

Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande

Patrice KADIONIK

email : kadionik@enseirb.fr
http : <http://www.enseirb.fr/~kadionik>

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



HISTORIQUE

- V1.0 09/02 : création du document
- V1.1 01/04 : ajout partie norme ADSL G.992.1

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



PLAN

1. Le Réseau Téléphonique Commuté
2. Le RTC et la transmission de données
3. Les multiplex numériques PDH et SDH : les autoroutes de l'information
4. RNIS Bande étroite : le Réseau Numérique à Intégration de Services
5. RNIS Large Bande : l'accès au haut débit pour les services Large Bande

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



**PARTIE 1 :
PRESENTATION
DU
RESEAU TELEPHONIQUE COMMUTE**



INTRODUCTION

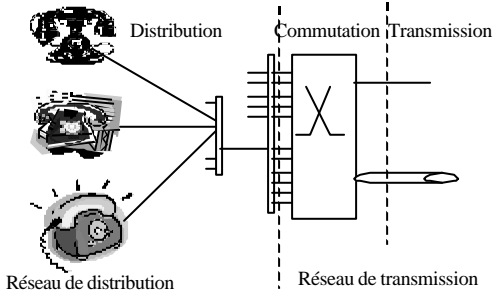


BUT DU RTC

- Le Réseau Téléphonique Commuté met en relation deux postes d'abonné.
- L'échange d'informations nécessaire à l'établissement, au maintien et à la rupture de la relation s'appelle la signalisation.



SCHEMA GLOBAL DU RTC

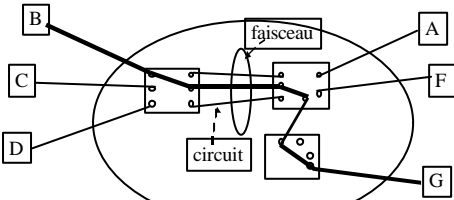


ORGANISATION

- Le RTC est organisé en 3 sous-parties :
 - La commutation : partie centrale du réseau. Elle permet de réaliser la mise en relation entre les abonnés.
 - La transmission : ensemble des techniques mises en œuvre pour relier les commutateurs entre eux. L'ensemble des commutateurs et des supports de transmission entre commutateurs est appelé réseau de transmission ou réseau de transport.
 - La distribution : organisation technique mise en œuvre pour relier les abonnés au commutateur le plus proche (commutateur de rattachement). L'ensemble des dispositifs permettant cette liaison est le réseau de distribution.

LA COMMUTATION

LA COMMUTATION DE CIRCUITS



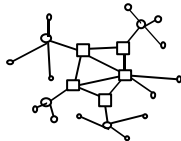
- Faisceau : ensemble des circuits passant par un même chemin
Pour assurer un bon fonctionnement du réseau en cas de rupture d'un support, on duplique les faisceaux de circuits entre les commutateurs même lorsque la charge à écouler ne le justifie pas.

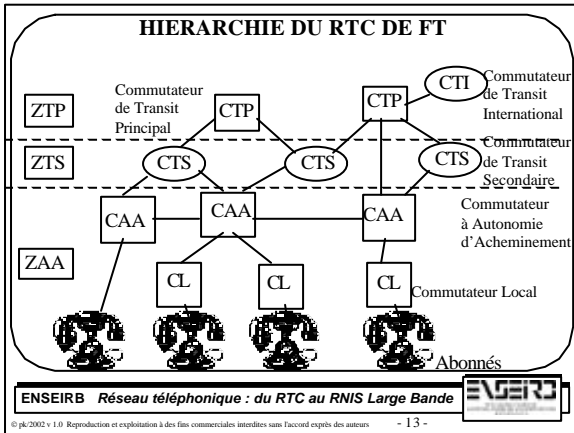
ORGANISATION DU RTC

- Le réseau téléphonique est organisé en 3 niveaux (zones) :
 - Zone à Autonomie d'Acheminement (ZAA) : au bas de la hiérarchie, les commutateurs (CAA) accueillent les abonnés et peuvent établir différents types de communications (dont locales).
 - Zone de Transit Secondaire (ZTS) : comporte les commutateurs CTS. Les abonnés ne sont pas reliés aux CTS. Ils assurent les brassages des circuits lorsqu'un CAA ne peut atteindre le CAA destinataire directement.
 - Zone de Transit Principale (ZTP) : cette zone assure la commutation des liaisons longue distance. L'un des commutateurs CTP est relié au Commutateur de Transit International (CTI).
- Dans les zones à faible densité, les abonnés sont rattachés à des commutateurs locaux (CL) : concentrateur de trafic.

ORGANISATION DU RTC

- Quelques chiffres :
- 1 ZAA regroupe 10000 abonnés.
- En 1990 : 430 ZAA et 1310 CAA (en baisse constante).
- En 1992 : 39 ZTS et 5 ZTP.





- ### ORGANISATION DU RTC
- On utilise la paire symétrique pour le transport de la voix (et des données) : câble H88 0,9 mm pupinisé tous les 1830 m.
 - Câble coaxial 1,2/4,4 mm et 2,6/9,5 mm pour une meilleure protection contre les parasites et la diaphonie.
 - Suivant les supports, on met en œuvre des techniques de multiplexage :
 - Multiplexage par Répartition de Fréquence (BLU) en transmission analogique (en perte de vitesse) :
 - Groupe Primaire (GP) : 12 voies téléphoniques.
 - Groupe Secondaire (GS) : 5 GP, 60 voies.
 - Groupe Tertiaire (GT) : 5 GS, 300 voies.
 - Groupe Quaternaire (GQ) : 5 GT, 900 voies.
- ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande
- © ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 14 -

- ### ORGANISATION DU RTC
- Suivant les supports, on met en œuvre des techniques de multiplexage :
 - Multiplexage par Répartition de Temps (MIC et multiplex PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*)) en transmission numérique pour une connexité numérique :
 - 2 Mb/s : 30 voies téléphoniques.
 - 8 Mb/s : 120 voies téléphoniques.
 - 34 Mb/s : 480 voies téléphoniques.
 - 140 Mb/s : 1920 voies téléphoniques.
 - 565 Mb/s : 7680 voies téléphoniques.
 - On privilégie maintenant la fibre optique (comme autoroute de l'information) comme support de transmission avec utilisation de multiplex SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*).
- ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande
- © ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 15 -

REGLES D'ACHEMINEMENT

- Le réseau étant partiellement maillé, plusieurs itinéraires sont généralement possibles pour atteindre un abonné.
- Pour un numéro donné, le faisceau de premier choix est choisi de telle manière qu'il conduise l'appel vers le commutateur le plus proche de l'abonné appelé en empruntant les faisceaux de plus faible hiérarchie.



FONCTIONS D'UN COMMUTATEUR

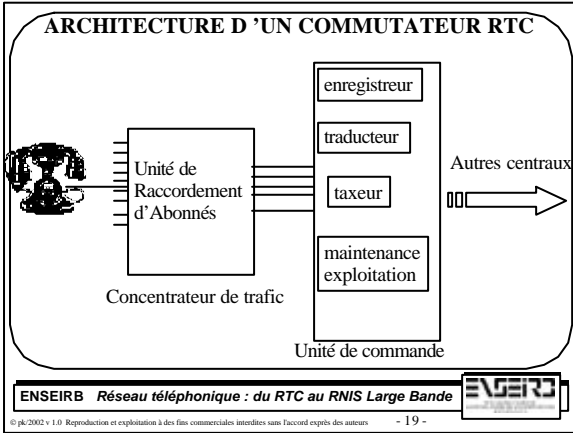
- Sa principale fonction est la connexion, c'est à dire la liaison temporaire entre 2 jonctions.
- Une jonction est un circuit ou une ligne d'abonné.
- L'établissement d'une connexion nécessite :
 - l'échange de signalisation entre les commutateurs
 - une suite d'actions, appelée traitement du signal assurée par l'unité de commande (ordinateur).



FONCTIONS D'UN COMMUTATEUR

- Les Unités de Raccordement d'Abonnés (URA) :
 - fournissent l'énergie à l'alimentation des postes téléphoniques.
 - respectent les caractéristiques électriques (boucle de courant).
 - détectent le décroché et le raccroché d'un poste.
 - génèrent une sonnerie vers un poste et exécutent des tests des lignes d'abonnés.
 - offrent une fonction de concentration.



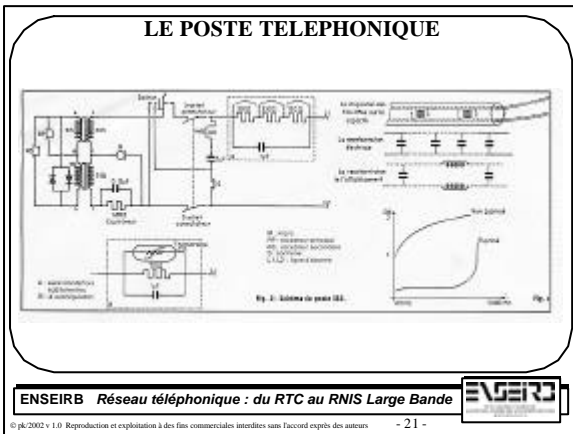


LE POSTE TELEPHONIQUE

- Le poste téléphonique possède un écouteur et un microphone. Qui est alimenté en -48V par le central téléphonique.
- Le poste raccroché se comporte comme un interrupteur ouvert.
- Le poste décroché se comporte comme un interrupteur fermé.
- Lors d 'un appel entrant, le poste reçoit une tension alternative de 75 V à 50 Hz pour le faire sonner.
- Lors d 'un appel sortant, le poste téléphonique utilise la signalisation dans la bande par fréquence décimale ou fréquence vocale.

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande

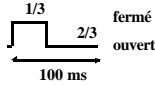
© pl/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 20 -



FREQUENCE VOCALE ET DECIMALE

- Le principe de numérotation par fréquence décimale est d'ouvrir/fermer la ligne téléphonique (boucle) toutes les 100 ms (10 Hz) avec un rapport cyclique de 2/3 suivant le codage des chiffres :

- 1 : 100 ms.
- 2 : 200 ms.
- ...
- 0 : 1000 ms.



- Ce système ancien est lent !



FREQUENCE VOCALE ET DECIMALE

- Le principe de numérotation par fréquence vocale est d'émettre 2 signaux de fréquence différente en même temps (dans la BP 300-3400 Hz) suivant le codage des chiffres :

- Ce système est rapide ! Il permet aussi de coder les touches *, #... utilisés par les services de confort. Des circuits intégrés bon marché réalisent ce codage...
- Ce codage est le codage DTMF (*Dual Tone Multi Frequency*) (norme UIT-T Q.23).



FREQUENCE VOCALE ET DECIMALE

- Codage DTMF :

	1209 Hz	1336 Hz	1447 Hz	1633 Hz
695 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D



STRUCTURE D 'UN NUMERO

Préfixe international 00	indicatif du pays 33	Numéro national demandé EZ ABPQ MCDU
-----------------------------	-------------------------	---

Zone opérateur	N° du commutateur de rattachement	N° de ligne d'abonné
-------------------	--------------------------------------	----------------------------

•Le numéro d'abonné suivant le plan de numérotation E.164 est l'identification du point d'accès au réseau c'est à dire le *Sub Network Point of Attachment* (SNPA).



STRUCTURE D 'UN NUMERO

- Un numéro de téléphone suit généralement un codage qui permet de localiser géographiquement un abonné :
- EZ ABPQ MCDU :
 - E : Exploitant. 0=FT, 9=9 Télécom, 7=Cégétel...
 - Z : Zone géographique.
 - ABPQ : commutateur de rattachement donc identification de la ville.
 - MCDU : identificateur de l'abonné.



STRUCTURE D 'UN NUMERO

- Exemple :
- 0556846500
 - 05 : Sud Ouest par FT.
 - 5684 : Gironde et commutateur No 84 : Talence (89 : Gradignan).
 - 6500 : ENSEIRB.



DEROULEMENT D 'UN APPEL

- Ce sont les étapes élémentaires pour l'établissement d'un appel dans le cas de postes d'abonnés analogiques.
- Exemple d'un abonné a relié à un commutateur A qui désire appeler un abonné b relié à un commutateur B.

LA PRESELECTION

- a décroche son téléphone pour appeler b.
- Le commutateur détecte le décroché (alimentation de la boucle de courant) et avertit l'abonné par une tonalité continue (La 3 à 440 Hz), qu'il est prêt à recevoir la signalisation (invitation à numéroté). On agit sur le courant de la boucle (35 mA DC et 1 mA AC).
- Le commutateur doit connecter la ligne d'abonné à un équipement (libre) appelé enregistreur qui sait décoder cette signalisation dans la bande.

ENREGISTREMENT ET TRADUCTION

- L'abonné a composé le numéro sur son clavier.
- L'enregistreur du commutateur A décode la signalisation et stocke les numéros correspondants : c'est l'enregistrement.
- Une fois le numéro complet, l'organe de commande peut déterminer grâce à ses tables de routage vers quel commutateur il faut acheminer l'appel : c'est la traduction.

LA SELECTION CONJUGUEE

- Le commutateur A transmet la signalisation nécessaire à l'établissement de l'appel c'est à dire le numéro du demandé vers B.
- Le commutateur B analyse le numéro et détecte que l'appel est destiné à l'abonné b. Trois cas peuvent se présenter :
 - b est disponible,
 - b est déjà en communication,
 - B ne peut établir la communication.



LA SELECTION CONJUGUEE

- Si b est libre , B renvoie un message de signalisation vers A indiquant la progression de l'appel, réserve une connexion entre B et b et active la sonnerie de b. B génère une tonalité de sonnerie vers A.
- Sinon, B renvoie à A une signalisation indiquant l'impossibilité d'établir l'appel. A génère une signalisation indiquant l'occupation et libère le circuit réservé auparavant.



LA CONNEXION

- Le commutateur A établit la connexion entre l'abonné a et lui-même.
- a entend alors la tonalité correspondant à un retour de sonnerie produit par B.



LA TAXATION

- Lorsque l'abonné b décroche son téléphone, le commutateur B détecte ce décroché.
- Il établit la connexion avec b. Il transmet à A une signalisation lui signifiant le début de la communication : le commutateur A peut alors démarrer la taxation :-)



LA SUPERVISION

- Durant la communication, les commutateurs doivent surveiller si l'un des intervenants raccrochent ou si une éventuelle défaillance coupe la communication en cours :
- C'est la supervision.



FIN DE LA COMMUNICATION

- L'appelant ou l'appelé peuvent mettre fin à la communication mais c'est le commutateur de l'appelant qui prend la décision de libérer les connexions.
- Si b raccroche le premier, B envoie une signalisation de raccroché à A. A lance une temporisation.
- Si b décroche à nouveau avant l'expiration, la communication est maintenue.
- Sinon, A arrête la taxation, transmet une signalisation de libération vers B, libère la connexion établie. B libère à son tour la connexion.



LA SIGNALISATION

LA SIGNALISATION SEMAPHORE

- Jusqu'aux années 1970, le réseau téléphonique était analogique. Depuis ce temps, le RTC s'est numérisé (RTC64) et la numérisation est maintenant complète jusqu'à la boucle locale d'abonné BLA (*Subscriber Loop*). Il en est aussi de même pour la signalisation...
- La signalisation est l'ensemble des dialogues qui ont lieu dans le plan de contrôle entre les fonctions de contrôle des divers usagers et commutateurs impliqués dans un appel.
- Il y a 2 sortes de dialogue donc de signalisation :
 - signalisation lien par lien ou signalisation associée circuit.
 - signalisation non associée circuit.

LA SIGNALISATION SEMAPHORE

- La signalisation associée circuit est mise en œuvre lorsqu'un moyen de transmission adjacent est pris. Il s'agit d'une signalisation section par section (*Link by Link*). Ce sont donc des dialogues entre fonctions de contrôle adjacentes dont le but est de s'allouer un canal de transmission ou circuit.
- La signalisation non associée concerne les Compléments de Service (CS) (Numéros verts...) et n'implique pas de circuit. Il s'agit d'une transaction dans le plan de contrôle.

LA SIGNALISATION SEMAPHORE

- Avant 1970-80, la signalisation entre centraux se faisait par transmission de tonalités spécifiques de proche en proche, voie par voie (DTMF, 2 fréquences parmi 5, MF R1 de Socotel, CCITT N° 5). La signalisation empruntait le même circuit que la voix et était donc dans la bande. Le temps d'établissement de la communication était très long (> 3s !).
- Actuellement, le réseau téléphonique utilise les techniques de transmissions numériques sur voies MIC.
- Avec le développement de nouveaux services (transfert d'appel...), il était devenu primordial de séparer la signalisation de la transmission et de faire transiter cette signalisation sur un réseau spécifique : la signalisation hors bande par canal sémaphore.

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 40 -

LA SIGNALISATION SEMAPHORE

- La signalisation par canal sémaphore ou signalisation sémaphore permet de :
 - mettre en œuvre les techniques de transmission numérique (MIC).
 - réduire l'attente post numérotation.
 - échanger des messages de contrôle pendant la conversation.
 - élargir la gamme de messages possibles donc d'introduire des Compléments de Service ou services de confort.
 - servir de plates-formes aux réseaux intelligents (*Intelligent Network* IN).
 - servir d'ossature au Réseau Numérique à Intégration de Services RNIS.
 - mieux contrôler les utilisations frauduleuses.

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 41 -

RESEAU SEMAPHORE

- Le réseau téléphonique est donc formé de deux voies de communication :
 - Un canal de transmission (informations usager)
 - Un canal de signalisation dit canal sémaphore.
- Le canal sémaphore achemine la signalisation se rapportant à une multiplicité de circuits. Il peut servir à échanger des messages de gestion et de supervision entre commutateurs.
- Le réseau sémaphore est un réseau de transmission à part entière utilisant la **commutation de paquet**.

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 42 -

LA RECOMMANDATION Q.700

- Le système de signalisation par canal sémaphore est défini par la recommandation IUT Q.700. Il est aussi appelé :
 - SS7 pour Signalisation Sémaphore 7.
 - CCITT 7.
 - CCS7 (*Common Channel Signalling System number 7*).
- Son objectif est la définition d'un standard de signalisation international optimisé pour les réseaux numériques et les services futurs.
- Il est adapté pour travailler sur des circuits 64 kb/s. Le trafic de données SS7 est assez faible...
- Un canal sémaphore à 64 kb/s peut commander typiquement 2000 circuits simultanés.

LA RECOMMANDATION Q.700

- La signalisation par canal sémaphore ne gère pas la fonction de routage (du ressort du logiciel de traitement d'appel des commutateurs).
- Un ensemble de messages normalisés de signalisation constituent une application de signalisation SS7.
- Il existe des applications de signalisation associées circuit :
 - TUP (*Telephon User Part*) : signalisation RTC analogique.
 - ISUP (*ISDN User Part*) : signalisation RNIS numérique.
- Il existe des applications de signalisation non associées circuit :
 - MAP (*Mobile Application Part*) : signalisation GSM entre MSC et VLR/HLR.
 - INAP (*Intelligent Network Application Part*) : signalisation IN.

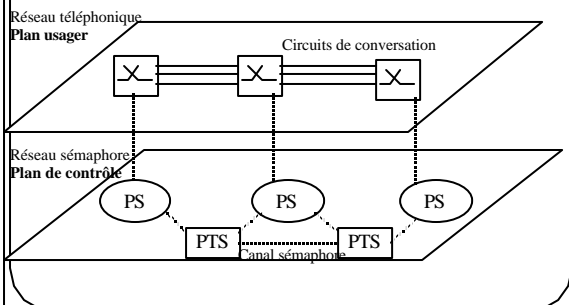
LES AVANTAGES DE LA SIGNALISATION SS7

- Possibilité de transférer de la signalisation pure indépendamment de l'établissement d'un circuit.
- Réduction des délais de transfert de la signalisation grâce à la transmission numérique (règle des 3).
- Possibilité de réserver les circuits pour un appel seulement lorsque l'appelé est réellement joignable (test préalable).

LES INCONVENIENTS DE LA SIGNALISATION SS7

- Complexité pour désigner le circuit physique auquel le message de signalisation est rattaché (vue logique).
- La rupture d'un canal sémaphore entraîne l'impossibilité d'établir un ensemble de communications.

RESEAU SEMAPHORE SS7



RESEAU SEMAPHORE SS7

- PS : Point Sémaphore : ce sont les centraux téléphoniques qui génèrent et interprètent les messages de signalisation.
- PTS : Points de Transfert Sémaphore qui sont utilisés quand deux commutateurs téléphoniques ne sont pas reliés entre eux par un canal sémaphore. Le PTS stocke les messages de signalisation, analyse leur entête pour effectuer le routage et les retransmet pour effectuer le routage et les retransmet (*Store & Forward*) comme un routeur classique.

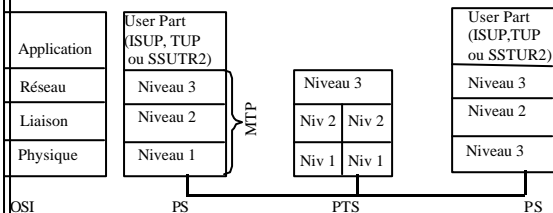
LA SIGNALISATION SS7

- Elle consiste à séparer logiquement l'aspect signalisation de l'aspect transmission des informations usagers (généralement la voix sur un réseau téléphonique).
- Le réseau de transmission achemine seulement les informations usager, le réseau sémaphore la signalisation.
- Mais, les deux réseaux peuvent éventuellement partager les mêmes supports physiques de transmission.

ARCHITECTURE EN COUCHES

- Le réseau sémaphore est un réseau à commutation par paquets. Il reprend une architecture en couches du modèle OSI.
- Pour les services de téléphonie, le SS7 est structuré en 3 couches sur lesquels est directement placé l'application de signalisation. Les 3 couches basses du modèle OSI sont implémentées, ce qui suffit pour mettre en place un réseau de transmission de données.

ARCHITECTURE SS7 (Q.701)



ARCHITECTURE SS7

- MTP (*Message Transfer Part*) ou le Sous-Système de Transfert de Messages (SSTM) : offre un service de transfert des messages de signalisation entre deux PS d'un même réseau. Il comprend 3 niveaux (physique, liaison et réseau).
- MTP offre un service de transmission fiable (Q.706) :
 - TEB < 10^{-10} .
 - perte de messages < 10^{-7} .
 - perte du séquençement des messages < 10^{-10} .
 - taux de disponibilité : en trois 9 (99,999 %).

ARCHITECTURE SS7

- Le service offert par MTP est utilisé par des entités qui vont dépendre du réseau utilisé (RNIS BE, RNIS LB, RTC) et de l'application.
- Ces entités sont appelées Sous-Systèmes Utilisateur SSU ou *User Part*.
- Les SSU contiennent les mécanismes du traitement d'appel ou de l'application.

SS7 MTP1

- MTP1 concerne la voix physique de transmission appelée liaison sémaphore de données.
- La technologie MIC (64 kb/s) est utilisée :
 - MIC à 30 IT surtout.
 - MIC à 64 kb/s.
 - multiplex à 480 IT.
 - multiplex à 1920 IT.
- Le MIC d'un circuit qui relie deux commutateurs adjacents est utilisé principalement pour la voix. Quelques uns portent la signalisation.

SS7 MTP1

- Chaque circuit possède un Code Identificateur de Circuit CIC (prononcer kike) identique à chaque extrémité de la liaison.
- L'ensemble des circuits reliant 2 commutateurs est un faisceau de circuits.
- Un faisceau de circuits supporte au plus 512 circuits.
- On a au plus 8 faisceaux entre 2 commutateurs, soit au plus 4096 circuits.
- Le CIC est donc codé sur 12 bits.



SS7 MTP2

- MTP2 concerne la procédure de contrôle de ligne pour fiabiliser la transmission et s'appelle canal sémaphore (*Signalling Link*).
- MTP2 utilise des trames basées sur la trame universelle HDLC (*High Data Link Control*) avec flag \$7E (Q.703).
- MTP2 utilise un CRC 16 bits pour fiabiliser la transmission des trames.



SS7 MTP2

- Fonctions MTP2 ou fonctions canal sémaphore :
 - délimitations des trames.
 - détection d'erreurs trame.
 - correction d'erreurs par retransmission.
 - supervision du canal.
 - alignement.
 - surveillance du taux d'erreurs.
 - contrôle de flux.



SS7 MTP2

• Trame MTP2 :

Flag	Contrôle	LI	Data	CRC
------	----------	----	------	-----

- Flag : \$7E.
- Contrôle : 2 octets.
- LI (*Length Indicator*) : 1 octet.
- Data : ≤ 272 octets.
- CRC : 2 octets.

SS7 MTP2

• MTP2 possède 3 types de trames :

- LI = 0 : trame de remplissage FISU (*Fill In Signal Unit*) émise quand il n'y a rien à transmettre et sert à conserver l'alignement. Contrairement à HDLC, on émet des trames FISU au lieu de flags \$7E quand il n'y a rien à transmettre (plus lourd !)...
- LI=1, LI=2 : trame d'état du canal LSSU (*Link State Signal Unit*) émise pour aligner et superviser le canal.
- LI>2 : trame de message MSU (*Message Signal Unit*), trame de signalisation pure.

SS7 MTP2

• L'alignement du canal se fait par l'échange de trames LSSU par mise en place d'un automate de synchronisation sur ordre explicite de l'exploitant :

- état 1 : non aligné.
- état 2 : aligné.
- état 3 : période probatoire : échange de trames LSSU pour un volume de 2^{16} octets avec au plus 4 erreurs.
- état 4 : aligné prêt.
- état 5 : en service.

SS7 MTP2

- Chaque nœud mesure pour tous les circuits un taux d'erreurs trame T qui, s'il est trop élevé, provoque la mise hors service du circuit défaillant :
 - 1 trame reçue erronée : $T=T+1$.
 - 256 trames reçues bonnes : $T=T-1$.
 - si $T>64$, circuit Hors Service (pour circuit à 64 kb/s).
- En cas d'un début de congestion d'un nœud, celui envoie vers l'émetteur fautif des MSU des trames LSSU pour l'inciter à réduire son débit.

SS7 MTP3

- MTP3 correspond au niveau réseau du modèle OSI mais il n'implémente pas toutes les fonctionnalités nécessaires.
- On a complété MTP3 par une couche supplémentaire SCCP (pour le mode de connexion) pour combler ce manque :-()
- MTP3 fournit donc les fonctions nécessaires pour rendre invisible aux messages de signalisation la structure en réseau des liaisons PS à PS et garantit le transfert fiable de ces messages même en cas de défaillance de circuits.

SS7 MTP3

- MTP3 est défini dans la recommandation Q.704 et comprend :
 - la fonction d'orientation des messages.
 - la fonction de gestion du réseau sémaphore.
- La fonction d'orientation des messages s'occupe du relaiage, du démultiplexage et du routage des messages.
- Chaque PS est repéré par une adresse à la discrétion de l'opérateur codé sur 14 bits appelé Code (*Point Code*).

SS7 MTP3

- On retrouve dans le message MTP3 :
 - un champ adresse PS appelant OPC (*Origin Point Code*).
 - un champ adresse PS appelé DPC (*Destination Point Code*).



TUP

- Le Sous-système Utilisateur Téléphonie (Q.724) (SSUT) ou le *Telephone User Part* (TUP) définit les fonctions de signalisation téléphonique RTC nécessaires aux appels nationaux et internationaux.
- Le TUP permet :
 - de demander l'établissement d'un circuit numérique pour la voix.
 - d'indiquer l'identité de l'appelant au réseau et à l'utilisateur.
 - le renvoi d'appel sur différents critères (systématique, sur non réponse...).



ISUP

- Dans les anciens réseaux téléphoniques, des tonalités étaient échangées entre les centraux téléphoniques pour indiquer le déroulement de l'appel.
- Dans les réseaux actuels, les messages ISUP sont échangés par l'intermédiaire du réseau SS7.
- La richesse de la signalisation a permis de développer un grand nombre de services supplémentaires (identification de l'appelant, signal d'appel, renvoi d'appel, PCV...).



ISUP

- ISUP (SSUTR2) concerne la signalisation du RNIS mais couvre les téléservices de phonie et de données (FAX...)
- Les messages ISUP sont transportés dans le champ info des messages MSU (MTP3) :

SIO	INF				
\$85	DPC	OPC	CIC	type message	paramètres

SIO : *Service Indicator Octet*

INF : *INFo*



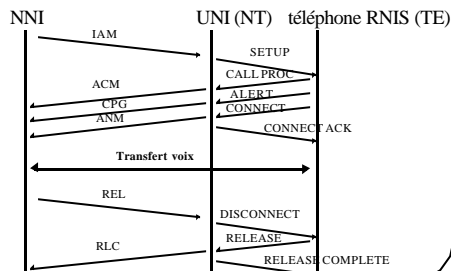
ISUP

- ISUP comporte les groupes de messages de signalisation RNIS suivants :
 - messages d'établissement d'appel.
 - messages de supervision d'appel.
 - messages de surveillance du circuit.
 - messages de surveillance du faisceau de circuits.
 - messages de Signalisation Usager Usager (SUU).
- La signalisation ISUP est la continuité dans le réseau (*Network to Network Interface NNI*) de la signalisation de l'Installation Terminale d'Abonné RNIS de l'utilisateur (*User to Network Interface UNI*).



ISUP

- Échanges de signalisation aux interfaces NNI et UNI :



ISUP

Le protocole *ISDN User Part* ou ISUP permet des services plus étendus :

- Le message IAM, *Initial Address Message*, est le message d'appel téléphonique : il contient les numéros de l'appelé et de l'appelant...
- Le message ACM, *Address Complete Message*, signifie que le poste du demandé sonne.
- Le message ANM, *ANswer Message*, signifie que le demandé a décroché.
- Le message REL, *RELease*, signifie que le demandé ou le demandeur a raccroché.
- Le message RLC, *ReLease Complete*, signifie que les libérations des circuits nécessaires après le raccroché ont été effectuées.



SIGNALISATION NON LIEE A UN CIRCUIT

- La signalisation sémaphore permet l'échange de la signalisation indépendamment de l'établissement d'une communication.
- Exemple : Un commutateur qui dialogue avec une base de données qui appartient au réseau sémaphore et non au réseau téléphonique.



PROTOCOLES NON LIES A UN CIRCUIT

Application	MAP INAP...
	TCAP
Réseau	SCCP
	MTP 3
Liaison	MTP 2
Physique	MTP 1
OSI	SS7

- MAP : *Mobile Application Part*
- INAP : *Intelligent Network Application Part*
- TCAP : *Transaction Capabilities Application Part*
- SCCP : *Signalling Connection Control Part*



PROTOCOLES NON LIES A UN CIRCUIT

- SSCP ou Sous-Système de Commande des Connexions Sémaphores : fournit les moyens d'établir des connexions dans un réseau SS7 et permet d'échanger des messages de signalisation non liés à un circuit entre réseaux SS7 différents qui sont interconnectés entre eux.
- SSCP offre 4 classes de service pour offrir des échanges en mode connecté ou non :
 - classe 0 : service en mode non connecté de base.
 - classe 1 : service en mode non connecté conservant l'ordre.
 - classe 2 : service en mode connecté de base.
 - classe 3 : service en mode connecté avec contrôle de flux.

PROTOCOLES NON LIES A UN CIRCUIT

- TCAP ou Sous-Système de Gestion des Transactions : structure les dialogues entre deux équipements. Il permet de découper tout dialogue en une succession d'opérations élémentaires de type question/réponse. Il utilise le codage représentation des données ASN.1. (couche 6)
- MAP (*Mobile Application Part*) : permet la gestion d'abonnés mobiles dans un réseau GSM.

RESEAUX INTELLIGENTS

- À la différence des RTC qui étaient seulement capables de commuter des circuits téléphoniques pour établir des conversations téléphoniques, les réseaux téléphoniques intelligents offrent les services suivants :
 - routage des appels en fonction des horaires et des tarifs.
 - serveurs d'information.
 - transfert d'appel.
- Ces services ne correspondent pas spécialement à établir une communication.

LE CONCEPT D 'IN

- Il consiste à séparer les fonctions propres à chacune des applications (ou services) des traitements communs à toutes les applications (détection de décroché, attente de numérotation).
- Les réseaux intelligents sont formés par :
 - Les commutateurs d'accès aux services ou SSP (*Service Switching Point*) qui gèrent les traitements communs.
 - Les points de commande de service ou SCP (*Service Control Point*) s'occupent des traitements spécifiques. Ce sont des systèmes capables d'échanger des messages de signalisation avec le SSP.
- Une telle approche offre la possibilité de regrouper le développement de nouveaux services sur quelques machines seulement et indépendamment des particularités des différents commutateurs du réseau.



SERVICE DE TYPE IN

- À la demande d'un service de type IN, le SSP et le SCP échangent en temps réel des messages de signalisation non liés à un circuit.
- Les IN s'appuient sur la pile SS7.
- La pile de protocole comprend les protocoles MTP, SCCP et TCAP. Le protocole applicatif défini pour les réseaux intelligents s'appelle INAP *Intelligent Network Application Part*.



PARTIE 2 : LE RESEAU TELEPHONIQUE COMMUTE ET LA TRANSMISSION DE DONNEES



LA TRANSMISSION DE LA VOIX SUR LE RTC

LA VOIX

- La transmission des données représentant la numérisation de la voix représente la plus grande partie du trafic (70 %, concurrencée par le trafic IP et VoIP).
 - La voix est transportée de façon analogique sur la paire torsadée qui connecte l'abonné à son commutateur de rattachement (modulation du courant de la boucle alimentée en -48 V. La tension négative limite l'oxydation des conducteurs à l'air).
 - La BP du canal analogique est limitée à 300-3400 Hz.
- On doit donc échantillonner à $2 \times 3400 = 6800$ Hz au minimum.

LA VOIX

- On a choisi d'échantillonner la voix à 8000 Hz sur 8 bits (1 échantillon toutes les 125 μ s, norme UIT-T G.711).
- La voix échantillonnée correspond à un débit de $8 \times 8 = 64$ kb/s. Cette valeur est remarquable et on retrouve souvent ses multiples dans les télécommunications.
- On peut opérer une compression de la voix (par codec) pour diminuer sensiblement le débit à environ quelques kb/s aujourd'hui (ex GSM 2G: 13 kb/s).

LA VOIX

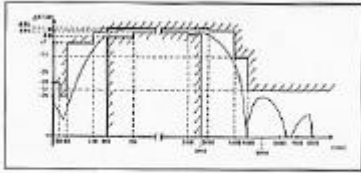


Figure 1 : Répartition de puissance en fréquence normalisée d'une voie téléphonique par transmission vocale et numérique.

LA VOIX

Nom	Débit (kb/s)
G.711 : PCM	64
G.726 : ADPCM	16
G.723 : CELP MPMLQ	6.3
G.729 : CS-ACELP	8
G.728 : LD-CELP :	16
GSM : Téléphone mobile	13
Linear Predictive Coding (Xerox)	5
Digital Video Interactive (DVI)	4 à 8

LA VOIX

- La loi de quantification n'est pas linéaire mais logarithmique pour avoir un plus grand nombre de codes pour les signaux analogiques de faible amplitude en raison de la nature de la voix.
- La restitution correcte de la voix nécessite une quantification linéaire sur 12 bits qui se réduit à 8 bits en quantification logarithmique.
- On a 2 lois de quantification logarithmique :
 - Loi A (Europe).
 - Loi μ (USA).

LA VOIX

Common characteristics	E1 and T1
a Sampling frequency	8kHz
b Number of samples per telephone signal	8000 per second
c Length of PCM frame	16b = 1/8000s = 125µs
d Number of bits in each code word	8
e Telephone channel bit rate	b x d = 8000s x 8 bit = 64Kbit/s

- Une trame E1 (premier niveau PDH) correspond à 30 IT ou communications téléphoniques.

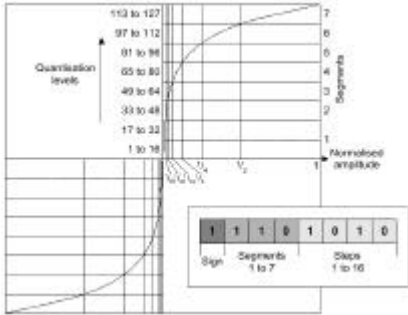
LA VOIX

Differing characteristics	E1	T1
f Encoding/decoding Number of segments in characteristic	A=8w 13	µ-law 15
g Number of time slots per PCM frame	32	24
h Number of bits per PCM frame (* signifies an additional bit)	d x g = 8 x 32 = 256 bits	d x g x 1* = 8 x 24 x 1* = 192 bits
i Length of an 8-bit time slot	(c x d)/h = (125µs x 8)/256 = approx. 3.9µs	(c x d)/h = (125µs x 8)/192 = approx. 5.2µs
k Bit rate of time-division multiplexed signal	b x h 8000/s x 256 bits 2048Kbit/s	b x h 8000/s x 192 bits 1536Kbit/s

LA VOIX

- Loi A : le signal PCM est quantifié en utilisant une courbe de transfert composée de 13 segments :
- $y = (1 + \ln Ax) / (1 + \ln A) = f(x) \quad A = 87,6$
- Le segment autour de 0 couvre 1/64 de la dynamique et possède 32 pas pour couvrir au mieux les caractéristiques de la voix.

LA VOIX



LA BOUCLE LOCALE D'ABONNE

- Le poste d'abonné est relié par une paire torsadée de fils de cuivre à un commutateur : c'est la boucle locale d'abonné BLA. On parle du « last mile » : POTS Plain Old telephone Service.
- Le réseau de distribution a pour but de rassembler dans un même câble le maximum de paires afin de minimiser les travaux de génie civil :

CE QUI COUTE LE PLUS CHER EN TELECOM, C'EST DE CREUSER LES TRANCHEES !!!

LA BOUCLE LOCALE D'ABONNE

- La ligne téléphonique possède le même comportement qu'une ligne électrique et notamment possède un affaiblissement linéique proportionnel à la racine carrée de la fréquence.
- Pour avoir un affaiblissement constant dans une certaine BP, on contraint la BP naturelle de la ligne téléphonique (qq. MHz) en rajoutant toutes les 1830 m, une bobine (self) de 88 mH. C'est la pupinisation.
- On assure alors un affaiblissement constant (et une vitesse de groupe constante) dans la BP 300-3400 Hz.

LA BOUCLE LOCALE D 'ABONNE

- La pupinisation impose d 'utiliser des signaux compatibles avec cette BP.
- Les fréquences des porteuses ainsi que le spectre de la modulation mise en œuvre dans un modem classique pour une transmission de données sur RTC doivent être en adéquation avec cette BP.
- Dans le cas d 'un canal idéal de type passe bas, la rapidité de modulation R maximale vaut $2 \cdot BP$, soit ici $2 \cdot 3400 = 6800$ Bd. Les modulations ne dépassent guère 128 états (dû à un rapport S/N moyen), ce qui donne un débit binaire sans compression de $6800 \cdot 7 = 47,6$ kb/s.



LA BOUCLE LOCALE D 'ABONNE

- On choisit généralement $R = 2400$ Bd soit alors $D = 2400 \cdot 7 = 16,8$ kb/s
- En regardant les modems actuels, on retrouve un écart dû à la mise en œuvre d 'une compression avant modulation, ce qui permet de gagner un facteur 3-5.
- Si l 'on veut augmenter le débit, il faut dépupiniser pour bénéficier de toute la BP de la ligne téléphonique (sur quelques km < 3km).
- On utilisera des techniques de modulations numériques avancées pour atteindre des débits de quelques Mb/s : ce sont les technologies xDSL



LA TRANSMISSION DE DONNEES SUR LE RTC



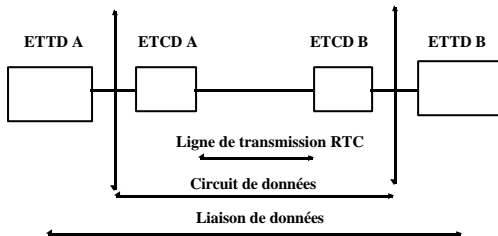
LA LIAISON DE DONNEES

- La liaison de données est le lien qui relie 2 équipements terminaux désirant échanger des informations binaires sur le RTC.
- Un effort de normalisation est apparu très tôt à cause de la diversité des équipements :
 - différents terminaux (PC).
 - différent modems (MODulateur/DEModulateur).
 - différentes caractéristiques électriques sur le liaison de données.

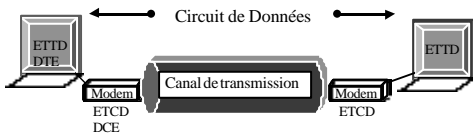
LA LIAISON DE DONNEES

- L'IUT a normalisé la liaison de données.
- On retrouve l'ETTD : Équipement Terminal de Traitement des Données (*Data Terminal Equipment*).
- On retrouve l'ETTD : Equipement Terminal de Codage des Données (*Data Coding Equipment*) ou modem.

LA LIAISON DE DONNEES



LA LIAISON DE DONNEES



- DTE : *Data Terminal Equipment*
- DCE : *Data Communication Equipment*
- Modem : *Modulateur / Démodulateur*
- Canal de Transmission : *Ligne téléphonique*

LA LIAISON DE DONNEES

- L'échange de données entre les 2 ETDD distants suit des règles précises et normalisées ou procédures ou protocoles de liaison.
- Ces procédures sont mises en œuvre par les contrôleurs de communication des équipements.
- SEULE, l'interface ETDD/ETCD est normalisée. On l'appelle jonction.
- Les signaux d'échange de données et de contrôle de la jonction ETDD/ETCD sont appelés circuits de jonction.

LA LIAISON DE DONNEES

- La normalisation de l'interface ne présume en rien sur la façon dont on la réalise ; ce qui permet d'être constructeur indépendant.
- L'échange de données sur la liaison de données peut se faire :
 - en mode ASY.
 - en mode SYN.
 - en mode simplex.
 - en mode half duplex.
 - en mode full duplex.

MODEM ET ETCD

- Historiquement, on s'est attaché à normaliser les ETCD ou modems car ils étaient les seuls équipements disponibles pour réaliser des transmissions de données sur le RTC.
- L'UIT a normalisé une gamme de modems pour faciliter des échanges de données.
- Un modem est caractérisé par :
 - le débit d'informations véhiculées.
 - le mode de transmission.
 - le réseau d'accès.



MODEM ET ETCD

- Les normes de transmission de données sur le RTC sont regroupées dans série V de l'UIT.
- Normalisation des débits (V.5 et V.6) :
 - ASY : 75, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 b/s.
 - SYN : 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 48000, 56000, 64000, 72000 b/s.



MODEM ET ETCD

Rec UIT-T	Mode	Trans	Débit	Modulation	Accès
V.21	FD	ASY	300	FSK	RTC/LL
V.23 bis	FD	ASY	1200/75	FSK	RTC
V.32	FD	SYN/ASY	9600/4800	MAQ	RTC/LL
V.32 bis	FD	SYN/ASY	14400/4800	MAQ	RTC/LL
V.34	FD	SYN	33600/2400	MAQ	RTC/LL
V.90/V.91	FD	SYN/ASY	56/64 kb/s	PCM	RTC



MODEM ET ETC

- Une Ligne Louée (LL) est une Ligne Spécialisée (LS) de meilleure qualité que la paire téléphonique (BP...).
- On distingue :
 - les LS de qualité normale 2 ou 4 fils.
 - les LS de qualité supérieure 4 fils.
- Les LS sont tombées en désuétude par rapport à l'utilisation sur ligne normale de technologies avancées (V.90, xDSL).

MODEM ET ETC

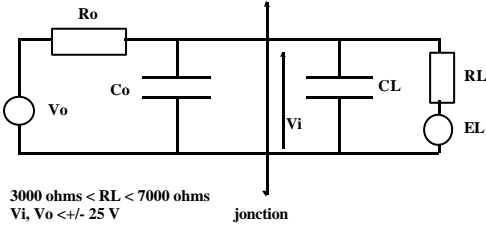


JONCTION ETTD/ETCD

- Normalisation des caractéristiques électriques :
 - avis V.28 : circuits de jonction double courant dissymétriques (RS.232).
 - avis V.35 : circuits de jonction double courant symétriques.
 - avis V.10 (X.26) : amélioration de V.28 avec des valeurs de tension plus faibles.
 - avis V.11 (X.27) : amélioration de V.35 avec des valeurs de tension plus faibles.
 - avis X.21 : interface d'accès synchrone au réseau public TPC ou RNIS.

On utilise V.28 pour des débits < 20 kb/s et V.35 pour les débits supérieurs.

JONCTION ETTD/ETCD



$3000 \text{ ohms} < R_L < 7000 \text{ ohms}$
 $V_i, V_o < \pm 25 \text{ V}$
 $CL < 2500 \text{ pF}$
 $SR < 30 \text{ V}/\mu\text{s}$
 longueur câble inférieure à 15 m



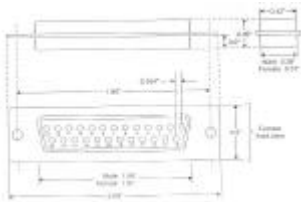
JONCTION ETTD/ETCD

- $V < -3 \text{ V}$: état binaire 1, état de repos (SPACE) :
– circuit de jonction ouvert
- $V > +3 \text{ V}$: état binaire 0, état de travail (MARK) :
– circuit de jonction fermé
- La capacité CL définie est très grande. En pratique, on a une valeur plus petite ; ce qui autorise des débits plus grands (115200 b/s sur un PC) car influence plus faible sur les temps de montée des signaux.
- Dans l'environnement PC, la jonction est l'interface qui existe entre le PC et le modem externe.



JONCTION ETTD/ETCD

- Normalisation des caractéristiques mécaniques (V.28).
- On utilise un connecteur DB25 broches. L'ETTD comporte un connecteur femelle et l'ETCD un connecteur mâle. Pour les relier, il faut un câble (droit) mâle/femelle.



JONCTION ETTD/ETCD

- Normalisation des caractéristiques fonctionnelles (V.24).
- On distingue différents groupes fonctionnels parmi les circuits de jonction.
- Les circuits de jonction sont numérotés et référencés en respectant les « série 100 ».



JONCTION ETTD/ETCD

N°	Sens ETTD/ETCD	Appellation française	Appellation anglaise	
101	→	TP	Terre de protection	Protection ground
102	→	TS	Terrain de signalisation	Signal ground
103	→	ED	Emission des données	Transmitted data
104	→	RE	Réception des données	Received data
105	→	DPE	Demande pour émettre	Request to send
106	→	PAE	Prêt à émettre	Ready for sending
107	→	PRP	Prêt de recevoir prêt	Data set ready
108/1	→	CTP	Connexion le poste de données	Contact data set on line
108/2	→	EDP	Terrain de données prêt	Data terminal ready
109	→	DS	Détection signal	Signal detect
113	→	HET	Horloge émission terminale	Transmitter timing (ETTD)
114	→	HETM	Horloge émission terminale	Transmitter timing (ETCD)
115	→	HRE	Horloge réception	Receiver timing
125	→	IA	Indicateur d'appel	Call indicator
140	→	BJ	Télécommande de bouclage 2	Remote control of loop 2
141	→	BJ	Commande de bouclage local	Control of local loop
142	→	IE	Indicateur d'essai	Test indicator



JONCTION ETTD/ETCD

- Circuit de transmission/réception : 103, 104
- Circuits d'horloge pour transmission SYN : 113, 114, 115
- Circuits d'initialisation de la liaison : 107, 108, 109, 125
- Circuits de contrôle de flux : 105/106
- Circuit de référence de tension : 102
- Circuits de maintenance et tests par rebouclage : 140, 141, 142
- Le contrôle de flux permet d'assurer l'équipement (ETTD, ETCD) le plus rapide à l'équipement le plus lent. Il est :
 - matériel : 105 (RTS de la part de l'ETTD), 106 (CTS de la part de l'ETCD).
 - logiciel : caractères spéciaux Xon (\$11) et Xoff (\$13).



TRANSMISSION SYN

- Suite de données synchrone : le temps séparant les différents instants significatifs est constant T .
- Les caractères se suivent sans séparation.
- Un signal d'horloge est toujours associé aux données (base de temps).



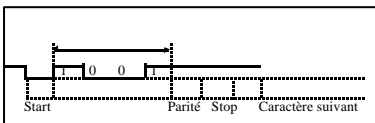
TRANSMISSION ASY

- Suite de données à instants aléatoires plutôt transmise caractère par caractère. Succession de trains de symboles binaires séparés par des intervalles de temps quelconques .
- La transmission asynchrone des données nécessite l'ajout à chaque caractère transmis d'éléments de repérage : Start et Stop bits.
- Durée du Start bit = durée de 1 bit du caractère déclenchement de l'horloge locale.
- Durée du Stop bit = 1, 1.5 ou 2 bits du caractère.
- Bit de Parité de vérification de la validité du caractère reçu éventuellement.



TRANSMISSION ASY

Exemple de caractère codé sur 4 bits :



CARACTERISATION DE LA TRANSMISSION

- Débit.
- SYN, ASY.
- 7 bits avec parité : paire, impaire, sans, 0, 1.
- 1, 1.5 2 STP bit si ASY.

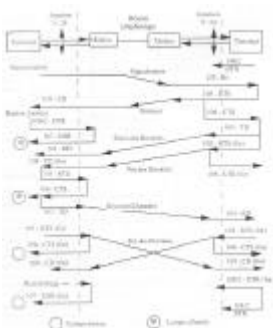
Exemples :

- 9600, SYN, 8
- 4800, ASY, 7, paire, 1.5 STP.

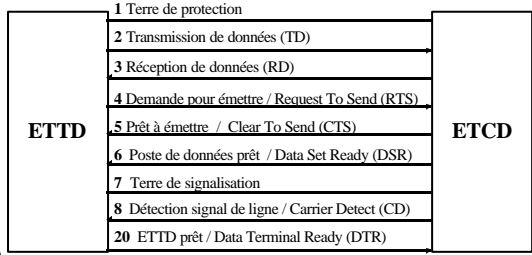
JONCTION ETTD/ETCD

- Un protocole spécifique permet d'établir la liaison de données avant une émission des données sur le RTC :
 - phase d'initialisation des circuits de jonction.
 - phase d'établissement des circuits.
 - phase de transfert de données.
 - phase de libération.

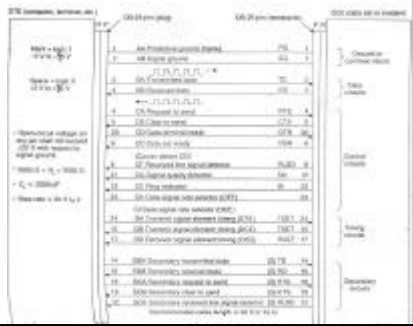
JONCTION ETTD/ETCD



JONCTION ETTD/ETCD

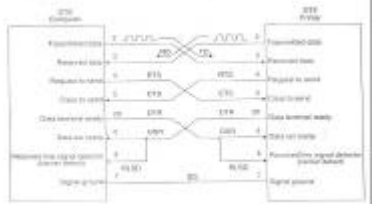


INTERFACAGES ETTD/ETCD



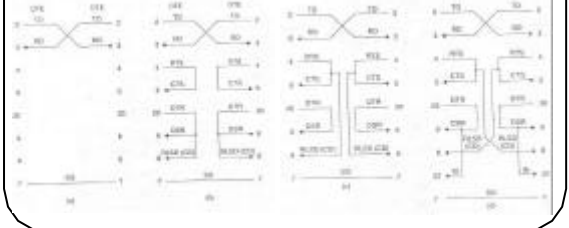
JONCTION ETTD/ETCD

- Il existe des interfaçages hétérogènes entre 2 ETTD (PC/imprimante).
- Il faut simuler le modem d 'où l 'utilisation d 'un câble null modem.



JONCTION ETDD/ETCD

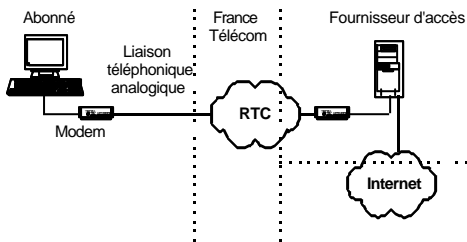
- Il existend d'autres interfaçages entre ETDD plus simples :



STRUCTURE D'UN MODEM

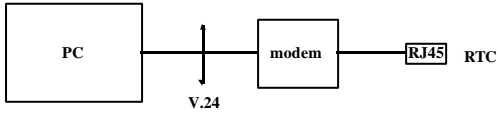
- On utilise en pratique un modem pour connecter son ordinateur au RTC.
- Il existe des modems externes respectant les normes V.24/V.28 et des modems internes au PC.

STRUCTURE D'UN MODEM



STRUCTURE D 'UN MODEM

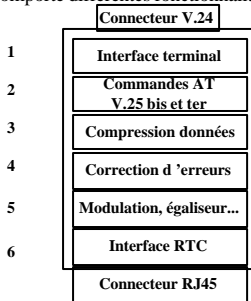
- Dans l 'environnement PC/Windows, le modem interne ou externe est vu comme un port COM (COM3 \$3E8 ou COM4 \$2E8).



- La jonction V.24 est physiquement présente dans le cas d 'un modem externe.

STRUCTURE D 'UN MODEM

- Un modem comporte différentes fonctionnalités matérielles et logicielles :



STRUCTURE D 'UN MODEM

1. interface ligne : conversion électrique +/- 12 V en 0-5 V.
2. commandes AT ou Hayes : commandes ASCII pour piloter le modem depuis la liaison série ou avis V.25 bis (ter) : procédure d 'appel (établissement de la communication) en série.
3. compression de données (facultatif) : avis V.42 bis, V.42 ter et MNP pour diminuer le flot de données (codage source).
4. correction d 'erreurs : avis V.42, LAP-M pour se protéger contre les erreurs de transmission (codage canal).
5. interface ligne : transformateur de ligne pour adaptation d 'impédance.

COMMANDES AT

- Jeu de commandes ASCII pour la configuration et le contrôle du modem.
- Permet une extension de l'avis V.25 bis.
- Les commandes AT ou Hayes ont été développées par la société Hayes et sont devenues standard de fait (et international) pour le pilotage de modems.
- AT : *Attention* : préfixe de toute commande AT :
 - AT... : préambule AT + commande
 - ATB0



COMMANDES AT

- Décrochage ligne : ATH1
- Numérotation ATDT , 0556846500
- Raccrochage : ATH
- A chaque commande exécutée, on récupère un code de retour.
- Il existe des commandes AT de base qu'implémente tout modem et des commandes étendues propres à un type de modem :
 - &
 - &M5 : activation du V.42
- Les commandes AT ont été reprises par l'UIT (V.250).



COMMANDES AT

- AT : attention (mise en place d'une commande).
- A : réponse.
- A/ : répétition dernière commande.
- B : sélection du procédé de modulation.
- D : composition numéro téléphonique.
- E : suppression écho des caractères sur l'écran.
- F : passage du mode half duplex au mode full duplex et réciproquement.
- H : décrochage, raccrochage ligne.
- L : sélection volume microphone.
- M : marche/arrêt microphone.
- O : connexion modem sur la ligne.



COMMANDES AT

- P : numérotation
- Q : inhiber code de retour
- S : donne la valeur courante des registres du modem
- T : notation DTMF
- Z : déconnecte le modem de la ligne et restitue les dernières valeurs de paramètres

quelques commandes AT de base



COMMANDES AT

- | Code | Traduction |
|------|--|
| • 0 | OK commande exécutée sans erreur |
| • 1 | CONNECT porteuse présente, tout est OK |
| • 2 | RING appel entrant |
| • 3 | NO CARRIER pas de porteuse |
| • 4 | ERROR commande erronée |
| • 5 | CONNECT connexion établie |
| • 6 | BUSY correspondant occupé |
| • 7 | ABORT |
| • 8 | DISCONNECT |

quelques codes de retour



AVIS V.25 bis

- Ensemble de procédures de numérotation automatique sur le RTC.
- On utilise les circuits de jonction série 100 de la V.24.



COMPRESSION DE DONNEES

- MNP : algorithmes de compression propriétaires de la société Microcom (*Microcom Network Protocol*).
- Avis V.42 bis : compression de type LZ (Lempel Ziv) style winzip (Huffmann plus RLE avec utilisation d'un dictionnaire).
- plus efficace que MNP de 30 %.
- taux de compression autour de 2 à 2,5.
- Avis V.42 ter : compression de type V.42 bis pour transmission SYN (HDLC, X.25...).

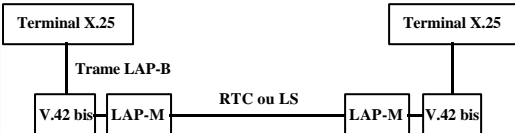


COMPRESSION DE DONNEES

Compression de données	V.42 bis	MNP 5
Contrôle d'erreurs	LAP-M	MNP 2-4
Procédés de modulation	V.32, V.34...	



COMPRESSION DE DONNEES



Principes V.42 ter



CORRECTION D'ERREURS

- Utilisation du protocole LAP-M (*Link Access Protocol - Modem*).
- définition d'une trame de type HDLC avec CRC-16 :
 - Flag, Adresse, Commande, Info, CRC



EXEMPLE DE MODEM : V.21

- Modem ASY.
- modulation FSK-2.
- full duplex.
- 300 b/s.
- Tx : 980 Hz (1), 1180 Hz (0).
- Rx : 1650 Hz (1), 1850 Hz (0).
- Le spectre de modulation est bien sûr dans la bande 300-3400 Hz.

EXEMPLE DE MODEM : V.32

- Modem SYN.
- modulation MAQ-16 ou MAQ-32 $f_0 = 1800$ Hz.
- rapidité de modulation 2400 Bd.
- full duplex.
- 4800 b/s et 9600 b/s.

MODEM/ADAPTATEUR V.90

- V.90 : modem pour RTC, débit Rx à 56 kb/s et débit Tx à 33,6 kb/s (V.34).
- V.91 modem adaptateur 64 kb/s pour liaison numérique 4 fils (mai 1999).
- V.92 : compléments à V.90.
- Les adaptateurs V.90 permettent un accès à partir de liaisons MIC ou canaux B du RNIS à 56 ou 64 kb/s.
- Ce ne sont pas vraiment des modems car on utilise un codage MIC/PCM en bande de base.



MODEM/ADAPTATEUR V.90

- V.90 : en réception : codage MIC à 128 états avec estimation du symbole émis.
- V.90 : en émission : modem V.34 à 33,6 kb/s (ou moins).
- Il existe 2 types d'adaptateurs V.90 56 kb/s :
 - X2 : US Robotics.
 - K56 Flex : Lucent Technologies, Rockwell.
- V.92 : amélioration de V.90 en émission : jusqu'à 48 kb/s en MIC avec repli V.34.
- Il est à noter l'inégalité des débits d'émission et de réception.



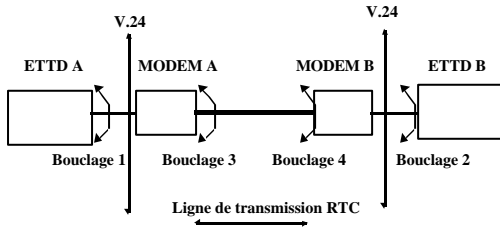
TEST D'UN MODEM

- Le test d'un modem peut se faire à différents points dans la chaîne de transmission de données.
- Il se fait à distance en jouant sur les circuits de jonction :
 - 140 : mise en œuvre de la boucle de test 2.
 - 141 : mise en œuvre de la boucle de test 3.
 - 142 : indication du bouclage. (142 = 140+141).
- En cas de test, le modem reboucle automatiquement l'émission sur la réception (circuit de jonction 103 rebouclé sur le circuit de jonction 104).



TEST D 'UN MODEM

- Test d 'un modem :



TEST D 'UN MODEM

- Bouclage 1 : test de l 'ETTD local.
- Bouclage 2 : test de la qualité de liaison (RTC) avec les modems compris.
- Bouclage 3 : test du modem local depuis l 'ETTD local.
- Bouclage 4 : réservé à l 'opérateur. Test de la qualité de la liaison.

TEST D 'UN MODEM

- On met en œuvre alors un appareil de mesure pour mesurer le BER (*Bit Error Rate*). On l 'appelle un BERT (*Bit Error Rate Tester*).
- On utilise des séquences pseudo-aléatoires (sur 511 bits par exemple, norme V.52) comme séquences de test.
- On peut aussi envoyer une séquence (classique) qui comprend toutes les lettres de l 'alphabet :
 - « VOYEZ LE BRICK GEANT PRES DU WHARF 0123456789 »
 - « THE QUICK BROWN FOX JUMPS OVER THE LAZY DOG 0123456789 »

LES TECHNOLOGIES xDSL SUR LE RTC

xDSL : INTRODUCTION

- Depuis l'avènement des technologies xDSL (*Digital Subscriber Line*), la paire torsadée en cuivre a retrouvé un intérêt grandissant parmi les grandes entreprises de télécommunication.
 - Les différentes technologies xDSL ont une caractéristique commune, elles permettent de faire passer des flux importants de données sur de simples lignes téléphoniques torsadées.
 - Les technologies xDSL permettent des débits de l'ordre de plusieurs Mb/s sans bouleverser l'infrastructure existante.
- Ces technologies utilisent les structures existantes sans nécessiter un investissement astronomique.

xDSL : INTRODUCTION

- Problème des derniers kilomètres de la transmission (Boucle Locale d'Abonné) :
 - La fibre optique ? trop onéreux.
 - Adapter le RTC existant. Technologies xDSL.
- Repousser la barrière théorique des 300-3400 Hz.
 - Problèmes de dissipation d'énergie, diaphonie, pupinisation...

xDSL : INTRODUCTION

- Dissipation d'énergie
 - Pertes par effet Joule qui augmentent avec la résistance du câble.
 - Les technologies xDSL font passer des signaux HF dans ces câbles. Cela a le désavantage de créer un effet de peau qui a pour conséquence d'augmenter dramatiquement la résistance du câble, et donc d'atténuer le signal utile.
 - Limitation de la longueur des boucles locales. Augmenter le diamètre des câbles mais coût plus élevé.

xDSL : INTRODUCTION

- Diaphonie
 - L'extension des technologies HF comme l' xDSL risque de créer de nombreuses perturbations par diaphonie surtout dans les centraux limitant ainsi le débit obtenu.
- Pupinisation
 - Les technologies xDSL ont pour principe de laisser la bande des 300-3400 Hz libre et donc d'émettre sur des fréquences élevés. Suppression des bobines de Pupin sur la BLA (tous les 1830 m).

xDSL : INTRODUCTION

- Les nouvelles technologies xDSL se situent sur le créneau des réseaux à large bande.
- Les technologies xDSL doivent pouvoir répondre à des exigences pour un transfert efficace de données qui sont :
 - la bande passante requise,
 - le temps de transfert,
 - le taux d'erreur,
 - la variation du délai de transmission *jitter* ou gigue.

xDSL : INTRODUCTION

Le sigle xDSL regroupe plusieurs variantes de techniques de transmission haut débit utilisant la ligne téléphonique.

- Une paire de cuivre offre une bande passante de quelques MHz or seulement 4 kHz (4312,5 Hz) sont utilisés pour la transmission de la voix.
- Les technologies xDSL exploitent cette bande passante supplémentaire pour créer ainsi deux voies de communication.
- La technologie ADSL met en place un débit dissymétrique plus important sur la voie descendante (VD) que sur la voie montante (VM). Cette dissymétrie est adaptée aux exigences de l'accès à Internet.

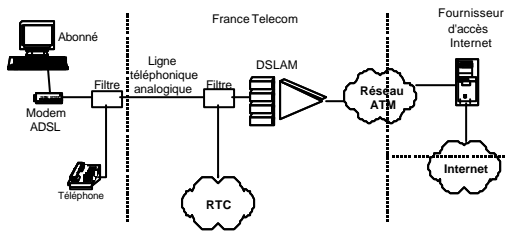


xDSL : INTRODUCTION

- Les technologies xDSL reposent sur le concept de *super modems*.
- Ce sont des boîtiers, où sont couplés des modulateurs-démodulateurs à très hautes performances placés aux extrémités de la ligne pour réaliser une boucle locale d'abonné numérique.
- Il est donc possible d'optimiser l'utilisation de ces lignes et il apparaît que, en fonction de la distance séparant l'abonné de son central téléphonique, les paires de cuivre peuvent supporter des débits allant de 1.5 Mb/s à 10 Mb/s, c'est à dire capables enfin de transporter de la vidéo.
- Il devient alors facile d'imaginer les possibilités qu'offrent de tels débits en les comparant à ce que l'on possède actuellement : 33,6 kb/s, 64 kb/s ou 128 kb/s dans le meilleur des cas.



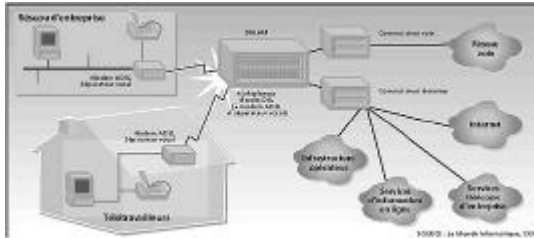
xDSL : ARCHITECTURE



DSLAM : Digital Subscriber Line Access Multiplexer



xDSL : ARCHITECTURE



Usage de l' xDSL pour les téléseuices

xDSL : ARCHITECTURE

- Une liaison xDSL comporte plusieurs canaux, par exemple la technique ADSL met en œuvre 3 canaux : un canal voix traditionnel et deux canaux multimédia.

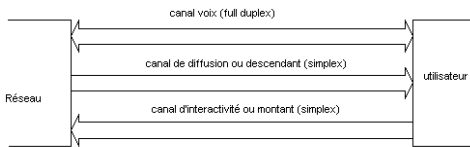


Fig. II.2 Les canaux ADSL

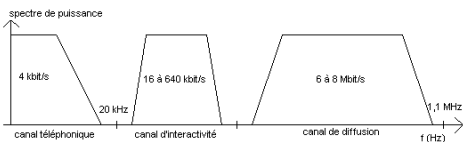
xDSL : LES TECHNIQUES

- ADSL (*Asymmetric DSL*) : cette technologie permet de numériser la partie terminale de la boucle locale d'abonné et de faire supporter simultanément sur une paire de fils de cuivre le service téléphonique de base et des flux de données numériques à très haut débit.
- La technique de transmission asymétrique offre deux canaux destinés aux données, avec un débit maximal (de 8Mb/s dans le sens réseau/abonné et de 640 kb/s dans le sens inverse) variable selon le code en ligne utilisé et la distance de raccordement.
- ADSL libère un peu de bande passante pour conserver le canal téléphonique de 4 kHz .

xDSL : LES TECHNIQUES

- ADSL se trouve être adapté au multimédia par Internet, le flux descendant (ou canal de diffusion) étant beaucoup plus important que le flux montant (ou canal d'interactivité).
- ADSL préservant le canal de voix, il est donc possible de téléphoner tout en "surfant sur le web".

xDSL : LES TECHNIQUES



xDSL : LES TECHNIQUES

- HDSL (*High bit rate DSL*) : technique de transmission *full duplex* destinée à optimiser l'utilisation du réseau de distribution en cuivre en offrant des équivalents à l'accès primaire RNIS de types T1 (1544 kb/s) et E1 (2048 kb/s) à au plus 3.6 km.
- SDSL (*Symmetric DSL ou Single line DSL*) : version monoligne de HDSL, mais plus limitée en distance (<3 km). SDSL est tout à fait adapté à la visioconférence, aux travaux en groupe sur réseaux LAN interconnectés et est une solution pour le remplacement des T1/E1.

xDSL : LES TECHNIQUES

- VDSL (*Very High bit-rate DSL*) : désignation commune à toutes les déclinaisons DSL à très large bande offrant un débit réseau vers abonné de 13 Mb/s à 51 Mb/s (300 m) selon une distance de raccordement inversement proportionnelle à ces calibres. Pour une boucle locale de 1km, le débit est limité à 26 Mb/s.
- RADSL (*Rate Adaptive DSL*) : extension de la variante ADSL, capable d'adapter le débit du modem à des vitesses de repli lorsque la qualité de transmission de la ligne se détériore.

xDSL : LES TECHNIQUES

Technologie xDSL	Mode de transmission	Débit Mbit/s	Mode de fonctionnement Canal	Codage	Distance/Débit Km/(Mbit/s)	Mode de séparation des canaux
ADSL	Asymétrique	1,544 à 9 0,016 à 0,640	Descendant Montant	DMT, CAP	5,5 / 1,5 1,8 / 7	FDM, annulation d'écho
HDSL	Symétrique	1,544	Duplex sur 2 paires	CAP, 2B1Q	5,5 / 2,048	Annulation d'écho
		2,048	Duplex sur 3 paires			
SDSL	Symétrique	0,128 à 2	Duplex	CAP, 2B1Q	3,6 / 2,048	Annulation d'écho
VDSL	Asymétrique	13 à 51	Descendant	CAP, DMT	1,5 / 3	FDM
		1,544 à 2,3	Montant			
RADSL	Asymétrique	0,600 à 7	Descendant	CAP	5,5 / 1,5	FDM
		0,128 à 1,024	Montant			

xDSL : LES TECHNIQUES



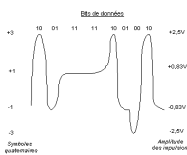
xDSL : LES TECHNIQUES

024 Transceiver Reference Table	DMT	GAP	CAP	FTN	FTN	GAP	G. levels	Residual
	2B1Q	2B1Q	4/4QAM	4/4QAM	16QAM	16QAM		
1.28 Mbps	X	X	X	X	X	X	X	X
384 Mbps	X	X	X	X	X	X	X	X
576 Mbps	X	X	X	X	X	X	X	X
768 Mbps	X	X	X	X	X	X	X	X
1 Mbps	X	X	X	X	X	X	X	X
11.544 Mbps			X	X	X	X	X	X
12.768 Mbps			X	X	X	X	X	X
Aggregation: Discontinuous	X	X						
Optional: Synchronization	X	X	X					X
Rate: Synchronous	X	X	Asynchronous	Asynchronous				X
Auto-Rate Adaptation: Optional	X	X	X	X	X	X	X	X
ISDN Capabilities	-	-	X	X	X	X	X	X
DSL	-	-	-	-	-	-	-	-
Typical Line Reach (24 AWG)	18 km (11.8 miles)	18 km (11.8 miles)	14 km (8.7 miles)	9 km (5.6 miles)	25 km (15.5 miles)	29 km (18.0 miles)	74.5 km (46.3 miles)	50 km (31.1 miles)
Typical Line Reach (16 AWG)	8 km (5.0 miles)	8 km (5.0 miles)	6 km (3.7 miles)	4 km (2.5 miles)	10 km (6.2 miles)	11 km (6.8 miles)	27 km (16.8 miles)	18 km (11.2 miles)
Typical Line Reach (12 AWG)	5.5 km (3.4 miles)	5.5 km (3.4 miles)	4.2 km (2.6 miles)	3.0 km (1.9 miles)	8 km (5.0 miles)	8.5 km (5.3 miles)	20 km (12.4 miles)	14 km (8.7 miles)
Typical Line Reach (10 AWG)	3.8 km (2.4 miles)	3.8 km (2.4 miles)	3.0 km (1.9 miles)	2.0 km (1.2 miles)	5 km (3.1 miles)	5.5 km (3.4 miles)	14 km (8.7 miles)	10 km (6.2 miles)

Source : Paradyne

xDSL : CODE DE LIGNE ET MODULATION

- Code 2B1Q
 - Avec deux bits consécutifs, on forme un symbole dibit.
 - On peut donc coder quatre symboles dibits possibles en bande de base.



xDSL : CODE DE LIGNE ET MODULATION

- CAP
- Certaines technologie xDSL utilisent communément les techniques CAP (*Carrierless Amplitude Phase*) ou DMT (*Discrete MultiTone*).
 - Toutes deux utilisent la modulation QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*).
 - Dans la modulation CAP, on génère une onde modulée qui transporte les paramètres amplitude et phase. Cette variante de la modulation QAM (modulation d'amplitude de deux porteuses en quadrature) est largement mise en œuvre sur les modems traditionnels et est adoptée aux premiers modems ADSL.

xDSL : CODE DE LIGNE ET MODULATION

CAP

- Le codage CAP module une seule porteuse qui est supprimée avant la transmission, d'où le qualificatif *Carrierless*, puis reconstruite par le modem récepteur.
- Débits de 1,5 Mb/s à 6 Mb/s .

xDSL : CODE DE LIGNE ET MODULATION

DMT

- Le codage DMT (*Discrete Multi Tone* appelé aussi OFDM pour le DVB) a été normalisé par l'ANSI.
- Il divise le spectre en sous canaux espacés de 4,3125 kHz.
- Chaque canal est modulé en phase et en amplitude (QAM) à 256 états (8 bits pour un moment élémentaire).

xDSL : CODE DE LIGNE ET MODULATION

DMT

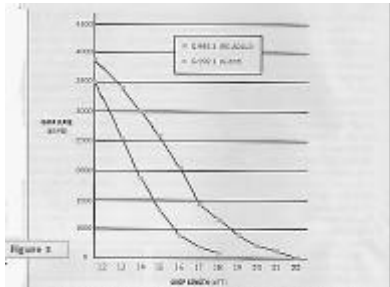
- Chaque canal constitue un symbole DMT. Ce codage affecte donc jusqu'à 8 bits par symbole à une vitesse de modulation de 4 kBd. Le sens émission (ou canal ascendant) se voit octroyer vingt canaux, soit un débit total de $20 \times 8\text{bits} \times 4\text{ k symboles}$ soit 640 kb/s.
- Le sens réception (ou canal descendant) bénéficie de 256 canaux, soit un débit cumulé de $256 \times 8\text{bits} \times 4\text{ k symboles}$ soit 8,192 Mb/s.
- En fonction des paramètres de la ligne, certains canaux peuvent être inhibés en fonction de la distance sur une BLA (paire en cuivre de diamètre 0,4 mm) (auto adaptation du débit en fonction de S/N).

xDSL : CODE DE LIGNE ET MODULATION

DMT

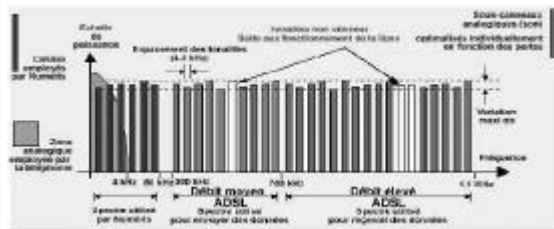
- Certains canaux sont spécialisés : exemple : 64 pour la signalisation.
- Les canaux 1 à 6 (bande passante) sont réservés à la voix analogique.

xDSL : CODE DE LIGNE ET MODULATION



Indication du débit possible en fonction de la distance sur une ligne ADSL

xDSL : CODE DE LIGNE ET MODULATION



xDSL : CODE DE LIGNE ET MODULATION

Comparaison CAP & DMT

DMT est un meilleur choix que CAP pour :

- optimisation de la transmission pour chaque canal.
- flexibilité du débit.
- interopérabilité : les constructeurs multiples, y compris tous les constructeurs principaux de circuits intégrés de télécommunication, visent à développer des solutions inter opérables basées sur la norme DMT. En conséquence, la plupart des constructeurs sur le marché ADSL coopèrent aux questions d'interopérabilité.
- exécution : en dépit de la maturité de CAP, les modems de DMT sont plus rapides et plus robustes.

xDSL : CODE DE LIGNE ET MODULATION

Comparaison CAP & DMT

DMT est un meilleur choix que CAP pour :

- immunité au bruit : la meilleure technique de transmission est celle qui adapte son signal au canal. DMT surveille facilement le canal et adapte alors sa transmission aux caractéristiques de la ligne téléphonique et met à jour en permanence ses caractéristiques. Puisqu'un symbole de DMT est beaucoup plus long que celui d'un CAP, un parasite aura moins d'impact, rendant la technique de DMT plus robuste.
- DMT a été adopté comme norme ANSI, ETSI et UIT-T. Tous les constructeurs dans le marché d'ADSL, développent la technologie DMT.

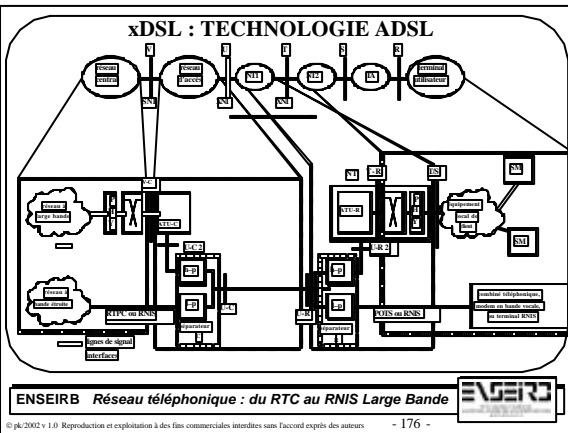
xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- Parmi les technologies xDSL, ADSL se prête davantage à la comparaison des modems analogiques classiques dont les derniers respectent la norme V.90.
- ADSL utilise des bandes de fréquences différentes pour séparer le canal de diffusion du canal d'interaction. Ce procédé autorise la préservation du canal téléphonique.

xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- L'installation ADSL est normalisée (norme G.992.1) et possède :
 - Des Groupements Fonctionnels.
 - Des Interfaces.
- ATU : unité d'émission/réception ADSL (ADSL Transceiver Unit)
- ATU-C : ATU du centre de commutation (chez l'opérateur) NNI
- ATU-R : ATU de l'extrémité distante (client) UNI

xDSL : TECHNOLOGIE ADSL



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- ADSL est une technologie de transmission par trame. Le flux à l'intérieur d'une trame peut être divisé en un maximum de 7 canaux de support (Bearer Channel) :
 - 4 canaux de support AS0, AS1, AS2 et AS3 pour le transport d'informations dans le sens descendant simplex.
 - 3 canaux supplémentaires LS0, LS1 et LS2 bidirectionnels.
- Les canaux AS ont un débit multiple de $n * 1,536$ Mb/s ou $n * 2,048$ Mb/s (n de 0 à 4 pour AS0 ou de 0 à 1 pour AS3).

xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

Le nombre de canaux de support et de canaux de modulation dépend de la classe de transport utilisée donc du débit maximal autorisé par la ligne ADSL.

- 4 classes de transport (numérotées de 1 à 4 pour T1 et 2M-1 à 2M-3 pour E1) sont définies :
 - classe 1 : obligatoire pour ligne ADSL de faible longueur à fort débit. Débit de 6,144 Mb/s supporté par 1 à 4 canaux de support, multiples de 1,536 Mb/s :
 - débit de 6,144 Mb/s sur AS0 obligatoire.
 - 2 canaux de 3,072 Mb/s optionnel.
 - 4 canaux de 1,536 Mb/s optionnel.
 - ...



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- Les canaux LS0, LS1 et LS2 bidirectionnels : un seul est obligatoire (noté C) pour le transport d'informations de signalisation à la sélection des services et à l'établissement d'appels.
- Le canal C est toujours actif pour un débit de 16 kb/s pour la classe de transport 4 ou 2M-3 et 64 kb/s pour les autres classes de transport.
- Le canal LS1 est optionnel à 160 kb/s.
- Le canal LS2 est optionnel à 384 ou 576 kb/s.



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- Classe de transport 1 :
 - canaux simplex capacité maximale : 6,144 Mb/s
 - débits autorisés : 1,536, 3,072, 4,608, 6,144 Mb/s
 - nombre maximal de canaux activés : 4 (AS0 à AS3)
 - canaux bidirectionnels, capacité maximale : 640 kb/s
 - débits autorisés : 576, 384, 160, 64 (C) kb/s
 - nombre maximal de canaux activés : 3 (LS0 à LS2)



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- Classe de transport 2M-1 :
 - **canaux simplex**, capacité maximale : 6,144 Mb/s
 - débits autorisés : 2,048, 4,096, 6,144 Mb/s
 - nombre maximal de canaux activés : 3 (AS0 à AS2)
 - **canaux bidirectionnels**, capacité maximale : 640 kb/s
 - débits autorisés : 576, 384, 160, 64 (C) kb/s
 - nombre maximal de canaux activés : 3 (LS0 à LS2)



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- Les canaux de support simplex et bidirectionnels ADSL sont encapsulés dans une trame possédant une entête.
- L'entête possède différents champs :
 - De reconnaissance du type de la trame.
 - De reconfiguration et d'adaptation de débit : OCC (Operation Control Channel).
 - De détection/correction d'erreurs : FEC.
 - De supervision : OAM (Operation And Maintenance).



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

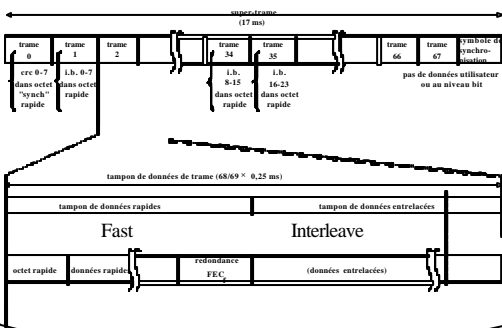
- L'entête sert aussi à la synchronisation des équipements et des applications (voix sur IP...).
- Deux flux de données sont définis dans la trame ADSL :
 - flux de bits stockés dans un buffer « Fast Buffer » : doivent être transmis en priorité. Temps de transfert crucial. Restent dans le buffer le temps que la trame ADSL soit constituée.
 - Flux de bits stockés dans un buffer « Interleave Buffer ». Temps de transfert non crucial. Restent dans le buffer jusqu'à ce qu'il y ait de la place dans la trame ADSL pour les transmettre.



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- Un ensemble de trames ADSL est concaténé pour former la supertrame ADSL (ressemblant à une trame T1, E1) :

xDSL : TECHNOLOGIE ADSL



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- La supertrame ADSL est composée de 68 trames ADSL numérotées de 0 à 67 codées et modulées pour produire des symboles DMT suivies d'un symbole de synchronisation inséré par le modulateur dont la fonction est de délimiter les frontières de supertrame et qui ne véhicule pas de données utilisateur.
- Le débit de symboles DMT, du point de vue des données utilisateur binaires, est égal à 4 kBd (soit une période de 250 μ s), mais le débit des symboles DMT émis est égal à $69/68 \times 4000$ bauds pour tenir compte de l'insertion du symbole de synchronisation.

xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- Chacune des trames au sein de la supertrame contient des données de tampon rapide (Fast buffer) et de tampon entrelacé (Interleave Buffer).
- 8 bits seront réservés dans chaque supertrame ADSL pour le contrôle CRC du tampon de données rapides (crc0-crc7) et 24 bits indicateurs (ib0-ib23) seront attribués pour des fonctions OAM.
- L'octet sync du tampon de données rapides (octet rapide) véhicule les bits de contrôle CRC dans la trame 0 et les bits indicateurs dans les trames 1, 34 et 35.



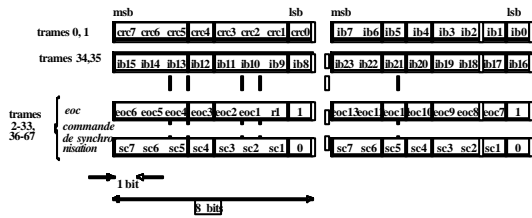
xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- L'octet rapide des autres trames est assigné pour les couples de trames paires et impaires, soit au canal EOC (Embedded Operations Channel) soit à la commande de synchronisation des canaux supports assignés au tampon rapide.



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

trames de rang pair trames de rang impair



Le bit 7 est le bit MSB et le bit 0, le bit LSB.



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- Il reste à regarder la structure de la trame ADSL émise et reçue par les équipements ADSL (ATU-C et ATU-R) qui sert à construire la supertrame ADSL.
- Pour chaque type de buffer (Fast ou Interleave), la trame prélève un nombre donné d'octets pour le canal AS0, AS1, AS2, AS3 et LS0, LS1 et LS2.
- La structure de la trame dépend du la classe de transport, de l'assignation du flux utilisateur à un type de buffer...



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- Classe 1, Interleave Buffer :

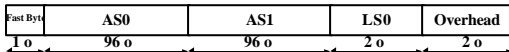
Fast Buffer	
- AS0 : 96 octets.	0
- AS1 : 96 octets.	0
- AS2 : 0	0
- AS3 : 0	0
- LS0 : 2 octets.	0
- LS1 : 0	5
- LS2 : 0	12

Allocation des buffers pour la classe de transport 1 (1,536 Mb/s)



xDSL : TECHNOLOGIE ADSL

- Sur l'exemple précédent, on a 96 octets pour les canaux AS0 et AS1 toutes les 125 µs soit $96 \times 8 \times 4000 = 3,072$ Mb/s.
- Le canal LS0 a ainsi un débit de $2 \times 8 \times 4000 = 160$ kb/s.



Structure de la trame ADSL, classe de transport 1, données Interleave.
Exemple précédent



LES NORMES xDSL

- L'UIT-T a proposé un certain nombre de normes sur l'xDSL :
 - Norme G.992.1 : définit le codage DMT version 2 avec un débit maximal de 6,144 Mb/s-640 kb/s sur 255 porteuses.
 - Norme G.992.2 ou G.Lite : norme provisoire pour l'ADSL à 1,5 Mb/s avec 128 porteuses et 8 bits/symbole au lieu de 15.
 - Norme G.994.1: définit les différentes séquences de négociation de débit.
 - Norme G.995.1 : définit les architectures de référence, les topologies et les connexions possibles avec l'xDSL.
 - Norme G.996.1 : définit les méthodes de mesure des bruits.
 - Norme G.997.1 : définit la couche physique et la gestion de l'xDSL avec SNMP.

INTERNET ET LE RTC

INTRODUCTION

- Le besoin grandissant de connectivité à Internet pose le problème de l'accès d'équipes et d'utilisateurs isolés à des sites connectés à Internet.
- Ce type d'accès n'est pas traité de façon globale au niveau des opérateurs aujourd'hui dans les réseaux régionaux.
- Des mesures de sécurité sont à mettre en œuvre pour respecter l'anonymat de l'appelant.

PROTOCOLES UTILISABLES

réseau	IP, AppleTalk (ARAP)
liaison	SLIP, PPP, propriétaire
physique	RTC, RNIS, xDSL

SLIP : Serial Link IP (RFC 1055)

PPP : Point to Point Protocol (RFC 1548)

ARAP : Appletalk Remote Access Protocol

RTC : Réseau téléphonique Commuté

RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Services

xDSL : x Digital Subscriber Line

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande

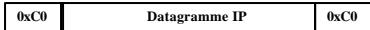


© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 199 -

SLIP, CSLIP (RFC 1055)

SLIP

- Protocole très simple.
- Les paquets IP sont émis sur le RTC avec un octet de séparation END
 - END code 0xC0.
 - si END dans les données : ESC ESC_END (0x0D, 0xDC).
 - si ESC dans les données : ESC ESC_ESC (0x0D, 0xDD).
- Pas de détection d'erreurs.
- Pas de négociation (adresse IP, taille des paquets, protocole transporté)
- Pas de sécurité.



ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande

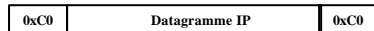


© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 200 -

SLIP, CSLIP (RFC 1055)

CSLIP

- Similaire à SLIP avec la compression des entêtes IP +TCP (40 octets) dite Van Jacobson (RFC 1144).



ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



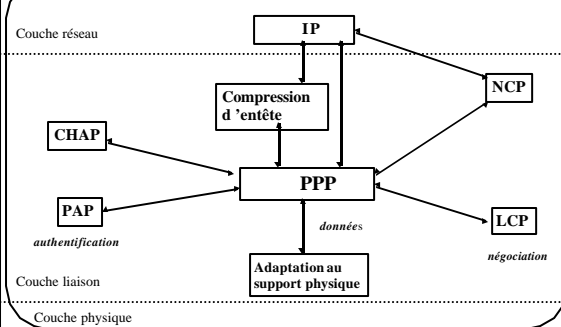
© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 201 -

PPP (RFC 1661)

Point to Point Protocol

- Méthode standard pour transporter des datagrammes de protocoles différents sur des liaisons point à point.
- Les composants de PPP :
 - Une méthode pour encapsuler les datagrammes (paquet PPP).
 - Encapsulation du paquet PPP dans une trame HDLC simplifiée.
 - Un protocole de contrôle de liaison de données.
 - Établir, configurer, et tester la liaison.
 - Une famille de protocoles de contrôle réseau : établir, configurer les différents protocoles de la couche réseau.

PPP (RFC 1661)



PPP : ENCAPSULATION HDLC

\$7E	\$FF	\$03	paquet PPP	FCS	\$7E
------	------	------	------------	-----	------

- flag : \$7E
- address : \$FF (adresse de diffusion)
- control : \$03 = *Unnumbered Info* (liaison fiable)
- paquet PPP : données, contrôle
- FCS : *Frame Check Sequence* ou CRC
- \$7E : flag de fin de trame HDLC

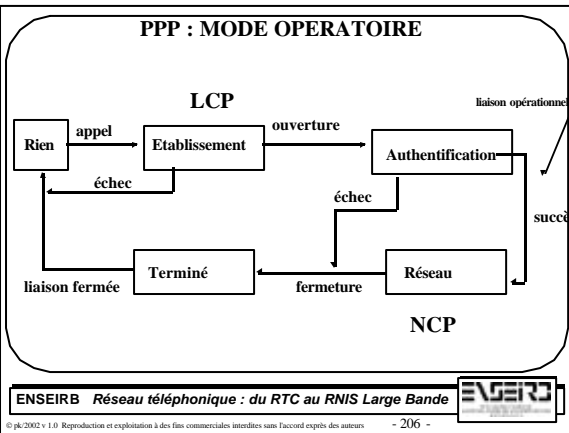
PPP : PAQUET PPP

Protocol	Information	Padding
----------	-------------	---------

- Protocol (16 bits) : type d'information
 - \$0000 à \$3fff = protocole réseau et paquets spécifiques
 - \$21 IP \$27 Decnet Phase 4
 - \$29 AppleTalk \$2B Novell IPX
 - \$8000 à \$BFFF = protocole de configuration NCP
 - \$8021 IPCP \$8029 AppleTalk \$802b IPX
 - \$C000 à \$FFFF = paquets de LCP
 - \$C021 LCP \$C023 PAP
 - \$C223 CHAP \$C025 *Link Quality Report*
- Information : 0 à 1500 octets.



PPP : MODE OPERATOIRE



PPP : LCP

0xC021	code	ident	length	data
--------	------	-------	--------	------

- *Link Control Protocol.*
- Négociation initiale :
 - taille des trames, compression propre à HDLC...
 - Authentification :
 - PAP : *Password Authentication Protocol*
 - CHAP : *Challenge Handshake Authentication Protocol*
- Automate complexe à 9 états.



PPP : LCP

Code (1 octet) :

- | | | | |
|--|-------------------|---|-----------------|
| - Etablissement et configuration de la liaison : | | - Surveillance et gestion de la liaison : | |
| 1 | configure request | 7 | code reject |
| 2 | configure ack | 8 | protocol reject |
| 3 | configure nack | 9 | echo request |
| 4 | configure reject | 10 | echo reply |
| - Coupure de la liaison : | | 11 | discard request |
| 5 | terminate request | - Extension : | |
| 6 | terminate ack | 12 | identification |
| | | 13 | time remaining |

Ident : numéro de requête-réponse

Length (2octets) : longueur du champ Data

Data



PPP : AUTHENTIFICATION PAP

• Password Authentication Protocol

• Champ protocol du paquet PPP : \$C023

code	identifiant	total length
ID length	identification	
PW length	password	

code :

- 1 authenticate request
- 2 authenticate ack
- 3 authenticate nack

• identification et mot de passe PPP :

- Ce n'est pas un login sur une machine.
- Une fois en début de connexion, mot de passe en clair sur le réseau.



PPP : NCP

• Network Control protocol.

• Un NCP par protocole de la couche réseau.

- | | | |
|----------|---------|-------------|
| RFC 1332 | IPCP | (IP) |
| RFC 1376 | DNCP | (Decnet) |
| RFC 1377 | OSINLCP | (OSI) |
| RFC 1378 | ATCP | (AppleTalk) |
| RFC 1552 | IPXCP | (IPX) |

• Permet le multiplexage de différents protocoles sur la liaison

0x8021	code	ident	length	data	
--------	------	-------	--------	------	--



PPP : NCP

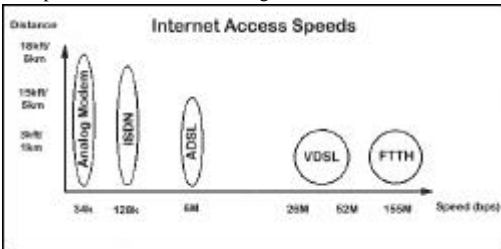
• Code :

- Établissement et configuration de la liaison
 - 1 configure request
 - 2 configure ack
 - 3 configure nack
 - 4 configure reject
- Coupure de la liaison
 - 5 terminate request
 - 6 terminate ack
- Surveillance et gestion de la liaison
 - 7 code reject

Les autres champs ont la même signification que dans le paquet LCP.

RTC ET ACCES INTERNET

Bilan pour les différentes technologies :



FTTH : Fiber To The Home

PARTIE 2 : LES MULTIPLEX NUMERIQUES : LES ROUTES DE L'INFORMATION

LA HIERARCHIE NUMERIQUE PDH

INTRODUCTION

- Au cours des années 60, l'émergence des systèmes numériques rend possible l'amélioration des réseaux de communication analogique.
- Ces réseaux utilisaient un système de modulation BLU pour la transmission de la parole et plus généralement des voies téléphoniques (GP, GS, GT, GQ...).
- Cependant cette approche ne permettait pas toute la flexibilité souhaitée et dégradait la qualité de transmission, notamment à cause des multiplexages et démultiplexages successifs introduisant à chaque fois un peu plus de bruit.

INTRODUCTION

- Les commutateurs du réseau téléphonique (CAA, CTS, CTP) sont reliés entre eux par des supports de transmission de très grande capacité qui sont constitués de voies numériques multiplexées.
- Le multiplexage est basé sur la technique MIC (Modulation par Impulsion et Codage) qui regroupe 32 voies à 64 kb/s (en Europe) soit un débit global de 2048 kb/s.
- Une hiérarchie de multiplexage est définie dans le réseau de transmission afin de regrouper un très grand nombre de voies sur des supports large bande.

PDH

- Ce sont sur ces bases existantes que se sont développés les premiers réseaux numériques pour répondre à une demande croissante de débit d'information.
- Le tout premier date de 1962 est construit aux USA par les laboratoires de BELL : ce système numérique permettait de multiplexer 24 voies de qualité audio (échantillonnage à 8 kHz).
- Ce type de communication s'est vraiment imposé dans les années 70, grâce au développement de circuits intégrés à un prix abordable.

PDH

- En combinant des flots d'information de bas débits en un seul canal de débit plus important, on réalise des hiérarchies numériques de multiplexage.
- La première utilisée est PDH qui souffre d'un manque de normalisation au niveau mondial et une structure trop rigide pour les futurs réseaux très hauts débits.
- Pour ces raisons, les hiérarchies numériques SDH et SONET vont remplacer à terme la précédente et permettre aux utilisateurs de bénéficier pleinement des applications multimédia : la vidéo, par exemple, nécessite une grande bande passante.

PDH

- Tous les signaux numériques sont élaborés à partir de quartz, ayant chacun une tolérance. Ainsi, la fréquence des signaux numériques à 8,448 Mb/s doit être exacte à 253 Hz près (30 ppm).
- Les multiplexeurs doivent multiplexer de tels trains numériques non synchrones et restituer chacun avec son propre rythme en réception.
- La solution technique utilisée est de rendre synchrone les signaux avant de les multiplexer bit à bit puis de les restituer plésiochrone après démultiplexage.

Exemple : multiplexage de 4 affluents à 8 Mb/s en un train à 34Mb/s.

PDH

A un instant t:

Trains élémentaires

figure (a) figure (b) figure (c)

- La solution (b) dite par nivellement consiste à amener tous les trains élémentaires à un débit commun inférieur au plus bas autorisé ; par exemple 8 447 700 b/s. Les trains sont synchrones mais au prix d'une perte d'information.
- La deuxième solution dite par remplissage revient à compléter les trains élémentaires avec des bits de remplissage jusqu'à un débit commun supérieur au plus haut débit autorisé.

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande

© pl/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrit des auteurs - 220 -

PDH

b/s

Train élémentaire

□ Données
 □ Remplissage
 □ Insertion systématique

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande

© pl/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrit des auteurs - 221 -

PDH

- Solution b retenue car toute perte d'information n'est pas envisageable.
- Les trains sont synchrones grâce à l'ajout de bits de remplissage pour obtenir le débit commun choisi.
- Ces bits ajoutés à un débit propre à chaque train élémentaire sont appelés *bits de justification*.
- En réception, il faudra enlever ces bits de justification de façon à ne restituer que les trains élémentaires d'origine.

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande

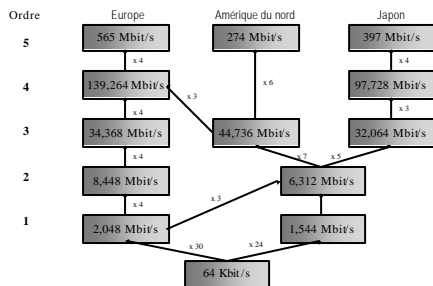
© pl/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrit des auteurs - 222 -

PDH

- Les différents circuits présents dans la hiérarchie PDH possèdent leurs horloges propres : il n'existe pas d'horloge commune à tout le système. La seule contrainte étant d'avoir une précision de \pm quelques dizaines ppm sur l'horloge de base.
- Pour le passage vers un niveau supérieur de la hiérarchie, il n'y a donc pas de concordance stricte des débits de plusieurs affluents.



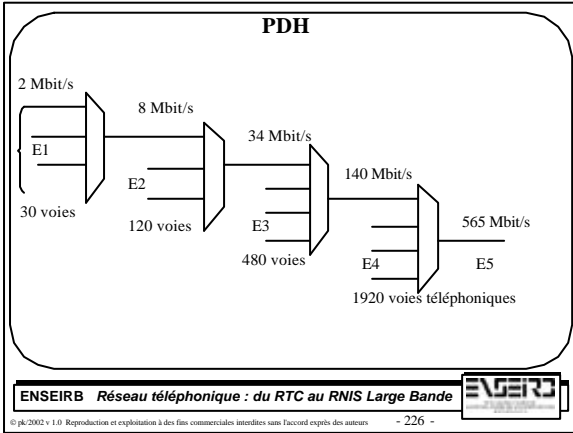
PDH

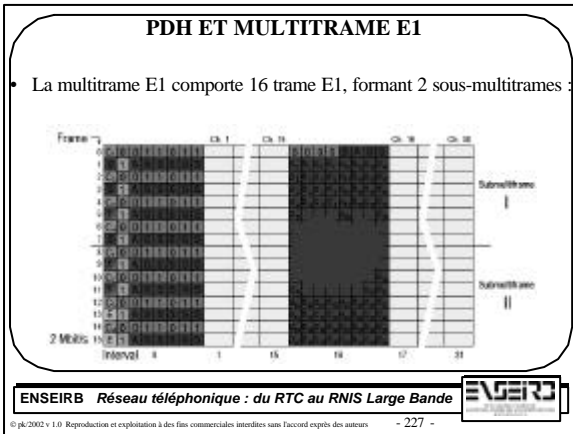


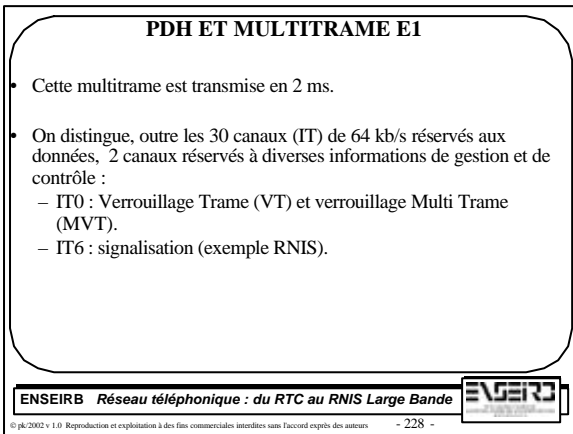
PDH

- Le passage d'un ordre N-1 à un ordre N se fait par multiplexage de n trains d'ordre inférieur.
- A chaque niveau hiérarchique correspond une trame spécifique.
- Il est à noter que le réseau français propose un débit intermédiaire non normalisé, avec un débit à 52 Mb/s obtenu par multiplexage de trains à 8 Mb/s.









PDH ET MULTITRAME E1

Ces 7 bits ('0011011') présents dans le premier octet des trames paires appelé FAS permet de réaliser l'alignement des trames. Cet alignement est nécessaire car chaque intervalle de temps a une signification propre et il faut donc pouvoir détecter le début des trames E1. Le premier octet des trames impaires se nomme NFAS par opposition au premier et comporte d'autre type d'informations.

Le deuxième bit de chaque NFAS supervise l'alignement des trames de base.

PDH ET MULTITRAME E1

Le premier bit des octets FAS est dédié au contrôle d'intégrité des sous-multitrames. Pour chaque sous-multitrame, on calcule un CRC-4 que l'on transmet dans les octets FAS de la sous-multitrame suivante. Il suffit alors de comparer le CRC calculé lors de la réception d'une sous-multitrame avec le CRC transmis dans la suivante. La probabilité de non détection d'erreur est d'environ 6.25%.

C₁ C₂ C₃ C₄

Une erreur détectée grâce au CRC-4 est indiquée par ces 2 bits

PDH ET MULTITRAME E1

Les 15 octets restant dans l'IT 16 de la multitrame sont utilisés pour la signalisation des 30 canaux de données : chaque canal a un quartet par multitrame pour sa signalisation, soit un débit de 2 kb/s.

Ces bits (*Spare*) n'ont pas d'utilisation bien définie : ils sont généralement utilisés en fonction des besoins des opérateurs (maintenance, informations point à point...).

PDH ET E3

- La trame E3 se décompose en 4 blocs de 384 bits soit 1536 bits au total (34,368 Mb/s).
- La capacité utile de la trame E3 est comprise entre 1508 et 1512 bits.



RAI : alarme

Res : bit réservé

St : bit de justification

C1, C2 et C3 : contrôle de justification



PDH : UN BILAN

- La rigidité du système : l'accès à un canal de base à partir d'un lien rapide 140 Mb/s nécessite 3 démultiplexages faisant intervenir la justification : PDH est lent et complexe.
 - La difficulté pour gérer la qualité de la transmission : les impératifs d'une communication téléphonique ne sont pas les mêmes que pour la transmission de données.
 - Les structures permettant la gestion du réseau ne sont pas prévues dans la trame de transport de l'information.
- PDH n'est réellement adapté qu'au domaine de la téléphonie.



SDH

- SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) est une recommandation normalisée par l'UIT-T en 1988 (G.707, G.708, G.709).
- C'est une hiérarchie de transport numérique par multiplexage, standardisée pour assurer le transport des informations contenues dans la capacité utile (*payload*) sur des réseaux de transmission.
- Le principe SDH est basé sur un multiplexage utilisant des pointeurs qui permettent de repérer la position de l'information à l'intérieur de la trame.
- La position de l'information peut être flottante dans la trame. Ce principe permet d'avoir accès facilement à l'information (en utilisant les pointeurs) ce qui évite de devoir démultiplexer le signal dans tous les équipements nécessitant l'information.



SDH

- La structure du multiplexage SDH se décompose en trois couches principales :
 - Les conduits d'ordre inférieur.
 - Les conduits d'ordre supérieur.
 - Les sections de ligne.
- Le multiplexage s'effectue en deux étapes :
 - Le multiplexage des conduits d'ordre inférieur dans les conduits d'ordre supérieur.
 - Le multiplexage des conduits d'ordre supérieur dans la section de ligne.

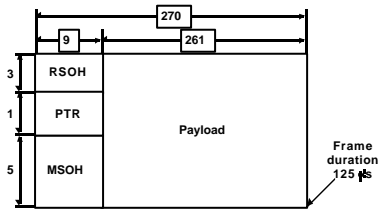
SDH

- A chaque multiplexage est associé un **pointeur** qui permet de localiser la position de l'information dans la trame.
- La technique de la hiérarchie SDH utilise deux pointeurs pour les deux multiplexages.
- Pour obtenir un transport synchrone de l'information, on utilise la technique de surdébit lors de chaque multiplexage (comme PDH).
- Ceci permet de compléter chaque trame avec des bits de surdébit pour obtenir une trame d'une longueur constante.

SDH

- La technique SDH utilise, pour le transport de l'information, une structure de trames synchrones, dont les caractéristiques sont les suivantes :
 - Longueur totale 2430 octets.
 - Durée : 125 μ s.
 - Débit : 155,52 Mb/s.
 - Capacité utile : 2349 octets.
 - Débit utile : 150,336 Mb/s.

SDH : TRAME DE BASE STM1



RSOH Regenerator Section OverHead
PTR PoinTeR
MSOH Multiplexer Section OverHead

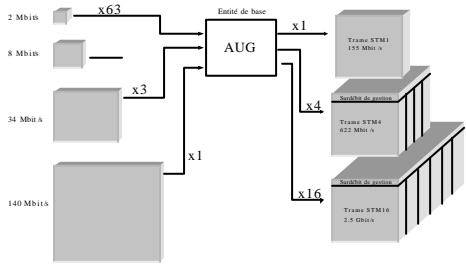
SDH : TRAME DE BASE STM1

- STM-1 comporte 3 zones :
 - la capacité utile (*payload*) : 2349 octets qui sont réservés pour le transport des signaux.
 - le surdébit de section SOH : (*Section OverHead*) divisé en 2 parties.
 - Il comprend 72 octets réservés à l'exploitation de la section de transport.
 - le pointeur : il sert à localiser l'emplacement des signaux dans la trame STM-1. Grâce à ce pointeur, il est possible de déterminer à quel endroit exact sont positionnées les données.

SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

- La trame STM-1 permet de transporter tout type de signaux PDH (< 140 Mb/s).
- Le principe de multiplexage SDH est le multiplexage synchrone des débits affluents en une structure de base ou entité de base.
- Cette entité de base est appelée AUG : *Administrative Unit Group*. Elle définit implicitement toutes les trames haut débit qu'il sera possible de créer à partir d'une ou plusieurs entités de base et des surdébits de gestion associés à chaque trame d'ordre supérieur.

SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE



SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

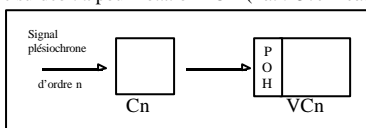
- Le conteneur d'ordre n C_n est une unité de transport dont la capacité est dimensionnée pour assurer le transport de l'un des débits défini par les recommandations internationales.

Ordre Hiérarchique	Débit Numérique	Notation Conteneur
4	E4 => 139264 kb/s	C4
3	DS3 => 44736 kb/s	C3
3	E3 => 34368 kb/s	C3
2	DS2 => 6312 kb/s	C2
1	E1 => 2048 kb/s	C12
1	T1 => 1544 kb/s	C11



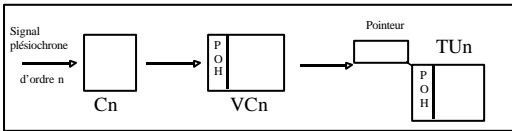
SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

- Le conteneur virtuel VC_n (*Virtual Container* d'ordre n) est associé au conteneur n C_n défini précédemment selon l'ordre auquel il fait référence.
- Il est obtenu en rajoutant au conteneur d'ordre n un surdébit de gestion du conteneur sur le parcours ou le conduit qui en assurera le transport. Ce surdébit a pour notation POH (*Path OverHead*).



SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

- L'unité d'affluent TU (*Tributary Unit*) d'ordre n est composé du VCn et du pointeur de VCn associé.
- Ce pointeur permet de localiser de façon explicite le VCn dans la trame qui le transporte.

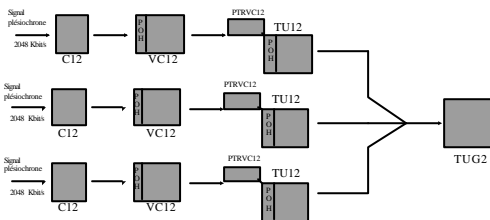


SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

- Le groupe de TU est noté TUGn (*Tributary Unit Group*). Ce n'est pas une unité physique mais une structure particulière dans laquelle s'inscrivent les TU par multiplexage.
- Plusieurs unités d'affluent peuvent être ainsi assemblées par multiplexage pour constituer une trame virtuelle qui s'inscrira dans la trame d'ordre supérieure qu'elle soit elle même virtuelle (TUG d'ordre 3 pour 7 TUG d'ordre 2) ou Conteneur Virtuel (VC4 pour 3 TUG3).

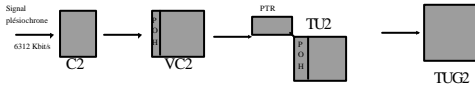
SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

- Création d'un TUG2 à partir de 3 TUG12 :



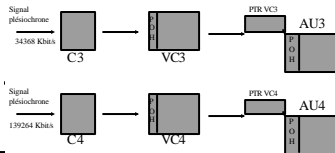
SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

- Le TUG2 peut être obtenu à partir du débit 6312 kb/s (DS2) par création du C2 puis du VC2 par addition du surdébit de conduit POH. Le pointeur associé à ce VC2 permet alors d'obtenir le TU2 qui prendra la place de la trame virtuelle TUG2 dans TUG3 et VC4.



SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

- L'unité administrative AU (*Administrative Unit*) est réservée aux ordres 3 et 4 et est équivalente à la structure unité d'affluent (TU) des ordres 11, 12, 2 et 3.
- Elle est composée de VC3 ou VC4 et du pointeur associé permettant de localiser de façon précise les informations VC3 ou VC4 à l'intérieur de la trame de transport.

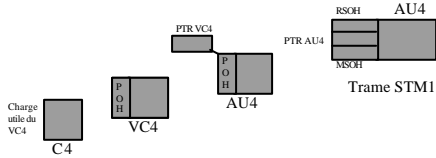


SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

- Le groupe d'unité administrative AUG (*Administrative Unit Group*) est une structure virtuelle représentant l'information ou charge utile de la trame de transport d'ordre 1.
- L'AUG est l'élément de base permettant de réaliser l'ensemble des trames de transport de la hiérarchie numérique synchrone.
- L'AUG est constitué d'un AU4 ou de 3 AU3 selon la norme utilisée.

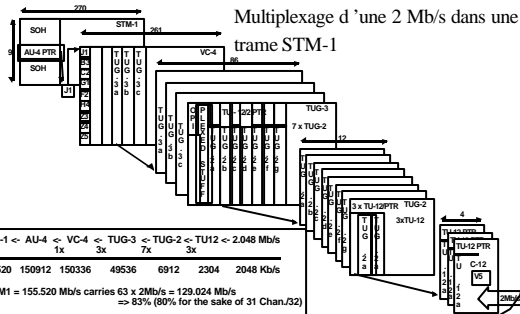
SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

- Multiplexages successifs d'une trame STM-1 à partir de C4 :



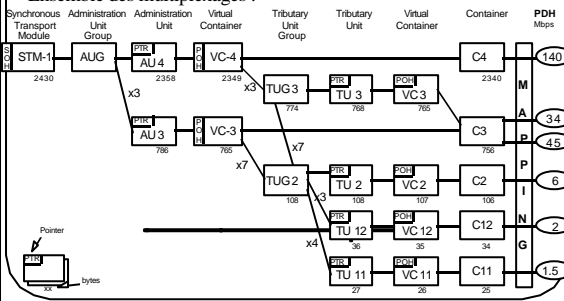
SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

Multiplexage d'une 2 Mb/s dans une trame STM-1



SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

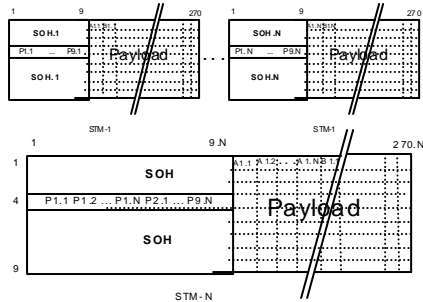
- Ensemble des multiplexages :



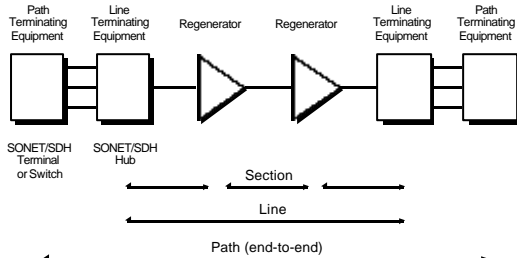
SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE

- Les trames de transport sont obtenues par multiplexage de N AUG. Elles sont appelées trames STM N (*Synchronous Transport Module*) ou N représente le nombre d'AUG multiplexés :
 - STM-1 155,52 Mb/s.
 - STM-4 622,08 Mb/s.
 - STM-8 1 244,16 Mb/s.
 - STM-12 1 866,24 Mb/s.
 - STM-16 2 488,32 Mb/s.
 - STM-32 4 976,64 Mb/s
 - STM-64 9 953,28 Mb/s.

SDH : PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE



SDH : INFRASTRUCTURE



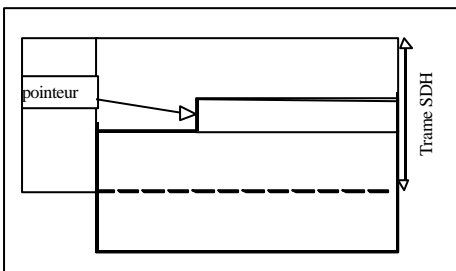
SDH : LES POINTEURS

- Le brassage temporel impose des contraintes sur la phase et le synchronisme des signaux.
- Les pointeurs permettent de récupérer le synchronisme en répondant aux deux questions suivantes :
 - Comment absorber la gigue et le dérapage liés aux variations de temps de propagation dans le réseau de transmission ?
 - Comment absorber les écarts de fréquence en cas de synchronisation défaillante ou de fonctionnement plésiochrone ?

SDH : LES POINTEURS

- Pour répondre à ces questions la hiérarchie SDH utilise :
 - Un pointeur qui indique la position relative d'un signal dans une trame synchrone.
- Cela permet de repérer la phase des différents signaux sans avoir à réaliser l'alignement en phase de ceux-ci.
- Cela permet aussi un mécanisme identique dans le principe de l'adressage indexé en informatique.
- Ce pointeur associé à un processus de justification positive-nulle-négative permet de gérer l'asynchronisme en maintenant l'intégrité de la séquence du signal transporté.

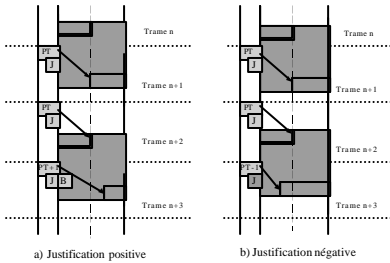
SDH : LES POINTEURS



SDH : LES POINTEURS

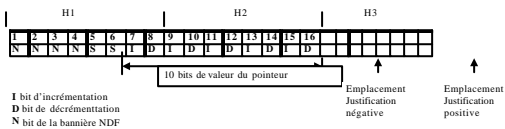
- Le pointeur indique donc la position du début de l'information dans la trame.
- Le problème d'asynchronisme éventuel est résolu par l'association du pointeur et d'un mécanisme de justification positive-nulle-négative.

SDH : LES POINTEURS



SDH : LES POINTEURS

- Le pointeur AU est constitué de trois octets H1, H2, H3.
- Ce sont les octets H1 et H2 qui portent la valeur du pointeur pour localiser le premier octet de VC-n.



SDH : LES POINTEURS

- La trame fictive représentée possède une zone réservée pour le transport d'un signal affluent, un pointeur associé PT et un octet J réservé pour la justification négative.
- La figure b) décrit le cas où l'horloge locale fonctionne à une fréquence inférieure à l'horloge du nœud d'origine du VC.
- L'utilisation de l'octet J réservé pour permettre le débit en excès (justification négative).
- La décrémentation de la valeur du pointeur permet de maintenir l'intégrité du signal transporté tout en conservant la connaissance de la phase relative du signal.



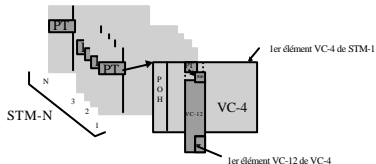
SDH : LES POINTEURS

- La figure a) décrit le cas inverse où l'horloge locale fonctionne à une fréquence supérieure à l'horloge du nœud d'origine du VC.
- L'opération d'adaptation est réalisée par insertion d'un octet de bourrage B (justification positive) et incrémentation de la valeur du pointeur.
- Sur cette figure, seule la séquence de trames durant laquelle se produit un ajustement de pointeur est représentée, étant entendu que cette séquence est en principe précédée et suivie par une longue période pendant laquelle aucun ajustement ne se produit (justification nulle).
- **La fréquence d'ajustement des pointeurs est liée à l'écart de fréquence entre l'horloge locale et l'horloge d'origine du VC considéré.**



SDH : LES POINTEURS

- Par exemple : l'ajustement d'un pointeur de VC-12 correspond à une variation de phase d'un octet soit un écart de fréquence de 10^{-8} .
- La hiérarchie SDH utilise deux niveaux de pointeurs :

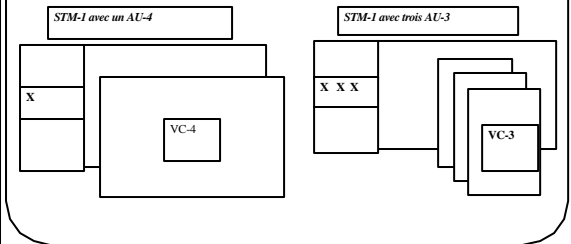


SDH : LES POINTEURS

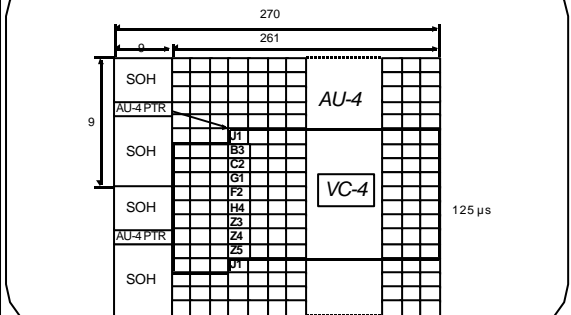
- Le premier pointeur sert à déterminer la position du premier VC-4 qui contient le premier conteneur virtuel contenant des informations, dans la trame STM-1 ou STM-N (les pointeurs sont utilisés pour localiser les conteneurs virtuels).
 - Le deuxième pointeur sert à positionner la première trame VC-11 (ou VC12 ou VC-2 ou VC-3) qui contient exactement les informations dans la trame VC-4.
- Ainsi, la position d'un affluent à bas débit dans un multiplex à haut débit est définie par la lecture successive de 2 pointeurs correspondant aux 2 étapes de multiplexage de la SDH.**



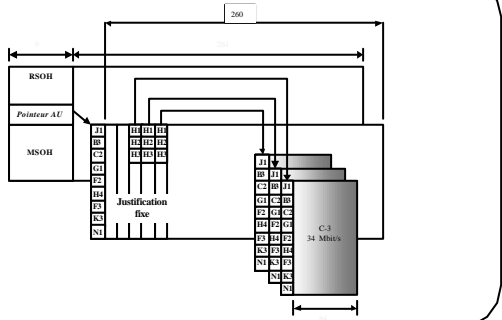
SDH : LES POINTEURS



SDH : LES POINTEURS



SDH : LES POINTEURS



SDH : L'ENTETE SOH

- Les 9 premières colonnes forment une zone de surdébit représentant la zone de supervision de la trame STM-1 appelé SOH (Section OverHead).
- Cette section regroupe les informations de *block framing* et les informations pour la maintenance, la surveillance des performances et d'autres fonctions opérationnelles.
- Elle se décompose en deux parties :
 - le RSOH (Regenerator Section OverHead) pour les fonctions de régénération
 - le MSOH (Multiplex Section OverHead) entourant la zone des pointeurs d'AU.



SDH : L'ENTETE SOH

Framing						STM ID			
A1	A1	A1	A2	A2	A2	C1			
BIP-8 B1			Order wire E1			User channel F1			RSOH
Data comm D1			Data comm D2			Data comm D3			
AU-pointer									
B2	BIP-24 B2		B2	APS K1		APS K2			MSOH
Data comm D4			Data comm D5			Data comm D6			
Data comm D7			Data comm D8			Data comm D9			
Data comm D10			Data comm D11			Data comm D12			
Timing Mark S1	Spare Z1	Spare Z1	Spare Z2	Spare Z2	FEBE M1	Order wire E2			



SDH vs PDH

- L'intérêt de SDH tient en six principaux points, tout en s'affranchissant des limitations inhérentes à PDH :
 - Débits élevés : on atteint jusqu'à 10 Gb/s (limites technologiques) pour les derniers niveaux de la hiérarchie à comparer avec les 565 Mb/s de PDH.
 - Accès aux canaux bas débits : c'est un des plus gros apports de la technologie synchrone. L'extraction d'un canal de base à partir d'un lien rapide n'impose pas le démultiplexage complet jusqu'au niveau souhaité. On effectue ces traitements à la volée (*add & drop*).

SDH vs PDH

- Disponibilité et flexibilité : l'allocation des bandes passantes aux clients peut être réalisée dynamiquement par les fournisseurs d'accès en utilisant les capacités de gestion du réseau offertes par la trame du système SDH.
- Fiabilité : le système comporte des protections automatiques contre les aléas de transmission comme la rupture d'un lien ou la panne d'un système.
- Support des futurs services : SDH a été conçue pour transport des services modernes comme la vidéo ou la visiophonie. Cette hiérarchie numérique est aussi le support privilégié des réseaux hauts débits utilisant ATM.
- Interopérabilité : SDH facilite l'interconnexion de réseaux existants.

SONET

- La solution américaine SONET (*Synchronous Optical Network*) est une proposition des laboratoires BELLCORE.
- C'est une hiérarchie numérique synchrone antérieure à la hiérarchie SDH.
- Elle utilise une trame assez similaire à SDH qui est émise toutes les 125 μ s.
- La normalisation par l'UIT-T de cette hiérarchie a permis de standardiser les débits utilisés par les principaux acteurs (USA, Europe et Japon) et de spécifier les débits communs à SONET et SDH pour le transport des cellules ATM.
- SONET peut être interconnecté à SDH.

SONET

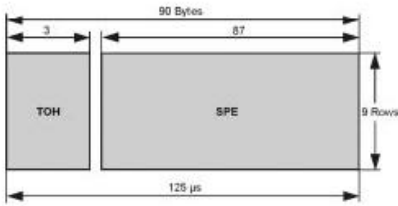
Optical Carrier Level	Electrical Equivalent	Line Rate (Mbps)
OC-1	STS-1	51.84
OC-3	STS-3	155.52 (STM-1)
OC-9	STS-9	466.56
OC-12	STS-12	622.08 (STM-4)
OC-24	STS-24	1244.16
OC-48	STS-48	2488.32 (STM-16)
OC-192	STS-192	9953.28 (STM-64)

Note: The higher line rates are integer multiples of the base rate of 51.84 Mbps. For example, OC-12 = 12 x 51.84 Mbps = 622.08 Mbps. The highlighted rates are the most widely supported.

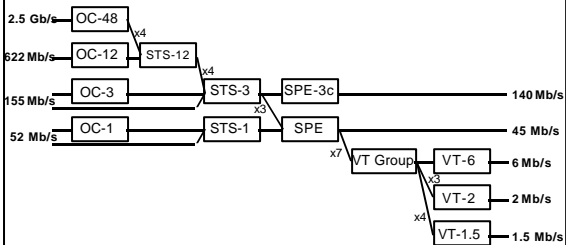
STS-n - Synchronous Transport Signal level n



SONET



SONET



**PARTIE 3 :
PRESENTATION
DU
RESEAU NUMERIQUE A INTEGRATION
DE SERVICES RNIS BANDE ETROITE**



INTRODUCTION

- RNIS est l'acronyme de Réseau Numérique à Intégration de Services (traduction de ISDN : *Integrated Service Digital Network*).
- Le RNIS est défini comme suit par l'UIT-T :
"Un réseau Numérique à Intégration de Services est un réseau développé en général à partir d'un réseau téléphonique numérisé qui autorise une connectivité numérique de bout en bout assurant une large palette de services, vocaux ou non, auxquels les usagers ont accès par un ensemble limité d'interfaces polyvalentes".



INTRODUCTION

- Le RNIS est un réseau techniquement évolué.
- Ayant pour support les infrastructures du réseau RTC déjà existantes, le RNIS permet d'atteindre des vitesses plus élevées.
- Le RNIS Bande Étroite (*Narrow ISDN*) migre vers le haut débit pour donner le RNIS Large Bande (*Broadband ISDN*).

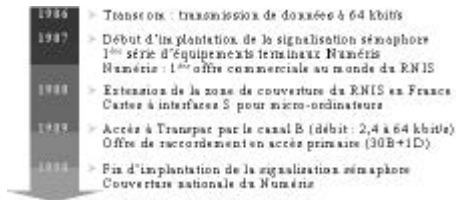


HISTORIQUE

- Apparition dès la fin des années 70.
- Évolution naturelle du Réseau Téléphonique Commuté (RTC) traditionnel. Le 1^{er} réseau RNIS public au monde a été inauguré en Bretagne fin 1987.
- Aujourd'hui, 100% des centraux téléphoniques français sont numériques.
- Lors de sa commercialisation (vers 1995), le RNIS fut appelé Numéris par France Télécom.



HISTORIQUE



HISTORIQUE

- La numérisation de la commutation signifie que les commutateurs électromagnétiques sont remplacés par des commutateurs électroniques à technologie de commutation temporelle.
- Commutation temporelle : exploration séquentielle des N voies d'entrée. Elaboration d'une trame multiplexée comportant N intervalles de temps (IT) de k bits.
- Dans les autocommutateurs destinés au RNIS, chaque IT comprend 8 bits et se reproduit toutes les 125 μ s, soit 8000 fois par seconde (64000 b/s).



AVANTAGES

- Séparation entre la signalisation et le transport des données.
- Signalisation beaucoup plus riche.
- Découplage des vitesses (signalisation/données).
- Disponibilité du système de signalisation pendant la phase de transfert.
- Intégration plus facile et plus cohérente de nouveaux services.
- Signal d'appel, renvoi d'appel.
- Présentation des appels entrants.
- Mini messages...

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrit des auteurs - 283 -

AVANTAGES

- Des débits supérieurs et garantis (64kb/s entre 2 abonnés RNIS) pour des transferts de données (fax, réseau Internet...).
- Possibilité d'établir des circuits virtuels dans les canaux de transport de données (canaux B).
- Temps de connexion entre 2 adaptateurs Numéris faible.

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrit des auteurs - 284 -

AVEC RNIS

- Nouvelle signalisation avec l'abonné : Protocole D.
- Nouvelle signalisation dans le réseau : CCITT N°7.
- Nouvelle transmission entre l'abonné et le commutateur.
- Réseau unique pour :
 - Téléphonie.
 - Télécopie G3 et G4.
 - Transmission de données.
 - Son.
 - Images (H.261).
- Réseau à couverture nationale.

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrit des auteurs - 285 -

RNIS : NORMALISATION DE L 'ITA

- Les interfaces :
 - Interface R (*Rate*) : fournit une interface non RNIS entre les équipements utilisateurs non compatibles RNIS et un adaptateur (AT : Adaptateur de Terminal).
 - Interface S (*Subscriber*) : sépare la partie utilisateur des fonctions réseaux du terminal.
 - Interface T (*Terminal*) : sépare l'équipement du fournisseur de réseau de l'équipement de l'utilisateur. Fournit une interface normalisée entre les matériels, l'émission et la réception, la validation et les informations de synchronisation au réseau et à la partie du terminal concerné.
 - Interface U (*User*).



RNIS : NORMALISATION DE L 'ITA

- Le raccordement du poste téléphonique de l'abonné RNIS ne se fait pas directement sur la ligne de distribution du central public. L'opérateur met en place chez l'abonné un coffret TNR (Terminaison Numérique du Réseau).
- Le rôle de la TNR ne concerne que le niveau 1 du modèle OSI. Elle assure :
 - les fonctions de conversion de deux fils en quatre fils.
 - la gestion des accès des terminaux sur la ligne S0.
 - la téléalimentation des terminaux et en particulier des postes téléphoniques.
 - la protection du site de l'abonné contre les surcharges (foudre en particulier).



RNIS : NORMALISATION DE L 'ITA

- La TNR peut elle-même être téléalimentée par le central téléphonique de rattachement.
- Elle peut aussi être alimentée localement. Dans ce cas, une batterie de secours permet d'assurer un service minimal afin de garantir un service téléphonique minimal.
- Les postes téléphoniques ne peuvent dialoguer pas directement entre eux (communication interne). Pour y remédier, il faut disposer d'un commutateur (TNA).



RNIS : ACCES DE BASE 2B+D

- Débit utile 144 kb/s pour un débit nominal de 192 kb/s.
- Une trame de 48 bits toutes les 250 μ s avec 36 bits de données.
- 2 canaux B à 64 kb/s pour la parole, les données, le texte et les images.
- 1 canal D à 16 kb/s pour la signalisation, la messagerie et l'accès à Transpac TPC (commutation paquet dans le canal D).

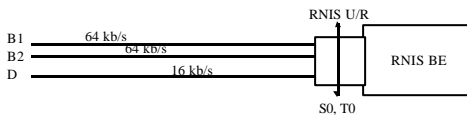


RNIS : ACCES DE BASE 2B+D

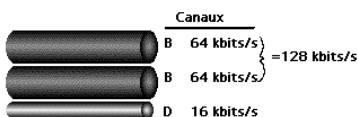
- L'accès normalisé coté usager est appelé S0. On parle couramment d'accès S0 pour l'accès de base.
- L'accès normalisé coté réseau est appelé T0.
- Topologie la plus simple chez l'utilisateur :
 - réseau à bus passif avec un maximum de 8 prises.
 - Prise RNIS RJ45 (ISO 8877).



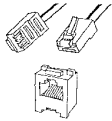
RNIS : ACCES DE BASE 2B+D



ACCES DE BASE DU RNIS BE 2B+D



RNIS : ACCES DE BASE 2B+D



Paire émission : (3 - 4) (Tx+, Tx-)
Paire réception : (5 - 6) (Rx+, Rx-)
paire collecteur d'énergie (8 - 7)
Connecteur RJ45 8 broches

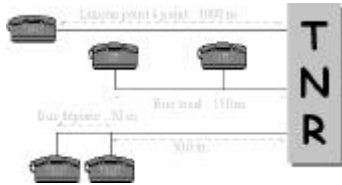
PRISE D'ACCES DE BASE DU RNIS BE



ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



RNIS : ACCES DE BASE 2B+D



ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



RNIS : ACCES PRIMAIRE 30B+D

- Débit de 1984 kb/s sur un lien à 2048 kb/s (E1).
- Connexion de PABX, d'ordinateurs, de serveurs.
- Aux USA : 23B+D sur un lien à 1544 kb/s (T1).

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



RNIS : ACCES PRIMAIRE 30B+D

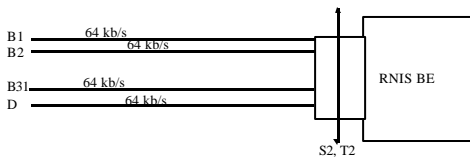
- Accès normalisé coté usager : S2
- Accès normalisé coté réseau : T2
- Trois autres types de canaux (hypercanaux) définis par le CCITT, essentiellement pour la visioconférence (H.261) :
H0 : 384 kb/s, H11 : 1536 kb/s, H12 : 1920 kb/s.
- Un hypercanal est la concaténation de canaux B et impose un système de resynchronisation en réception à cause de délais de transfert différents sur chaque canal B.

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 298 -

RNIS : ACCES PRIMAIRE 30B+D



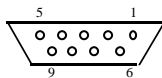
ACCES PRIMAIRE DU RNIS BE 30B+D

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 299 -

RNIS : ACCES PRIMAIRE 30B+D



Paire émission : (3 - 8) (Tx+, Tx-)
Paire réception : (5 - 9) (Rx+, Rx-)

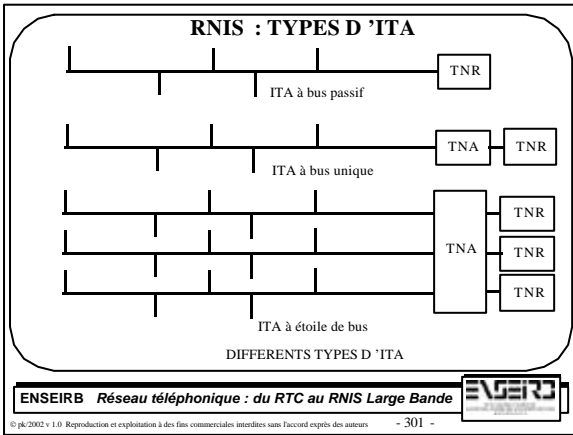
Connecteur DB9 9 broches

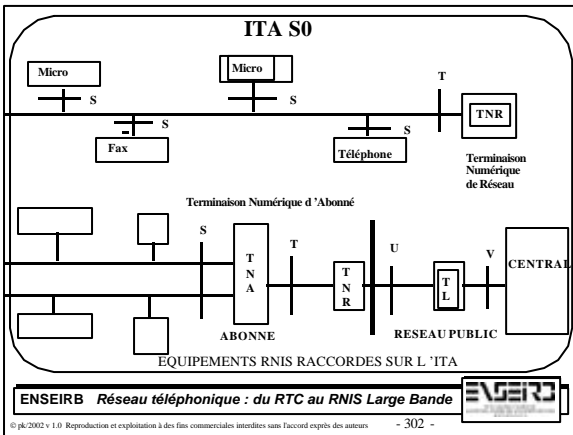
PRISE D'ACCES PRIMAIRE DU RNIS BE

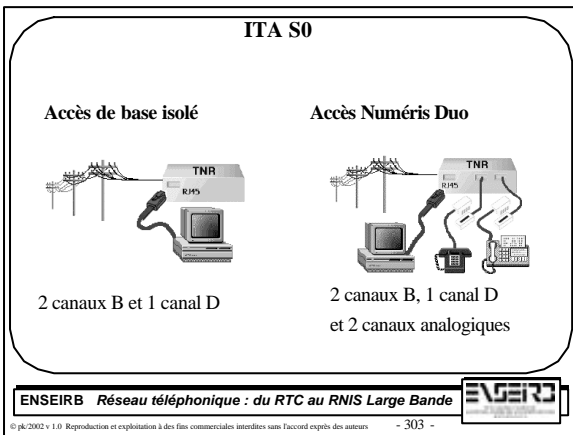
ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande

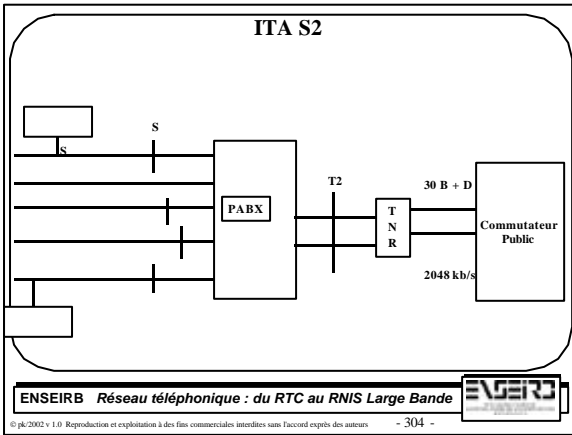


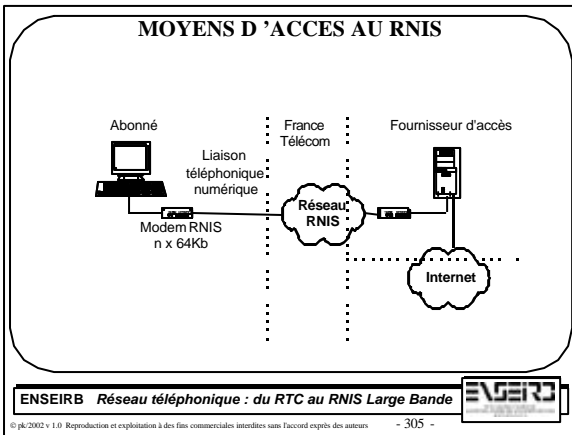
© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 300 -

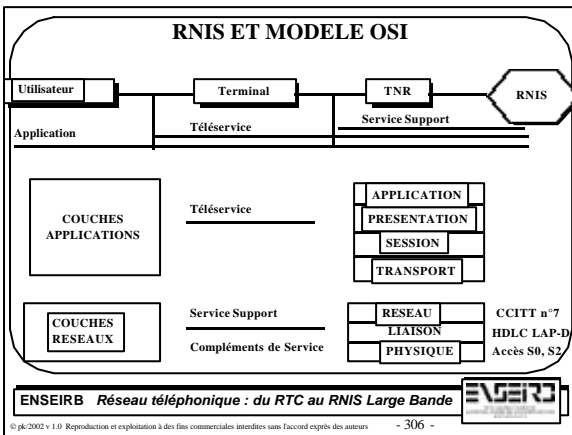


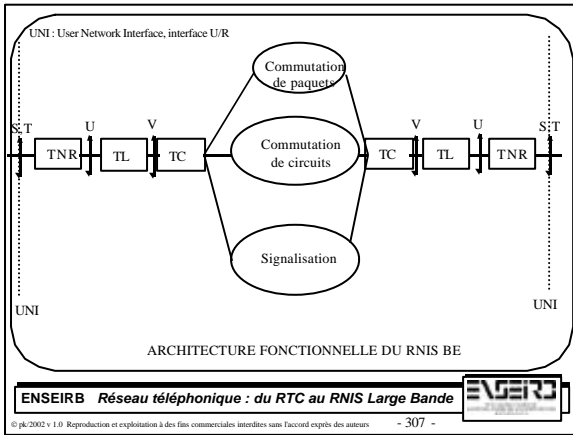












RNIS ET MODELE OSI

- Il convient de distinguer les interfaces :
 - Usager/Réseau (UNI).
 - Réseau/Réseau (NNI).
- On commencera par regarder l'interface U/R qui est la seule que doit respecter un équipement à connecter sur le RNIS. L'interface R/R doit être respectée par l'opérateur.
- A l'interface U/R, on distingue le trafic et la signalisation RNIS.

La signalisation est dans la bande car elle partage le même médium que le trafic.

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande

© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 308 -

RNIS ET MODELE OSI

- Trafic à l'interface U/R : pas de normalisation. On pourra utiliser le canal B (ou l'hypercanal) de façon brute ou bien y implanter un protocole pour fiabiliser et multiplexer :
 - X.25 : LAP-B et PLP (*Packet Layer Protocol*).
 - PPP.
- Signalisation à l'interface U/R :
 - niveau liaison : LAP-D.
 - niveau réseau : protocole D.

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande

© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 309 -

RNIS ET MODELE OSI

- Cette signalisation est à voir comme le prolongement chez l'utilisateur de la signalisation R/R.
- Le RNIS met en œuvre la commutation de circuits (comme le RTC) avec possibilité d'interfonctionnement avec le réseau à commutation de paquets TPC.

RNIS : NIVEAU 1

- Accès S0 : on transmet une trame de 48 bits correspondant à 2 sous-trames comprenant :
 - 1 octet du canal B1.
 - 1 octet du canal B2.
 - 1 bit du canal D.
- La transmission est full duplex à un débit de 192 kb/s avec 144 kb/s de débit utile. La différence correspond aux bits de gestion de la trame.
- On utilise un code de base bipolaire RZ.

RNIS : NIVEAU 1

- Les canaux B sont établis après établissement de la communication par la signalisation. Il n'y a pas de contention d'accès.
- Le canal D est partagé par tous les équipements connectés de l'ITA. Il y a donc risque de contention.
- La méthode d'accès utilisée est du type CSMA/CA :
 - un équipement écoute le canal D avant d'émettre pour voir s'il est libre (au moins le temps d'émission de 8 bits D).

RNIS : NIVEAU 1

- La méthode d'accès utilisée est du type CSMA/CA :
 - dans les bits de gestion de la sous-trame, il existe un bit d'écho correspondant à la valeur du bit D reçue par la TNR et renvoyée vers les équipements.
 - si le bit d'écho reçu par un équipement ne correspond pas au bit qu'il a émis, il y a contention. L'équipement arrête d'émettre.
 - on définit un bit dominant (0) et un bit récessif (1) de sorte que l'on réalise un OU câblé au niveau du bus de l'ITA (sorties collecteur ouvert ou drain ouvert).

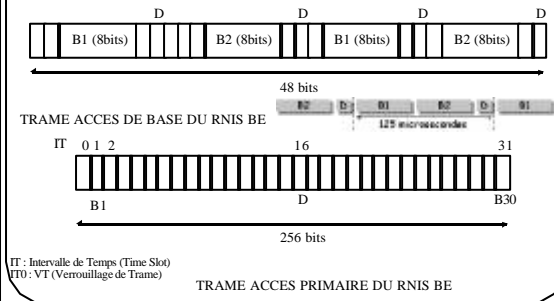
RNIS : NIVEAU 1

- L'équipement ayant le plus de 0 consécutifs dans son champ adresse de sa trame LAP-D gagne l'accès au canal D.
- Une station ayant déjà émis dans le canal D devra attendre un silence supérieur ensuite (9 bits et plus) afin de laisser une chance aux autres équipements...

RNIS : NIVEAU 1

- Accès S2 : on transmet une trame de 256 bits en 125 µs comprenant :
 - 30 octets des canaux B.
 - 1 octet pour le Verrouillage de Trame (IT 0). Un Verrouillage Multi Trame est mis en œuvre sur 2 trames consécutives.
 - 1 octet du canal D (IT 16).
- La transmission est full duplex à un débit de 2048 kb/s avec 1920 kb/s de débit utile.
- On utilise un code de base bipolaire haute densité HDB3.

RNIS : NIVEAU 1



RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- Recommandation I.411 du CCITT (UIT-T).
- Le LAP D (*Link Access Protocol on D channel*) définit un protocole d'échange de trames entre entités paires U/R et R/R.
- Il utilise le service de niveau 1, c'est à dire le canal D.
- Fonctions de LAP-D :
 - enveloppe HDLC proche de LAP-B.
 - détection d'erreurs par FCS (*Frame Checking Sequence*).
 - contrôle de flux.

RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- Autres fonctions de LAP-D :
 - contrôle du séquençement des trames.
 - multiplexage de plusieurs communications sur canal D.
- Prolongement de la signalisation par canal sémaphore (SS7) jusqu'aux terminaux.

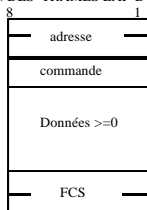
RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- Le protocole LAP-D permet d'échanger des informations suivant deux modes :
 - le mode connecté nécessitant la gestion d'une connexion de liaison de données permet de mettre en œuvre des fonctions liées au contrôle du bon séquençement des trames, au contrôle de flux, à la détection et à la correction d'erreurs de transmission. Dans ce cas, les trames sont numérotées.
 - le mode non connecté ne nécessitant pas l'établissement préalable d'une liaison de données pour échanger des informations n'assure pas les fonctions de contrôle de séquence entre les entités de niveau 2 : utilisation de trames non numérotées (UI).

RNIS NIVEAU 2 : LAP-D



DELIMITATION DES TRAMES LAP-D DU CANAL D



FORMAT D 'UNE TRAME LAP-D

RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- Une trame LAP-D est au moins séparée par 1 flag.
- On applique le principe de transparence au niveau de la trame : on insère un 0 entre le 5ème et 6ème 1 consécutif en émission supprimé en réception pour qu'un octet donnée \$7E ne soit pas vu comme un flag en réception.
- On retrouve les 4 champs classiques d'une trame LAP-B :
 - adresse, commande, données (niveau réseau) et CRC (FCS).

RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

8	3	2	1
SAPI	C/R	E/A	0
TEI		E/A	1

SAPI : Service Access Point Identifier
 TEI : Terminal Equipment Identifier
 C/R : Command Response
 E/A : Extension/Address

FORMAT DU CHAMP ADRESSE D 'UNE TRAME LAP-D

Commande/ Réponse	Direction	Valeur C/R
Commande	U->R	0
	R->U	1
Réponse	U->R	1
	R->U	0

CODAGE DU BIT C/R DU CHAMP ADRESSE D 'UNE TRAME LAP-D



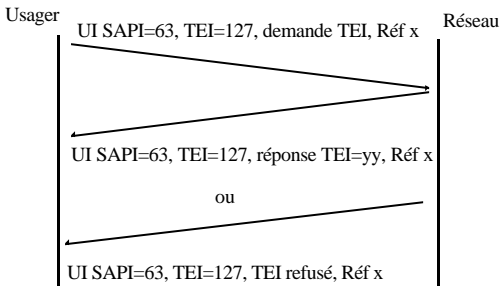
RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- Le TEI est d 'identificateur de l 'équipement utilisant le canal D. C 'est une valeur unique de 7 bits attribuée de façon :
 - manuelle : switchs à configurer : de 0 à 63.
 - automatique à la mise sous tension de l 'équipement fourni par la TNR : de 64 à 126.

- La valeur 127 est réservée lors de la phase d 'affectation automatique par la TNR lors de la mise sous tension.

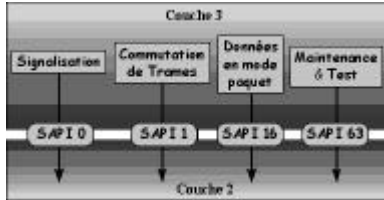


RNIS NIVEAU 2 : LAP-D



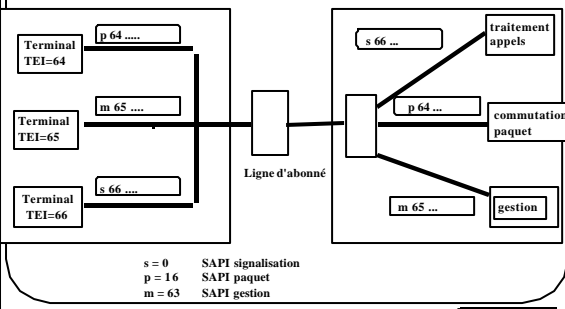
RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- Le SAPI identifie quelle entité du LAP-D est mis en œuvre à la demande du niveau réseau. C'est la notion de SAP du modèle OSI !



CODAGE DU SAPI DU CHAMP ADRESSE D'UNE TRAME LAP-D

RNIS NIVEAU 2 : LAP-D



s = 0 SAPI signalisation
 p = 16 SAPI paquet
 m = 63 SAPI gestion

RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- On distingue 3 phases d'exploitation de la liaison de données :
 - établissement de la liaison.
 - transfert de données (trames numérotées).
 - libération de la liaison.
- Pour cela, différents type de trames LAP-D sont définies en fonction de la valeur du champ commande :
 - trame d'information, trame I.
 - trame de supervision, trame S.
 - trame non numérotée, trame U (*unnumbered*).

RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- Le SAPI avec le TEI permettent de désigner sans ambiguïté l'entité de niveau 3 concernée par l'échange d'informations de niveau 2 et le service de niveau 2 mis en œuvre.
- SAPI + TEI = DLCI (*Data Link Control Id*). On retrouve ce DLCI dans la trame utilisée dans le *Frame Relay*.

FORME 1	CHAMBRE	PERFORÉ	COCHON
TRADITIONNEL	1		10
	2		20
	3		30
	4		40
	5		50
	6		60
	7		70
	8		80
	9		90
	10		100
	11		110
	12		120
	13		130
	14		140
	15		150
	16		160
	17		170
	18		180
	19		190
	20		200
	21		210
	22		220
	23		230
	24		240
	25		250
	26		260
	27		270
	28		280
	29		290
	30		300
	31		310
	32		320
	33		330
	34		340
	35		350
	36		360
	37		370
	38		380
	39		390
	40		400
	41		410
	42		420
	43		430
	44		440
	45		450
	46		460
	47		470
	48		480
	49		490
	50		500
	51		510
	52		520
	53		530
	54		540
	55		550
	56		560
	57		570
	58		580
	59		590
	60		600
	61		610
	62		620
	63		630
	64		640
	65		650
	66		660
	67		670
	68		680
	69		690
	70		700
	71		710
	72		720
	73		730
	74		740
	75		750
	76		760
	77		770
	78		780
	79		790
	80		800
	81		810
	82		820
	83		830
	84		840
	85		850
	86		860
	87		870
	88		880
	89		890
	90		900
	91		910
	92		920
	93		930
	94		940
	95		950
	96		960
	97		970
	98		980
	99		990
	100		1000

CODAGE DU SAPI DU CHAMP COMMANDE D'UNE TRAME LAP-D

RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- Trames I :
 - Les trames I sont utilisées pour effectuer le transfert d'information.
 - Elles contiennent des informations fournies par l'entité de niveau 3 utilisant les services de niveau 2. Ces trames contiennent en outre, des informations liées au contrôle de la transmission des trames :
 - N(S) numéro de séquence en émission.
 - N(R) numéro de séquence en réception.
 - Les trames d'information sont toujours des commandes et l'on peut exiger une réponse en utilisant le bit P (*Poll*) mis à 1.

RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

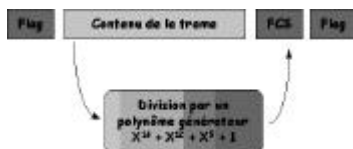
- Trames S :
 - Les trames S permettent d'assurer des fonctions de supervision de la liaison de données et particulièrement de gestion de trames :
 - le séquençement.
 - le contrôle de flux.
 - la retransmission.
 - la suspension de la transmission de trames.
 - Les trames S peuvent être des commandes ou des réponses.

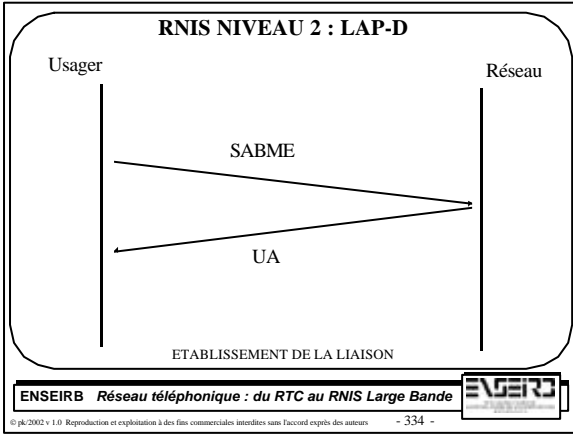
RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

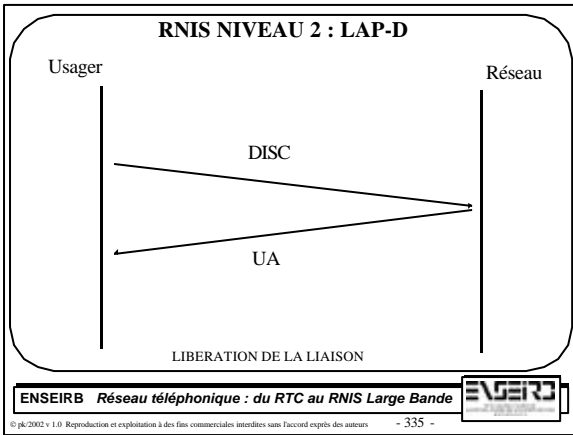
- Trames U :
 - Les trames U permettent de mettre en œuvre l'échange de trames d'information sans avoir à établir la liaison de données au préalable.
 - L'échange de ce type de trame d'information est en conséquence moins sécurisé (pas de contrôle de séquençement ou de flux).
 - Les trames non numérotées sont utilisées pour l'établissement et la libération de la liaison de données ainsi que pour la gestion des erreurs de séquençement ou de protocole.

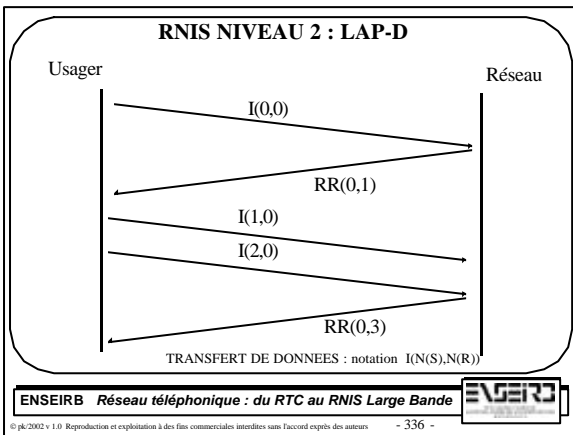
RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- CRC :
 - Le champ CRC est calculé à partir de toutes les données de la trame (sans les flags).
 - Il est calculé sur 16 bits (polynôme générateur de degré 16).









RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- On retrouve comme pour LAP-B les numéros de séquence à chaque extrémité :
 - N(S) en émission : numéro de la dernière trame émise.
 - N(R) en réception : numéro de la prochaine trame à recevoir.
Acquitte les (N(R)-1) trames déjà reçues.



RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- Paramètres par défaut de l'accès S0 :
 - K=1, T200=1 s, T203=10 s, N200=3, N201=260
- Paramètres par défaut de l'accès S2 :
 - K=7, T200=1 s, T203=10 s, N200=3, N201=260



RNIS NIVEAU 2 : LAP-D

- Différences entre LAP-B et LAP-D :
 - champ adresse sur 2 octets pour LAP-D contre 1 octet pour LAP-B.
 - modulo 8 pour LAP-B contre 128 pour LAP-D.
 - entretien de ligne pour LAP-D qui n'existe pas pour LAP-B.
On envoie (réseau) toutes les T200 (1s) une trame RR pour forcer l'équipement RNIS à répondre (bit P=1). C'est un moyen logique pour voir si physiquement l'équipement est toujours connecté à l'ITA.



RNIS NIVEAU 3 : PROTOCOLE D

- La signalisation RNIS constitue l'aspect le plus significatif du RNIS. Celle-ci permet d'échanger des messages très riches. A côté du service de base que constitue l'établissement d'une communication, s'ajoutent un grand nombre de services supplémentaires.
- L'intégration des services de télécommunications mise en œuvre grâce au RNIS repose sur la richesse fonctionnelle du niveau 3 du protocole D.
- Le niveau 3 du protocole D a comme fonction principale la commande des appels pour permettre la mise en œuvre des connexions à commutation de circuits ou à commutation de paquets.



RNIS NIVEAU 3 : PROTOCOLE D

- Les différentes fonctions réalisées par une couche réseau gérant le protocole D sont :
 - le dialogue avec le niveau réseau homologue.
 - la gestion des ressources de communication.
 - le contrôle de la compatibilité des informations échangées avec l'entité homologue.
 - la vérification des services mis en œuvre et la cohérence des informations de désignation (adressage, EL...).
 - la mise en œuvre des temporisateurs et entités logiques propres à la gestion des appels.
 - le traitement des primitives de service de niveau 2 échangées avec l'entité de liaison directement inférieure.



RNIS NIVEAU 3 : PROTOCOLE D

- On distingue :
 - la commande des appels à commutation de circuits.
 - la signalisation d'utilisateur à utilisateur (SUU).
 - la commande des appels à commutation de paquets.
 - la commande des Compléments de Service (CS).
 - le transfert sécurisé de faibles volumes d'information.



RNIS NIVEAU 3 : PROTOCOLE D

- Principaux messages de signalisation :
 - ETABLISSEMENT. Initialisation de l'appel. Emis pour demander l'établissement d'un appel. **C'est le message le plus important et le plus complexe.**
 - APPEL EN COURS. Confirmation de la réception d'un message. Établissement indiquant que les ressources nécessaires à l'établissement de l'appel sont en cours de réservation.
 - ALERTE. L'alerte de l'utilisateur demandé est en cours (sonnerie).
 - CONNEXION. L'utilisateur demandé accepte la communication.
 - ACCUSE DE RECEPTION DE CONNEXION. Confirme la prise en compte de la connexion et constitue l'achèvement de la phase d'établissement d'appel.

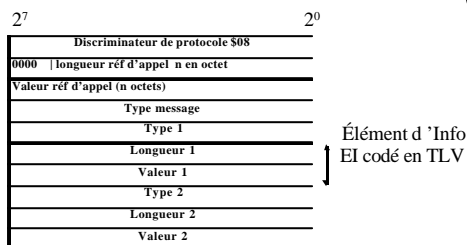


RNIS NIVEAU 3 : PROTOCOLE D

- Principaux messages de signalisation :
 - INFORMATION. Contient les informations supplémentaires pouvant concerner l'exploitation du service (taxation).
 - ETAT. Définit l'état de l'appel, côté usager ou côté réseau.
 - DECONNEXION. Initialise la libération de l'appel.
 - LIBERATION. Confirmation de la libération du message de déconnexion.
 - FIN DE LIBERATION. Achèvement de la phase de libération. Les ressources réservées pour la communication sont libérées.



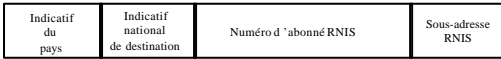
RNIS NIVEAU 3 : PROTOCOLE D



FORMAT GENERAL D 'UN MESSAGE DE SIGNALISATION PROTOCOLE D



RNIS NIVEAU 3 : PROTOCOLE D



Numéro RNIS national

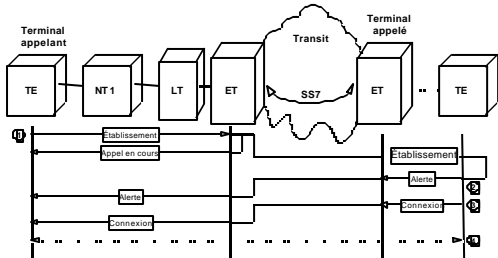
Numéro RNIS international

- L'adresse RNIS identifie l'ITA dans sa globalité.
- La sous-adresse identifie un équipement de l'ITA.

ADRESSAGE RNIS BE E.164



RNIS NIVEAU 3 : PROTOCOLE D



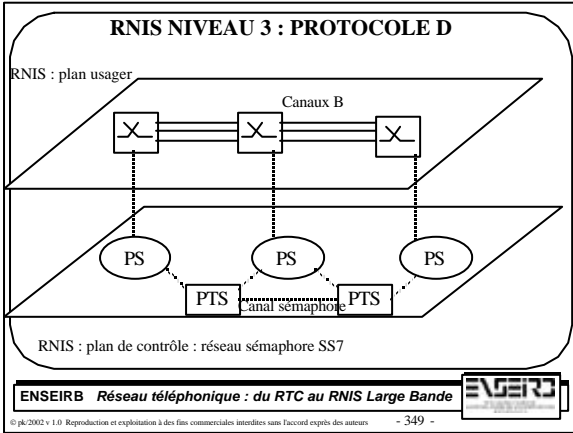
- ⊕ L'utilisateur décroche et compose le numéro du destinataire
- ⊗ Le Téléphone sonne
- ⊕ L'utilisateur appelé décroche
- ⊗ La conversation peut commencer sur le canal B

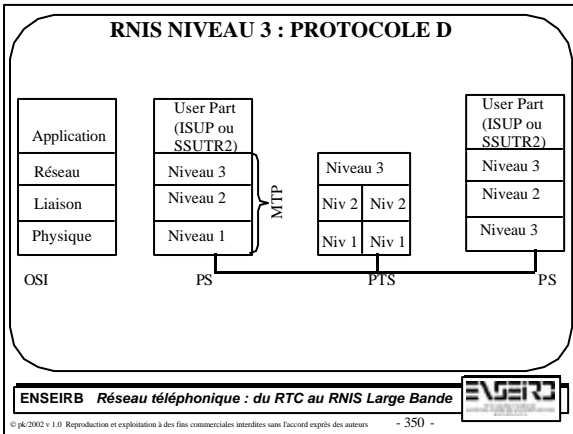


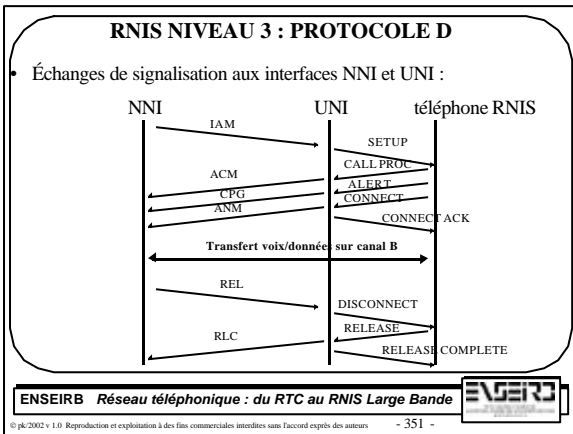
RNIS NIVEAU 3 : PROTOCOLE D

- La signalisation protocole D dans la bande à l'interface U/R (UNI) se trouve transformée en son équivalent hors bande à l'interface R/R en empruntant le réseau SS7.
- La signalisation hors bande est la signalisation ISUP.









LES SERVICES RNIS

- On distingue les services support : capacités de transmission établies par le réseau pour supporter les flux d'information au point de référence S. On fournit un débit brut.
- On distingue les téléservices (services de télécommunication).
- On ajoute les Compléments de Service : possibilités optionnelles ou non, additives ou modificatrices des services support ou des téléservices.



LES SERVICES RNIS

SERVICE DE TELECOMMUNICATIONS			
SERVICES SUPPORT		TELESERVICES	
SERVICE SUPPORT DE BASE	CS	CS	TELESERVICE DE BASE

CS : Complément de Service

MODELISATION D'UN SERVICE DE TELECOMMUNICATIONS RNIS



LES SERVICES SUPPORT RNIS

- Service support à commutation de circuit sur canal B transparent.
- Intégrité de la séquence numérique assurée de bout en bout.
- Transparence des informations échangées.
- Caractéristiques :
 - Mode de commutation de l'information : mode circuit.
 - Débit de transfert de l'information : 64 kb/s, flux d'octet.
 - possibilité de transfert de l'information sans restriction sans altération, sans protocole imposé.
 - Établissement de la communication : appel par appel.
 - Configuration de la communication : point à point.
 - Flux d'information : bidirectionnel et symétrique.



LES TELESERVICES RNIS

- Téléphonie.
- Télécopie.
- Accès TPC. Minitel.
- Accès Internet.
- ...



LES TELESERVICES RNIS

- On distingue les Compléments de Service :
 - Identification d'appel (offert systématiquement).
 - Présentation d'appel (offert systématiquement).
 - Sous-adresse (offert systématiquement).
 - Portabilité (offert systématiquement).
 - Minimessage (32 caractères).
 - Spécialisation des canaux.
 - Service restreint.
 - Indication du coût.
 - Coût total.
 - Facturation détaillée.
 - Non-identification d'appel.



SDA ET SOUS-ADRESSE

- SDA (Sélection Directe à l'Arrivée) : permet de sélectionner un terminal ou un groupe de terminaux au sein de l'ITA au moyen d'un numéro spécifique du plan d'adressage national E.164.
- Les numéros de SDA sont enregistrés dans le commutateur du réseau qui lors d'un appel entrant transmet systématiquement les quatre derniers chiffres du numéro demandé.
- Sous-adresse : permet de sélectionner une entité à l'intérieur d'une ITA en complétant le numéro principal par 1 à 4 caractères alphanumériques. Ne se substituant pas à la SDA, elle permet de compléter en interne les moyens de sélection d'un terminal.



RNIS ET TRANSPAC

- Le raccordement à Transpac TPC est possible par le canal D ou B.
- Cela nécessite un raccordement Numéris et l'option LLP (Liaison Logique Permanente).
- Débit maximal de 9.6 kb/s sur le canal D.
- L'accès par le canal B à TPC se fait par les EBS64 (Entrées Banalisées Synchrones 64 kb/s).

RNIS : CONCLUSION PROVISOIRE

- RNIS a permis l'intégration de tous les services de télécommunication qui sont accessibles par une prise unique (en fait 2 : S0 et S2). On rejoint en fait le standard « prise électrique » qui permet de connecter n'importe quel appareil électrique sur le réseau EDF.
- Un réseau de transmission de données indépendant véhiculant la signalisation (SS7) a été mis en place. Ce réseau permet de véhiculer la signalisation RNIS mais aussi celle du RTC, GSM... Cette factorisation permet de voir sereinement toute évolution technologique.

RNIS : CONCLUSION PROVISOIRE

- RNIS fait apparaître maintenant ses limites technologiques face aux nouveaux téléservices multimédia : vidéo, Internet. On a tenté avec un succès mitigé des essais de transmission vidéo sur un accès S2 en n.64kb/s (norme H.261) mais le mode de transfert offert par RNIS est du type STM (*Synchronous Transfer Mode*) avec un débit constant (se rappeler des 8 bits tous les 125 μ s !).
- Les services multimédia actuels sont plutôt asynchrones avec des débits variables, ce qui est incompatible avec RNIS. Il faut donc avoir un nouveau type de réseau supportant un mode de transfert asynchrone de type ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). La bande passante doit être aussi importante (> Mb/s).

RNIS : CONCLUSION PROVISOIRE

- RNIS BE doit donc évoluer pour supporter ces nouveaux types de téléservices et offrir des débits plus élevés.
- RNIS BE (N-ISDN) évolue donc naturellement vers RNIS LB (B-ISDN) **en capitalisant les savoirs et les infrastructures existantes (SS7).**
- RNIS BE est actuellement concurrencé par ADSL qui supporte les nouveaux services multimédia en offrant une BP supérieure (8 Mb/s) pour un coût moindre. Le prix élevé de RNIS (BE) a toujours été un frein (erreur de politique tarifaire de la part de FT ?).



PARTIE 3 : INTRODUCTION AU RESEAU NUMERIQUE A INTEGRATION DE SERVICES RNIS LARGE BANDE



LES NOUVEAUX SERVICES DE TELECOM

- Les nouveaux services de télécommunication sont de type multimédia mélangeant différents flux de données : vidéo, audio... :
 - vidéo à la demande (*Video on Demand VoD*).
 - accès Internet.
- Ils sont surtout caractérisés par les points suivants :
 - avides de Bande Passante.
 - génèrent des débits variables au cours du temps (rafales de données silences).
- On a donc actuellement des services Large Bande en concurrence avec les services Bande Etroite existants !



LES NOUVEAUX SERVICES DE TELECOM

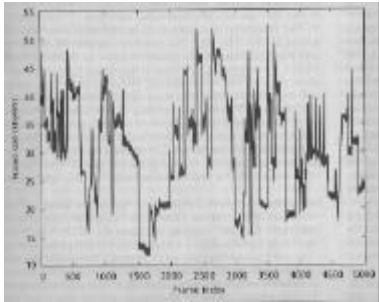
CATEGORIE	SERVICES	APPLICATIONS
Services interactifs	Conversation	Téléphonie, visiophonie
	Messagerie	Télécopie, données interactives
	Consultation	Courrier vidéo ou électronique avec transfert de fichiers Vidéotext large bande
Services de distribution	Sans commande de présentation à l'utilisateur	Télévente, consultation de journaux, d'images fixes
	Avec commande de présentation à l'utilisateur	Vidéo (TV, TVHD) Journal électronique Canaux TV Enseignement à distance EAD

LES SERVICES LARGE BANDE

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



LES NOUVEAUX SERVICES DE TELECOM



DEBIT EN RAFALES DE LA TV NUMERIQUE

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



LES NOUVEAUX SERVICES DE TELECOM

	TELEPHONE	DONNEES	TV	VIDEOCONFERENCE
MODE	Connecté	Connecté Non connecté	Diffusion	Connecté
INTER ACTIVITE	Forte	Faible	Faible	Forte
DEBIT	Constant	Rafale	Variable avec compression	Variable avec compression

CONTRAINTES DE DIFFERENTS SERVICES LB

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



LES NOUVEAUX SERVICES DE TELECOM

APPLICATIONS	DEBIT	TEB	TAUX DE PERTE CELLULE	DELAI DE TRANSFERT DE CELLULE	GIGUE DE CELLULE
Données	2 Mb/s	10^{-7}	10^6	1 ms	--
Vidéophone	64 kb/s 2 Mb/s	3.10^{-11}	10^8	300 ms	130 ms
Vidéoconférence	64 kb/s 5 Mb/s	10^{-11}	10^8	300 ms	130 ms
Distribution TV	20-50 Mb/s	3.10^{-13}	4.10^6	0.8 ms	1 ms
MPEG1	1.5 Mb/s	4.10^{-11}	10^{10}	5 ms	6.5 ms
MPEG2	10 Mb/s	6.10^{-12}	2.10^6	--	--

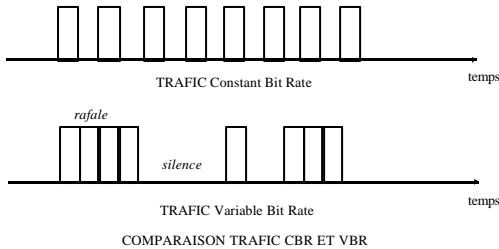
CHIFFRES SUR LES CONTRAINTES DE QUELQUES SERVICES LB

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 370 -

LES NOUVEAUX SERVICES DE TELECOM



ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 371 -

LES NOUVEAUX SERVICES DE TELECOM

- En fonction des caractéristiques suivantes :
 - débit constant ou variable.
 - synchronisme entre l'application émettrice et l'application réceptrice.
 - mode de connexion.
- On a défini 4 classes de services Large Bande !

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



© ph/2002 v 1.0 Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord écrits des auteurs - 372 -

LES NOUVEAUX SERVICES DE TELECOM

CLASSE	SERVICE LB
A	Débit constant CBR, application SYN, mode connecté Ex : voix non comprimée, vidéo H.261
B	Débit variable VBR, application SYN, mode connecté Ex : voix comprimée, vidéo
C	Débit variable VBR, application ASY, mode connecté Ex : FR, X.25, TCP/IP
D	Débit variable VBR, application mode non connecté Ex : LAN, UDP/IP

DEFINITION DES DIFFERENTES CLASSES DE SERVICES LARGE BANDE LB

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



LES NOUVEAUX SERVICES DE TELECOM

- Cela implique de définir différentes qualités de service (*Quality of Service QoS*) en fonction du service Large Bande (CBR, VBR, ABR...):

Service type	Parameters during connection setup	Bandwidth renegotiation	Bandwidth guarantee	QoS guarantee	Bandwidth utilization	Cost
CBR	PCR rate	No	Yes	Yes	Very low	Very high
VBR	PCR, SCR	No	Yes	Yes	Low	High
ABR	MCR, PCR, ICR, TBE, RIF, RDF, etc.	Yes	Only MCR	Acceptable	Very high	Very low

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



INADEQUATION DES PROTOCOLES ACTUELS

- La limitation du débit des réseaux actuels résulte essentiellement du temps de traversée du réseau en raison essentiellement du temps de traitement dans les différents nœuds du réseau et non à cause du débit des lignes. Une liaison à 100 Mb/s avec un temps de transfert de 10 ms correspond à 10^6 bits en cours de transmission.
- Les protocoles (X.25 par exemple) mis en oeuvre pour assurer une certaine qualité de service sur des supports peu fiables (cuivre ou hertzien) génèrent un grand nombre d'opérations redondantes d'une couche à l'autre qui pénalise gravement le débit effectif : contrôle de flux sur chaque lien et à chaque niveau (X.25 LAP-B et PLP)...

ENSEIRB Réseau téléphonique : du RTC au RNIS Large Bande



INADEQUATION DES PROTOCOLES ACTUELS

- L'augmentation du débit ne peut résulter que de l'allègement des traitements intermédiaires qu'autorise l'utilisation de plus en plus intensive de la fibre optique.
- L'allègement des protocoles dans le réseau est rendu ainsi possible par la qualité des supports de transmission actuels : le TEB d'une fibre optique est inférieure à 10^{-11} ; ce qui est bien meilleure que l'utilisation d'un CRC 16 bits !

INADEQUATION DES PROTOCOLES ACTUELS

- L'accès au haut débit implique :
 - de reporter sur les organes d'extrémité les tâches de détection sur les erreurs produites : pas de contrôle (par CRC) sur les données dans le réseau. Le réseau est transparent aux données.
 - de diminuer les opérations de couches en effectuant les opérations de routage au niveau 2. Les fonctions de niveau 3 sont descendues au niveau 2.
 - de formuler des hypothèses optimistes sur le comportement du réseau en n'effectuant pas de contrôle de flux entre les nœuds d'où risque de congestion accru !
 - de supprimer les acquittements intermédiaires, ceux-ci étant réalisés par les organes d'extrémités. Allègement du temps de traitement.

INADEQUATION DES PROTOCOLES ACTUELS

- La simplification des protocoles conduit à diminuer la taille des entêtes ; ce qui contribue à l'amélioration des performances.
- Les informations contenues dans les entêtes doivent permettre :
 - un contrôle d'erreurs simplifié qui autorise la détection d'erreurs simples dans l'entête lors du routage, mais aucune reprise n'est effectuée. Les paquets (cellules) erronés sont perdus.
 - de signaler l'état de congestion aux organes d'extrémité. Si celui-ci persiste, les paquets (cellules) seront simplement éliminés.

ATM

- On a choisi le mode de transfert ATM pour le Large Bande.
- ATM connu sous le nom de relais de cellules (*Asynchronous Transfer Mode*) utilise une technique de commutation rapide de cellules de taille fixe.
- L'ATM met en œuvre des mécanismes spécifiques pour assurer les transferts isochrones (émulation pour la voix, vidéo...).
- Une couche d'adaptation à une classe de service est mise en œuvre pour implanter les contraintes du service (et sa QoS).



ATM ET RNIS

CRITÈRES

ATM

Mode de mise en relation	Orienté connexion. Liaison virtuelle
Taille des données (utiles)	Fixe 48 octets(53 avec entête)
Débit envisageable	SDH, Sonet, E1, E3...



ATM ET RNIS

- Connue sous l'appellation RNIS-LB (B-ISDN), ce type de réseau permet la vidéo à la demande, l'utilisation à la carte du courrier électronique multimédia, la diffusion de la musique de qualité CD.
- RNIS (-LB) met en œuvre ATM.



LES SERVICES POUR ATM

- On retrouve 4 types de services dédiés à ATM :
 - Pour les services téléphoniques, toutes les connexions doivent être établies avant que la transmission débute. Ceci signifie que le réseau exige un service orienté connexion. La voix n'exige pas de bande passante très large. La transmission de la voix étant assujettie aux variations de débit dans le réseau, on mettra en œuvre des techniques permettant d'avoir un échange CBR.
 - Les services comportant les données sont plus flexibles. Elles peuvent être en mode connecté ou non. Elles ne sont pas trop sensibles aux variations de délais de transmission. Les données peuvent utiliser une grande ou faible Bande Passante.

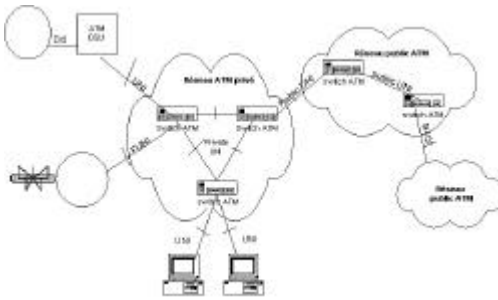
LES SERVICES POUR ATM

- On retrouve 4 types de services dédiés à ATM :
 - La vidéo numérique exige par contre une grande Bande Passante et dépend des méthodes de compression pour réussir malgré tout de transmettre à un débit le plus constant possible.
 - La vidéoconférence est un service orienté connexion. Elle est très sensible aux variations dans la transmission des données. Dépendant de la méthode de compression utilisée, cette application peut désormais transmettre à un taux variable de transmission de données.

LES SERVICES POUR ATM

- On retrouve les 4 classes de services pour ATM :
 - classe A : émulation du RTC, vidéo : CBR.
 - classe B : audio : VBR.
 - classe C : transfert de données en mode connecté.
 - classe D : transfert de données sans connexion : émulation pour accès au LAN (passerelle vers Internet).
- On retrouve pour chaque classe une couche d'adaptation à l'application AAL (ATM Adaptation Layer).

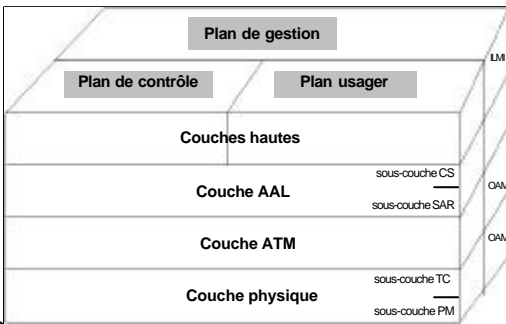
RESEAU ATM



LE MODELE ATM

- ATM reprend les principes du modèle de référence ISO mais plusieurs changements sont nécessaires du fait qu'il doit tenir compte du transport d'image vidéo et de téléphonie.
- Le modèle ATM possède 4 couches :
 - Physique : transport des cellules sur le médium.
 - ATM : commutation de cellules.
 - AAL : adaptation des couches supérieures à ATM.
 - Application : l'application Large Bande.

LE MODELE ATM



LE MODELE ATM

- En plus de ces 4 couches, le modèle ATM possède trois plans :
 - Le plan usager : transfert des données.
 - Le plan de contrôle : signalisation.
 - Le plan de gestion : supervision (*Operation And Maintenance, OAM*) : gestion des performances, détection des pannes, protection du système, information sur les pannes et les performances, localisation des fautes. Cet aspect est nouveau dans l'univers de télécoms.
- Ces 3 types de données utilisent le même véhicule : la cellule ATM (paquet de taille fixe).

LE MODELE ATM ET RNIS

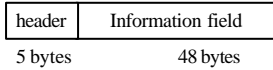
- On retrouve la même modélisation de l'ITA pour le RNIS-LB que pour le RNIS-BE : groupements fonctionnels et interfaces.
- On retrouve aussi les mêmes types de topologie d'ITA !

LES COUCHES

- La couche physique est composée de deux sous-couches :
 - TC (*Transmission Convergence*) : adaptation des cellules à la trame de transmission du réseau de transport choisi : trame SDH, Sonet, E1, E3...
 - Physique : adaptation physique du signal selon le média choisi.
- La couche ATM est responsable de l'acheminement des cellules :
 - Multiplexage / démultiplexage des cellules issues des données d'applications différentes.
 - Ajout et retrait d'entête de cellule ATM.

LA CELLULE ATM

- Taille : 53 octets.
- 5 octets d'entête.
- 48 octets de données ou charge (*payload*).



LA SIGNALISATION ATM

- La signalisation mise en œuvre dépend de l'interface considérée :
 - interface U/R (UNI) : il s'agit de la signalisation protocole D enrichie : protocole de signalisation Q.2931 au lieu de Q.931.
 - Interface R/R (NNI) : il s'agit de BISUP (*Broadband ISUP*) qui est l'enrichissement de la signalisation SS7.
- Le mode de connexion utilisé est le mode connecté : on définit ainsi un Circuit Virtuel (CV comme pour X.25) qui peut être Commuté (CVC) donc temporaire ou permanent (CVP). La transmission séquentielle des cellules ATM est garantie. Le réseau ATM ne gère pas les pertes ni les gains de cellules ATM.

LA SIGNALISATION ATM

- Les connexions sont point à point ou multipoint (*broadcast*).
- Les messages de signalisation à l'interface U/R sont identiques à ceux définis dans le RNIS-BE si bien que l'on retrouve le même type d'échanges. La différence essentielle apparaît dans le message SETUP où la définition du service Large Bande auquel on désire souscrire demande à préciser plus d'Eléments d'Information (EI) et la QoS.

RNIS : CONCLUSION FINALE

- RNIS LB est l'évolution naturelle de RNIS BE pour pouvoir supporter nouveaux services LB et offrir des débits plus élevés.
- RNIS LB profite de l'expérience de RNIS BE **en capitalisant les savoirs et les infrastructures existantes (SS7)**.
- RNIS LB est surtout utilisé par les opérateurs dans le réseau avec les multiplex SDH (les autoroutes de l'information !).



RNIS : CONCLUSION FINALE

- RNIS LB tarde à venir jusqu'au particulier :
 - les opérateurs doivent tirer de nouveaux câbles jusqu'au particulier (FO...) et c'est malheureusement ce qui coûte le plus cher !
 - Il n'y a pas eu consensus pour définir un accès unique à l'interface U/R en respectant le concept de la prise unique du RNIS BE, ce qui sème encore plus le trouble.
- RNIS LB est actuellement concurrencé par ADSL adapté aux services Large Bande de débit inférieur à qq. Mb/s qui peut être vu comme une technologie pré ATM (comme Frame Relay)...



CONCLUSION - QUESTIONS



BIBLIOGRAPHIE

- Introduction aux réseaux. X. Lagrange, D. Seret. Éditions Hermès.
- Télécoms I. C. Servin. Éditions Dunod.
- Introduction aux réseaux téléphoniques. B. AMAR BENSABER. <http://www.uqtr.ca/~bensaber/SIF1035/telephonie.ppt>
- La liaison de données. Cours de l'UREC. <http://www.urec.fr/cours/>
- Boucles d'accès haut débit. M. Gagnaire. Éditions Dunod.
- RNIS. Description technique. P. Chailley. Éditions Masson.
- Le RNIS. Présentation et applications pour l'utilisateur. E. IRIS. Éditions Dunod.
- Le RNIS. <http://www.guill.net/reseaux/Res4rnis.html>
- ATM. Y. COTE and al. <http://www.uqtr.ca/~bensaber/SIF1035/EtudiantsPPT/ATM.ppt>



BIBLIOGRAPHIE

- ADSL et xDSL Nouvelles technologies d'accès à Internet. W. Goralski. Éditions Osman Eyrolles Multimédia.
- Norme G.992.1 : Émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique asymétrique.