0	0	1	0	1	Déconnexion
0	1	0	0	1	1	0	1	Libération
0	1	0	0	1	0	1	0	Libération complète
0	1	1						Messages divers
0	1	1	1	1	1	0	1	Status
0	1	1	1	0	1	0	1	Status enquiry

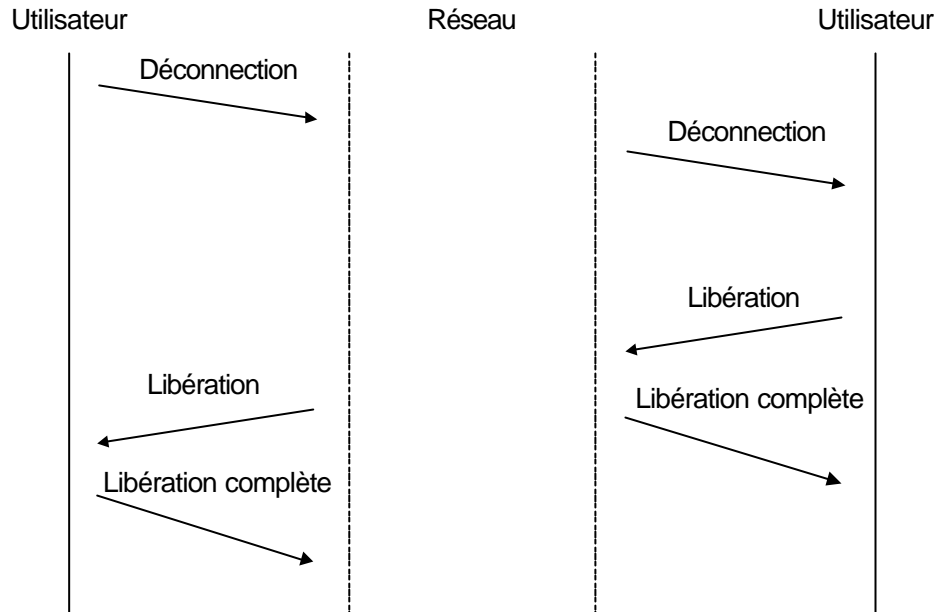
Éléments d'information : les éléments d'informations pour les procédures SVC varieront en fonction du message à envoyer. *Pour plus d'informations à ce sujet se référer aux annexes sur la norme FRF 4.*

Nous terminerons cette introduction sur le fonctionnement complexe des SVC par 2 schémas qui montrent comment on établit un appel, et comment on le libère.

Etablissement d'appel :



Libération d'appel :



3. Les évolutions futures du Frame Relay : la voix sur le Frame Relay

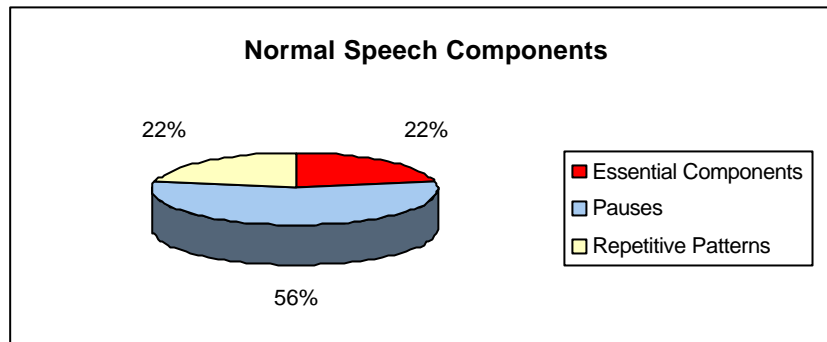
La normalisation de la voix sur Frame Relay, aussi appelé VoFR sera un des objectifs du Frame Relay Forum pour 1997.

Cette partie expose une courte réflexion sur le transport de la voix sur un réseau Frame Relay. Elle énonce quelques axes de recherche possibles.

Bien qu'un standard officiel soit actuellement en cours de normalisation dans des organisations comme le comité technique du Frame Relay Forum, il n'y a pas actuellement de standard ou d'accord d'implémentation qui ne soit défini pour l'interopérabilité des équipements de différents vendeurs, ou pour le transport de la voix sur des réseaux frame relay publics. En l'absence de tels standards, de nombreux vendeurs ont développé des méthodes propriétaires pour intégrer la voix sur le Frame Relay. Et même en l'absence de standards, il y a certains utilisateurs qui ont réussi à déployer de manière satisfaisante la voix sur les réseaux Frame Relay. Ce type de solution s'avère particulièrement intéressant pour les gestionnaires de réseau qui souhaiteraient faire passer la téléphonie sur leur réseau Frame Relay et ainsi réduire les coûts.

A l'inverse de la plupart des transmissions de données qui peuvent supporter les délais, les communications vocales doivent être opérées en temps réel. Cela signifie donc que les délais de transmission doivent être suffisamment court pour rester imperceptibles. Jusqu'à récemment, la transmission de la voix sur des paquets était impossible : notamment à cause de la bande passante nécessaire pour la voix, et des délais de transit.

On s'est rendu compte que seulement 22% d'un dialogue classique comportait des informations nécessaires :



La transmission de la voix sous forme de paquets est donc possible en analysant et en ne gardant que les composants essentiels de la voix, plutôt qu'en essayant de digitaliser l'ensemble de la voix (avec les pauses et les répétitions).

Les vendeurs d'équipement Frame Relay capable d'intégrer à la fois la voix et les données doivent considérer comment ils vont gérer la compression, l'effacement d'échos, les délais et les variations de délais, la perte de trame, et les mécanismes de priorité. Chacune de ces considérations peut affecter la qualité de la voix. Bien que des vendeurs offrant des équipements de transport de la voix sur le Frame Relay peuvent avoir les mêmes objectifs concernant la qualité et la performance, chaque vendeur peut choisir de mettre en place ces objectifs en utilisant différentes stratégies. Voici quelques explications sur les techniques les plus souvent utilisées :

- Pour la compression de la voix :

La compression de la voix consiste en la suppression des silences et des informations redondantes trouvés dans le langage humain. La compression de la voix est utilisée pour réduire le montant d'information nécessaires pour recréer la voix à l'autre bout. La voix digitalisée et le fax demandent une bande passante importante (ce qui rend leur transmission sur des liaisons lentes très peu pratique). L'utilisation d'algorithmes de compression utilisant peu de bits peut rendre possible la transmission d'une voix de qualité sans gaspiller la bande passante.

Plusieurs algorithmes peuvent être utilisés pour enregistrer la voix et réduire le nombre d'informations envoyé – tout en maintenant un bon niveau de qualité. Un algorithme simple est le ADPCM (Adaptive Delta Pulse Code Modulation) qui réduit la taille nécessaire d'un facteur 2 par rapport au PCM (Pulse Code Modulation), un standard de l'ITU pour la voix digitalisée, et consomme 64Kbps tout en étant optimisé pour la voix. PCM est l'algorithme communément utilisé sur les réseaux téléphoniques. ADPCM peut être utilisé à la place de PCM tout en maintenant la même qualité de voix. Il y a un nombre important de standards de compression vocale (par exemple le ITU G.729) comme d'algorithmes propriétaires implémentés par différents vendeurs qui permettent des réductions importantes dans la quantité d'informations nécessaires pour compresser et recréer la voix.

D'autres algorithmes de compression essaye de modéliser la voix de manière plus efficace (avec moins de bits) en utilisant d'autres technologies. L'utilisation de DSP (Digital Signal Processors) est vite rendu nécessaire. Au fur et à mesure que les algorithmes passent de 64kbps à 32,16,8 et même 4Kbps et au-dessous, les stratégies pour éliminer les bits redondants deviennent de plus en plus sophistiqués. Les processeurs DSP, généralistes et de coûts faibles ainsi que les algorithmes avancés de compression rendent possible la compression de la voix au sein de périphériques de type VoFR.

- Pour la suppression des échos :

L'écho est un phénomène que l'on trouve sur les réseaux de type voix. L'écho apparaît quand la voix transmise revient au point d'où elle a été transmise. Dans les réseaux de voix, les périphériques de suppression des échos quant à l'intérieur du réseau, les délais de propagations augmentent jusqu'au point où les échos apparaissent. Plus longue est la distance, plus il y a de délais, et plus il y a de chance qu'il y ait de l'écho. La voix transmise sur un réseau Frame Relay va aussi devoir faire face à ce type de problème. Avec l'augmentation des délais entre émetteur et récepteur les échos peuvent devenir perceptibles s'ils ne sont pas supprimés. Comme les fournisseurs de réseaux publics Frame Relay n'utilisent pas d'équipement de suppression d'échos dans leurs réseaux, c'est au vendeur d'équipement d'adresser le problème de la suppression d'échos dans ses équipements Frame Relay.

- Pour les délais et la variation des délais :

Les rafales et les tailles de trames variables du Frame Relay peuvent résulter en des délais variables entre paquets consécutifs. Cette variation dans le temps entre l'arrivée de chaque paquet est appelé " jitter ".

Le " jitter " peut empêcher la faculté qu'à l'équipement de réception du client final de régénérer la voix de façon correcte. Comme la voix est par conception une onde continue, un large saut entre les paquets de voix régénérés peut résulter en un son distordu.

Pour éviter de détruire certaines trames, les données peuvent être bufférisées au niveau du décodeur vocal suffisamment pour permettre de prévoir le pire cas de délais de type " jitter ". Les vendeurs d'équipement cherche à incorporer cette possibilité dans leur équipement.

- Pour la perte de trames :

La voix, comparé aux données, peut habituellement plus facilement résisté à la perte de paquets. Si un paquet de type VoFR est perdu, l'utilisateur ne pourra pas le percevoir dans la plupart des cas. Si une perte de paquet importante a lieu, c'est autant inacceptable pour la voix sur Frame Relay que pour le trafic de données. Ce n'est donc pas un facteur qui nécessite une étude spécifique.

- Intégration du trafic : support des modems et des fax :

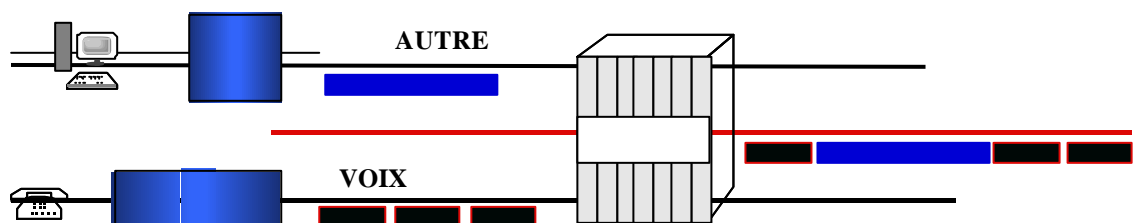
Les vendeurs qui implémentent des technologies de type VoFR semblent imiter les services du RTC. Dès lors, il peut être envisageable pour VoFR de supporter les services de Fax et de modems. Cette possibilité peut sembler bénéfique aux utilisateurs qui ont un fort trafic de fax entre les filiales et le siège de leur société. Les signaux modulés de type fax et modems peuvent être démodulés et transmis sous forme de paquets numériques. Malgré tout, il est difficile de compresser les signaux de fax et de modems de façon efficace pour obtenir l'utilisation de la faible bande passante souvent nécessaire pour obtenir une bonne intégration sur le Frame Relay. Quelques vendeurs ont implémenté des structures où la voix est compressée de manière forte, mais où la détection d'une porteuse fax, entraîne la réallocation de la bande passante vers un taux de transfert plus important qui permet des transmissions de fax plus rapides.

- Priorités :

La voix, le fax et certains types de données sont sensibles au délais. Cela signifie que le délais de transit ou la variation de délais excèdent une limite spécifique, le niveau de service sera dégradé. Pour minimiser le potentiel de dégradation de service, les vendeurs utilisent une multitude de mécanismes et techniques.

Pour minimiser les délais de trafic de la voix, un mécanisme de priorité qui fournit le service en premier au trafic sensible aux délais en peut être utilisé. Les vendeurs qui offrent des équipements capables d'intégrer la voix sur le Frame Relay peuvent choisir d'utiliser une variété de mécanismes propriétaires pour assurer un balancement entre la voix et les besoins de transmissions de données. Bien qu'ils puissent être différents, le concept reste le même. Par exemple, chaque trafic en entrée peut être configuré parmi une des nombreuses files de priorité. La voix et le fax peuvent être placés dans la plus file de plus haute priorité, pour une expédition immédiate sur le réseau. Les trafics de données de priorités plus faibles peuvent être bufférisés jusqu'à ce que les paquets de plus hautes priorités soient émis.

En voici un exemple :

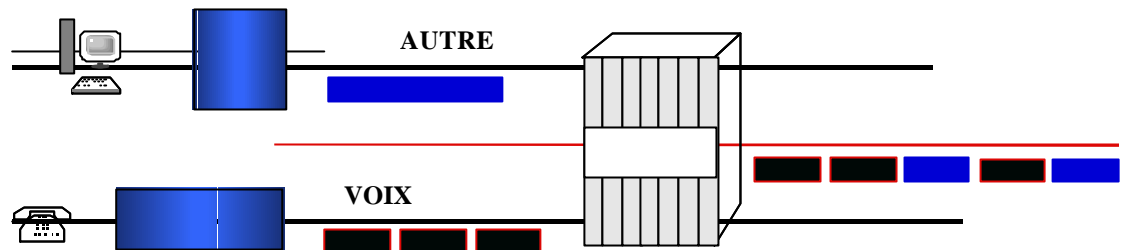


- Fragmentation :

La fragmentation est utilisée pour découper de larges blocs de données en de plus petits, moins créateurs de délais. C'est un autre moyen utilisé pour assurer la

meilleure qualité de voix possible. La fragmentation essaye d'assurer un flot constant de trames de voix, pour minimiser les délais.

Ceci se présente de cette sorte :



La fragmentation implique souvent toutes les données du réseau pour garder une qualité de voix consistante. C'est parce que même si la voix est fragmentée, des délais peuvent encore apparaître si une trame de voix est "retenue" derrière une large trame de données. La fragmentation des paquets de données assure aux paquets de voix et de fax une transmission plus régulière. La fragmentation, spécialement lorsqu'elle est utilisée avec des techniques de priorité, permet un flot de voix consistant. L'objectif de cette technique et des autres est de permettre à la technologie VoFR d'assurer un service approchant celui du téléphone public.

- Interpolation de la voix numérique :

L'interpolation gère la suppression des silences. La nature de la communication vocale assure une pause entre les mots et les phrases. Les algorithmes avancés de compression de la voix, qui identifient et enlève les patterns redondants, réduisent efficacement le montant de données à transmettre. L'interpolation de la voix numérique utilise des techniques avancées de traitement de la voix pour détecter les périodes de silence et supprimer la transmission de ces informations. En prenant en compte cette technique, l'utilisation de la bande passante peut être réduite.

- Techniques de multiplexage :

Certains vendeurs d'équipement offrent des FRADs (Frame Relay Access Devices) traitant la voix et utilisant différentes techniques de multiplexage optimisant la bande passante comme par exemple le Logical Link Multiplexing et le Subchannel Multiplexing. Le Logical Link Multiplexing permet aux trames de voix et de données de partager le même PVC (Permanent Virtual Circuit). Cela peut permettre de diminuer les dépenses portant sur les coûts d'un PVC et améliorer l'utilisation du PVC.

Le Subchannel Multiplexing est une technique utilisée pour combiner de multiples conversations vocales dans une même trame. En permettant à plusieurs de ces conversations d'être émises dans une même trame, l'overhead portant sur les paquets est réduit. Cela peut permettre d'améliorer la vitesse sur des liaisons lentes. Cette technique peut permettre aux connexions basse vitesse de transporter des petits paquets de voix de manière efficace à travers le réseau Frame Relay.

- Autres considérations :

En plus de fournir des services basiques comme l'encapsulation du trafic de données pour le transport sur un réseau Frame Relay, les FRADs qui supportent la voix peuvent parfois fournir une connectivité entre les PBX et les autres équipements de voix. Comme conséquence, les FRADs supportant la voix devront gérer les différents types de trafic et s'accommoder de leurs besoins.

APPLICATIONS

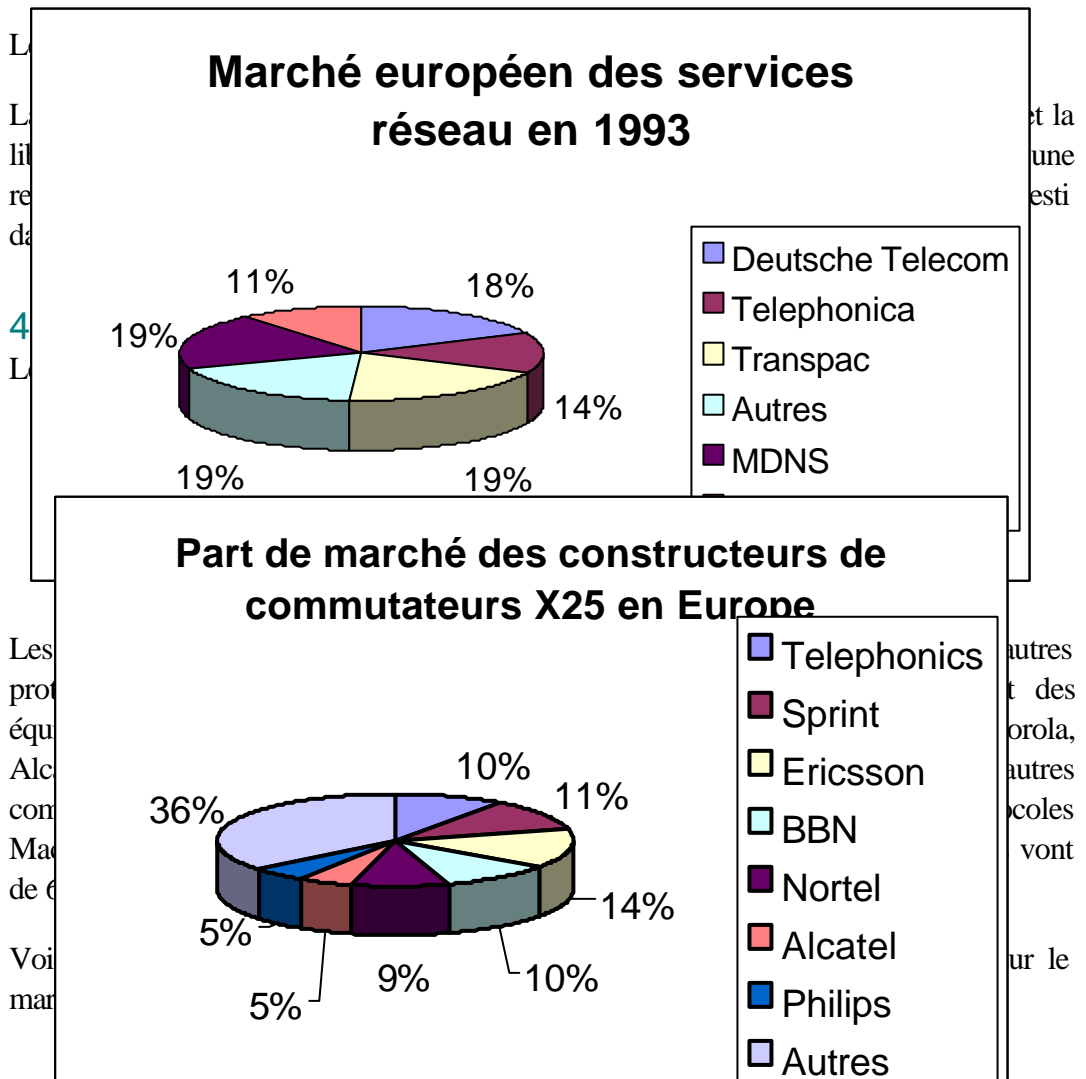
4. Les offres commerciales Frame Relay

Les offres commerciales peuvent être divisées en 2 :

- d'une part les offres des constructeurs de commutateurs,
- d'autre part les offres des opérateurs de télécommunication.

L'ATM n'étant pas pour l'instant très développé, les entreprises ne guère le choix pour interconnecter leurs réseaux : soit elles utilisent des liaisons louées (souvent onéreuses), soit elles utilisent une solution de partage des liaisons pour diminuer les coûts.

En Europe, l'ensemble de ces services est dominé par les opérateurs nationaux (même si depuis 1993, les services de transport de données sont ouverts à la concurrence). Les USA connaissent un développement des services Frame Relay important tandis que l'Europe reste attachée au protocole X25



Constructeurs	Références	Nombre de lignes	Débit max par ligne Télécom	Nb. De paquets commutés par seconde	Autres protocoles supportés
Alcatel	1100 PSX	<1024	2 Mbit/s	4000	SNA, SDLC, vidéotex, FR
	1100 MSDX	<8000	2 Mbit/s	5000	
CSEE	Unitel 1100	4 à 64	1 Mbit/s	700	X.25, X.32, X.29, vidéotex
Dynatech comm	CPX 20	<= 32	2 Mbit/s	3000	X.25, FR
Ericsson	PFS 550	4 à 1000	2 Mbit/s	1000	IP, SNA, VTS, FR, HDLC
	PTA	6	2 Mbit/s	500	
Nortel	Magellan DPN-100	8 à 50002	2 Mbit/s	64 à 7200	FR, SNA, IPX, source Routing
OST	Ecom 24	8 à 72	512 kbit/s	800	X.25, X.75, X.28, SNA,SDLC, VIP, vidéopad
	Ecom 72			1500	
SAT	Megapac E15	2	2 Mbit/s	1300	Eth, Mac, LLC, IP, OSI, classe3, QLLC, BSC
	Megapac VME 21	Min 4 max 72	2 Mbit/s	2500	
Telematics	Net 25	6 à 480	384 kbit/s	1000	FR, SNA, VIP routage TCP/IP
	Smartnet	6 à 50	384 kbit/s	1000	
TRT	LMX 506	6	2 Mbit/s	500	FR, HDLC, BSC, VIP, SDLC

	MCX 212	36	2 Mbit/s	800 à 4000	
	MCX 512	36	2 Mbit/s	1000 à 5000	
	MCX 512 Y	24	2 Mbit/s	1500 à 5000	

La montée en débit des liaisons X.25 à 2 Mbit/s peut contrarier les prétentions du protocole Frame Relay qui se développe outre-Atlantique. Les annonces ATM des opérateurs sont certainement le frein majeur au développement de FR, bien que ce dernier soit considéré comme très bien adapté à l'interconnexion des réseaux locaux. Frame Relay est proposé désormais au catalogue des principaux opérateurs. Même si ce service occupe une faible place, on compte en Europe plus de 200 000 raccordements directs X.25 contre simplement 12 000 portes Frame Relay dans le monde fin 93. Le fort potentiel du marché de l'interconnexion laisse entrevoir un décollage du marché du Frame Relay à partir de 1996-1997 comme le montre le graphique suivant :

Il passerait ainsi de 179 milliards d'écus fin 93 à 932 milliards en 1997 avec un fort développement des liaisons de plus de 1Mbit/s.

La nouvelle technologie de commutation rapide ATM risque cependant de venir modifier les cartes, car elle nécessite des efforts de recherche importants. Tous les acteurs majeurs de cette industrie, sans exception, y investissent. Beaucoup considèrent l'ATM comme une technologie structurante affectant à la fois les réseaux longue distance et les réseaux locaux. Il est encore trop tôt pour discerner avec certitude l'impact de cette nouvelle technologie sur le marché de l'interconnexion.

4.2 L'offre commerciale des opérateurs de télécommunication

Le Frame Relay représente une "bonne affaire" pour la plupart des opérateurs : de nombreuses offres sont donc disponibles !

L'offre est ainsi très riche en Amérique du Nord. Le tableau suivant résume quelques-unes des principales offres existantes dans ce pays :

Vendeur	Nom du service	Type du service	Débit max équipement terminal	Couverture	Projets
ATT Data Com. Service Group	Interspan	FR	Stratacom 1,024 Mbit/s commutation	USA	

BT Nord Amérique	Express LAN	FR	Tymnet Turbo Eur. (64 kbit./s USA 56)	USA Londres Paris	D, NL, Can, 1Mbit/s
Compuserve Inc.	FrameNet	FR	Stratacom 1,024 Mbit/s	USA	Londres, Paris, D, NL, Can
Infonet Inc.	InfoLAN	Router Network	IP routers 19,2 à 64 kbit/s	USA, CE, Zone Pacifique	FR lien avec MCI
US Sprint	-	FR	1,544 Mbit/s	USA	
Williams Tel. Gr.	Wilpak	FR	Stratacom 1,024 Mbit/s	USA	

4.2.1 L'offre de France Télécom

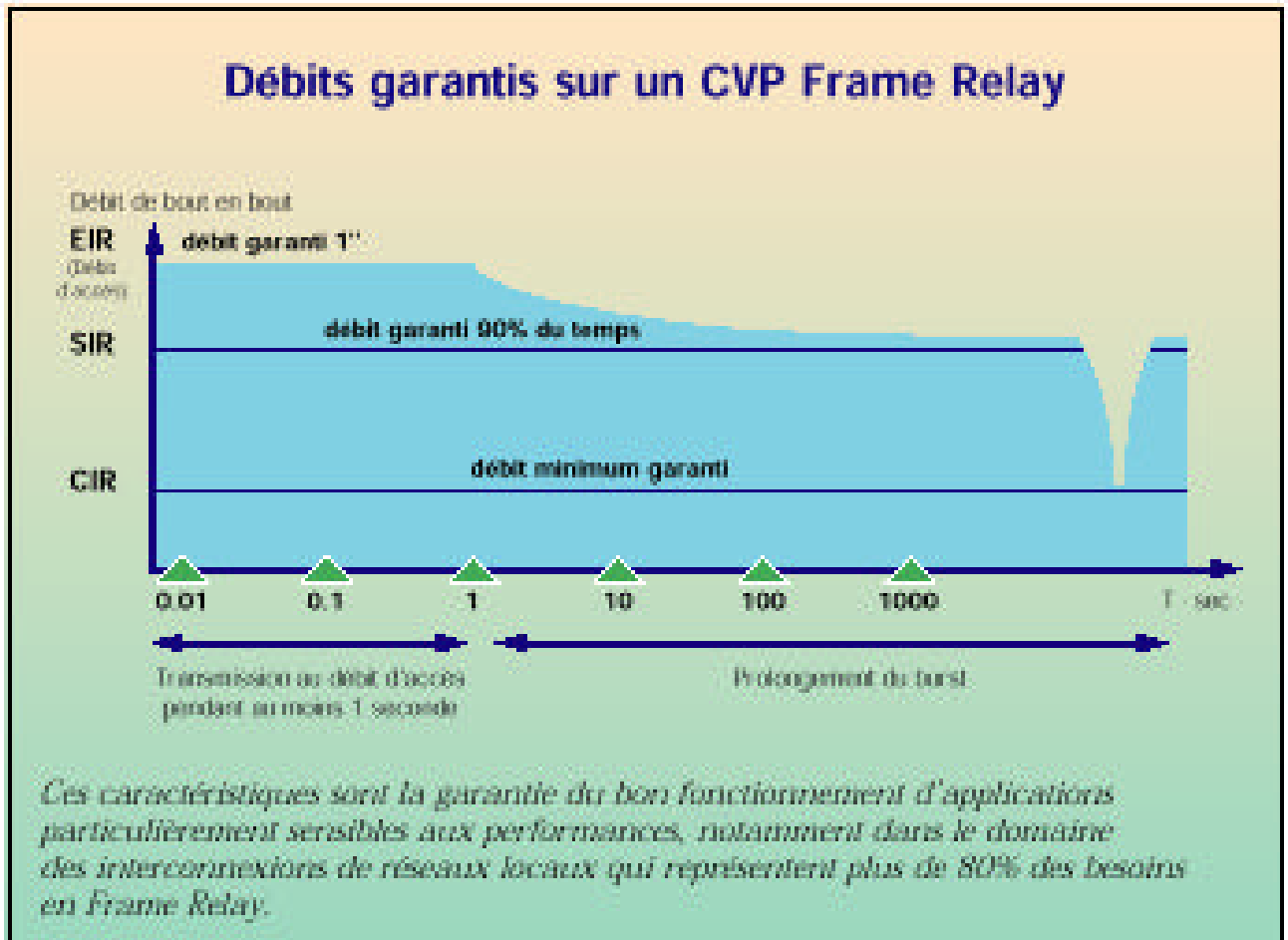
L'offre France Télécom pour l'interconnexion de réseaux locaux se décline en divers services dont l'un, IRLE, se met actuellement en place :

- IRLE (Interconnexion de Réseaux Locaux d'Entreprise) permettra de couvrir une gamme de débit allant de 4800 bit/s à 34 Mbit/s. Réseau multi-protocoles, il fournira les services 802.3, 802.5, FDDI, IP et DecNet en s'appuyant sur la technologie ATM.
- TRANSREL est un service d'interconnexion sur liens TRANSFIX point à point, pour des débits allant de 64 à 1920 kbit/s. La tarification se décompose en un abonnement pour chaque extrémité (3950F pour un réseau Ethernet, 3150F pour un réseau Token Ring – chiffres datant de 1994), auquel vient s'ajouter la location des liaisons spécialisées. France Télécom se charge de la connexion et assure l'exploitation et l'administration du service. De manière standard, cette offre fournit les points, assure la supervision et donne des statistiques sur l'utilisation du réseau.
- TRANSPAC, utilisant les techniques X.25 et Frame Relay sur des raccordements hautes vitesses. Chaque raccordement est défini par son débit et par l'interface qu'il présente. Depuis 1991, les débits de 64,128 et 256 kbit/s sont commercialement offerts. En 1992, sont venus s'y ajouter les débits de 384 kbit/s à 2 Mbit/s. Actuellement des évolutions vers des vitesses plus élevées (155 Mbit/s) sont envisagés. Le Frame Relay est apparu dans la gamme TRANSPAC en 1993. (*La documentation commerciale de Transpac sur le Frame Relay est jointe en annexe*)
- Les accès multi-services, contrairement au raccordement haute vitesse, qui n'offre qu'une seule interface à un débit donné, permettent de raccorder plusieurs terminaux présentant des interfaces différentes. Un accès

multi-services se compose donc d'un raccordement haute vitesse à débit choisi par le client et d'un matériel sur lequel sont raccordés les terminaux. Cet accès assure aussi les fonctions de multiplexage, concentration et commutation des données entre les interfaces locales. TRANSPAC assure l'installation de la configuration et la supervision des accès. Ces accès concentrés sont proposés en utilisant deux catégories d'équipements :

- Un routeur/concentrateur haut débit supportant les protocoles X.25, relais de trames, IP-DOD, sur des réseaux locaux de type Ethernet et HDLC. Il peut supporter jusqu'à 7 ports 2 Mbit/s ou 7 réseaux locaux Ethernet.
- Un concentrateur supportant les protocoles X.25, Frame Relay, HDLC jusqu'à 512 kbit/s et à des vitesses inférieures X.28, SNA/SDLC etc...
- Le service de commutation repose sur des liaisons virtuelles rapides, qui assurent une capacité de transmission entre deux raccordements à haute vitesse désignés par le client. Cette capacité allouée permet d'atteindre des débits allant de 128 kbit/s à 2 Mbit/s. Ces raccordements hautes vitesses sont indépendants de la procédure utilisée à l'interface abonné. On peut donc avoir plusieurs LVR (c'est ainsi que l'on nomme ces raccordements) sur un même lien physique. On peut aussi, en X.25, établir plusieurs circuits virtuels commutés (débits inférieurs à 64 Kbit/s) vers d'autres correspondants.

Les taux de transfert sur un réseau Frame Relay TRANSPAC sont illustrés par le graphe suivant (issu d'une documentation commerciale TRANSPAC):



On notera que TRANSPAC nomme le Bc (Burst Committed) par SIR et le Bc+Be par EIR.

Les tarifs des services hauts débits X.25 et Frame Relay sont identiques et se décomposent en trois parts : les frais de mise en service, l'abonnement mensuel et le trafic effectué. Les frais de mise en service s'appliquent à des raccordements d'une longueur inférieure à quinze kilomètres. Pour des longueurs supérieures un devis est établi.

De plus TRANSPAC ne communiquent tous les prix dont nous venons de parler qu'après avoir réalisé une étude du réseau Frame Relay que le client souhaite mettre en œuvre. Nous ne pouvons donc pas communiquer de listes de prix officielles.

Malgré tout, ce que l'on peut dire à propos de la facturation du trafic c'est qu'elle repose sur la notion de classe de trafic. Il existe six classes correspondant indifféremment à tous les débits proposés. Une classe de trafic est définie par un prix du kilo-octet et un minimum de facturation. Le client choisit la classe en fonction de ses prévisions.

Classe	Plancher en F/mois	Prix du Koctet réduit de
1	1000	20 %
2	2000	30 %
3	4000	40 %
4	8000	50 %
5	16000	60 %
6	24000	65 %

Ces tarifs s'appliquent à des transferts de données entre des sites A et B définis à l'avance. Le trafic écoulé hors des LVR est redevable au prix normal, soit 0.054F le ko (tarifs 1994).

Voici un tableau des caractéristiques du réseau Frame Relay TRANSPAC d'après une publication de TRANSPAC :

Frame Relay en bref

Les caractéristiques du service standard Frame Relay Transpac :

- Débits des accès directs de 64 Kbit/s à 2 Mbit/s ;
- Deux Committed Information Rate unidirectionnels indépendants
 - CIR simplex - par CVP ;
- Débits des CIR de 4 à 384 Kbit/s ;
- Débits EIR jusqu'à 400% du débit CIR en fonction des CIR ;
- Garantie de débit CIR de plus de 98% du temps sur une heure ;
- Garantie du débit EIR pendant 90% du temps sur une heure ;
- Les garanties CIR et EIR permettent un débit moyen jusqu'à 368% en fonction des débits des CIR et des accès du CVP ;
- Délai de transit interne au réseau de 40 ms en moyenne nationale et de 60 ms en moyenne internationale ;
- Capacité de burst à la vitesse de l'accès au minimum pendant 1 seconde ;
- Taux de disponibilité du réseau de 99,99%.

France Télécom, par l'intermédiaire de sa filiale TRANSPAC, exploite le premier réseau de transmission de données au monde utilisant le protocole X.25. Ayant construit sa réputation sur une indiscutable qualité de service, il a choisi de ne pas

abandonner les mécanismes de protection qui lui permettent d'offrir cette qualité. Il conserve donc ses algorithmes de contrôle de flux, tout en augmentant la puissance de ses commutateurs. L'offre de relais de trames n'est due qu'à la pression exercée par le parc important de routeurs et concentrateurs d'origine nord-américaine dotés d'une interface de relais de trame et à une très active campagne de publicité des opérateurs américains ! Le développement de cette activité au niveau européen passe par la société ATLAS (en association avec Deutsche Telecom) et au niveau international par l'accord signé mi-95 avec l'opérateur américain Sprint et avec Deutsche Telecom. Cette alliance fournira un service " sans coupure " et globale, de télécommunication.

4.2.2 L'offre de BT

Cinquième opérateur mondial, BT réalise une part très importante de son chiffre d'affaire à l'international. Pour les transmissions de données, la société propose le GNS, Global Network Service. GNS offre ses services dans plus de 100 pays avec 1200 accès. Ce réseau géré de bout en bout, permet une extension vers les hauts débits en relais de trames. D'autre part BT joue à fond sa carte internationale grâce à plusieurs filiales disséminées tout autour du monde et à son accord avec MCI.

Revenons plus en détail sur le GNS :

Le service GNS repose sur le plus grand réseau à valeur ajoutée du monde. Il offre des prestations remarquables en matière de confidentialité, d'intégrité de données, un grand nombre de conversions de protocoles et de points d'accès. GNS constitue la plate-forme à partir de laquelle BT propose une gamme complète de services à valeur ajoutée. Il offre les avantages suivants :

- un support client, une gestion et un contrôle du réseau assurés de bout en bout,
- une procédure de connexion standard sur l'ensemble du réseau,
- le choix d'une facturation centralisée ou locale dans la plupart des devises,
- un interlocuteur unique pour l'ensemble des services. Il suffit d'indiquer les villes et pays avec lesquels le client désire communiquer, BT se charge de la mise en place.

GNS est un réseau très souple, construit sur une architecture logicielle sécurisée. L'adjonction ou la modification d'un service se fait par téléchargement sans l'intervention sur le site client !

BT a été le premier opérateur à proposer un service relais de trames transatlantique. Avec un débit pouvant atteindre 2Mbit/s, cette technologie permet d'interconnecter des réseaux locaux dans des délais incomparables. Pour cette interconnexion, BT ne propose que le relais de trames. En effet son offre X.25 ne couvre que les débits allant de 9600 à 64 000 bit/s. C'est un service qui s'intègre dans l'offre GNS et permet des raccordements à des débits de N fois 64 kbit/s. Les débits proposés sont de 64, 128, 256, 512 kbit/s et 1 et 2 Mbit/s.

L'implantation du service couvre la plupart des pays d'Europe : Royaume Uni, France, Allemagne, Espagne, Belgique, Italie, Suède, Amérique du Nord, et Japon.

Cependant les sites GNS Frame Relay ne sont implantés que dans les principaux centres de ces pays. Par exemple, en France, les sites de raccordement au GNS se situent à Toulouse, Marseille, Lyon, Paris.

4.2.3 L'offre de AT&T

AT&T, premier transporteur de données nord américain propose en Europe une offre pour la transmission de données. Cette offre s'articule sur une surveillance de bout en bout des services, au travers d'un seul point de contact. C'est le concept Managed Network Services.

Pour supporter cette offre, AT&T a développé dans 16 pays européens un réseau maillé de liaisons numériques haut débit. Les nœuds du réseau AT&T sont tous constitués de commutateurs Net IDNX, assurant ainsi une homogénéité totale à l'ensemble du réseau. Deux centres de supervision sont installés en Europe : l'un à Reddich (Grande-Bretagne), l'autre près de Amsterdam.

AT&T ajoute à ses services une importante valeur ajoutée :

- étude et architecture de réseau,
- fourniture de boucles locales,
- coordination technique avec les services des P&T,
- installation de routeurs,
- maintenance logicielle des routeurs,
- facturation des services au forfait,
- facturation centralisée dans une monnaie choisie.

AT&T propose également un service complet de gestion des télécommunications de l'entreprise à travers l'offre AMS, Acumaster Management Services, de supervision de réseaux.

Les services des liaisons spécialisées propose des accès standards numériques dédiés de 9.6 à 128 kbit/s, en utilisant tous les types de protocoles. Ces liaisons sont utilisées principalement pour le transfert de fichiers ou la communication entre réseaux locaux. Accunet Packet Service Europe (APS-E) constitue l'offre de service X.25, permettant des débits allant de 2.4 à 64 kbit/s. Ce réseau, reposant sur une infrastructure privée homogène, permet d'éviter la mise en place de liaisons internationales coûteuses et difficiles à gérer.

Pour l'interconnexion des réseaux haut débit, AT&T propose InterSpan, service de Frame Relay offrant une connectivité transparente entre 20 pays principalement situés en Europe et Amérique du nord. InterSpan offre en standard des accès dédiés de 64 kbit/s à 2 Mbit/s et intègre la gestion des protocoles, du réseau et des circuits virtuels permanents.

Pour plus d'information sur les offres commerciales Frame Relay :

Une étude sur la répartition des offres sur le plan mondial est jointe en annexe (*Frame Relay 1996 : Carrier and user profile update final report*)

5. Présentation d'un matériels spécifiques au Frame Relay : Le FRAD

Les Frame Relay Assembler/ Disassemblers (FRADs) plus connus sous le nom de périphériques d'accès au Frame Relay permettent aux protocoles et aux services non Frame Relay d'avoir accès au service Frame Relay en tant que moyen de transport. Le terme FRAD est originaire du marché de la commutation de paquet, marché où des périphériques connu sous le nom de PAD (Packet Assembler/disassembler) remplissaient la même fonction sur des réseaux de commutation de paquets depuis des années. A l'inverse de celui ci, le FRAD n'a pas été standardisé si on fait exception des procédures limitées d'encapsulation multi-protocoles spécifiées par le Frame Relay Forum (*norme FRF 3.1 en annexe*). Les vendeurs ont le choix de développer leur solution propriétaire.

Un FRAD peut être un périphérique séparé ou une fonction intégrée à un commutateur Frame Relay. Les protocoles entrent dans le FRAD, sont mappés vers les DLCI appropriés, et sont transportés à travers le réseau Frame Relay vers un FRAD éloigné, où l'opération inverse est effectuée. Le mapping en DLCI est généralement en "one-to-one" : chaque connexion logique de l'utilisateur se voit alloué un DLCI différent. Malgré tout, cela ne signifie pas forcément que chaque utilisateur se voit alloué un DLCI différent. A l'intérieur de SNA par exemple, il est fort probable qu'un contrôleur (contenant plusieurs utilisateurs) se voit attaché à un FRAD à l'aide d'une seule connexion physique, et multiplexera probablement tous les utilisateurs sur un simple DLCI sur le FRAD.

En sachant que le FRAD prend un protocole non LAN (ex : SNA, X25, BSC) et le converti en Frame Relay : quel est donc son fonctionnement ?

On peut le décomposer en 3 grandes fonctionnalités :

1. La fonction de prise en compte du multi-protocoles :

Les réseaux doivent être transparents envers les applications et les utilisateurs. En particulier il est important que l'utilisateur ne soit pas conscient d'être en face d'un réseau Frame Relay ou d'un FRAD ; en conséquence la fonction de prise en compte du multi-protocoles (en anglais : Multi-protocol handling component) doit agir comme si l'utilisateur était directement relié à sa destination. Par exemple dans le cas de SNA, cela nécessite que la fonction continue à "poller" le périphérique SNA à la même cadence, et offre une réponse de polling similaire, comme si la destination était directement connecté.

2. Le composant de protocole de service:

Après la première étape énoncée ci-dessus, les données de l'utilisateur passent par la fonction de transformation de protocole de service (en anglais : service protocol transformation function). Le protocole de service est un protocole de la couche transport offrant un niveau défini de service pour le FRAD. Il prend les éléments de protocoles multiples et les encapsule dans un protocole de plus haut niveau prêt pour le transport à travers le réseau Frame Relay. Cette encapsulation a été mise en place pour corriger les erreurs à l'intérieur du service Frame Relay. Elle peut aussi lancer des actions de recouvrement de données entre FRADs, afin d'assurer que chaque donnée détruite par le réseau Frame Relay est retransmise par le FRAD et non par l'utilisateur. Cette fonction permet aussi à un FRAD d'être déployé à l'intérieur d'un réseau Frame Relay avec un minimum de problèmes. L'utilisateur existant continuera d'utiliser les mêmes applications et ne verra pas les pertes de données à l'intérieur du réseau Frame Relay, même si le réseau doit détruire des trames en cas de congestion.

Le protocole de service employé par les différents vendeurs de FRAD peut être différent mais il sera souvent basé sur le protocole X25. La raison de cela est que les vendeurs de commutateurs de paquets auront pris leurs PAD existant auquel ils auront simplement ajouté le Frame Relay en tant qu'interface réseau !

3. Le composant Frame Relay :

Les données encapsulées par le protocole de service passent à travers le module logiciel Frame Relay qui mapperait un canal utilisateur individuel en un DLCI pour une transmission sur le Frame Relay.

Un point à noter à propos des FRAD est que pour qu'ils puissent offrir les meilleures performances possibles, l'interface Frame Relay entre les FRAD et le réseau backbone doit être rapide. Des vitesses de 2Mbps sont à prévoir ; beaucoup moins et les avantages de l'infrastructure de réseau Frame Relay seraient perdus.

Les bénéfices apportés par les FRAD sont les suivants :

- une réduction du coût grâce à une solution de réseau intégré pour tous les besoins de données des utilisateurs,
- possibilité pour un réseau d'utiliser un réseau public Frame Relay de coût plus faible, aussi bien en tant qu'infrastructure réseau complète ou en tant qu'infrastructure supplémentaire par rapport à une infrastructure existante,
- simplification de la transition entre un réseau de commutation de paquets et un réseau Frame Relay à haute vitesse.

Exemples de FRAD :

CISCO : FRAD 2502

MOTOROLA : MPRouter 6520

6. Présentation de quelques réseaux Frame Relay Européens

Les schémas de réseaux suivant nous ont été fournis par la société TRANSPAC : ces différents exemples illustrent les différentes possibilités d'utilisation d'un réseau Frame Relay.

6.1 Le réseau FR Finnpap

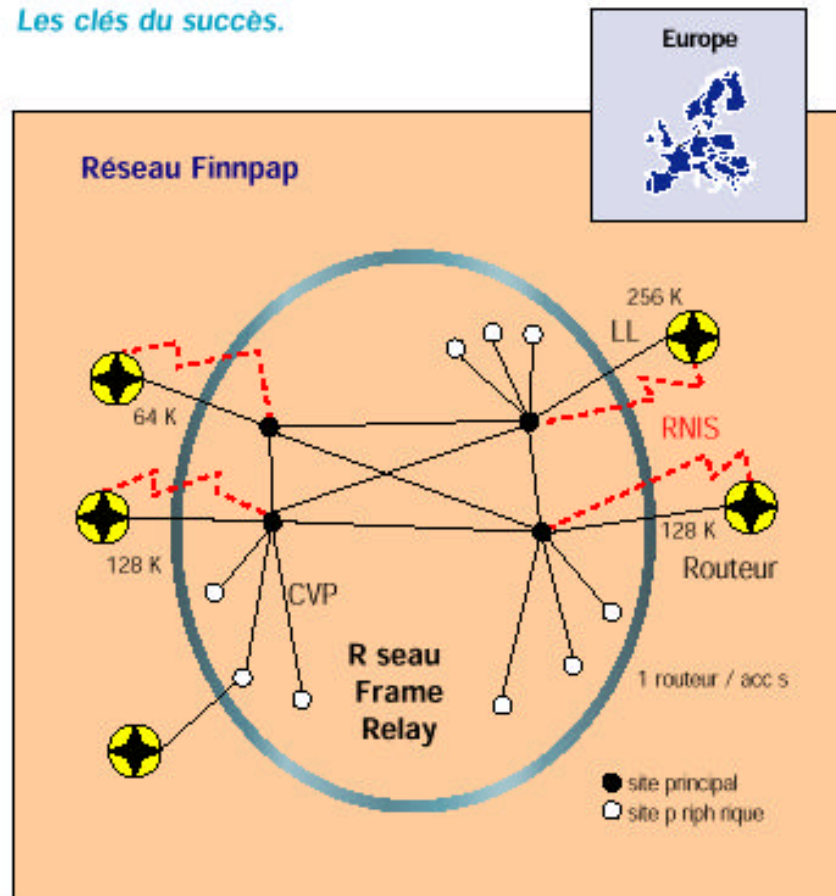
La société finlandaise Finnpap vend du papier dans plus de 100 pays et dispose de 50 agences commerciales dans le monde. Le réseau Finnpap fourni comprend 42 accès Transpac Europe répartis sur 34 sites en Europe dans 15 pays pour une application d'Interconnexion de Réseaux Locaux. Le service inclut la fourniture de routeurs en location/maintenance, le secours des Liaisons Louées de raccordement par RNIS et de tous les accès avec fourniture d'un Terminal Graphique de Supervision en Finlande. Les protocoles utilisés sont variés : TCP/IP, SNA, DECNET sur Token Ring ou Ethernet, et PPP/SLIP sur les accès supplémentaires par RTC.

Le graphe suivant nous montre l'organisation du réseau :

Les clés du succès.

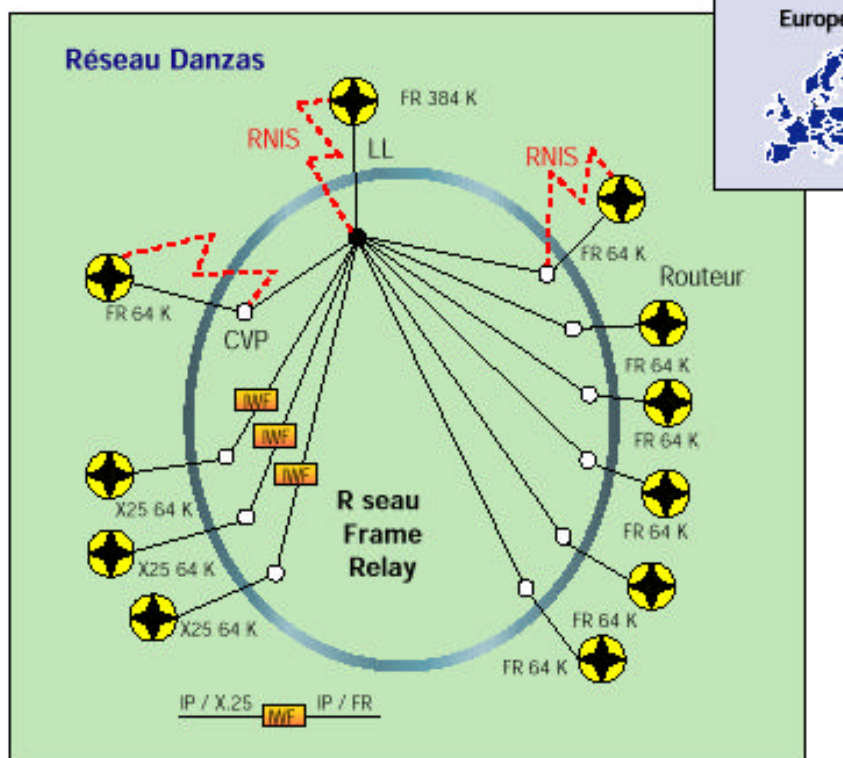
6.2 Le réseau u FR Danzas

La société Danzas, entreprise de logistique et de transport, souhaitait raccorder 23 agences en Europe

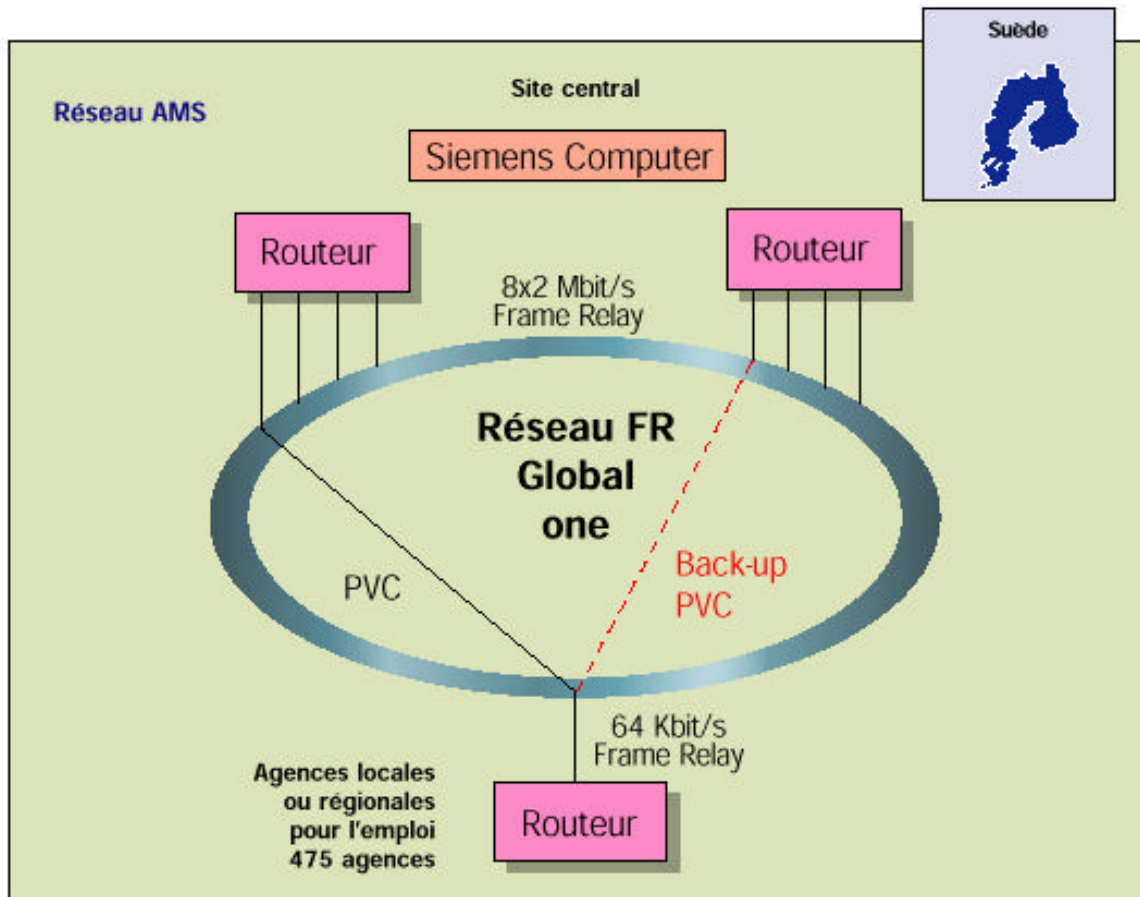


sur une application informatique client-serveur liée à son service de transport rapide international sur toute l'Europe. Le réseau fourni se compose d'une étoile autour d'un site central et d'une vingtaine de sites dans neuf pays d'Europe. Tous les sites sont raccordés en FR sauf six sites pré-existants raccordés en X25 ; la solution d'interfonctionnement entre FR et X25 est mise en œuvre – Internetworking Function, IWF. Les accès de 64 Kbit/s à 384 Kbit/s sont reliés avec des CVP de débits de CIR asymétriques de 8 à 64 Kbit/s. Les services incluent la fourniture de routeurs Cisco en location / maintenance, le secours (par RNIS) et la supervision ; les protocoles utilisés sont variés : DECNET, TCP/IP, FR, X25...

6.3
Le
rés
eau
FR
AM
S
AMS
,
équiv
alent
de
l'Age
nce
Natio
nale
pour
l'Emp

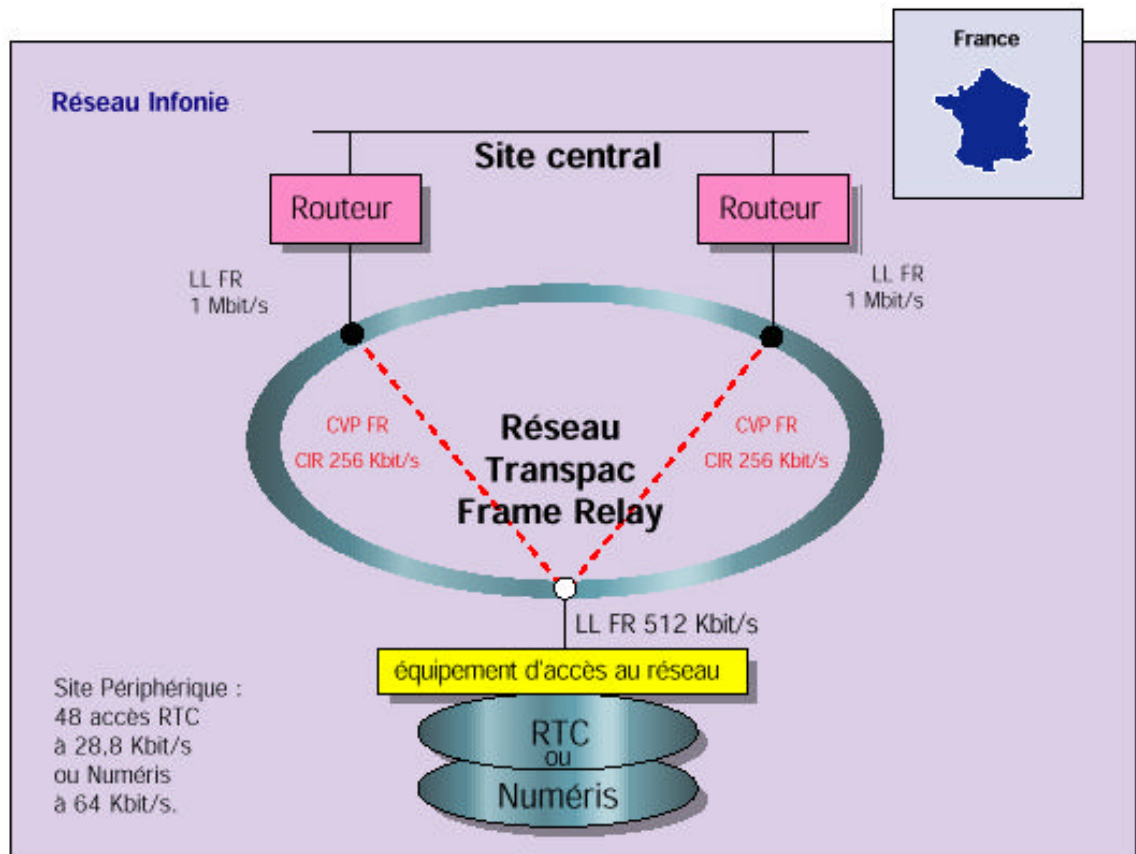


loi en Suède, a retenu Transpac pour la fourniture d'un réseau national Frame Relay. Ce réseau, en cours de déploiement, sera le plus grand réseau Frame Relay, public ou privé, de Suède. L'application basée sur le principe Client/Serveur sous TCP/IP est une configuration en étoile. Au total 475 Jobs Centers locaux ou régionaux – routeurs- sont connectés au réseau Frame Relay par des liaisons de 64 Kbit/s. Le site central – 2 routeurs de grande connectivité – est relié au réseau Frame Relay par 8 liaisons 2 Mbit/s – 4 par routeur. Chaque Job Center est relié au site central par deux PVC Frame Relay – CIR 48 Kbit/s.



6.4 Le réseau FR Infonie

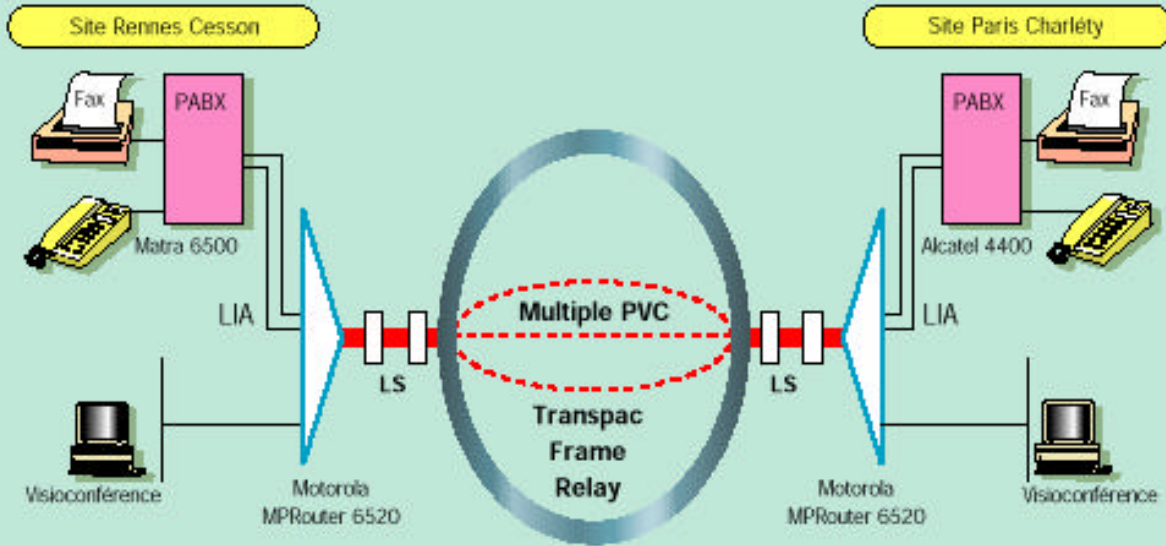
Infonie est un exemple d'utilisation du réseau Frame Relay comme réseau de backbone. Infonie, fournisseur d'information en ligne, a mis en place un service couvrant l'ensemble du territoire français et accessible à partir du RTC ou du RNIS. Le réseau est constitué d'un site central situé en région parisienne et de 25 sites régionaux équipés de serveurs de communications. Ce réseau comprend des accès téléphoniques et RNIS dans les sites régionaux, des équipements d'accès au réseau – fournis par Transpac –, les équipements d'extrémité du site central – routeurs fournis par Transpac – et des fonctions de débordements sur chaque site régional quand il y a dépassement de la capacité nominale. Le site central et les sites périphériques sont reliés au réseau par 2 accès FR à 1 Mbit/s pour le site central et 25 accès FR à 512 Kbit/s pour les sites périphériques. Des CVP (PVC) avec CIR de 256 Kbit/s sont configurés entre les sites périphériques et le site central.



6.5 Un exemple de réseau FR transportant de la voix

En parallèle des applications de données, Transpac poursuit son expertise du Frame Relay en expérimentant sur son réseau Frame Relay, les applications de voix. En effet, avec les nouvelles offres voix de plusieurs constructeurs de FRAD comme par exemple Motorola, Philips, ACT, des tests utilisant le service Frame Relay de Transpac ont été effectués. Les résultats ont permis de mettre en évidence un confort d'écoute très satisfaisant et de pouvoir étendre les applications Frame Relay sur Transpac. Les deux principales applications sont le support de circuits permanents voix entre sites et l'interconnexion de PABX. Pour ce deuxième type d'application, une expérience en grandeur réelle a été effectuée entre deux sites de Transpac : deux FRAD Motorola – MPRouteur 6520 – reliés via liaisons spécialisées au réseau Transpac FR permettent l'interconnexion de deux PABX ainsi que de réseaux locaux dédiés à la visioconférence. Plus qu'une expérience ponctuelle, cette utilisation du Frame Relay pour transporter la voix est désormais une réalité opérationnelle durable entre les sites Transpac de Rennes et de Paris.

Application de voix : interconnexion de 2 PABX et de réseaux locaux dédiés à la visioconférence entre les sites Transpac de Rennes et de Paris.



Conclusion

Le Frame Relay est actuellement un protocole d'interconnexion beaucoup moins médiatisé et beaucoup moins connu que son grand rival : l'ATM. Malgré tout, on peut le considérer comme un concurrent sérieux de ce dernier grâce aux avantages que celui possède sur son adversaire :

- le coût des déploiements est beaucoup plus faible,
- sa technologie proche de X25 facilite la transition avec ce protocole, dominant encore le marché des interconnexions de réseaux locaux européens

De plus, certains avantages de l'ATM, comme le transport des données à contrainte de temps telle la voix sont progressivement atténués par l'apparition de techniques de transport de la voix sur le Frame Relay. Loin de rester passif, le Frame Relay Forum contribue aux développements de ce protocole. Auparavant considéré comme étant une solution intermédiaire avant le déploiement universel de l'ATM "everywhere", on tend maintenant à étudier les solutions de cohabitation (FRF 5 : Frame Relay/ATM PVC Network Internetworking Implémentation Agreement, et FRF 8 Frame Relay/ATM PVC Service Internetworking Implémentation Agreement en sont des exemples !) entre ces 2 protocoles.

Frame Relay est encore au début de sa courbe de croissance en Europe et la plupart des opérateurs poussent leurs clients à passer de X25 à Frame Relay, service souvent facturé à un coût identique pour un débit pouvant être temporairement supérieur ce qui satisfait les attentes des utilisateurs.

Le Frame Relay est donc un protocole qu'il ne faut pas ignorer et dont on sera sûrement amené à entendre parler dans les années à venir !

ANNEXES

Glossaire (défini par le Frame Relay Forum)

ANSI :

American National Standard Institute. C'est un organisme qui développe et publie des standards pour les USA. ANSI a publié des standards pour la compression de la voix, pour les réseaux .

Bc (Committed Burst Size) :

Le flot maximum de données (en bits) que le réseau autorise à transférer , dans des conditions normales , pendant un intervalle de temps Tc .

Be (Excess Burst Size) :

Be est le maximum de données durant la période Tc que l'utilisateur peut excéder au-dessus de Bc.

BECN (Backward Explicit Congestion Notification) :

Il s'agit d'un bit positionné par le réseau Frame Relay pour indiquer à un DTE que la procédure pour éviter une congestion est initialisée .

CCITT :

Le comité consultatif International Télégraphique et Télématique est un comité spécialisé de l'Union Internationale des Télécommunications, elle-même rattachée à l'Organisation des Nations Unis. Le CCITT est composé des administrations des Postes des différents états membres. Son rôle est de concevoir des standards pour relier divers équipements aux réseaux publics de télécommunications.

CIR (Committed Information Rate) :

Le CIR est le débit de données que l'utilisateur est sûr de voir passer dans le réseau à n'importe quel moment et sans aucun problème. Le CIR n'a aucun lien avec le débit réel de la ligne de l'utilisateur. Un utilisateur peut avoir une ligne à 2Mbps et avoir, par exemple un CIR de 64Kbps. Cela signifie que l'utilisateur sera toujours sûr de passer 64Kbps mais en pic de charge il pourra faire passer sur la ligne jusqu'à 2048Kbps.

DE (Discard Eligibility) :

Le bit DE sert pour indiquer que les trames qui ont été envoyées en excès du CIR , peuvent être retirées si nécessaires.

DLCI (Data Link Connexion Identifier) :

Les DLCI à l'intérieur de la trame Frame Relay sont utilisés pour indiquer les adresses source et destination pour chaque utilisateur. Quand un utilisateur envoie une trame à un autre utilisateur, l'équipement origine place le DLCI destination à l'intérieur de la trame. Au point destination le réseau place le DLCI de l'équipement origine dans la trame qui doit être envoyé à l'équipement destination .

FCS :

Le Frame Check Sequence est utilisé pour contrôler que la trame a été reçue sans erreurs et consiste en deux octets contenant un code cyclique redondant utilisant le polynôme générateur du CCITT ($X^{16}X^{12}X^5+1$).

FRAD :

Frame Relay Access Device, matériel qui formate les données d'autres réseaux pour leur utilisation sur un réseau Frame Relay.

HDLC (High Level Data Link Control) :

famille de protocoles évolués orientés bit (pas de notion de caractère) fonctionnant en mode synchrone bidirectionnel, utilisant une procédure de sécurité de type code cyclique et une anticipation des échanges (envoi des trames sans attendre les accusés de réception) permettant d'optimiser les lignes. Ce type de protocole normalisé par l'ISO est très utilisé, notamment dans les réseaux X.25 ou le RNIS.

LAPB (Link Access Procedure Balanced) :

Version avancée de HDLC . Utilisée dans la commutation de paquets de réseaux X25.

LAPD (Link Access Procedure on the D-Channel) :

LAPD est un HDLC dérivé utilisé par RNIS sur lequel est basé le Frame Relay.

LMI :

Local Management Interface. Le protocole LMI sert à contrôler et commander la connexion entre l'utilisateur et le réseau. Il s'assure que le lien entre le réseau et l'utilisateur est actif. Il enregistre l'ajout et la suppression des PVC (permanent virtual circuit). Enfin il délivre des messages d'état sur la disponibilité des circuits à intervalle régulier.

NNI :

Le NNI est désigné pour faire office d'interface entre 2 sous-réseaux Frame Relay. Le but du NNI est le transfert de données à haute vitesse, congestion, et le transfert d'informations de circuit.

PVC :

Permanent Virtual Circuit,

SDLC (Synchronous Data Link Control) :

protocole développé par IBM dans le cadre de son architecture SNA. Protocole orienté bit (pas de notion de caractère), il travaille en mode synchrone bidirectionnel avec contrôle de redondance cyclique. Il est l'ancêtre des protocoles HDLC dont il est très proche.

SVC :

Switched Virtual Circuit.

UNI :

Le Frame Relay UNI est un protocole qui permet à l'utilisateur d'accéder à un réseau public ou privé et d'établir un chemin de communication avec un autre utilisateur à l'intérieur du même réseau.

Vitesse d'accès :

La vitesse de l'accès détermine la rapidité avec laquelle l'utilisateur final peut envoyer ses données sur un réseau Frame Relay .

Bibliographie

Frame Relay

Philip Smith

ADDISON-WESLEY (Data communications and networks series)

Frame Relay Networks

Black

MC GRAW HILL

Les Réseaux

Guy Pujolle

EYROLLES

Réseaux haut débit

Marc Boisseau

Michel Demange

Jean-Marie Munier

EYROLLES

Réseaux haut débit

Pierre Rolin

HERMES (Collection réseaux et télécommunications)

The Guide to Frame Relay Networking

Heckart

FLATIRON PUBLISHING

Newsgroup sur la technologie Frame Relay

comp.dcom.frame-relay

World Wide Web

Site du Frame Relay Forum : www.frforum.com

Tout sur...le Frame Relay : www.starburstcom.com/frelay.htm

Brochure publicitaire Transpac : le service Frame Relay

Etat du marché FR en 1996

Exemples de normes FRF :

FRF1.1 (UNI)

FRF3.1 (Encapsulation)

FRF4 (SVC)