
	<b>R&amp;T – 2<sup>ème</sup> année</b>	
	UE3 – TR3	Année universitaire 2011-2012

**Module TR3**

**Transport des données : PDH, SDH, WDM**

**Responsable : Frédéric LAUNAY**

# I. Table des Matières

--

## II. Multiplexage de Transport SDH/PDH

### Introduction

Le Réseau Téléphonique Commuté RTC (PSTN en anglais) et le Réseau Numérique à Intégration de Service RNIS (ISDN en anglais) permettent le transport de conversations téléphoniques et également de données via l'insertion de modems (modem RTC normes V21 à V92 ou carte RNIS pour un PC).

L'aiguillage des communications téléphoniques dans le réseau est assuré par les commutateurs téléphoniques qui sont les mêmes pour les deux réseaux. Cependant alors que pour le RTC la numérisation s'effectue au niveau du commutateur, le RNIS étend la numérisation jusqu'à l'abonné et les interfaces RTC et RNIS au niveau du commutateur sont différentes. IL faut bien comprendre que l'objectif du RNIS était de satisfaire une communication numérique de bout en bout. Il faut donc pouvoir, sur la boucle locale existante permettre une transmission numérique en bande de base, full duplex sur deux fils.

Le RTC et le RNIS sont organisés en 4 sous-parties :

- L'installation de l'abonné RTC ou RNIS.
- **La boucle locale** ou réseau de distribution est l'organisation technique mise en oeuvre pour relier les abonnés au commutateur le plus proche (commutateur de rattachement).
- **La commutation** est la partie centrale du réseau. La commutation assure le raccordement de l'abonné au réseaux, gère la signalisation, assure la concentration, le multiplexage et l'aiguillage des communications dans le réseaux.
- **La transmission** est l'ensemble des techniques mises en oeuvre pour relier les commutateurs entre eux. L'ensemble des dispositifs et des supports de transmission entre commutateurs est appelé réseau de transmission ou réseau de transport.

L'échange d'informations nécessaire à l'établissement, au maintien et à la rupture de la communication s'appelle la **signalisation**. On distingue 2 catégories de signalisation :

- la signalisation sur la boucle locale : signalisation par impulsion ou DTMF pour le RTC et signalisation DSS1 pour le RNIS;
- la signalisation entre commutateurs : signalisation CCITT N°7 ou SS7 définie par la recommandation Q.700.

Le réseau RTC et le RNIS assurent aussi des fonctions d'accès à d'autres réseaux, ou services comme par exemple au réseau à commutation de paquets, à Internet, au GSM,....

Le réseau déployé en France est segmenté en fonction des différents besoins en débit, en bande passante, en distance de transmission, ... On distingue trois grandes catégories :

- Les réseaux longues distances (ou les WAN, Wide Area Network). Ce sont les réseaux déployés à l'échelle d'un pays ou d'un continent et dont les noeuds sont de très grands centres urbains.

- Les réseaux métropolitains (Metropolitan Area Network = MAN) qui correspondent aux réseaux mis en oeuvre dans une grande ville ou une agglomération et qui permettent de relier entre eux par exemple différents arrondissements.
- Les réseaux locaux (Local Area Network = LAN) encore appelés réseaux de distribution ou réseaux d'accès. Ils représentent le dernier maillon et finissent d'acheminer les informations à l'abonné. Ils sont donc plus courts et moins gourmands en capacité.

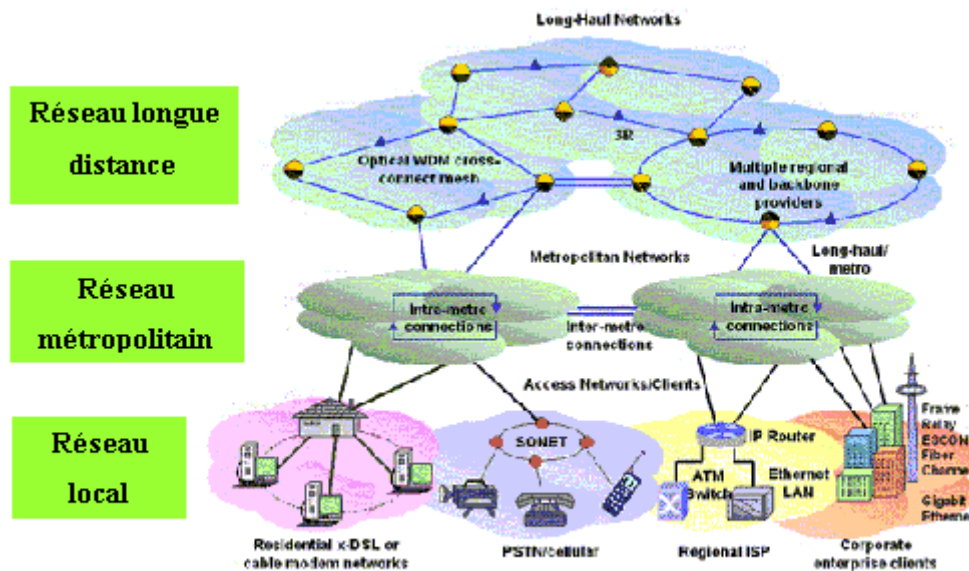


Figure n°1 : Architecture typique du réseau de télécommunications français.

En ce qui concerne le réseau téléphonique, on rappelle que c'est un réseau maillé structuré autour de commutateurs centraux (CL, CAA, CTS ou CTP) reliés entre eux par des supports physiques partagés (câble, fibre optique, ...). Les divers supports physiques ont des qualités intrinsèques en terme de débit, de bruit, de protection aux bruits, d'atténuations, ... mais représentent un coût non négligeable : Les réseaux longues et semi-longues distances (WAN et MAN) se caractérisent par l'importance des coûts de réalisation des supports physiques de transport alors que dans un réseau local (LAN) les lignes utilisées sont assez courtes (quelques kms) mais les travaux de voirie sont de coûts non négligeable. Les prix de revient de l'exploitation d'une ligne sont répartis entre :

- voirie (terrains particuliers, différentiel de température élevé, villes anciennes, ...)
- câbles très robustes dans les emplacements les moins exposés aux agressions
- placement de répéteurs, de régénérateurs

Ainsi, pour économiser le coût du réseau de transmission, plusieurs communications se partagent le même support physique et les utilisateurs sont connectés en mode point à point via des multiplexeurs. Les communications analogiques sont en général multiplexées en fréquence (FDM) alors que les communications numériques sont multiplexées dans le temps TDM. L'arrivée de la fibre optique a permis d'atteindre des performances de plusieurs centaines de Mbits/s jusqu'à des dizaines de Gbits/s par un multiplexage en longueur d'onde (WDM).

La numérisation du réseau téléphonique par le RNIS a permis de définir (et de normaliser) plusieurs niveaux de multiplexage. Le premier niveau de la hiérarchie est appelé débit primaire (E1 en Europe ou DS1 en Amérique). Ensuite, le multiplexage dans le réseau de

transport de haut débit consiste à associer ou regrouper des débits incidents ou primaires au niveau des commutateurs centraux pour former un débit supérieur qui soit plus facile à transmettre et à gérer dans le plan de transmission. Le regroupement s'effectue dès que possible avec comme objectif de partager au moindre coût les supports physiques de transmission. La fonction de multiplexage s'introduit donc naturellement au sein du réseau téléphonique pour réaliser cet objectif. Il existe deux hiérarchies de multiplexages numériques :

- Le PDH : Plesiochronous Digital Hierarchy
- Le SDH : Synchronous Digital Hierarchy.

Le PDH a constitué la base de tous les réseaux de transport jusqu'aux années 1990. La hiérarchie numérique plésiochrone (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH / DS<sub>n</sub>) a été mise en place en parallèle à la numérisation du réseau RTC (POTS en Amérique) pour répondre principalement à la demande de la téléphonie. Les réseaux PDH/DS<sub>n</sub> ont été développés à une époque où les transmissions point par point représentaient l'essentiel des besoins. L'évolution du réseau de transport haut débit est marquée par l'introduction des techniques synchrones (SDH). Fondée sur un réseau de distribution d'horloge, la hiérarchie synchrone garantit la délivrance de bits en synchronisme avec une horloge de référence. Elle autorise de plus des débits plus élevés et répond à un besoin de normalisation des fibres optiques.

Cependant, la hiérarchie PDH reste malgré tout aujourd'hui la technologie dominante sur la plupart des réseaux de télécommunications du monde, même si elle est en train d'être remplacée progressivement par la hiérarchie numérique synchrone (Synchronous Digital Hierarchy, SDH) en Europe ou la technologie SONET (Synchronous Optical Network) en Amérique. En effet, si les cœurs de réseaux sont aujourd'hui SDH, la distribution des débits chez l'utilisateur repose sur la hiérarchie plésiochrone.

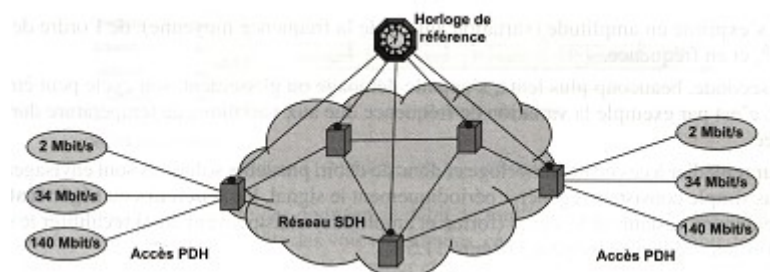


Figure n°2 : Cohabitation des techniques PDH/SDH (Claude Servin : Réseaux et Telecom)

### III. Hiérarchies synchrones (xDH)

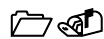
#### Rappel sur la numérisation du réseau Téléphonique

La modernisation du réseau téléphonique commuté s'est conçu en numérisant les signaux analogiques de la voix. La bande passante étant de 300 Hz à 3400 Hz, pour respecter la condition de Nyquist, la voix est échantillonnée à  $f_e=8$  kHz, soit  $T_e=125\mu s$ .

L'échantillonnage correspond à la transformation du signal analogique en un signal numérique. L'amplitude de chaque échantillon est quantifiée à la valeur la plus proche, et est représentée par un nombre codé sous forme binaire par le biais d'une modulation MIC G.711. On échantillonne le signal à 8 kHz puis on converti les échantillons en données numérique sur 8 bits, soit un débit par voix de 64 kHz.

Pour transiter plusieurs appels téléphoniques sur un même câble, on opère un multiplexage temporel : le signal MIC d'une voix n'a pas la nécessité d'occuper le canal de transmission pendant la totalité du temps entre deux échantillons. On transmet ce signal sur une durée très courte par rapport au temps séparant deux échantillons (125  $\mu s$ ), ce qui permet d'entrelacer, dans l'intervalle de temps inoccupé d'autres communications.

#### A. PDH



#### Organisation de la trame MIC

##### Trame E1 : BPN

Le système MIC normalisé par les Européens est appelé MIC **E1** (Européen, 1<sup>er</sup> Niveau). La normalisation s'est arrêtée sur la transmission de 30 voies de données plus deux voies annexes appelées voies d'information par multiplexage temporel. On divise donc l'intervalle séparant 2 échantillons successifs pour une voie par 32 Intervalles de Temps égaux par l'aide de Multiplexeur

##### Trame E2 : BSN

La trame E2 est un regroupement de 4 trames E1, on peut ainsi écouler 120 communications. On l'appelle également Bloc Secondaire Numérique ou BSN

##### Trame E3 : BTN

La trame E3 est un regroupement de 4 trames E2, on peut ainsi écouler 480 communications. On l'appelle également Bloc Tertiaire Numérique ou BTN



## Multiplexage des trames MIC

### Multiplexage bit à bit

Le multiplexage bit à bit consiste à insérer un bit de chaque voie ( $A_k, B_k, .. N_k$  représente un seul bit). En appelant trame, le motif élémentaire qui contient les informations de chacune des voies, chaque trame reçoit donc un bit de chaque canal avec une durée identique. Le bit  $N_k$  sera retardé par rapport au bit  $A_k$ , mais ce décalage est faible. La resynchronisation est permise par le biais de tampon.

Il s'agit du mode de multiplexage utilisé pour les trames E2, E3 et E4

### Multiplexage octet par octet

Le fonctionnement est identique au multiplexage bit par bit, on insère maintenant un octet de chaque canal entrant. Les informations  $A_k, .. N_k$  de chaque trame sont donc composées de 8 bits

Il s'agit du mode de multiplexage utilisé pour la trame E1.

### Restitution des données

Le transport de données s'effectue par blocs de données, nommées trames. Les trames se suivent sans interruption, en substituant le manque de données (quand il n'y a rien à transmettre) par des bits de bourrage. Les trames comportent de zones principales de données :

- La zone d'information ou données de services, avec un contrôle de la qualité de transport
- Les données transportées, désignées souvent par charge utile.

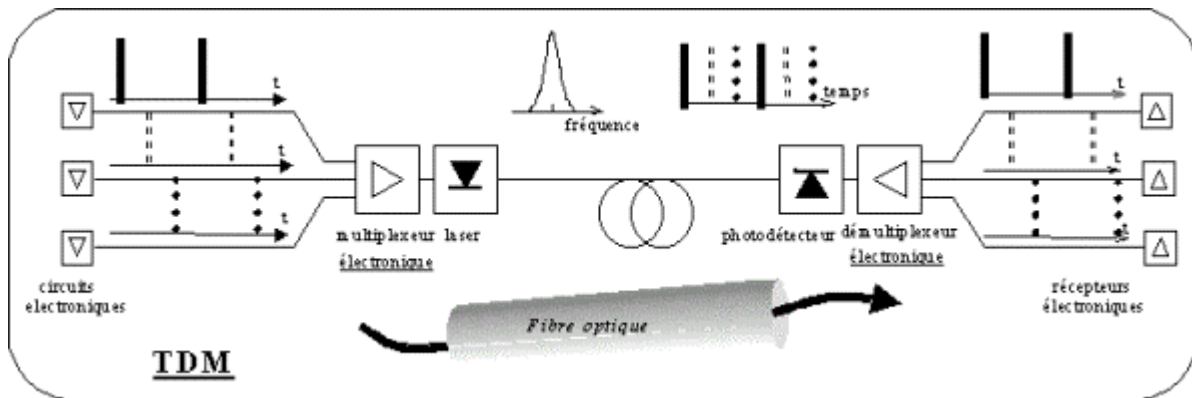
Une deuxième organisation se définit par un ensemble de trames (une **multitrame**) dans laquelle **les informations de service sont réparties sur plusieurs trames**.

La synchronisation du récepteur nécessite la réception complète d'une multitrame.

Les données de service assurent principalement :

- La détection du bloc de transport, sa position dans le flux de bits ; cette fonction est appelée verrouillage de trame
- Les informations d'identification des trames et/ou des multitrames
- Les informations d'exploitation
- Les informations de maintenance
- Les informations de signalisation entre équipements (ex : Multiplexeur, démultiplexeur).

Les hiérarchies synchrones consistent à multiplexer et à transporter des éléments de débit inférieur en les transmettant à des débits supérieurs. Il existe différents moyens de multiplexer des données, par exemple un multiplexage fréquentiel ou temporel. Dans la hiérarchie PDH et SDH, le multiplexage est temporel.



La restitution des différentes voies nécessite l'identification de celles-ci. Un IT de signalisation permet d'identifier le début de la trame, d'assurer la synchronisation de la lecture des différentes voies et de positionner les voies incidentes. L'ensemble des différentes voies et des IT de synchronisations forme la trame multiplexée, encore appelée multiplex. On trouve ainsi le cas pour une trame E1 constitué de 30 ITs d'informations (30 voies incidentes) et deux IT de signalisation.

Les débits inférieurs sont ainsi élevés à une valeur supérieure avec une indication de leur présence dans la trame résultante (signalisation). Le débit n'est donc pas exactement le multiple de ce qui rentre mais légèrement plus. Afin d'illustrer ce propos, on se reporte aux figures 3 et 4 sur lesquelles le débit réel est de 2048 kbit/s pour un multiplexage de 30 voies à 64 kbit/s. Ce choix de 64 kbit/s est basé sur la numérisation de la ligne téléphonique (cf. RNIS). Pour rappel, le traitement de la parole produit une suite d'échantillons (procédé MIC) codé sur 8 bits toutes les 125  $\mu$ s. Entre deux mots de 8 bits, il est possible d'insérer des mots provenant d'autres voies (Recommandation G711). Le multiplexage des différentes voies dans une trame s'effectue en respectant toujours le même ordre d'émission. La trame est ainsi composée d'intervalles de temps élémentaire (IT ou timeslot) dans lequel se trouve un octet (8 bits). Pour un utilisateur, chaque IT lui correspondant est séparé périodiquement de 125 $\mu$ s. En Europe, la trame est composée de 32 IT dont deux sont utilisés pour la signalisation, le Japon et l'Amérique du Nord émettent quant à eux 24 IT dans la trame auquel il faut rajouter un bit de verrouillage de trame (soit un total de 193 bits par trame). Il s'agit du premier niveau de multiplexage, normalisé par l'avis G.704 de l'UIT.

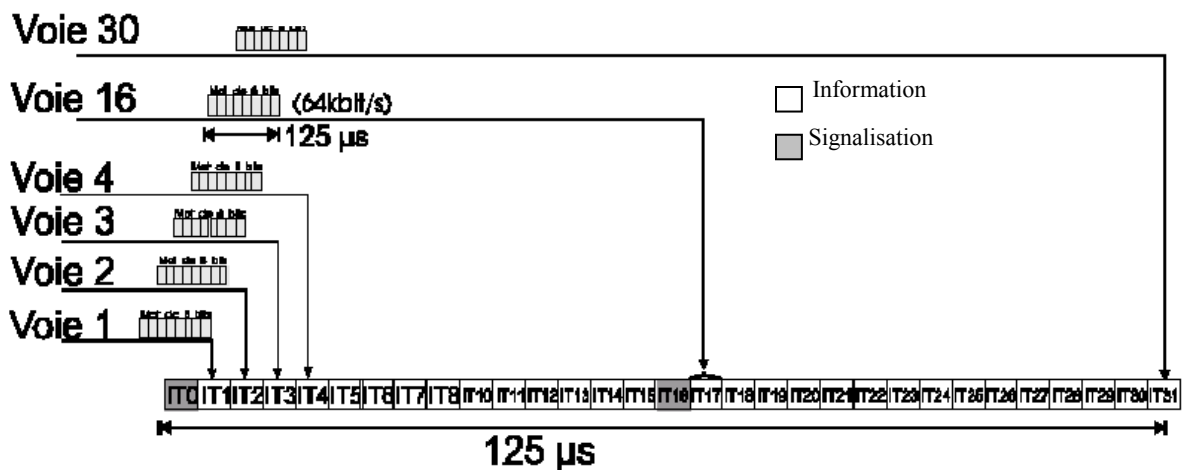


Figure n°3 : Structure de la trame E1-MIC (Standard européen)



Le Japon, l'Amérique du Nord et l'Europe ont défini des standards différents en terme de multiplexage temporel primaire. Cette différence va générer des standards propres à chaque niveau de multiplexage (E1 à E4 en Europe et DS1 à DS3 en Amérique du Nord). Sur la figure 4, nous représentons le nombre de voies utiles multiplexées et les débits réels correspondant.

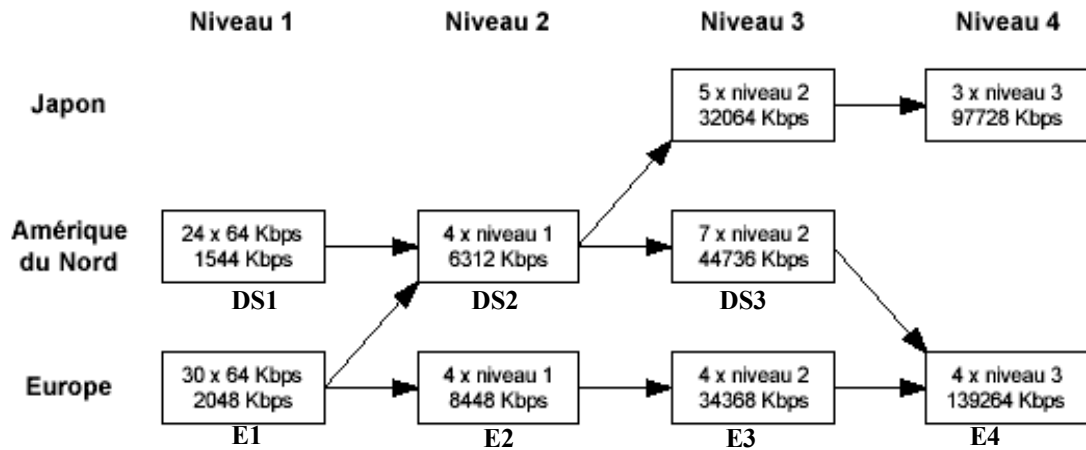


Figure n°4 : Hiérarchisation plésiochrone PDH

Le principe de multiplexage plésiochrone étant de construire des débits supérieurs directement à partir du débit inférieur, on obtient les débits de base de 2.048, 8.448, 34.468, 139.264 Mbit/s en Europe et 1.544, 6.312 et 44.736 Mbit/s en Amérique du Nord. Des interfonctionnements 2048 vers 6312 et 44736 vers 139264 Mbit/s sont prévus par la norme.

### Multiplexeur à insertion-extraction

Ce multiplexeur permet d'extraire ou d'insérer des flux déjà multiplexé. Il comporte un circuit de démultiplexage pour extraire les affluents entrant ; des entrées, sorties d'affluents (à insérer ou extraire) et un multiplexeur pour reconstituer un multiplex principal de même débit.

### Répartition et Brassage

Le répartiteur se trouve en bout de chaîne. Il n'a pas de fonction de retransmission (routage), il se charge de multiplexer N canaux de débit primaire vers un débit plus élevé.

C'est un dispositif permettant de répartir les fils de cuivre composant les lignes d'abonnés entre les câbles reliés au commutateur d'abonnés et dont la fonction est de regrouper plusieurs lignes sur un même câble.

## B. SDH

Le SDH peut transmettre des données multiples de 1.536 Mb/s et 2.048 Mb/s, c'est à dire les débits PDH dont elle assure le relais. Les débits de base de la **hiérarchie synchrone** sont 155,520 Mbit/s, 4 fois 155,520 (environ 620 Mbit/s) et 16 fois 155,520 (environ 2,5 Gbit/s). Parfois, les données sont transportées dans un débit de base plus faible, 51.84 MB/s qui est constitué par une suite de trames appelées STM-0 et qui correspond au STS-1 en standard Américain SONET. Le passage de la trame de base à un débit supérieur s'effectue simplement par **entrelacement d'octet** et non bit à bit comme c'est le cas pour la hiérarchisation PDH. Il apparaît aujourd'hui sur le marché les premiers systèmes à 64 x 155,520 Mbit/s soit environ 10 Gbit/s. Ces informations ne transitent non plus sur des câbles mais sur des fibres optiques.

Niveau SDH	Débit en kbit/s	Niveau SONET	Débit en kbit/s	Supports
STM - 1	155.520	STS - 1	51.840	FO, Coax, radio
STM - 4	622.080	STS - 3	155.520	FO
STM - 16	2.488.320	STS - 12	622.080	FO
STM - 64	9.953.280	STS - 48	2.488.320	FO

Tableau récapitulatif des débits des normes SDH et SONET

### La trame SDH

Le transport de données s'effectue par blocs de données appelées Trames ; chaque bloc comporte deux principales zones de données : La zone des informations ou données de services, et les données transportées désignées par charge utile.

La trame de base, appelée STM-1 'Synchronous Transfert Module 1' est structurée en octet et est divisée en trois zones dévolues aux informations suivantes :

- Capacité Utile ('Payload') qui est l'information utile, c'est-à-dire celle de l'utilisateur.
- Les pointeurs
- Le surdébit de section (SOH='Section OverHead') qui est réservée à l'exploitation et à la maintenance. En effet, l'exploitation et la maintenance nécessitent l'utilisation de données de services, bits ou octets supplémentaires qui accompagnent les données. Elles entraînent une augmentation de débit.

Le signal utile, c'est-à-dire l'affluent est projeté dans une enveloppe adaptée au débit du signal et à la structure de la trame, appelé Conteneur.

#### 1. Le Conteneur (Cn)

Le conteneur Cn est une entité sous forme de blocs d'octets dont la capacité est dimensionnée pour assurer le transport d'un des différents débits affluents à la SDH définis par le CCITT. Le conteneur joue le rôle de régénération du signal plésiochrone de départ, il récupère l'horloge et transforme le code de transfert selon les débits entrants. Le " n " de **Cn dépend du débit entrant**, par exemple :

Dénomination	Débit entrant (Mbits/s)
C11	1.544
C12	2.048
C3	34.368 ou 44.736
C4	139.264

### Récapitulatif des différents débits versus le conteneur

**C4** : Après récupération des données provenant d'un signal à 140 Mbit/s (ATM ou TN4 de la PDH) le C4 est élaboré en positionnant ces données dans un paquet de 180 blocs (9 x 20) chacun constitué de 13 octets. (9 x 20 X13 x 8 bits =18720 bits en 125 µs soit 149, 760 Mbit/s>139264 Kbit/s ce qui laisse des bits libres pour une éventuelle justification).

**C3** : Il est élaboré à partir d'affluents à 34Mbit/s provenant du multiplex tertiaire TN3 de la PDH. Les données récupérées sont placées dans un conteneur de 756 octets (9 x 84 octets) soit un total de (9 x 84 x 8bits en 125 µs = 6048 bits en 125 µs = 48, 384 Mbit/s)

**C12** : La figure ci dessous illustre l'organisation du C12 pour un affluent à 2 Mbit/S :

Le conteneur contient donc un paquet de données utiles (payload) arrivés au rythme du débit de l'affluent, plus un certain nombre d'octets de bourrage dont le rôle est d'adapter le débit incident à la structure de la trame.

Ce conteneur est transporté dans le réseau de transmission SDH, le chemin dans le réseau entre le point d'entrée et le point de sortie, constitue ce qu'on appelle un conduit ('path'). Une des propriétés essentielles de la SDH est de pouvoir gérer ce conteneur (indépendamment de son contenu) et son conduit à travers le réseau. A cette fin, des bits de gestions appelés POH (surdébit de conduit) sont ajoutés au conteneur. L'ensemble constitue ce qu'on appelle un conteneur virtuel.

## 2. Le conteneur virtuel : VCn (Virtual Contener):

Le conteneur virtuel VCn est alors obtenu à partir du conteneur en lui ajoutant un entête (PATH OVER HEAD = POH) utilisé pour la gestion du conteneur (routage, concaténation, justification...).

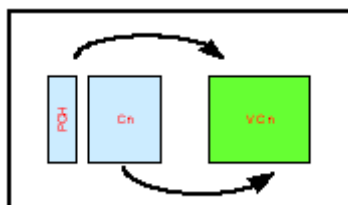


Figure n°5 : Conteneur virtuel

Les VCn sont des éléments de bases transportés par le réseau SDH, ils seront multiplexés pour obtenir des blocs plus grands et ainsi de proche en proche jusqu'à l'obtention d'une trame de base STM-1 constitué de 2430 octets.

Le conteneur virtuel VC est une entité gérée par le réseau SDH.



### Le VC est l'entité gérée par le réseau SDH

Figure n°6 : Conteneur et conteneur virtuel

Il existe deux niveaux de VC : Le Low-Order VC (LO-VC) et le High Order VC (HO-VC). Les LO-VC correspondent aux affluents de base 1.5Mbits/s (DS1) et 2 Mbit/s (E1) (soit VC-11 et VC-12) et aux affluents PDH : 6Mbit/s et 34 Mbit/s ou 45 Mbit/s (respectivement VC-2 et VC-3).

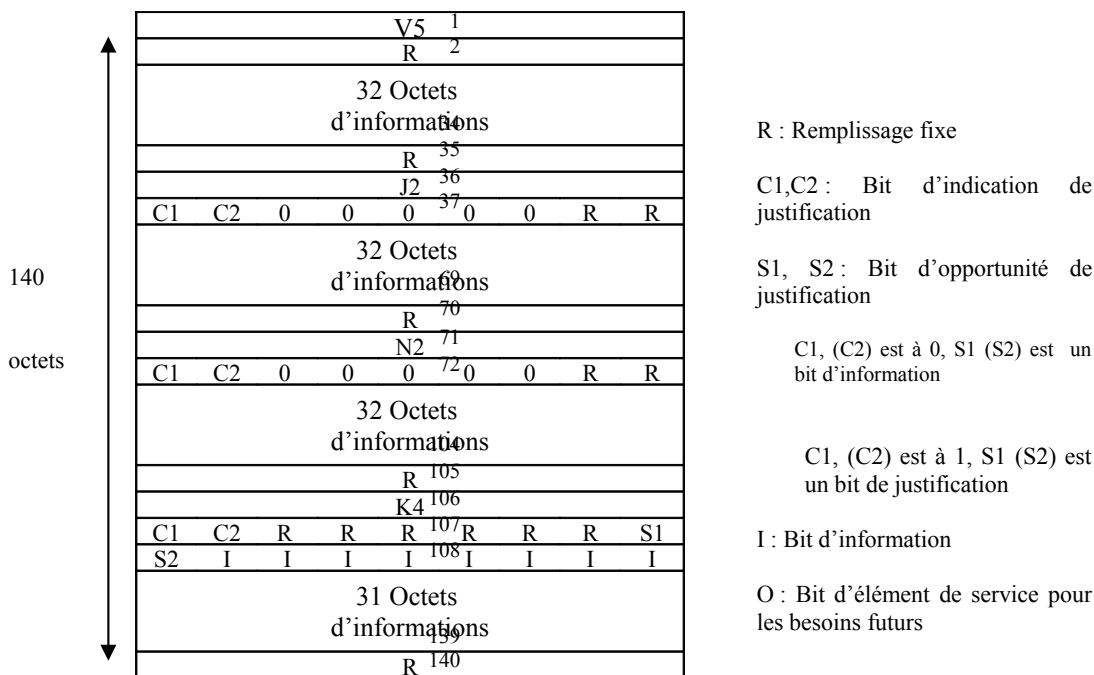


Figure n°7 : C12 : Périodicité de 500 µs (cf insertion MIC E1)

### 3. L'unité d'affluent : TUn (Tributary Unit)

Pour pouvoir remplir un VC avec un affluent et le projeter dans la trame SDH, tout en pouvant le localiser immédiatement, la SDH utilise un pointeur, c'est-à-dire une adresse. L'idée est de ne pas placer le conteneur à un endroit précis dans la trame, ce qui nécessiterait des mémoires-tampons pour synchroniser, mais d'indiquer dans une zone mémoire (pointeur),

l'adresse relative du conteneur par rapport au début de la trame. Pratiquement, le VC flotte donc à l'intérieur des trames et est le plus souvent en chevauchement sur deux trames consécutives. Ce pointeur est nécessaire car les Tus sont construites à l'aide d'horloge SDH qui est indépendante de celles des affluents, le début d'une TU ne coïncide pas forcément avec celui d'un VC. La valeur de ce pointeur indique l'emplacement du VCn dans la trame de transport. Ce pointeur est associé au processus de justification du VC dans la trame de transport, c'est à dire que la position du VC dans la trame peut changer si il y a justification.

Le pointeur a donc deux fonctions importantes : Rattraper le déphasage des trames synchrones (justification) et assurer la synchronisation des trames asynchrones.

### a) Justification

Bien que le réseau soit synchronisé (cf. Figure 1), il existe toujours un problème d'asynchronisme comme en PDH, dû au fait que les horloges locales ne sont jamais exactement synchrones et que la gigue et le dérapage affectent le transport d'une trame synchrone d'un noeud vers un autre à travers le réseau. Pour résoudre ce problème, on utilise le mécanisme des pointeurs mais aussi des octets de justifications.

La justification est l'opération permettant d'adapter un signal de débit variable dans une trame de débit fixe. Chaque niveau (plésiochrone ou synchrone) étant défini avec une plage  $\pm \Delta x$ . pour pouvoir garantir le transport de  $Entree = X \pm \Delta x$  dans la trame, il faut lui allouer le plus grand débit possible,  $S1 = X + \Delta x$ . Ce débit S1 est constitué comme suit :

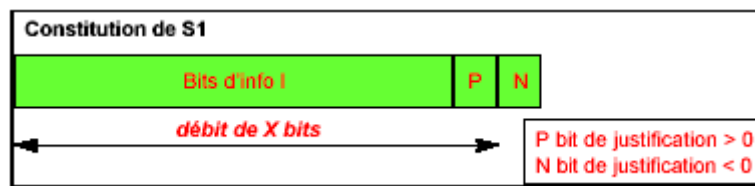


Figure n°8 : Taille de la trame pour une justification positive ou négative

Le pointeur permet alors de gérer dans un réseau SDH les asynchronismes dus aux horloges différentes servant à constituer, router ou extraire des VC. A titre d'exemple, en cas de décalage entre l'horloge du STM-1 et celle du VC4 transporté, la valeur du pointeur sera augmentée ou diminuée selon les besoins. Si par exemple le débit du VC-4 est supérieur à celui de la trame STM-1, des octets supplémentaires seront ajoutés à cette dernière, opération de justification négative, puisque l'on ajoute des octets pour transmettre de l'information. Elle se conclut dans la trame suivante par un ajustement de la valeur du pointeur. Les VC4 se trouvent ainsi décalés dans la trame STM-n. Cela dit, le pointeur d'AU-4 est composé de 9 octets dont les trois derniers (H3) donnent l'indication de justification négative. Il a la configuration suivante :

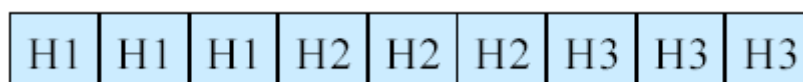


Figure n°9 : Synchronisation

Le mécanisme de justification permet en principe de faire fonctionner la SDH dans un environnement plésiochrone. Cependant le réajustement des pointeurs se fait par saut d'octet, alors qu'en PDH, la justification se fait par bit. Un des affluents majeurs de la SDH étant le E1, souvent extrait d'un multiplex PDH, il est nécessaire que la SDH puisse transporter de bout en bout un conduit de 2Mbit/s en respectant les contraintes de la gigue du réseau qui sont plus sévères : c'est dès lors le support du réseau PDH qui demande la synchronisation du

réseau SDH. Le réajustement des pointeurs se traduit par une gigue de pointeur qu'il faut garder dans les limites acceptables.

On appelle unité d'affluent, TU-n, le module composé du VCn et d'un pointeur PTR associé.

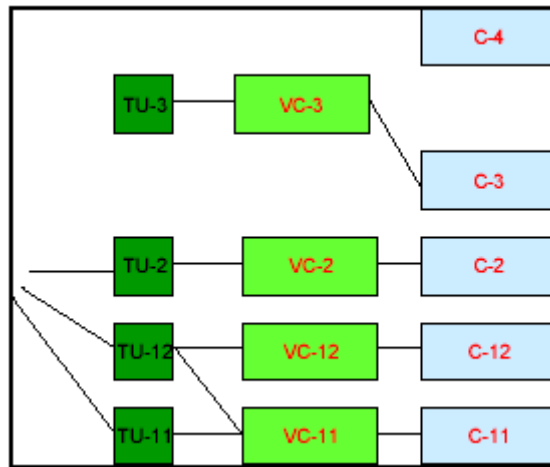


Figure n°10 : L'unité d'affluent

#### 4. Le groupe d'unité d'affluent : TUGn (Tributary Unit Group)

Un groupe d'unité d'affluent (TUG) représente une structure virtuelle de la trame réalisant le multiplexage de TU. Le TUG est un multiplex temporel d'unités d'affluents TU 1, 2 ou 3 multiplexés entre eux. Cela permet de regrouper des TUs pour les assembler en une entité (bloc) de dimension supérieure. Le multiplexage se fait toujours octet par octet. Le TUG peut être considéré comme les règles de rangement des TU dans la trame de transport.

Par exemple :

- Le TUG 2 regroupe soit 3 TU12, soit 1 TU2.
- Le TUG 3 assemble 7 TUG 2 soit 1 TU3

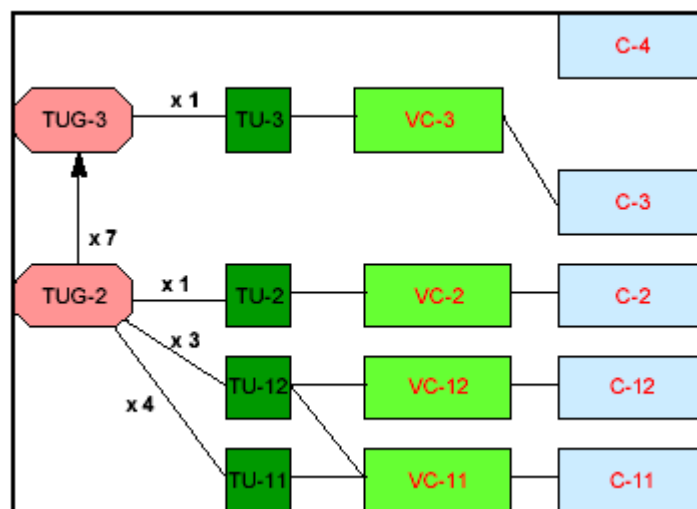


Figure n°11 : Groupe d'unité d'affluent

## 5. L'unité administrative AU (Administrative unit) pour le haut débit:

L'unité d'administration AU se compose d'un conteneur virtuel d'ordre supérieur associé à un pointeur d'AU. La valeur de ce pointeur indique l'emplacement du début du conteneur dans la trame STM-n utilisée. Ainsi, l'unité administrative AU4 est composée du VC4 et du pointeur PTR associé. La valeur du pointeur indique le début du VC4 dans la trame de transport utilisée. Ce pointeur est associé au processus de justification du VC4.

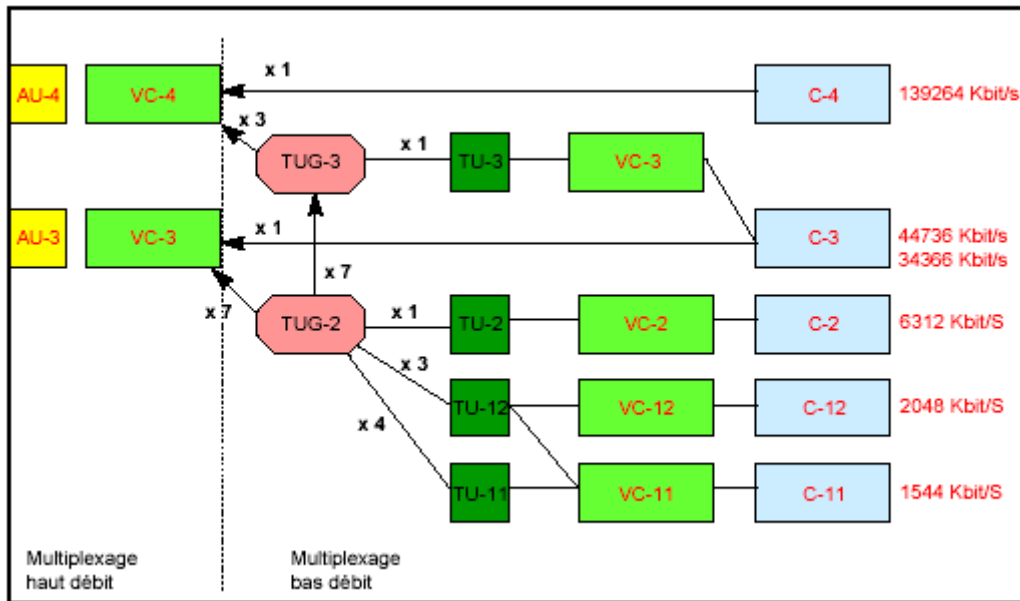


Figure n°12 : Unité administrative

## 6. Le groupe d'unité Administrative : AUG (Administrative unit Group) :

Le groupe d'unité administrative n'est pas une nouvelle entité physique mais représente une structure virtuelle de la trame. L'AUG correspond à la place que doit occuper l'AU4 dans la trame de transport ou à la place de 3 unités d'ordre 3 multiplexées.





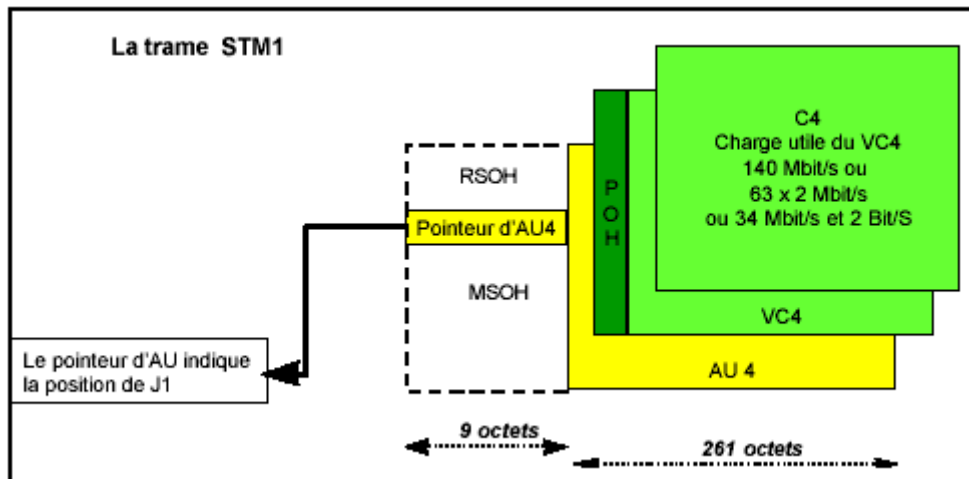


Figure n°14 : La trame de base STM1

Le surdébit de conduit se décompose d'octets représentés sur la figure 11

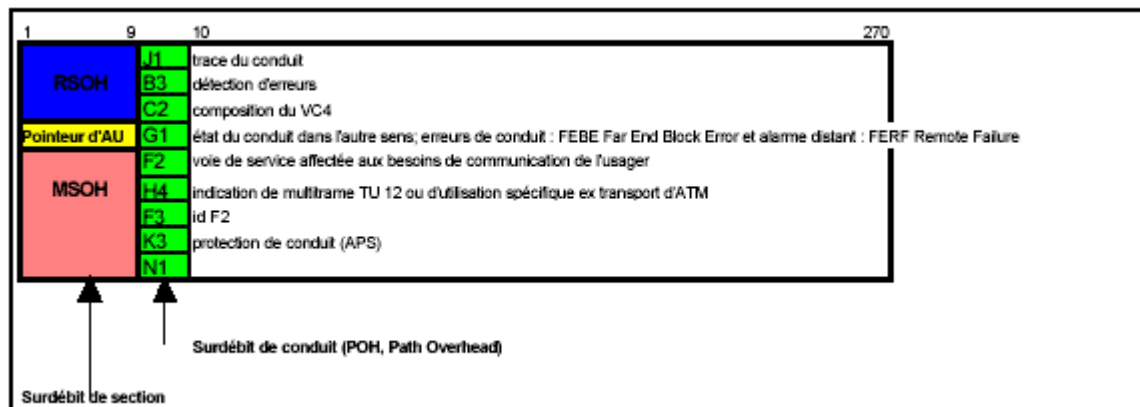


Figure n°15 : schéma d'ensemble

## C. Conclusion

La norme PDH est une norme internationale de l'ETSI basée sur des affluents à 2 Mbps et définie par l'UIT. Elle couvre les débits de transmission hiérarchiques de 2 Mbps, 8 Mbps, 34 Mbps et 140 Mbps. La norme DS<sub>n</sub> représente la norme ANSI couvrant les débits de transmissions de 1,544 Mbps (DS1), 6,312 Mbps (DS2) et 44,736 Mbps (DS3). Le trafic PDH est asynchrone à 8 Mbps, 34 Mbps et 140 Mbps. Pour accéder à un signal, qu'il s'agisse de le réacheminer ou de le tester, il faut nécessairement démultiplexer toute la structure de signalisation de la ligne, niveau par niveau, jusqu'aux affluents à 2 Mbps, étant donné l'entrelacement bit à bit de chaque affluent. A chaque étape du multiplexage, les débits binaires des signaux des différents affluents doivent être contrôlés et ajustés dans des limites spécifiées, mais ils ne sont pas synchronisés avec l'équipement de multiplexage. Ces débits binaires d'affluents individuels étant ajustés entre des limites spécifiées, ce type de multiplexage est appelé plésiochrone, ce qui signifie "presque synchrone". Les affluents sont synchronisés individuellement avec l'équipement à chaque étape du multiplexage par un

processus de justification positive par des bits de remplissage. Ainsi, il y a autant d'horloges différentes qu'il y a d'éléments sur le réseau. Or, pour une transmission de bonne qualité, il est nécessaire de synchroniser chaque émetteur avec chaque récepteur. Pour pallier à ce problème, ainsi que celui lié au principe de multiplexage plésiochrone, à savoir :

- au niveau de la flexibilité des débits que l'on peut offrir aux abonnés (besoins de 1,5 et 45 Mbit/s pour les abonnés professionnels) ;
- par le besoin d'améliorer le contrôle de la qualité et par la nécessité d'évoluer vers des débits plus élevés sur des supports optiques

une nouvelle hiérarchie de système de transmission a vu le jour : La Hiérarchie Numérique Synchronique ou SDH en Europe et SONET (Synchronous Optical NETWORK) aux USA.

L'utilisation de la SDH et de la fibre optique a apporté un début de réponse à la demande de bande passante. Toutefois, la SDH utilisant une seule longueur d'onde comprise entre 1330 nm et 1550 nm, la bande passante de la fibre optique n'est pas exploitée complètement. Pour amplifier fortement l'utilisation de la bande passante, des technologies photoniques complètent le réseau de transport SDH. La technologie WDM (Wavelength Division Multiplexing) multiplexe 8, 16, 32 à 64 longueurs d'onde dans une seule fibre (équivalent à un multiplexage en fréquences). Chaque longueur est espacée de 0.8nm voir 0.4nm. La plage des longueurs d'onde utilisée est comprise entre 1530 et 1565 nm car elle permet une meilleure stabilité du faisceau lumineux et une faible dispersion chromatique. Les opérateurs peuvent ainsi transporter plusieurs flux SDH STM16 à 2,5Gbits ou STM64 à 10Gbits (ou autres par exemple FDDI) sur une fibre optique. Les débits obtenus sont de l'ordre des téraoctets par seconde. En multiplexant 16 STM64 dans de la fibre, on obtient 2 millions de communications téléphoniques simultanées. Le WDM est utilisé depuis plusieurs années dans les réseaux de transmission SDH trans-océaniques tels TAT12/13, AFRICA ONE, FLAG, SEA ME WEA. Cette technologie est maintenant utilisée au niveau des réseaux de transmission SDH terrestre. Pour un opérateur, le WDM permet un gain au niveau coût des travaux de génie civil pour car il permet d'éviter la pose de nouvelles fibres optiques. Avec le WDM, une nouvelle couche optique apparaît dans les réseaux des différents opérateurs. Dans les prochaines années, nous verrons apparaître des commutateurs optiques qui permettent de brasser les différentes longueurs d'onde. Ils permettent ainsi aux opérateurs de bâtir des réseaux maillés tout optique.

Le réseau national est constitué de liens reliant les grandes agglomérations régionales. Il utilise les technologies SDH et WDM selon les capacités à transmettre (depuis 2,5Gbits/s jusqu'à 200Gbits/s).

Le réseau régional relie les villes moyennes à l'agglomération régionale, à l'intérieur d'une région. Il utilise essentiellement la technologie SDH..

Le réseau départemental relie les petites villes au chef lieu de département. Il utilise principalement, selon la capacité à transmettre et l'infrastructure existante, la technologie SDH (débits de 155Mbits à 622Mbits/s) ou les faisceaux hertziens (débits  $N \times 2\text{Mbits/s}$  ou 155Mbit/s).

Le réseau métropolitain est déployé à l'intérieur des grandes agglomérations. Il utilise les technologies SDH (débits 2,5Mbits/s) et WDM (Débits 80Gbits/s).

Le WDM est également utilisé pour la communication transatlantique et transpacifique.

Les systèmes WDM / DWDM commercialisés aujourd'hui comportent 4, 8, 16, 32, 80 , voire 160 canaux optiques, ce qui permet d'atteindre des capacités de 10, 20, 40, 80, 200 voire 400 Gb/s en prenant un débit nominal de 2,5 Gb/s et de quatre fois plus avec un débit nominal de 10 Gb/s. Ainsi, on obtient 3200 Gb/s (3,2 Tb/s) avec 80 canaux optiques à 40 Gb/s.

## Iç. Raccordement du RNIS sur la boucle locale

Le RNIS est destiné à remplacer le réseau téléphonique analogique actuel. Il doit donc pouvoir s'implémenter dans l'environnement existant. L'une des contraintes se situe au niveau du réseau filaire. En effet, en informatique l'échange de données sérielles s'effectue au minimum sur 4 fils en fonction du sens de transmission (en supposant les masses séparées). Or le réseau de branchement est constitué de deux fils par abonné. Ainsi, pour pouvoir fonctionner simultanément dans les deux sens sur deux fils, deux méthodes ont été retenues :

- La technique de transmission à l'alternat (Ping Pong)
- Les techniques d'annulation d'échos.

La technique de transmission à l'alternat est une transmission half duplex permettant une transmission dans un sens puis dans l'autre sens par un multiplexage temporel. Dans ce cas, il faut un débit deux fois supérieur à celui du RNIS.

L'annulation d'écho est une technique déjà utilisée en téléphonie analogique. En transmission analogique, la séparation du sens de transmission est réalisée par un coupleur 4 fils/2 fils générateur d'écho. La technique de suppression d'écho consiste à mesurer l'écho pour le soustraire. Le passage de 2 fils à 4 fils est réalisé en analogique par un transformateur différentiel. La conversion nécessite une puissance DC nulle.

Le raccordement du poste téléphonique de l'abonné RNIS ne se fait pas directement sur la ligne de distribution du RTC. L'administrateur met en place différentes interfaces à travers desquelles s'établissent la connexion. Ces interfaces dépendent également du type d'accès RNIS choisi par l'abonné. Il existe deux types d'accès au RNIS que nous présenterons dans le paragraphe suivant avant de détailler les interfaces utilisées entre les différents équipements d'une installation RNIS sur la boucle locale.

### Deux types d'accès

Une interface d'accès à un RNIS est une association temporelle (timeslots) de canaux B et D. A partir de l'association de ces canaux, deux types de services RNIS sont déployés correspondant chacun à des catégories d'utilisations distinctes :

- Résidentielle : utilisation simultanée des services téléphoniques et d'une connexion Internet à 144 kbps.
- Professionnelle : utilisation d'un commutateur téléphonique (PABX) ou d'un routeur d'agence pour multiplexer plusieurs canaux B pour atteindre un débit de 2048 kbps.

Les accès conseillés aux utilisations sont respectivement :

#### 1. **L'Accès de Base S0 (AdB ou BRI : Basic Rate Interface) (2B+D)**

L'accès de base est constitué de deux canaux B à 64 kbits/s pour le transport de la voix et des données et d'un canal D à 16 kbits/s pour le transport de la signalisation ou de données sous forme de paquets (X.25/D). L'ensemble offre une interface dite Accès de base "2 B + D" multiplexé au niveau de l'interface S.

- Deux canaux B (64 kbits / sec) pour le transfert de la voix ou des données en mode circuit et offrant un service numérique de bout en bout.
- Un canal D (16 kbits / sec) dit de signalisation utilisé pour la gestion des communications et pour les applications à bas débits (X.25/D).

Chaque canal B est constitué d'un bus nommé S0 compatible avec les interfaces S0 des terminaux RNIS tels que le téléphone, le télécopieur ou encore le micro-ordinateur.

## 2. **Accès Primaire S2 (AP ou PRI : Primare Rate Interface normalisé par l'avis G.704 sous le nom E1/T1 respectivement en Europe et Japon/USA)**

- 30 canaux B en Europe et 23 canaux B aux USA et Japon pour le transfert de la voix ou des données en mode circuit et offrant un service numérique de bout en bout.
- Possibilité d'agrégation des canaux B en fonction des applications (384, 1920 kbps)
- Un canal D (16 et 64 kbit/s respectivement en Europe et Amérique du NORD) dit de signalisation utilisé pour la gestion des communications et pour les applications à bas débits (X.25/D).

### **Equipement d'un réseau RNIS**

L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) a défini la technologie RNIS comme un réseau fournissant une connectivité numérique de bout en bout avec une grande variété de services. Pour atteindre cet objectif, le RNIS définit un jeu de protocoles d'interfaces utilisateur/réseau standard. De cette façon, tous les équipements RNIS utilisent les mêmes connexions physiques et les mêmes protocoles de signalisation pour accéder aux services. De plus, pour faciliter l'interconnexion de divers réseaux, le CCITT recommande une hiérarchisation du multiplexage numérique synchrone à partir d'un multiplex primaire. La hiérarchisation définie en Europe pour les réseaux de transmission est à 4 niveaux (cf. Table 1). Ainsi la recommandation G 732 adoptée en Europe fixe le débit à 2048 kbit/s. Chaque trame est définie par une durée de 125 µs divisée en 32 intervalles de temps (IT ou *timeslot*) numérotés de 0 à 31.

Au niveau Européen, les IT 1 à 15 et 16 à 31 sont dédiés aux transferts d'informations. Les autres IT servent à la signalisation :

- l'IT 0 des trames impaires est réservé verrouillage de trame
- l'IT 0 des trames paires est réservé au service (alarmes, ...)
- l'IT 16 est réservé à la signalisation

La trame est constituée de 32 IT de 8 bits et une multitrames est une succession de 16 trames. (La recommandation G 733 au Japon et en Amérique du nord est légèrement différente tant pour le débit (1544 kbit/s) que pour le transfert des signaux de signalisation et de contrôle.)

### **Architecture Réseau : Modèle de référence OSI**

Le RNIS est un réseau pour lequel les canaux de signalisation et de transfert sont séparés (signalisation hors bande relevant de la norme CCITT n°7). Par ailleurs, la signalisation utilise des techniques développées pour la transmission informatique. Ainsi, la normalisation du RNIS s'appuie sur le modèle de référence pour l'interconnexion des systèmes ouverts (*OSI*). Ce modèle organise les différentes fonctions nécessaires pour réaliser des échanges

entre systèmes de communication en 7 sous ensembles. Ces sous ensembles, nommés niveaux sont regroupés en deux sous groupes distincts appelés niveaux bas et niveaux hauts. En ce qui concerne la spécification du RNIS, celle-ci est définie par le protocole D et uniquement pour les niveaux bas (1 à 3)

On rappelle l'architecture OSI :

Les niveaux bas se rapportent aux fonctions nécessaires pour assurer, avec les performances requises, le transfert d'informations entre deux terminaux au travers d'un réseau de télécommunications.

- niveau 1 (physique) : Traite des aspects physiques du raccordement des terminaux aux lignes de communication : interface mécanique et électrique, et protocole d'échange
- niveau 2 (couche liaison ou niveau trame) : Transfert d'informations sur les lignes de communication ; elle comporte les mécanismes de protection contre les erreurs
- niveau 3 (couche réseau ou niveau paquet) : Etablissement et rupture des communications et acheminement des infos usagers à travers le réseau.

Le RNIS est structuré suivant les niveaux bas (figure 13) de la norme OSI.

Le modèle OSI introduit également trois notions essentielles :

- Les points d'accès services (SAP) qui identifient les interfaces entre couches adjacentes à l'intérieur d'un équipement
- Les primitives qui constituent la base du dialogue entre couches adjacentes à l'intérieur d'un équipement
- Les protocoles qui définissent le dialogue entre couches de même niveau de deux équipements en communication.

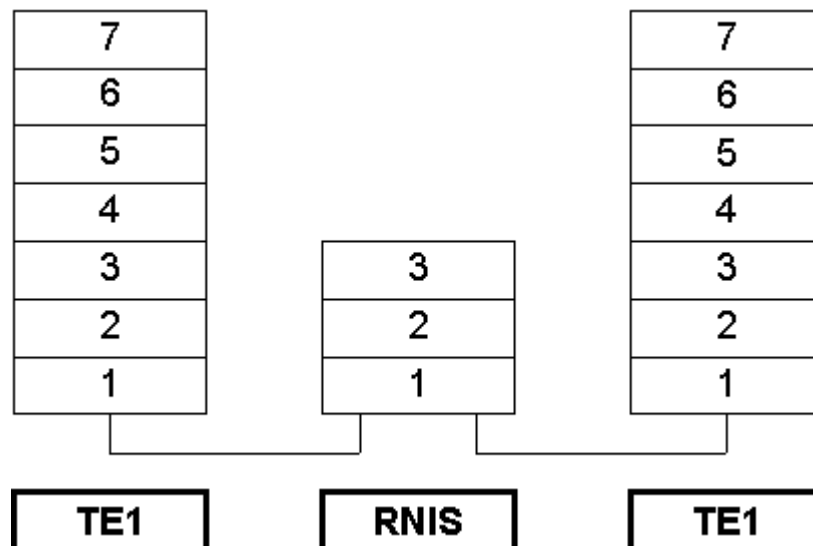


Figure n°1 : Interconnexion RNIS et terminaux selon le modèle OSI

Les canaux B sont définis sur les 7 niveaux de la couche OSI, les niveaux 4 à 7 sont utilisés pour les services RNIS.

Le protocole de communication dans le canal D ne comporte que 3 couches :

Couche 3	DSS1 : (Q931)
Couche 2	LAP-D : (Q921)
Couche 1	CSMA-CR : Accès de base ou primaire

Le format des données des différentes couches ainsi que l'encapsulation est représentée ci-dessous :





## B. Niveau trame ou couche liaison (niveau 2)

*Annexe : Q.921 : Spécifications de l'UIT-T pour la couche liaison de données de l'interface RNIS.*

Le niveau trame se charge de la transmission de blocs d'information sur le support physique, de telle sorte que l'on reconnaisse le début et la fin des blocs. De nombreuses procédures ont été mises au point pour définir la structure de la trame. L'architecture des trames RNIS est fondées sur les normes LAP-B (Link Acces Protocol Balanced) et LAP-D dérivées de la norme de base HDLC (High-level Data Link Control).

On rappelle que le canal D est principalement destiné à la signalisation, mais il peut aussi être utilisé pour acheminer des données en mode paquets. Nous allons principalement décrire le canal D après avoir rappelé quelques principes de la norme HDLC.

### Rappel sur la norme HDLC

Le rôle du protocole HDLC (High Level Data Link Control) est d'assurer un transport fiable de données. La structure de la trame est représentée sur la figure 16 :

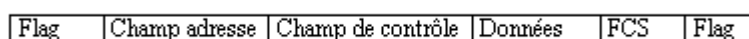


Figure n°2 : Trame HDLC

Le protocole HDLC gère les points suivants lors d'échange entre deux stations :

- Fournit les procédures et les moyens fonctionnels nécessaires à établir une connexion, maintenir, et libérer la connexion.
- Achemine les trames sur la liaison physique.
- Effectue un contrôle de flux afin d'éviter la saturation du (des) récepteur(s).
- Détecte et corrige les erreurs de transmission, provoque des retransmissions en cas d'anomalie.

Il existe trois trames différentes : Trames d'informations, de supervision ou non numérotés. La spécificité de la trame est définie par le champs de contrôle.

### **Le champ Flag**

Le champ flag ou "drapeau" indique le commencement et la fin d'une trame. Un seul drapeau peut être partagé par deux trames, dans ce cas le drapeau indique la fin de la trame précédente et le début de la trame suivante. La longueur du flag est de 8 bits (1 octet) et sa valeur est unique elle vaut : 0111 1110 soit 0x7E en hexadécimale. Lorsque nous disons que sa valeur est unique, cela veut dire que nous ne pourrons, en aucun cas, retrouver ailleurs une telle séquence c'est à dire où 6 bits "1" se suivent. Il existe une procédure que l'on appelle "bit

stuffing" (ou insertion de zéro) qui consiste à ajouter, à l'émission, un zéro chaque fois que l'on rencontre 5 bits consécutifs à la valeur 1.

Ainsi,

- 0111110 devient 01111100
- 01111110 devient 011111010
- ...

Cela a donc bien pour conséquence d'augmenter le débit de la trame émise (192 kbps). Bien sur, une procédure inverse doit être incorporée à la réception: chaque fois que l'on rencontre 5 bits consécutifs à 1, il faut supprimer le "0" qui suit.

### **Le champ Adresse**

Le champ adresse permet d'identifier les stations primaires ou secondaires. Chaque station sur le lien a une adresse unique qui permet à la station émettrice de savoir qui lui répond.

### **Le champ contrôle**

C'est dans le champ de contrôle que deux stations s'échangent. Le champ contrôle peut se diviser en 3 types de format définis par le bit de poids faible : Information (0) ; supervision (01) non numéroté (11).

- **Format transfert d'information** (figure 17)

Ce type de trame est utilisé lors d'échange de données.

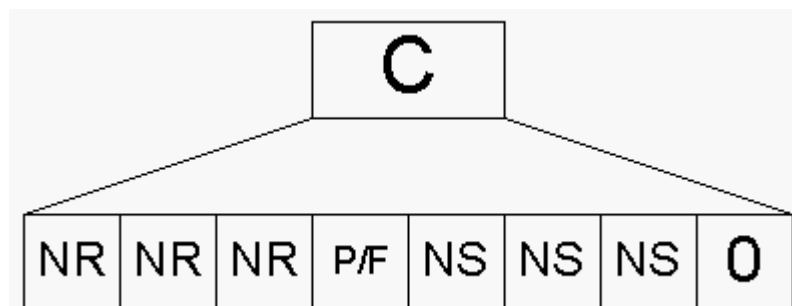


Figure n°3 : champ Contrôle d'une trame de type I

1. NR ou N(R) : Numéro de la trame de réception attendu
2. P/F : Poll = 0
3. NS ou N(S) : Numéro de la trame envoyée

La fonction principale d'une trame information est de transférer séquentiellement des frames numérotées, contenant chacun un champ information.

2. **Format supervision** (figure 18)

Ce type de trame est utilisé pour confirmer (ACK) ou infirmer (NACK) une réception de trame de type I.

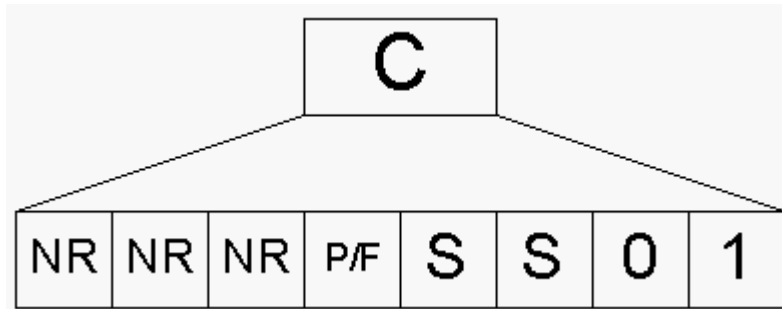


Figure n°4 : champ Contrôle d'une trame de type S

- NR ou N(R) : Numéro de la trame envoyée
- P/F : Poll = 0
- SS : bit de supervision
  - RR = 00 (ACK)
  - RNR = 01
  - REJ = 10 (NACK)
  - SREJ = 11

La fonction principale d'une trame de supervision est la confirmation RR ou le rejet (REJ) d'une trame précédemment reçue. Chaque Trame de supervision se réfère à un numéro de trame que l'on veut confirmer ou infirmer.

1. Receive Ready (RR) est utilisé par le primaire ou le secondaire pour indiquer qu'il a reçu la trame précédente
2. Reject (REJ) est utilisé pour demander une retransmission de la trame.

▪ **Format non numéroté (Unnumbered Format) (figure 19)**

Ce type de trame est utilisé pour initier des connexions, déconnexion.

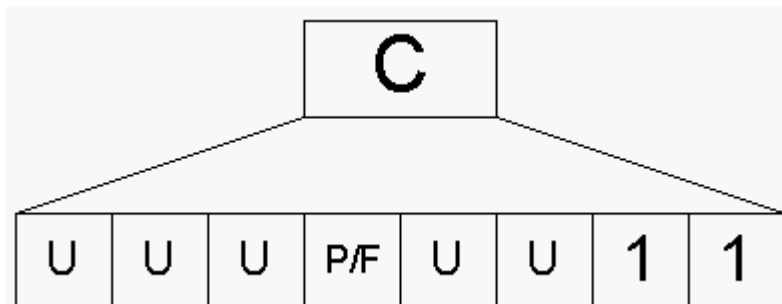


Figure n°5 : champ Contrôle d'une trame de type U

1. UUU UU : bit de fonction
  1. SNRM = 100 00 (Demande de connexion SETUP)
  2. DISC = 010 00 (Demande de déconnexion)
  3. UA = 011 00 (Confirmation de réception d'un DISC ou SNRM)
2. P/F : Poll/Final peut prendre 2 valeur 0 ou 1. Si P = 1, (poll), cela signifie que l'émetteur attend une réponse immédiate dont le bit F (final) sera aussi à 1

Les trames de type non numérotées sont utilisées pour étendre le nombre de fonction de "data link control" Les trames non-numérotées possèdent 5 bits qui permettent 32 fonctions de commande et réponse.

1. Set Normal Response Mode (SNRM) Place la station émettrice en mode NRM. Ce qui indique à la station réceptrice de ne pas envoyer de trame tant que la station primaire ne le demande pas.
2. Disconnect (DISC) place la station réceptrice en mode déconnexion.
3. Unnumbered Acknowledgment (UA) est utilisé par le récepteur pour confirmer "acknowledge" la réception de l'une des 2 commandes précédentes (SNRM or DISC)

### **Le champ de données (ou information)**

Le champ information est utilisé SEULEMENT lors de la transmission d'un trame de type Information (I). Il contient les données à envoyer.

### **Le champ FCS**

Ce champs est utilisé pour détecter une erreur, selon la norme CCITT c'est à dire, le contenu totale de la trame (adresse, contrôle et données) est divisé par le polynôme :  $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ .

## **Niveau Trame pour le protocole RNIS**

### **a) Canal B**

La transmission des informations sur le canal B est régie par la norme LAP-B (Link Acces Protocol Balanced).

Flag	Champ adresse	Champ de contrôle	Données	FCS	Flag
------	---------------	-------------------	---------	-----	------

Le protocole comporte trois types de trames :

Figure n°16 : Les trames I (Information)

Figure n°17 : Les trames S (Supervision)

Figure n°18 : Les trames U (Unnumbered ou non numérotées : trame de gestion)

Les trames I portent les données provenant de la couche supérieure. Les trames S de supervision sont au nombre de 3 : RR (Receive Ready), NRN (Receive Not Ready) et REJ (Reject). La trame U est utilisée pour effectuer les fonctions de commande de la liaison et pour le transfert d'information non numérotée.

Les informations transitent sur le canal B sous forme de trame LAP-B. Pour le canal D qui fonctionne en multipoint, l'UIT a normalisé une expansion du LAP-B : le LAP-D (spécification Q.920 et Q.921)

### **b) canal D**

La procédure de communication utilisée sur le canal D est défini par le CCITT dans les recommandations de la série 1 : I 440 pour les aspects généraux et I 441 pour la spécification de la couche liaison.

Le protocole LAP-D a été développé pour véhiculer des trames sur un canal partagé et est responsable de la protection de toutes les informations (données et signalisation). La procédure doit donc :

- identifier les connexions et le type d'information à transmettre
- découper les informations en trames, en ajoutant des délimiteurs
- émettre séquentiellement les trames
- détecter les erreurs et demander une retransmission le cas échéant
- contrôler le flux

Nous allons maintenant détailler la structure de la trame LAP-D en insistant sur les différences avec le protocole HDLC pris comme référence.

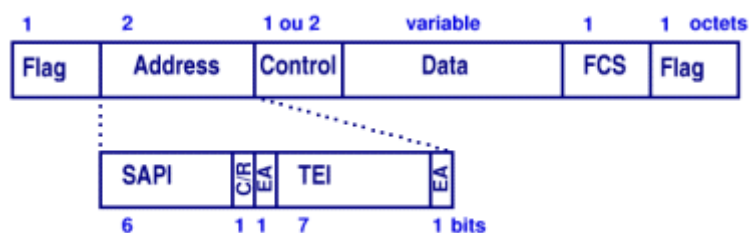


Figure n°6 : Champ de la trame HDLC et adressage LAP-D

La trame est délimitée par deux drapeaux, le drapeau de fin d'une trame peut servir de drapeau pour la suivante. Le corps de la trame est découpé en champs, identifiés par leur position relative par rapport au drapeau.

La configuration du drapeau est celle d' HDLC: 01111110. Ce drapeau a déjà été mentionné dans le chapitre sur S0: en effet dans le mécanisme CSMA/CR du canal D, les terminaux surveillent l'activité sur le canal D en comptant le nombre de "1" consécutifs. Le mécanisme de transparence au drapeau est tel qu'une transmission en cours ne fait jamais apparaître plus de six "1" successifs (ceux du drapeau) dans la mesure où, entre deux trames, on a une transmission ininterrompue de "1" logiques. Ceci représente une différence avec l'interface primaire S2 puisque, dans ce cas, les communications sont point à point et qu'une suite de drapeaux est utilisée comme bourrage entre trames.

### DRAPEAU ET TRANSPARENCE

Dans une procédure orientée bit, n'importe quelle configuration peut apparaître dans le corps de la trame, en particulier un drapeau. Un mécanisme de transparence est donc prévu pour interdire ces apparitions: l'insertion/suppression de zéros.

Cette opération est la dernière opération mise en œuvre avant la transmission. L'entité de liaison émettrice examine le corps de la trame et insère un 0 derrière toute séquence de cinq 1 consécutifs. Ceci assure qu'aucun drapeau ne peut apparaître à l'intérieur d'une trame. De façon analogue, l'entité de liaison réceptrice examine le corps de la trame et élimine tout "0" qui suit une séquence de cinq zéros.

Remarquons que le mécanisme de transparence ne s'applique pas aux drapeaux eux-mêmes et qu'il peut être la source d'erreurs de découpage des trames en cas d'erreur de transmission.

### Exemple 1:

données émises...01101110... (pas de cas d'insertion de zéros) données reçues après une erreur de transmission sur le quatrième bit ...0111f110..., la séquence reçue est alors identifiée comme un drapeau et une trame est découpée en deux trames.

### Exemple 2:

données émises ...01111110... (un drapeau, donc pas d'insertion) données reçues après une erreur de transmission sur n'importe quel "1" ...01101110..., la séquence est considérée comme des données du corps de trame et deux trames se retrouvent concaténées en une seule.

### **Addressage LAP-D :**

Le champ d'adresse identifie le terminal émettant. Ce champ d'adresse a une longueur de deux octets ce qui constitue la première différence avec le protocole HDLC. On rappelle aussi que le canal D est utilisé pour une application en multipoint.

Le champ d'adresse est constitué de deux sous champs :

- L'identificateur de points d'accès de service (SAPI : Service Acces Point Identifier) qui possède 6 bits et permet d'identifier le service fourni par l'entité du niveau 3.
- L'identificateur de l'équipement terminal (TEI : Terminal EndPoint Identifier) qui possède 7 bits.

Le bit C/R identifie une trame en tant que commande ou réponse, conformément aux règles de la procédure HDLC.

C'est à partir des champs SAPI/TEI, que l'adressage LAP-D permet de gérer des liaisons multipoints. Nous détaillerons dans un premier temps le sous champs SAPI puis l'allocation du TEI.

**Le SAPI** est le moyen par lequel le niveau 2 fournit des services au niveau 3. Dans la procédure LAP-D, il est possible d'offrir 64 services différents (6 bits). Les valeurs que prennent le sous champs sont :

- 0 pour les procédures d'établissement et de fermeture de connexion
- 16 pour le transfert de données en mode paquet
- 32-47 : usage réglementé (ex : 32 pour le télex en France)
- 63 : procédure d'assignation d'identification de terminal
- Autres valeurs : extensions

**Un TEI** est associé à un équipement terminal pour une connexion point à point. La procédure d'allocation de terminal est déterminée par le TEI lorsque le SAPI vaut 63. Pour une diffusion multipoint, le TEI prend pour valeur 127. En ce qui concerne l'adressage d'un terminal, il existe deux mécanismes d'allocation :

- Allocation non automatique si le terminal possède déjà un identificateur. La valeur du TEI est alors compris entre 0 et 63
- Allocation automatique si chaque terminal se voit allouer un numéro d'identification à chaque connexion. Ce numéro est compris entre 64 et 126.

Sur la figure 20, on recense les sous champs suivants:

**SAPI** : Identification des services fournis à la couche réseau

**C/R** : Command/response : Indique si la trame est une commande ou une réponse

**TEI** : Terminal End point Identifier. Identification unique du terminal ou diffusion à tous les terminaux (Multipoints). La valeur de 0 est utilisée dans le cas d'une connexion via un PABX.

**EA** : End Adress. Extension d'adresse

### **Le champs de Contrôle**

Le champ de contrôle détermine le type de la trame (trame de supervision ou trame S, trame d'information ou trame I, trame non numérotée ou trame U (unnumbered)). A la différence de la procédure HDLC, le champ de contrôle contient deux octets pour les deux premiers types de trames et un seul dans le dernier cas.

#### **(1) Contrôle de connexion**

**Information (I)** : Les trames I permettent le transfert d'information des services de niveau 2 utilisées par le niveau 3. Elles contiennent en plus les numéros de séquences N(S) et N(R), numéros modulo 128, qui sont utilisés pour le contrôle de flux et pour le séquençement des trames. Elles occupent donc 2 octets.

Conformément aux règles de la procédure HDLC, les différentes trames peuvent être des commandes ou des réponses. Les trames d'information sont toujours des commandes et l'on peut exiger une réponse au plus tôt en utilisant le mécanisme du bit P mis à 1.

**Supervision (S)** : Les trames S sont un ensemble de commandes de supervision de liaison. Elles contiennent les numéros d'acquittement en plus des commandes. Elles occupent donc deux octets.

- La commande Receive Ready (RR) acquitte la réception de la trame précédente et donne le numéro de la trame attendue.
- La commande Receive Not Ready (RNR) indique quel terminal est occupé et ne peut accepter de nouvelles trames actuellement.
- La commande Reject (REJ) indique une erreur de transmission et demande une nouvelle émission de la trame précédente.

**Non Numéroté (U)** : Les trames U ne sont pas numérotées. Elles occupent un seul octet. On ne peut donc pas contrôler leur séquençement. Elles utilisent un jeu de commandes (ou questions/réponses) pour l'établissement et la libération des liaisons de données.

- La commande Set Asynchronous Balanced Mode Extended (SABME) est une demande d'initialisation de liaison de données avec remise à zéro des numéros de séquence.
- La commande Unnumbered Acknowledgement (UA) est un acquittement qui indique que le terminal est disponible pour l'établissement d'une liaison de données.
- Les commandes Unnumbered Information (UI) jouent un rôle très important. Elles assurent l'échange d'informations sans connexion : message d'établissement et de gestion des TEI. Leur fonctionnement est analogue à

celui du protocole PPP au niveau 3 pour l'attribution des adresses IP lors d'une conversation téléphonique.

- La commande Disconnect Mode (DM) indique que le terminal est déconnecté.
- La commande Disconnect (DISC) indique la libération de la liaison de données et la remise à zéro des numéros de séquence.
- La commande Frame Reject (FRMR) est un rejet de trame dû à une erreur sur la validité d'un ou plusieurs champs : information non valide, numéro de séquence erroné ou longueur de trame.

Commande reçue avec élément binaire P = 1	Réponse transmise avec élément binaire F = 1
SABME, DISC	UA, DM
I, RR, RNR, REJ	RR, RNR, REJ (voir la Note)
NOTE – Une entité de la couche liaison de données LAPB peut émettre une trame FRMR ou DM avec l'élément binaire F mis à 1 en réponse à une trame I ou à une commande de supervision reçue avec l'élément binaire P mis à 1.	

### Exemple de champs de donnés

La taille des champs de donnée varie de 0 à 260 bits.

A la suite d'un champ de contrôle UI, on peut trouver les codes suivants établis pour une gestion des TEI

#### **Codes pour messages concernant les procédures de gestion de TEI**

Nom du message	Identificateur d'entité de gestion	Numéro de référence	Type de message	Indicateur d'action	
Demande d'identité (usager à réseau)	0000 1111	0 à 65335	0000 0001	Ai=127	Toutes valeurs de TEI acceptables
Identité affectée (réseau à usager)	0000 1111	0 à 65335	0000 0010	Ai=64 à 126	Valeur de TEI affecté
Identité refusée (réseau à usager)	0000 1111	0 à 65335	0000 0011	Ai=64 à 126 Ai=127	Valeur de TEI affecté Aucune valeur de TEI disponible
Demande de contrôle d'identité (réseau à usager)	0000 1111	Non utilisé (code 0)	0000 0100	Ai=127 Ai=0 à 126	Toutes les valeurs de TEI à vérifier valeur de TEI à vérifier
Réponse de contrôle d'identité (réseau à usager)	0000 1111	0 à 65535	0000 0101	Ai=0 à 126	valeur de TEI à utilisé



Suppression d'identité (réseau à usager)	0000 1111	Non utilisé (code 0)	0000 0110	Ai=127	Toutes les valeurs de TEI à supprimer
				Ai=0 à 126	valeur de TEI à supprimer
Vérification d'identité (usager à réseau)	0000 1111	Non utilisé (code 0)	0000 0111	Ai=0 à 126	valeur de TEI à vérifier

**Le Bloc de contrôle d'erreur** est définie par la norme CCITT et est identique à la description du FCS au niveau de la procédure HDLC.