

RESEAUX

(VOLUME 1)

Nombre de pages : **288**

Mise à jours

29 mars 2001

Révision : 2.663

Ce document peut être téléchargé à son dernier indice à l'adresse suivante : <http://coursducnam.free.fr/>
Pour tous commentaires sur ce support de cours contacter nous sur : coursducnam@free.fr

Il est autorisé de copier, distribuer et/ou modifier ce document
suivant les termes de la Licence de Documentation Libre GNU (GNU Free Documentation License)
Version 1.1 ou plus récente de la Fondation de logiciel libre (Free Software Foundation) ;
avec les sections invariantes qui sont listée avec leurs titres,
et avec les textes des pages de garde et pages de fin de ce document.
Une copie de cette licence est incluse dans ce document à la section "GNU
Free Documentation License".
Pour plus d'informations, consulter l'adresse : <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>

Sommaire

1. COURS : INTRODUCTION AUX RESEAUX.....	17
1.1. / INTRODUCTION ET GENERALITES SUR LES RESEAUX	18
1.1.1. / INTRODUCTIONS.....	18
1.1.2. / LES BESOINS DE COMMUNICATION DANS L'ENTREPRISE	19
1.1.2.1. / GENERALITES	19
1.1.2.1.1. / Définitions.....	19
1.1.2.1.2. / Les principaux éléments de la téléinformatique	20
1.1.2.1.3. / Les autoroutes de l'information	20
1.1.2.1.3.1. / Origines de la terminologie.....	20
1.1.2.1.3.2. / Les enjeux des autoroutes de l'information	21
1.1.2.1.4. / Les nouvelles technologies de l'information (NTI).....	21
1.1.2.1.5. / L'entreprise virtuelle	22
1.1.2.2. / L'EVOLUTION DES ARCHITECTURES INFORMATIQUES.....	22
1.1.2.2.1. / Vers le modèle client-serveur.....	22
1.1.2.2.2. / Les architectures de communication	23
1.1.2.2.2.1. / Caractéristiques fonctionnelles	23
1.1.2.2.2.2. / Définitions	23
1.1.2.2.2.3. / Les éléments de base.....	24
1.1.2.2.2.4. / Les systèmes de communication	24
1.1.3. / LA NORMALISATION	25
1.1.3.1. / Nécessité de la normalisation	25
1.1.3.2. / Normalisation en télécommunications.....	25
1.1.3.2.1. / L'influence de la CEE.....	25
1.1.3.2.2. / Les principaux organismes de normalisation	26
1.1.3.2.2.1. / Les instances internationales.....	26
1.1.3.2.2.2. / Les instances et associations européennes	28
1.1.3.2.2.3. / Les principales instances et associations nationales.....	29
1.1.3.2.2.4. / Récapitulatif des organisme de normalisation en télécommunication.....	29
1.1.3.2.3. / Validation et certification des normes.....	30
1.1.3.2.3.1. / Les tests de conformité	30
1.1.3.2.3.2. / Centres et outils de certification.....	30
1.2. / LES ARCHITECTURES ISO, SNA, ET TCP-IP.....	31
1.2.1. / Introduction	31
1.2.2. / LE MODELE OSI (Open Systems Interconnection).....	32
1.2.2.1. / Présentation	32
1.2.2.2. / La Couche 1 : La couche Physique.....	32
1.2.2.3. / La Couche 2 : La couche Liaison	33
1.2.2.4. / La Couche 3 : La couche Réseau.....	33
1.2.2.5. / La Couche 4 : La couche Transport.....	33
1.2.2.6. / La Couche 5 : La couche Session	35

- 1.2.2.7. / La Couche 6 : La couche Présentation..... 35
- 1.2.2.8. / La Couche 7 : La couche Application 35
- 1.2.3. / LE MODELE SNA (Systems Network Architecture) 36**
 - 1.2.3.1. / PRESENTATION GENERALE DE L'ARCHITECTURE SNA 36
 - 1.2.3.2. / LE RESEAU PHYSIQUE 36
 - 1.2.3.3. / CONCEPTS FONDAMENTAUX 37
 - 1.2.3.4. / L'ARCHITECTURE SNA 38
 - 1.2.3.5. / LE RESEAU SNA HIERARCHIQUE (SAN)..... 40
 - 1.2.3.6. / LE RESEAU SNA NON HIERARCHIQUE (APPN)..... 40
 - 1.2.3.7. / SNA ET ISO..... 41
- 1.2.4. / LE MODELE TCP-IP (Transmission Control Protocol – Internet Protocol)..... 41**
 - 1.2.4.1. / Présentation 41
 - 1.2.4.2. / L'architecture TCP/IP 42
 - 1.2.4.3. / Les Adresses Internet..... 43
 - 1.2.4.3.1. / Introduction..... 43
 - 1.2.4.3.2. / Les Adresses de la Classe A..... 44
 - 1.2.4.3.3. / Les Adresses de la Classe B 44
 - 1.2.4.3.4. / Les Adresses de la Classe C 44
 - 1.2.4.3.5. / Les Adresses de la Classe D..... 44
 - 1.2.4.3.6. / Les Adresses de la Classe E 44
 - 1.2.4.3.7. / Les Adresses particulières..... 45
 - 1.2.4.3.7.1. / L'Adresse de Loopback 45
 - 1.2.4.3.7.2. / L'Adresse globale du réseau 45
 - 1.2.4.3.7.3. / L'Adresse de diffusion (Broadcast) 45
 - 1.2.4.4. / Le Masque de sous-réseau 46
 - 1.2.4.5. / La Conversion d'adresses logiques (IP) en adresses physiques..... 46
 - 1.2.4.5.1. / Les Adresses physiques..... 47
 - 1.2.4.5.2. / Conversion entre adresses Ethernet et Internet 47
 - 1.2.4.5.3. / Le protocole ARP – Le protocole de résolution d'adresses 48
 - 1.2.4.6. / Le Routage en réseau..... 49
 - 1.2.4.7. / Numéros de ports - TCP et UDP 51
- 1.3. / LA TRANSMISSION DE L'INFORMATION – LE TRANSPORT SUR LES RESEAUX 53**
 - 1.3.1. / LA COUCHE PHYSIQUE 53**
 - 1.3.1.1. / TRAITEMENT DU SIGNAL - VOIES DE TRANSMISSION..... 53
 - 1.3.1.1.1. / Représentation des données 53
 - 1.3.1.1.1.1. / Information et signaux 53
 - 1.3.1.1.1.2. / La théorie de l'information..... 53
 - 1.3.1.1.1.3. / Les différents types d'information..... 54
 - 1.3.1.1.1.4. / Le code 54
 - 1.3.1.1.1.5. / Puissance lexicographique d'un code 55
 - 1.3.1.1.1.6. / Les différents codes 55
 - 1.3.1.1.1.6.1. / Les codes de longueur fixe 55
 - 1.3.1.1.1.6.2. / Les codes de longueur variable..... 55
 - 1.3.1.1.1.7. / Numérisation des informations 56
 - 1.3.1.1.1.7.1. / Principe..... 56
 - 1.3.1.1.1.7.2. / Codage de la voix, la trame MIC 56
 - 1.3.1.1.1.7.3. / Autres méthodes de numérisation 58
 - 1.3.1.1.1.7.4. / Le codage de l'image (images animées)..... 59
 - 1.3.1.1.1.8. / Le signal..... 59

1.3.1.1.1.8.1.	/ Le signal analogique	59
1.3.1.1.1.8.2.	/ Le signal digital	60
1.3.1.1.2.	/ Voies de transmission	60
1.3.1.1.2.1.	/ Transmission série et parallèle	60
1.3.1.1.2.2.	/ La synchronisation	60
1.3.1.1.2.2.1.	/ Définition.....	60
1.3.1.1.2.2.2.	/ Transmission asynchrone.....	61
1.3.1.1.2.2.3.	/ Transmission synchrone.....	61
1.3.1.1.2.3.	/ Modes d'exploitation d'une voie de transmission	61
1.3.1.1.2.4.	/ Transport physique de l'information.....	62
1.3.1.1.2.4.1.	/ Généralités	62
1.3.1.1.2.4.2.	/ La rapidité maximale de modulation, le débit, la valence	62
1.3.1.1.2.4.3.	/ Notion de rapidité de modulation	62
1.3.1.1.2.4.4.	/ La bande passante de la voie de transmission.....	63
1.3.1.1.2.4.5.	/ Débit binaire	63
1.3.1.1.2.4.6.	/ Les bruits	64
1.3.1.1.2.5.	/ Les différents modes de transmission	65
1.3.1.1.2.5.1.	/ Généralités	65
1.3.1.1.2.5.2.	/ La bande de base ou transmission digitale.....	65
1.3.1.1.2.5.3.	/ Les différents systèmes de codage	66
1.3.1.1.2.5.3.1.	/ Introduction	66
1.3.1.1.2.5.3.2.	/ Le signal binaire NRZ (Non Retour à Zéro).....	66
1.3.1.1.2.5.3.3.	/ Le signal biphase (Manchester simple).....	66
1.3.1.1.2.5.3.4.	/ Le signal biphase différentiel (Manchester différentiel)	66
1.3.1.1.2.5.3.5.	/ Le code Miller	66
1.3.1.1.2.5.3.6.	/ Les signaux multivalents : signaux à plus de deux états significatifs.....	67
1.3.1.1.2.5.3.7.	/ Le signal bipolaire d'ordre 2 (signal dit entrelacé).....	67
1.3.1.1.2.5.3.8.	/ Le signal Hdb3 (Haute densité binaire d'ordre 3)	68
1.3.1.1.2.5.3.9.	/ Choix d'un transcodage.....	68
1.3.1.1.2.5.4.	/ La transmission analogique ou transmission par modulation.....	68
1.3.1.1.2.5.4.1.	/ Généralités.....	68
1.3.1.1.2.5.4.2.	/ Modulation de fréquence (FM).....	68
1.3.1.1.2.5.4.3.	/ Modulation de phase (PM)	68
1.3.1.1.2.5.4.4.	/ Modulation de phase différentielle	68
1.3.1.1.2.5.4.5.	/ Modulation d'amplitude (AM).....	69
1.3.1.1.3.	/ Les systèmes de traitement numérique	69
1.3.1.1.3.1.	/ Le multiplexage	69
1.3.1.1.3.1.1.	/ Introduction - Intérêt économique.....	69
1.3.1.1.3.1.2.	/ Vocabulaire du multiplexage	70
1.3.1.1.3.1.3.	/ Principe du multiplexage	71
1.3.1.1.3.1.4.	/ Caractéristiques du multiplexage.....	73
1.3.1.1.3.1.5.	/ Le multiplexage temporel	73
1.3.1.1.3.1.6.	/ Multiplexeur temporel par caractère.....	74
1.3.1.1.3.1.6.1.	/ Principe - Trame et notion d'IT	74
1.3.1.1.3.1.6.2.	/ Signaux asynchrone	75
1.3.1.1.3.1.6.3.	/ Hétérogénéité.....	75
1.3.1.1.3.1.6.4.	/ Synchronisation	75
1.3.1.1.3.1.6.5.	/ Signalisation	75
1.3.1.1.3.1.7.	/ Multiplexeur temporel par bit.....	75
1.3.1.1.3.1.7.1.	/ Principe.....	75
1.3.1.1.3.1.7.2.	/ Verrouillage de trame	75
1.3.1.1.3.1.7.3.	/ Signalisation hors bande ou sémaphore	76
1.3.1.1.3.1.7.4.	/ Signalisation dans la bande.....	77
1.3.1.1.3.1.8.	/ Multiplexeur statistique (ou Asynchronous Time Division Multiplexors).....	77
1.3.1.1.3.1.8.1.	/ Principe.....	77
1.3.1.1.3.1.8.2.	/ Fonctionnement	77
1.3.1.1.3.1.9.	/ Comparaison des différents types de multiplexeurs.....	78
1.3.1.1.3.1.10.	/ Les concentrateurs	78
1.3.1.1.3.2.	/ La commutation	79

1.3.1.1.3.2.1.	/ Définition.....	79
1.3.1.1.3.2.2.	/ Structure générale d'un commutateur.....	80
1.3.1.1.3.2.3.	/ Les techniques de commutation.....	80
1.3.1.1.3.2.3.1.	/ La commutation spatiale.....	80
1.3.1.1.3.2.3.2.	/ La commutation temporelle.....	80
1.3.1.1.3.2.3.3.	/ Les autocommutateurs privés.....	81
1.3.1.1.3.2.3.4.	/ Les autocommutateurs sans fil.....	81
1.3.1.1.3.2.3.4.1.	/ Les composants d'un réseau sans fil.....	82
1.3.1.1.3.2.3.4.2.	/ Schéma type d'un réseau sans fil :.....	83
1.3.1.1.3.2.3.4.3.	/ Radio-cellulaire.....	85
1.3.1.1.3.2.3.5.	/ Les techniques utilisées.....	86
1.3.1.1.3.2.3.6.	/ Mise en oeuvre.....	86
1.3.1.1.3.2.3.7.	/ Fonctionnalités d'un autocommutateur sans fil.....	86
1.3.1.1.3.2.4.	/ La signalisation et la supervision.....	87
1.3.1.2.	/ LES SUPPORTS DE TRANSMISSION.....	87
1.3.1.2.1.	/ Introduction.....	87
1.3.1.2.2.	/ Historique.....	88
1.3.1.2.3.	/ Les câbles.....	88
1.3.1.2.3.1.	/ Les câbles électriques à paires torsadées.....	89
1.3.1.2.3.2.	/ Le câble coaxial.....	89
1.3.1.2.3.3.	/ La fibre optique.....	90
1.3.1.2.4.	/ Les ondes en transmission à vue directe.....	91
1.3.1.2.4.1.	/ Introduction.....	91
1.3.1.2.4.2.	/ Les ondes électromagnétiques.....	91
1.3.1.2.4.2.1.	/ Généralités sur les ondes électromagnétiques.....	91
1.3.1.2.4.2.2.	/ Radio-cellulaire.....	92
1.3.1.2.4.2.3.	/ Types d'application.....	92
1.3.1.2.4.3.	/ Les ondes lumineuses.....	93
1.3.1.2.4.3.1.	/ Les rayons laser ou infrarouges.....	93
1.3.1.2.4.3.1.1.	/ Les faisceaux hertziens.....	93
1.3.1.2.4.4.	/ Les satellites.....	94
1.3.1.2.4.4.1.	/ Généralités.....	94
1.3.1.2.4.4.2.	/ Principe de fonctionnement.....	95
1.3.1.2.4.4.3.	/ Principe d'accès au satellite.....	97
1.3.1.2.4.4.3.1.	/ Les politiques de réservation.....	97
1.3.1.2.4.4.3.2.	/ Les politiques d'accès aléatoire.....	99
1.3.1.2.4.4.3.3.	/ Les politiques de réservation par paquet.....	99
1.3.1.2.4.4.3.4.	/ Paramètres des répéteurs.....	100
1.3.1.3.	/ LES EQUIPEMENTS DIVERS.....	100
1.3.1.3.1.	/ Introduction.....	100
1.3.1.3.2.	/ Rôle de la couche physique.....	100
1.3.1.3.2.1.	/ La jonction.....	101
1.3.1.3.2.1.1.	/ La jonction V.24 ou RS-232C.....	101
1.3.1.3.2.1.1.1.	/ généralités.....	101
1.3.1.3.2.1.1.2.	/ Les aspects mécaniques.....	102
1.3.1.3.2.1.1.3.	/ Les caractéristiques électriques.....	102
1.3.1.3.2.1.1.4.	/ Les spécifications fonctionnelles.....	102
1.3.1.3.2.1.2.	/ La jonction RS-449.....	102
1.3.1.3.2.1.2.1.	/ Les aspects électriques.....	102
1.3.1.3.2.1.2.2.	/ L'interface X.21.....	103
1.3.1.3.2.2.	/ Procédure d'activation désactivation d'une connexion physique.....	103
1.3.1.3.2.3.	/ Les modems.....	103
1.3.1.3.2.3.1.	/ Définitions.....	103
1.3.1.3.2.3.1.1.	/ Le modem ou ETC.....	103
1.3.1.3.2.3.1.2.	/ Caractéristiques des modems.....	103
1.3.1.3.2.3.1.3.	/ Normalisation des modems.....	104
1.3.1.3.2.3.1.4.	/ Inter fonctionnement des modems.....	104
1.3.1.3.2.3.1.5.	/ Agrément des modems.....	104

1.3.1.3.2.3.1.6. / Choix d'un modem adapté à la liaison 104

1.3.2. / LA COUCHE LIAISON DE DONNEES..... 105

1.3.2.1. / ROLE DE LA COUCHE LIAISON DE DONNEES 105

1.3.2.1.1. / Généralités 105

1.3.2.1.2. / Les services rendus fournis à la Couche Réseau 106

1.3.2.1.2.1. / Le service sans connexion et sans acquittement..... 106

1.3.2.1.2.2. / Le service sans connexion et avec acquittement 106

1.3.2.1.2.3. / Le service orienté connexion 106

1.3.2.1.3. / La notion de trames 106

1.3.2.1.4. / Le contrôle d'erreur 108

1.3.2.1.5. / Les mécanismes de fenêtre..... 108

1.3.2.1.6. / Le contrôle de flux 108

1.3.2.1.7. / La gestion de la liaison..... 108

1.3.2.2. / LA PROTECTION CONTRE LES ERREURS DE TRANSMISSION..... 109

1.3.2.2.1. / Les différents types d'erreurs..... 109

1.3.2.2.2. / Notion de taux d'erreurs 110

1.3.2.2.3. / Les codes détecteurs et les codes correcteurs d'erreurs en transmission de données..... 110

1.3.2.2.3.1. / Généralités 110

1.3.2.2.3.2. / Les codes à contrôle de parité par caractère 110

1.3.2.2.3.3. / Les codes à contrôle de parités croisées..... 110

1.3.2.2.3.4. / Les codes de Hamming 111

1.3.2.2.3.5. / Code de Hamming et les erreurs groupées..... 111

1.3.2.2.3.6. / Les codes polynomiaux..... 112

1.3.2.2.3.6.1. / Principe..... 112

1.3.2.2.3.6.2. / Emission 112

1.3.2.2.3.6.3. / Réception..... 112

1.3.2.2.3.7. / Les codes BCH 113

1.3.2.3. / LES DIFFERENTS PROTOCOLES DE LIAISON..... 113

1.3.2.3.1. / Introduction..... 113

1.3.2.3.2. / Les différentes classes de protocoles 113

1.3.2.3.2.1. / Protocoles par caractères asynchrones 113

1.3.2.3.2.2. / Protocoles par caractères synchrones appelés procédures orientées caractères 113

1.3.2.3.2.3. / Protocoles par bits synchrones appelés procédures orientées bit 113

1.3.2.3.2.4. / Le protocole HDLC (= High-level Data Link Control)..... 113

1.3.2.3.3. / Configurations possibles 114

1.3.2.3.3.1. / Liaison multipoint 114

1.3.2.3.3.2. / Liaison point à point 114

1.3.2.3.4. / Format de trames..... 114

1.3.2.3.4.1. / Les flags ou fanions d'ouverture et de fermeture..... 114

1.3.2.3.4.2. / Le champ adresse 115

1.3.2.3.4.3. / Le champ commande 116

1.3.2.3.4.4. / Le champ d'information 117

1.3.2.3.4.5. / Le FCS (Frame Check Sequence) 117

1.3.2.3.5. / Les principales trames en LAPB 117

1.3.2.3.5.1. / Les trames d'information..... 117

1.3.2.3.5.2. / Les trames de supervision 118

1.3.2.3.5.3. / Les trames non numérotées 119

1.3.2.3.5.4. / récapitulatif des trames LAPB 120

1.3.2.3.5.5. / La gestion de la liaison 120

1.3.2.3.5.5.1. / Connexion et déconnexion..... 120

1.3.2.3.5.5.2. / Echange des données et séquençement 121

1.3.2.3.5.5.3. / Gestion des erreurs 121

1.3.2.3.5.5.4. / Exemple d'échange entre primaire et secondaire..... 121

1.3.2.3.5.6. / Contrôle de flux 123

1.3.2.3.5.7. / Cas de non réponse 123

1.3.2.3.6. / Le protocole BSC (ou BISYNC = BInary SYNchronous Communication)..... 123

1.3.2.3.6.1. / Généralités 123

1.3.2.3.6.2.	/ Caractères utilisés par la procédure BSC.....	124
1.3.2.3.6.3.	/ Synchronisation caractère et remplissage (padding).....	126
1.3.2.3.6.4.	/ Temporisation.....	126
1.3.2.3.6.5.	/ Détection des erreurs.....	126
1.3.2.3.6.6.	/ Déroulement de la procédure sur une liaison multipoint.....	127
1.3.2.3.7.	/ Protocole asynchrone.....	127
1.3.3.	/ LA COUCHE RESEAU.....	128
1.3.3.1.	/ LE ROLE DE LA COUCHE RESEAU.....	128
1.3.3.2.	/ STRUCTURATION ET TRANSFERT DES DONNEES.....	129
1.3.3.2.1.	/ Le datagramme.....	129
1.3.3.2.2.	/ Le circuit virtuel.....	129
1.3.3.2.3.	/ Comparaison des sous-réseaux Datagramme et Circuit virtuel.....	131
1.3.3.2.4.	/ L'adressage.....	131
1.3.3.2.5.	/ Le routage.....	132
1.3.3.2.5.1.	/ Généralités.....	132
1.3.3.2.5.2.	/ Le routage non-adaptatif (fixe).....	133
1.3.3.2.5.3.	/ Le routage adaptatif.....	133
1.3.3.2.5.3.1.	/ L'algorithme du plus court chemin.....	133
1.3.3.2.5.3.1.1.	/ Présentation.....	133
1.3.3.2.5.3.1.2.	/ 1ère étape.....	133
1.3.3.2.5.3.1.3.	/ 2ème étape.....	133
1.3.3.2.5.3.1.4.	/ 3ème étape.....	134
1.3.3.2.5.3.1.5.	/ 4ème étape.....	134
1.3.3.2.5.3.1.6.	/ 5ème étape.....	134
1.3.3.2.5.3.1.7.	/ 6ème étape.....	135
1.3.3.2.5.3.1.8.	/ 7ème étape.....	135
1.3.3.2.5.3.2.	/ Le routage multichemin.....	135
1.3.3.2.5.3.3.	/ Le routage centralisé.....	136
1.3.3.2.5.3.4.	/ Le routage local.....	137
1.3.3.2.5.3.5.	/ L'inondation.....	137
1.3.3.2.5.3.6.	/ Le routage distribué.....	137
1.3.3.2.5.3.7.	/ Le routage optimal.....	138
1.3.3.2.5.3.8.	/ Le routage fondé sur le flux.....	141
1.3.3.2.5.3.9.	/ Le routage hiérarchique.....	143
1.3.3.2.5.3.10.	/ Le routage par diffusion.....	144
1.3.3.2.6.	/ Le contrôle de congestion.....	145
1.3.3.2.7.	/ La recommandation X.25.....	146
1.3.3.2.7.1.	/ Présentation.....	146
1.3.3.2.7.2.	/ Les trois niveaux de la recommandation X.25.....	147
1.3.3.2.7.2.1.	/ Le niveau physique X.25-1.....	147
1.3.3.2.7.2.2.	/ Le niveau liaison X.25-2.....	147
1.3.3.2.7.2.3.	/ Le niveau réseau X.25-3.....	148
1.3.3.2.7.3.	/ Notion de voie logique.....	150
1.3.3.2.7.4.	/ Procédure de communication de niveau 3.....	150
1.3.3.2.7.4.1.	/ Introduction.....	150
1.3.3.2.7.4.2.	/ Typologie des paquets.....	151
1.3.3.2.7.5.	/ Format des paquets : Format de base.....	152
1.3.3.2.7.6.	/ Les services complémentaires.....	153
1.3.3.2.7.7.	/ Transmission des informations entre les niveaux de la norme X.25.....	154
1.3.3.2.7.8.	/ Exemple d'échange de paquet X25 entre un ETTD et un ETCD.....	156
1.3.3.2.7.9.	/ Le triple X (X.3, X.28, X.29).....	158
1.3.3.2.7.9.1.	/ Connexion des terminaux asynchrones.....	158
1.3.3.2.7.9.2.	/ Fonctions essentielles du PAD.....	158
1.3.3.2.7.9.3.	/ Fonctions optionnelles du PAD.....	159
1.3.3.2.7.9.4.	/ Interface asynchrone - PAD.....	159
1.3.3.2.7.9.5.	/ Protocole ETTD-PAD.....	160
1.3.3.2.7.10.	/ Interaction entre les niveaux Liaison et Réseau du modèle OSI.....	160
1.3.3.2.7.11.	/ Le protocole TCP IP (Internet Protocol).....	161

1.3.3.2.7.11.1.	/ Généralités	161
1.3.3.2.7.11.2.	/ Format du datagramme IP.....	163
1.3.3.2.7.11.3.	/ Compatibilité avec les couches inférieures	165
1.3.3.2.7.11.3.1.	/ Généralités.....	165
1.3.3.2.7.11.3.2.	/ Le protocole ICMP (Internet Control Message Protocol).....	166
1.3.3.2.7.11.3.3.	/ Le Protocole ARP.....	167
1.3.3.2.7.12.	/ Interconnexion de réseaux	167
1.3.3.2.7.12.1.	/ Généralités.....	167
1.3.3.2.7.12.2.	/ OSI et Interconnexion de réseaux	170
1.3.3.2.7.12.3.	/ Techniques d'interconnexion	174
1.3.3.2.7.12.3.1.	/ généralités.....	174
1.3.3.2.7.12.3.2.	/ Les ponts.....	175
1.3.3.2.7.12.3.2.1.	/ Généralités.....	175
1.3.3.2.7.12.3.2.2.	/ Les ponts transparents	175
1.3.3.2.7.12.3.2.3.	/ Routage par contrôle de l'émetteur	176
1.3.3.2.7.12.3.2.4.	/ Comparaison des ponts 802.....	176
1.3.3.2.7.12.3.3.	/ Les passerelles	178
1.3.3.2.7.12.3.3.1.	/ Les passerelles en mode orienté connexion	178
1.3.3.2.7.12.3.3.2.	/ Les passerelles en mode non connecté	178
1.3.3.2.7.12.3.3.3.	/ Comparaison des passerelles en modes orienté connexion et non connecté	179
1.3.3.2.7.12.3.3.4.	/ Les logiciels des ponts et des passerelles.....	179
1.4.	/ EXEMPLES DE RESEAUX.....	180
1.4.1.	/ Généralités	180
1.4.1.1.	/ Historique.....	180
1.4.1.2.	/ Les normes appliquées.....	180
1.4.1.3.	/ Le réseaux mondial Internet	181
1.4.1.4.	/ La Problématique de l'utilisateur	181
1.4.2.	/ LE CHOIX D'UN SERVICE.....	182
1.4.2.1.	/ Introduction.....	182
1.4.2.2.	/ Choix technique d'un service	183
1.4.2.2.1.	/ Intensité du trafic	183
1.4.2.2.2.	/ Activité de la liaison	183
1.4.2.2.3.	/ Charge effective	183
1.4.2.3.	/ Choix économique d'un service	184
1.4.2.3.1.	/ Introduction.....	184
1.4.2.3.2.	/ Autres critères de choix.....	184
1.4.2.3.2.1.	/ Fiabilité.....	184
1.4.2.3.2.2.	/ Disponibilité	184
1.4.2.3.2.3.	/ Temps de réponse d'un serveur	184
1.4.3.	/ LE RESEAU TELEPHONIQUE COMMUTE (RTC).....	185
1.4.3.1.	/ Présentation	185
1.4.3.2.	/ Architecture du Réseau Téléphonique Commuté	185
1.4.3.2.1.	/ Les lignes d'abonnés.....	185
1.4.3.2.2.	/ Les commutateurs	185
1.4.3.2.2.1.	/ Hiérarchie des commutateurs.....	185
1.4.3.2.2.2.	/ Les règles de routage	187
1.4.3.2.2.3.	/ Les circuits.....	187
1.4.3.2.3.	/ Les techniques de transmission et de commutation.....	188
1.4.3.2.3.1.	/ Les techniques analogiques.....	188
1.4.3.2.3.2.	/ Les techniques numériques	188
1.4.3.2.4.	/ Les services proposés en transmission de données à partir de l'infrastructure du RTC.....	188
1.4.3.2.4.1.	/ Introduction.....	188

1.4.3.2.4.2.	/ Utilisation du RTC.....	188
1.4.3.2.4.3.	/ Liaisons avec les autres réseaux.....	189
1.4.4.	/ LES LIGNES SPECIALISEES (LS) ou lignes louées	189
1.4.4.1.	/ Introduction	189
1.4.4.2.	/ LS téléphoniques	190
1.4.4.2.1.	/ Liaisons point à point analogiques	190
1.4.4.2.2.	/ Liaisons multipoints analogiques	190
1.4.4.3.	/ LS numériques.....	190
1.4.4.4.	/ Le service TRANSFIX	191
1.4.4.4.1.	/ Liaisons point à point numériques.....	191
1.4.4.4.2.	/ Liaisons multi-points numériques	191
1.4.4.5.	/ Les Groupes Primaires (GP).....	191
1.4.4.6.	/ Intérêt des liaisons spécialisées	191
1.4.5.	/ LES SERVICES NUMERIQUES DE LA GAMME TRANS.....	192
1.4.5.1.	/ Introduction	192
1.4.5.2.	/ Le service TRANSFIX	192
1.4.5.3.	/ Le service TRANSCOM	192
1.4.5.3.1.	/ Description.....	192
1.4.5.3.2.	/ Raccordement des usagers par une régie d'abonné.....	192
1.4.5.3.3.	/ Raccordement des usagers par un commutateur privé.....	193
1.4.5.4.	/ Le service TRANSDYN.....	193
1.4.5.4.1.	/ Description.....	193
1.4.5.4.2.	/ Le mode par appel.....	194
1.4.5.4.3.	/ Le mode réservation.....	194
1.4.6.	/ LE RESEAU TRANSPAC	194
1.4.6.1.	/ Introduction	194
1.4.6.2.	/ Architecture du réseau TRANSPAC	195
1.4.6.2.1.	/ Présentation.....	195
1.4.6.2.2.	/ Les commutateurs de première génération.....	196
1.4.6.2.3.	/ Les commutateurs de deuxième génération.....	196
1.4.6.2.4.	/ Les commutateurs de transit.....	196
1.4.6.2.5.	/ Les points de contrôle locaux.....	197
1.4.6.2.6.	/ Les centres de gestion	197
1.4.6.2.7.	/ Le nœud de transit international (NTI)	197
1.4.6.2.8.	/ Les liaisons d'accès	197
1.4.6.2.9.	/ Evolution de l'architecture du réseau	197
1.4.6.3.	/ Les accès à TRANSPAC	198
1.4.6.3.1.	/ Caractéristiques d'accès au réseau TRANSPAC	198
1.4.6.3.2.	/ Protocoles d'accès à TRANSPAC pour équipements synchrones	199
1.4.6.3.3.	/ Protocoles d'accès à TRANSPAC pour équipements asynchrones	199
1.4.6.4.	/ Les numéros d'appel dans TRANSPAC	199
1.4.6.5.	/ Caractéristiques de fonctionnement du réseau TRANSPAC	200
1.4.6.5.1.	/ Généralités	200
1.4.6.5.2.	/ Performances du réseau TRANSPAC.....	200
1.4.6.5.3.	/ Options offertes par TRANSPAC.....	201
1.4.6.6.	/ RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) ou ISDN (Integrated Services Data Network)	201
1.4.6.6.1.	/ Introduction au RNIS.....	201
1.4.6.6.2.	/ Les concepts de base du RNIS.....	201
1.4.6.6.3.	/ La mise en place du RNIS.....	202
1.4.6.6.4.	/ Les différents accès des utilisateurs au RNIS.....	202

1.4.6.6.4.1.	/ Introduction.....	202
1.4.6.6.4.2.	/ L'interface U0	203
1.4.6.6.4.3.	/ L'accès de base.....	203
1.4.6.6.4.4.	/ L'accès primaire	204
1.4.6.6.5.	/ Les services offerts par le RNIS.....	204
1.4.6.6.5.1.	/ Introduction.....	204
1.4.6.6.5.2.	/ Les services support.....	205
1.4.6.6.5.3.	/ Les téléservices	205
1.4.6.6.5.4.	/ Les compléments de service.....	206
1.4.6.6.6.	/ Le protocole usager-réseau	206
1.4.6.6.7.	/ Les domaines d'application	207
1.4.7.	/ LE CHOIX D'UN SERVICE DE TRANSMISSION DE DONNEES	207
1.4.7.1.	/ Rappel des services offerts	207
1.4.7.2.	/ Comparaison des modes de commutation en terme de services	208
1.4.7.3.	/ Les principaux points de repère.....	208
1.4.7.3.1.	/ Les paramètres de l'application	208
1.4.7.3.2.	/ Les contraintes liées au service de transmission de données.....	209
1.4.7.3.3.	/ Les contraintes de coût.....	210
1.5.	/ LES COUCHES HAUTES DU MODELE OSI	211
1.5.1.	/ LA COUCHE SESSION	211
1.5.1.1.	/ SERVICES FOURNIS A LA COUCHE PRESENTATION	211
1.5.1.1.1.	/ Introduction.....	211
1.5.1.1.2.	/ Transfert de données	212
1.5.1.1.3.	/ Gestion du dialogue	212
1.5.1.1.4.	/ Synchronisation.....	213
1.5.1.1.5.	/ Gestion des activités.....	213
1.5.1.2.	/ LES ELEMENTS DE PROTOCOLE DE LA COUCHE SESSION.....	213
1.5.1.2.1.	/ Les unités fonctionnelles.....	213
1.5.1.2.2.	/ Le modèle client-serveur et les appels de procédure à distance	214
1.5.2.	/ LA COUCHE PRESENTATION.....	214
1.5.2.1.	/ Généralités.....	214
1.5.2.2.	/ LA COMPRESSION DES DONNEES.....	214
1.5.2.2.1.	/ Généralités	214
1.5.2.2.1.1.	/ Définition d'une image et type d'images	214
1.5.2.2.1.2.	/ Description d'un fichier image et caractéristiques d'une image.....	215
1.5.2.2.1.3.	/ Compression conservatrice et non conservatrice	215
1.5.2.2.1.4.	/ Compression : modélisation et codage.....	216
1.5.2.2.2.	/ Compression conservatrice d'images	216
1.5.2.2.2.1.	/ Le codage des longueurs de séquence.....	216
1.5.2.2.2.2.	/ Méthodes basées sur l'entropie	216
1.5.2.2.2.2.1.	/ L'entropie	216
1.5.2.2.2.2.2.	/ Le codage de Huffman : une méthode de codage par longueur entière de bits	217
1.5.2.2.2.2.3.	/ Le codage arithmétique : une méthode de codage par nombre en virgule flottante	217
1.5.2.2.2.3.	/ Compression à base de dictionnaire.....	218
1.5.2.2.2.3.1.	/ Dictionnaires statiques et adaptatifs.....	218
1.5.2.2.2.3.2.	/ LZ77 ou compression à fenêtre coulissante	218
1.5.2.2.2.3.3.	/ LZ78 construit un dictionnaire à partir de tous les symboles.....	219
1.5.2.2.2.3.4.	/ Utilisation des méthodes de compression à base de dictionnaire.....	219
1.5.2.2.3.	/ Compression non conservatrice d'images fixes	219
1.5.2.2.3.1.	/ Le codage prédictif	219
1.5.2.2.3.2.	/ La compression non conservatrice d'images fixes : la norme JPEG.....	219
1.5.2.2.3.2.1.	/ Le principe de la compression non conservatrice : les différentes étapes	220
1.5.2.2.3.2.2.	/ La transformée de cosinus discrète (DCT).....	220

1.5.2.2.3.2.3.	/ L'étape de quantification	220
1.5.2.2.3.2.4.	/ L'étape de codage : compression conservatrice.....	220
1.5.2.2.3.3.	/ Les fractales	220
1.5.2.2.4.	/ La compression d'images animées.....	221
1.5.2.2.4.1.	/ L'utilisation de JPEG pour les images animées	221
1.5.2.2.4.2.	/ La recommandation H.261 du CCITT	221
1.5.3.	/ LA SYNTAXE ABSTRAITE.....	221
1.5.3.1.	/ Transmission de la syntaxe	221
1.5.3.2.	/ Syntaxe de transfert	222
1.5.4.	/ LA SECURITE	222
1.5.4.1.	/ Risques et menaces.....	222
1.5.4.1.1.	/ Les risques	223
1.5.4.1.2.	/ Les menaces	223
1.5.4.2.	/ Normalisation ISO et entités de communication	223
1.5.4.3.	/ Services et mécanismes de sécurité	224
1.5.4.3.1.	/ Les services.....	224
1.5.4.3.1.1.	/ L'authentification	224
1.5.4.3.1.2.	/ Le contrôle d'accès.....	225
1.5.4.3.1.3.	/ La confidentialité des données.....	225
1.5.4.3.1.4.	/ L'intégrité des données.....	225
1.5.4.3.1.5.	/ La non-répudiation.....	225
1.5.4.3.2.	/ Les mécanismes de sécurité	226
1.5.4.3.2.1.	/ Chiffrement.....	226
1.5.4.3.2.2.	/ Principes du chiffrement	226
1.6.	/ MISE EN APPLICATIONS DES RESEAUX.....	227
1.6.1.	/ Application N° I-1 : Quelques dates.....	227
1.6.2.	/ Application N° I-2 : Hier et aujourd'hui.....	227
1.6.2.1.	/ Evolution de la société.....	227
1.6.2.2.	/ Origines du terme télécommunication	228
1.6.2.2.1.	/ Introduction.....	228
1.6.2.2.2.	/ Bref historique	228
1.6.3.	/ Application N° I-3 : Objectifs et caractéristiques fonctionnelles d'un réseau	229
1.6.3.1.	/ Objectifs d'un système téléinformatique	229
1.6.3.2.	/ Caractéristiques fonctionnelles des réseaux :	229
1.6.4.	/ Application N° I-4 : Le fonctionnement de l'ISO	230
1.6.5.	/ Application N° II-1 : Baud = Bit / seconde ? Faux !!!	230
1.6.6.	/ Application N° II-2 : Comment mesurer l'efficacité d'une liaison réseau ?	230
1.6.7.	/ Application N° II-3 : Comparaison : commutation de messages et commutation de paquets	231
1.6.7.1.	/ Définitions	231
1.6.7.2.	/ Application numérique :	232
1.6.8.	/ Application N° II-4 : La fonction COMMUTATION	232
1.6.9.	/ Application N° II-5 : Le transport et la distribution.....	233
1.6.9.1.	/ CONTROLE DE CONGESTION	233
1.6.9.1.1.	/ Les causes	233
1.6.9.1.2.	/ Les solutions	233
1.6.9.1.2.1.	/ Limitation du nombre de paquets.....	233
1.6.9.1.2.2.	/ Meilleure utilisation des ressources	233

- 1.6.9.1.2.3. / Contrôle de flux 233
- 1.6.9.1.2.4. / Réserve de tampons 233
- 1.6.9.2. / CONTROLE DE ROUTAGE 234
 - 1.6.9.2.1. / Le routage non adaptatif..... 234
 - 1.6.9.2.2. / Routage fixe 234
 - 1.6.9.2.3. / Routage aléatoire 234
 - 1.6.9.2.4. / Routage adaptatif 234
 - 1.6.9.2.4.1. / Algorithmes basés sur le vecteur de distance 234
 - 1.6.9.2.4.2. / Algorithmes basés sur l'état des liaisons..... 234
- 1.6.9.3. / L'ADRESSAGE..... 235
 - 1.6.9.3.1. / L'adressage hiérarchique 235
 - 1.6.9.3.2. / L'adressage global 235
- 1.6.10. / Application N°II-6 : MTTR et MTBF 235**
 - 1.6.10.1. / Définitions 235
 - 1.6.10.1.1. / Relation entre Disponibilité et MTTR 235
 - 1.6.10.1.2. / Les structures de fiabilité : 235
 - 1.6.10.1.3. / La quantification 236
 - 1.6.10.2. / Application numérique 236
- 1.6.11. / Application N° II-7 : Procédures en ligne ou imbriquées 239**
- 1.6.12. / Application N°II- 8 : Transfert de paquet avec acquittement réseau et reprise sur erreur sur la liaison 239**
- 1.6.13. / Application N° II-9 : Accès aux réseaux - Fragmentation et ré assemblage..... 240**
 - 1.6.13.1. / ACCES AU RESEAU 240
 - 1.6.13.2. / FRAGMENTATION ET REASSEMBLAGE 240
- 1.6.14. / Application N°II-10 : Architecture DSA (Distributed Systems Architecture) 241**
- 1.6.15. / Application N°II- 11 : Architecture DNA (Digital Network Architecture) 241**
- 1.6.16. / Application N°III-12 : Comparaison des modes de transmission 241**
 - 1.6.16.1. / Définitions 241
 - 1.6.16.2. / Applications numériques 242
- 1.6.17. / Application N°III-2 : Les signaux transmis par les courants alternatifs 243**
 - 1.6.17.1. / Le signal sinusoïdal 243
 - 1.6.17.2. / Un signal numérique périodique..... 244
 - 1.6.17.3. / Notion d'analyse spectrale..... 244
 - 1.6.17.4. / Application à la transmission de données : les déformations..... 244
 - 1.6.17.4.1. / L'affaiblissement et la distorsion d'affaiblissement du signal 244
 - 1.6.17.4.2. / Le déphasage et la distorsion de phase..... 244
- 1.6.18. / Application N° III-3 : Exemple d'utilisation d'un réseau 245**
 - 1.6.18.1. / Introduction 245
 - 1.6.18.2. / Premier cas : liaison internationale..... 245
 - 1.6.18.3. / Second cas : liaison internationale..... 245
 - 1.6.18.4. / Résumé 246
- 1.6.19. / Application N° III-4 : HISTORIQUE DE LA COMMUTATION ELECTRONIQUE..... 246**
- 1.6.20. / Application N°III-5 : LES PABX..... 247**
 - 1.6.20.1. / PABX et Fonctionnalités 247
 - 1.6.20.2. / PABX ET TELEPHONIE D'ENTREPRISE 247

1.6.20.3.	/ DE RTC A NUMERIS	248
1.6.20.4.	/ INTEGRATION TELEPHONIQUE ET INFORMATIQUE.....	248
1.6.20.5.	/ Application Numérique	249
1.6.21.	/ Application N° III-6 : Quelques dates marquantes de l'histoire des câbles sous-marins	250
1.6.21.1.	/ Les câbles télégraphiques	250
1.6.21.2.	/ Les câbles téléphoniques coaxiaux	251
1.6.21.3.	/ Les câbles sous-marins à fibres optiques	251
1.6.22.	/ Application N° III-7 : Les liaisons radioélectriques : Historique	251
1.6.23.	/ Application N° III-8 : LES RESEAUX RADIO A TRANSMISSION DE DONNEES.....	253
1.6.23.1.	/ LE SYSTEME ALOHA DE L'UNIVERSITE DE HAWAÏ	253
1.6.23.1.1.	/ Historique.....	253
1.6.23.1.2.	/ Principe de fonctionnement.....	254
1.6.23.2.	/ MISE EN OEUVRE DE RESEAUX RADIO A TRANSMISSION DE DONNEES	254
1.6.24.	/ Application N° III- 9 : LES SATELLITES	255
1.6.24.1.	/ HISTORIQUE.....	255
1.6.24.2.	/ LES DIFFERENTS DOMAINES D'APPLICATIONS DES SATELLITES	257
1.6.25.	/ Application N° III-10 : Comparaison des différents supports de transmission	257
1.6.25.1.	/ La paires de fils métalliques torsadées	257
1.6.25.1.1.	/ Avantages.....	257
1.6.25.1.2.	/ Inconvénients	258
1.6.25.2.	/ Câble coaxial	258
1.6.25.2.1.	/ Avantages.....	258
1.6.25.2.2.	/ Inconvénients	258
1.6.25.3.	/ Fibre optique	258
1.6.25.3.1.	/ Avantages.....	258
1.6.25.3.2.	/ Inconvénients	258
1.6.25.4.	/ Faisceau hertzien	258
1.6.25.4.1.	/ Avantages.....	258
1.6.25.4.2.	/ Inconvénients	259
1.6.25.5.	/ Satellite.....	259
1.6.25.5.1.	/ Avantages.....	259
1.6.25.5.2.	/ Inconvénients	259
1.6.26.	/ Application N° III-11 : LA FENETRE D'ANTICIPATION	259
1.6.26.1.1.	/ Introduction.....	259
1.6.26.1.2.	/ Un protocole à fenêtre d'anticipation de largeur 1	260
1.6.26.1.3.	/ Un protocole à fenêtre d'anticipation de largeur n	260
1.6.26.1.4.	/ Un protocole utilisant un rejet sélectif	261
1.6.27.	/ Application N° III-12 : Code ASCII (7 bits) - parité paire	261
1.6.28.	/ Application N° III-13 : Code polynomial.....	262
1.6.29.	/ Application N° III-14 : FORMAT DES PAQUETS LES PLUS COURANTS	263
1.6.29.1.	/ PAQUET D'ETABLISSEMENT DE LA CONNEXION.....	263
1.6.29.2.	/ PAQUET DE COMMUNICATION ACCEPTEE ET PAQUET DE COMMUNICATION ETABLIE	264
1.6.29.3.	/ PAQUETS DE DONNES.....	265
1.6.29.4.	/ LES PAQUETS DE CONTRÔLE DE FLUX	266
1.6.29.5.	/ LES PAQUETS D'INTERRUPTION.....	267

1.6.29.6.	/ PAQUET DE REINITIALISATION	267
1.6.29.7.	/ PAQUET DE LIBERATION DE LA COMMUNICATION	268
1.6.30.	/ Application N°III-15 : Exemples de transfert de données entre 3 ETTD reliés par un réseau X.25.....	269
1.6.30.1.	/ Exemple 1.....	269
1.6.30.1.1.	/ Hypothèses.....	269
1.6.30.1.2.	/ Etablissement des circuits virtuels	270
1.6.30.1.3.	/ Représentation graphique des niveaux 2 et 3	272
1.6.30.2.	/ Exemple 2.....	272
1.6.31.	/ Application N° IV-1 : Activité de la liaison	273
1.6.32.	/ Application N° IV-2 : Charge effective.....	274
2.	TRAVAUX DIRIGES	275
2.1.	/ EXERCICE 1 :	276
2.1.1.	/ Enoncé :	276
2.1.2.	/ Corrigé	278
3.	INDEX	282
4.	LEXIQUE	284
5.	LICENCE DE DOCUMENTATION LIBRE	287

1. COURS : Introduction aux Réseaux

1.1. / INTRODUCTION ET GENERALITES SUR LES RESEAUX

1.1.1. / INTRODUCTIONS

Les réseaux de communication sont à l'origine de la révolution de la communication et à l'émergence d'une **Société multimédia**.

Il sont la conséquence d'un **Partage équitable** des ressources technologiques.

L'information recherchée sur les réseaux de communication doit être :

- **Localisée très rapidement.**
- Dans son **intégralité.**

Dans le monde des réseaux de communication, les télécommunications permettent les accès à distance des ressources partagés.

Les réseaux de communication ont la spécificité principale suivante : le **caractère impalpable de l'information** transmise.

Ils sont indispensables dans la vie quotidienne car notre société est à la recherche des technologies fonctionnant au **tout-numérique**.

Toute information, sous quelque forme qu'elle soit, **vocale, sonore, écrite** ou **visuelle**, est aujourd'hui **susceptible d'être véhiculée** par le **laser**, la **fibres optiques** ou les **canaux satellites**, **entre 2 immeubles** comme entre **2 continents**. Globalement, le marché des réseaux de télécommunications a rattrapé puis dépassé celui de l'informatique.

Communiquer : c'est **établir une relation** en transmettant de **l'information**. Il n'y a pas d'activité collective sans communication.

Les **conditions de la communication** dépendent directement du **canal utilisé**, donc des **moyens physiques de transmission** des messages.

Les besoins en communication sont sans cesse croissants, diversifiés et imprévisibles. Ils offrent une **large panoplie de services** couvrant l'ensemble des domaines de la communication.

Les moyens de communication sont **Inter fonctionnels** et sont **transparents** pour l'utilisateur.

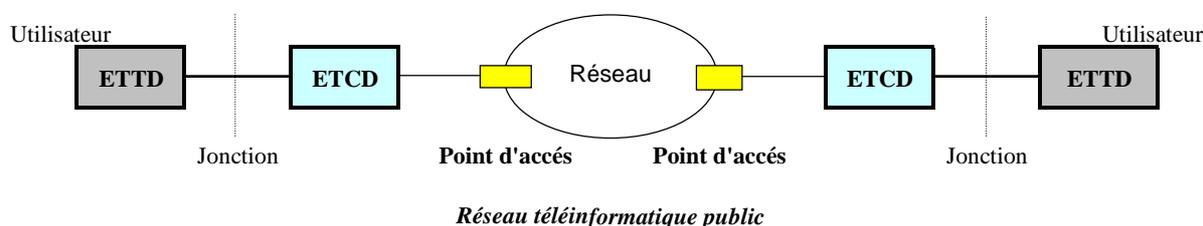
1.1.2. /LES BESOINS DE COMMUNICATION DANS L'ENTREPRISE

1.1.2.1./ GENERALITES

1.1.2.1.1./ Définitions

Informatique : c'est la science du traitement rationnel de l'information, notamment par machines automatiques, considérée comme **support des connaissances et des communications**, dans les domaines technique, économique et social. La principale caractéristique de l'informatique c'est qu'elle est communicante.

Téléinformatique : C'est une discipline qui associe les **techniques de l'informatique** et des **télécommunications** dans le but de permettre à ses utilisateurs d'**exploiter à distance** les **capacités de traitement** de l'ordinateur.



On appelle un **graphe** où les équipements informatiques sont des **noeuds** et les liaisons de données sont des **arcs**.

La **difficulté de gestion d'un réseau** augmente en fonction :

- Du **nombre d'équipements** informatiques.
- De **l'importance des flux d'informations** dans les liaisons.

On en déduit 3 utopies :

- l'ubiquité.
- l'instantanéité.
- le polymorphisme.

La **qualité du dispositif de transport** de l'information dans un réseaux est toujours remis en cause. On ne transporte pas n'importe quoi avec n'importe quoi.

L'évolution technologique à permit :

- D'**abolir les distances**.
- De **minimiser le facteur temps**.
- De **partager les ressources** : partager les applications, la charge.
- D'**offrir une grande souplesse** dans les modes d'utilisation et dans les quantités d'informations qui sont échangées.
- D'**assurer une grande fiabilité**.

La gestion décentralisée d'un réseaux nécessite une informatique distribuée. Pour y remédié, on a la **Téléinformatique** qui est l'image d'un **ordinateur avec un moyen de Télécommunications**. On fait référence ici aux nouveaux services de télécommunications dits à **valeur ajoutée**.

La communication entre les systèmes informatiques c'est :

- La **connexité**
- L'**adressage**
- Le **routage**
- Le **nommage**

1.1.2.1.2./ Les principaux éléments de la téléinformatique

Les éléments qui la compose sont :

- Les **matériels**.
- Les **moyens de communication**.
- Les **fichiers** ou bases de données ou banques de données ou banques d'information.
- Les **logiciels** de traitement ou de transmission.

Les éléments agissants sur la téléinformatique sont les **utilisateurs**.

Les **Procédures de transmission** sont des techniques de dialogue et des séquence de règles à suivre dites 'point à point' ou 'multipoint'.

Protocole : c'est **l'ensemble des procédures** et des **contrôles** qui régissent la coopération entre deux ou plusieurs entités.

Les **techniques de commutation** comprennent :

- 2 fonctions :
 - l'**aiguillage** des communications.
 - la **concentration** de trafic.
- 2 techniques :
 - la **commutation de circuits**.
 - la **commutation de données**.
 - la **commutation de messages**.
 - la **commutation de paquets**.

1.1.2.1.3./ Les autoroutes de l'information

1.1.2.1.3.1./ Origines de la terminologie

Les **autoroutes de l'information** sont devenues un **lieu privilégié** des **enjeux politiques, technologiques, industriels, économiques, sociaux** et même **culturels**. C'est une infrastructure dont le contenu est Multimédia. C'est le **Prolongement ou le complément des réseaux actuels**.

1.1.2.1.3.2./ Les enjeux des autoroutes de l'information

Les autoroutes de l'information dispose des 3 techniques suivantes :

- **La compression numérique de l'image et du son.**
- **La commutation ATM** (= Asynchronous Transfer Mode).
- **La transmission SDH** (= Synchronous Digital Hierarchy).

Les 3 principes essentiels concernant le service universel des autoroutes de l'information sont les suivants :

- La définition du champ de service universel appartient aux Etats qui peuvent assigner aux entreprises des obligations spécifiques.
- Le financement des obligations de service universel doit être compatible avec l'équité de la concurrence entre les différents acteurs.
- Le développement des nouveaux services d'information et de communication doit conduire les Etats à faire évoluer le contenu du service universel dont :
 - . l'accès par le secteur **public** ou secteur **privé**.
 - . Les problèmes de **réglementation** et de déréglementation.
 - . Examiner toutes les conséquences des réseaux et des services d'information.
 - . Ecriture de normes techniques au niveau mondial.
 - . **Le Service universel** doit être basé sur des principes communs pour le libre accès aux réseaux d'information

Les diffuseurs doivent garantir :

- La sécurité des réseaux.
- Un accès de tous à l'information diffusée.
- Un **Droit universel** et **gratuit** à connaître l'existence et les conditions d'accès à l'information

1.1.2.1.4./ Les nouvelles technologies de l'information (NTI)

C'est nouvelles technologies sont :

- Un super-réseau de fibres optiques relié à des ordinateurs ultra-rapides.
- Des services interactifs avec les acteurs de ces services.
- Une Conscience planétaire.

Le rôle primordial des **nouvelles technologies de l'information est** :

- De communiquer **plus loin**.
- De communiquer **plus vite**.
- De communiquer **plus largement**.
- De communiquer **plus d'informations**.
- De communiquer avec **moins d'énergie et de matière**.

Dans les domaines suivants :

- La compatibilité.
- La connectabilité.
- La modularité.
- La fiabilité.

Les nouvelles technologie de l'information mettent en œuvre un concept **client-serveur** dans une relation qui peut être totalement symétrique.

1.1.2.1.5./ L'entreprise virtuelle

Pour les entreprises, les technologies des réseaux modernes introduisent les sujets suivants :

- **Nouvel environnement** de concurrence.
- Avantage **compétitif**.
- Esprit d'**Adaptation**.

Pour utiliser les dernières technologies en matière d'échanges électroniques il faut :

- De nouveaux systèmes industriels.
- Que la compétition et la coopération deviennent compatibles.

Une **Entreprise virtuelle** c'est :

- Trois classes de **ressources** : la technologie, le management, la force de travail.
- Une **organisation** totalement **intégrée**.
- Une véritable **force de frappe**.
- La recherche de la **configuration optimale**.

Entreprise virtuelle : L'entreprise virtuelle est une **combinaison d'entreprises** ou **d'organisations**, qui naît un jour et se défait aussitôt l'affaire conclue. Mais elles se font et défont par des moyens virtuels, c'est-à-dire, par des **simulations informatiques en grandeur nature**. Une fois que ces simulations ont été approuvées par les partenaires de la combinaison virtuelle, elles passent à la production réelle.

1.1.2.2. / L'EVOLUTION DES ARCHITECTURES INFORMATIQUES

1.1.2.2.1./ Vers le modèle client-serveur

Une application **client-serveur** c'est :

- Une application dite frontale (**front-end**) sur la **machine cliente**.
- Une application dite dorsale (**back-end**) sur le **serveur**.

Le traitement réparti : C'est le principe utilisé lorsque il y a plus de deux machines qui coopèrent en **enchaînant des traitements** de l'une à l'autre, **sans que la machine qui a initialisé** la première demande **ait à gérer le dialogue** entre les autres machines.

Il fait appel aux mécanismes suivant :

- l'**API** (Application Programming Interface)
- l'Appel de procédures à distance ou **Remote Procedure Call** (RPC)

1.1.2.2.2./ Les architectures de communication

1.1.2.2.2.1./ Caractéristiques fonctionnelles

La **communication** n'est certainement pas un but en soi mais bien un **instrument**, une **ressource**, au service de l'efficacité des organisations. Un réseaux fait appel à la **cohérence** de l'architecture de communication.

1.1.2.2.2.2./ Définitions

Architecture de communication : On appelle **architecture de communication** **l'ensemble des règles** qui définissent, structurent et organisent **les échanges d'informations entre les systèmes** et les **infrastructures de communication**.

Système de communication : Un **système de communication** correspond à **l'ensemble des composants matériels** et **logiciels** qui assument le **traitement** et le **contrôle des échanges d'informations** pour satisfaire un besoin de communication, au niveau d'une communauté d'utilisateurs.

Infrastructure de communication : Quant à **l'infrastructure de communication**, il s'agit de **l'ensemble des moyens matériels** et **logiciels** qui assurent la **transmission des informations**. Elle est constituée par des équipements de réseaux, matériels et logiciels, et des éléments de liaison.

La Démarche à suivre pour la mise en place d'un système de communication est la suivante :

- **Analyse des besoins** de communication.
- **Identification** du ou **des systèmes** de communication susceptibles de répondre aux besoins.
- Prise en compte de la problématique liée à la **mise en place** d'un système de communication.
- Prise en compte des **aspects stratégiques** de l'élaboration d'une architecture de communication.
- Etude des **questions pratiques** et **réglementaires** liées au choix et à la réception d'un système de communication.
- Elaboration d'un dossier pratique.

1.1.2.2.3./ Les éléments de base

Les **critères fonctionnels** sont les suivants :

- **Type de correspondants.** C'est le critère de l'appartenance à l'organisation.
- **La nature des informations :**
 - . Les informations sonores.
 - . Les documents sur papier.
 - . Les données informatisées.
 - . Les images animées.
- **La localisation.** C'est le critère qui est plus administratif que géographique.
- Les **contraintes de l'environnement :**
 - . Le **dimensionnement** et les performances.
 - . La prise en compte de l'**existant**.
 - . Les **perspectives** d'évolution.
 - . La **sécurité**.
 - . L'**administration**.

1.1.2.2.4./ Les systèmes de communication

Les **éléments essentiels** sont :

- Les fonctions d'accès.
- Les fonctions de relais.
- L'infrastructure.
- L'administration.

On peut constater que :

- Un même type de produit peut être désigné sous des noms différents d'un constructeur à l'autre.
- Une même fonction peut être remplie par des produits de différentes natures.
- Un même équipement est susceptible de remplir plusieurs fonctions.
- Un même équipement peut remplir une fonction pour le compte de plusieurs systèmes de communication différents.

1.1.3. / LA NORMALISATION

1.1.3.1. / Nécessité de la normalisation

La normalisation existe pour :

- Faciliter l'interconnexion et la communication entre différents utilisateurs.
- Faciliter la portabilité d'équipements fonctionnellement, dans des applications différentes, et géographiquement, dans des régions différentes.
- Assurer l'interopérabilité d'un équipement.
- Garantir la pérennité donc l'amortissement des investissements.

Normalisation : La normalisation s'attache à **définir collectivement** et en considération **de besoins**, des **gammes correspondantes de produits** ou de **méthodes propres à les satisfaire** (on parle **d'aptitude à l'emploi**), en **éliminant les complications** et les **variétés superflues** afin de **permettre une production** et une **utilisation rationnelles** sur la base des **techniques valables du moment**.

Il y a deux formes de normalisation :

- la normalisation **DE FACTO**.
- la normalisation **DE JURE**.

1.1.3.2./ Normalisation en télécommunications

1.1.3.2.1./ L'influence de la CEE

- Réseau ouvert (ONP = Open Network Provision).
- Des interfaces connues.
- Des principes de tarification harmonisés.

Une norme : Une norme est une **spécification technique approuvée par un organisme reconnu à activité normative** et dont l'**observation n'est pas obligatoire**.

Une norme est non obligatoire au sens juridique, mais elle **peut le devenir par une directive de l'autorité de réglementation européenne**. Elle est alors **appliquée de facto aux Etats membres**.

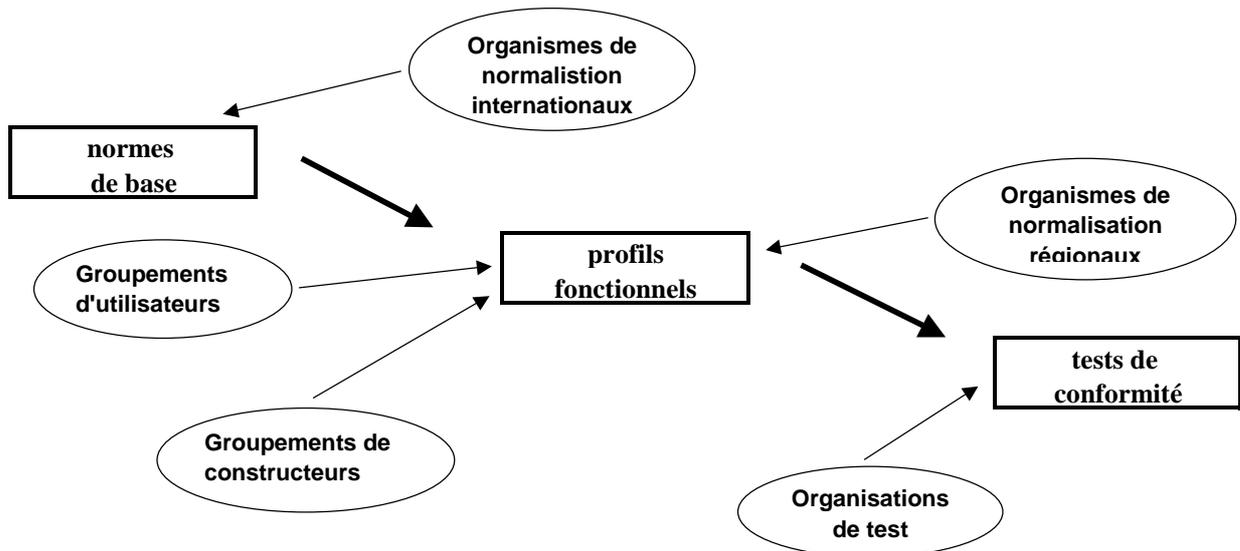
Il y a deux organes qui mettent en place les normes :

- Le Conseil Européen.
- La Commission de Bruxelles.

La réalisation du concept de réseau ouvert permet la définition des **principes généraux d'accès**, la mise en place des **interfaces techniques** et des **caractéristiques de services**, et élabore les **conditions d'usage** et les **principes de tarification**.

En Europe, les programmes suivants ont été mis en place :

- Développement des régions défavorisées : **programme STAR**.
- Recherche communautaire en technologie de l'information : **programme ESPRIT**.
- Introduction à l'échelle communautaire d'un réseau de télécommunications intégrées à large bande (IBC = Integrated Broadband Communication) : **programme de recherche RACE**.



Normalisation et acteurs

1.1.3.2.2./ Les principaux organismes de normalisation

1.1.3.2.2.1./ Les instances internationales

- **L'UIT (Union Internationale des Télécommunications)**. Ses avis ou recommandations restent suffisamment généraux pour que chaque pays puisse en faire une adaptation selon ses besoins. Il est constitué de quatre commissions permanentes :

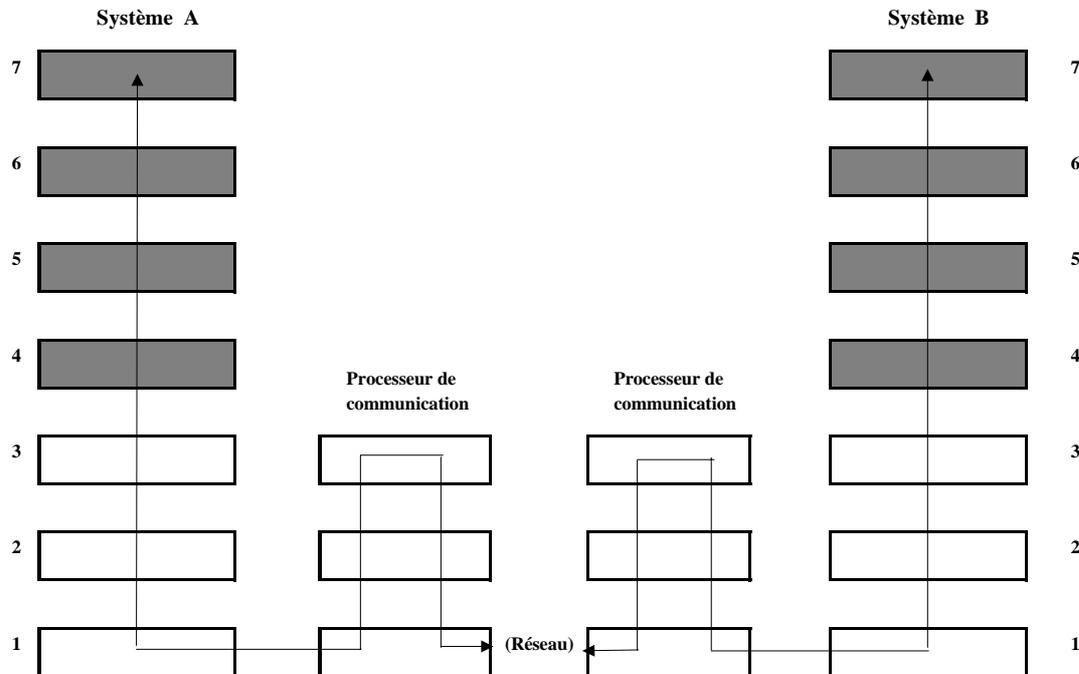
- . Un secrétariat général.
- . Le **CIEF (Comité International d'Enregistrement des Fréquences)**.
- . Le **CCIR (Comité Consultatif International de Radiocommunications)**.
- . Le **CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique)**.

- **ISO (International Standard Organisation)**

- . Un **modèle de référence**, qui décrit ces communications et répartit les fonctions associées dans **7 couches**.
- . Un **ensemble de normes** précisant le fonctionnement de chaque couche.
- . Une utilisation concertée de ces normes de base, en définissant des **profils** ou choix d'options adaptés à divers types d'applications.
- . Des **moyens de vérifier la conformité** des équipements aux normes.

Les intérêt de la structure en couches des modèles ISO sont les suivants :

- **Indépendance des couches communications vis-à-vis des couches applications.** On a alors **pour l'utilisateur une totale transparence au moyen de transport physique utilisé.**
- **Regroupement des couches sur des machines différentes** de caractéristiques techniques mieux adaptées.



Interconnexion de systèmes en couches

Il existe deux types de normes ISO :

- La **spécification du service** définit les fonctions et facilités offertes par la couche.
- Le **protocole** définit les messages et réponses échangés entre systèmes dans le but de fournir le service.

Les décisions de l'ISO ne sont pas obligatoires.

- **CEI (Commission Electrotechnique Internationale).** C'est la branche "électricité et électronique". Les décisions de la CEI sont prises à la majorité relative et exécutoires sans appel.
- **UN/JEDI (Comité des Nations Unies pour l'Echange Electronique de données) :**
 - . Permet le développement du commerce international pour faciliter l'échange de données informatisées.
 - . Le concept d'**EDIFACT (Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Trade).**

1.1.3.2.2./ Les instances et associations européennes

Le **CEN / CENELEC (Comité Européen de Normalisation / Comité Européen de Normalisation Electrotechnique)**. Il a un rôle de proposition lors de l'élaboration de normes et un rôle de détermination de profil pour des services européens. Le statut des normes européennes issue de cette instance sont :

- . EN : norme européenne.
- . HD : document d'harmonisation.
- . ENV : pré norme européenne.

CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications). Il a été fondée en 1959. C'est un **guichet unique européen** qui prend des décisions sur de simples recommandations pour :

- Les Télécommunications :

- . L'Europe des satellites de télécommunication.
- . Les liaisons transatlantiques.
- . Les réseaux publics des données.
- . Les radiocommunications.

- L'harmonisation :

- . En matière technique sur les réseaux publics, les terminaux de téléphonie et de télématique, et les services mobiles et terrestres.
- . En matière de service sur des structures de codes normalisés.
- . En matière de tarifs dans le domaine des relations européennes et internationales pour les services téléphoniques, télex, télégraphiques, transmission de données, radiophoniques et télévisuels.

Les Exploitants européens **ETNO (= European Telecom Network Operators)** et un organisme de normalisation l'**ETSI (= European Telecommunications Standard Institut)**

ETSI (European Telecommunications Standard Institut). Il a été créé en 1988. Il regroupe les constructeurs et utilisateurs qui sont associés aux administrations pour la définition des normes. Il élabore le statut des normes européennes suivantes :

- NET : norme européenne de télécommunications
- ETS et I-ETS : standard européen de télécommunications et standard intermédiaire de télécommunications.

L'**EDIFACT BOARD**. Il définit les Echanges de Données Informatisées (EDI = **Electronic Data Interchange**). Il couvre aussi bien les commandes que les facturations et les informations financières. L'EDI résulte du **transfert de données structurées**, transmis par **message de forme conventionnelle** d'un ordinateur à un autre par des **moyens électroniques**.

Il résulte de **l'interaction de deux ordinateurs** au moins, ou **d'applications entre partenaires commerciaux indépendants** qui **échangent des documents** et des **messages** par **voie électronique**.
 Quatre critères distinctifs caractérisent l'EDI :

- Il doit y avoir **transfert d'informations** d'un système informatique à un autre sans avoir à procéder à une nouvelle saisie.
- Les **informations** ou documents sont **de nature commerciale et comptable**.
- L'échange se fait **entre entités juridiques distinctes**.

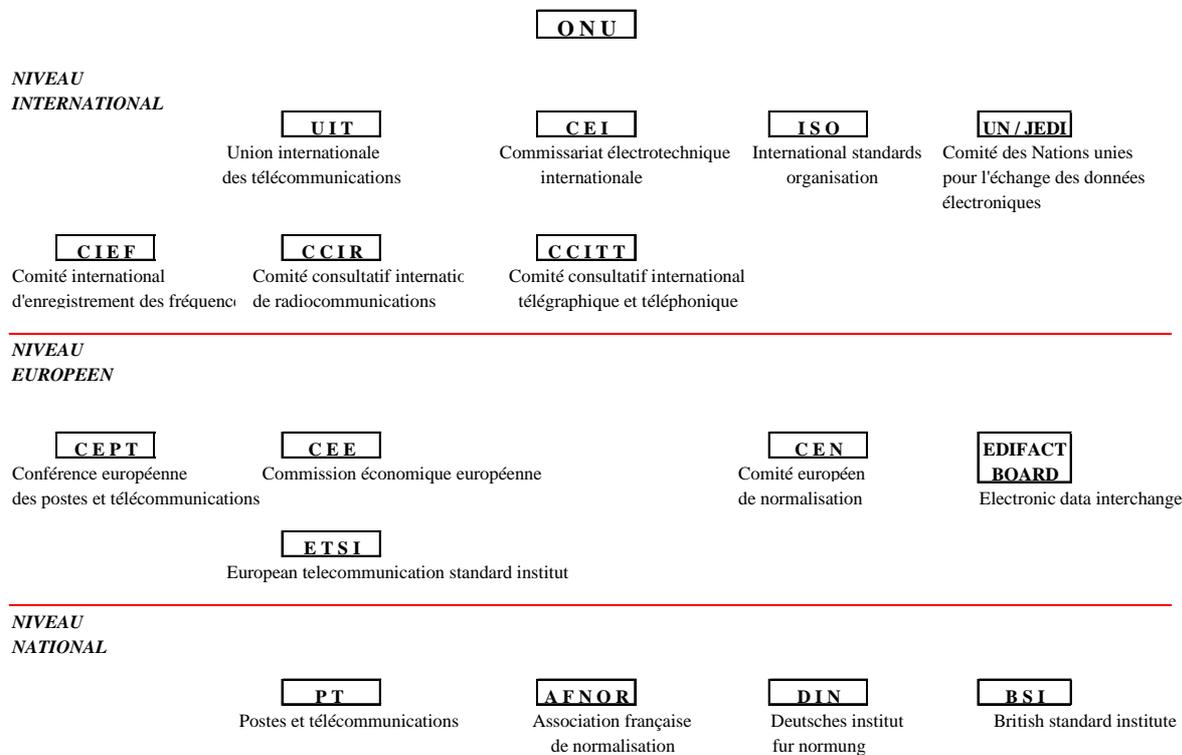
1.1.3.2.2.3./ Les principales instances et associations nationales

- L'**AFNOR (Association Française de Normalisation)**. Elle coordonne toutes les activités de normalisation en France. Elle représente aussi la position française auprès des instances internationales. Elle est divisée en commissions.

- **L'administration des PT :**

- . **CNET (Centre National d'Etudes en Télécommunications)** = projet ARCHITE.
- . projet ARIOSTE.
- . **ANSI (American National Standard Institute)**.
- . **IEEE (Institut of Electrical and Electronic Engineers)**.

1.1.3.2.2.4./ Récapitulatif des organisme de normalisation en télécommunication



La normalisation en télécommunication

1.1.3.2.3./ Validation et certification des normes

1.1.3.2.3.1./ Les tests de conformité

Agrément : Décision de la Direction de la Réglementation Générale autorisant le **raccordement au réseau de Télécommunications** ou **l'emploi d'un matériel placé au domicile d'un abonné**

Qualification : Décision de Direction de la Réglementation Générale relative aux **équipements de télécommunications qui ne sont pas placés au domicile de l'abonné**

Autorisation d'emploi : Décision de Direction de la Réglementation Générale relative à **l'utilisation exceptionnelle d'un matériel non agréé** et / ou d'un **logiciel de chiffrement des messages** par un usager qui en a fait la demande auprès de l'autorité concernée.

1.1.3.2.3.2./ Centres et outils de certification

- **ECITC (European Committee for Information technology Testing and Certification)**.
- Les centres de certification garantissent une certaine conformité aux normes.
- Les centres de labélisation délivrent un label.

1.2. / LES ARCHITECTURES ISO, SNA, ET TCP-IP

1.2.1. / Introduction

Les réseaux jouent un rôle croissant dans notre société de l'information. La nécessité de donner accès aux informations et aux ressources à de nombreux utilisateurs sur de nombreux ordinateurs rend une mise en réseau pratiquement indispensable dans la plupart des environnements professionnels.

Dans de nombreux cas, un réseau d'ordinateurs est vu par les utilisateurs comme un grand ordinateur dont les disques durs, les bases de données et les autres ressources sont mis à disposition sur des ordinateurs très puissants (les Serveurs), alors que les postes de travail plus petits (Workstations) utilisent ces services. Les performances des réseaux sont devenues si grandes qu'un utilisateur d'un poste de travail ne se rend pas compte du fait qu'il utilise effectivement les ressources d'un ordinateur central, à travers le réseau.

C'est ainsi que les données concernant tous les utilisateurs peuvent être enregistrées de manière centralisée sur un serveur de fichiers, au lieu de l'être séparément sur chacun des postes de travail. La sauvegarde des données est ainsi nettement simplifiée, alors que les aspects concernant la sécurité sont nettement mieux traités, grâce à la gestion des droits d'accès. De plus, des périphériques très coûteux comme les imprimantes laser couleur peuvent être utilisés à partir de tous les postes de travail raccordés au réseau. Les requêtes concernant une base de données sont transmises à un serveur de base de données qui interroge la base de données centrale pour en extraire les informations désirées, puis qui renvoie les résultats à leur demandeur.

La répartition des tâches dans un réseau suit un schéma de type Client-Serveur. Le Client transmet une demande à l'ordinateur qui remplit le rôle du Serveur sur le réseau. Celui-ci traite la demande, puis renvoie le résultat au Client.

Il faut nécessairement que les communications établies entre les ordinateurs connectés sur le réseau soient traitées selon des règles très strictes et parfaitement standardisées, de telle sorte que les ordinateurs produits par des constructeurs différents et utilisant des systèmes d'exploitation divers puissent échanger des données. Ces impératifs concernent au premier degré le matériel intégré dans les ordinateurs, de manière à permettre la communication physique sur le réseau. Les composants matériels nécessaires prennent en charge le couplage électrique de l'ordinateur connecté sur le support du réseau, par exemple par un câble réseau classique en cuivre ou en fibre optique.

Lorsque les ordinateurs sont connectés au réseau, il faut définir les règles qui permettent de gérer les échanges de données entre les interlocuteurs. Ces règles constituent le protocole de transmission. Les protocoles les plus connus sont TCF/IF (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) et SPX/IPX (Se quenced Packet Exchange / Internet Packet Exchange).

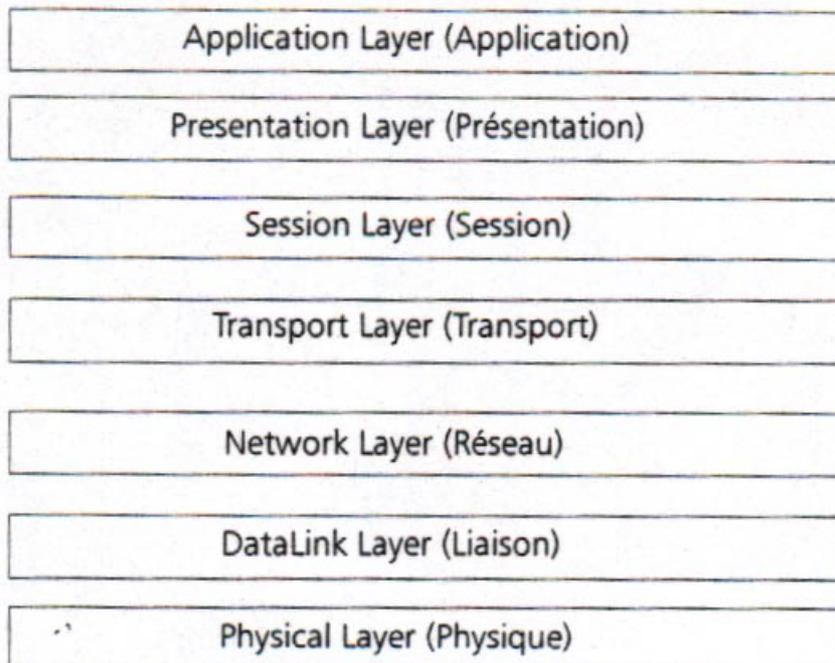
Le protocole TCPIIP est devenu l'un des protocoles les plus connus au niveau mondial, grâce à son utilisation par Internet. Il est devenu un standard de fait Il n'y a plus aujourd'hui aucun système d'exploitation de grande diffusion qui ne le gère pas. En effet, celui-ci est aussi bien adapté à la communication entre ordinateurs dans des réseaux locaux (LAN, Local Area Network) que sur des réseaux plus vastes (WAN, Wide Mca Network).

Le protocole IPX/SPX développé par la société Novell à partir du Xerox Network System (XNS) est devenu prépondérant dans le domaine des réseaux Novell NetWare. Jusqu'il y a quelques années, l'exploitation des réseaux NetWare n'était possible qu'avec ce protocole. Sous la pression des utilisateurs, Novell a fini par rendre accessible l'ensemble des fonctionnalités du réseau NetWare à travers le protocole de transmission TCP/IP, Le protocole IPX/SPX est encore utilisé dans certains grands réseaux hétérogènes. Cependant, son importance devrait encore se réduire suite au passage de la société Novell au protocole TCP/IP.

1.2.2. / LE MODELE OSI (Open Systems Interconnection)

1.2.2.1./ Présentation

Les systèmes de communication en réseau sont souvent décrits grâce au modèle de référence Open Systems Interconnection (OSI). Ce modèle a été développé par l'ISO (International Organization for Standardization). Le modèle OSI est constitué de 7 couches remplissant chacune une fonctionnalité particulière, de la couche application à la couche de transmission chacune des différentes couches ne représente pas nécessairement un protocole spécifique. L'illustration ci-après présente la structure de ce modèle :



1.2.2.2./ La Couche 1 : La couche Physique

Cette couche définit les propriétés physiques du support de données. Par exemple, dans le cas de câbles en cuivre, les méthodes de transmission sont différentes que celles utilisées sur une liaison par fibre optique. Selon la qualité du support, les vitesses de transmission sont naturellement très variables. La couche physique est représentée par le matériel de la carte réseau.

1.2.2.3./ La Couche 2 : La couche Liaison

La couche liaison assure la fiabilité de la transmission des données par la couche 1, sur le support réseau, Elle réalise cette fonction par l'établissement de sommes de contrôle (checksum), par la synchronisation de la transmission des données et par différents procédés d'identification et de correction d'erreurs. L'adressage des ordinateurs est réalisé dans cette couche par les adresses définies de manière fixe sur les cartes réseau. Dans le cas des cartes Ethernet, cette adresse est appelée adresse Ethernet ou adresse matérielle,

La couche liaison est matérialisée et exécutée par un logiciel résidant en ROM sur la carte réseau.

1.2.2.4./ La Couche 3 : La couche Réseau

La couche réseau prend en charge l'optimisation des chemins de transmission entre les ordinateurs distants. Les paquets de données sont transmis grâce à l'établissement d'une connexion logique entre les ordinateurs, qui peut comprendre plusieurs nœuds, L'adressage des ordinateurs est réalisé dans cette couche par des adresses logiques (par exemple des adresses IP) qui doivent être configurées sur chacun des ordinateurs.

Les protocoles chargés de la gestion de cette couche sont le protocole Internet Protocol (IP) de la famille TCP/IP et le protocole Internet Packet Exchange (IPX) de Novell IPX/SPX.

1.2.2.5./ La Couche 4 : La couche Transport

La couche transport prend en charge le pilotage du transport des données entre l'expéditeur et le destinataire. Cette fonction est réalisée par les protocoles TCP (Transmission Control Protocol) et UDP (User Datagram Protocol) de la famille des protocoles TCP/IP, ou par SPX (Sequenced Packet Exchange) de la famille Novell IPX/SPX.

TCP établit ainsi un protocole orienté connexion pour assurer la transmission des données. Ce type de communication permet de garantir la sécurité de la transmission par une confirmation de la réception des données par le destinataire. Le protocole attend ainsi un accusé de réception de chaque paquet de données avant de transmettre le paquet suivant. Si l'accusé de réception n'est pas reçu au bout d'un certain temps, le paquet concerné est retransmis au destinataire. Le contrôle du contenu des données est assuré par une somme de contrôle (checksum).

Le protocole UDP permet de réaliser la fonction de cette couche par un protocole sans connexion. Dans ce cas, le destinataire ne transmet pas d'accusé de réception. L'expéditeur ne peut donc pas savoir si les paquets de données ont été correctement reçus par le destinataire. En outre, les checksum sont utilisés de manière moins intensive. S'il est nécessaire de réaliser un traitement des erreurs, celui-ci doit être pris en compte par une couche supérieure du modèle OSI. Cependant, le protocole UDP permet de réaliser un transfert de données plus rapide, en éliminant la nécessité de l'accusé de réception. Ses performances plus importantes justifient sa large utilisation dans le domaine Unix. pour le service Network File System (NFS).

1.2.2.6./ La Couche 5 : La couche Session

Cette couche gère l'échange des données sur la connexion établie par les couches I à 4. En particulier, c'est cette couche qui détermine lequel des ordinateurs connectés doit émettre les données et lequel doit les recevoir. Le procédé Transport Independent Reinote Pracedure Ca/I (TI-RPC), qui permet des appels de procédures sur des ordinateurs distants, indépendamment du protocole de transport. est l'un des protocoles de cette couche. De nombreux procédés de connexion (Logîn) utilisent également un protocole de cette couche.

1.2.2.7./ La Couche 6 : La couche Présentation

C'est dans cette couche qu'est réalisée l'adaptation de la représentation des données en fonction de l'architecture des ordinateurs. Par exemple. l'échange de données entre un ordinateur central IBM. qui utilise le codage de caractères EBCDIC, et un PC qui utilise le codage ASCII impose que les données soient d'abord converties au format réseau avant la transmission vers le destinataire. Celui-ci doit alors convertir les données reçues dans le format réseau pour les présenter dans Le format qu'il peut utiliser.

1.2.2.8./ La Couche 7 : La couche Application

La couche application est l'interface entre l'application et le réseau. Cette interface est désignée par le terme Transport Loyer Interface (TLI) C'est ainsi que le modèle permet d'assurer l'indépendance de l'application vis-à-vis des accès réseau, exécutés par les couches inférieures. Certains programmes typiques utilisent cette couche, par exemple ftp, rcp ou rlogin. Des services système comme NFS (Network File System) ou NIS (Network- Information Service) exploitent également cette interface.

Le modèle OSI ne préconise aucun logiciel ni matériel spécifique.

Il ne s'agit pas non plus d'une norme obligatoire pour les réseaux. Il ne sert que de support et de base terminologique permettant la description et le développement des nouveaux protocoles.

/ Le Fonctionnement du réseau

Les paquets de données constituent les éléments de base de la communication réseau. Le découpage des données à transmettre en paquets permet à chaque ordinateur de transmettre des données sur le réseau. Le destinataire des paquets de données les rassemble pour les replacer dans l'ordre initial, permettant ainsi de reconstituer les données de départ.

Lors du découpage des données en paquets, le logiciel réseau de l'ordinateur émetteur ajoute à chaque paquet des informations de contrôle spécifiques. Ces informations sont indispensables pour permettre au destinataire de reconstituer les données émises, après leur découpage et leur transmission. Les informations de contrôle contiennent également des zones de checksum qui permettent de vérifier l'absence d'erreurs lors de la transmission.

Ces informations de contrôle doivent également être transmises au destinataire, en même temps que les données proprement dites. C'est ainsi qu'une sorte d'en-tête de protocole s'ajoute aux données, et réduit les débits de transmission théoriquement possibles sur une connexion réseau.

Ainsi que nous l'avons expliqué lors de la présentation du modèle OSI, chaque couche doit remplir une tâche spécifique. Les informations nécessaires sont ajoutées sous forme d'un en-tête (en anglais Header) et d'une extension de liaison (couche 2) aux données utiles.

Lors de l'émission d'un paquet, chaque couche ajoute au paquet de données issu de la couche inférieure l'en-tête correspondant. Ces en-têtes sont exploités par les couches correspondantes de l'ordinateur destinataire, qui élimine ces informations du paquet de données pour le transmettre à la couche suivante. Le programme de l'ordinateur cible ne reçoit donc que les données utiles. Les différents en-têtes contiennent ainsi toutes les informations nécessaires pour le transport, le guidage et la transcription des données sur le réseau. C'est ainsi que le transport des données sur le réseau est rendu totalement transparent pour l'application.

1.2.3. /LE MODELE SNA (Systems Network Architecture)

1.2.3.1./ PRESENTATION GENERALE DE L'ARCHITECTURE SNA

Cette architecture a été développée par IBM antérieurement au modèle OSI.

C'est l'évolution d'une **architecture hiérarchique contrôlée par un seul hôte** à une **structure non hiérarchique permettant la communication d'égal à égal** entre tous les nœuds du réseau.

SNA est un modèle en couches qui suppose l'utilisation d'une **interface d'accès au réseau** de type VTAM (= Virtual Telecom Access Methode), c'est-à-dire d'un logiciel qui s'occupe de la gestion des ressources du réseau SNA en liaison avec un autre logiciel implanté dans le contrôleur de communication.

Les 7 couches SNA ne correspondent pas exactement à celles de l'ISO, mais les réseaux X.25 se prêtent parfaitement au transport de SNA.

1.2.3.2./ LE RESEAU PHYSIQUE

On distingue :

- Le **nœud Host**.
- Le **nœud contrôleur de communication** (CUCN = Communication Unit Control Node) ou frontal (Front End Processor)
- Le **nœud contrôleur de grappes** (CCN = Cluster Control Node).
- Le **nœud terminal** (TN = Terminal Node).

Ces différents nœuds sont reliés par :

- **Channel To Channel (CTC)** : entre 2 hosts ou d'un host à un CUCN.
- **Canal (CL)** : entre deux CUCN ou directement l'host à un CCN.
- **Lignes spécialisées (LS)** : des terminaux à CCN ou de CCN à CUCN.
- **Lignes commutées**.

Le réseau IBM est organisé en **domaines**.

Domaine : Un domaine est constitué par **l'ensemble de tous les éléments contrôlés par un même host** (SSCP = System Service Control Point).

Le réseau pouvant être **mono-domaine** ou **multi-domaine**, le **contrôle** peut être **décentralisé** et **réparti** pour assurer **la prise en compte des communications "peer to peer"** (d'égal à égal).

1.2.3.3./ CONCEPTS FONDAMENTAUX

Afin de garantir l'évolutivité de son système, indépendamment des évolutions des matériels, les constituants du réseau ne sont vus que par leur représentation logique.

Le **réseau logique SNA** est constitué d'**unités réseaux adressables (NAU = Network Adressable Unit)**. Les NAU sont connus du réseau par un **nom** et une **adresse réseau** et sont les **seules entités susceptibles d'établir des sessions**. Trois types de NAU :

- Les **centres directeurs** ou **SSCP** (= System Service Control Point) est l'**unité de gestion d'un domaine**; la **fonction SSCP** :
 - . Est implémentée dans la méthode d'accès VTAM.
 - . Assure le contrôle des ressources du réseau.
- Les **PU** (= Physical Unit) situées sur chaque nœud du réseau, qui réalisent l'interface avec les fonctions de supervision du domaine effectuées par le SSCP. L'**unité physique** est donc un programme qui ère les ressources physiques d'un matériel à la demande du SSCP. Chaque nœud SNA est une PU.
- les **unités logiques** ou **LU** (= Logical Unit) assurent les fonctions **de Présentation et de Session du modèle OSI**.

Les usagers sont considérés comme des **entités externes (EU = End User)** au réseau et communiquent avec les autres usagers à travers une LU. Une LU constitue un ensemble de fonctions qui fournit à l'utilisateur un point d'accès au réseau. On distingue deux types de LU :

- Les LU primaires (application ou programme).
- Les LU secondaires (terminal).

On classe les LU selon :

- Les produits utilisés.
- Le type de transfert de données envisagé.

Une communication entre usagers consiste à établir une session entre deux LU. Les NAU communiquent entre eux par l'intermédiaire de sessions. On distingue les sessions :

- **SSCP - SSCP** : sessions inter-domaine dans un réseau multidomaine, c'est une session d'échange de données de gestion des activités inter-domaines.
- **SSCP - PU** : sessions de gestion entre le SSCP et toutes les unités physiques du domaine; leur établissement est un préalable à tout échange de données.
- **SSCP - LU** : sont établies entre le SSCP et toutes les LUs du domaine, ce sont des sessions de gestion.
- **LU - LU** : servent à l'échange de données entre les EU (End User).
- **PU - PU** : sessions établies entre deux nœuds adjacents pour la gestion des routes explicites.

Les PU5 et 4 constituent les **nœuds de secteur** (= Subarea Nodes) tandis que les PU2.x et PU1 forment les **nœuds périphériques** (= Periphical Nodes).

1.2.3.4./ L'ARCHITECTURE SNA

Dans SNA, deux usagers (EU) échangent des **unités de données** (RU = Request / response Unit) de manière similaire à celle du modèle de référence. Des informations de gestion sont ajoutées en **préfixe** (= Header) et en **suffixe** (= Trailer) afin de :

- Définir le format des messages.
- Identifier les protocoles utilisés.
- Assurer l'acheminement correct des RU.
- Fournir l'identification des usagers origine et destination.
- Délimiter les trames.

Toutes les couches n'ajoutent pas directement d'informations de gestion aux unités de données.

L'utilisateur final (EU) accède via les **services de transaction** (TS) aux services de présentation (PS) constitués :

- D'un gestionnaire de service.
- D'un interpréteur gestionnaire de données.

L'**en-tête** (FMH = Function Management Header) contient les informations relatives :

- Au type.
- Au code.
- Au cryptage.
- A la compression des données.

Cet en-tête est facultatif. L'**unité de données transférée** est la RU (= Request / Response Unit).

La **couche DFC** (= Data Flow Control) gère l'échange des messages entre les EU; elle assure :

- Le contrôle du mode réponse.
- Le contrôle de l'échange en cas d'utilisation du mode semi-duplex (half-duplex).
- Le contrôle de flux qui permet la synchronisation des échanges.

La **couche contrôle de transmission** (TC = Transmission Control) gère les connexions de transport (session SNA) :

- Création.
- Gestion.
- Libération de la connexion de transport.

SNA ne connaît que le mode connecté.

Un **en-tête de protocole** (RH = Request / Response Header) est ajouté à l'unité de données RU pour former une **unité de données de base BIU** (= Basic Information Unit ou message).

La couche contrôle de chemin (PC = Path Control) assure la gestion du sous-système de transport. Elle établit le chemin logique entre le NAU origine et destination.

La couche PC est subdivisée en 3 sous-couches, chacune d'elle assurant une fonction de routage particulière :

- Le **routage global** définit une **route virtuelle** entre les **subarea nodes à traverser** (VR = Virtual Route) et assure le **contrôle de congestion**.
- Le **routage explicite** effectue le **choix du lien physique à utiliser** (ER = Explicit Route).
- Le **routage de groupe** assure, lorsque cela est possible, l'utilisation de **plusieurs liens en parallèle pour fournir un débit supérieur** (TG = Transmission Group).

L'**en-tête TH** (= Transmission Header) convient :

- Au routage.
- Au contrôle de la congestion du réseau.

L'unités de données transférée est le BTU (= Basic Transmission Unit). Pour une meilleure efficacité, les BTU peuvent être regroupées pour former un paquet (PIU = Path Information Unit).

La **couche contrôle de liaison de données** utilise **SDLC** (= Synchronous Data Link Control).

1.2.3.5./ LE RESEAU SNA HIERARCHIQUE (SAN)

Le **SSCP** :

- Gère les ressources du domaine.
- Autorise l'établissement des sessions entre NAU.
- Contrôle le bon fonctionnement du domaine.
- Gère les communications avec les autres SSCP (pour les communications inter-domaines).

Les **PU** :

- Décrivent les caractéristiques physiques et logiques du nœud considéré.
- Gèrent les LU qui sont implantées sur le nœud.

Le type de PU dépend de la nature et de l'importance du nœud. Il y a cinq types de **LU** : Le numéro de la LU correspond au numéro du profil de Présentation utilisé.

1.2.3.6./ LE RESEAU SNA NON HIERARCHIQUE (APPN)

Il a été conçu pour permettre les **communications d'égal à égal** (peer-to-peer communications).

Chaque nœud, que ce soit un mainframe ou une station de travail, peut établir directement une session avec la LU du destinataire. Ce mode de communication suppose l'utilisation de deux produits : la **PU2.1** et la **LU6.2**. Le mode de communication entre LU est défini par **APPC** (= Advanced Program-to-Program Communications) :

- **APPC** (= Advanced Program-to-Program Communications) désigne un ensemble de fonctions, formats et protocoles permettant la coordination des communications entre programmes s'exécutant sur des sites différents. Un **programme de Transaction TP** (= Transaction Program) permet de décrire les actions à entreprendre sur chacun des sites concernés par la transaction. Le dialogue entre TP est appelé conversation. Les règles du dialogue et le mode de synchronisation peuvent être négociés entre les partenaires. Deux types de conversations sont prévus :
 - . Les **conversations de base** (basic) : est plutôt utilisée pour les programmes de service (nécessaires au bon fonctionnement du réseau).
 - . Les **mappé conversations** : est destinée aux programmes d'application.
- Le protocole frontière de la LU6.2 est l' **interface utilisateur**. Il se compose de verbes, un jeu de **primitives** mis à la disposition du TP. La conversation suppose un enchaînement correcte des verbes, de part et d'autre de la connexion. Les verbes permettent :
 - . L'établissement d'une conversation.
 - . L'émission et la réception des données du TP distant.
 - . La propagation d'évènements vers un TP pour lui communiquer une requête de la part d'un autre TP.

Il y a deux modes de synchronisation des TP :

- La **synchronisation simple** : utilise les verbes CONFIRM et CONFIRMED.
- Les **points de synchronisation** : plus complexe, emploie le verbe SYNCPT.

Les TP communiquent par paires.

1.2.3.7./ SNA ET ISO

L'interface SNA / X.25 est assurée par une couche logicielle NPSI (= Network Packet Switching Interface) qui met en oeuvre 6 services LLC (LLC0 à LLC5 = Logical Link Control). Le choix de la LLC à utiliser est effectué au niveau du contrôleur de communication :

- A la génération pour les Circuits Virtuels Permanents (CVP).
- Ou à la connexion pour les Circuits Virtuels Commutés (CVC) selon le type d'équipement connecté ou le type de service X.25 désiré (PAD,).

Il n'y a pas de conversion de protocole mais encapsulation des données dans un paquet X.25. Le logiciel XI (X.25 SNA International) ajoute les fonctions de réseau privé X.25 à SNA.

La convergence pour les couches hautes, 4 et 5, est assurée par le produit **OSNS** (= Open System Network Service) qui réalise l'interface entre le monde SNA (VTAM) et **OSTSS** (= Open System Transport and Session Support).

1.2.4. / LE MODELE TCP-IP (Transmission Control Protocol – Internet Protocol)

1.2.4.1./ Présentation

La famille des protocoles TCP/IP est particulièrement adaptée pour la mise en oeuvre de réseaux de grande ampleur (WAN). TCF/TP est aujourd'hui, parmi les protocoles standardisés et routables, le protocole le plus complet et le plus diffusé pour les réseaux d'entreprise. Il comporte les composants suivants:

- . Internet Protocol (IP). Il transporte les données d'un ordinateur à l'autre.
- . Interner Control Message Protocol (ICMP). Ce protocole de base ajoute à Internet Protocol des informations d'état comme des messages d'erreurs et des informations de routage.
- . Address Resolution Prorocol (ARP). Ce protocole est chargé de la conversion des adresses matérielles en adresses logiques du réseau.
- . Transmission Control Prorocol (TCP). Ce protocole qui s'appuie sur le protocole interner Protocol (IP) établit une liaison virtuelle vers l'ordinateur distant et prend en charge la sécurité de la transmission des données.
- . User Data gram Protocol (UDF). S'appuyant sur le protocole Internet Protocol (IP), ce protocole prend en charge la transmission non sécurisée des datagrammes.

Les caractéristiques techniques qui ont justifié le développement considérable de cette famille de protocoles sont les suivantes:

- . Indépendance des spécifications des protocoles vis-à-vis du matériel et des logiciels.
- . Indépendance vis-à-vis du support du réseau, ce qui signifie que l'utilisation de TCF/IF ne dépend pas du type de réseau physique utilisé.
- . Protocoles standardisés pour les couches hautes (par exemple Telnet. FTP).
- . Modèle d'adressage homogène, même au niveau mondial, indispensable pour un réseau comme Internet.

1.2.4.2./ L'architecture TCP/IP

En 1977, lorsque l'organisation OSI (International Organization for Standardization) a commencé à développer une plate-forme de communication qui devait devenir un standard international, cette initiative poursuivait le même objectif que TCP/IP: permettre la communication et l'interopérabilité entre les architectures d'ordinateurs de différents constructeurs. Contrairement à TCF/IF, tout une série de standards ouverts ont été pris en compte. Le modèle Open Systems Interconnection (OSI) englobe aujourd'hui plusieurs centaines de standards. Malheureusement, le détail de plus connu d'OSI reste son modèle à 7 couches. S'il est pris isolément, il ne constitue qu'une aide au développement de standards de communication détaillés.

Les développeurs de TCP/IP ont adopté une démarche plus pragmatique en restreignant le domaine d'application technique. Le processus de standardisation de TCP/IP est basé sur des requêtes RFC (Request for Comments) qui sont publiées, discutées et développées par des e-mail et des groupes de nouvelles (Newsgroups).

Ainsi que vous pouvez le constater dans l'illustration ci-après, le modèle d'architecture TCP/IP ne comporte que quatre couches. Cela ne signifie pas que ses fonctionnalités sont plus restreintes que celles du modèle OSI, mais que ce schéma regroupe les caractéristiques de plusieurs couches OSI voisines, ou plus simplement, qu'il les découpe différemment.

Application Layer (Application)
Transport Layer (Transport)
Network Layer (Réseau)
Physical Layer (Physique)

Comme dans le modèle OSI, les protocoles de chaque couche s'appuient sur ceux de la couche inférieure. Les différences les plus remarquables se situent dans les couches 5 à 7 du modèle OSI. Dans le cas de la famille des protocoles TCF/IF, ces différentes couches sont considérées comme une seule entité. Par exemple, les fonctions de présentation et de session sont prises en charge par le programme d'application, dans le cas d'une transmission de données par ftp.

Une autre différence se situe dans les couches I et 2 du modèle OSI, proches du matériel. Le schéma TCF/IP les regroupe dans une couche de liaison (Link Layer), car les fonctions qui y sont traitées sont exécutées par la carte réseau.

1.2.4.3./ Les Adresses Internet

1.2.4.3.1./ Introduction

Pour intégrer un ordinateur utilisant TCP/IP comme protocole de transport dans un réseau local, ou pour utiliser cet ordinateur comme serveur d'accès à Internet, le logiciel réseau doit être configuré correctement. Le schéma d'adressage TCP/IP et les adresses de sous-Réseau (subnet) et de diffusion (broadcast) conduisent très fréquemment à des erreurs lors de la mise en oeuvre des logiciels système TCF/IP. Si des erreurs de ce type sont commises, certaines fonctions ne peuvent pas être utilisées, par exemple le routage (routing), ou l'ordinateur refuse totalement de communiquer.

La première couche sur laquelle l'administrateur système peut influencer lors de la configuration du logiciel réseau, est la couche réseau (couche 3) du modèle OSI, où la couche de même nom (couche 2) du modèle TCF/IP. C'est ici que le protocole Internet Protocol (IP) est implanté. Les tâches principales remplies par ce protocole consistent à gérer les adresses des ordinateurs et le choix du chemin d'accès, appelé également routage. Ces fonctions sont indispensables pour assurer une communication, que ce soit à l'intérieur d'un réseau local (LAN), ou dans un réseau étendu (WAN).

Par définition, chaque ordinateur qui utilise les protocoles TCP/IP doit disposer d'au moins une adresse Internet (adresses IP). Une adresse IP est constituée de 32 bits, regroupés pour des raisons de visibilité en quatre octets de 8 bits chacun. Ces valeurs sont généralement exprimées sous forme de 4 chiffres décimaux séparés chacun par un point. Ce mode de représentation est appelé "Dotted Decimal Notation", c'est-à-dire notation décimale pointée. Une adresse IP valide est par exemple [41.90.3.70].

Une adresse IP est constituée de deux parties:

- L'identifiant réseau (Net-ID).
- L'adresse de l'ordinateur (Host-ID).

Ce découpage a été réalisé pour permettre de faciliter l'adaptation aux unités d'organisation. L'identifiant réseau permet de désigner l'unité d'organisation, et l'adresse de l'ordinateur de préciser de quel ordinateur il s'agit à l'intérieur de l'unité. Pour créer ces unités, des classes de réseau ont été définies, pour offrir aux administrateurs système la possibilité d'affecter des adresses à des unités organisationnelles. Les adresses Internet sont réparties dans des classes d'adresses A à E, dont seules les classes A à C sont disponibles pour l'adressage normal. Les parties de l'adresse séparées par un point n'indiquent pas quelle partie de l'adresse constitue l'identifiant réseau et laquelle désigne l'adresse de l'ordinateur. Les logiciels réseau identifient la classe d'adresses au contenu des 4 premiers bits du premier octet de l'adresse IP.

1.2.4.3.2./ Les Adresses de la Classe A

Les adresses de la classe A sont formées d'un octet pour l'adresse réseau et de trois octets pour l'adresse de l'ordinateur. Les logiciels de communication identifient les adresses de ce type au fait que le bit de poids fort (MSB - Most Significant Bit) possède la valeur 0. Les adresses de la classe A ne peuvent donc retenir que des valeurs comprises entre 0 et 127. Les deux valeurs extrêmes, 0 et 127, ont une signification particulière. Les adresses de la classe A ne peuvent donc adresser que 126 réseaux comportant chacun 16777214 ordinateurs. Exemple : 58.2.165.27.

1.2.4.3.3./ Les Adresses de la Classe B

Ce type d'adresse est composé de deux octets pour l'adresse du réseau et de deux octets pour l'adresse de l'ordinateur. Les deux premiers bits de poids fort possèdent ici la valeur 10. Dans ce cas, le premier octet ne peut contenir que des valeurs comprises entre 128 et 191. Ce type d'adresse ne peut donc définir que 16382 réseaux comportant chacun 65534 ordinateurs. Exemple: 141.71.16.154.

1.2.4.3.4./ Les Adresses de la Classe C

Une adresse de la classe C est constituée de trois octets pour l'adressage de réseau, le dernier octet étant réservé pour l'adressage de l'ordinateur à l'intérieur du réseau. Les trois bits de poids fort possèdent la valeur 110. Le premier octet peut comporter des valeurs comprises entre 192 et 223.11 est donc possible d'adresser 2097150 réseaux de 254 ordinateurs chacun. Exemple: 200.71.16.154.

1.2.4.3.5./ Les Adresses de la Classe D

Cette classe d'adresses contient les adresses appelées Multicast. Elles permettent d'adresser simultanément des groupes d'ordinateurs. Un ordinateur peut ainsi posséder à la fois une adresse fixe et une adresse Multicast. Il ne peut cependant que recevoir des données par cette adresse, ce qui permet de configurer plusieurs ordinateurs sur la même adresse Multicast. Lorsqu'un paquet de données est transmis à ce type d'adresse, c'est l'ensemble du groupe d'ordinateurs qui est concerné. Les quatre premiers bits possèdent la valeur 1110. Le premier octet ne peut donc contenir que des adresses comprises entre 224 et 239. Exemple: 225.16.165.15.

1.2.4.3.6./ Les Adresses de la Classe E

Il s'agit ici d'un domaine réservé pour des adressages futurs, qui ne doit pas être utilisé sur Internet. Les quatre premiers bits de poids fort portent les valeurs 1111. Dans ce type d'adresse, les valeurs du premier octet sont comprises entre 240 et 255.

1.2.4.3.7./ Les Adresses particulières

Ainsi que nous l'avons déjà évoqué, il existe des adresses Internet particulières.

1.2.4.3.7.1./ L'Adresse de Loopback

L'adresse de classe A est réservée pour la fonction rebouclage (Loopback) d'un ordinateur. Par définition, toutes les adresses IP dont le premier octet possède la valeur 127 sont réservées aux tests internes du logiciel réseau. Si un paquet de données est adressé par exemple à l'adresse 127.2.5.10, il sera renvoyé à l'intérieur du réseau vers son expéditeur. Il est ainsi possible de vérifier que le logiciel local TCPIP est installé et configuré correctement. Dans ce type de boucle de test (Loop), le paquet de données parcourt les couches OSI 7 à 3. Les couches matérielles 1 et 2 ne sont pas prises en compte dans ce test. Ainsi, il n'est pas possible de vérifier le fonctionnement de la carte réseau. En outre, le logiciel réseau vérifie seulement que le premier octet possède la valeur 127. Il est donc indifférent, pour le test de Loopback, que l'adresse ait la valeur 127.45.3.78 ou 127.200. 115.34. Dans les deux cas, c'est uniquement le logiciel réseau de l'ordinateur local qui sera contrôlé.

1.2.4.3.7.2./ L'Adresse globale du réseau

Si l'on veut indiquer que l'on ne s'adresse pas à un ordinateur particulier à l'intérieur du réseau, mais à l'ensemble du réseau logique, il faut utiliser l'adresse globale du réseau. Pour cela, tous les bits des octets qui adressent un ordinateur dans le réseau sont mis à la valeur 0. Une adresse de classe B utilise par exemple deux octets pour adresser le réseau et deux octets pour l'adressage d'un ordinateur dans le réseau.

Adresse Internet	141.90.3.70
Adresse réseau	141.90.0.0
Adresse Internet	205.34.12.16
Adresse réseau	205.34.12.0

1.2.4.3.7.3./ L'Adresse de diffusion (Broadcast)

S'il s'agit d'adresser tous les ordinateurs du réseau, il faut donner la valeur 1 à tous les bits de la partie de l'adresse Internet qui permet d'adresser un ordinateur sur un réseau logique (Host-ID).

Par exemple, dans le cas d'une adresse de classe C, trois octets sont utilisés pour adresser le réseau, le dernier octet permettant d'adresser un ordinateur dans ce réseau. Pour générer une adresse de diffusion pour ce réseau, il suffit de positionner à 1 tous les bits de l'octet qui adresse les ordinateurs. Dans ce cas, tous les bits du dernier octet sont positionnés à 1 :

Adresse Internet 200.3.1.34
 Adresse réseau 200.3.1.0
 Adresse de diffusion 200.3.1.255

Adresse Internet 141.90.3.70
 Adresse réseau 141.90.0.0
 Adresse de diffusion 141.90.255.255

1.2.4.4./ Le Masque de sous-réseau

Le masque de sous-réseau indique quelle partie de l'adresse Internet est utilisée pour adresser le réseau, et laquelle est réservée à l'adressage d'un ordinateur particulier à l'intérieur du réseau logique. Le masque de sous-réseau n'a en principe aucune influence sur les paquets des données transmis par un ordinateur sur le réseau. Il influence par contre le fonctionnement du logiciel local de réseau, en lui indiquant comment l'adresse Internet doit être interprétée. Il existe un masque de sous-réseau par défaut (default) pour chaque type de classe d'adresses, qui indique comment l'adresse doit être interprétée dans le cas normal. Le tableau ci-après présente les valeurs correspondantes :

Classe d'adresses	Adresse exemple	Adresse réseau	Adresse de diffusion	Masque de sous-réseau
A	23.66.1.200	23.0.0.0	23.255.255.255	255.0.0.0
B	141_90.3.70	141.90.0.0	141.90.255.255	255.255.0.0.0
C	201.3.2.15	201.3.2.0	201.3.2.255	255.255.255.0

Le masque de sous-réseau indique au logiciel du réseau local le nombre d'octets de l'adresse Internet qui constituent l'adresse réseau. Le logiciel interprète alors tous les bits désignés par la valeur 1 dans le masque comme faisant partie de l'adresse réseau. Dans le cas d'une adresse de classe B, le logiciel réseau interprète cette instruction de la manière suivante: "Interpréter tous les bits du premier octet et tous les bits du second octet comme partie réseau de l'adresse Internet". Pour configurer le logiciel réseau d'un ordinateur, quel qu'en soit le système d'exploitation, il est extrêmement important que le masque de sous-réseau soit défini en conformité avec la classe d'adresses.

Dans certains cas particuliers, il peut être judicieux, pour assurer la transmission des paquets de données à travers différents ordinateurs intermédiaires (routage), de définir un masque de sous-réseau différent de la valeur par défaut. Une explication plus détaillée des conditions d'utilisation de ce type de méthode dépasserait cependant largement le cadre de cet ouvrage.

1.2.4.5./ La Conversion d'adresses logiques (IP) en adresses physiques

Chaque carte réseau dispose d'une adresse réseau unique, affectée par la couche 2 du modèle OSI. A partir de ce niveau, l'adressage des ordinateurs est réalisé exclusivement grâce à leur adresse physique. L'administrateur des ordinateurs ne pouvant cependant configurer que les adresses Internet (adresses logiques), il est impératif de procéder à la conversion entre ces adresses logiques et les adresses physiques correspondantes.

1.2.4.5.1./ Les Adresses physiques

Pour permettre la transmission des données par Ethernet, chaque carte réseau possède une adresse physique unique, appelée également adresse Ethernet. Une adresse Ethernet possède une taille de 48 bits, c'est-à-dire 6 octets. Ce mécanisme d'adressage d'une longueur de 48 bits est également utilisé dans le cas de la communication par Token Ring ou par câbles en fibre optique (FDDI, Fibre Distributed Data Interface). Les trois premiers octets permettent d'identifier le constructeur de la carte réseau, les trois octets suivants représentant le numéro de série de la carte chez ce constructeur.

Adresse Ethernet 0000C045A362

Une autre notation est fréquemment utilisée pour en améliorer la lisibilité :

Adresse Ethernet OO:OO:CO:45:A3:62

L'adresse Ethernet ci-dessus est ainsi formée des composants suivants:

Adresse Ethernet	OO:OO:CO:45:A3:62
Identifiant constructeur	OO:OO:CO (Standard Microsystems)
Numéro de série :	45:A3:62

Il est ainsi théoriquement possible de différencier 2 puissance 24 constructeurs pouvant chacun produire 2 puissance 24 cartes réseau. Du fait de la grande diffusion des systèmes en réseau, il est parfaitement possible qu'un constructeur produise plus de 2 puissance 24 cartes réseau. Dans ce cas, un nouvel identifiant constructeur lui est affecté, lui permettant ainsi de produire à nouveau 2 puissance 24 cartes réseau. Il est cependant peu probable que tous les identifiants constructeur puissent être épuisés. C'est ainsi que l'on peut garantir l'unicité des adresses Ethernet dans le monde entier.

1.2.4.5.2./ Conversion entre adresses Ethernet et Internet

Lors de la transmission d'un paquet de données d'un ordinateur à un autre, chaque ordinateur n'est identifié que par son adresse Ethernet, définie dans la couche 2 du modèle OSI. La correspondance entre l'adresse Ethernet et l'adresse Internet accordée par l'administrateur système est réalisée par une simple table, qui associe l'adresse physique sur 48 bits et l'adresse Internet sur 32 bits.

Voici un exemple de correspondances entre adresse physique et adresse Internet :

Adresse physique	Adresse internet
00:00:C0:A3:86:1 B	200.3.1.15
00:00:CO:C4:1 2:CC	200.3.1.45
00:00:CO:BB:1 1:1 E	200.3.1.99
00:00:E1 :A2:00:1 1	200.3.1.254

Pendant la phase de développement de TCP/IP, ces tables devaient être gérées manuellement. Lorsqu'une connexion devait être établie avec un ordinateur enregistré dans la table, celle-ci était parcourue pour identifier son inscription. Ce n'est qu'après cette identification que la connexion pouvait être établie. Ce processus assez statique était réalisable dans des réseaux de petite taille. Mais certains problèmes commençaient déjà à se poser sur des réseaux comportant plus d'une trentaine d'ordinateurs, lors du changement d'une carte réseau, car il était nécessaire d'assurer la mise à jour manuelle des fichiers de correspondance sur tous les ordinateurs.

Lors des développements suivants du protocole TCP/IP, la gestion de cette table a été automatisée grâce à un protocole utilitaire qui fait toujours partie de la pile des protocoles TCP/IP. Ce protocole est appelé "protocole de résolution d'adresses

1.2.4.5.3./ Le protocole ARP – Le protocole de résolution d'adresses

La manière la plus utilisée aujourd'hui pour assurer la conversion dynamique des adresses Internet en adresses physiques consiste à mettre en oeuvre le protocole ARP (Address Resolution Protocol). Ce protocole, implanté sur la couche 3 du modèle OSI, prend en charge la gestion des tables d'adresses décrites dans le passage précédent. La table gérée par le protocole ARP est appelée Cache ARP. Le protocole de résolution d'adresses fonctionne de la manière suivante :

Avant de transmettre des données par le réseau, le protocole Internet (IP) interroge le mécanisme ARP pour connaître l'existence d'une entrée correspondant à l'adresse Internet cible recherchée.

Le protocole ARP compare l'entrée transmise par le protocole Internet et le contenu du cache ARP. Si une entrée est trouvée dans le cache ARP, l'ordinateur cible peut être adressé directement grâce à son adresse physique, et le paquet de données est transmis.

Si aucune entrée adéquate n'est trouvée dans le cache, une requête d'interrogation (ARP Request) est transmise à tous les ordinateurs du réseau (broadcast), pour les interroger sur l'existence de l'adresse physique correspondante.

Seul l'ordinateur qui possède l'adresse Internet souhaitée répond par une requête de réponse (ARP Reply).

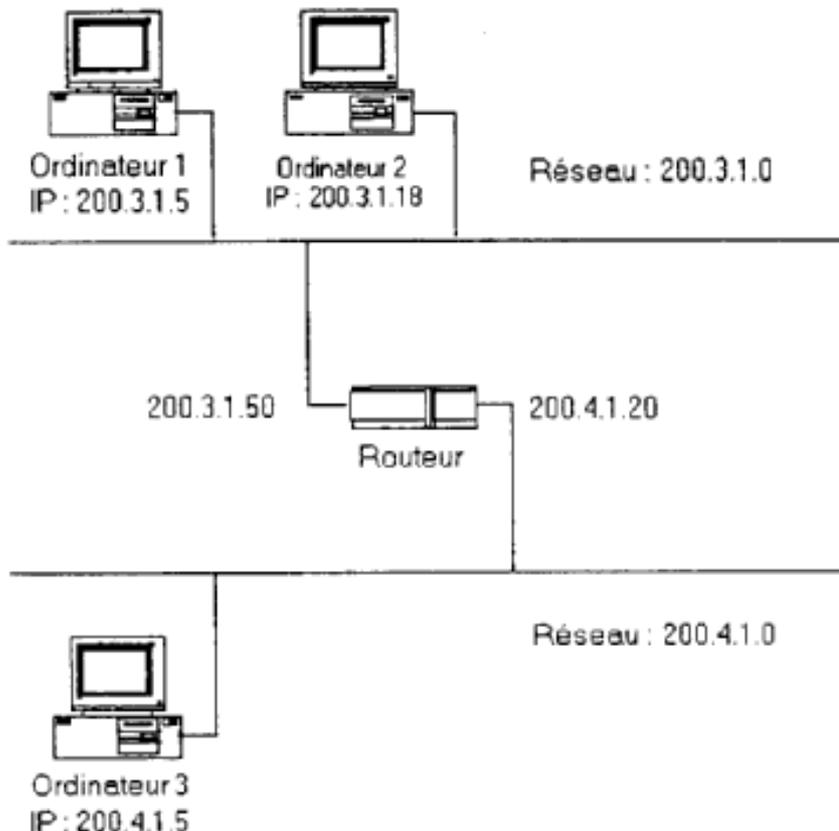
Les deux ordinateurs enregistrent l'information échangée dans leur cache ARP. Dès lors, l'ordinateur cible peut être adressé grâce à son adresse physique, et le paquet de données peut être transmis.

Pour éviter de devoir modifier manuellement le cache ARP, les entrées n'y sont pas permanentes. Une temporisation (ARP-Timer) définit la durée maximale de maintien. Si une entrée n'est pas utilisée pendant un certain temps, le temporisateur se déclenche et supprime l'entrée correspondante du cache. A chaque utilisation d'une entrée de la table par une adresse IP, le temporisateur est remis à 0, pour éviter d'interroger à chaque fois une adresse fréquemment utilisée.

Ce procédé fonctionne entièrement en arrière-plan et ne nécessite aucune action de maintenance ou de configuration.

1.2.4.6./ Le Routage en réseau

L'une des principales tâches de la couche Réseau du modèle OSI consiste à transmettre les paquets de données à travers les nœuds du réseau. Ce processus qui se déroule dans la couche 3 du modèle OSI est appelé le routage (Routing). Le routeur extrait chaque paquet de données de la couche OSI 3, analyse l'adresse de l'expéditeur et celle du destinataire, et transmet le paquet en fonction de ces informations. Ce processus est décrit dans le petit exemple suivant :



Tous les ordinateurs du réseau 200.3.1.0 identifient le fait qu'un partenaire de communication appartient au même réseau logique en comparant tous les bits désignés dans le masque de sous-réseau (255.255.255.0). Dans notre exemple, la comparaison porte sur tous les bits des trois premiers octets. Si le paquet de données doit être transmis de l'ordinateur 1 à l'ordinateur 2, les étapes suivantes sont décrites :

- Le programme détermine si l'ordinateur 2 appartient au même réseau logique que l'ordinateur 1. Résultat : les deux ordinateurs appartiennent au même réseau.
- Le programme vérifie si l'adresse physique de l'ordinateur 2 se trouve dans le cache ARP de l'ordinateur 1.
- Si c'est le cas, le paquet de données peut être transmis directement à l'adresse physique de l'ordinateur 2.
- Si l'ordinateur 1 ne connaît pas l'adresse physique de l'ordinateur 2, il peut transmettre une requête "ARP Request", pour définir l'adresse physique de son correspondant. Ensuite, le paquet de données est transmis directement à l'adresse physique de l'ordinateur 2.

Si un paquet de données doit être transmis à un ordinateur qui ne se trouve pas sur le même réseau, le déroulement est différent. Chaque ordinateur du réseau 200.3. 1.0 doit savoir à quel ordinateur intermédiaire (Routeur ou encore appelé Passerelle) il doit transmettre son paquet de données, pour que celui-ci puisse être transmis au réseau cible. L'expéditeur d'un paquet de données extrait l'adresse Internet du routeur adéquat de sa table de routage (routing-table). Cette table contient, à côté de l'adresse du réseau cible, celle du routeur permettant de l'atteindre. Le tableau suivant présente la table de routage des ordinateurs du réseau 200.3.1.0.

Réseau cible	Routeur
200.4.1.0	200.3.1.50

En d'autres termes, l'entrée de cette table signifie: "Tous les paquets de données destinés au réseau 200.4.1.0 doivent être transmis à l'ordinateur intermédiaire 200.3.1.50".

Dans notre exemple, cette table aurait pu être encore plus simple. Il suffirait en effet d'indiquer une route par défaut (Default Route) pour que les ordinateurs transmettent tous les paquets de données qui ne sont pas destinés au réseau local à un ordinateur intermédiaire. Le tableau serait alors le suivant :

Réseau cible	Routeur
0.0.0.0	200.3.1.50

L'entrée "0.0.0.0" désigne la route par défaut dans la table de routage.

Si un paquet de données doit être transmis par l'ordinateur 1 à l'ordinateur 4, le déroulement du processus est le suivant :

- Le programme détermine si l'ordinateur 3 appartient au même réseau logique que l'ordinateur. Résultat : l'ordinateur 3 appartient à un autre réseau.
- Le programme interroge la table de routage pour vérifier si une route est définie pour le réseau cible. Si c'est le cas, le processus se poursuit à l'étape 3. S'il ne trouve pas d'entrée correspondante, il émet un message d'erreur.
- Le programme vérifie alors s'il trouve l'adresse physique du routeur dans le cache ARP de l'ordinateur 1. Si c'est le cas, le paquet de données est transmis à l'adresse physique du routeur. Si l'ordinateur 1 ne connaît pas l'adresse physique du routeur, il transmet une requête ARP Request pour en déterminer l'adresse physique. Le paquet de données peut alors être transmis directement à l'adresse physique du routeur.
- Le routeur vérifie dans sa propre table de routage si une route est définie pour le réseau cible. Si c'est le cas, le processus se poursuit à l'étape 5. Dans le cas contraire, un message d'erreur est transmis à l'expéditeur du paquet de données (ordinateur 1).
- Si le routeur ne dispose pas d'une connexion au réseau cible (ici le 200.4.1.20), il vérifie si l'adresse physique de la cible (ordinateur 3) se trouve dans son cache ARP. Si c'est le cas, le paquet de données est transmis directement à l'adresse physique de l'ordinateur cible. Si le routeur ne connaît pas l'adresse physique de l'ordinateur cible, il transmet une requête ARP Request pour la déterminer, puis il transmet le paquet de données directement à l'adresse physique de l'ordinateur 3.

L'exemple suivant présente une configuration un peu plus complexe. Dans ce cas, le réseau 200.3.1.0 fait partie d'une structure de communication, par l'intermédiaire de 3 routeurs. La structure de la table de routage des ordinateurs de ce réseau est intéressante. Par défaut, tous les paquets de données sont transmis à l'ordinateur intermédiaire 200.3.1.50 vers le reste du réseau de l'entreprise. Le réseau de classe B 141.90.0.0 et le réseau de classe C 202.12.23.0 forment des exceptions, car ils ne sont accessibles que par les routeurs 200.3.1.77 ou 200.3.1.45.

Le tableau suivant présente la table de routage du réseau 200.3.1.0:

Réseau cible	Routeur
141.90.0.0	200.3.1.77
202.12.23.0	200.3.1.45
0.0.0.0	200.3.1.50

1.2.4.7./ Numéros de ports - TCP et UDP

Ainsi que nous vous l'avons indiqué, la communication entre les ordinateurs est réalisée grâce à un protocole de transport. Si l'on fait usage d'une connexion réseau avec un ordinateur, c'est généralement pour en utiliser des services. L'ordinateur lui-même est identifié grâce à son adresse IP. La description des services que l'on souhaite utiliser (par exemple le serveur WWW ou le serveur ftp) est réalisée par le numéro de port. On dit donc qu'un ordinateur (identifié par son adresse IP) offre des services aux autres machines en "ouvrant des ports" ; l'ordinateur "écoute" ensuite ces ports pour savoir si d'autres machines lui adressent des requêtes.

Les protocoles de la famille TCP/IP utilisent un numéro de port pour adresser les services, qu'il s'agisse du protocole Transmission Control Protocol (TCP) pour les connexions sécurisées, ou du protocole User Datagram Protocol (UDP) pour les connexions dont la sécurité est moins importante. Dans les deux cas, une zone de données de 16 bits est réservée pour le numéro de port. Il est donc théoriquement possible de définir sur chaque ordinateur 65535 connexions TCP et 65535 connexions UDP.

Pour accéder à un service déterminé sur un ordinateur connecté sur un réseau, il faut donc disposer des informations suivantes:

- Identifiant réseau de l'adresse Internet.
- Numéro d'ordinateur de l'adresse Internet Numéro de port du service.

L'ensemble de ces informations forme un terminal de communication, appelé également Socket. Chaque service proposé par l'ordinateur doit être accessible par un numéro de port connu de tous. Dans le monde TCP/IP, ces numéros de services sont désignés par le terme "well known port number". Ils sont définis pour les principaux services. Sur chaque machine connectée à un réseau TCP/IP, ces numéros sont enregistrés dans un fichier portant le nom de services.

Les deux lignes suivantes présentent des exemples d'accès à ces fichiers :

`/etc/services` (Linux, Unix en général).
`\winnt\system32\drivers\etc\services` (Windows NT).

Dans la mesure où TCP et UDP gèrent des numéros de ports différents, ces fichiers contiennent, outre le nom du service et son numéro de port, le protocole sous lequel ce service est disponible. La structure des deux premières colonnes est fixe. Les alias éventuels pour les services et les commentaires sont inscrits dans les colonnes suivantes.

1.3. / LA TRANSMISSION DE L'INFORMATION – LE TRANSPORT SUR LES RESEAUX

1.3.1. / LA COUCHE PHYSIQUE

1.3.1.1./ TRAITEMENT DU SIGNAL - VOIES DE TRANSMISSION

1.3.1.1.1./ Représentation des données

Le langage c'est la technique de transmission de l'information.

1.3.1.1.1.1./ Information et signaux

La communication met en relation, à travers un **canal**, la **source** d'information et le **destinataire**, cela à l'aide d'un signal ou d'une série de signaux. Le **signal** est le **véhicule de l'information**.

L'étude de la communication peut se subdiviser en 3 domaines :

- **syntactique** : il concerne la théorie dite de l'information.
- **sémantique** : il concerne principalement l'étude du sens des symboles qui constituent le message.
- **pragmatique** : il concerne l'étude du comportement affecté par la communication.

On considère les hypothèses suivantes :

- Les symboles utilisés ne sont pas vides de sens.
- L'émetteur et le récepteur se sont mis d'accord sur leur signification.

L'information est la représentation des connaissances.

1.3.1.1.1.2./ La théorie de l'information

La théorie de l'information étudie **l'utilisation optimale des moyens de transmission** de l'information.

La théorie de l'information c'est :

- l'information proprement dite.
- les propriétés des canaux.
- les relations entre l'information à transmettre et le canal employé.

Une **source discrète** d'information est caractérisée par **un ensemble fini et dénombrable d'évènements**.

Le **message** de la source est formé par la **succession des évènements** qui se sont réalisés. Pour une étude quantitative, on associe aux évènements des symboles.

1.3.1.1.1.3./ Les différents types d'information

Les Données : On appelle données des **fragments d'informations de toute sorte**.

Deux types d'information selon leur nature et les transformations qu'elles subissent :

- Les **données continues** ou **analogiques** résultent de la **variation continue d'un phénomène physique**.
- Les **données discrètes**, l'information résulte de **l'assemblage d'une suite d'éléments indépendants les uns des autres**.

Un signal analogique peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle déterminé (bornes).

Le message émis par une **source d'information discrète**, est caractérisé par sa **valence 'V'** qui exprime **le nombre d'états significatifs du message**.

- La quantité d'information H_i en bits, s'exprime en fonction de la valence 'V' par la relation suivante :

$$H_i = \log_2 (V)$$

Il est nécessaire de substituer à **chaque élément d'information une représentation binaire représentative** de celui-ci. Cette opération porte le nom de :

- **Codage de l'information** pour les **informations discrètes**.
- **Numérisation de l'information** pour les **informations analogiques**.

Avant de transmettre l'information, il est nécessaire de la coder afin de l'adapter au réseau de transmission. Cette opération a :

- Un **rôle de transformation et d'adaptation à la source**, rempli par un capteur qui **convertit l'information en signal et inversement**.
- Un **rôle d'adaptation au canal de communication** qui rend le signal compatible avec le réseau de transmission.

Le **canal de transmission** détermine le **mode de codage**.

1.3.1.1.1.4./ Le code

Le Code établit de **façon biunivoque une correspondance entre les éléments d'un ensemble à représenter et leur représentation par des configurations binaires associées**.

Il n'y a aucune ambiguïté dans l'interprétation des messages reçus : code à décodage unique.

Code à décodage unique : A tout message de la source correspond **une seule et unique suite de symboles de codage** C_i .

Décodage de chaque mot à partir des seuls symboles qui le forment : code instantané

Code instantané : Décoder **chaque mot à partir des seuls symboles qui le forment**.

Diminution de la redondance : En groupant k par k les symboles d'une source, pour k suffisamment grand, l'efficacité du code peut s'approcher aussi près que l'on veut de sa valeur optimale 1.

Le nombre de bits utilisés pour représenter un caractère est le nombre de moments d'un code. Le nombre de moments utilisés augmente avec la dimension de l'alphabet

1.3.1.1.5./ Puissance lexicographique d'un code

Puissance lexicographique : On appelle puissance lexicographique d'un code le **nombre de symboles qu'il est possible de représenter** à l'aide de ce code. En logique binaire avec n éléments binaires on peut représenter 2^n symboles (code à n moments).

- Avec n bits on peut coder N symboles : $2^{(n-1)} < N \leq 2^n$
- Le nombre de bits pour coder N symboles : $n = \log_2 N$

1.3.1.1.6./ Les différents codes

1.3.1.1.6.1./ Les codes de longueur fixe

Le code Baudot

Le code ASCII (= American Standard Code for Information Interchange)

- Normalisé sous le nom de CCITT n°5 ou AFNOR NFC 42911 (conformes ISO).
- Certaines caractéristiques d'emploi découlent de l'organisation des bits.

Le code EBCDIC (= Electronic Binary Coded Data Interchange Communication)

Le code Vidéotex

1.3.1.1.6.2./ Les codes de longueur variable

Le choix de ces codes repose sur une analyse statistique de la **fréquence d'utilisation des différentes lettres de l'alphabet**.

Dans le code HUFFMAN, aucun séparateur n'existant entre les différents caractères, il est prévu de définir les codes de telle sorte que **tout caractère codé sur un certain nombre de bits ne débute comme aucun caractère codé sur une taille inférieure**

Les codes à longueur variable sont d'une **excellente concision** mais d'une **complexité réelle**.

Plus un message est compact, plus il est vulnérable c'est à dire sensible aux perturbations du canal de transmission

1.3.1.1.1.7./ Numérisation des informations

1.3.1.1.1.7.1./ Principe

Numérisation des informations : Numériser l'information consiste à **prélever**, à des **instants significatifs**, un **échantillon** du signal, c'est la **technique de l'échantillonnage**.

Pour coder N niveaux (dynamique, c'est-à-dire N symboles différents) on a :

$$n = (\log_2 N) + 1$$

où : n = le nombre de bits.

N = la dynamique ou le nombre de niveaux (niveau zéro non compris).

La transformation analogique/numérique par échantillonnage s'appelle **Modulation par Impulsion et Codage = MIC (PCM = Pulse Coding Modulation)**.

1.3.1.1.1.7.2./ Codage de la voix, la trame MIC

La numérisation d'un signal analogique se fait en trois étapes :

- l' **échantillonnage** (passage d'un espace de temps continu à un espace de temps discret).
- la **quantification** (passage d'un espace de valeur continu à un espace de valeur discret).
- le **codage** (chaque niveau quantifié de valeurs est codé sur un nombre déterminé de bits).

L'échantillonnage

Echantillonnage : L'échantillonnage consiste à **prélever de façon périodique des échantillons du signal à transmettre**.

- Théorème de Shannon : Un signal est parfaitement défini si on transmet la valeur des échantillons prélevés **à une fréquence qui vaut au moins le double de la fréquence la plus élevée dans le spectre du signal**
- Un **signal** dont la **largeur de bande est W** peut être représenté par une suite d'échantillons de ce signal, prélevés à une **fréquence minimum de 2*W**.

La quantification

Quantification : La quantification consiste à **représenter l'amplitude de l'échantillon par un nombre**.

- L'amplitude de chaque échantillon est quantifiée par rapport à une **table conventionnelle**. Dans cette opération, l'échelle des amplitudes est divisée en un certain nombre de plages; toute amplitude située dans cette plage est remplacée par un nombre représentant l'amplitude moyenne de la plage; il en résulte une erreur qui se traduit par une imperfection appelée **bruit de quantification**.
- Les plages de quantification ne sont pas toutes égales entre elles pour que le rapport signal / bruit soit indépendant de l'amplitude du signal.

Le codage

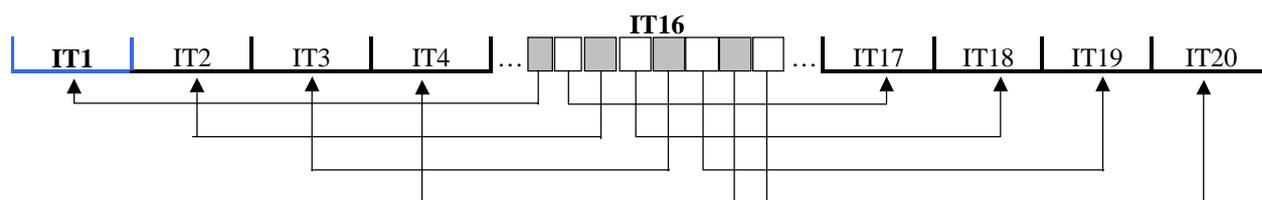
Codage : Le codage consiste à caractériser **une plage de quantification** par son numéro écrit **en numération binaire**.

- On prend comme **nombre de plages** une puissance de 2 (2^n); le **numéro d'une plage** est alors représenté par **n impulsions binaires**.
- Trente-deux canaux à 64 kbit/s numérotés de 0 à 31, appelés **intervalles de temps (IT)**, constituent une trame MIC à 2048 kbit/s.
- La transmission est de type synchrone.

Deux intervalles de temps de la trame sont réservés à des fonctions particulières :

- L' **IT0** sert à la **synchronisation**, ou "verrouillage" des équipements émetteurs et récepteurs.
- L' **IT16** est affecté au transport de la **signalisation**.

32 trames successives sont nécessaires afin que chaque voie puisse reconstituer sa signalisation complète. L'ensemble des trames 0 à 31 est appelé multitrame. L'IT0 de la trame 0 assure le verrouillage pour le groupe.



Transport de la signalisation

La synchronisation

Une fois le signal vocal traité en modulation MIC, les techniques employées dans le réseau sont :

- Pour la commutation : le procédé de **commutation temporelle synchrone**.
- Pour la transmission : les procédés de **transcodage et de multiplexage numérique synchrone**.

1.3.1.1.7.3./ Autres méthodes de numérisation

Le MIC différentiel adaptatif = MICDA (ADPCM: Adaptive Differential Pulse Code Modulation) Méthode DELTA

1.3.1.1.1.7.4./ Le codage de l'image (images animées)

L'image animée est essentiellement caractérisée par :

- Le nombre de lignes par image.
- Le nombre de points par ligne.
- Chaque point de l'image est représenté par la luminance et la chrominance.

$$Y = 0,3 R + 0,59 V + 0,11 B$$

où : **Y** est la **luminance**.
R l'intensité de la **lumière rouge**.
V celle de la **lumière verte**.
B celle de la **lumière bleue**.

Tous les signaux ne sont pas transmis. Seuls sont transmis la luminance et les signaux composites :

$$D_b = Y - B \text{ et } D_r = Y - R$$

1.3.1.1.1.8./ Le signal

Le signal est la représentation physique de l'information. La notion du temps est inhérente au signal.

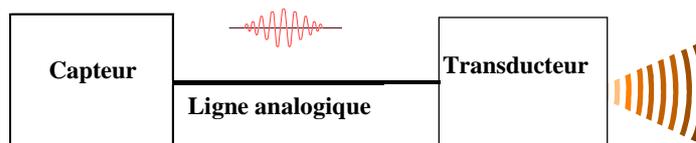
Signal déterministe : Un signal déterministe est un signal dont l'évolution peut être parfaitement prédite par un modèle mathématique approprié.

Signal aléatoire : Par opposition, le comportement d'un signal aléatoire est imprévisible.

1.3.1.1.1.8.1./ Le signal analogique

Signal analogique : Si la variable indépendante d'un signal est une variable continue, le signal correspondant est appelé signal analogique.

Un signal analogique est un signal dont la valeur peut être quelconque (à l'intérieur de limites fixées par l'environnement). La valeur de ce signal est significative à tout instant, et par suite toute perturbation même courte de ce signal peut causer une perte d'information. En revanche, on conçoit qu'un tel signal puisse transporter une quantité d'information importante.



Le signal analogique

1.3.1.1.1.8.2./ Le signal digital

Signal discret ou échantillonné : Si cette **variable** est **discrète**, le signal correspondant est appelé signal discret ou échantillonné : **l'information qu'il contient n'est présente qu'à certains moments**.

Signal numérique : Un signal **échantillonné dont l'amplitude est discrète** est appelé signal numérique c'est-à-dire que les grandeurs ont un nombre fini de valeurs connues et distinctes dans le temps.

1.3.1.1.2./ Voies de transmission

L' **échange d'informations** entre 2 installations terminales peut s'effectuer :

- en **série** ou en **parallèle**.
- en **mode synchrone** ou **asynchrone**.

1.3.1.1.2.1./ Transmission série et parallèle

Le signal est transmis sous forme série entre les ETCD.

- Les interfaces série les plus utilisées sont **l'interface RS232C-EIA** (= **Electronic Industries Association**) et **l'interface électrique RS422-EIA**.
- La transmission parallèle : Un conducteur supplémentaire peut être utilisé pour transmettre **un signal qui assurera la synchronisation** entre les intervalles d'émission et ceux de réception (lecture).

1.3.1.1.2.2./ La synchronisation

1.3.1.1.2.2.1./ Définition

Un **message** est caractérisé par une **suite d'états significatifs** (**fréquence, amplitude, phase**), lesquels sont **séparés par des changements d'états**.

Synchronisation : La synchronisation détermine les **instants d'échantillonnage du signal transmis** pour reconnaître les bits constituant l'information. Une séquence de bits correspond à une suite de **changements d'états du signal**, chaque état ne durant qu'un laps de temps très court.

- Si **les différents mots** (caractères), du message à transmettre, sont **transmis de manière arithmique**, c'est-à-dire **indépendamment les uns des autres**, on parle de **transmission asynchrone**.
- Si **tous les mots** à transmettre sont **regroupés en blocs transmis à un rythme irrégulier**, on parle de **transmission synchrone**.
- La mise en phase de l'horloge de réception sur l'horloge d'émission qui consiste à caler rigoureusement dans le temps leurs instants significatifs s'appelle la **synchronisation bit**.

- Reconnaître dans le train de bits reçus, les configurations binaires correspondant à des caractères ou à des blocs de caractères afin de reconstituer l'information dans le même format qu'à l'émission, c'est le problème de la **synchronisation caractère** qui n'est possible que si la synchronisation bit a déjà été réalisée.

1.3.1.1.2.2.2./ Transmission asynchrone

Les caractères sont codés sur un nombre fini de positions binaires, et sont encadrés par des bits délimiteurs (**bit START** et **bit STOP**).

- Le mode asynchrone oblige à envoyer les informations caractère par caractère.
- Exemples de protocoles asynchrones :

- . XON-XOFF.
- . X-Modem.
- . Y-Modem.
- . Z-Modem.

1.3.1.1.2.2.3./ Transmission synchrone

La transmission des différents blocs (ou **trames**) peut être arythmique. **Le début et la fin d'une entité transmise doivent être délimités** par des caractères spéciaux (**fanions de début** et **de fin**).

Dans la transmission synchrone, le récepteur reçoit, avec les données, l'horloge de synchronisation qui donne le rythme des bits (base de temps).

Exemples de protocoles synchrones :

- BSC = Binary Synchronous Communication (IBM).
- SDLC = Synchronous Data Link Control (IBM).
- HDLC = High Level Data Link Control (ISO).

1.3.1.1.2.3./ Modes d'exploitation d'une voie de transmission

Il existe plusieurs type de mode d'exploitation :

- Unilatérale (**simplex**).
- Bilatérale à l'alternat (**Half duplex = HDX**).

Le sens de la transmission est déterminée par une séquence de bits spécifiques avant l'échange proprement dit.

- **Bilatérale simultanée** (full duplex = FDX)

Chaque ETTD est responsable d'une voie de transmission, sur laquelle il émet des commandes et des informations et reçoit des réponses et des informations.

- Suivant son utilisation la **liaison** peut être **permanente** (liaison spécialisée 2 ou 4 fils) ou **temporaire** (liaison commutée).
- Selon la technique utilisée la **liaison** est **analogique** ou **numérique**.
- La **liaison** est **point à point** ou **multipoint**.

On parlera de **liaison en bande de base** si elle emprunte des **lignes à continuité métallique**. Dans ce cas, le **spectre des fréquences n'est pas modifié** au cours de la transmission. Il n'y a **pas de possibilité de modulation**.

En fonction de sa **constitution** la **liaison** peut être **physique** ou **logique**; Dans ce dernier cas il s'agit d'une **mise à disposition temporaire de ressources**, en **transport**, d'**adresses** et d'**espaces mémoire** dans les ordinateurs : **pour établir une communication** entre deux points, on parle alors de **circuit virtuel** qui peut être **permanent** (**Circuit Virtuel Permanent : CVP**) ou **commuté** (**Circuit Virtuel Commuté : CVC**).

1.3.1.1.2.4./ Transport physique de l'information

1.3.1.1.2.4.1./ Généralités

L'**infrastructure** d'un réseau, la **qualité de service** offerte, les **solutions logicielles** à mettre en oeuvre dépendent largement des **supports de transmission** utilisés.

Un **support de transmission** est essentiellement caractérisée par son **impédance caractéristique** et sa **bande passante**. Ces paramètres conditionnent les possibilités de transmission en termes de **débit** et de **distance franchissable**.

Bande passante : On appelle bande passante l'**espace de fréquences** tel que **tout signal appartenant à cet intervalle**, ne subisse, au plus, qu'un **affaiblissement déterminé** par rapport à un **niveau de référence**.

1.3.1.1.2.4.2./ La rapidité maximale de modulation, le débit, la valence

1.3.1.1.2.4.3./ Notion de rapidité de modulation

Le **nombre maximal d'impulsions** que peut transmettre un système, **par unité de temps** est, au plus, **égal au nombre de transitions** que le système peut admettre.

On définit t_e le **temps élémentaire** ou temps bit (durée du bit), une succession de 0 et 1 constitue un signal périodique de **fréquence f** et de **période T** tel que :

$$f = 1 / T \text{ et } T = 2 * t_e$$

On appelle :

- **Transition** : le passage d'un état significatif à un autre.
- **Instant significatif** : l'instant où se produit la transition.
- **Temps élémentaire** : le temps le plus petit entre deux transitions successives;
- **Valence d'un signal** : le nombre de ses états significatifs.

On appelle **rapidité de modulation** ou **rapidité de transmission** :

$$R = 1 / t_e = 2 * f$$

1.3.1.1.2.4.4./ La bande passante de la voie de transmission

Elle est définie par :

$$W = f_2 - f_1$$

où f_1 est la fréquence transmise la plus basse et f_2 la plus haute.

Lorsque l'on parle d'une bande passante, on indique **une largeur d'intervalle sans préciser les bornes de cet intervalle**.

La bande passante détermine directement la **capacité de transmission** d'une voie :

$$C = 2 W \text{ (bauds)}$$

1.3.1.1.2.4.5./ Débit binaire

On appelle **débit binaire** d'un canal **le nombre de bits véhiculés par seconde** sur un canal.

$$D = 1 / t_e \text{ (bit/s)}$$

Débit binaire : Le débit binaire est le **nombre de bits émis en une seconde** car un moment élémentaire permet de coder un nombre variable de bits en fonction de la **valence** du signal.

Valence : La valence est le **nombre d'états significatifs différents** que peut prendre un signal.

$$\text{Valence } V = 2^n \text{ ---> } n = \log_2 V$$

Une valence de valeur V permet le transport de $n \text{ (bits)} = \log_2 V$ à chaque Baud. On a :

$$D \text{ (débit)} = R \times \text{Log}_2 (V)$$

Si chaque état significatif représente n bits on peut écrire que :

$$D = n / t_e$$

$$D = R \cdot n$$

$$C = 2 n W$$

$$C = 2 W \log_{(2)} V$$

$$\text{Capacité maximale } C = W \log_2 (1 + S / B)$$

1.3.1.1.2.4.6./ Les bruits

Bruit : D'une manière générale, on appelle bruit **tout signal reçu qui**, lorsqu'il est interprété par le récepteur dans l'espoir d'en extraire de l'information, **livre une information incohérente**, sans intérêt pour le destinataire.

Les bruits sont de plusieurs types :

- Le bruit thermique ou **bruit blanc**.
- Les bruits impulsifs induits par **diaphonie**.

On exprime le bruit de la manière suivante :

$$\boxed{S / B_{dB} = 10 \log_{10} (S / B)_{\text{en valeur}}}$$

Avec :

S = puissance du signal

B = puissance du bruit

Remarques :

- **Correction du signal** : L'Administration des Télécommunications garantit certaines de ces caractéristiques par un **gabarit qui fixe les tolérances admises suivant le type de ligne offert**. En transmission de données, il est nécessaire de prendre en compte **les déformations** que subit le signal, celles-ci **étant directement dépendantes de la qualité de la voie utilisée et de la distance parcourue**.
- L'amplification du signal : La **Bande passante du canal** est le domaine de fréquences dans lequel les distorsions du canal restent dans des limites acceptables est appelé bande passante du canal. **Sa largeur ne doit évidemment pas être inférieure à la largeur de bande du signal**, c'est à dire à celle de la plage de fréquences où se trouvent les principales composantes du signal à transmettre, donc l'information.
- Caractéristiques d'une voie de transmission : Une voie de transmission ayant **une largeur de bande de W Hz ne peut transporter** des signaux dont **la vitesse de modulation est supérieure à $2B$ bauds**.

- Temps de propagation et temps de transmission. Le **Temps de propagation T_p** est le **temps nécessaire à un signal pour parcourir un support d'un point à un autre**. Ce temps dépend :

- . De la nature du support.
- . De la distance.
- . De la fréquence du signal.

Temps de transmission : Le temps de transmission **T_t** est le **décalai qui s'écoule entre le début et la fin de la transmission d'un message sur une ligne**. Il est donc égal au **rapport entre la longueur du message et le débit de la ligne**.

Décalai d'acheminement : Le **temps de traversée** ou décalai d'acheminement sur une voie est égal au **temps total mis par un message pour parvenir d'un point à un autre**, c'est donc la **somme des temps T_p et T_t** .

1.3.1.1.2.5./ Les différents modes de transmission

1.3.1.1.2.5.1./ Généralités

Il existe deux techniques suivant les limites de la voie de transmission :

- Le **transcodage du signal initial en un signal numérique** répondant aux contraintes imposées par le support; on parle alors de **transmission numérique** ou en **bande de base**.
- La **modulation/démodulation d'une onde porteuse** : on parle alors de **transmission analogique**.

1.3.1.1.2.5.2./ La bande de base ou transmission digitale

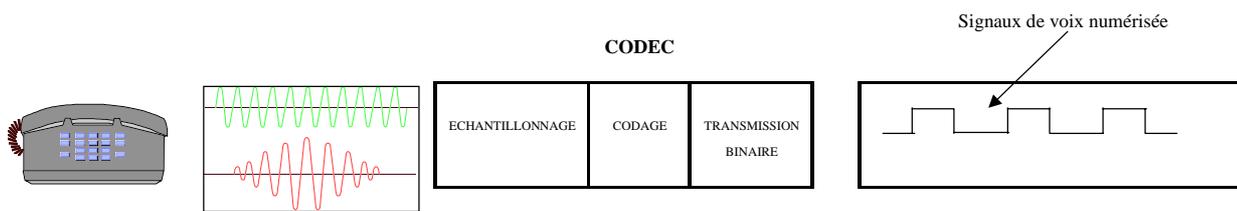
Cette technique repose sur **l'émission de l'information sous sa forme digitale**, c'est-à-dire sans autre modification que :

- Une éventuelle **amplification** destinée à éviter les phénomènes d'affaiblissement.
- Une **codification** destinée à assurer la bonne transmission.

Transmission numérique : La transmission digitale ou numérique consiste à **transmettre des bits sous forme d'impulsions électriques carrées ayant une durée et une amplitude précises**.

Cette forme est celle qui offre la meilleure protection contre les signaux électriques parasites de toute nature. L'identification de l'information, un bit, consiste à détecter une impulsion positive ou négative.

L'inconvénient majeur de la transmission digitale est qu'elle nécessite une très grande bande passante, puisqu'il faut transmettre toutes les fréquences constituant les signaux (un signal carré se compose d'une fréquence de base plus d'un nombre infini d'harmoniques, dont la fréquence augmente au fur et à mesure).



Principe d'un codec

1.3.1.1.2.5.3./ Les différents systèmes de codage

1.3.1.1.2.5.3.1./ Introduction

Les différents codes utilisés sont :

- Le **code biphase différentiel** et le **code bipolaire ordre 2** : débits < 20 kbit/s, Ligne Louée Numéris LLN.
- Le **code HDB3** : débit > 2 Mbit/s, accès primaire Numéris.
- le **code 2B1Q** : Numéris dernière version ligne 3ème génération.

1.3.1.1.2.5.3.2./ Le signal binaire NRZ (Non Retour à Zéro)

C'est un signal à deux états significatifs, donc bivalent.

1.3.1.1.2.5.3.3./ Le signal biphase (Manchester simple)

C'est un signal à deux niveaux qui fait correspondre une impulsion électrique en phase ou en opposition de phase avec l'horloge de l'émetteur suivant l'élément binaire à émettre : introduire une transition par un front montant ou descendant au milieu de la représentation d'un bit.

1.3.1.1.2.5.3.4./ Le signal biphase différentiel (Manchester différentiel)

C'est un signal à deux niveaux qui effectue une opposition de phase par rapport à la phase du symbole précédent si l'élément binaire est le 1.

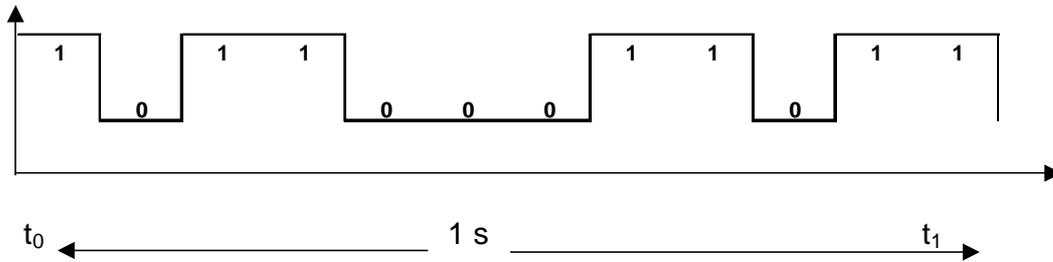
1.3.1.1.2.5.3.5./ Le code Miller

Le code Miller, dit DM (Delay Mode) consiste, à mettre une transition de 1 → 0 au milieu du bit-time si le bit à coder est 1.

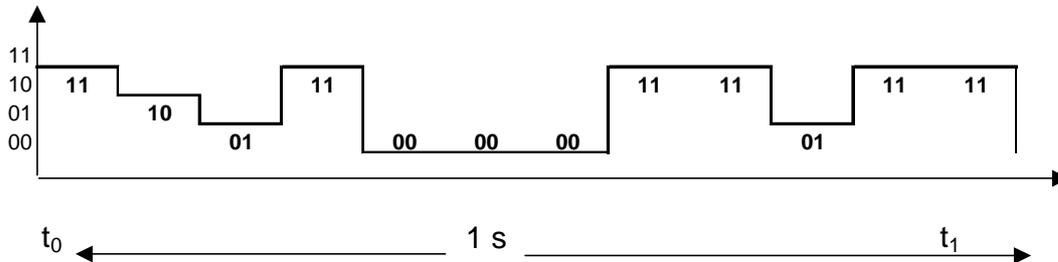
1.3.1.1.2.5.3.6./ Les signaux multivalents : signaux à plus de deux états significatifs

On augmente le nombre d'états significatifs :

- Soit pour pouvoir coder de différentes façons un même élément binaire.
- Soit pour augmenter le nombre de bits transportés pendant la même période d'horloge.



1 moment élémentaire = 1 bit



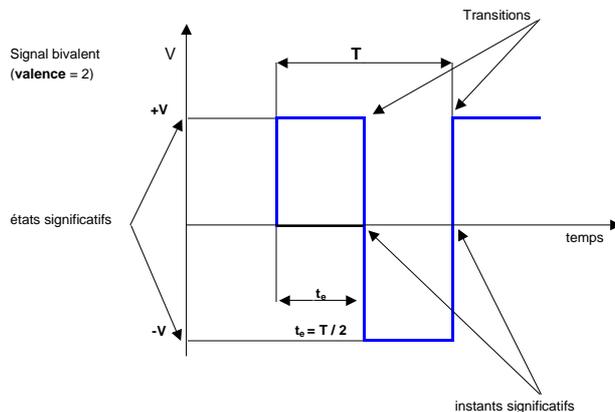
1 moment élémentaire = 2 bits

Exemples de codage

1.3.1.1.2.5.3.7./ Le signal bipolaire d'ordre 2 (signal dit entrelacé)

C'est un signal à trois niveaux, obtenu en associant au 0 binaire une tension continue de 0 V et alternativement + V et - V volts aux 1 binaires, en deux étapes :

- D'abord sur les bits impairs de l'information.
- Ensuite sur les bits pairs.



Le signal de base

1.3.1.1.2.5.3.8./ Le signal Hdb3 (Haute densité binaire d'ordre 3)

Les **codages bipolaires à haute densité d'ordre n** ou **HDBn**, corrigent l'inconvénient de la maintenance de la synchronisation en insérant tous les n bits à zéro, un **bit de viol**.

1.3.1.1.2.5.3.9./ Choix d'un transcodage

On choisira un codage suivant :

- Leur adaptation au support.
- Leur résistance aux bruits.
- Leurs problèmes liés à l'horloge.

1.3.1.1.2.5.4./ La transmission analogique ou transmission par modulation

1.3.1.1.2.5.4.1./ Généralités

Transmission analogique : La transmission analogique consiste à utiliser un signal simple, appelé **onde porteuse**, dont on modifie un ou plusieurs paramètres, qui sont **l'amplitude, la fréquence et la phase**.

Modulation : Définir une modulation, c'est **définir l'ensemble des signaux élémentaires parmi lesquels seront choisis les signaux transmis**.

1.3.1.1.2.5.4.2./ Modulation de fréquence (FM)

Le signal est modulé en faisant varier la fréquence de l'onde porteuse : La modulation de fréquence produit un signal dont l'amplitude est constante. On utilise en général un signal sans discontinuité de phase.

La **fréquence nominale** (FM = **Frequency Shift Keying**) de la porteuse est la moyenne de FA et FZ.

1.3.1.1.2.5.4.3./ Modulation de phase (PM)

Le signal est modulé en faisant varier la phase (par un déphasage) de l'onde porteuse.

1.3.1.1.2.5.4.4./ Modulation de phase différentielle

Le déphasage n'a plus lieu par rapport à la phase d'origine, mais **par rapport à la phase de la représentation du symbole précédent**. On réalise essentiellement une **modulation différentielle de phase à plusieurs états** :

- En **regroupant plusieurs bits dans un symbole** ;
- En **associant un déphasage à chaque symbole**.

Une autre façon d'illustrer cette modulation est le **diagramme spatial** obtenu à partir de la **construction de Fresnel** : Chaque point donne la valeur de l'amplitude et de la phase de signal pendant la durée de représentation d'un symbole.

1.3.1.1.2.5.4.5./ Modulation d'amplitude (AM)

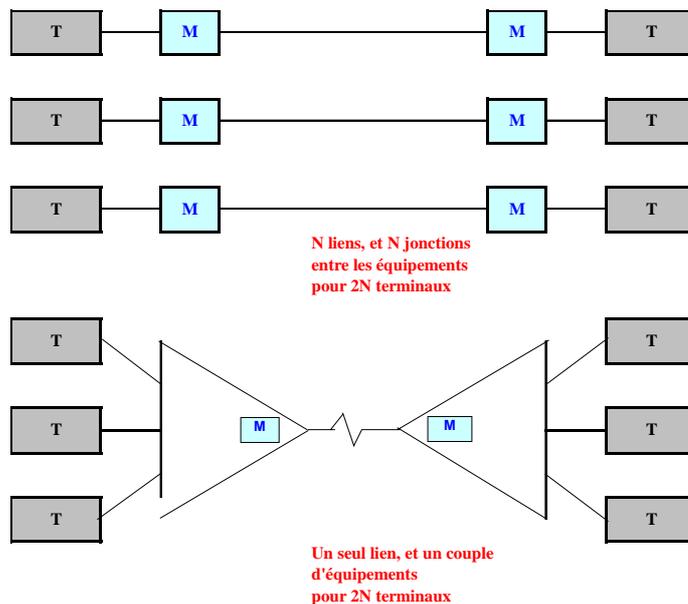
Le signal est modulé en faisant varier l'amplitude de l'onde porteuse. La modulation d'amplitude donne lieu à un signal modulé dont la largeur de bande est double de celle du signal modulant et s'étend de part et d'autre de la fréquence porteuse (**deux bandes latérales**).

1.3.1.1.3./ Les systèmes de traitement numérique

1.3.1.1.3.1./ Le multiplexage

1.3.1.1.3.1.1./ Introduction - Intérêt économique

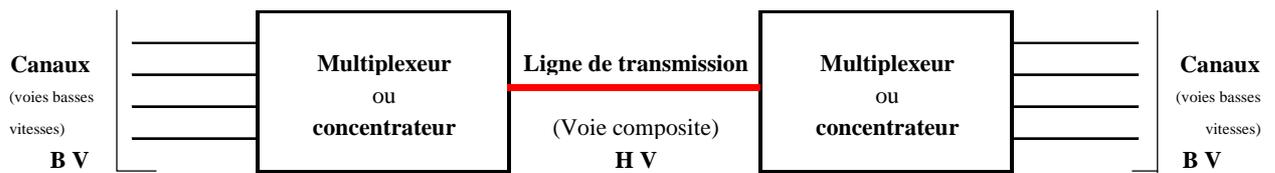
Les télécommunications n'ont qu'une obsession : **faire passer le maximum de signaux sur le minimum de canaux**. Lorsque plusieurs circuits de données existent en parallèle entre 2 points, il peut être intéressant de concentrer les données transmises sur les **voies basse vitesse (voies BV)** sur un seul circuit de données à plus fort débit (la **voie haute vitesse** ou **voie HV**).



Intérêt du multiplexage (ou concentration)

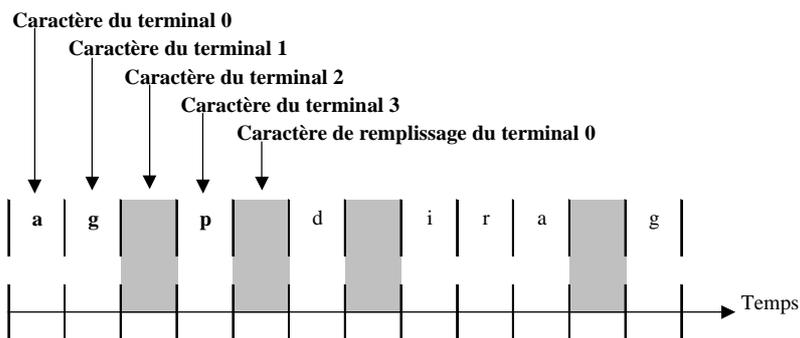
Deux types de matériels sont utilisés pour cela :

- Les multiplexeurs.
- Les concentrateurs.

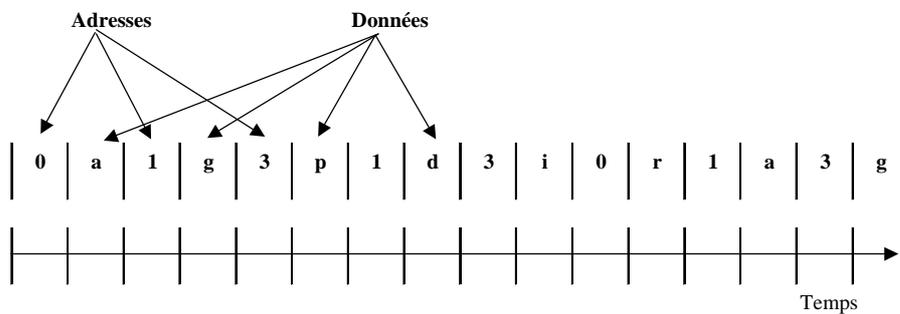


Partage avec multiplexage ou concentration

Multiplexeurs et concentrateurs servent à regrouper les informations provenant de plusieurs voies BV en un **circuit unique**, le **circuit composite** (ou **voie HV**).



Multiplexage de terminaux



Concentration de terminaux

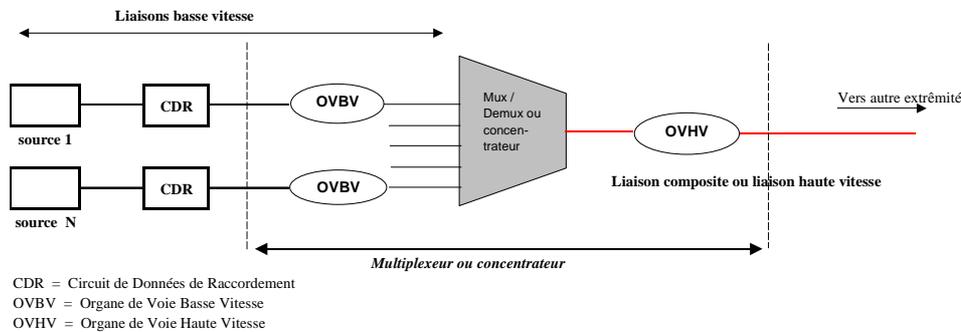
Multiplexage et concentration

1.3.1.1.3.1.2./ Vocabulaire du multiplexage

On appelle **circuits à basse vitesse (BV)** les circuits de données dont le débit va être ou a été concentré ou multiplexé, et **circuit à haute vitesse (HV)** ou **circuit composite**, le lien qui unit le couple d'équipements de multiplexage-concentration. Le langage usuel utilise le terme "**mux**" pour "multiplexeur-démultiplexeur".

Les **organes généraux** des voies associées aux circuits :

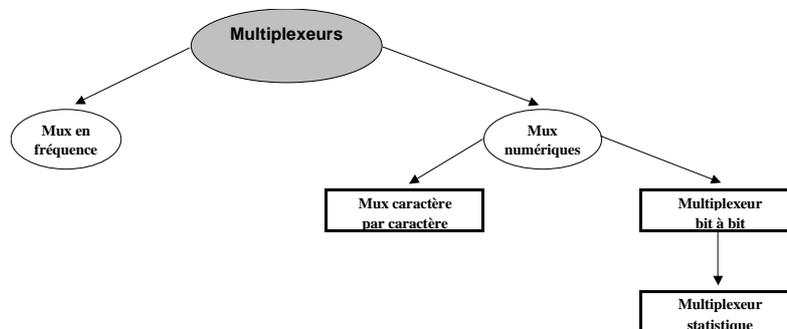
- **OVBV** = Organe de Voie Basse Vitesse.
- **OVHV** = Organe de Voie Haute Vitesse.



Mise en place d'un multiplexeur

1.3.1.1.3.1.3./ Principe du multiplexage

Multiplexage : Le multiplexage consiste à **partager par une méthode invariable dans le temps** le débit binaire D d'une voie haute vitesse entre plusieurs voies BV (ou encore **canaux**). La somme des débits d_i des voies BV ne peut dépasser le débit D de la voie HV.



Classification des multiplexeurs

Le but est d'établir plusieurs liaisons sur une même voie de transmission **sans qu'il y ait gêne mutuelle**. Le signal sur la voie à haut débit est souvent appelé **multiplex** des voies à bas débit.

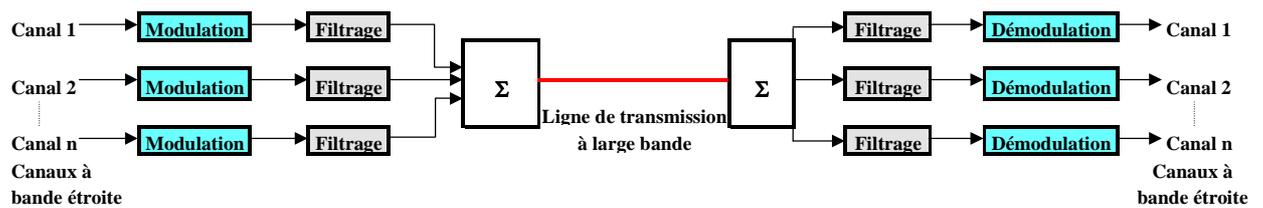
Multiplex : On appelle multiplex le **signal composite** obtenu en sortie du multiplexeur.

Les mux sont caractérisés par le type de multiplexage utilisé :

- **Multiplexage analogique** ou en **fréquence** (= **Frequency Division Multiplexing, FDM**) fait appel à la modulation d'amplitude



Multiplexage en fréquences



Principe du multiplexage en fréquence

Multiplex analogique		Nombre de voies	Largeur de bande	Bande de fréquence
Groupe Primaire	GP	12	48 kHz	60 - 108 kHz
Groupe Secondaire	GS = 5 GP	60	240 kHz	312 - 552 kHz
Groupe Tertiaire	GT = 5 GS	300	1 232 kHz	812 - 2 044 kHz
Groupe Quaternaire	GQ = 3 GT	900	3 872 kHz	8156 - 12 388 kHz

Système de multiplexage analogique

- **Multiplexage numérique** ou dans le temps ou **multiplexage temporel** (= **Time Division Multiplexing, TDM**) utilise les techniques de codage et de traitement temporel du signal. Trois familles :

- . Les mux numériques basés sur le codage par caractère (ou character interleaving TDM).
- . Les mux numériques basés sur le codage par bit (ou bit interleaving).
- . Les mux numériques à codage par bit utilisant des procédés statistiques et d'allocation dynamique pour la transmission sur le circuit composite (Asynchronous Time Division Multiplexing, ou multiplexeur statistique ou STDM ou SMux).

1.3.1.1.3.1.4./ Caractéristiques du multiplexage

Le principe du multiplexage est transparent au code et à la vitesse. Son efficacité est définie par :

$$n = \frac{C_i N_i}{i=1 \dots D}$$

avec : C_i = le débit des voies BV en car/s.

N_i = le nombre utile d'éléments binaires par caractère (l'information sans les bits Start et Stop).

D = le débit de la voie HV.

On caractérise également le multiplexage par :

- Son aptitude au mixage des voies basse vitesse.
- La possibilité de transfert de voies.
- Le mode de transmission des signalisations. La signalisation comprend les informations relatives à chaque circuit de multiplexage et les informations de service de la voie HV. Elle peut être transmise de 2 manières différentes : sur le canal lui-même, à la place des données (**signalisation dans la bande**) ou sur un canal séparé, appelé **canal sémaphore** (**signalisation hors bande**).

Filtrage : Le filtrage consiste à **produire une réponse qui ne contienne plus que certaines fréquences du signal**, les autres étant éliminées. Il existe deux raisons à cette élimination :

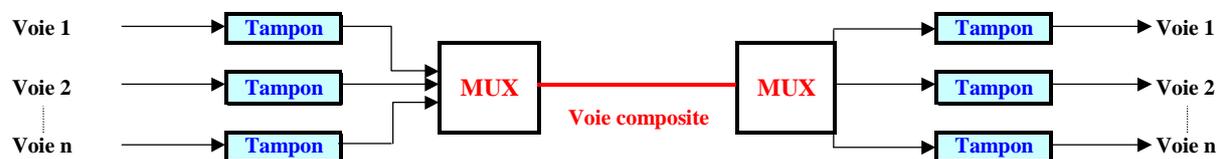
- La nécessité économique d'utiliser de façon parcimonieuse la gamme de fréquences disponible de façon à transmettre en parallèle le plus grand nombre possible de signaux simultanés.
- Eliminer d'un signal les fréquences qui sont parasites.

En pratique, on n'utilise que 4 types de filtres :

- Le filtre passe-bas.
- Le filtre passe-haut.
- Le filtre passe-bande.
- Le filtre coupe-bande.

1.3.1.1.3.1.5./ Le multiplexage temporel

Le multiplexage temporel (TDM : **Time Division Multiplexing**) est une technique numérique. Elle consiste à **partager dans le temps la voie de transmission entre plusieurs transmissions**. Elle imbrique **des bits** (multiplexage par bits) ou **des octets** (multiplexage par mots ou par caractères) prélevés successivement sur les différentes voies à bas débit pour construire un train de bits ou de caractères (**les trames**) transmis sur la ligne à haut débit.

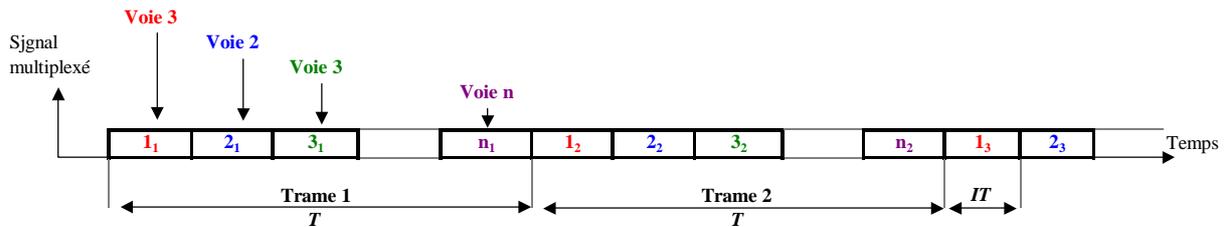


Principe du multiplexage temporel

1.3.1.1.3.1.6./ Multiplexeur temporel par caractère

1.3.1.1.3.1.6.1./ Principe - Trame et notion d'IT

Soit un train numérique de débit D bit/s établi entre 2 mux, ce bloc est découpé en trames de même longueur. La technique consiste à allouer à chaque trame, de longueur L , des intervalles de temps appelés IT .

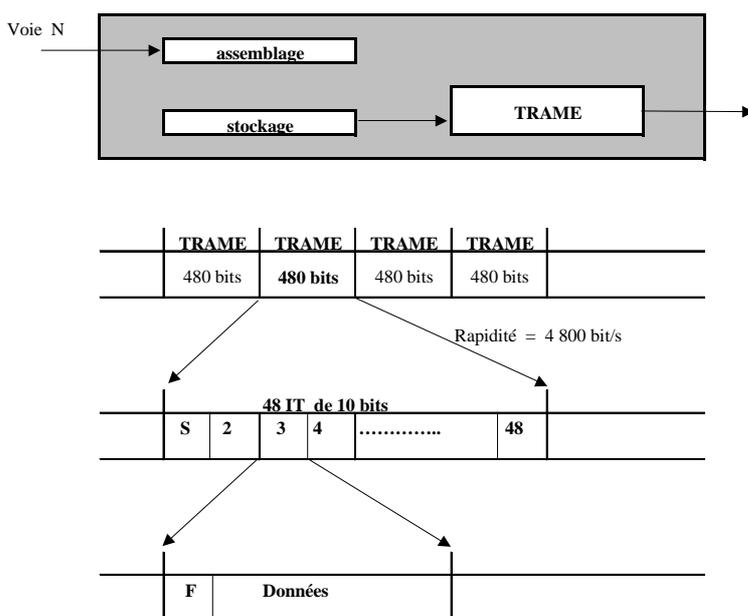


Principe du multiplexage temporel

Un intervalle de temps correspond à chaque voie entrante. La longueur de trame L est invariable dans le temps et doit être connue des 2 extrémités. Le **rythme d'occurrence** (ou **rythme de répétition**) des trames est D/L trames par seconde. La succession des IT de même rang constitue un circuit de données à basse vitesse ou **canal de rang i** , capable d'écouler M_i bit/s toutes les L/D secondes. Le débit binaire D_b du canal BV sera de :

$$D_b = M_i * D / L \text{ bit/s ou } D_b = \frac{M_i * D}{\sum M_i}$$

Avec cette technique, chaque liaison utilise, à son tour, toute la largeur de bande de la voie pendant un certain temps limité.



Exemple de multiplexeur temporel par caractère

Remarques :

- Le même IT de 2 trames successives se présente tous les $480 / 4\ 800 = 0,1$ seconde.
- Il peut contenir un caractère de 9 bits au plus.
- Un IT a donc un débit de 10 car/sec.
- Un canal 110 bauds a aussi un débit de 10 c/s.

1.3.1.1.3.1.6.2./ Signaux asynchrone

A l'émission, les signaux Start et Stop qui entourent les signaux d'information utiles de chaque canal BV sont enlevés. A la réception, les informations de chaque IT sont transférées tour à tour sur le canal qui leur correspond, les signaux asynchrones étant reconstitués avec leur enveloppe start-stop.

1.3.1.1.3.1.6.3./ Hétérogénéité

Il est possible de **mélanger des voies BV de rapidités différentes** sur le même circuit composite.

1.3.1.1.3.1.6.4./ Synchronisation

Le premier IT transmet en permanence une combinaison binaire particulière connue de chaque extrémité, appelée **caractère de verrouillage de trame** ou **caractère de synchronisation**. On dit qu'il y a **prise de synchronisation** entre les deux mux.

1.3.1.1.3.1.6.5./ Signalisation

Il suffit de transmettre au moins **un bit supplémentaire dans l'IT concerné**, selon des conventions préalables : Il s'agit de **signalisation dans la bande**.

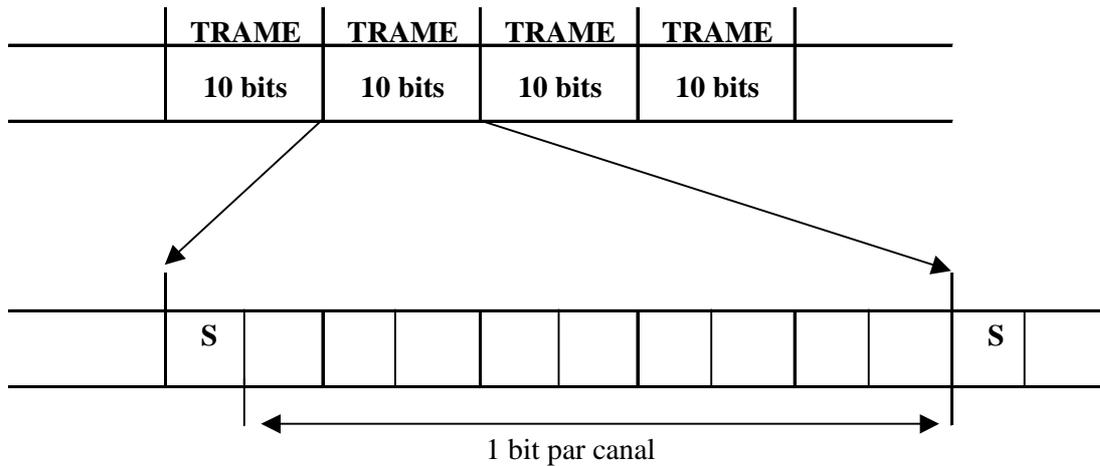
1.3.1.1.3.1.7./ Multiplexeur temporel par bit

1.3.1.1.3.1.7.1./ Principe

On reprend le principe du multiplexage par caractère, les IT ayant cependant **une longueur d'un bit**, et la **longueur de la trame** étant exprimée **en bits** et non en caractères.

1.3.1.1.3.1.7.2./ Verrouillage de trame

Le premier IT de la trame contient un **mot de verrouillage** qui joue le même rôle que l'IT de synchronisation. Il n'y a souvent dans ces mux qu'un seul bit de synchronisation dans l'IT 0 de verrouillage. Dans ce cas, la transmission du mot de verrouillage est étalée sur plusieurs trames.

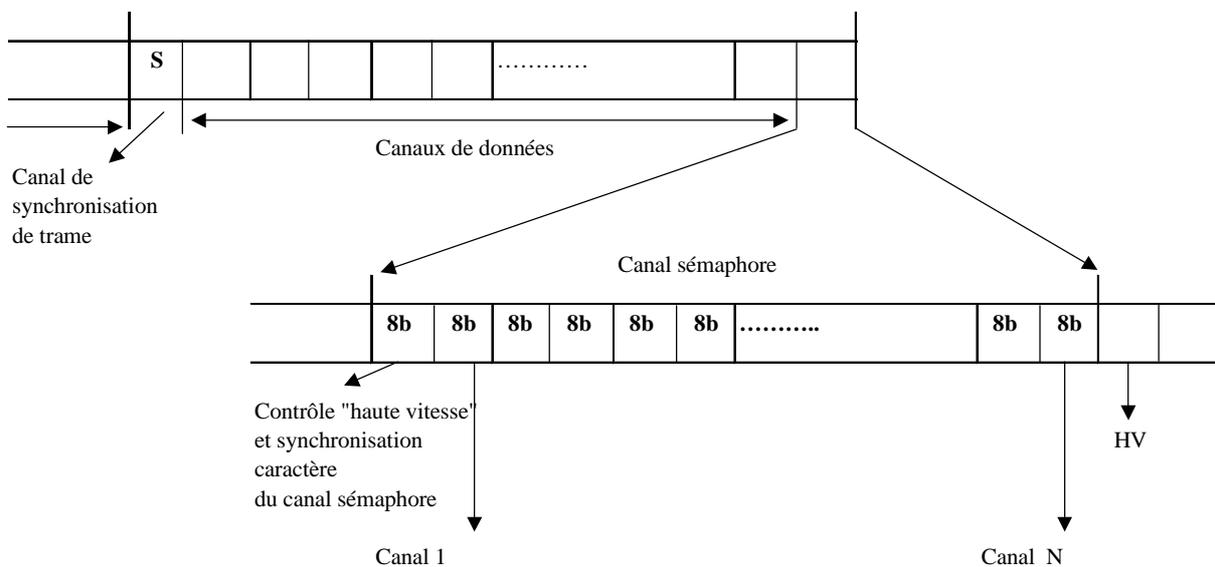


Multiplexeur temporel bit à bit : SYNCHRONISATION et VERROUILLAGE DE TRAME

Remarque : par l'envoi d'une séquence fixe connue sur le canal de synchronisation (canal des IT marqués S), il n'y a pas besoin d'assembler les bits en caractères significatifs.

1.3.1.1.3.1.7.3./ Signalisation hors bande ou sémaphore

Les signalisations de chaque voie BV sont codées sur 8 bits (5 pour les infos de jonction DPE, PAE, DP, IA ... et 3 bits pour les commandes de bouclage). Les signalisations de la voie HV (infos de contrôle, bouclage) sont codées sur 8 bits. Un canal de la trame, en général, le dernier, sert de support à l'ensemble des signalisations.



Signalisation : Multiplexeur par bit

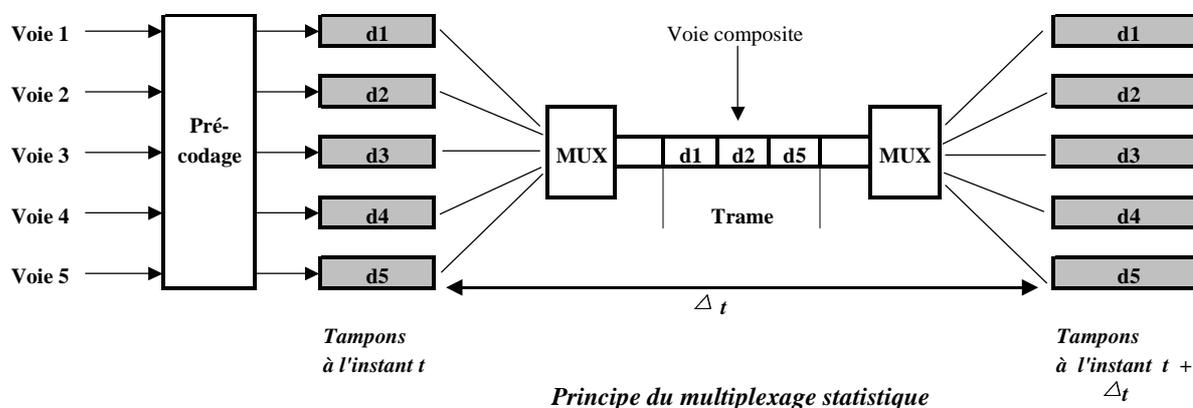
1.3.1.1.3.1.7.4./ Signalisation dans la bande

Les infos de contrôle (codées sur 8 bits) sont envoyées lorsqu’il n’y a pas de données à transmettre. Les signalisations remplacent les données. Elles sont encadrées par un drapeau qui permet de les identifier.

1.3.1.1.3.1.8./ Multiplexeur statistique (ou Asynchronous Time Division Multiplexors)

1.3.1.1.3.1.8.1./ Principe

Leur principe consiste à **allouer dynamiquement les IT d’une trame aux voies BV qui sont actives à un moment donné.**



1.3.1.1.3.1.8.2./ Fonctionnement

Plusieurs microprocesseurs disposent de mémoires vives, appelées mémoires tampons ou buffer, pour assurer un stockage temporaire des données. Chaque caractère transmis est débarrassé des éléments inutiles (start, stop, bit de parité) qui seront régénérés à la réception.

Souvent, les caractères qui apparaissent fréquemment sont transcodés en mots de 4 à 5 bits. Inversement, les caractères peu fréquents sont codés en mots de 12 ou 13 bits. L’ensemble des données à transmettre sur la voie HV fait l’objet d’un traitement au moyen d’un code de compression.

Les mux statistiques sont transparents aux codes et aux procédures. Ils offrent des possibilités de gestion et de contrôle du réseau supérieures aux mux temporels classiques. Ils offrent une très bonne résistance aux erreurs sur les liaisons composites.

Cependant, du fait du délai introduit par la mémorisation des données dans les mémoires de voies, ils introduisent un retard dans la transmission.

1.3.1.1.3.1.9./ Comparaison des différents types de multiplexeurs

Caractéristiques	MUX en fréquence	MUX caract./caract	MUX bit à bit
Principes	Une fréquence représente une polarité. Chaque canal BV dispose d'une largeur de bande	Un I.T par canal B.V Mémoire de trame nécessaire	Entrelacement des bits des voies BV explorées cycliquement
Transparence	Transparence au code. Non transparence à la vitesse	Non transparence à la vitesse	Oui, si la vitesse d'échantillonnage est suffisante
Signalisation	Voie témoin	Bit supplémentaire	Dans ou hors bande
Hétérogénéité	Possible	Possible	Possible
Sensibilité aux bruits	Faible	Faible	Forte
Efficacité	Faible	Moyenne	Meilleure que C/C
Retard de transmission	Non	Important	Faible
Reconfiguration automatique	Non	Oui	Oui
Transit	Possible	Possible	Possible
Utilisation principale	Télégraphie, signalisation	Voies asynchrones	Voies synchrones

1.3.1.1.3.1.10./ Les concentrateurs

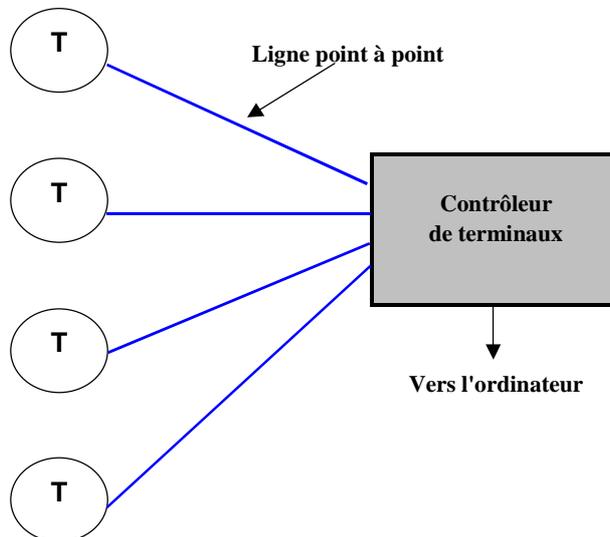
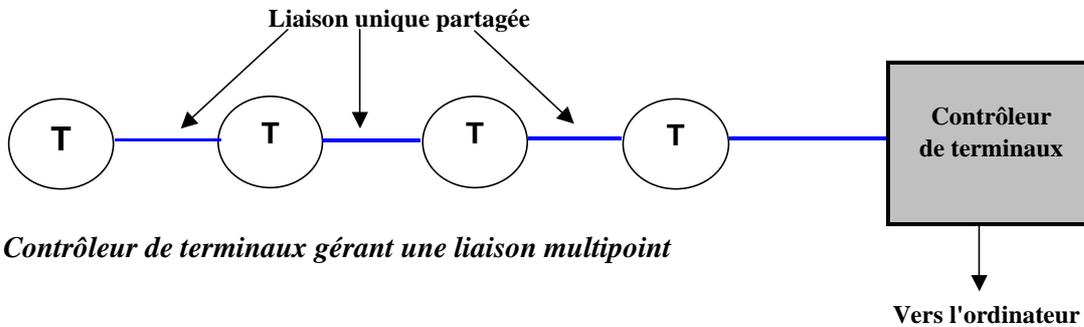
La technique de **concentration** : Il est possible d'envisager d' **utiliser une liaison vers l'ordinateur dont la capacité de transmission soit inférieure à la somme de celles des liaisons provenant des terminaux.**

Les concentrateurs :

- Ils utilisent une **technique de multiplexage temporel** des éléments d'information entrants (groupes de caractères ou messages complets).
- Ils assurent des fonctions de **gestion des terminaux** par le stockage des informations reçus des terminaux et par ajout, le cas échéant d'informations concernant les anomalies BV.
- Ils assurent le **pré traitement des informations** :
 - . Contrôle de vraisemblance.
 - . Contrôle de lettres-clefs.
 - . Transcodages.
 - . Compression de code.
 - . Suppression des informations redondantes.
- Ils assurent le **contrôle de la liaison** :
 - . Contrôle de parité.
 - . Messages d'interruption en cas de défaillance.
 - . Peuvent assurer, si nécessaire, des **conversions de code et de procédure.**
 - . Peuvent être **dotés de tampon mémoire.**
- Ils ont un inconvénient majeur : si chaque terminal décide soudainement de travailler au maximum de ses possibilités, la capacité de transmission de la ligne de sortie devient insuffisante, et une partie des caractères transmis sont alors perdus.

Remarque : Pour la gestion fonctionnelle d'une grappe de terminaux on a :

- Une liaison multipoint partagée (**technique de consultation** ou **polling**).
- Plusieurs liaisons point à point.



1.3.1.1.3.2./ La commutation

1.3.1.1.3.2.1./ Définition

C'est la deuxième fonction des réseaux de télécommunications.

Commutation : La commutation est la fonction qui permet de **réaliser une liaison temporaire entre l'équipement demandeur et l'équipement demandé à travers le réseau.**

Pendant que la liaison est disponible, donc possible, mais pas utilisée réellement, on pourrait la qualifier de virtuelle. Passer d'une **transmission virtuelle** à une transmission réelle peut se faire essentiellement de 2 manières :

- Le **mode connecté** ou **avec connexion**.
- Le **mode sans connexion** ou non connecté.

On en déduit 2 modes : **permanent/commuté** et **connecté/non connecté**.

L'unité de mesure principale de l'information est le débit, celle des télécommunications l'**erlang** (= unité de mesure de l'intensité du trafic sur une liaison, elle sert à évaluer l'**occupation optimale d'une ligne**).

1.3.1.1.3.2.2./ Structure générale d'un commutateur

Un commutateur comprend principalement :

- Un **réseau de connexion** qui assure la **liaison temporaire** entre la ligne entrante et la ligne sortante d'une communication.
- Une **logique de commande** dont le rôle principal est de **déterminer la ligne sortante** parmi les plusieurs. Ce choix s'effectue en fonction de l'adresse du destinataire et de la charge du réseau.

1.3.1.1.3.2.3./ Les techniques de commutation

1.3.1.1.3.2.3.1./ La commutation spatiale

Elle est utilisée dans les **réseaux à commutation de circuits** principalement avec des **signaux analogiques**. Le chemin entre la ligne entrante et la ligne sortante établi physiquement par continuité électrique, grâce à des **contacts mécaniques mobiles miniaturisés** dans le réseau de connexion et appelés **points de connexion**. Elle est consacré à **une seule communication pendant toute la durée de celle-ci**. On doit identifier les points de connexion à mettre au travail. Il y a une **recherche d'itinéraire**.

1.3.1.1.3.2.3.2./ La commutation temporelle

Elle s'appuie sur le **principe de la modulation par impulsions et codage (MIC)**. Le transport de **signaux numériques** et **multiplexés dans le temps**. Il existe 2 type de commutation temporelle :

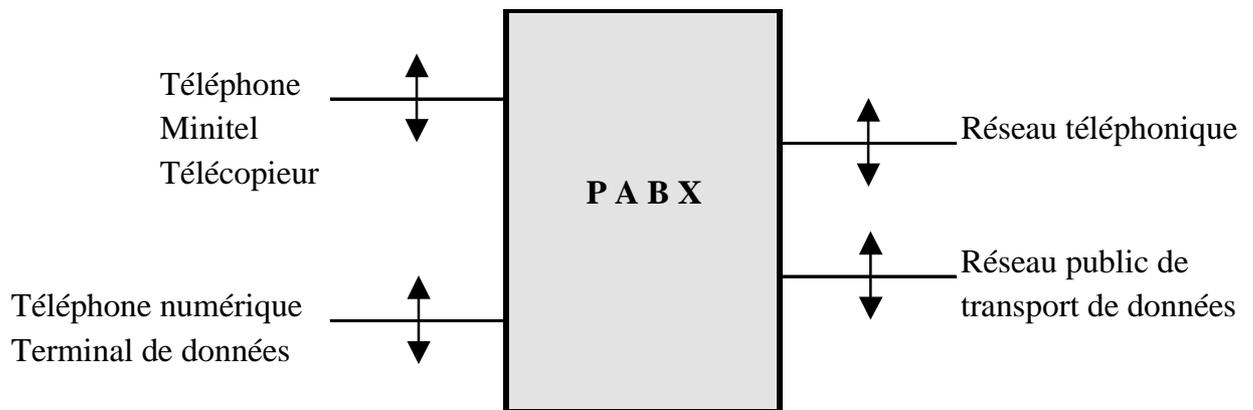
- La **commutation temporelle synchrone** : on prélève pour chaque communication, le contenu de l'IT correspondant sur le signal multiplexé entrant, et à le réinjecter dans un IT précis sur un des multiplex sortants choisi par la logique de commande. On conserve le contenu des IT dans les mémoires du réseau de connexion pendant le temps de transfert de l'entrée sur la sortie.
- La **commutation temporelle asynchrone** : la commutation s'effectue sur des paquets qui contiennent une information de service spécifique qui permet à la logique de commande du commutateur d'en déduire l'aiguillage. Les paquets de chaque communication transférés sur la sortie appropriée, à travers une file d'attente avec les paquets des autres communications qui empruntent le même chemin.

1.3.1.1.3.2.3.3./ Les autocommutateurs privés

PABX = Private Automatic Branch eXchange

PABX : Il dessert plusieurs lignes du réseau téléphonique public commuté et renvoie les appels sur un plus grand nombre de postes secondaires internes à l'entreprise.

Les PABX sont fondés sur les techniques de commutation temporelle et les techniques de traitement numérique du signal. Les PABX disposent de la Sélection Directe à l'Arrivée (= SDA). Une liaison spécialisée internationale (LSI) peut être reliée à un PABX d'entreprise. La topologie de base est généralement l'étoile.



Installation autour d'un PABX

1.3.1.1.3.2.3.4./ Les autocommutateurs sans fil

Dans ces autocommutateurs il y a cohabitation entre la technologie filaire et la technologie radio.

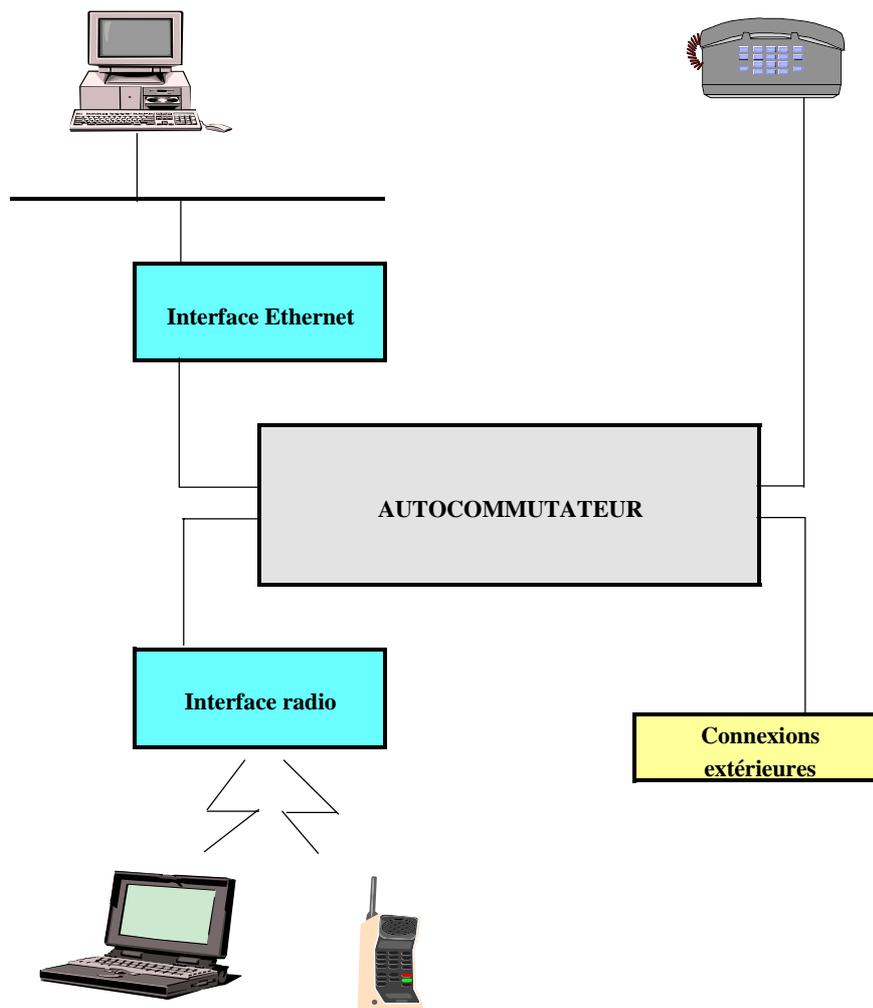


Schéma d'un autocommutateur sans fil

1.3.1.1.3.2.3.4.1./ Les composants d'un réseau sans fil

Les caractéristiques d'un réseau sans fil sont :

- L'absence de câbles est l'atout majeur de ces techniques.
- La propagation peut être arrêtée par des obstacles ou poser des problèmes d'**interférences** et de **confidentialité**.
- Ils peuvent être divisés en 2 catégories suivant leur **mode de propagation** :
 - . le **mode point à point**.
 - . le **mode omnidirectionnel**.
- La distance maximale à laquelle un système peut transmettre et recevoir des données s'appelle la **portée**.

	Point à point	Omnidirectionnel
Portée	- Grande (km)	- Faible
Vitesse	- Elevée	- Basse
Interférences	- Rares	- Fréquentes
Confidentialité	- Bonne	- Mauvaise - Diffusion des transmissions
Utilisation	- Pont entre deux réseaux	- Gestion de nombreux terminaux mobiles - Réseau de PC
Technologies	- Laser - Satellite - Infrarouges - Micro-ondes - Radio	- Radio - Infrarouges - Micro-ondes

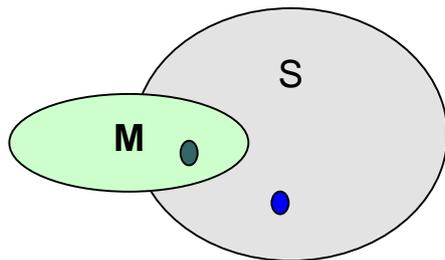
Les deux groupes de techniques de réseaux sans fils

1.3.1.1.3.2.3.4.2./ Schéma type d'un réseau sans fil :

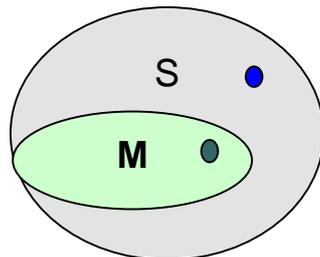
La **station** : Elle assure l'interface entre le réseau sans fil et le réseau filaire et elle est composée du concentrateur et de l'émetteur-récepteur qui émet des informations dans un champ de forme spécifique à la technique utilisée, appelée volume d'émission de la station.

L'interface air représente la liaison qui va s'établir entre une station et un mobile par l'intermédiaire d'une des techniques. Cette liaison ne peut s'établir que dans une cellule particulière appelée cellule de communication.

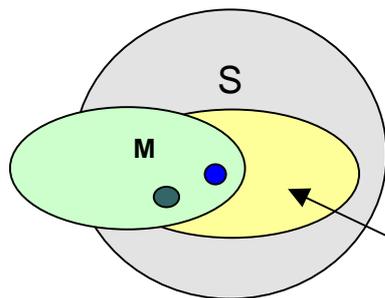
La taille de la cellule de communication varie en fonction de la portée du mobile.



Cas 1 : **transmission impossible**



Cas 2 : **transmission impossible**



Cas 3 : **transmission possible**

Cellule de communication

Les cellules d'un réseau sans fil

L'interface air est une liaison possédant des caractéristiques particulières :

- Elle est **instable** et peut se rompre à tout moment.
- Elle est de **qualité variable** en raison des perturbations extérieures.
- Son **débit** est **limité**.

Cette interface nécessite des protocoles complexes et propres à chaque système pour garantir la bonne transmission de l'information.

Le **mobile** est l'élément pouvant échanger des informations avec une station de base, quelle que soit sa position dans la cellule de communication. Il se compose d'une unité logique et d'un émetteur-récepteur interne ou externe.

Les techniques utilisées sont :

- La radio.
- Les micro-ondes.
- Les infrarouges.
- Le laser.

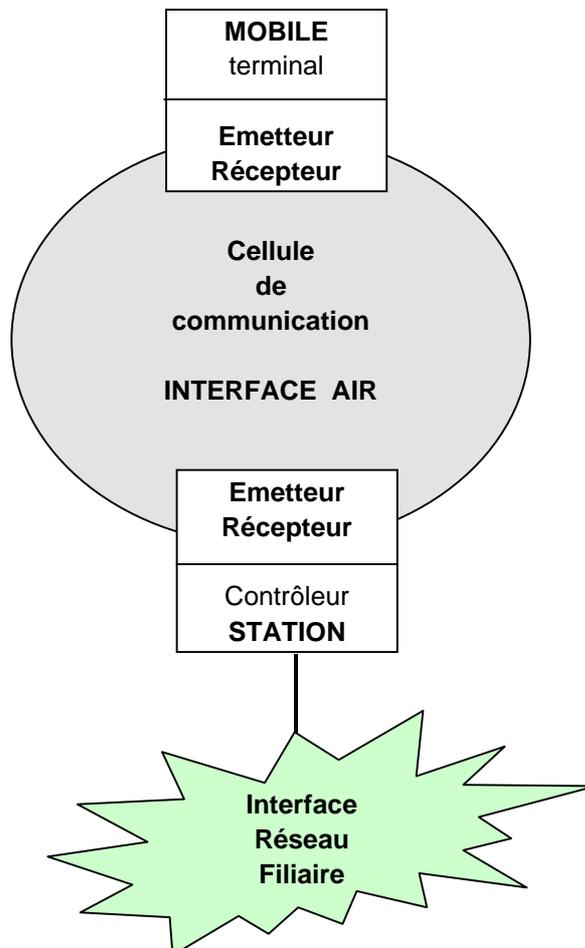


Schéma type d'un réseau sans fil

1.3.1.1.3.2.3.4.3./ Radio-cellulaire

La transmission de données sur les canaux téléphoniques réservés aux mobiles rencontre des difficultés en raison :

- De la réduction de la largeur de bande.
- De la présence de parasites radioélectriques.

Les mobiles doivent travailler avec plusieurs stations fixes raccordées à des liaisons spécialisées ou à des réseaux de paquets. Deux types de perturbations sont rencontrées :

- Occurrence de **paquets d'erreurs très courts** ou isolés provoqués par des interférences, du **bruit** ou des **évanouissements** de multiple propagation liés au mouvement d'autres mobiles.
- Des **paquets d'erreurs assez longs** dus à des **affaiblissements complets** causés par la présence d'obstacles à la propagation.

1.3.1.1.3.2.3.5./ Les techniques utilisées

La norme CT2 Le standard DECT

Ils permet la transmission simultanée des données et de la voix. Ils sécurise les communications en imposant un chiffrement des données. Ils assure les fonctionnalités de changement de cellule et de localisation.

	DECT	CT2
fréquence	1,8 à 1,9 GHz	864 à 868 MHz
nombre de fréquences porteuses	10	40
nombre de canaux par porteuse	12 en duplex	1
assignation du canal	dynamique	dynamique
technologie	numérique	numérique
portée	50 à 500 m	100 à 200 m
chiffrement des données	oui	oui
changement de cellule en cours de communication	oui	oui

Les standards DECT et CT2

1.3.1.1.3.2.3.6./ Mise en oeuvre

Dans la majorité des cas, le système choisi sera complémentaire de l'autocommutateur existant.

1.3.1.1.3.2.3.7./ Fonctionnalités d'un autocommutateur sans fil

La **localisation automatique (roaming)** : permet de diriger un appel entrant vers le terminal destinataire, quel que soit sa position dans l'entreprise

Le **hand-over** : permet à l'utilisateur en cours de communication de passer d'une zone à une autre sans perdre sa communication

Les zones de communication ne sont pas toujours contiguës : le système va mettre en attente la communication. L'utilisateur dispose d'un temps donné pour retrouver une zone de communication.

Le **paging** : permet d'émettre vers un mobile un message sous forme de chiffres. Les **services courants** des autocommutateurs simplifient les **services et le confort d'utilisation**).

La **sécurité** :

- Liaison radio numérique.
- Algorithme de compression des données et de chiffrement.
- Assignation des fréquences dynamique.
- Terminaux identifiés.

1.3.1.1.3.2.4./ La signalisation et la supervision

Signalisation : On entend par signalisation, l'ensemble des ordres et des informations de services échangés à l'intérieur d'un réseau, aussi bien entre les commutateurs qu'entre les abonnés et leur commutateur de rattachement, et qui sont nécessaires à la gestion des communications.

Le système de signalisation utilisé dans un réseau, c'est-à-dire les méthodes retenues pour coder et transmettre l'ensemble des signaux de signalisation, influe directement sur la qualité du réseau, notamment sur les vitesses d'établissement des communications et sur les services rendus aux utilisateurs.

Supervision : La supervision décrit les différentes méthodes employées pour commander (ou provoquer) un nouvel état de la liaison établie

Il existe deux catégories de systèmes de signalisation :

- Les systèmes de signalisation voie par voie.
- Les systèmes de signalisation par canal sémaphore (normalisation internationale : CCITT n° 7).

1.3.1.2./ LES SUPPORTS DE TRANSMISSION

1.3.1.2.1./ Introduction

Il nous faut définir 2 termes : réseau et système.

Si la notion de réseau est directement associée à la mise en relation d'un ensemble plus ou moins vaste de terminaux entre eux, le concept de système se rapporte essentiellement aux moyens de télécommunications mis en oeuvre pour constituer des réseaux.

Système : C'est un ensemble cohérent de moyens mis en oeuvre pour réaliser tout ou partie des fonctions de télécommunications. Il existe deux grands systèmes spécifiques :

- Les systèmes de transmission.
- Les systèmes de commutation.

Un seul système de télécommunications peut être utilisé comme support de plusieurs réseaux.

Dans les systèmes universels de commutation, il peut y avoir unicité de réseau et diversité de systèmes. Les systèmes de transmission comprennent essentiellement :

- les **lignes de transmissions** proprement dites. C'est les **supports de transmission**.
- les **équipements de groupement des signaux à transmettre**. C'est le **multiplexage**.

L'objectif de la couche physique est d'assurer le **transfert de bits d'information entre deux équipements terminaux**, le plus souvent des équipements informatiques, **à travers un support de transmission**.

De nombreux supports sont utilisés en transmission de données :

- Des **supports avec guide physique** :

- . les **câbles électriques**.
- . les **fibres optiques**.

- Des **supports sans guide physique** :

- . les **ondes radio-électriques**.
- . les **ondes lumineuses**, etc ...

1.3.1.2.2./ Historique

Les plus anciennes transmissions d'information sont par voie optique. Avec l'utilisation de l'électricité on a obtenu les liaisons par conducteurs.

Puis on a fait la découverte de la propagation des ondes. L'emploi des ondes courtes et de la réflexion ionosphérique on permet des liaisons à grandes distances, mais limitées en débit et présentant un caractère aléatoire.

La mise sur orbite de satellites de télécommunications on donné des liaisons fiables à très grande distance et à fort débit.

Enfin, les systèmes de transmission à fibres optiques qui utilisent le **phénomène de propagation** :

- Soit du **courant électrique** dans les conducteurs.
- Soit des **ondes électromagnétiques guidées** ou dans l'atmosphère.
- Soit d'une **onde lumineuse** dans les fibres optiques.

1.3.1.2.3./ Les câbles

Dans le choix du câble, il faut tenir compte de différents aspects :

- La **vitesse de transmission** nécessaire ou désirée.
- La **distance maximale** à couvrir.
- Les **interférences** éventuelles du monde extérieur.
- La **sécurité des données** circulant dans le média.
- La **disposition des lieux**.
- La **topologie du réseau**.

1.3.1.2.3.1./ Les câbles électriques à paires torsadées

La simple paire de fils métalliques entourés d'un isolant, type paire téléphonique. Le problème majeur avec cette catégorie de support est l'affaiblissement, qui est d'autant plus important que le diamètre du fil est petit. Pour compenser cet affaiblissement on utilise des répéteurs.

Les paires peuvent être regroupées entre elles et torsadées selon un arrangement et un pas choisi afin de diminuer l'affaiblissement et les problèmes de diaphonie. Elles forment un câble dit à paires symétriques.

La paire torsadée peut être blindée afin d'être mieux protégé contre les interférences.

Les fils métalliques sont très utilisés pour la transmission en modulation ou en bande de base sur circuits non transposés. La bande passante en fréquences d'un câble électrique à paires torsadées, dépend essentiellement :

- De la qualité de ses composants.
- De la nature des isolants.
- De la longueur du câble entre l'émetteur et le récepteur.

1.3.1.2.3.2./ Le câble coaxial

Le coax "fin" (thin Ethernet) connu sous le nom de RG 58U a :

- Une impédance caractéristique de 50 ohms.
- Une vitesse de transmission élevée.
- Une bonne tolérance aux interférences du milieu.
- Une excellente qualité de transmission des signaux numériques appelée couramment transmission en bande de base.

Le coax "gros" (thick Ethernet) a :

- Une impédance caractéristique de 75 ohms,
- Une excellente qualité de transmission des signaux analogiques.
- Une excellente qualité pour les transmissions plus élevées, ce qui se traduit par des segments de câble de plus grandes distances par rapport au câble coax fin.

Remarque : L'impédance caractéristique Z_c d'un câble coax : Il est impératif que cette impédance soit une valeur constante, quels que soient la longueur du câble et le nombre de stations qui s'y raccordent. Le câble présente un bouchon ohmique de même impédance que la Z_c , à chaque extrémité.

Deux modes principaux de raccordement des équipements au câble coaxial :

- Sectionner le câble et raccorder les tronçons obtenus à un **connecteur en forme de T** et à l'extrémité de chaque côté un **terminateur**. Un **segment** est défini comme étant la **distance entre deux terminateurs**
- L'installation sur le câble coaxial d'un dispositif spécial, appelé **prise vampire** (= support à une **sonde** très fine)

Les câbles coaxiaux utilisés en transmission en large bande permettent

- Des **systèmes de transmission analogiques** ou **d'informations numériques**.
- La télévision par câble : le **CATV** (= Community Antenna TeleVision).
- Nécessitent l'utilisations d'amplificateurs (ces amplificateurs sont unidirectionnels).

1.3.1.2.3.3./ La fibre optique

Ils permettent la transmission de signaux binaires sous la forme d' **impulsions lumineuses**. Le principe de transmission repose sur la **réflexion totale de la lumière** (c'est-à-dire **sans réfraction**) à l'intérieur de la fibre optique. Pour cela la fibre est constituée de deux milieux d'indice de réfraction différent :

- Le **cœur** dans lequel se **propage la lumière**.
- La **gaine** qui **entoure le cœur** et **d'indice plus faible** afin que les rayons lumineux qui se propagent dans le cœur soient réfléchis.

La **propagation des ondes lumineuses** se fait soit **parallèlement à l'axe du câble**, soit **par réfraction sur les parois du média**.

Lorsqu'un rayon lumineux quitte un milieu homogène pour se propager dans un autre milieu, le parcours du rayon est infléchi au niveau de l'interface séparant les deux milieux considérés :

- L'**ouverture numérique** nécessite un **angle d'acceptance**
- Les **modes de propagation** qui découlent des angles d'incidence des rayons lumineux par rapport à l'axe du cœur

Les fibres optiques **multimodes** comprennent :

- Les fibres à **saut d'incidence**.
- Les fibres à **gradient d'indice**.

Plus un rayon s'éloigne de l'axe de la fibre et plus la vitesse de propagation augmente.

Les fibres optiques **mono modes** propage les rayons **suivant l'axe de la fibre**. Il existe deux types de **connecteurs d'extrémités** qui sont :

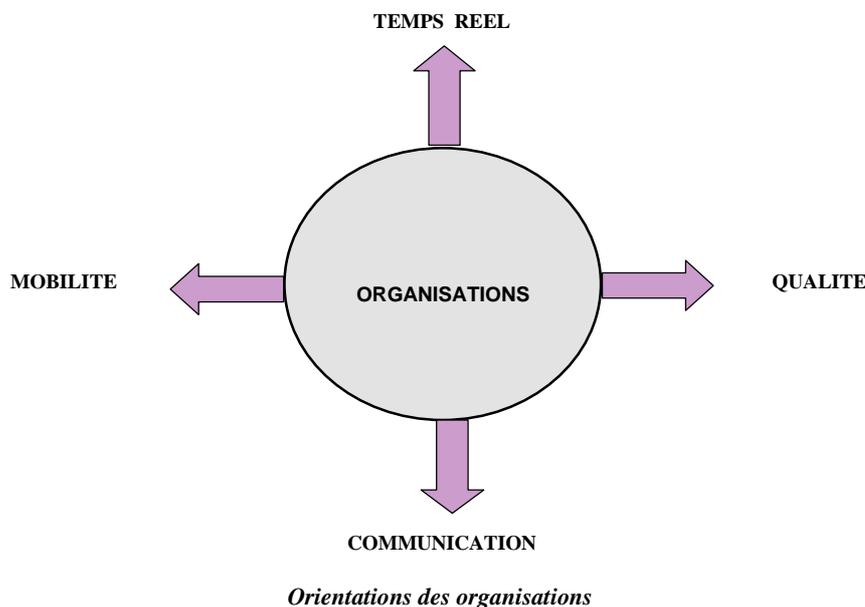
- Les connecteurs de type **SMA**.
- Les connecteurs par baïonnettes dits **ST**.

1.3.1.2.4./ Les ondes en transmission à vue directe

1.3.1.2.4.1./ Introduction

L'évolution actuelle des organisations tend vers 4 axes :

- La **mobilité**.
- La **communication**.
- Le **temps réel** avec la **disposition de l'information immédiate** et le souci de **diminution des délais**.
- la **qualité du système d'information et des prestations rendues par l'entreprise**.



1.3.1.2.4.2./ Les ondes électromagnétiques

1.3.1.2.4.2.1./ Généralités sur les ondes électromagnétiques

Un **conducteur rectiligne** (antenne) alimenté en **courant haute fréquence** rayonne **une énergie** (onde électromagnétique) qui peut être recueillie par un autre conducteur métallique similaire. La liaison entre les deux entités émetteur et récepteur s'effectue sans support physique. **Les ondes électromagnétiques se propagent dans le vide à la vitesse de la lumière.**

Les transmissions par ondes électromagnétiques sont utilisées chaque fois qu'il est nécessaire :

- De diffuser une même information vers plusieurs utilisateurs (**réseaux de diffusion**).
- De mettre en relation des stations mobiles (**réseaux de messagerie**).
- De relier, à haut débit, deux entités éloignées (**faisceaux hertziens**) ou très éloignées (**satellites de communication**).
- Chaque type de liaison et d'application utilisent des bandes de fréquences différentes.

1.3.1.2.4.2.2./ Radio-cellulaire

Il existe deux types de **perturbations** :

- Occurrence de **paquets d'erreurs très courts** ou isolés provoqués par des **interférences**, du **bruit** ou des **évanouissements** de multiple propagation liés au mouvement d'autres mobiles.
- Des **paquets d'erreurs assez longs** dus à des **affaiblissements complets** causés par la présence d'obstacles à la propagation.
- Les systèmes de radiocommunications utilisent des systèmes :
 - . de modulation analogique.
 - . de modulations numériques.

La **zone de couverture radioélectrique** entre utilisateurs est **partagée** selon différentes méthodes :

- Il est possible de proposer des **services sur une même fréquence** dans une large zone **en réduisant le temps d'utilisation**.
- Une autre méthode consiste à **diviser la surface de la zone en cellules** et **en affectant des fréquences de travail différentes pour chacune des cellules**, la surface de ces cellules étant déterminée par le trafic maximum escompté.

Comme en technique satellite, trois **types d'accès** sont offerts :

- **AMRF** (= **Accès Multiple à Répartition en Fréquence**).
- **AMRT** (= **Accès multiple à Répartition dans le Temps**).
- **AMRC** avec des combinaisons possibles.

Des **fréquences d'émission** peuvent donc être **réutilisées dans d'autres secteurs géographiques**. Si l'on affecte la **même fréquence d'émission** à plusieurs utilisateurs, un **système de partage dans le temps** peut être mis en oeuvre :

- Soit **après chaque communication**.
- Soit **en entrelaçant les échantillons de signaux de parole**.

1.3.1.2.4.2.3./ Types d'application

- La serte d'abonné téléphonique en zone rurale.
- La gestion des stocks dans des périmètres restreints.
- Pour les mobiles (WiLLs ou Wireless Local Loop services = Services disponibles sur des liaisons d'abonnés sans fil).

Ces **réseaux de radiocommunication professionnelle** (ou privée **PMR** = **Private Mobile Radiocom**) ont été édifiés de façon à assurer la desserte totale d'un pays, un certain nombre d'émetteurs couvrant chacun, par leur rayonnement, une zone de taille déterminée appelée **cellule** (**réseaux cellulaires**).

1.3.1.2.4.3./ Les ondes lumineuses

1.3.1.2.4.3.1./ Les rayons laser ou infrarouges

Un ensemble émetteur-récepteur à rayons laser ou infra-rouges, sur le toit de chaque bâtiment. Il s'agit d'une émission lumineuse, **diffuse** ou **focalisée**, dont la longueur d'onde se situe dans la plage des infrarouges. Cette émission obéit aux lois physiques de la lumière :

- Diffraction.
- Réfraction.
- Absorption.
- Réflexion.

Le codage des bits peut se faire de deux façons différentes :

- En mode **synchrone**.
- En mode **asynchrone**.

La **faible portée** de cette technique lui assure une **utilisation de plein droit** et une **confidentialité des données**. Cependant elle impose la nécessité pour le **transmetteur** et le **récepteur**, d'être **à vue l'un de l'autre**.

On est en présence d'un réseau à deux niveaux :

- Le **niveau principal**, appelé **réseau fédérateur** ou **backbone**, est constitué des systèmes de transmission par rayons laser ou infrarouges reliant les immeubles entre eux.
- Le **second niveau**, composé des **réseaux locaux**. Chacun des réseaux locaux est relié au réseau fédérateur par un **dispositif d'adaptation**, une **passerelle** ou **gateway**.

Les **transmissions** par rayons laser ou infrarouges sont **entièrement numériques** et à **faisceaux très directifs**, ce qui les protège contre la plupart des interceptions frauduleuses. Toutefois, les **conditions météorologiques** peuvent, selon les fréquences de travail choisies, altérer la qualité des communications entre les immeubles.

1.3.1.2.4.3.1.1./ Les faisceaux hertziens

Pour les communications à longues distances, les **faisceaux dirigés d'ondes radio à très hautes fréquences**, ou **faisceaux hertziens**, sont fréquemment utilisés et constituent une alternative à l'emploi des câbles coaxiaux.

Ces ondes permettent des **transmissions de proche en proche** entre des stations relais depuis l'émetteur jusqu'au récepteur. Les ondes **se propagent en ligne droite**. On ne peut progresser que par **bonds**, en passant par des **stations relais en visibilité directe** l'une de l'autre.

Des **antennes paraboliques** d'émission réception sont installées au sommet de pylônes ou de tours. Plus les tours sont hautes, plus les distances couvertes sont importantes. La directivité du "faisceau" est d'autant plus grande que la longueur d'onde est plus petite et que la surface de l'antenne émettrice est plus importante. Les faisceaux hertziens sont utilisés en **transmission analogique** et en **transmission numérique**. Ils constituent des canaux de **grande bande passante**, donc des artères de grands débits. Le signal entrant est un **multiplexage** de nombreux signaux analogiques ou numériques.

L'attribution de telle ou telle bande de fréquences (ou longueurs d'onde) à tel service exploitant se fait en tenant compte :

- De la situation existante.
- Du désir de contenter tout le monde.
- De réserver les longueurs d'onde les mieux appropriées à l'utilisation envisagée.

1.3.1.2.4.4./ Les satellites

1.3.1.2.4.4.1./ Généralités

Le **Service Fixe par Satellite** ou **FSS** (décrit par l'UIT) est un service de radiocommunications entre des points définis sur la surface de la Terre qui implique l'emploi d'un ou de plusieurs satellites. Les stations situées à la surface de la Terre s'appellent **Stations terriennes du service fixe par satellite** et l'ensemble constitué par les répéteurs et les antennes associées **Stations spatiales du service fixe par satellite**.

Le FSS s'oppose au **MSS, maritime mobile satellite service**, dans lequel émetteurs et récepteurs sont des stations mobiles installés sur des bateaux.

Les satellites sont gérés par des **organisations internationales**. Un satellite peut être considéré comme une **station relais d'ondes à très hautes fréquences** dotée d'un certain nombre de **répéteurs** : **des répéteurs à transposition de fréquences**. Chaque répéteur :

- Ecoute une fraction de la bande de fréquences des signaux reçus par le satellite.
- Détecte et amplifie les signaux qu'il reconnaît.
- les ré émet dans une autre bande de fréquences.

Selon les satellites, les faisceaux d'ondes diffusés vers la Terre couvrent :

- Soit une **zone géographique importante**.
- Soit une **zone relativement étroite** (une centaine de kilomètres carrés).

Remarque : D'après la loi de Kepler, la période de révolution d'un satellite varie selon le rayon orbital à la puissance $3/2$. A proximité de la surface de la Terre, la période de révolution est d'environ 90 minutes. Cela ne présente pas beaucoup d'intérêt en télécommunications car le satellite, dit **satellite à défilement**, n'est vu par les stations terrestres que de manière épisodique. Son exploitation en télécommunication serait fort coûteuse car elle nécessiterait la mise en place d'équipements de poursuite de satellite.

Les satellites requis pour la transmission de données, sont des **satellites géostationnaires**, c'est-à-dire **pratiquement immobiles par rapport à un référentiel terrestre**. L'équilibre d'un satellite en orbite est la résultante de l'équilibre entre :

- L'attraction terrestre.
- La force centrifuge.

Plus un satellite sera sur une orbite basse , plus il devra tourner rapidement afin de compenser l'attraction terrestre. Un **satellite** est dit **géostationnaire** :

- Lorsqu'il **tourne à la même vitesse que la Terre**.
- Lorsqu'il **se trouve toujours à la verticale d'un même point par rapport à elle**.

Chaque satellite concentre son énergie hertzienne sur une ou plusieurs zones préférentielles d'exploitation Des accords internationaux émanant du **CCIR** (= **Comité Consultatif International des Radiocommunications**) attribuent à des utilisateurs potentiels des positions orbitales praticables et les fréquences utilisables correspondantes. Les fréquences sont définies dans des bandes attribuées en fonction des missions :

- **Bande S** (2 GHz à 3 GHz) pour certains canaux de télévision.
- **Bande L** (1,6 GHz) pour les liaisons avec les mobiles.
- **Bande C** (4 GHz à 6 GHz) pour le service fixe entre grandes stations de connexion.
- **Bande X** (7 - 8 GHz) pour les télécommunications militaires.
- **Bande Ku** (10 GHz à 17 GHz) pour la distribution de télévision et la télévision directe.
- **Bande Ka** (20 GHz à 30 GHz) pour le transfert de données dans les faisceaux étroits.

Les satellites peuvent utiliser l'une des bandes ou combiner plusieurs d'entre elles. Les largeurs de bande passante varient également en fonction des services.

1.3.1.2.4.4.2./ Principe de fonctionnement

Un système satellite comprend 2 secteurs principaux :

- Le **secteur terrien** constitué :
 - De stations d'émission/réception.
 - Des moyens de drainage et de distribution du trafic en provenance et à destination des utilisateurs.
 -
- Le **satellite** qui constitue le **secteur spatial**.

Pour atteindre le satellite, la station émettrice emprunte un **faisceau montant (up-link)** et pour atteindre la station réceptrice, le satellite emprunte un **faisceau descendant (down-link)**. Les principales caractéristiques qui déterminent les performances d'un système satellite sont les suivantes :

- La ou les **zones couvertes** par le satellite.
- La **gamme de fréquences** utilisées.
- La **puissance** et la **capacité de transmission**.
- La **taille des antennes** des stations **terriennes**.
- Les **techniques de modulation** et **de codage** utilisées pour la transmission des signaux.
- Les **techniques d'accès** aux capacités de transmission embarquées sur le satellite.

Deux modes d'exploitation des satellites ont été définis :

- La **télécommunication** : le mode télécommunication correspond à des **connexions entre 2 stations** relativement importantes.
- La **télédiffusion directe** : le **mode télédiffusion directe** implique la possibilité de réception directe par un grand nombre d'antennes de très petite taille. Il y a dans ce dernier cas **diffusion des signaux**.

Chaque répéteur est accordé à une gamme de fréquences différentes, commutable vers un jeu d'antennes. Ces antennes sont directives ou ont une couverture globale; elles sont de plus caractérisées par un système de polarisation.

S'il y a n stations terrestres à raccorder par le canal satellite, le nombre de liaisons bipoints est $n(n-1)$. Ce nombre est toujours supérieur au nombre de répéteurs; il faut avoir des **politiques d'allocation** des bandes de fréquences et des répéteurs.

Le **répéteur** se borne à **amplifier les signaux reçus** (analogiques ou numériques) et à les **réémettre sur une autre fréquence vers les stations terriennes**. L'ensemble "répéteur - antenne polarisée" est reconfigurable depuis le sol, la redéfinition se faisant selon les besoins du marché.

Les signaux se déplacent à la vitesse de la lumière, le signal effectue un aller-retour de la Terre au satellite en un temps compris entre 250 et 300 millisecondes. Ce temps est fonction :

- De la hauteur du satellite au-dessus de l'horizon.
- De la distance qui sépare les utilisateurs des stations terrestres.

Les liaisons par satellite de télécommunications présentent la particularité que le coût réel de transmission d'un message est pratiquement indépendant de la localisation des usagers.

Les prestataires qui proposent ces services **facturent au prorata de la durée de connexion et du volume des informations** qui passent par les transpondeurs.

Une autre différence importante entre les liaisons par satellite et les liaisons par voie terrestre réside dans la valeur des débits maximum praticables. Le faisceau émis par un satellite est un faisceau de diffusion pouvant arroser de très grandes surfaces. Il est nécessaire de crypter les informations.

1.3.1.2.4.4.3./ Principe d'accès au satellite

Un canal satellite peut recevoir des signaux de n'importe quelle station terrestre dans son champ de vision. Cette propriété s'appelle **l'accès multiple**. Le signal reçu par le satellite dans une fréquence f_1 est retransmis vers la terre avec une fréquence f_2 vers l'ensemble des stations terrestres. Il y a **diffusion des signaux**.

Les politiques d'accès aux canaux satellites doivent permettre une **utilisation maximale du canal**.

1.3.1.2.4.4.3.1./ Les politiques de réservation

AMRF = Accès Multiple à Répartition en Fréquence :

On suppose qu'il y a n stations. On découpe la bande de fréquence f1 en n sous-bandes permettant à chaque station de se correspondre indépendamment des autres liaisons. Chaque station terrestre comporte de ce fait :

- Un modulateur.
- Un émetteur.
- n récepteurs.
- n démodulateurs.

Le satellite doit amplifier simultanément n porteuses.

On évite les collisions en répartissant le canal équitablement entre les divers utilisateurs. On voit les limites de cette technique puisque si une ou plusieurs liaisons sont inutilisées il y a perte sèche des bandes correspondantes. Si l'on veut rendre cette politique dynamique en répartissant les fréquences f1 entre les utilisateurs actifs ou si l'on veut introduire une nouvelle station dans le réseau, il faut imposer une nouvelle répartition des fréquences, ce qui pose de nombreux problèmes et ne peut se faire que sur des tranches de temps assez longues.

Six possibilités techniques ont été développées :

- AMRF/MF : Le multiplexage des signaux est associé d'abord à un multiplexage en fréquence (MRF) puis à une nouvelle modulation de fréquence (MF).
- SCPC (= Single Channel Per Carrier) : c'est un système à porteuse mono-voie qui convient pour les liaisons à faible trafic.
- CFDM/FM (= Compression Extension) : le signal est comprimé avant émission et décomprimé après transmission, ce qui présente un avantage du point de vue du bruit.
- VISTA : cette technique analogique utilise la modulation SCPC sur des antennes de faible capacité.

- IDR (= Intermediate Data Route) : technique numérique qui autorise l'utilisation de systèmes de concentration de la parole avec un facteur moyen de l'ordre de 2 (Low Rate Encoding = MICDA) ou de 4 (Digital Multiplication Circuit Equipment = CELTIC 3G).
- IBS (= International Business Service) : utilisation de porteuses numériques pour des besoins interentreprises (voix/données/visio) uniquement.

AMRT = Accès Multiple à Répartition dans le Temps :

Le **cas statique** : On découpe le temps en tranches que l'on affecte successivement aux différentes stations terrestres.

Toutes les stations terrestres émettent sur la même fréquence sur l'ensemble de la bande passante, mais successivement. Chaque station doit être équipée :

- D'un seul récepteur.
- D'un seul démodulateur.

Chaque tranche de temps est composée d'un en-tête :

- Les premiers éléments binaires sont utilisés pour l'acquisition des circuits de recouvrement de porteuse et de rythme de démodulateur.
- L'en-tête transmet également des informations nécessaires pour permettre d'identifier la station terrestre émettrice.
- De plus il est nécessaire de synchroniser l'émission en début de tranche pour qu'il n'y ait pas de chevauchement possible. Il existe entre chaque tranche un intervalle réservé à cet effet.

Toute la largeur de bande du répéteur est consacrée à la transmission de la trame numérique. Le satellite comporte plusieurs répéteurs. Chaque station peut émettre sur un seul répéteur, mais peut recevoir les signaux des autres répéteurs. La synchronisation des stations est assurée par une station centrale qui émet régulièrement des signaux, que chacune des stations interprète en tenant compte du temps de transit satellitaire. La valeur de chaque tranche est variable suivant l'application désirée.

Une **politique d'allocation dynamique** : les stations demandent au fur et à mesure de leur besoin les tranches nécessaires pour écouler leur trafic. Ces demandes d'allocation ont le désagrément :

- D'alourdir la gestion du système.
- D'augmenter sensiblement le temps de réponse, puisqu'il faut au minimum 2 aller-retour avant d'obtenir, de la station maître qui gère le système, les tranches de temps correspondant à la demande.

1.3.1.2.4.4.3.2./ Les politiques d'accès aléatoire

L'accès aléatoire consiste pour les stations terrestres à émettre dès qu'elles ont un paquet de données en leur possession. S'il y a collision, les paquets perdus seront retransmis ultérieurement, après un temps tiré de façon aléatoire pour éviter un maximum de nouvelles collisions.

- **La technique de base nommée ALOHA** : les stations terrestres émettent des paquets dès qu'ils sont en leur possession. La propriété de diffusion et les codes détecteurs d'erreur permettent aux stations de savoir si leurs émissions se sont effectuées correctement.
- **La politique ALOHA en tranches** : L'idée est de découper le temps en tranches de longueur égale correspondant au temps de transmission d'un paquet. Les émissions doivent être synchronisées en début de tranche de temps.
- **ALOHA avec réservation** : une station terrestre qui vient d'émettre un paquet à toutes les chances d'en émettre un suivant, d'où l'idée de lui réserver des tranches de temps. La technique utilise le principe précédent : les tranches de temps sont réunies en trames d'une longueur supérieure au temps d'aller-retour, de telle sorte que toutes les stations au début d'une tranche soient parfaitement au courant de ce qui s'est passé dans la même tranche de la trame précédente :

- . Si une tranche est libre ou bien reflète une superposition de plusieurs paquets, la tranche correspondante dans la trame suivante est libre d'accès.
- . Au contraire, si une station x réussit une transmission, la tranche correspondante dans la trame suivante lui est réservée.

Dès qu'une tranche réservée est inoccupée, elle redevient libre d'accès.

1.3.1.2.4.4.3.3./ Les politiques de réservation par paquet

Réservation par une file d'attente fictive premier arrivé, premier servi : le temps est découpé en tranches égales à la durée de transmission d'un paquet. Les tranches sont regroupées en trames dont la durée est supérieure au temps de propagation aller-retour. Chaque trame débute par une tranche contenant elle-même des mini-tranches en nombre égal à celui des tranches restant disponibles dans la trame.

Les mini-tranches sont accédées par la méthode ALOHA. Les réussites déterminent une file d'attente fictive dans l'ordre du premier arrivé, premier servi.

Réservation ordonnée : Il y a autant de mini-tranches dans l'en-tête que de tranches dans la trame, et que de stations terrestres. Les mini-tranches sont dédiées et permettent aux stations terrestres d'avertir les autres émetteurs qu'elles occupent la tranche qui leur appartient. Dans le cas contraire, la tranche correspondante devient libre et peut être accédée par tous les utilisateurs dans un mode d'accès aléatoire.

Réservation à tour de rôle : Une trame est formée de m tranches, m supérieur à n (nombre de stations terrestres). Les n premières tranches sont réservées aux stations correspondantes et les paquets transmis dans ces tranches sont précédés de l'état de la file d'attente de la station par l'intermédiaire du nombre de paquets en attente. Une file fictive commune est construite à partir des en-têtes de tranche donnant le nombre de paquets en attente pour chaque station. Les tranches libres aussi bien celles des stations inactives que les $m-n$ dernières de la trame, sont occupées à tour de rôle par les clients en attente.

1.3.1.2.4.4.3.4./ Paramètres des répéteurs

Il y a un compromis entre :

- La puissance consommée et la bande de fréquences utilisée.
- La puissance émise par le satellite et le diamètre des antennes.
- Le gain en réception du satellite et la puissance de la station terrienne.
- Le facteur de mérite de la station terrienne, le diamètre de l'antenne.
- La propagation des ondes pour les satellites obéit aux mêmes lois que celle des faisceaux hertziens (dégradations dues au fading).

1.3.1.3. / LES EQUIPEMENTS DIVERS

1.3.1.3.1./ Introduction

Le CCITT a pour objectif de faire assurer une compatibilité entre les matériels en élaborant des avis.

Un **avis** (aussi appelés **recommandations**) est une norme éditée par le CCITT et ayant trait aux télécommunications. Les avis ont valeur consultative mais, du fait qu'ils résultent d'un consensus international, ils :

- Ont **valeur de standard**.
- Sont **universellement respectés** par les différents acteurs du domaine des télécommunications.

Le nom d'un avis commence par une **lettre indiquant le sujet traité** :

- **V** pour les **transmissions de données**.
- **T** pour les **protocoles et formats de données**.
- **X** pour les **réseaux spécialisés**.

1.3.1.3.2./ Rôle de la couche physique

Selon les définitions officielles données par le CCITT, la transmission suppose une source de données et un récepteur de données communiquant au travers d'un canal de données.

Les points de contact entre les différents éléments font l'objet d'une normalisation internationale dans le cadre du CCITT ou de l'ISO. Ces **normes** peuvent concerner les caractéristiques :

- Physiques.
- Electriques.
- Logiques.

L'ETTD et l'ETCD échangent des signaux qui contiennent des informations diverses. Il faut :

- Disposer d'un certain nombre de circuits.
- Définir les signaux véhiculés sur ces circuits.
- Préciser leur signification.

L'ensemble des circuits et des fonctions qui leur sont associées constituent la **jonction** entre l'ETTD et l'ETCD. Elle sert à spécifier l'interconnexion de l'ETTD et de l'ETCD :

- Du point de vue des circuits.
- Du point de vue des signaux échangés.

La connaissance de l'interface et de ses performances permet d'assurer la compatibilité des équipements qui s'y interconnectent. C'est aussi la frontière de responsabilité entre exploitants de services différents.

1.3.1.3.2.1./ La jonction

Un certain nombre de connecteurs correspondant à des gammes de débits sont définis par les avis. Les tensions appliquées sur les broches du connecteur sont :

- Soit des "états" pour les commandes.
- Soit des signaux de données ou d'horloge.

1.3.1.3.2.1.1./ La jonction V.24 ou RS-232C

1.3.1.3.2.1.1.1./ généralités

Elle concerne principalement la transmission de données par **raccordement au réseau téléphonique ou liaisons spécialisées** avec des transmissions de type **analogique**. L'**avis V.24** définit les **spécifications fonctionnelles** de la jonction et l'**avis V.28** les **caractéristiques électriques des signaux** de la jonction. Pour réaliser une transmission des données, cette interface logique décrit :

- La fonction des signaux.
- La manière de les utiliser.

La norme est **indépendante** :

- Du **mode de transmission** (synchrone ou asynchrone).
- Du **support utilisé** (RTC ou lignes spécialisées).
- Du **type de connexion** (liaisons deux fils ou quatre fils).
- De la **configuration** (point à point ou multipoint).

1.3.1.3.2.1.1.2./ Les aspects mécaniques

Les **signaux** ou fils de jonction, ainsi que les **broches** correspondantes du connecteur sont repérés par un **nombre** et une **appellation immuables**. La normalisation définit :

- Le nombre de broches du connecteur.
- L'affectation de chacune d'entre elles.

1.3.1.3.2.1.1.3./ Les caractéristiques électriques

Les spécifications électriques précisent les **valeurs des signaux** ou **circuits électriques** de la jonction.

1.3.1.3.2.1.1.4./ Les spécifications fonctionnelles

Les spécifications fonctionnelles précisent le **rôle et la spécification des signaux** ou circuits affectés à chacune des 25 broches et leur **condition d'utilisation**.

1.3.1.3.2.1.2./ La jonction RS-449

1.3.1.3.2.1.2.1./ Les aspects électriques

Cette norme correspond toujours à la spécification fonctionnelle de V.24 mais avec des spécifications électriques nouvelles telles que V.10 et V.11. Les spécifications électriques sont à choisir parmi les deux normes :

- **RS-423** ou **V.10** : est similaire aux spécifications électriques de RS-232C. Tous les signaux électriques sont définis par rapport à un référentiel commun, la masse électrique exprimant le zéro volt. Les signaux électriques sont qualifiés de signaux asymétriques et la transmission associée de transmission en mode déséquilibré ou transmission en mode commun.
- **RS-422** ou **V.11** : nécessite, pour exprimer chaque signal électrique, deux conducteurs par signal qui sont totalement indépendants électriquement des autres conducteurs de la jonction. Les signaux résultants sont qualifiés de signaux symétriques et la transmission de transmission en mode équilibré ou transmission en mode différentiel.

1.3.1.3.2.1.2.2./ L'interface X.21

La recommandation X.21 précise les **procédures de commande** et les **règles d'échange sur l'interface** pour une **transmission synchrone**, sur un **réseau** de type **numérique**. L'avantage de cette jonction est de diminuer notablement le nombre de circuits par rapport à la jonction V.24. Le **contrôle** ne se fait pas par des circuits séparés, mais par des séquences binaires sur le circuit émission ou réception.

1.3.1.3.2.2./ Procédure d'activation désactivation d'une connexion physique

Les différentes phases de la procédure : la procédure d'activation et de désactivation d'une connexion physique recouvre l'ensemble des règles qui permettent de gérer la liaison physique et le transfert physique des données.

1.3.1.3.2.3./ Les modems

1.3.1.3.2.3.1./ Définitions

1.3.1.3.2.3.1.1./ Le modem ou ETCD

Le couple d'ETCD accomplit toutes les fonctions nécessaires pour **établir la liaison** des données, **la maintenir**, **terminer la communication**. Il effectue la **conversion**, et le **codage** des signaux entre l'ETTD et la ligne.

Le **récepteur** doit **compenser les distorsions** du signal, **procéder au décodage**, et **procéder à la synchronisation**.

1.3.1.3.2.3.1.2./ Caractéristiques des modems

Un modem est caractérisé par :

- Le **type d'interface utilisée** (ou jonction) avec le terminal.
- Le **mode d'exploitation du circuit** (simplex, duplex, ...).
- Le **type de transmission** du modem (synchrone, asynchrone).
- Le **type de modulation** (amplitude, phase, fréquence).
- Le **débit binaire** ou la **rapidité de modulation**.
- Le **respect des normes internationales** (Rec. CCITT).
- La mise en oeuvre d'**options**.
- Ses **fonctions annexes**.

1.3.1.3.2.3.1.3./ Normalisation des modems

Seuls les modems donnent lieu à une normalisation qui porte sur les caractéristiques suivantes :

- Débit binaire.
- Modulation employée.
- Type de support : Réseau Téléphonique Commuté, liaisons spécialisées en 2 ou 4 fils, groupes primaires.
- Mode de transmission : synchrone ou asynchrone.
- Mode d'exploitation : simplex, half-duplex, full-duplex.
- Interface utilisée par l'ETTD.

1.3.1.3.2.3.1.4./ Inter fonctionnement des modems

L'exploitation auto mode met en oeuvre dans les modems des techniques de modulation multiples, et choisit le type de modulation et le débit approprié sans intervention de l'utilisateur.

Les modems auto modes peuvent inclure simultanément :

- Plusieurs types de procédés de contrôle d'erreurs.
- Des algorithmes de compression de données différents.
- Plusieurs types de techniques de modulation.

Remarque : Fonctions complémentaires des modems :

- Multiplexage des données.
- Bouclage.
- Horloge émission externe.
- Fonctions d'exploitation.

1.3.1.3.2.3.1.5./ Agrément des modems

Un équipement terminal de transmission de données (ETTD) et un équipement de terminaison de circuit (ETCD ou modem) doivent satisfaire aux conditions prescrites par l'Exploitant du réseau.

1.3.1.3.2.3.1.6./ Choix d'un modem adapté à la liaison

La méthode consiste à identifier d'abord les problèmes de la liaison avant de recommander l'emploi d'un modem.

AVD et SVD permettent l'exploitation sur liaison spécialisée : Alternate Voice and Data / Simultaneous Voice and Data.

Protocoles MNP (= Microcom Network Protocole).

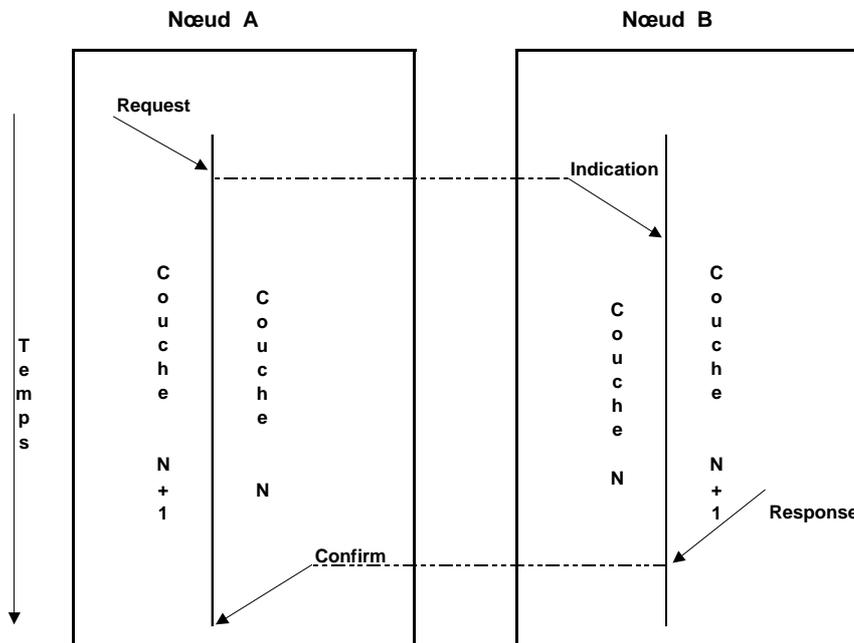
1.3.2. / LA COUCHE LIAISON DE DONNEES

1.3.2.1./ ROLE DE LA COUCHE LIAISON DE DONNEES

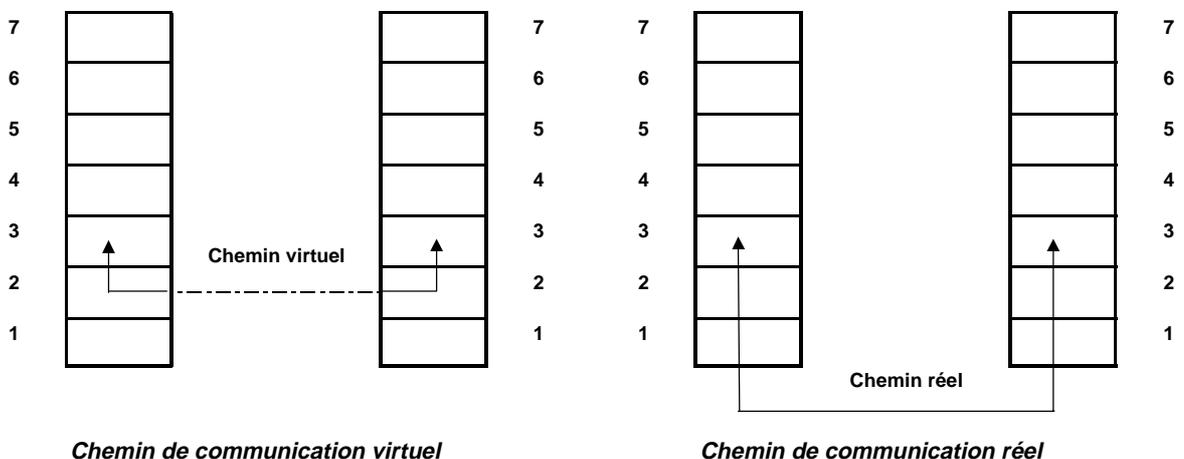
1.3.2.1.1./ Généralités

La couche Liaison a pour rôle de gérer logiquement l'échange d'informations entre les ETTD. Ceci implique :

- Détecter les erreurs dues aux différentes perturbations introduites par le support et y remédier.
- Délimiter par caractères ou par blocs les informations et distinguer les données des commandes car la transmission se fait sous forme série.
- Réguler le trafic pour éviter l'engorgement du récepteur (contrôle de flux).
- Gérer l'enchaînement dans le temps de l'échange (séquencement).



Les échanges entre types de Primitives de l'architecture ISO



1.3.2.1.2./ Les services rendus fournis à la Couche Réseau

1.3.2.1.2.1./ Le service sans connexion et sans acquittement

La machine source envoie des trames à la machine destination sans recevoir de cette dernière des acquittements. Aucune connexion n'est établie au préalable, ni libérée après l'envoi des données. Si une trame est perdue, il n'est prévu dans cette couche aucun moyen pour y remédier.

Ce type de service convient lorsque :

- Le taux d'erreur est faible.
- La correction des erreurs de transmission a été prévue dans les couches supérieures.
- Dans le cas de trafic en temps réel ainsi que dans de nombreux réseaux locaux.

1.3.2.1.2.2./ Le service sans connexion et avec acquittement

Il n'existe pas de connexion mais chaque trame envoyée est acquittée.

1.3.2.1.2.3./ Le service orienté connexion

Avant tout envoi de données, les machines source et destination doivent établir une connexion. Chaque trame envoyée sur la connexion est numérotée et la Couche Liaison garantit que chaque trame envoyée est reçue (chaque trame est reçue une fois et une seule et toutes les trames sont reçues dans l'ordre d'émission).

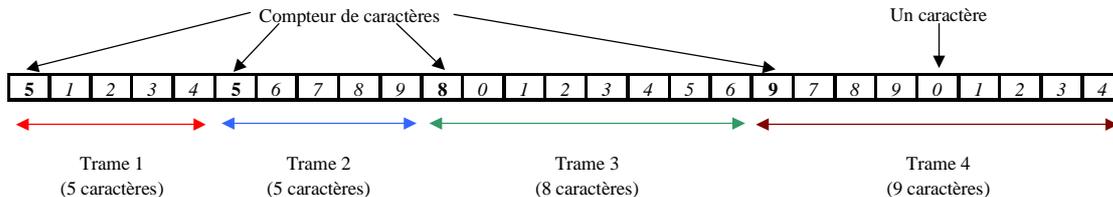
1.3.2.1.3./ La notion de trames

Pour être en mesure de fournir un service à la Couche Réseau, la Couche Liaison de Données doit utiliser le service de la Couche Physique.

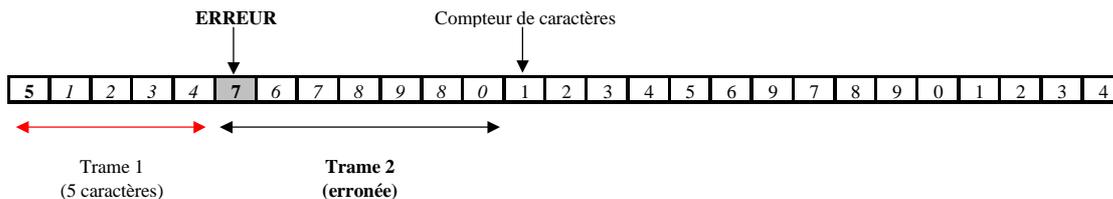
La Couche Liaison de Données :

- Découpe généralement le train de bits en trames.
- Calcule une somme de contrôle d'erreur pour chaque trame.

Une chaîne de caractères sans erreur



Une chaîne de caractères avec erreur



Notion de trames : Compter les caractères

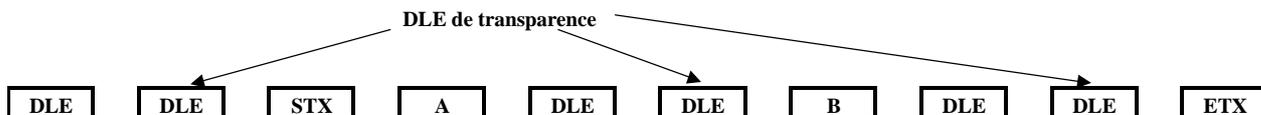
Le découpage en trames :

- On peut le réaliser **en insérant des silences** pour délimiter les trames.
- On peut signaler **le début d'une trame par une séquence particulière** (un **mécanisme de transparence**).
- On peut utiliser **une violation des règles de codage** utilisées dans la couche physique (ne nécessite pas de mécanisme de transparence).

Données envoyées par la Couche Réseau



Ajout des caractères de transparence par la Couche Liaison de Données



Données remises à la Couche Réseau de la station destination



Notion de trames : Utiliser des caractères de début et de fin de trame avec des caractères de transparence

1.3.2.1.4./ Le contrôle d'erreur

C'est l'envoi d'une trame de contrôle qui est un acquittement positif ou négatif. Pendant l'utilisation la trame à une durée qui est fonction :

- Du délai mis par la trame pour atteindre le récepteur.
- Du temps de traitement.
- De la réception par l'émetteur de l'acquittement.

Les trames sont numérotées.

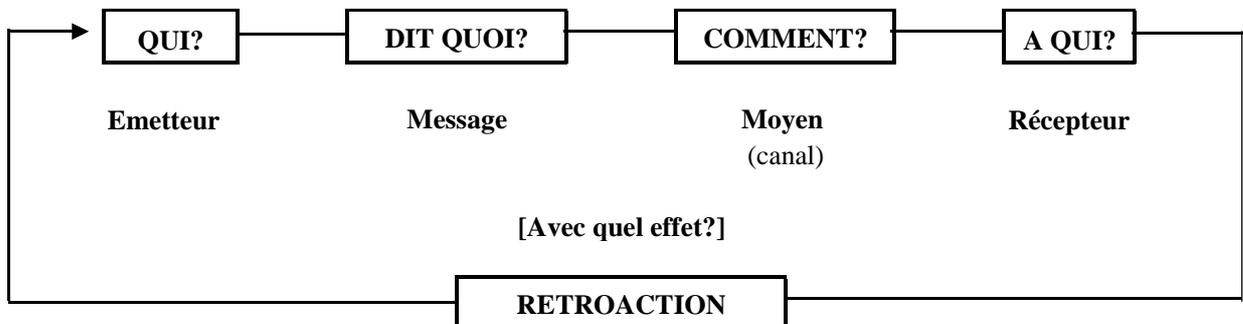
1.3.2.1.5./ Les mécanismes de fenêtre

L'implémentation de procédures permettant un **acquittement multitrame** utilise un mécanisme de fenêtre. Les trames sont numérotées de façon cyclique.

L'émetteur conserve le numéro de la dernière trame envoyée, et celui de la dernière trame acquittée. La différence entre ces deux numéros (modulo 2^{n-1}) est le nombre de trames envoyées et non acquittées, qui doit être inférieur à la taille maximum définie pour la fenêtre d'émission.

1.3.2.1.6./ Le contrôle de flux

C'est une méthode qui contraint l'émetteur à ne pas envoyer plus de trames que le récepteur ne peut en accepter (**mécanisme de rétroaction**).



Le mécanisme de rétroaction

1.3.2.1.7./ La gestion de la liaison

Il faut :

- Etablir les connexions.
- Initialiser des numéros de séquence.
- Les réinitialiser en cas d'erreurs, etc ...

Il faut gérer :

- La configuration de liaison point à point.
- La configuration de liaison multipoint.

Il y a une négociation préalable des conditions d'exploitation (taille des fenêtres, valeurs des temporisateurs, etc ...) entre les deux extrémités, la réservation des ressources nécessaires (mémoire, canal de transmission) et d'autres fonctions.

1.3.2.2./ LA PROTECTION CONTRE LES ERREURS DE TRANSMISSION

1.3.2.2.1./ Les différents types d'erreurs

- Le bruit thermique (rapport signal à bruit).
- Le bruit impulsif.
- L'amplitude, la vitesse de propagation, la phase des signaux fonction de la fréquence.
- La diaphonie.
- L'affaiblissement.
- La synchronisation avec l'émetteur.

DEFAUTS POSSIBLES	SOLUTIONS ENVISAGEABLES
Bruit blanc (bruit dont la puissance est répartie dans la bande passante)	Difficile à éliminer, mais pas trop gênant pour la transmission de données
Distorsions d'affaiblissement et de phase	Egaliseur auto-adaptatif et annuleur d'écho
Décalage en fréquence restituée	Détection et compensation par le modem en réception
Gigue de phase	Réduction par un algorithme en réception
Distorsion d'intermodulation	Difficile à éliminer - Concerne les modems à large bande
Gigue d'amplitude	Réduit la marge d'erreur - Peut être réduite par le modem
Echo ou réflexion	Les performances des annuleurs d'écho dépendent du nombre d'échos présents dans le signal et de la technique utilisée
Saut de phase (liaison satellite)	Modems V.32 évitent la perte de synchronisation
Affaiblissement global	Construction du circuit Contrôle automatique de Gain
Changement d'horloge réseau (liaisons mixtes)	Certains modems recouvrent rapidement leur synchronisation
Transitoires de phase, de gain, de bruits Bruit impulsif	Créent des paquets d'erreurs plus ou moins récupérables Bruits des commutateurs traversés ou créés par des parasites - Difficiles à éliminer, sauf montage particulier

1.3.2.2.2./ Notion de taux d'erreurs

Le taux moyen d'erreurs c'est le rapport du nombre de bits reçus faux au nombre de bits total envoyés pendant une période donnée. Il **dépend du type de liaison** utilisée et **croît avec le débit** binaire.

1.3.2.2.3./ Les codes détecteurs et les codes correcteurs d'erreurs en transmission de données

1.3.2.2.3.1./ Généralités

Une **trame** est formée de **m bits** de données et de **k bits** de contrôle. Si l'on note **n** la longueur de la **trame** on a :

$$n = m + k$$

L'ensemble des **n bits** sera appelé **mot de code**. Le **rendement** d'un code est défini par le rapport **n / m**

Les **codes en bloc** : les **k bits** rajoutés ne dépendent que des **m bits** d'information. Ils se divisent en deux catégories :

- Les **codes détecteurs** d'erreurs (**codes polynomiaux**, codes cycliques, ...).
- Les **codes correcteurs** d'erreurs (les **codes de Hamming**, les codes BCH)

Les **codes convolutionnels** ou **récurrents** : le **mot de code** construit dépend des **blocs précédents**.

1.3.2.2.3.2./ Les codes à contrôle de parité par caractère

A partir de caractères de **n bits** chacun, on ajoute un bit de redondance verticale dit bit de parité pour faire en sorte que le nombre total de bits à 1 (le bit de parité y compris) soit pair ou impair, suivant qu'on utilise la parité paire ou impaire. En transmission de données, la règle est d'utiliser :

- Les **parités paires** pour les transmissions asynchrones.
- Les **parités impaires** pour les transmissions synchrones.

Ce type de contrôle est appelé **VRC** (= **Vertical Redundancy Check**). Il ne permet pas de localiser l'erreur.

1.3.2.2.3.3./ Les codes à contrôle de parités croisées

Si l'on regroupe les **caractères par blocs**, il est possible d'effectuer :

- Un **contrôle de parité** pour chaque caractère.
- Mais également un **contrôle de parité** appelé **LRC** (= **Longitudinal Redundancy Check**) pour tous les **bits de rang i** dans chaque caractère. Un **bit de contrôle global** assure la **parité de l'ensemble**.

Les erreurs simples et doubles sont détectées. Les erreurs triples et quadruples ne le sont pas toujours, cela dépend de leurs dispositions. Dans le cas d'une erreur simple, il y a correction possible.

1.3.2.2.3.4./ Les codes de Hamming

C'est un code qui permet de corriger toutes les erreurs simples, avec m bits de données et k bits de contrôle de parité. A chacune des 2^m combinaisons de bits de données possibles, on associe $n + 1$ mots de n bits et on a :

$$(n + 1) \cdot 2^m \leq 2^n$$

$$n = m + k$$

$$n + 1 \leq 2^k$$

La méthode est la suivante :

- Les bits des mots de code sont numérotés consécutivement.
- Les bits dont les numéros sont des puissances de 2 sont des bits de contrôle. Les autres bits sont des bits de données.

7	6	5	4	3	2	1
m_4	m_3	m_2	k_3	m_1	k_2	k_1

Chaque bit de contrôle est choisi de façon qu'une série de bits (lui-même compris) ait une parité paire (ou impaire). Un bit de données peut servir pour le calcul de plusieurs bits de contrôle. (Pour connaître les bits de contrôle qui utilisent le bit de données de numéro k , il suffit d'écrire k , comme étant la somme des puissances de 2).

Un bit de données est vérifié par les bits de contrôle dont les numéros sont les nombres qui apparaissent dans sa décomposition en puissances de 2.

Quand un mot arrive, le récepteur initialise un compteur à zéro. Il examine alors chaque bit de contrôle k pour vérifier s'il a une parité correcte. Si ce n'est pas le cas, il ajoute k au compteur. Lorsque tous les bits de contrôle ont été vérifiés et si le compteur est nul le mot de code est considéré comme autorisé. Si le compteur est non nul, il contient le numéro du bit erroné.

1.3.2.2.3.5./ Code de Hamming et les erreurs groupées

Une séquence de k mots de code consécutifs est vue comme une matrice dont les k lignes sont des mots de code. Pour corriger les paquets d'erreurs, les données sont transmises colonne par colonne. Quand les k bits ont été envoyés, la seconde colonne est transmise et ainsi de suite. Lorsque la trame arrive, la matrice est reconstruite colonne par colonne. Si un paquet d'erreur de longueur k altère la trame, il y a au plus un bit erroné dans chacun des mots de code. Comme le code de Hamming peut corriger une erreur par mot de code, le bloc entier de données peut être corrigé.

1.3.2.2.3.6./ Les codes polynomiaux

1.3.2.2.3.6.1./ Principe

Un code est **cyclique** s'il est **linéaire** et si toute permutation circulaire d'un mot de code reste un mot de code. Dans les **codes polynomiaux CRC** (= **Cyclic Redundancy Check**), on utilise la représentation polynomiale qui associe à un mot binaire de n bits un polynôme de la variable x si il est affectée des coefficients 1 ou 0, et si le degré est $n-1$.

L'arithmétique polynomiale est faite modulo 2. Pour utiliser un code polynomial, l'émetteur et le récepteur doivent se mettre d'accord auparavant sur le choix d'un **polynôme générateur** $G(x)$ qui sera utilisé pour **générer les bits de contrôle (checksum)**.

Pour mettre en oeuvre un code polynomial il faut :

- $M(x)$ qui est le **polynôme de degré n associé à l'information initiale**.
- k le degré du **polynôme générateur $G(x)$ choisi**.
- $G(x)$ qui est un polynôme de degré k , dit **polynôme générateur**. Le polynôme générateur doit avoir son bit de poids fort et son bit de poids faible égaux à 1.

Pour calculer la somme de contrôle d'un bloc de m bits il faut que le bloc soit plus long que le polynôme générateur.

1.3.2.2.3.6.2./ Emission

On multiplie $M(x)$ par x^k (= ajouter k bits à 0 à la droite du mot représenté par $M(x)$) pour un obtenir un nouveau polynôme de degré $n + k$. On effectue ensuite la division euclidienne modulo 2 du polynôme ainsi obtenu par le polynôme générateur $G(x)$:

$$(x^k \cdot M(x)) / G(x) = Q(x) + R(x)$$

Le polynôme de contrôle est le reste $R(x)$ (= checksum) de cette division. Il est de degré $k - 1$, donc codé sur k positions binaires. On envoie en ligne les éléments binaires du polynôme binaire suivant :

$$T(x) = x^k \cdot M(x) + R(x)$$

$$T(x) = Q(x) \cdot G(x)$$

1.3.2.2.3.6.3./ Réception

Il suffit de diviser (modulo 2) le polynôme reçu $T(x)$ par le même polynôme générateur $G(x)$. S'il n'y a pas d'erreur de transmission, on obtient un reste nul. Les polynômes générateurs les plus utilisés :

$$X^{16} + X^{12} + X^5 + 1 \text{ (CRC-CCITT)}$$

$$X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X + 1 \text{ (CRC-12)}$$

$$X^{16} + X^{12} + X^2 + 1 \text{ (CRC-16)}$$

1.3.2.2.3.7./ Les codes BCH

Le code BCH (**code correcteur cyclique**) permet de détecter et de corriger :

- Soit des **erreurs de transmission**.
- Soit des **erreurs de synchronisation**.

1.3.2.3./ LES DIFFERENTS PROTOCOLES DE LIAISON

1.3.2.3.1./ Introduction

Les procédures (protocoles) de communication sont des **logiciels de niveau 2**, responsables de **l'acheminement sans erreurs** de blocs d'informations (messages, blocs ou trames, selon la procédure utilisée) **sur une ou plusieurs liaisons physiques** (niveau 1), **commutées ou non**.

1.3.2.3.2./ Les différentes classes de protocoles

1.3.2.3.2.1./ Protocoles par caractères asynchrones

L'information est transmise **caractère par caractère** et la **synchronisation** est assurée par des **bits START et STOP**. Seules quelques commandes réservées dans le code servent à gérer la communication.

1.3.2.3.2.2./ Protocoles par caractères synchrones appelés procédures orientées caractères

Ce sont souvent des procédures constructeurs. Elles fonctionnent généralement à **l'alternat** et sont donc des procédures de **type envoyer et attendre**.

La transmission est synchrone et les caractères représentés par un code sont regroupés pour former **des blocs**. Des **caractères spécifiques délimitent les blocs**. La **gestion de la communication** est assurée par des **caractères de commande**.

1.3.2.3.2.3./ Protocoles par bits synchrones appelés procédures orientées bit

Les messages sont organisés en **trames délimitées par des fanions**. Ils ont été conçus pour les transmissions **bidirectionnelles simultanées** à hauts débits.

1.3.2.3.2.4./ Le protocole HDLC (= High-level Data Link Control)

Le protocole HDLC est une **procédure de haut niveau** qui est transparent aux alphabets et qui couvre tous types d'application. Il s'agit d'une **procédure en mode connecté**.

1.3.2.3.3./ Configurations possibles

1.3.2.3.3.1./ Liaison multipoint

Dans le cas d'une liaison multipoint, dite **non équilibrée**, la station qui commande et contrôle la liaison est appelée **primaire**, les autres **secondaires**. Ce protocole est parfois appelé **LAPA**.

1.3.2.3.3.2./ Liaison point à point

Dans le cas d'une liaison point à point dite **équilibrée**, le transfert a lieu dans les deux sens de **façon symétrique**. Chaque station émet des **trames de commande** (fonction primaire), et **des trames de réponse** (fonction secondaire) aux trames de commande de l'autre station.

Comme elles jouent le rôle de primaire et de secondaire parallèlement, les stations sont dites combinées ou mixtes. La procédure s'appelle **LAPB (= Link Access Procedure Balanced)**.

1.3.2.3.4./ Format de trames

Ce protocole est **orienté bit** et utilise la **technique d'ajout de bits pour la transparence des données**. Les transmissions se font par l'intermédiaire d'une **trame de format unique**, quelle soit destinée à recevoir des données ou des informations de service. La structure de la trame est la suivante :

- **Flag** (8 bits = 01111110).
- **Adresse** (8 bits).
- **Commande** (8 bits).
- **Données** (≥ 0 bit).
- **Contrôle** (16 bits).
- **Flag** (8 bits = 01111110).

1.3.2.3.4.1./ Les flags ou fanions d'ouverture et de fermeture

Ils servent à **délimiter la trame** et à assurer la **synchronisation**. Ils valent 7E en hexadécimal soit **0 1 1 1 1 1 1 0**.

Un même fanion peut fermer une trame et ouvrir la suivante. Lorsqu'il n'y a pas de données à transmettre, une suite continue de fanions peut être émise de manière à conserver la liaison ouverte et détecter des cassures de la ligne.

Pour éviter qu'une configuration binaire soit comprise comme un fanion (transparence), il y a un mécanisme à l'émission **d'insertion d'un 0 après cinq 1 consécutifs pour tous les bits compris entre les fanions**.

Données originales

0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0

Données transmises sur la ligne

0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 0

bits de transparence

Données stockées par le récepteur après retrait des bits de transparence

0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0

Notion de trames : Utilisation des fanions de début et de fin de trame avec des bits de transparence

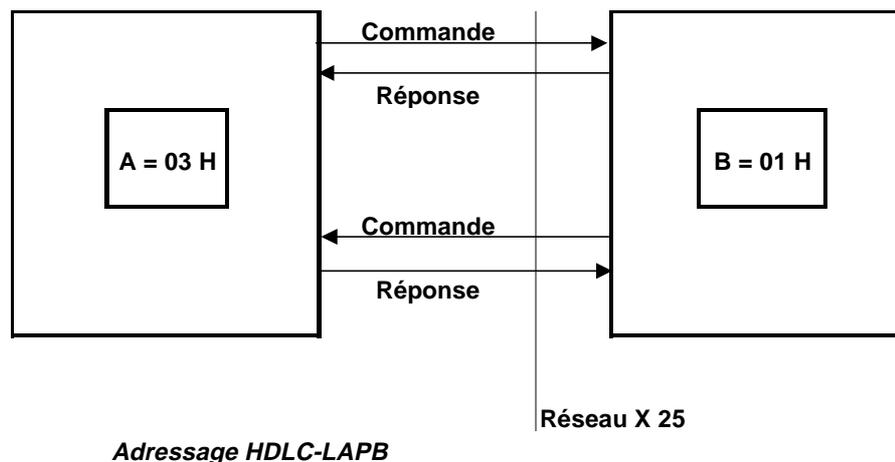
1.3.2.3.4.2./ Le champ adresse

Nature de la trame	Sens	
	Emission	Réception
Commande	Adresse B	Adresse A
Réponse	Adresse A	Adresse B

Codage des adresses A et B								
bits n°	7	6	5	4	3	2	1	0
A	0	0	0	0	0	0	1	1
B	0	0	0	0	0	0	0	1

Codage du champ Adresse

Il permet de désigner les différentes stations de données dans le cas d'une liaison multipoint. Dans le cas de liaison point à point, cet octet est sous-utilisé. Il est codé sur un octet (sauf dans le format dit étendu où il passe à m octets) et seules 2 combinaisons sont en effet mises en oeuvre pour désigner le sens de transfert sur la liaison.



1.3.2.3.4.3./ Le champ commande

Il identifie le **type de trame** et le **numéro de la trame**. Il existe trois types de trames, qui sont des trames de commande et/ou de réponse :

- Les **trames d'informations (Information) I** dont le champ INFO contient les données en provenance (vers) les couches supérieures (les unités de données de service de liaison LSDU envoyées par la couche Réseau);
- Les **trames de supervision (Supervisory) S** qui permettent d'assurer la supervision de la liaison de données; elles transportent les accusés de réception et régulent le flux de données sur la liaison;
- Les **trames non numérotées (Unnumbered) U** qui servent essentiellement à l'initialisation et aux problèmes de reprises sur erreur non récupérables au niveau 2.

Le protocole utilise un mécanisme de fenêtre avec des numéros de séquence de 3 bits :

- **N(S)** est un compteur modulo 8 qui est le **numéro de séquence**, de 0 à 7, **de la trame I émise**; la première trame porte le numéro 0; les trames suivantes ont leur champ N(S) incrémenté systématiquement avant l'émission de la trame. Après la valeur 7 (111), le compteur repasse à la valeur 0 (000).
- **N(R)** est également un compteur modulo 8 qui signifie que les **trames jusqu'à R-1 ont été reçues**. En absence de trames reçues, le champ N(R) reste à 0. Sa valeur est incrémentée chaque fois qu'une trame est reçue correcte (FCS correct) et en séquence. La trame de numéro R est donc attendue : la valeur de ce champ n'est pas la dernière trame reçue correctement, mais la première non encore reçue.

P/F (Poll/Final bit) : ce bit a le sens **P** pour les stations primaires et le sens **F** pour les stations secondaires. Son utilisation dépend du mode de réponse de la station secondaire.

S et **M** sont les configurations binaires qui différencient respectivement les différentes trames de **supervision** (4 types différents) et **trames non numérotées** (32 types différents). Il s'appelle le **champ type**.

Bit n°	8	7	6	5	4	3	2	1
Trame I trame d'informations	N (R) numéro de la trame attendue			P / F	N (S) numéro de la trame émise			0
Trame S trame de supervision	N (R)			P / F	S		0	1
Trame U trames non numérotées	M			P / F	M		1	1

Codage du champ de commande

Nota : les bits 1 et 2 précisent le type de trame.

1.3.2.3.4.4./ Le champ d'information

Il comprend les données à transmettre sous forme de **séquences binaires**, assurant ainsi la **transparence au code** utilisé pour les représenter. Le nombre de bits de ce champ est quelconque, il dépend du matériel employé. En pratique, il est **un multiple de 8** car les données sont constituées d'octets. Ce champ optionnel ne peut être **présent que dans les trames I et certaines trames U**.

1.3.2.3.4.5./ Le FCS (Frame Check Sequence)

C'est le **champ de contrôle de la trame** sur 16 bits. Il est utilisé pour la détection des informations qui ont été transmises de façon erronée à l'intérieur d'une trame. Il est obtenu à partir du principe de la division, par un **polynôme générateur** du **contenu des champs adresse, commande et information**.

1.3.2.3.5./ Les principales trames en LAPB

1.3.2.3.5.1./ Les trames d'information

Elles servent au transport des données utiles contenues dans le champ information de la trame. Les trames I, et seules celles-là, sont numérotées. L'octet du champ de commande contient les compteurs N(S) et N(R) modulo 8 (de 0 à 7) en format simple, et modulo 128 (de 0 à 127) en format étendu.

L'avantage de la procédure HDLC est de permettre un **acquiescement différé**. Le nombre de trames émises sans acquiescement de la part du récepteur, est de 7 (127 dans le format étendu puisque les compteurs sont alors modulo 128). Ce nombre détermine ce que l'on appelle la **fenêtre d'anticipation**.

1.3.2.3.5.2./ Les trames de supervision

Ces trames assurent les **fonctions de gestion du dialogue**. Elles **ne contiennent pas de champ d'information**. Ce sont les trames :

- **RR (Receive Ready = prêt à recevoir)** : permet à une station d'acquitter les trames reçues en provenance de l'autre station lorsqu'il n'y a pas de trafic susceptible de véhiculer des acquittements en retour.
- **RNR (Receive Not Ready = non prêt à recevoir)** : accuse réception des trames reçues jusqu'à N(R)-1, mais elle permet à la station qui l'émet d'indiquer à la station source qu'elle n'est plus en mesure de recevoir des trames I temporairement. La station qui envoie RNR autorise à nouveau l'émission de l'autre station, en lui envoyant une trame RR ou REJ avec le compteur N(R) correspondant au numéro de la trame attendue.
- **REJ (Reject = rejet)** : indique qu'une erreur de transmission a été détectée et permet à la station qui l'émet d'indiquer, à l'autre station qu'elle lui demande de renvoyer toutes les trames à partir du numéro indiqué par N(R).
- **SREJ (= Selective ReJect = rejeu sélectif)** : consiste à retransmettre sélectivement la seule trame I de numéro N(R), et non celles qui suivent derrière.

Bien que leur nom ne l'indique pas explicitement, les trames de supervision ne sont pas plus numérotées que les trames non numérotées. Le N° de séquence qu'elles transportent concerne les acquittements des trames de données.

S	S	Commande	Commentaires
0	0	RR Receiver Ready	La station est prête à recevoir la trame numéro N(R) et accuse réception positivement des trames jusqu'à N(R) - 1
0	1	RNR Receiver Not Ready	La station n'est pas prête à recevoir des trames mais accuse réception positivement des trames jusqu'à N(R) - 1
1	0	REJ Reject	La station rejette les trames à partir du numéro N(R). L'émetteur est obligé de retransmettre
1	1	SREJ Select Reject	= REJ mais uniquement pour la trame numéro N(R)

Trames de supervision HDLC

1.3.2.3.5.3./ Les trames non numérotées

Ces trames assurent :

- Des **fonctions de contrôle**.
- des **fonctions de supervision supplémentaires** de la liaison.

Ces trames sont **non numérotées** parce qu'elles n'interviennent pas pendant la phase de transfert de données. Ce sont principalement les trames suivantes :

- **SABM (Set Asynchronous Balanced Mode)** : initialise la connexion en mode équilibré.
- **UA (Unnumbered Acknowledge)** : sert d'accusé de réception de trame non numérotée. Il existe aussi une trame de contrôle qui peut contenir des informations arbitraires, **UI (= Unnumbered Information)**.
- **DM (Disconnected Mode)** : indique que la station qui l'émet est en mode déconnecté.
- **DISC (Disconnect = déconnexion)** : met la station qui la reçoit en mode déconnecté. Pour réinitialiser la liaison il faudra lui envoyer une trame SABM.

Poids binaire								Commande	Commentaires
7	6	5	4	3	2	1	0		
M	M	M	P/F	M	M	1	1		
0	0	0	F	1	1	1	1	DM Disconnect Mode	Indique à une des extrémités que la connexion liaison est interrompue
0	0	1	P	1	1	1	1	SABM Set Asynchronous Balanced Mode	Etablissement de la liaison demandée par une station en mode équilibré
0	1	0	P	0	0	1	1	DISC DISConnect	Commande de libération
0	1	1	F	0	0	1	1	UA Unnumbered Acknowledgement	Acceptation d'une commande non numérotée
1	0	0	F	0	1	1	1	FRMR FRaMe Reject	Rejet d'une trame qui n'a pas de sens
1	0	1	P/F	0	0	1	1	XID eXchange Identification	Echange d'identification des stations

Trames non numérotées HDLC

Il existe également une commande qui permet à une machine, remise en route, d'annoncer sa présence et de forcer les numéros de séquence à zéro. Cette commande est appelée **SNRM** (= *Set Normal Response Mode*).

- **FRMR** (*FraMe Reject = rejet de trame*) : indique que la station réceptrice a détecté une erreur de procédure qui ne pourra pas être résolue par la retransmission de la dernière trame reçue.

- **Autres trames non numérotées** :

- . Les trames **XID** permettent un échange d'identification entre les stations.
- . Les trames d'initialisation en mode étendu, dans lequel le champ de contrôle est codé sur 2 octets (la numérotation et donc l'acquittement se font modulo 128 et non modulo 8) : **SNRME, SARME, SABME**.

1.3.2.3.5.4./ récapitulatif des trames LAPB

Nom de la trame	Commande Réponse	Type	Octet du champ de commande							
			8	7	6	5	4	3	2	1
I	C	I		N(R)		P		N(S)		0
RR	C / R	S		N(R)		P / F	0	0	0	1
RNR	C / R	S		N(R)		P / F	0	1	0	1
REJ	C / R	S		N(R)		P / F	1	0	0	1
SABM	C	U	0	0	1	P	1	1	1	1
UA	R	U	0	1	1	F	0	0	1	1
DISC	C	U	0	1	0	P	0	0	1	1
DM	R	U	0	0	0	F	1	1	1	1
FRMR	R	U	1	0	0	F	0	1	1	1

Principales trames utilisées en LAPB

1.3.2.3.5.5./ La gestion de la liaison

1.3.2.3.5.5.1./ Connexion et déconnexion

La **connexion** est établie par la **trame SABM en mode équilibré** suite à une requête (ou primitive) émise par la couche niveau réseau. L'établissement de la liaison n'a lieu que si la connexion physique est réalisée.

Le bit Poll P est souvent positionné à 1. La réponse de l'autre station est une trame UA pour la confirmation ou une trame DM en cas de refus. Si le bit P est à 1, la réponse doit contenir le bit F à 1.

La déconnexion est demandée par la trame DISC et est acquittée par la trame UA.

1.3.2.3.5.5.2./ Echange des données et séquençement

Les données émises sont fournies à la couche 2 par la couche réseau et inversement pour la réception. L'échange au niveau 2 est assuré par les trames I. L'acquiescement se fait grâce aux compteurs N(R) des trames I, RR, RNR ou REJ reçues par une station.

Le séquençement est obtenu par les compteurs N(R) et N(S) dans chaque trame I. Ce mécanisme nécessite donc la mémorisation au niveau de chaque station, des trames non encore acquittées, ainsi que de deux variables d'état contenant le numéro de la prochaine trame à émettre et le numéro de la prochaine trame attendue. Cette dernière variable permet de savoir si une trame a été perdue.

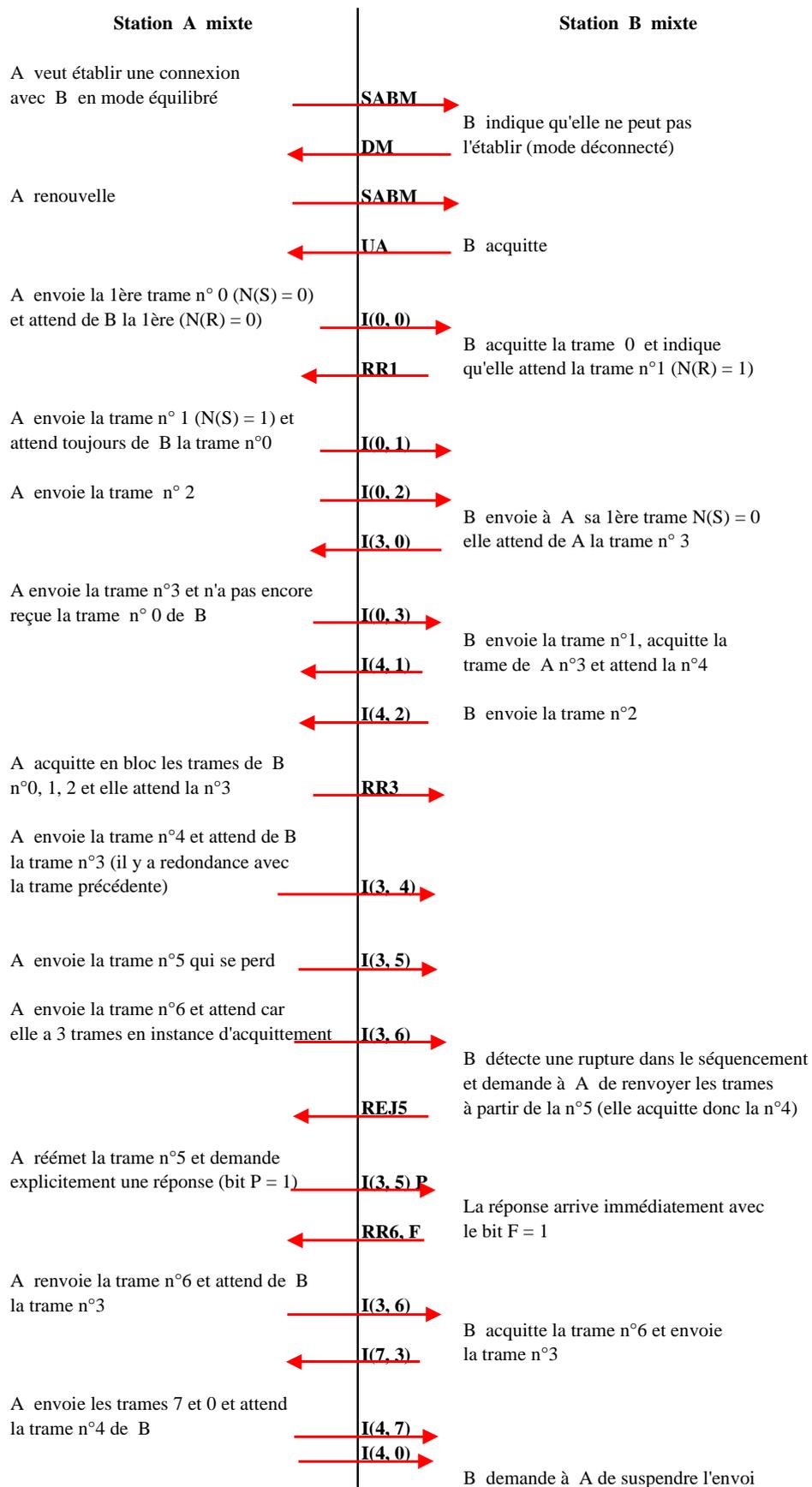
1.3.2.3.5.5.3./ Gestion des erreurs

A la réception d'une trame, la station analyse le champ FCS et détecte ainsi s'il y a eu ou non une erreur dans la transmission. Toute trame fautive est ignorée. En conséquence, la station en réception ne peut se rendre compte qu'une trame qui lui est destinée a été perdue (ou est fautive) qu'à la réception de la trame I suivante.

1.3.2.3.5.5.4./ Exemple d'échange entre primaire et secondaire

Pour cet exemple on a ;

- Une procédure HDLC, en mode LAPB.
- Fenêtre d'anticipation = 3.
- Trames numérotées modulo 8 (la 1ère porte le N° 0).
- Trames indiquées comme suit : I (N(R), N(S)).



1.3.2.3.5.6./ Contrôle de flux

On entend par contrôle de flux le fait d' **asservir le débit de la station qui émet aux capacités de la station réceptrice.**

Avant d'émettre une trame, chaque station vérifie que le **nombre de trames en instance d'acquittement est dans la limite du nombre fixé par la fenêtre d'anticipation.** Sinon, elle attend un acquittement de l'autre station. Un **mécanisme de temporisation** évite à une station d'attendre indéfiniment.

1.3.2.3.5.7./ Cas de non réponse

Lorsqu'une station émet une commande à laquelle il doit y avoir une réponse, elle arme un temporisateur. Si au bout du temps imparti, il n'y a pas eu de réponse, elle ré émet la commande avec le bit Poll P à 1, exprimant ainsi explicitement qu'une réponse est attendue.

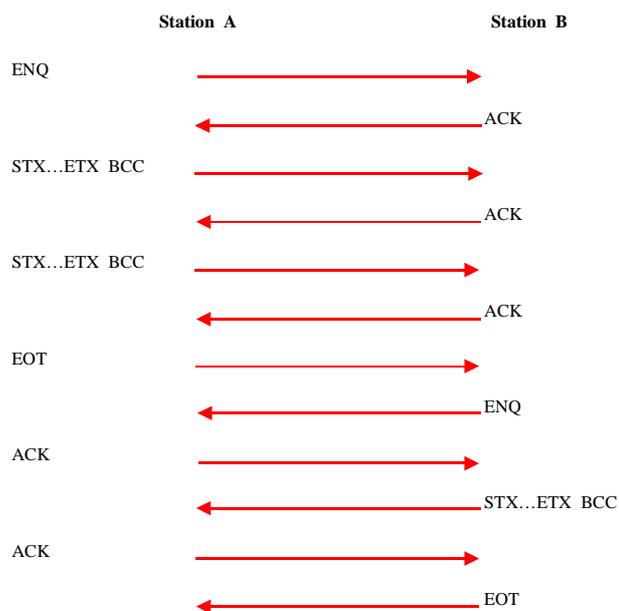
Ce mécanisme n'a lieu qu'un nombre limité de fois au bout duquel il y a déconnexion.

1.3.2.3.6./ Le protocole BSC (ou BISYNC = Blnary SYNchronous Communication)

1.3.2.3.6.1./ Généralités

Ce protocole est basé sur une **transmission synchrone de blocs de caractères.** Il fonctionne sur l'exploitation en **mode bidirectionnel à l'alternat** (= HDX = Half-duplex).

Le code employé est l'**EBCDIC**. Il permet également d'utiliser les codes **ASCII** (7 bits par caractère) et **SBT** (= **Six Bit Transcode**, 6 bits par caractère).



Exemple : Liaison à l'alternat

1.3.2.3.6.2./ Caractères utilisés par la procédure BSC

Dans BSC sont définis des **caractères de commande** qui correspondent à des **fonctions bien précises** :

- **SYN** : **SYNchronous idle (synchronisation)** : utilisé pour assurer la synchronisation caractère. En général, l'émetteur commence par envoyer une séquence de caractères SYN (séquence préfixe) avant tout message ou séquence de supervision.
- **SOH** : **Start Of Heading (début d'en-tête de message)**
- **STX** : **Start of TeXt (début de texte ou d'en-tête)** : délimite à la fois la fin de l'en-tête (lorsqu'il existe) et le début du texte.
- **ETB** : **End of Transmission Block (fin de transmission d'un bloc)** : peut être employé pour distinguer une fin de bloc intermédiaire de données d'une fin de message.
- **ETX** : **End of TeXt (fin de texte)** : indique la fin d'un texte et le début des caractères de contrôle servant à la détection des erreurs.
- **EOT** : **End Of Transmission (fin de transmission)** : signale la fin d'un transfert de données. Il est utilisé en particulier dans les configurations multipoint pour indiquer une fin d'échanges entre une station secondaire et la station primaire.
- **ENQ** : **ENquiry (demande pour émettre ou pour demander une retransmission)** : placé dans une séquence de supervision. Il invite une station à émettre ou à recevoir.
- **ACK** : **ACKnowledgement (accusé de réception, accord)** : figure dans une séquence envoyée par le récepteur pour accuser positivement le message qu'il vient de recevoir.
- **NAK** : **Negative AcKnowledge ment (accusé de réception négatif)** : figure dans une séquence envoyée par le récepteur pour refuser le message qu'il vient de recevoir. Ce message doit alors être réémis.
- **DLE** : **Data Link Escape** : utilisé lors des transmissions en mode transparent (lorsque toutes les configurations de l'alphabet de transmission, y compris les caractères de procédure, sont susceptibles de se retrouver dans le champ de données). DLE signale que le caractère suivant doit être interprété comme un caractère de procédure et non comme un caractère de données (STX, ETB, ETX, ...). Lorsque le caractère à transférer est lui-même DLE, il faut émettre deux DLE consécutifs (technique dite de **doublement du DLE**).
- **BCC** : **Block Check Character (caractère de contrôle de parité)**
- **ACK0, ACK1** : dans BSC, l'acquittement des messages se fait modulo 2, afin de détecter la perte d'un message. Les messages pairs seront acquittés par ACK0, les messages impairs par ACK1.
- **RVI** : **ReVerse Interrupt** : sert au récepteur des données à signaler qu'il désire émettre un message prioritaire. RVI indique une demande de changement du sens de transmission et sera émis à la place de l'acquittement positif attendu.

- **WACK** : **Wait and ACK** : acquitte positivement le dernier message reçu mais indique une incapacité momentanée de recevoir les messages suivants. Après réception de ce caractère, l'émetteur attendra environ une seconde avant de recommencer un transfert de données.
- **TTD** : **Transmission Temporary Delay** : émis par l'émetteur des données pour signaler un retard dans la transmission du message suivant. Le récepteur doit répondre NAK. Une série d'échanges TTD-NAK peut ainsi être effectuée avant la transmission du message proprement dit.

Caractère de commande	Signification	Fonction
SOH	Start Of Heading	Début d'en-tête
STX	Start of TeXt	Début de texte
ETX	End of TeXt	Fin de texte
EOT	End Of Transmission	Fin de transmission d'un ou plusieurs textes
ENQ	ENQuiry	Demande de réponse
ACK	ACKnowledge	Accusé de réception positif
DLE	Data Link Escape	Commande supplémentaire de transmission
NAK	Negative AcKnowledge	Accusé de réception négatif
SYN	SYNchronisation idle	Synchronisation
ETB	End of Transmission Block	Fin d'un bloc de données
WACK	Wait before transmit ACK	Accusé positif d'un bloc mais temporisation avec bloc suivant
TTD	Terminal Transmission Delay	Emetteur veut garder la ligne
RVI	ReVerse Interrupt	Changement de direction Réinitialisation

Commandes en mode de base

1.3.2.3.6.3./ Synchronisation caractère et remplissage (padding)

La synchronisation caractère se compose d'une **série de caractères SYN**.

La taille des messages étant de longueur quelconque, l'émetteur doit envoyer, toutes les secondes, la séquence SYN SYN en mode normal, DLE SYN en mode transparent, pour éviter une perte éventuelle de synchronisation entre émetteur et récepteur. Au début de la transmission, le nombre de caractères SYN est supérieur à 2 (le plus souvent de 4 à 7).

La **séquence de remplissage (padding notée PAD)** permet d' **éviter la coupure** de la transmission **avant l'émission du dernier caractère du bloc**.

1.3.2.3.6.4./ Temporisation

Dans une transmission à l'**alternat**, le **récepteur est toujours supposé répondre au bout d'un temps fini** (Exemple : une station réceptrice doit répondre avant 3 secondes, quel que soit le mode de fonctionnement, point à point ou multipoint). Afin de se protéger contre une défaillance quelconque de la liaison ou du correspondant, on arme une **temporisation** au bout de laquelle on prend la décision de se mettre en **mode dégradé** (en général, on effectue 2 à 3 essais avant de déclarer la liaison hors service). Dans le cas d'absence de dialogue, l'échange de caractères SYN permet de relancer la temporisation, afin de ne pas considérer la liaison hors service.

1.3.2.3.6.5./ Détection des erreurs

La détection des erreurs dépend du **mode de transmission**, aussi plusieurs techniques sont-elles utilisées dans BSC pour l'**ASCII** en **mode normal** :

- **Parité transversale (parité impaire)**.
- **Parité longitudinale (LRC)**.

Pour l'**EBCDIC** et l'**ASCII** en **mode transparent**, on utilise le **polynôme normalisé V.41** ($x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$), défini comme un **CRC 16**, c'est-à-dire un **code cyclique sur 16 bits**.

Pour le **Transcode**, on utilise **code cyclique sur 12 bits** (CRC 12).

Dans BSC, le terme générique désignant la séquence de caractères de contrôle des erreurs est **BCC** (= **Block Check Character**).

1.3.2.3.6.6./ Déroulement de la procédure sur une liaison multipoint

BSC fut développée par IBM pour la gestion de ses terminaux lourds synchrones. Actuellement, cette procédure tend à être remplacée par **SDLC**, la **procédure orientée bit** développée par IBM pour les terminaux de son architecture de réseau baptisée **SNA (Systems Network Architecture)**.

Les schémas suivants donnent le diagramme des échanges entre une station primaire et deux stations secondaires situées sur une liaison multipoint.

(voir Schéma = Consultation des ETTD d'une liaison multipoint (polling) : on suppose que l'ETTD_A n'a pas de données à transmettre, contrairement à l'ETTD_B)

(voir Schéma = Sélection de l'ETTD_A avec erreur de transmission puis répétition du message : le message de données émis par la station primaire a été mal reçu par la station réceptrice. Le même message a été renvoyé correctement, il est donc acquitté positivement par la station secondaire réceptrice)

1.3.2.3.7./ Protocole asynchrone

La transmission se fait en série par **éléments binaires** et par **caractères**. Elle est **synchrone en élément binaire** et **asynchrone par caractère**. La procédure respecte les caractéristiques suivantes (Exemple : Le télex) :

- **Appel du réseau** (éventuellement).
- **Démarrage** du moteur, mise à la vitesse nominale par envoi d'une séquence de lettres.
- **Identification** (WRU = Who aRe yoU?) formée par la combinaison lettres et la lettre D, envoi en réponse de l'identifiant de 20 caractères maximum.
- **Signaux horodateurs**.
- **Echange de données**.
- **Fin de message**.
- **Fin de transmission**.
- **Libération** (éventuellement).

1.3.3. / LA COUCHE RESEAU

1.3.3.1./ LE ROLE DE LA COUCHE RESEAU

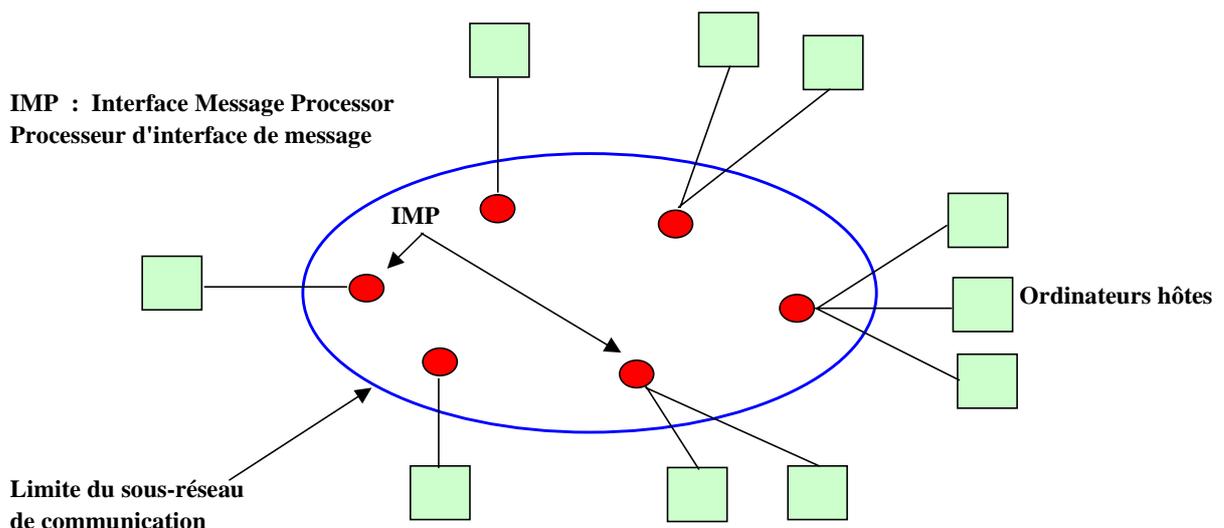
Les problèmes auxquels les concepteurs de la Couche Réseau doivent s'attaquer sont :

- Les services fournis à la Couche Transport.
- La structuration et le transport des données.
- L'adressage qui permet d'identifier les équipements d'extrémité.
- Le routage des paquets à travers le sous-réseau.
- Le contrôle de congestion.
- La connexion de plusieurs réseaux entre eux (interconnexion de réseaux).

Dans chaque réseau, un ensemble de machines sont dévolues à l'exécution des applications : les machines-hôtes (ou système terminal). Les machines-hôtes sont connectées par le sous-réseau de communication (subnet). Le rôle du sous-réseau est le transport des messages d'hôte en hôte.

Dans la plupart des grands réseaux, le sous-réseau comporte deux parties distinctes :

- Les lignes de transmission.
- Les éléments de commutation (= ordinateurs spécialisés dans la connexion d'au moins deux lignes de transmission = processeurs d'interface de message = Interface Message Processor = IMP = noeud de commutation de paquet, système intermédiaire et commutation)



Relations entre hôtes et sous-réseau

Chaque hôte est connecté à un (ou parfois plusieurs) IMP. Tout le trafic entrant et sortant passe par son IMP. Dans plusieurs réseaux, la Couche Réseau est implantée dans les IMP (nœuds de communication, ordinateurs de réseau) et la Couche Transport dans les machines-hôtes.

Les services de la Couche Réseau ont été conçus dans l'optique suivante :

- Les **services** doivent être **indépendants de la technologie** utilisée dans le sous-réseau.
- La **Couche Transport** doit être **indépendante du nombre, des types et des topologies** des sous-réseaux présents.
- Les **adresses de réseau** qui sont à la disposition de la Couche Transport utilisent **un plan uniforme de numérotation** que ce soit à travers des LAN (réseaux locaux) ou des WAN (réseaux généraux).

1.3.3.2./ STRUCTURATION ET TRANSFERT DES DONNEES

1.3.3.2.1./ Le datagramme

C'est un **service sans connexion** (= **CLNS = Connection-Less Network Services**). Le service de type CLNS n'est repris dans aucune recommandation :

- Les **paquets d'une même communication** sont acheminés à travers le réseau de manière **indépendante**.
- **Aucune route n'est établie par avance**.
- **L'ordre d'arrivée des paquets au destinataire ne correspond pas forcément à leur ordre d'émission** : la remise en ordre n'est pas prise en charge par le réseau.

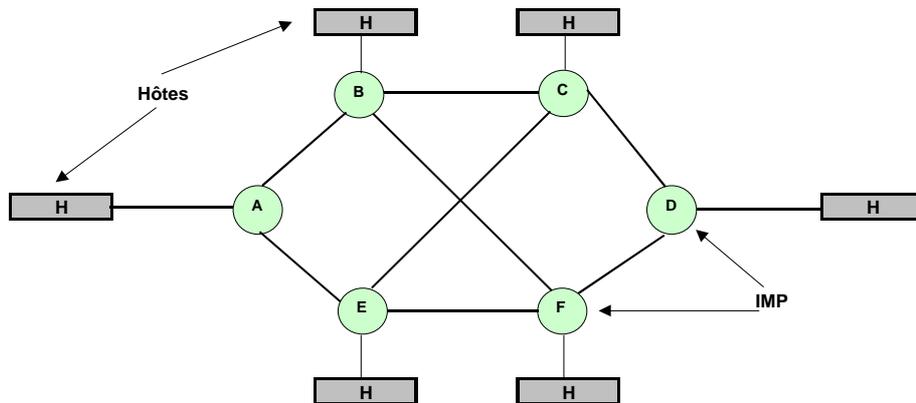
1.3.3.2.2./ Le circuit virtuel

Les **paquets** d'une même communication empruntent **tous la même route**. Des techniques de **multiplexage** et de **commutation** de type **temporel asynchrone**. Le **chemin** établi entre deux abonnés est alors un **lien logique** appelé **circuit virtuel (CV)** qui n'est **effectif** que s'il y a un **débit réel**. C'est un **service avec connexion** (= **CONS = Connection Oriented Network Services**).

Il faut éviter de prendre une décision de routage pour chaque paquet à envoyer : **on choisit une route** entre la machine source et la machine destinataire; cela fait partie de **l'établissement même de la connexion**. Cette route est utilisée **pour tout le trafic sur cette connexion**. Chaque IMP doit savoir par quel circuit doit passer chacun des paquets qui lui arrivent : des **tables de routage**.

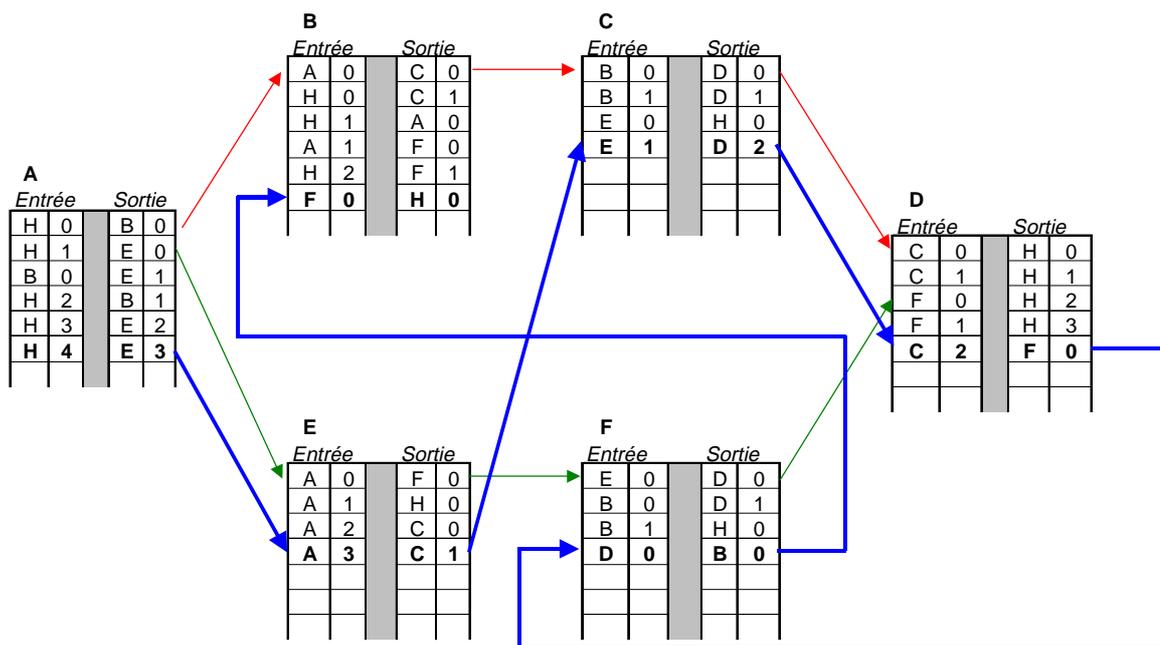
Chaque paquet voyageant à travers le sous-réseau doit contenir un **champ numéro de circuit virtuel dans son en-tête**. On doit exiger de chaque processus qu'il indique lorsqu'il cesse d'utiliser un circuit virtuel, afin que le circuit virtuel puisse être effacé des tables de l'IMP pour récupérer de la place.

Les **circuits virtuels** permettent aux paquets de **ne contenir que le numéro de circuit, au lieu de l'adresse complète de destination**.



8 circuits virtuels simples :

	Origine A		Origine B
0	A B C D	0	B C D
1	A E F D	1	B A E
2	A B F D	2	B F
3	A E C		
4	A E C D F B		



Les changements des circuits virtuels correspondant à la progression du paquet pour le trajet :

H A E C D F B H

Ligne H → A A → E E → C C → D D → F F → B B → H
 N° circuit virtuel 4 3 1 2 0 0 0

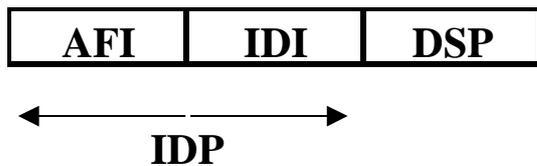
1.3.3.2.3./ Comparaison des sous-réseaux Datagramme et Circuit virtuel

Sujet	Sous-réseau datagramme (sans connexion)	Sous-réseau circuit virtuel (avec connexion)
Initialisation du circuit	Impossible	Nécessaire
Adressage du destinataire	Chaque paquet comporte les adresses complètes de l'émetteur et du destinataire	Nécessaire uniquement à l'initialisation puis, chaque paquet contient le numéro de circuit virtuel
Informations de routage	Le sous-réseau ne conserve aucune information	Chaque circuit virtuel établi requiert de la place dans les tables de routage
Routage	Chaque paquet a un routage indépendant	Le routage est établi lors de l'initialisation et suit le même chemin
Séquencement des paquets	Non garanti	Garanti
Contrôle de flux	Non fourni par la Couche Réseau	Fourni par la Couche Réseau
Contrôle d'erreur	Assuré par la Couche Transport à la charge des hôtes	Assuré par la Couche Réseau à la charge du réseau
Complexité	Dans la couche transport	Dans la couche réseau
Possibilité de négociation des options	Non	Oui

1.3.3.2.4./ L'adressage

Chaque équipement raccordé à un réseau doit pouvoir être **identifié de manière unique**. Toutes les primitives du service réseau utilisent les **adresses NSAP** (= **Network Service Access Point**) pour identifier la source et la destination :

- L'**AFI** (**Authority and Format Identifier**) : identifie le type d'adresse présente dans le troisième champ.
- L'**IDI** (**Initial Domain Identifier**) : précise le domaine auquel appartient le numéro de DSP.
- Le **DSP** (**Domain Specific Part**) : la codification attribuée permet de contenir des adresses de réseau paquets, des numéros de téléphone, des numéros RNIS, des numéros Téléx, et tous les types similaires de numérotation existants, aussi bien en décimal compacté qu'en binaire.



IDP	Domaine général de l'adresse
AFI	Type d'adresse figurant dans DSP
IDI	Domaine du DSP
DSP	Adresse proprement dite

Le format des adresses de réseaux de l'OSI (NSAP)

1.3.3.2.5./ Le routage

1.3.3.2.5.1./ Généralités

Routage : Le routage consiste à **établir le chemin que vont suivre les données de l'expéditeur au destinataire**. Un certain nombre de propriétés sont souhaitables pour un algorithme de routage :

- Exactitude.
- Simplicité.
- Robustesse.
- Stabilité.
- Justice (vis-à-vis des usagers).
- Optimisation.

Les algorithmes de routage peuvent être regroupés en deux classes principales :

- Les **non-adaptatifs** : ils **ne fondent pas leurs décisions de routage sur des mesures ou des estimations du trafic de la topologie en temps réel**.
- Les **adaptatifs** : ils **modifient leurs décisions de routage pour traduire les variations de topologie et de trafic réel**. Les algorithmes adaptatifs sont divisés en 3 groupes :
 - . **Centralisés** : les **algorithmes globaux** utilisent des informations collectées dans l'ensemble du sous-réseau pour prendre les meilleures décisions; le changement des tables de routage des nœuds est décidé par un **centre de contrôle** qui a une vue globale de l'état du réseau.
 - . **Isolés** : les **algorithmes locaux** s'exécutent séparément sur chaque IMP et n'utilisent que les informations qui y sont disponibles.
 - . **Distribués** : les algorithmes utilisent un **mélange d'informations locales et globales**; les tables de routage sont élaborées au niveau des nœuds.

1.3.3.2.5.2./ Le routage non-adaptatif (fixe)

Le chemin emprunté pour toute communication est toujours le même. Les informations d'acheminement dans la table sont fixes. Il peut exister un chemin de secours établi par des tables de secours. Les tables de routage ne sont modifiées que pour optimiser les acheminements en fonction de l'évolution du réseau.

1.3.3.2.5.3./ Le routage adaptatif

Le chemin emprunté pour une communication est fonction de l'état du réseau. La table de routage des commutateurs est mise à jour régulièrement.

1.3.3.2.5.3.1./ L'algorithme du plus court chemin

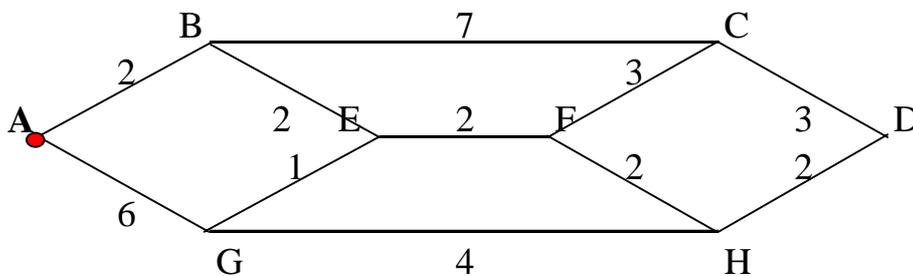
1.3.3.2.5.3.1.1./ Présentation

L'idée est de représenter le sous-réseau par un graphe, chaque nœud du graphe représentant un IMP et tout arc du graphe représentant une ligne de communication. Pour choisir une route entre deux IMP l'algorithme se contente de trouver le chemin le plus court entre eux :

- Compter le nombre de sauts.
- Considérer la distance géographique en kilomètres

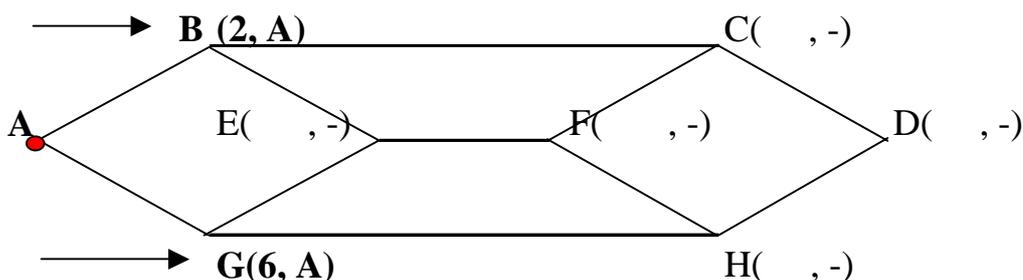
1.3.3.2.5.3.1.2./ 1ère étape

Caractéristiques : Graphe non orienté - A = étiquette permanente



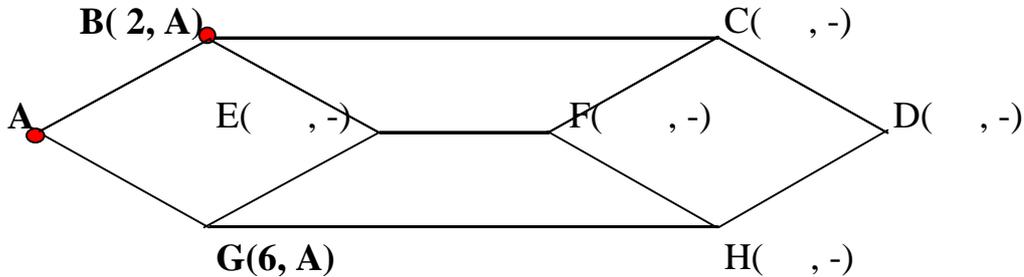
1.3.3.2.5.3.1.3./ 2ème étape

Caractéristiques : Examen des nœuds adjacents de A - Etiquetage provisoire.



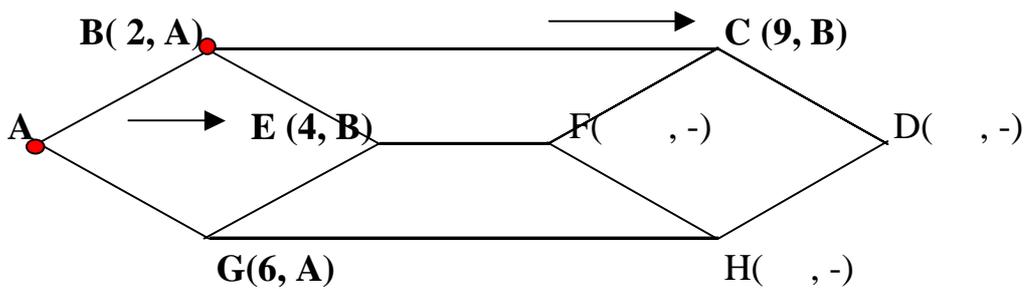
1.3.3.2.5.3.1.4./ 3ème étape

Caractéristiques : Examen de tous les nœuds avec une étiquette provisoire. Etiquetage permanent de celui qui a la valeur la plus petite.



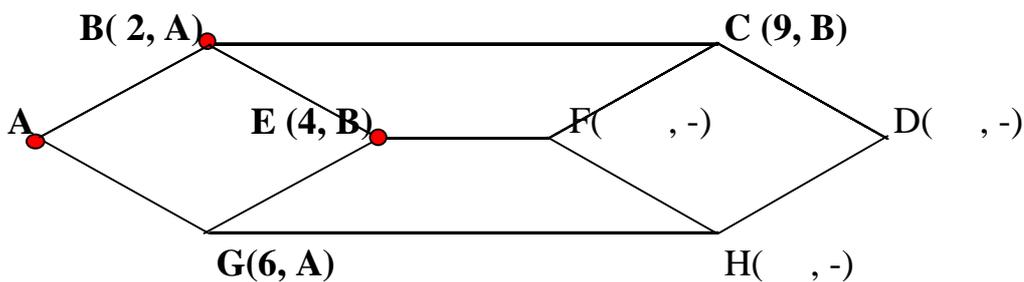
1.3.3.2.5.3.1.5./ 4ème étape

Caractéristiques : Examen de tous les nœuds adjacents à B



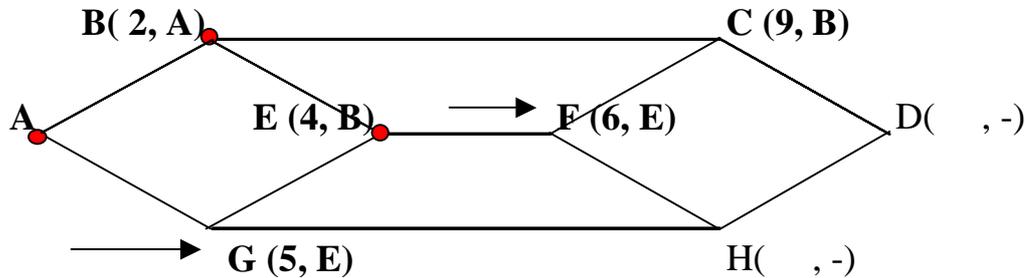
1.3.3.2.5.3.1.6./ 5ème étape

Caractéristiques : Examen de tous les nœuds avec une étiquette provisoire. Etiquetage permanent de celui qui a la valeur la plus petite.



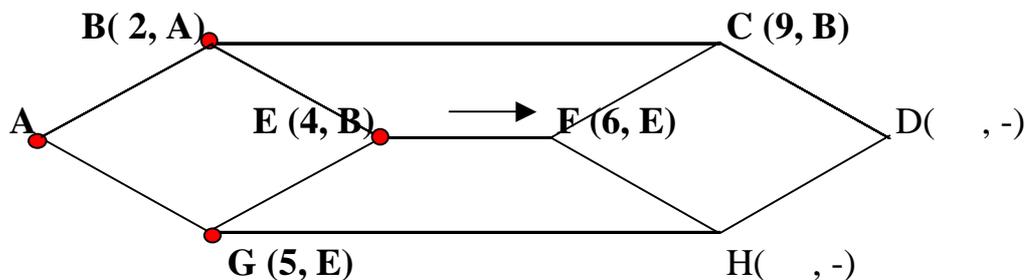
1.3.3.2.5.3.1.7./ 6ème étape

Caractéristiques : Examen de tous les nœuds adjacents à E



1.3.3.2.5.3.1.8./ 7ème étape

Caractéristiques : Réétiquetage éventuel si valeur inférieure



1.3.3.2.5.3.2./ Le routage multichemin

Dans de nombreux réseaux, il y a **plusieurs chemins entre deux nœuds** qui sont presque **de même valeur** : **routage multichemin** ou **routage multiple**. Le routage multichemin est possible pour :

- Les sous-réseaux datagrammes.
- Les circuits virtuels.

Le routage multichemin peut être implanté comme suit :

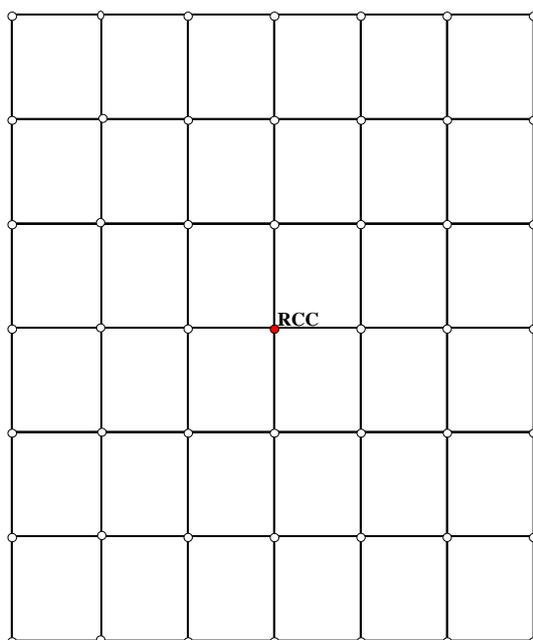
- **Chaque IMP tient à jour une table** avec une rangée pour chaque IMP qu'il peut atteindre.
- Dans chaque rangée, on trouve **les différentes lignes de sortie** pour cette destination, **classées par valeur décroissante**, avec un **poids relatif**.
- Avant d'expédier un paquet, **un IMP génère un nombre aléatoire**, et choisit parmi les différentes possibilités, en utilisant **les poids comme des probabilités**.

Destination	Premier choix		Deuxième choix		Troisième choix	
A	A	0,63	I	0,21	H	0,16
B	A	0,46	H	0,31	I	0,23
C	A	0,34	I	0,33	H	0,33
D	H	0,50	A	0,25	I	0,25
E	A	0,40	I	0,40	H	0,20
F	A	0,34	H	0,33	I	0,33
G	H	0,46	A	0,31	K	0,23
H	H	0,63	K	0,21	A	0,16
I	I	0,65	A	0,22	H	0,13
-	-	-	-	-	-	-
K	K	0,67	H	0,22	A	0,11
L	L	0,42	H	0,42	A	0,16

Le routage multichemin : La table de routage de l'IMP J

1.3.3.2.5.3.3./ Le routage centralisé

Si la **topologie** est **stable** et le **trafic rarement modifié**, il est simple de **construire les tables de routage une fois pour toutes** de manière externe et de les charger dans les IMP. Lorsqu'on a un routage centralisé, il y a quelque part dans le réseau un **RCC** (= **Centre de Contrôle de Routage**). Le RCC collecte toutes ces informations et calcule les routes optimales d'IMP à IMP.



Routage centralisé

1.3.3.2.5.3.4./ Le routage local

Les IMP prennent les décisions de routage uniquement à partir des informations qu'ils possèdent; ils n'échangent aucune information de routage avec les autres IMP. Néanmoins, ils essaient de s'adapter au changement de topologie et de trafic. Ces algorithmes sont habituellement appelés **routages adaptatifs locaux**.

L'algorithme **hot potato** : lorsque un paquet arrive, l'IMP compte le nombre de paquets dans chaque file d'attente des lignes de sortie et place le paquet au bout de la file la plus courte, **sans se préoccuper de l'endroit où elle conduit**.

Il existe une variante : **combiner le routage statique avec l'algorithme du hot potato**. De plus il y a un autre algorithme disponible : le **savoir différé** (= **backward learning**).

Le **routage delta** : chaque IMP mesure le coût de chaque ligne (c'est-à-dire une fonction du délai, de la longueur de la file d'attente, de l'utilisation, du débit de la ligne, etc ...) et envoie périodiquement au RCC un paquet contenant ces valeurs.

1.3.3.2.5.3.5./ L'inondation

Chaque paquet entrant est émis sur chaque ligne de sortie, excepté la ligne d'arrivée. L'inondation génère un très grand nombre de paquets dupliqués : placer un compteur de sauts dans l'en-tête du paquet; ce compteur est décrémenté à chaque saut, le paquet est éliminé lorsque le compteur devient nul.

Une variante de l'inondation est **l'inondation sélective** : les IMP n'envoient pas les paquets reçus sur toutes les lignes, mais seulement sur les lignes qui sont approximativement dans la bonne direction.

Un autre algorithme non-adaptatif : la **marche aléatoire** : Les IMP choisissent une ligne au hasard et y transmettent les paquets.

1.3.3.2.5.3.6./ Le routage distribué

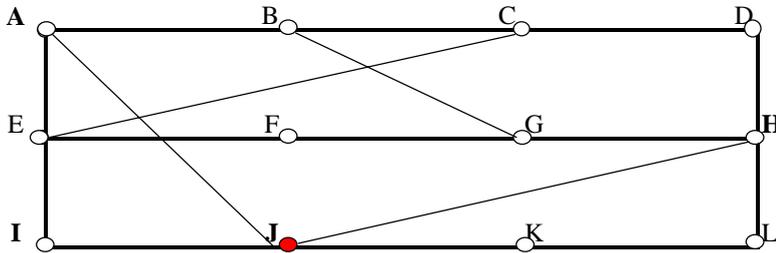
Chaque IMP change périodiquement avec ses voisins des informations explicites de routage. **Chaque IMP tient à jour une table de routage indexée par les IMP du sous-réseau**, table qui comporte une seule entrée par IMP. Cette entrée contient deux parties :

- La **ligne de sortie préférentielle** à utiliser pour cette destination.
- Une **estimation du temps et de la distance**.

L'unité utilisée peut être :

- Le **nombre de sauts**.
- Le **temps de transit**.
- Le **nombre estimé de paquets dans les files d'attente** pour ce chemin.
- L'**excédent de capacité de transport**.

Le sous-réseau



	A	I	H	K	Nouveau délai estimé depuis J	
					↓	Ligne
A	0	24	20	21	8	A
B	12	36	31	28	20	A
C	25	18	19	36	28	I
D	40	27	8	24	20	H
E	14	7	30	22	17	I
F	23	20	19	40	30	I
G	18	31	6	31	18	H
H	17	20	0	19	12	H
I	21	0	14	22	10	I
J	9	11	7	10	0	-
K	24	22	22	0	6	K
L	29	33	9	9	15	K

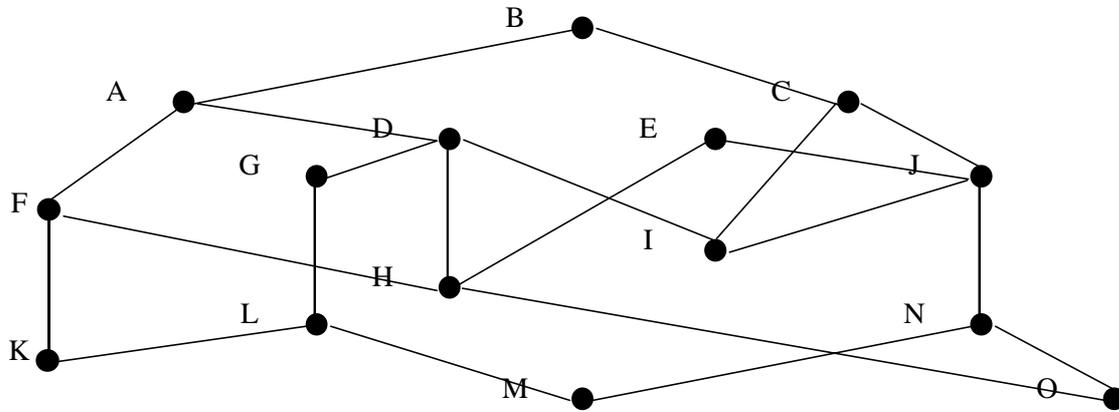
Délai	Délai	Délai	Délai	
JA = 8	JI = 10	JH = 12	JK = 6	délai estimé par J

Le Routage distribué

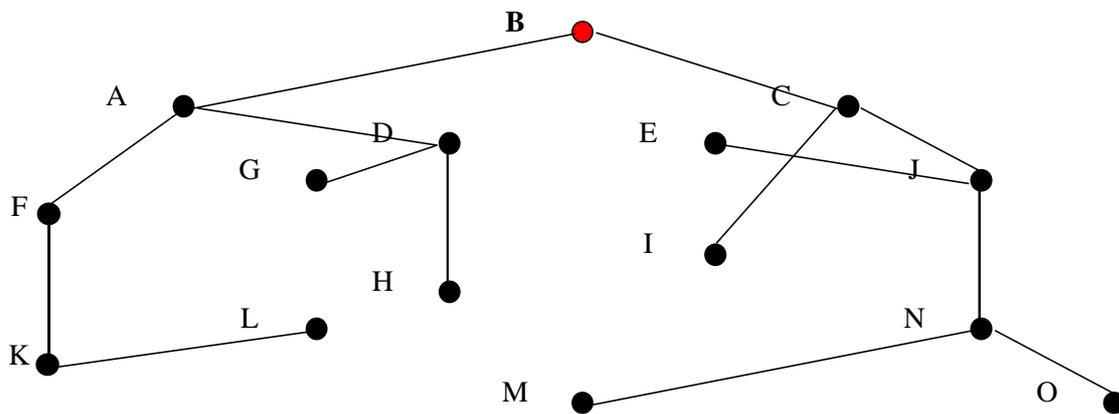
1.3.3.2.5.3.7./ Le routage optimal

Des **principes d'optimalité** : Si l'on constate que l'IMP J est sur le chemin optimal qui va de I vers K , le chemin optimal de J vers K suit la même route.

Sous-réseau



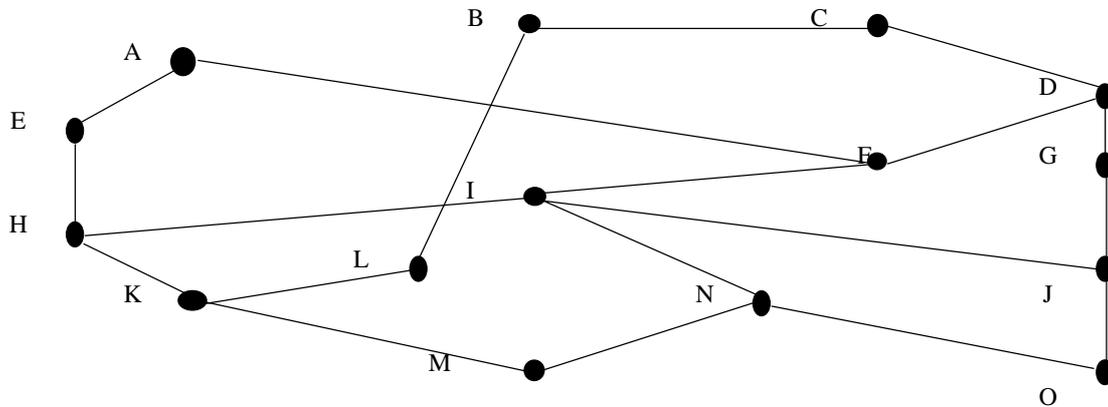
Arbre collecteur de B



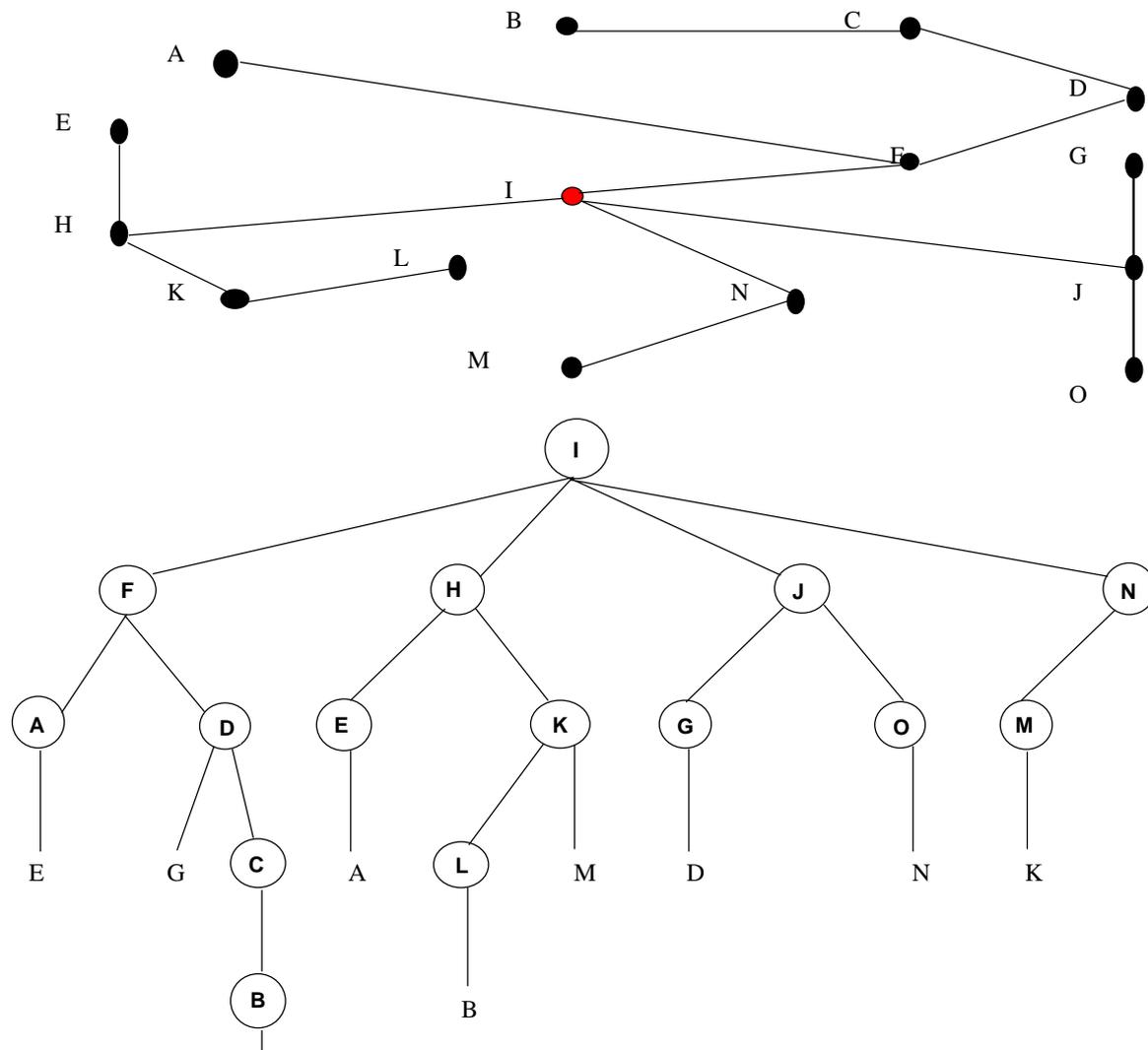
Le Routage optimal

L'ensemble des routes optimales de toutes les sources vers une destination donnée est un arbre dont la racine est la destination. Un tel arbre est appelé un **arbre collecteur**.

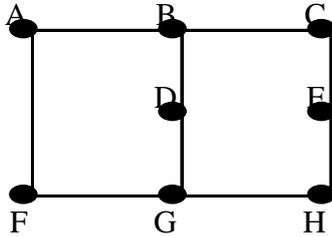
Le sous-réseau



Arbre collecteur de l'IMP I



Un sous-réseau



Arbre collecteur de H

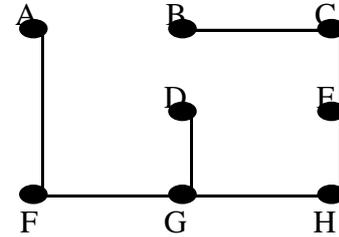


Table de routage de G

Destination \	Via D	Via F	Via H
A	3	2	
B	2	3	4
C	3	4	3
D	1		
E	4		2
F		1	
G	-	-	-
H			1

Exemple d'arbre collecteur

1.3.3.2.5.3.8./ Le routage fondé sur le flux

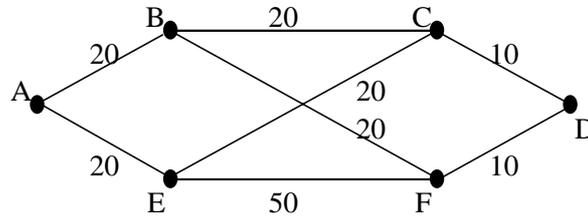
Pour une ligne donnée il est possible de calculer **le temps moyen de traversée d'un paquet en utilisant la théories des files d'attente**. A partir des délais moyens de traversée de toutes les lignes, il est facile de calculer un débit moyen pour obtenir le temps d'acheminement d'un paquet à travers le réseau tout entier.

Le problème de routage se ramène à **déterminer l'algorithme de routage qui fournit le délai de traversée du réseau le plus court**. Pour employer cette technique, on doit connaître certaines informations :

- la **topologie** du réseau
- la **matrice des trafics** ainsi que la **matrice** représentant la **capacité de chaque ligne en bits par seconde**.

Graphe d'un réseau :

(Les arcs représentent les capacités des lignes, exprimées en Kbit/s)


Trafic exprimé en paquet/s et matrice de routage

		Source					
		A	B	C	D	E	F
Destination	A		9 AB	4 ABC	1 ABFD	7 AE	4 AEF
	B	9 BA		8 BC	3 BFD	2 BFE	4 BF
	C	4 CBA	8 CB		3 CD	3 CE	2 CEF
	D	1 DFBA	3 DFB	3 DC		3 DCE	4 DF
	E	7 EA	2 EFB	3 EC	3 ECD		5 EF
	F	4 FEA	4 FB	2 FEC	4 FD	5 FE	

Analyse du réseau

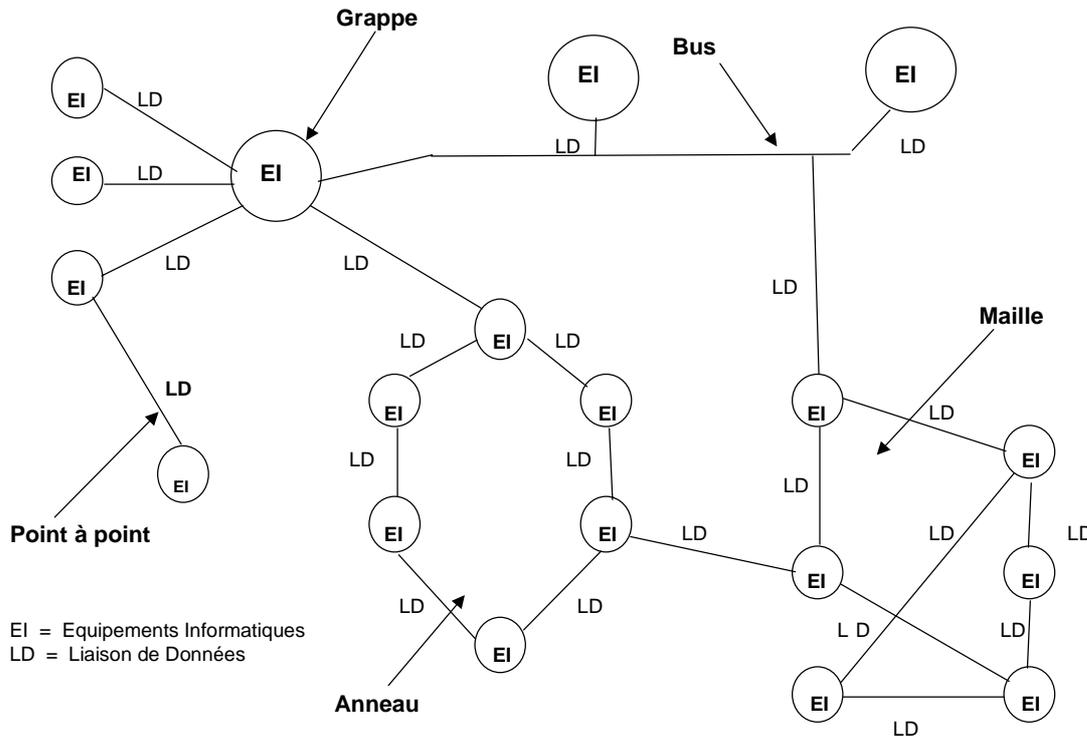
 (A_i = paquets/s ; C_i = kbit/s; T_i = ms; N_i = paquet/s)

i	Ligne	A_i	C_i	N_i	T_i
1	AB	14	20	25	91
2	BC	12	20	25	77
3	CD	6	10	12,5	154
4	AE	11	20	25	71
5	EF	13	50	62,5	20
6	FD	8	10	12,5	222
7	BF	10	20	25	67
8	EC	8	20	25	59

Le routage fondé sur le flux

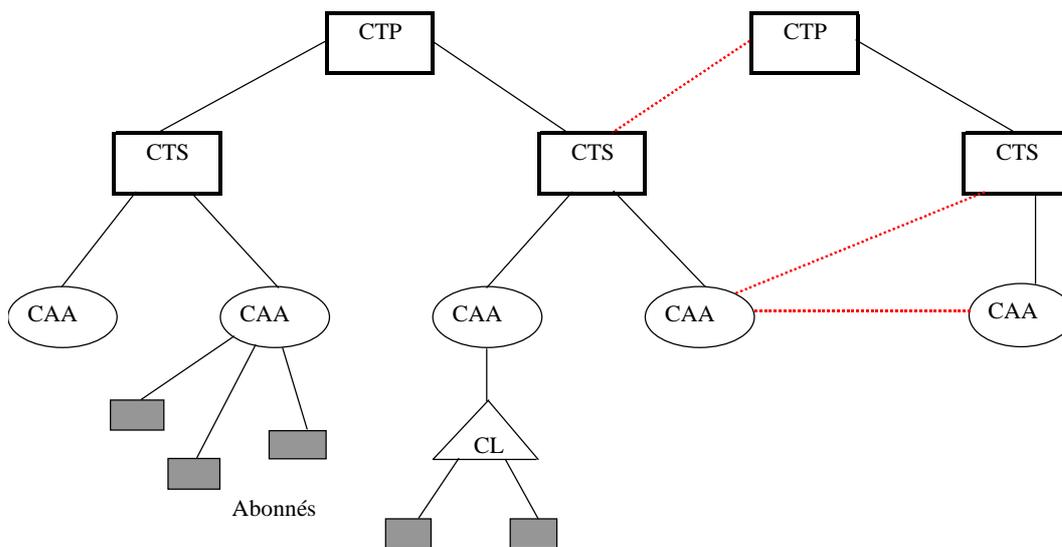
1.3.3.2.5.3.9./ Le routage hiérarchique

Les IMP sont **répartis par régions** et si chaque IMP connaît tous les détails pour router les paquets dans sa région, il ignore tout de la structure interne des autres régions. Pour des réseaux immenses, une hiérarchie à deux niveaux est insuffisante; on groupe alors les **régions en grappes**, les **grappes en zones**, les **zones en groupes**, et ainsi de suite.



Les différentes structures d'un réseau

Centres de Transit interurbains Primaires ou Secondaires (CTP ou CTS)
 Centre à Autonomie d'Acheminement (CAA)
 Centres locaux (CL) sans autonomie d'acheminement



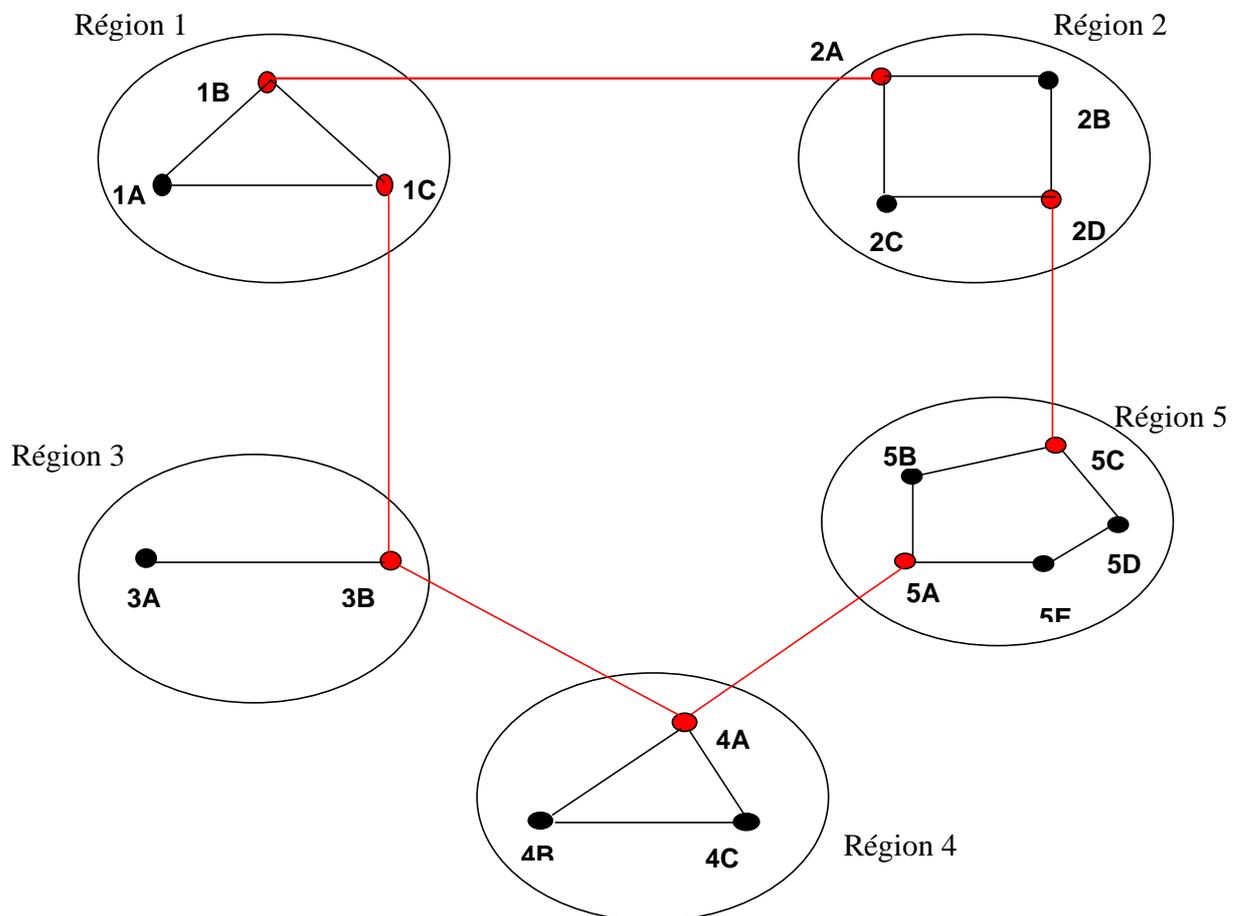
Structure d'un réseau hiérarchique

1.3.3.2.5.3.10./ Le routage par diffusion

Envoyer un paquet à toutes les destinations simultanément est appelé diffusion (**broadcast**); l'implémentation peut se faire d'un grand nombre de façons :

- Une méthode de diffusion consiste pour la source à **envoyer un paquet distinct pour chaque destinataire**.
- L'**inondation** est une autre possibilité.
- Un troisième algorithme est le **routage multidestination**.
- Un quatrième algorithme : l'**arbre collecteur de l'IMP qui initialise la diffusion**, ou un **autre arbre de recouvrement** adapté pour ce cas.
- Un dernier algorithme : **l'IMP fait suivre les copies sur toutes les lignes exceptée celle d'arrivée**.

Le sous-réseau



Destination	Ligne	Nbre de sauts
↓	↓	↓
1A	-	-
1B	1B	1
1C	1C	1
2A	1B	2
2B	1B	3
2C	1B	3
2D	1B	4
3A	1C	3
3B	1C	2
4A	1C	3
4B	1C	4
4C	1C	4
5A	1C	4
5B	1C	5
5C	1B	5
5D	1C	6
5E	1C	5

Destination	Ligne	Nbre de sauts
↓	↓	↓
1A	-	-
1B	1B	1
1C	1C	1
2	1B	2
3	1C	2
4	1C	3
5	1C	4

Table hiérarchique pour 1A

Table complète pour 1A

Le routage hiérarchique

1.3.3.2.6./ Le contrôle de congestion

Cet état correspond à une **saturation des ressources du réseau**. La congestion peut survenir pour différentes raisons :

- Si les IMP sont trop lents.
- Le taux de trafic entrant dépasse la capacité des lignes de sortie.
- Manque de tampons de l'IMP.

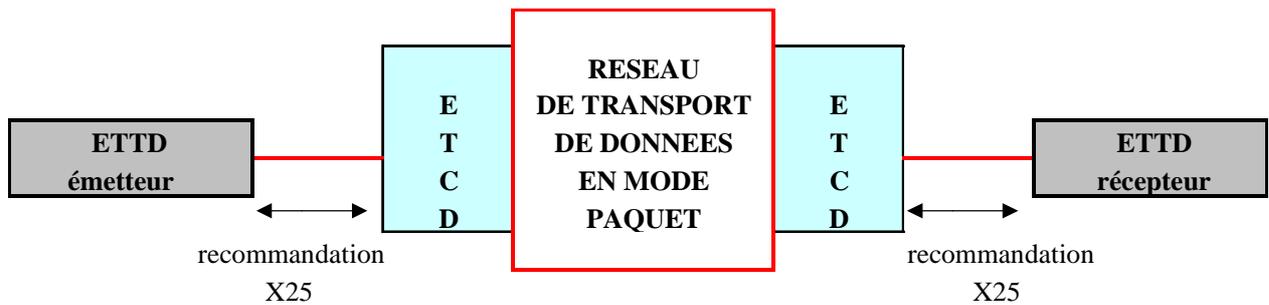
D'une façon générale, la prévention de la congestion s'effectue par le contrôle de flux :

- En **limitant le nombre de paquets sur une liaison** suivant deux modes :
 - soit localement.
 - soit de bout en bout.
- En **fermant temporairement des circuits virtuels** et en **détruisant des paquets** sur une liaison saturée.

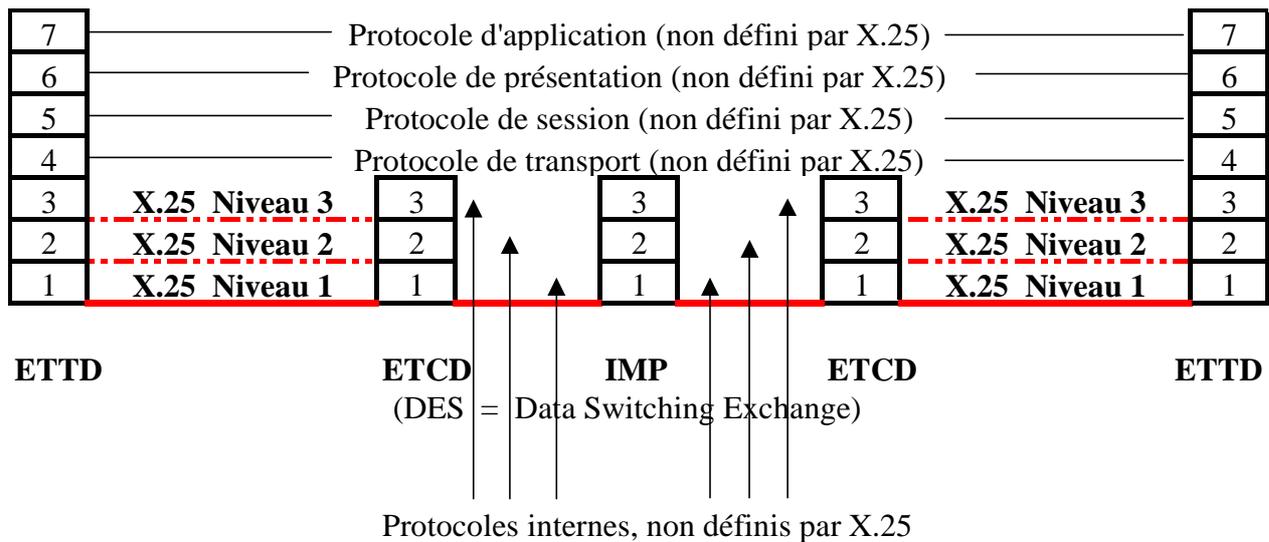
1.3.3.2.7./ La recommandation X.25

1.3.3.2.7.1./ Présentation

Elle s'appuie sur la **commutation de paquets**. C'est un standard international de protocoles d'accès réseau pour les couches 1, 2 et 3. Elle reste **locale entre l'ETTD et l'ETCD**.



Rattachement d'un ETTD à un réseau suivant le protocole X.25



Situation de X.25 dans la hiérarchie des protocoles

1.3.3.2.7.2./ Les trois niveaux de la recommandation X.25

La recommandation X.25 s'appuie sur les spécifications des trois premières couches du modèle OSI et définit un protocole par niveau. Le **protocole de la couche 3** est fréquemment appelé **X.25 PLP** (= Packet Layer Protocol).

X.25 définit le format et la spécification des informations échangées au travers de l'interface ETDD-ETCD pour les protocoles de couches 1, 2 et 3.

1.3.3.2.7.2.1./ Le niveau physique X.25-1

Le protocole X.25 au niveau 1 reprend l'avis X.21 (interface numérique). La plupart des réseaux reprennent l'avis X.21 bis (interface analogique), définissent une interface compatible avec la jonction V.24 (c'est-à-dire RS-232-C) et V.28 et V.35.

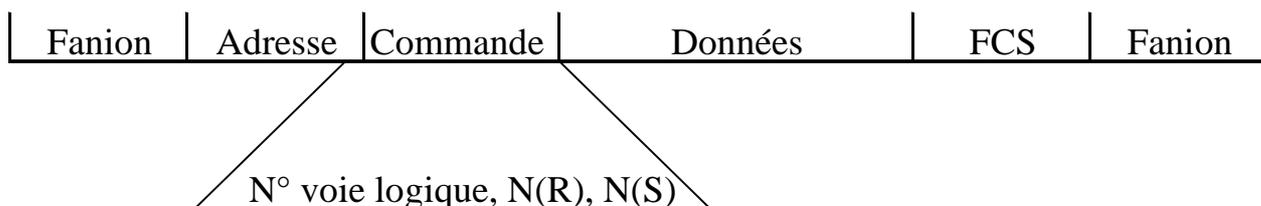
Le protocole X.25 niveau 1 spécifie :

- Les **caractéristiques physiques** de l'interface.
- Les **caractéristiques électriques** (X.26 et X.27).
- La **transmission par des bits de synchronisation**.
- La **procédure point à point en full duplex**.
- La **procédure pour établir la liaison physique**.

1.3.3.2.7.2.2./ Le niveau liaison X.25-2

Le protocole retenu au niveau 2 est le **protocole HDLC** (= **High level Data Link Control**). Dans la recommandation X.25, HDLC recouvre en fait plusieurs protocoles suivant le type de liaison :

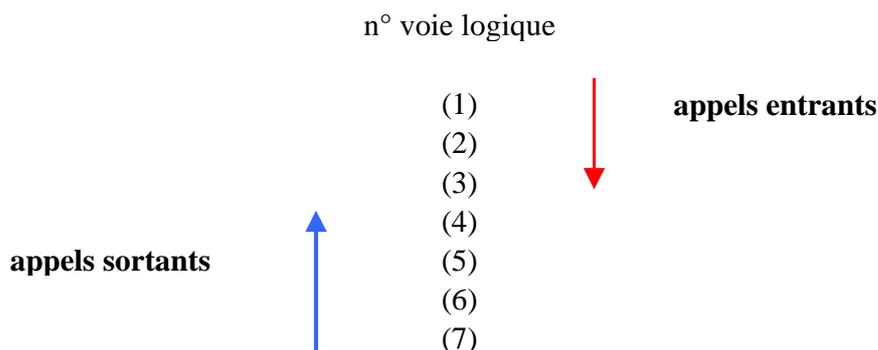
- Si un seul des équipements d'extrémité peut avoir l'initiative de la connexion, la procédure est dite en mode **LAP** (= **Link Access Procedure**).
- Si les deux équipements peuvent avoir cette initiative, elle est dite en mode **LAPB** (= **Link Access Procedure Balanced**, balancé = équilibré).
- Les paquets sont contenus dans le **champ utile** des trames HDLC.
- Elles sont délimitées par des **fanions de début** et **de fin**. L'enveloppe est constituée d'un **champ adresse** (= adresse de la station réceptrice), d'un **champ de commande** et de celui **de contrôle** (= **FCS** = **Frame Check Sequence**).



Structure des trames HDLC

En X.25, bien que les données suivent toujours le même chemin, le champ de commande des trames (et des paquets) comporte malgré tout un **numéro de séquence**, à des fins de contrôle de flux (**N° de l'élément émis = N(S)**, **N° de l'élément reçu = N(R)**).

Le premier paquet émis pour établir la connexion (il s'agit d'un **réseau commuté**) porte le nom de **paquet d'appel**. Il "marque" son parcours au niveau de chaque commutateur rencontré, déterminant ainsi un **circuit virtuel (= CV)**, car il ne dure que le temps de la communication. Ce "marquage" consiste à **affecter au paquet**, et à ses successeurs, un **numéro de voie logique** qui sera interprété dans les tables de routage des nœuds, afin qu'ils empruntent toujours le même circuit par la suite.



Affectation des numéros de voies logiques aux circuits virtuels

1.3.3.2.7.2.3./ Le niveau réseau X.25-3

Les unités de données échangées à ce niveau sont des **paquets**. Chaque paquet émis par un ETDD vers l'ETCD élément du réseau est destiné à être acheminé à travers le réseau vers un autre ETDD grâce à un circuit virtuel. On distingue deux types de circuit virtuel :

- Les **circuits virtuels commutés (CVC)** : un **CVC** est **établi** durant la communication entre les deux abonnés **puis** est **libéré** ensuite.
- Les **circuits virtuels permanents (CVP)** : ce type de **circuit** est **maintenu** entre deux ETDD **même si ceux-ci ne communiquent pas**;

Pour chaque sens de transmission, un circuit virtuel est caractérisé par :

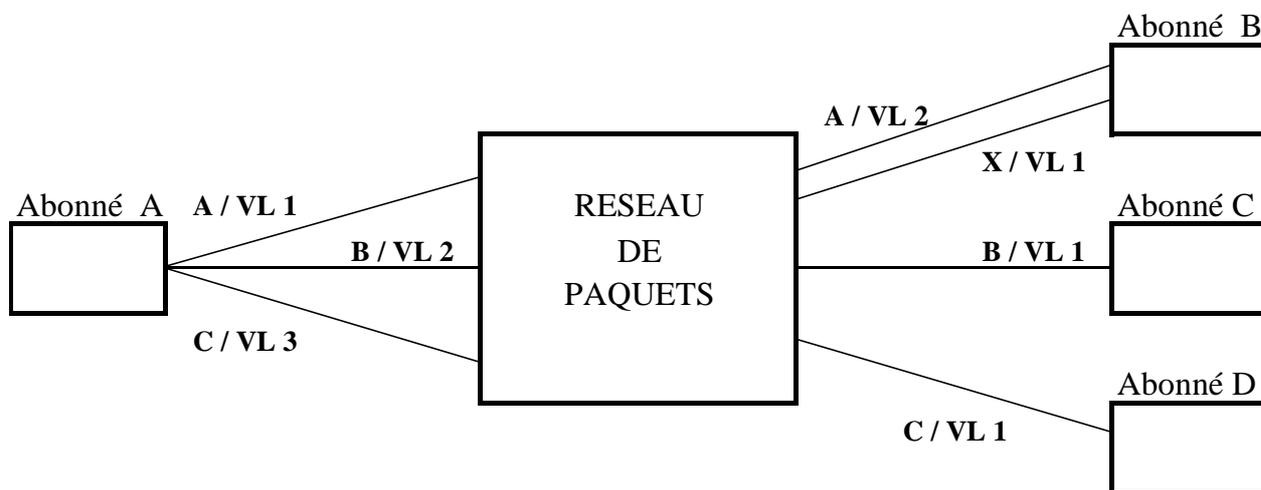
- La **classe de débit** (nombre de paquets de données complets par seconde).
- Les **paramètres de contrôle des flux** :
 - . la taille de la fenêtre.
 - . la longueur du paquet de données.

de l'ETCD vers l'ETTD	de l'ETTD vers l'ETCD	Service	
		CVC	CVP
Etablissement et libération des communications			
Appel entrant	Appel	*	
Communication établie	Communication acceptée	*	
Indication de libération	Demande de libération	*	
Confirmation de libération par l'ETCD	Confirmation de libération par l'ETTD	*	
Données et interruptions			
Données de l'ETCD	Données de l'ETTD	*	*
Interruption par l'ETCD	Interruption par l'ETTD	*	*
Confirmation d'interrupt. par l'ETCD	Confirmation de l'interrupt. par l'ETTD	*	*
Contrôle de flux et réinitialisation			
RR de l'ETCD	RR de l'ETTD	*	*
RNR de l'ETCD	RNR de l'ETTD	*	*
	REJ de l'ETTD	*	*
Indication de réinitialisation	Demande de réinitialisation	*	*
Confirmation de réinit. Par l'ETCD	Confirmation de réinit. par l'ETTD	*	*
Reprise			
Indication de reprise	Demande de reprise	*	*
Confirmation de reprise par l'ETCD	Confirmation de reprise par l'ETTD	*	*
Diagnostic			
Diagnostic		*	*
Enregistrement			
Confirmation d'enregistrement	Demande d'enregistrement	*	*

Les différents types de paquets X.25

1.3.3.2.7.3./ Notion de voie logique

L'utilisateur appelant choisit dans son paquet d'appel un numéro de circuit virtuel parmi les numéros disponibles sur son tronçon; par contre, c'est le réseau qui choisit le numéro sur le tronçon de l'appelé.

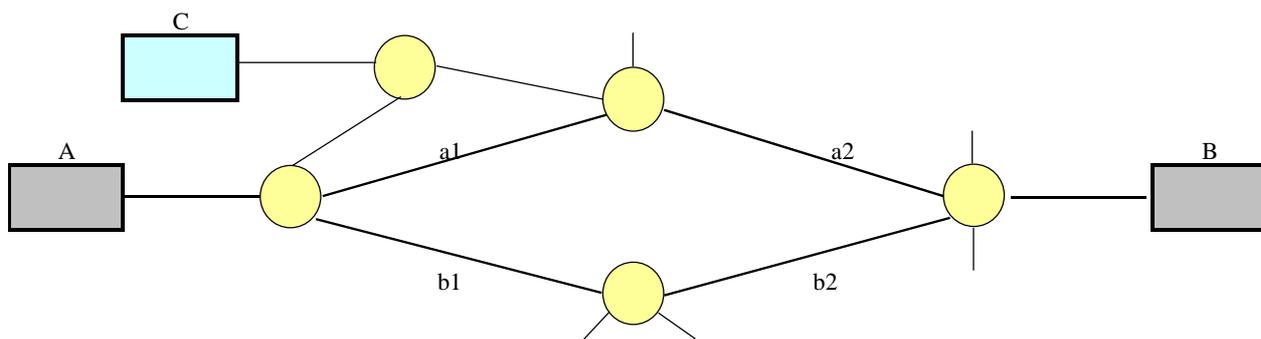


Exemple de voies logiques

1.3.3.2.7.4./ Procédure de communication de niveau 3

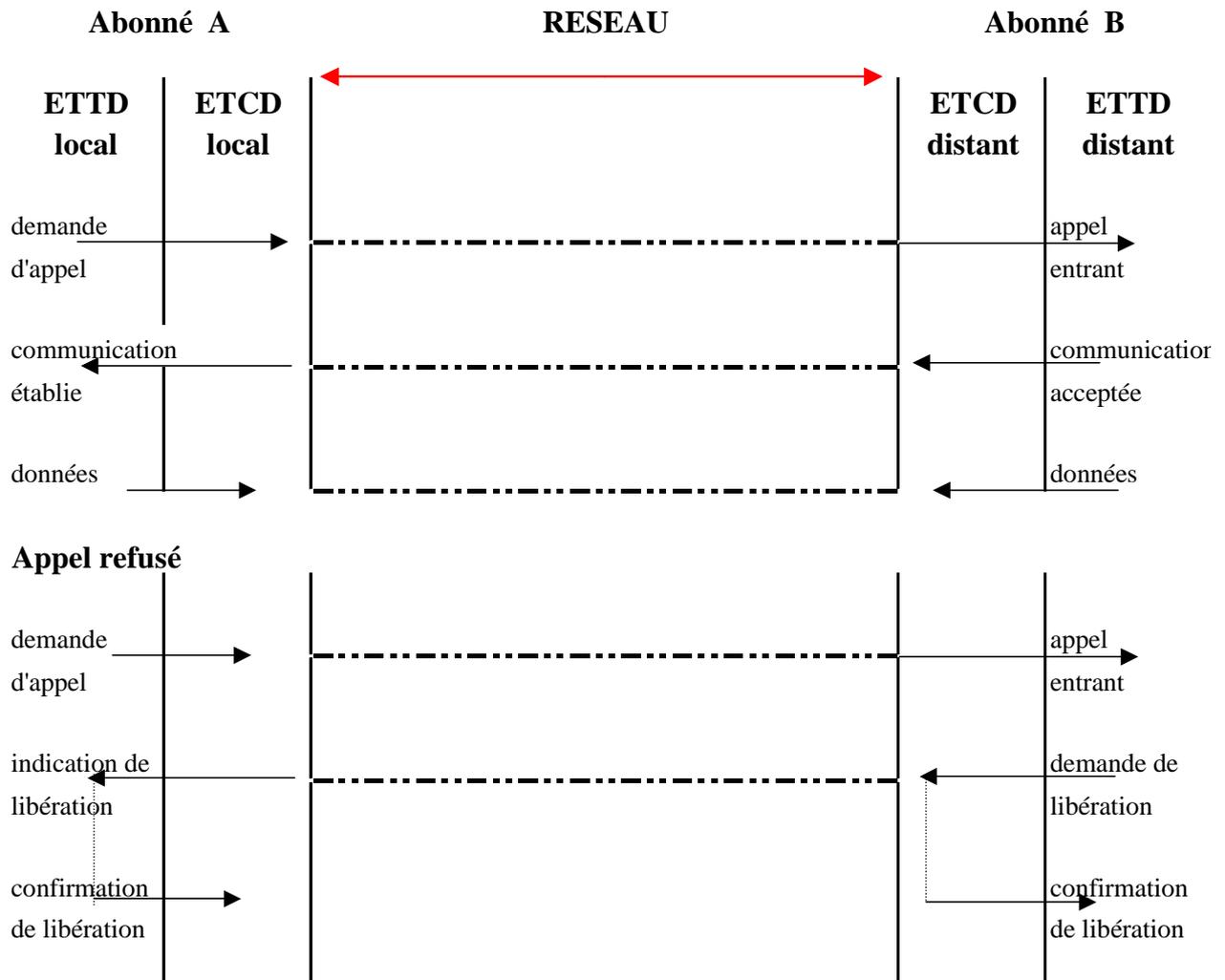
1.3.3.2.7.4.1./ Introduction

L'analyse des paquets reçus ou envoyés par un ETTD n'est effectuée qu'au niveau de l'interface avec son ETCD, ce dernier étant vu par l'ETTD comme l'élément de rattachement et de dialogue avec le réseau. Chaque paquet traversant le réseau est interprété à chaque nœud.



Nœuds X.25 de rattachement et intermédiaires entre abonnés

Etablissement d'un circuit virtuel



Etablissement et fermeture d'un circuit virtuel

1.3.3.2.7.4.2./ Typologie des paquets

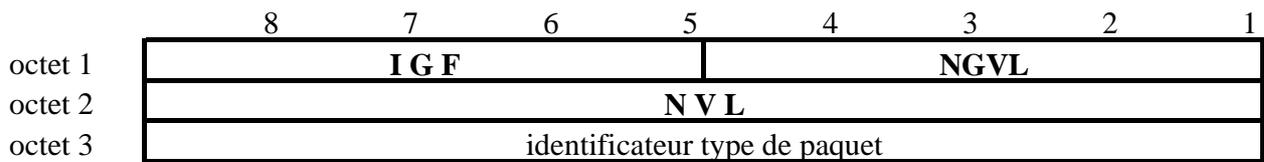
Les paquets X.25 peuvent être classés d'après leur **fonction dans la gestion de la communication** au niveau 3 :

- Les paquets d'établissement et de libération des communications.
- Les paquets de données et d'interruption.
- Les paquets de contrôle de flux et de réinitialisation.
- Les paquets de reprise.
- Les paquets de diagnostic.
- Les paquets d'enregistrement.

1.3.3.2.7.5./ *Format des paquets : Format de base*

Tout paquet est codé au moins sur 3 octets qui permettent d'identifier sa fonction. Ces 3 octets forment l'**entête** d'un paquet et sont définis comme suit :

- L'**identificateur général de format (IGF)** :
 - . Les bits 6 et 5 indiquent le **type de numérotation**.
 - . Le bit 7 ou bit D de **confirmation de remise**.
- Le bit 8 ou bit Q qualitatif (**Qualified Data**) : **séparer leurs paquets de contrôle de leurs paquets de données**.
- L'**identificateur de voie logique** :
 - . D'un **numéro de groupe de voie logique (NGVL)**.
 - . D'un **numéro de voie logique (NVL)**.
- L'**identificateur du type de paquet** : sert à différencier les différents paquets.



IGF = Identificateur Général de Format

NGVL = Numéro de Groupe de Voie Logique

NVL = Numéro de Voie Logique

Entête des paquetsX25

de l'ETCD vers l'ETTD	de l'ETTD vers l'ETCD	Octet 3 éléments binaires							
		8	7	6	5	4	3	2	1
Etablissement et libération des communications									
Appel entrant	Appel	0	0	0	0	1	0	1	1
Communication établie	Communication acceptée	0	0	0	0	1	1	1	1
Indication de libération	Demande de libération	0	0	0	1	0	0	1	1
Confirmation de libération par l'ETCD	Confirmation de libération par l'ETTD	0	0	0	1	0	1	1	1
Données et interruptions		P(R)		M		P(S)			
Données de l'ETCD	Données de l'ETTD	x	x	x	x	x	x	x	0
Interruption par l'ETCD	Interruption par l'ETTD	0	0	1	0	0	0	1	1
Confirmation d'interrupt. par l'ETCD	Confirmation de l'interrupt. par l'ETTD	0	0	1	0	0	1	1	1
Contrôle de flux et réinitialisation		P(R)							
RR de l'ETCD	RR de l'ETTD	x	x	x	0	0	0	0	1
RNR de l'ETCD	RNR de l'ETTD	x	x	x	0	0	1	0	1
	REJ de l'ETTD	x	x	x	0	1	0	0	1
Indication de réinitialisation	Demande de réinitialisation	0	0	0	1	1	0	1	1
Confirmation de réinit. Par l'ETCD	Confirmation de réinit. par l'ETTD	0	0	0	1	1	1	1	1
Reprise									
Indication de reprise	Demande de reprise	1	1	1	1	1	0	1	1
Confirmation de reprise par l'ETCD	Confirmation de reprise par l'ETTD	1	1	1	1	1	1	1	1
Diagnostic									
Diagnostic		1	1	1	1	0	0	0	1
Enregistrement									
	Demande d'enregistrement	1	1	1	1	0	0	1	1
Confirmation d'enregistrement		1	1	1	1	0	1	1	1

Valeur de l'octet d'identification du type de paquet X25

1.3.3.2.7.6./ Les services complémentaires

Les services complémentaires sont des **facilités (facilities)** que l'ETTD et le réseau peuvent utiliser. Pour les CVC, la plupart des services sont **choisis lors de l'abonnement de l'ETTD au réseau** et requièrent le **champ services complémentaires des paquets d'établissement de la communication** :

- Le choix des paramètres de contrôle de flux (une **longueur du champ de données des paquets non standard**, la **taille de la fenêtre**). Les valeurs par défaut sont 128 octets et 2 paquets.
- La sélection rapide : autorise un ETTD à **échanger des données dans les paquets d'établissement et de libération**.

- La taxation à l'arrivée : permet à un ETTD d'accepter les communications pour lesquelles l'ETTD appelant à demander la taxation à l'appelé.
- Les groupes fermés d'abonnés (GFA) : répond aux besoins d'abonnés qui veulent se protéger d'accès extérieurs à un groupe constitué au moment de l'abonnement. Un même abonné peut faire partie de plusieurs GFA.
- Le choix et l'indication du délai de transit souhaité.
- Le réacheminement des appels : permet de transférer les appels destinés à un ETTD vers un autre ETTD.

Voici quelques exemples de facilité X25 :

- Numéro de séquence étendu (7 bits).
- Positionner une taille de fenêtre non standard.
- Positionner une taille de paquet non standard.
- Positionner la classe de transport.
- Requête de PCV.
- Acceptation de PCV.
- Sélection du transporteur.
- Emission de données uniquement.
- Réception de données uniquement.
- Répétition sélective.
- Utilisation de la sélection rapide.

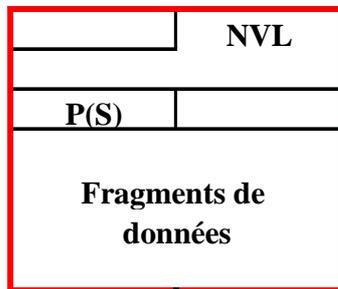
1.3.3.2.7.7./ Transmission des informations entre les niveaux de la norme X.25

Il existe deux grandes catégories de paquets :

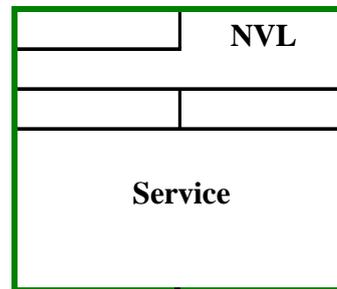
- Les paquets qui servent à transporter les fragments du message fourni à la Couche Réseau par les couches supérieures. Ce sont les paquets de données.
- Les paquets qui servent à gérer la communication. Ce sont les paquets d'établissement ou de libération de la communication, les paquets de reprise, etc ...

Pour être transmis sur la liaison, les paquets sont enveloppés (encapsulés) dans des trames d'informations HDLC. Ils constituent le champ information de ces trames.

Paquet de données

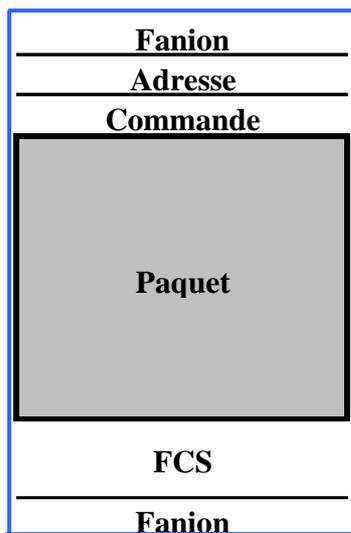


Paquet de service



données
ou
service

Trame d'information



Trame de service

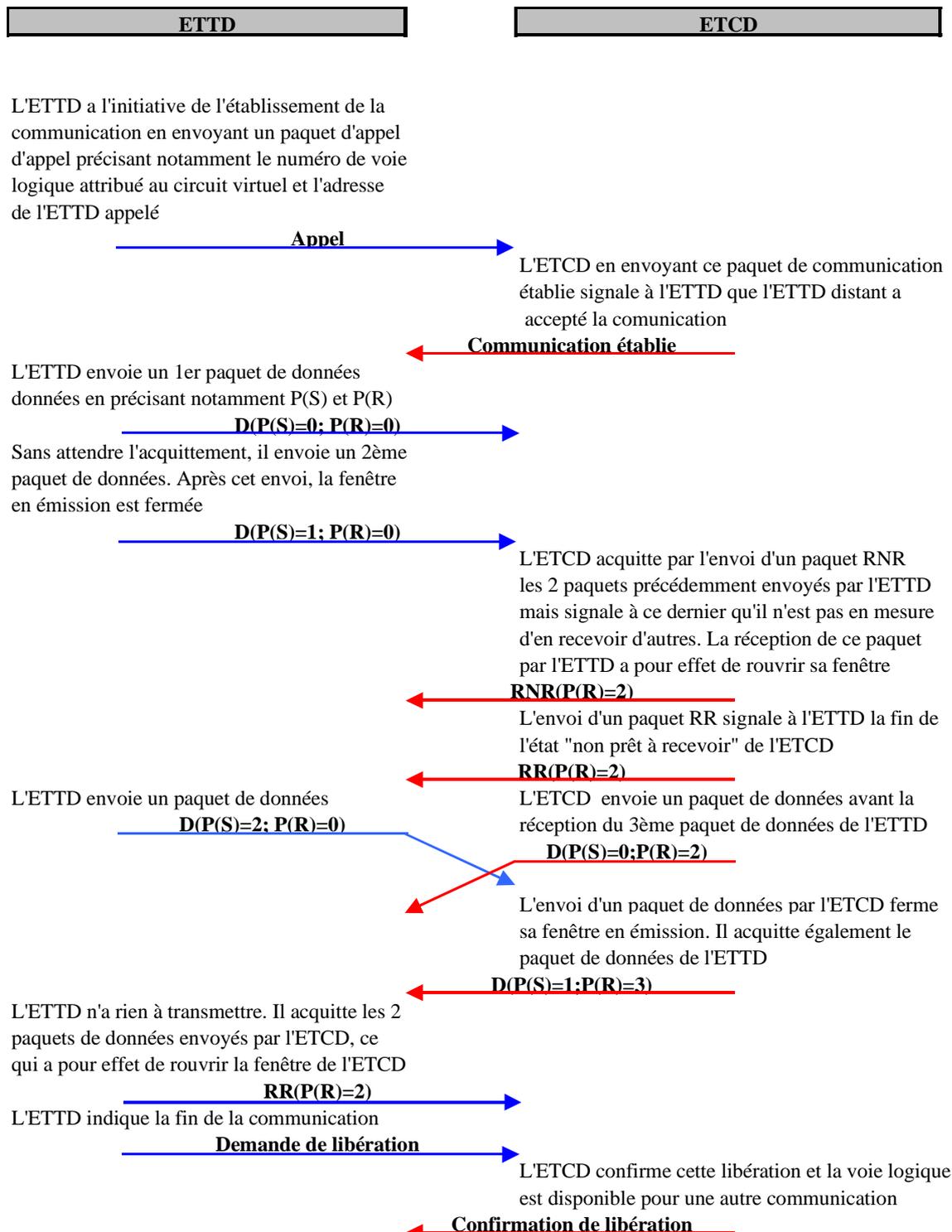


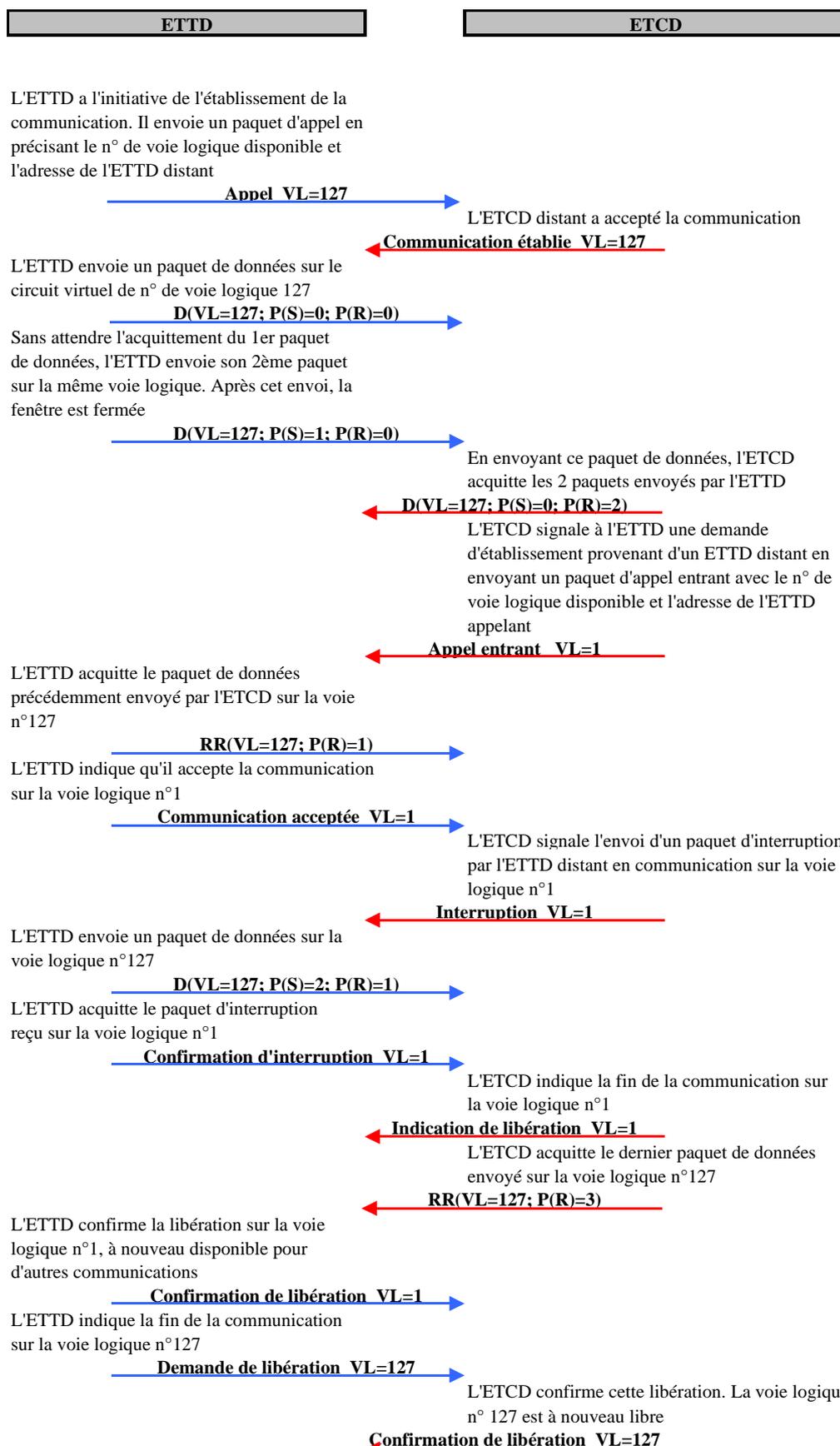
Trame de
données ou
de service

transmis sur la ligne

Encapsulation des paquets dans les trames X25

1.3.3.2.7.8./ Exemple d'échange de paquet X25 entre un ETDD et un ETCD



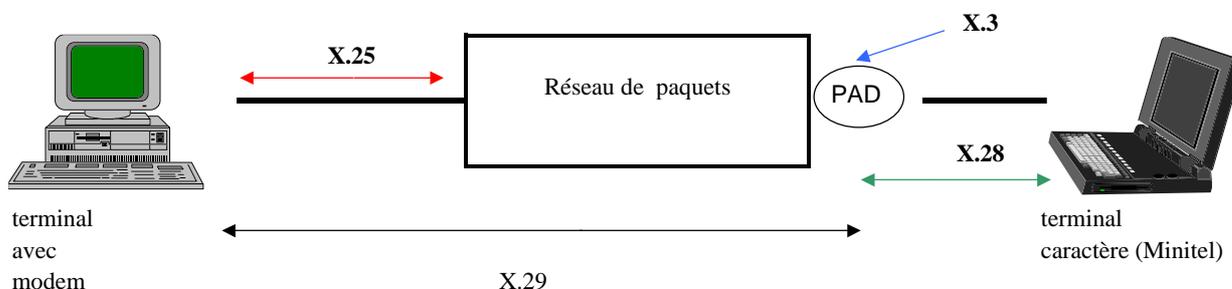


1.3.3.2.7.9./ Le triple X (X.3, X.28, X.29)

1.3.3.2.7.9.1./ Connexion des terminaux asynchrones

Les terminaux asynchrones sont raccordés au réseau de paquets soit par une **liaison spécialisée**, soit par le **RTPC** (= **Réseau Téléphonique Public Commuté**). Lorsque l'appel est effectué via le RTPC, le modem à réponse automatique du PAD assure la connexion et le **PAD** (= **Assembleur/Désassembleur de Paquets**) effectue une détection automatique de vitesse du terminal appelant, puis la liaison passe à l'état de "ligne active". L'ensemble des échanges est géré par les recommandations suivantes :

- X.3 précise les **fonctions du PAD**.
- X.28 a trait au **protocole utilisé entre terminal asynchrone et PAD** ainsi qu'à l'**interface correspondante**.
- X.29 décrit le **protocole utilisé entre un PAD et un terminal mode paquet**.

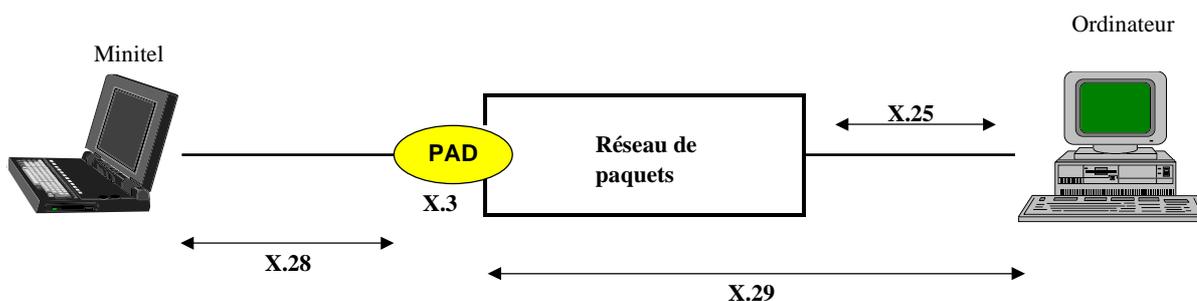


Connexion au réseau de paquets d'un terminal caractère à droite et d'un équipé d'un modem à gauche

1.3.3.2.7.9.2./ Fonctions essentielles du PAD

Le PAD assure la **conversion de protocole X.25 / protocole asynchrone** dans les **deux sens** :

- Il supprime les éléments de départ et d'arrêt envoyés par les terminaux asynchrones.
- Il emmagasine les éléments binaires utiles des caractères envoyés et les regroupe pour les présenter en paquet au réseau, dès que le nombre de caractères est suffisant, ou dès que le délai de temporisation est expiré.



Connexion au réseau de paquets d'un terminal

- Réciproquement, il désassemble les paquets reçus du réseau pour les retransmettre vers les terminaux asynchrones sous forme de caractères munis de signaux start-stop.
- Il interprète les messages de commande envoyés par le terminal.
- Il établit, gère et libère les circuits virtuels.
- Côté terminal, il constitue les messages et des signaux de service à partir des informations recueillies côté réseau de paquet.
- La plupart des fonctions du PAD sont **définies au moment de la souscription de l'abonnement de l'utilisateur**.

1.3.3.2.7.9.3./ Fonctions optionnelles du PAD

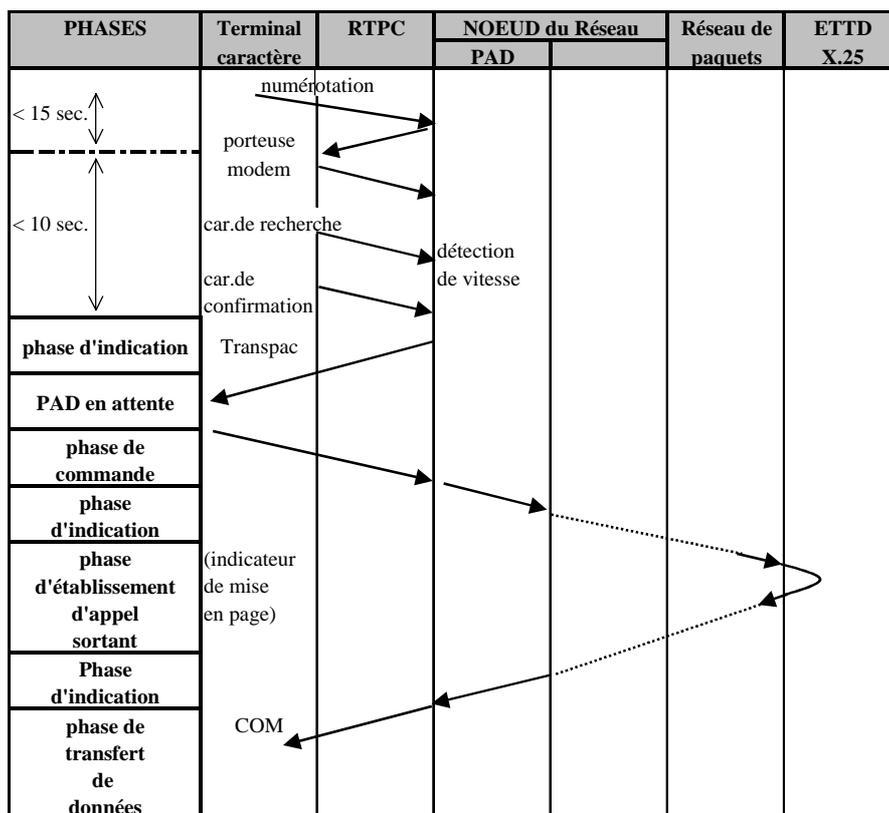
Les fonctions sont les suivantes :

- Rappel du PAD au cours d'une connexion par l'envoi d'un caractère particulier.
- Renvoi en écho local des caractères.
- Choix du signal d'envoi des données pour l'assemblage de paquets.
- Temporisation d'envoi des données.
- Commande d'asservissement du terminal par le PAD (contrôle de flux).
- Remplissage après retour chariot.
- Pliage de ligne.
- Contrôle de flux du PAD par l'ETTD arythmique.
- Insertion d'un interligne après le retour chariot.
- Remplissage après interligne.
- Edition des signaux de service du PAD.
- Traitement de parité.
- Attente de page après N changements de ligne.

1.3.3.2.7.9.4./ Interface asynchrone - PAD

Le protocole X.28 définit :

- L'interface ETTD-ETCD pour l'accès d'un **terminal arythmique dépendant du raccordement à un PAD**.
- Les **échanges de signaux relatifs**.



Echanges de signaux entre un terminal asynchrone et un PAD

1.3.3.2.7.9.5./ Protocole ETDD-PAD

La procédure X.29 entre abonné mode paquet et le PAD est également gérée par le PAD, en liaison avec la procédure X.28 entre PAD et terminal caractère. L'abonné au terminal mode paquet peut lire et modifier les paramètres du PAD du terminal caractère. X.29 permet l'échange des signaux de données et de service.

1.3.3.2.7.10./ Interaction entre les niveaux Liaison et Réseau du modèle OSI

Le niveau 2 gère les liaisons de données entre deux équipements adjacents; l'unité d'information manipulée à ce niveau est la trame.

Le niveau 3 gère les transferts de paquets. Il s'ensuit que tout paquet est placé dans le champ I d'une trame. Par convention, il ne peut y avoir plus d'un paquet par trame.

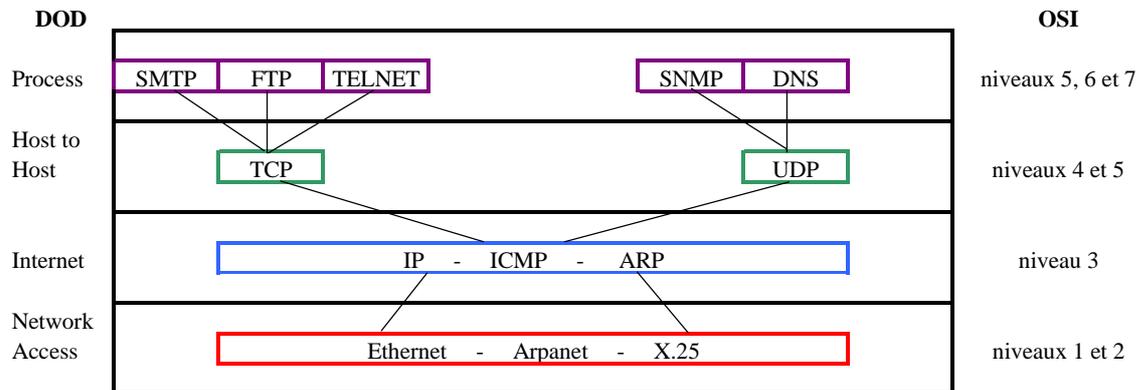
La trame RR indique l'état de la liaison de données (qui peut être partagée entre plusieurs circuits virtuels)

Le paquet RR sert à acquitter des paquets reçus sur un circuit virtuel donné, et sur ce circuit virtuel seulement.

1.3.3.2.7.11./ Le protocole TCP IP (Internet Protocol)

1.3.3.2.7.11.1./ Généralités

Le protocole TCP IP (= Internet Protocol) rend des services d'échange de paquets de données en mode sans connexion. IP est avant tout un service d'acheminement de paquets entre réseaux.



FTP = File Transfer Protocol
 SMTP = Simple Mail Transfer Protocol
 TELNET = Terminal NETWORK protocol

SNMP = System Network Message Protocol
 DNS = Domain Name Service

TCP = Transmission Control Protocol

UDP = User Datagram Protocol

IP = Internet Protocol

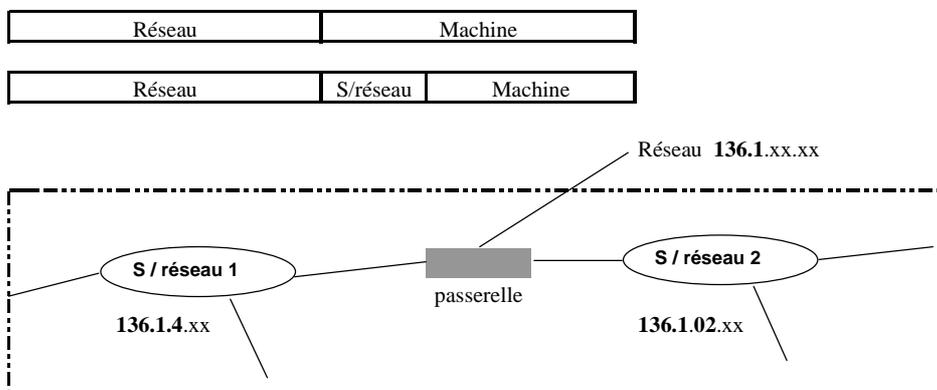
ICMP = Internet Control Message Protocol

ARP = Address Resolution Protocol

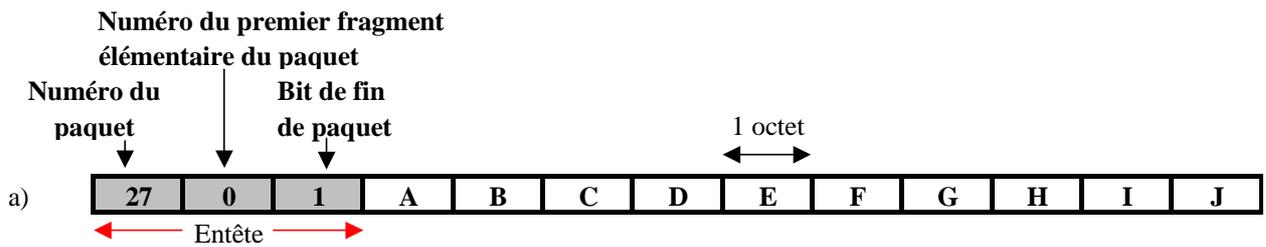
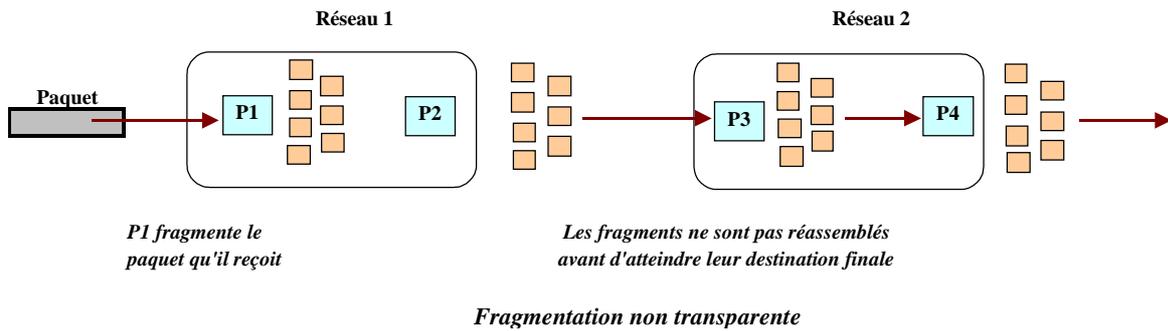
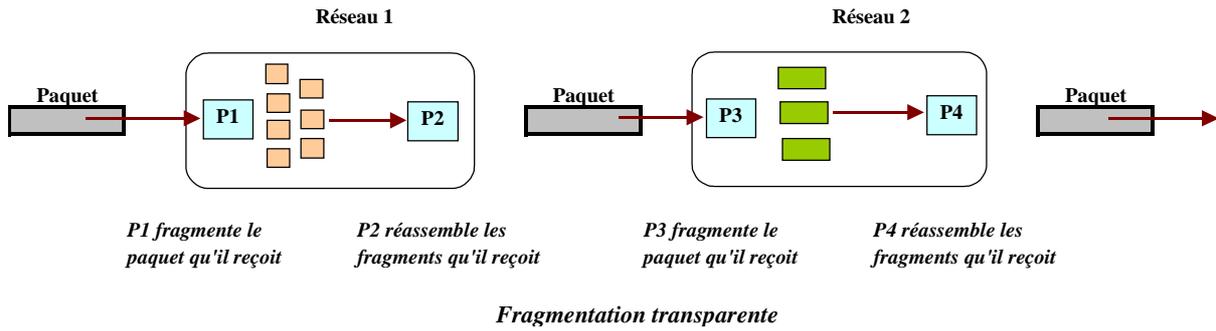
Protocoles TCP-IP

L'architecture globale d'ARPA contient un ensemble de protocoles qui permettent de générer des profils verticaux cohérents. Le protocole IP assume les fonctions suivantes :

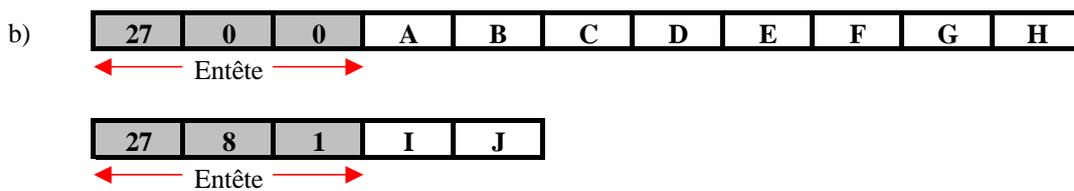
- Transmission de données en mode sans connexion.
- Routage des données par l'intermédiaire de passerelles.
- Fragmentation des données quand leur taille n'est pas adaptée aux divers sous-réseaux traversés.



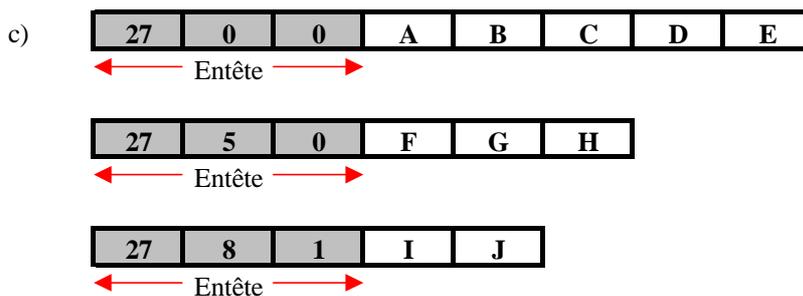
Sous-adressage IP



Paquet original de 10 octets



Fragments obtenus dans un réseau où le paquet maximum est de 8 octets



Fragments après la traversée d'une passerelle de dimension 5

1.3.3.2.7.11.2./ Format du datagramme IP

Le protocole Internet est responsable :

- De l'adressage.
- Du routage entre stations.
- De leur acheminement.
- De leur assemblage/désassemblage.

Lors de l'émission, les fonctionnalités assurées sont :

- Identification du paquet.
- Détermination de la route à suivre.
- Vérification du type d'adressage (station ou diffusion).
- Fragmentation de la trame si nécessaire.

A la réception, les fonctionnalités sont :

- Vérification de la longueur du paquet.
- Contrôle des erreurs.
- Retransmission (pour un ETCD).
- Ré assemblage en cas de fragmentation.
- Transmission du paquet ré assemblé au niveau supérieur.

Un datagramme IP est constitué de deux parties :

- Un en-tête avec :
 - . Le champ numéro de version.
 - . Un champ de longueur de l'en-tête (IHL).
 - . Le champ type de service.
 - . Le champ longueur totale = la longueur totale du datagramme : entête plus données. La longueur maximale est de 65 536 octets.

0	8	16	24	31
Version	Longueur	Type de service	Longueur totale	
Identificateur			Drapeau	Position du fragment
Durée de vie		Protocole	Checksum de l'en-tête	
Adresse station source				
Adresse station destination				
Options éventuelles			Bourrage	

Structure de l'en-tête IP

- Le **champ identification** = nécessaire pour permettre à l'hôte de déterminer à quel datagramme appartient un fragment lors de son arrivée. **Le champ identification de tous les fragments d'un datagramme contient la même valeur.**
- Le **champ drapeau** avec un bit inutilisé, un bit DF qui signifie Ne pas fragmenter (= Don't Fragment), et un bit MF signifie Fragment non unique (More Fragment).
- Le **champ décalage** (= **Fragment offset** = **champ déplacement**) indique la position du fragment dans le datagramme courant.
- Le **champ durée de vie** (**TTL = Time To Live**) = compteur utilisé pour limiter la durée de vie des paquets. La valeur est décrétementée à chaque passage d'un réseau à un autre.
- Le **champ protocole**.
- Le **champ contrôle d'en-tête** (**checksum = CRC**) = permet de ne vérifier que l'en-tête.
- Les **champs adresse source** et **adresse destination** fournissent les numéros de réseau et d'hôte. L'adresse Internet est habituellement écrite sous la forme de 4 octets codés en décimal et séparés par un point. On a les classes suivantes :

- . **Classe A** (ou **grands réseaux**) : 0.0.0.0 à 127.255.255.255.
- . **Classe B** (ou **moyens réseaux**) : 128.0.0.0 à 191.255.255.255.
- . **Classe C** (ou **petits réseaux**) : 192.0.0.0 à 223.255.255.255.

Suivant la topologie des réseaux à interconnecter, les adresses source et destination peuvent avoir l'un des formats suivants :

0	Réseau (7 bits)	Adresse station (24 bits)
----------	-----------------	---------------------------

Adresse de classe A

10	Réseau (24 bits)	Adresse station (16 bits)
-----------	------------------	---------------------------

Adresse de classe B

110	Réseau (21 bits)	Adresse station (8 bits)
------------	------------------	--------------------------

Adresse de classe C

111	Format indéfini	
------------	-----------------	--

Classe des adresses étendues

Format des adresses IP

- Le **champ options** :
 - . La sécurité.
 - . Le routage par contrôle de l'émetteur.
 - . Les rapports d'erreurs.
 - . Le débogage.
 - . Le marquage temporel.
 - . D'autres informations.
 - . Le **champ bourrage** (= **padding**).

- Un **champ données** : les données du segment dont la **taille maximale** est **65 536 octets**.

1.3.3.2.7.11.3./ Compatibilité avec les couches inférieures

1.3.3.2.7.11.3.1./ Généralités

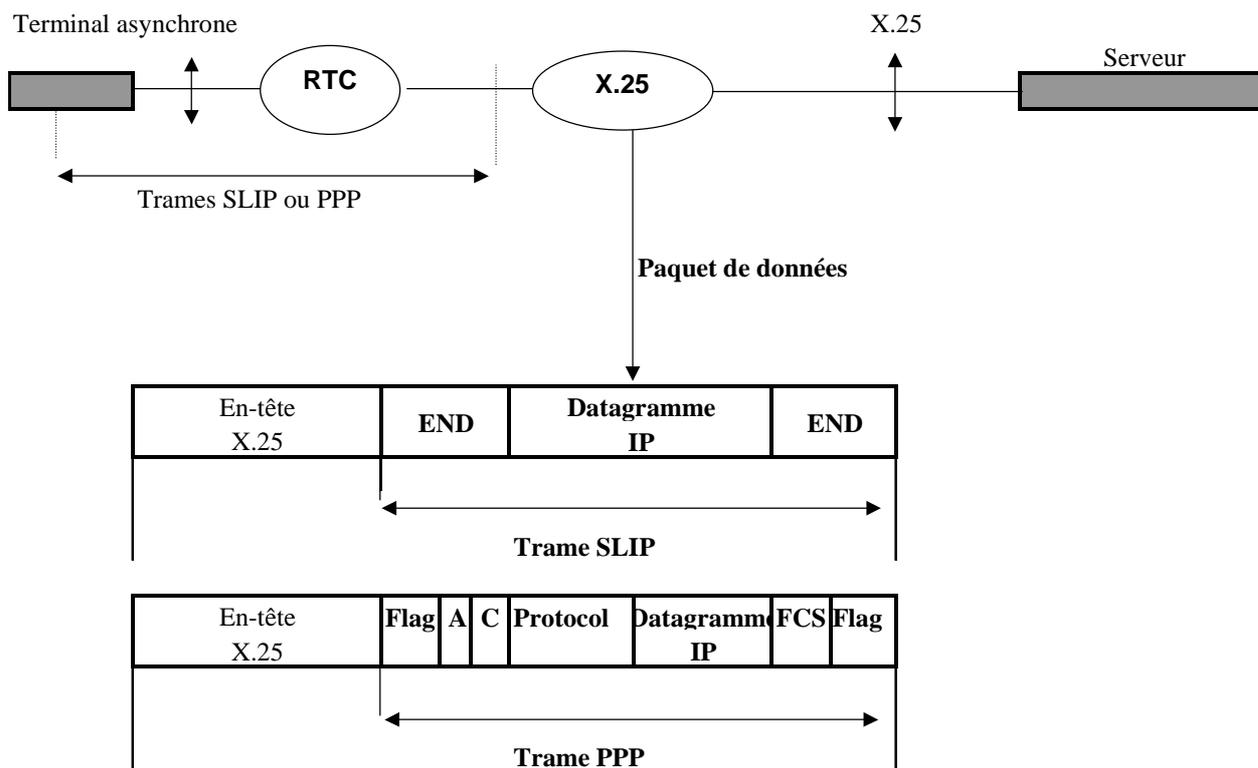
Le protocole IP peut s'appuyer sur différentes interfaces réseau :

- Le standard Ethernet IEEE 802.3.
- Token-Ring IEEE 802.5.
- X.25.
- Interfaces asynchrones type **SLIP** (= **Serial Line Internet Protocol**) ou **PPP** (= **Point to point Protocol**).

Les trames SLIP sont encapsulées dans des paquets X.25 et véhiculées de façon transparente au réseau.

La synchronisation avec le PAD s'effectue par reconnaissance des caractères END avant et après le datagramme IP.

Le protocole PPP autorise les mêmes fonctionnalités. La trame PPP est délimitée par les flags de synchronisation de trame.



IP et protocoles SLIP et PPP

1.3.3.2.7.11.3.2./ Le protocole ICMP (Internet Control Message Protocol)

IP est un protocole qui offre un service de **transmission de datagrammes**, sans mécanisme assurant l'intégrité des données, ni le contrôle de flux de bout en bout.

IP comporte un protocole ICMP de **transmission entre les logiciels IP des hôtes d'informations sur les conditions anormales qui permet d'éviter une croissance exponentielle des problèmes.**

IP permet de définir des **niveaux de précedence entre datagrammes**, ainsi que des **caractéristiques de routage souhaitées pour les datagrammes** :

- Délai de transmission court.
- Haut débit.
- Fiabilité de la transmission.

Chaque IMP maintient localement une représentation complète de ARPANET, y compris les délais sur chaque ligne. A l'aide de cette base de données, chaque IMP calcule **le plus court chemin entre lui et tous les autres IMP**, en prenant les délais comme unité de mesure.

Afin de s'adapter aux changements de trafic et aux modifications de topologie, chaque IMP mesure le délai sur chacune de ses lignes et en fait la moyenne sur des périodes de 10 secondes. Les résultats de ces mesures, en parallèle avec la mise à jour des numéros de séquence, sont diffusés à tous les autres IMP en utilisant l'algorithme par inondation.

1.3.3.2.7.11.3.3./ Le Protocole ARP

Ce protocole permet la **résolution d'adresse IP en adresse physique du réseau d'accès**. Chaque **système hôte** sur lequel le protocole ARP est implanté dispose d'une **table de translation des adresses Internet@INT en adresses physiques@PHY**.

1.3.3.2.7.12./ Interconnexion de réseaux

1.3.3.2.7.12.1./ Généralités

De même que le contrôle de congestion et le routage sont en étroite relation avec les fonctions essentielles de la Couche Réseau, ils ont énormément d'importance dans l'interconnexion de réseaux.

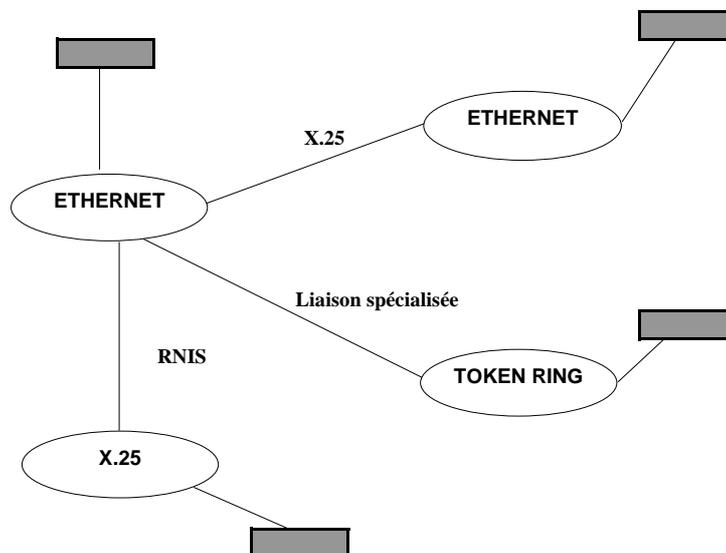
Un autre problème se pose avec l'interconnexion de réseaux du fait que **tous les réseaux n'utilisent pas les mêmes protocoles**. Les différents protocoles se traduisent par des différences :

- De formats de paquets.
- D'en-têtes.
- De contrôle de flux.
- De règles d'acquiescement, etc...

Une personne d'une entreprise peut désirer communiquer avec d'autres personnes :

- De la même entreprise, sur le même site, par la messagerie du réseau local.
- De la même entreprise, sur un site différent, par l'interconnexion des services de messageries.
- De la même entreprise, sur un site différent, dont le réseau est de type X.25.
- D'une autre entreprise, sur un même site, (comme par exemple les "pépinières d'entreprise").
- D'une autre entreprise, sur un site différent, etc

Ces quelques exemples présentent des cas concrets d'interconnexion à différents niveaux dans le modèle de référence de l'ISO. De nombreux schémas d'interconnexion et d'architectures sont envisageables.



Interconnexion de réseaux

On imagine facilement la nécessité d'effectuer des conversions de protocole et des transcodages pour assurer effectivement l'interconnexion des différents équipements.

De même que le contrôle de congestion et le routage sont en étroite relation avec les fonctions essentielles de la Couche Réseau, ils ont énormément d'importance dans l'interconnexion de réseaux. Lorsque la machine source et la machine destination sont dans des réseaux différents, tous les problèmes de routage sont présents, en plus compliqué.

Exemple : Les réseaux contenant la machine source et la machine destinataire ne sont pas directement connectés, l'algorithme de routage doit trouver un chemin à travers un ou plusieurs réseaux intermédiaires. Il peut y avoir plusieurs choix possibles, tous ayant des caractéristiques différentes, avec leurs avantages et leurs inconvénients.

En dehors du routage, un autre problème se pose avec l'interconnexion de réseaux du fait que tous les réseaux n'utilisent pas les mêmes protocoles. Les différents protocoles se traduisent par les différences suivantes :

- Formats de paquets.
- En-têtes.
- Contrôle de flux.
- Règles d'acquittement, etc...

Par conséquent, quand un paquet passe de réseau en réseau, des conversions s'avèrent nécessaires. Quelquefois elles sont simples, mais souvent ce n'est pas le cas. Pensons seulement à ce qui arrive lorsqu'un paquet traverse successivement des sous-réseaux à circuit virtuel et des sous-réseaux datagramme pour arriver à sa destination.

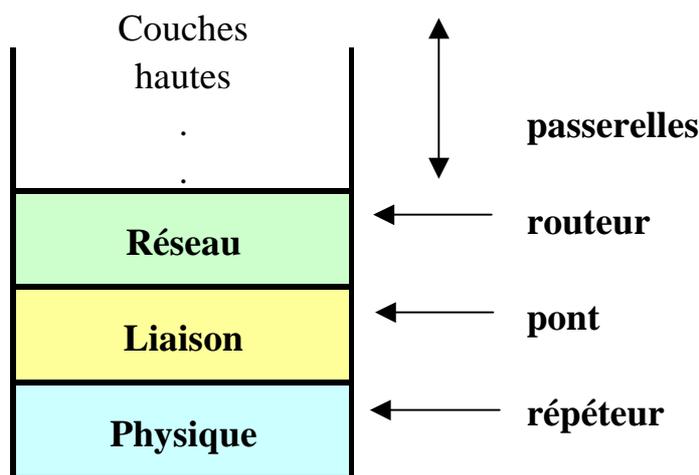
Il existe une grande diversité de réseaux. Chaque jour 20 000 réseaux SNA, plus de 2 000 réseaux DECNET et un nombre incalculable de RLE (= Réseaux Locaux d'Entreprise) de toutes sortes sont en fonctionnement de par le monde. Une proportion très faible d'entre eux respecte le modèle OSI. Nous allons étudier les difficultés qui apparaissent lorsqu'il devient nécessaire d'interconnecter deux ou plusieurs de ces réseaux pour former un inter-réseau.

L'abondance actuelle de types de réseaux est-elle une phase temporaire qui prendra fin aussitôt que chacun aura pris conscience de la merveille qu'est le modèle OSI ? Ou s'agit-il d'un état inévitable et permanent du monde ? Cette question donne lieu à d'énormes controverses. Malheureusement un bon nombre de types de réseaux différents continueront à coexister et cela pour les raisons suivantes :

- Premièrement, la base installée de réseaux non OSI est déjà très importante et croît rapidement. Exemple : IBM fournit encore de nouveaux réseaux SNA. La plupart des machines UNIX supportent TCP/IP. Les RLE sont rarement conformes au modèle OSI. De plus ce marché a encore de belles années devant lui car tous les fournisseurs ne considèrent pas qu'il soit dans leur intérêt de permettre à leurs clients de migrer aisément vers les systèmes de la concurrence.

- Deuxièmement, du fait de la baisse des coûts des ordinateurs et des réseaux, les décisions d'investissement se prennent à des niveaux de plus en plus bas. Exemple : Dans beaucoup d'entreprises, seuls les investissements dépassant 5 millions de francs sont du ressort de la direction générale. Le management intermédiaire décide de ceux supérieurs à 50 000 F, enfin les chefs de service sont responsables, sans en référer à leur hiérarchie, des achats inférieurs à 500 000 F. Cela conduit facilement à voir une division administrative s'équiper avec un réseau Ethernet, le département d'ingénierie avec un bus à jeton (token bus) et le département des ressources humaines avec un anneau à jeton (token ring).
- Troisièmement, les différents types de réseau (ex : RLE et satellite) utilisent des technologies radicalement différentes. Il ne serait donc pas surprenant que de nouveaux développements matériels nécessitent de nouveaux logiciels non conformes au modèle OSI.

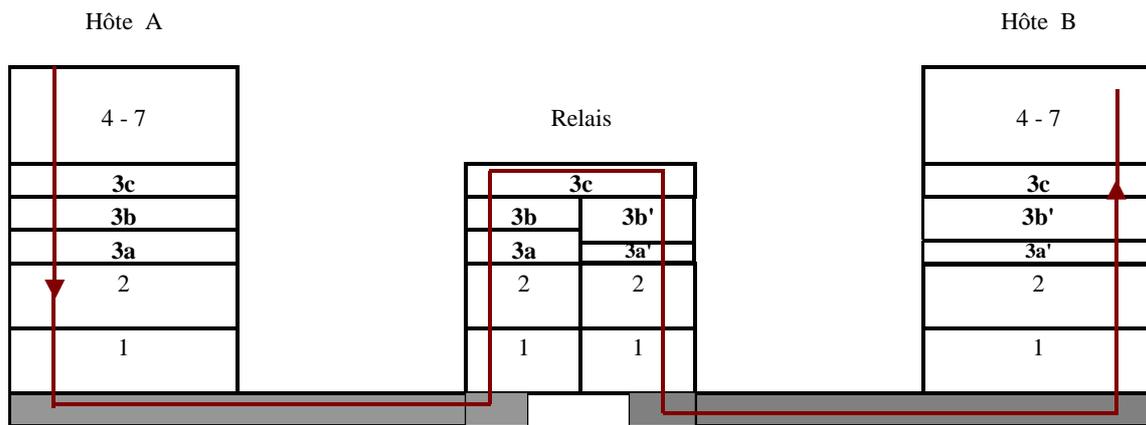
Nous prendrons donc comme hypothèse le fait que la multiplicité et l'incompatibilité des réseaux sont un fait durable. Nous allons étudier quelques situations dans lesquelles leur interconnexion est souhaitable.



Les différents relais

Dans chacun des cas il faut nécessairement insérer une boîte noire à la jonction de deux réseaux pour prendre en compte les conversions qui s'imposent sur les paquets en transit. Le terme générique pour ces unités est relais (ou système intermédiaire). On analysera leur différent type (répéteur = repeater,, pont = bridge, routeur = router, passerelle = gateway) plus loin dans ce paragraphe. Un relais est :

- Soit bidirectionnel, lorsqu'il connecte deux réseaux.
- Soit multidirectionnel s'il prend en charge plusieurs réseaux.



3a, 3a' = sous-couche d'accès au sous-réseau
 3b, 3b' = sous-couche de mise à niveau du sous-réseau
 3c, 3c' = sous-couche d'interconnexion

Structure interne de la Couche Réseau

1.3.3.2.7.12.2./ OSI et Interconnexion de réseaux

La Couche Réseau peut être subdivisée en trois sous-couches selon les besoins :

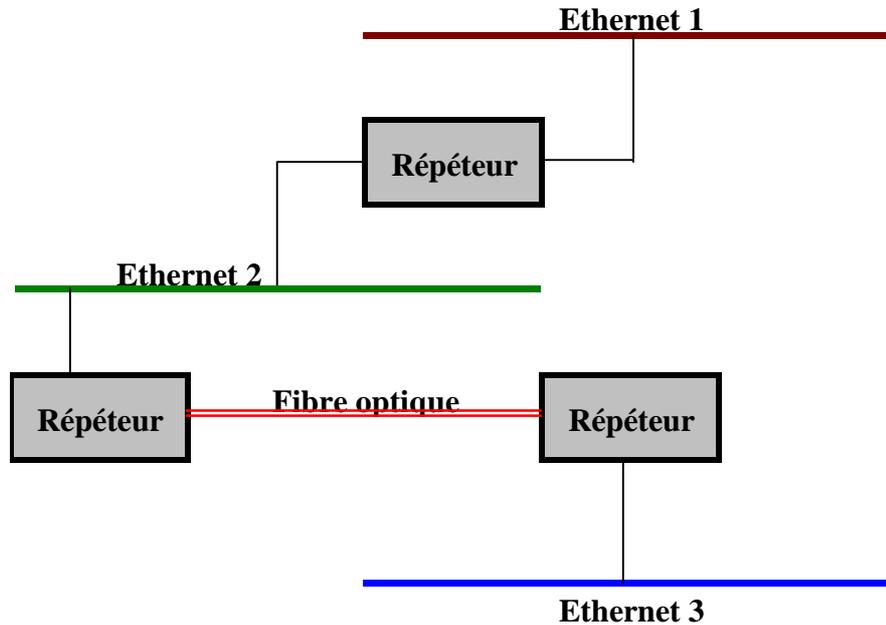
- La sous-couche d'accès au sous-réseau (**subnet access sublayer**).
- La sous-couche de mise à niveau du sous-réseau (**subnet enhancement sublayer**).
- La sous-couche d'interconnexion (**internet sublayer**).

La sous-couche d'accès au sous-réseau :

- Gère le protocole de la couche réseau pour le sous-réseau spécifique utilisé.
- Reçoit et émet les paquets de données et les paquets de contrôle.
- Accomplit les fonctions de base de la Couche Réseau.

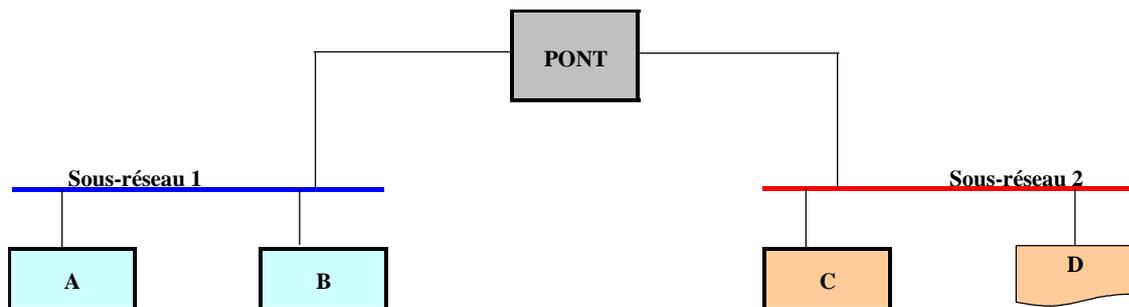
La sous-couche de mise à niveau du sous-réseau harmonise les sous-réseaux offrant différents services. Les quatre types de relais les plus communs sont les suivants :

- **Couche 1** : les répéteurs (**repeater**) :
 - . Copient les bits individuels entre des segments de câble.
 - . N'apportent que des modifications au niveau physique.



Brins Ethernet reliés par des répéteurs

- **Couche 2** : les **ponts (bridge)** :
- Mémorisent et transmettent les trames.
- Apportent des modifications jusqu'au niveau liaison.



Les trames émises de **A vers B** ne sont **pas répétées sur le sous-réseau 2**
 Avec un pont filtrant le **serveur d'impression D** n'est **accessible par A et B** que s'ils sont autorisés par l'administrateur

Deux sous-réseaux reliés par un pont

- **Couche 3** : les **routeurs (router)** :
- Mémorisent et transmettent des paquets entre réseaux dissemblables.
- Apportent des modifications jusqu'au niveau réseau.

- **Couche 4** : les **passerelles (gateway)** fournissent une interface aux couches supérieures.

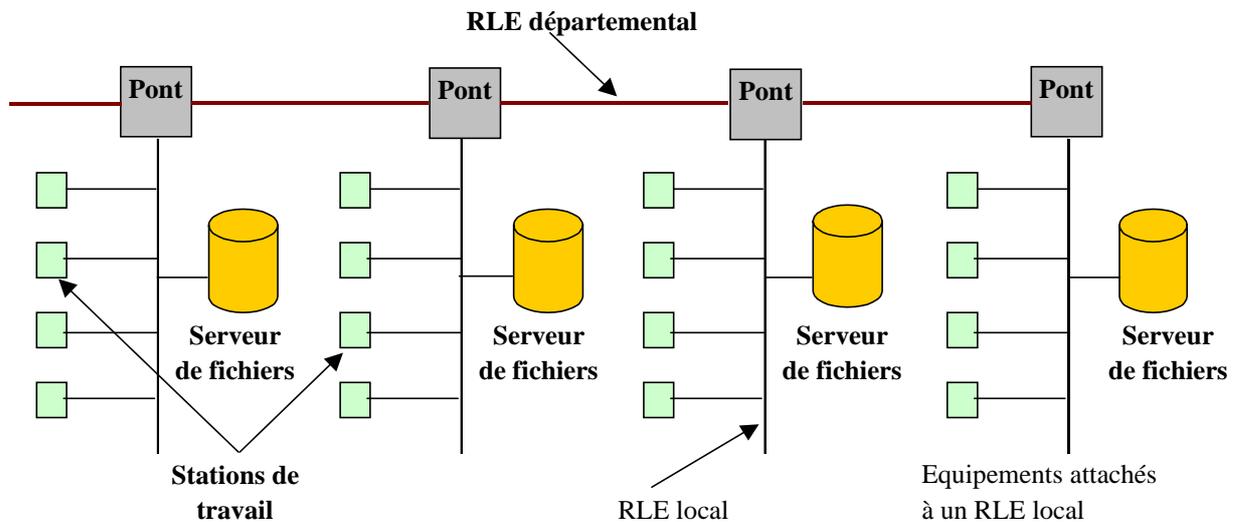
Les **répéteurs (transceiver)** sont des **unités de bas niveau** qui ne servent qu'à **amplifier des signaux électriques**. Ils n'ont **aucune fonction de conversion ou de transcodage**. Ils supposent que les architectures des sous-réseaux à relier sont identiques à partir de la Couche Liaison.

Les **ponts** sont des **unités de mémorisation et de réémission (store and forward)**. Un pont peut **effectuer des transformations mineures dans la trame avant sa réémission**. Un pont étant une unité de la Couche Liaison de Données, il **ignore les en-têtes de la couche 3 et au-dessus**.

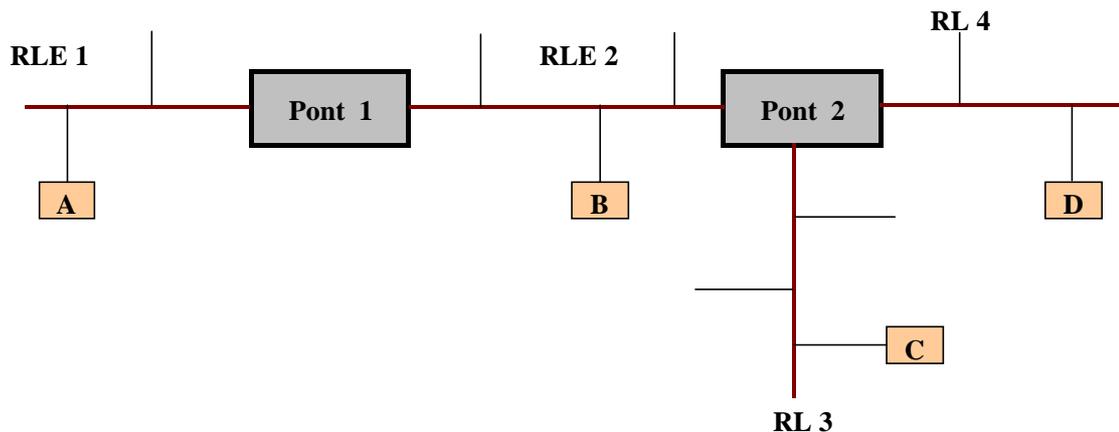
Le pont travaille au niveau de la Couche Liaison de Données, pour des **sous-réseaux ayant des infrastructures physiques identiques ou différentes**. Le pont est chargé de filtrer le passage de trames d'un sous-réseau à un autre. Cette fonction suppose que le pont a pris connaissance (lors de l'initialisation ou par apprentissage en cours d'utilisation) de la **localisation des adresses sur les différents sous-réseaux**.

Il existe des ponts plus ou moins sophistiqués :

- Les ponts simples.
- Les ponts filtrants.



Plusieurs RLE connectés en râteau (backbone) pour permettre une charge totale supérieure à la capacité d'un RLE unique



Une configuration de quatre RLE et de deux ponts

Les **routeurs** sont conceptuellement similaires aux ponts, mis à part le fait qu'ils interviennent dans la Couche Réseau. Ils permettent l'interconnexion de réseaux présentant des différences dans les couches 1 et 2, mais identiques à partir de la couche 3.

Le routeur assure les fonctions classiques de **transmission des paquets d'un réseau à l'autre**, en effectuant les **opérations de conversion de protocoles nécessaires**. Les routeurs **utilisent des protocoles spécifiques** pour effectuer les opérations de routage d'un sous-réseau à un autre :

- **RIP (= Routing Information Protocol).**
- **IGRP (= Interior Gateway Routing Protocol).**
- **OSPF (= Open Shortest Path First).**

Dans la Couche Transport et au-dessus, les relais sont habituellement appelés des **convertisseurs de protocole**, bien que certains les appellent **passerelles**.

Indépendamment de la couche dans laquelle est effectué le relais, la complexité de la tâche dépend avant tout du degré de similitude des deux réseaux en termes :

- De trames.
- De paquets.
- De messages.
- De protocoles.

Parmi les éléments qui peuvent rendre des réseaux différents on trouve, entre autres :

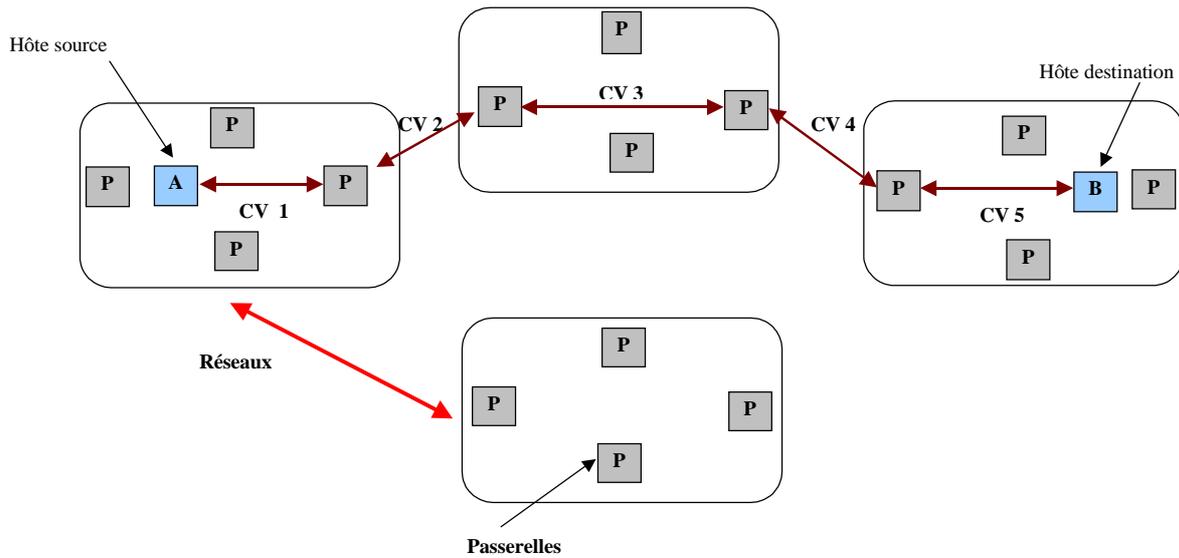
- La taille des trames, des paquets et des messages.
- Les algorithmes de contrôle (checksum).
- Les maxima de durée de vie des paquets.
- Les protocoles orientés connexion ou au contraire sans connexion.
- Les valeurs des temporisateurs (timers).

1.3.3.2.7.12.3./ Techniques d'interconnexion

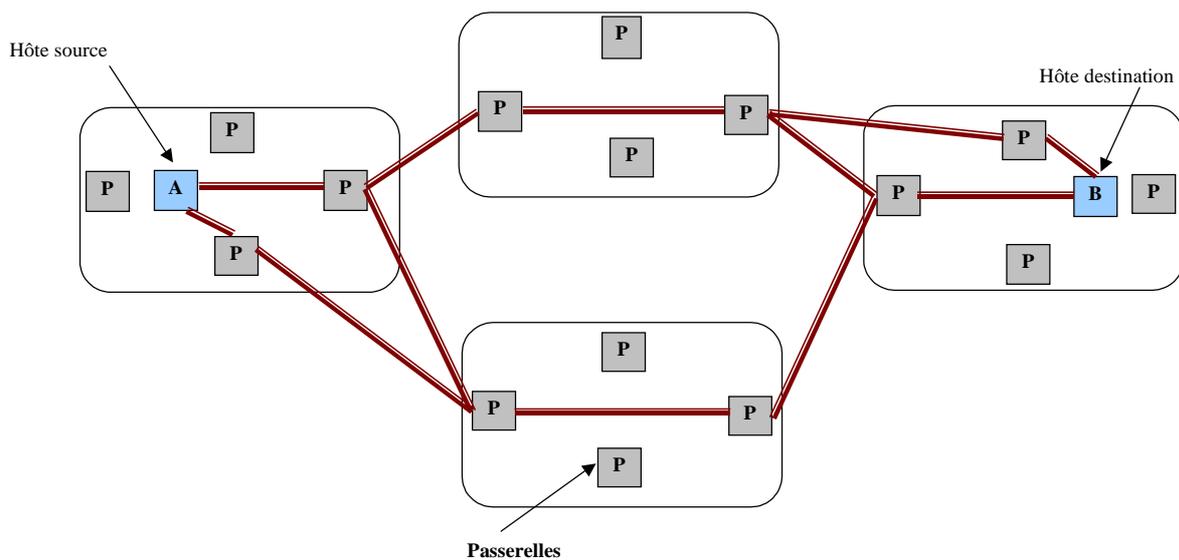
1.3.3.2.7.12.3.1./ généralités

Les principales techniques d'interconnexion sont :

- L'encapsulation.
- La translation ou conversion.



Interconnexion de réseaux utilisant la concaténation de circuits virtuels



Interconnexion de réseaux utilisant les datagrammes

1.3.3.2.7.12.3.2./ Les ponts

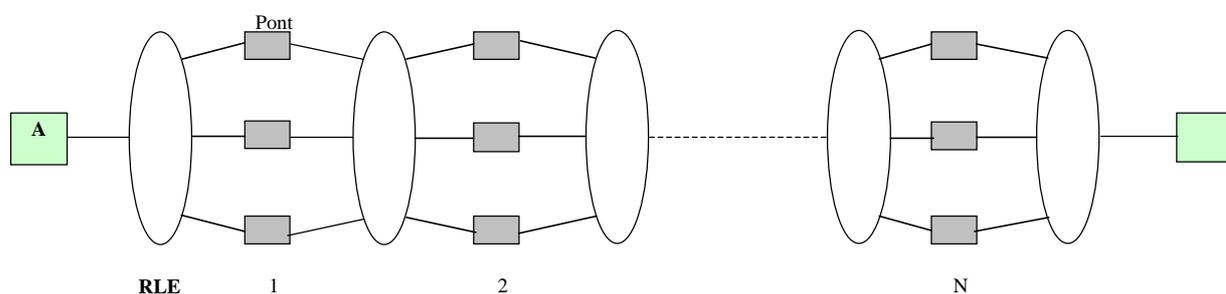
1.3.3.2.7.12.3.2.1./ Généralités

Remarque : Les recommandations **IEEE** (= **Institute of Electronics Engineers**) **802** pour les réseaux locaux : L'IEEE a défini, pour les réseaux locaux, plusieurs normes. Ces normes, connues sous le vocable **IEEE 802**, concernent :

- Le protocole **CSMA/CD** (= **Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection**).
- Le protocole **bus à jeton (token bus)**.
- Le protocole **anneau à jeton (token ring)**.

L'ensemble de ces normes a été divisé en **sections**, chaque section étant publiée sous la forme d'un **fascicule**, certains fascicules étant parfois regroupés pour en faciliter l'interprétation. Les problèmes que vont rencontrer les ponts sont :

- Un pont est incapable de se débarrasser des trames aussi vite qu'elles arrivent. Il devra les mémoriser.
- Problème du pont-goulet d'étranglement (**bridge-as-bottleneck**) = la valeur des temporisations dans les couches hautes.
- Problème : une longueur maximum de trame différente.



Une série de RLE connectés par des ponts triples

1.3.3.2.7.12.3.2.2./ Les ponts transparents

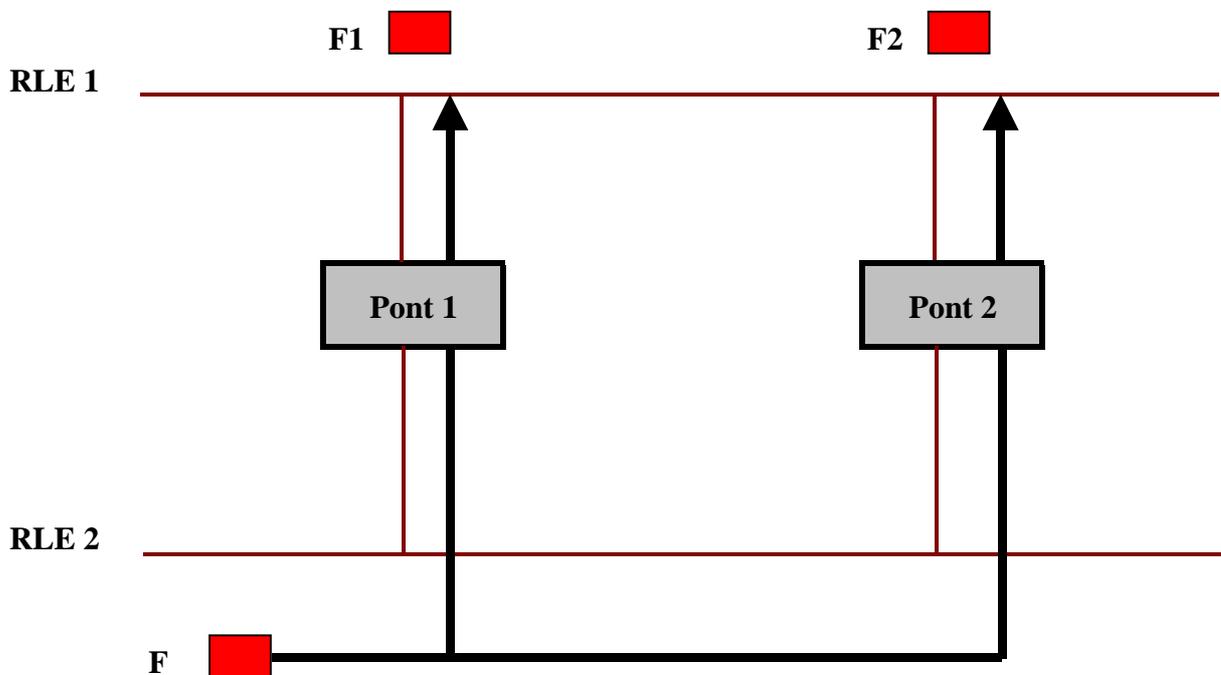
C'est un **pont d'arbre recouvrant (spanning tree bridge)**. Le pont transparent fonctionne en **mode de promiscuité (promiscuous mode)**.

Les adresses dans une grande **table** disponible dans le pont. Cette table est à même de contenir toutes les destinations possibles. Lorsque les ponts sont connectés pour la première fois, toutes les tables sont vides. Aucune destination n'est connue par les ponts. Aussi utilisent-ils **l'algorithme d'inondation**.

Les ponts transparents utilisent **l'algorithme d'apprentissage** de Baran (**backward learning**). Périodiquement, une tâche du pont consulte les tables afin de supprimer toutes les entrées périmées.

La procédure de routage d'une trame en entrée dépend du RLE dont elle provient et du RLE auquel elle est destinée.

Pour construire l'arbre recouvrant, chaque pont émet, à intervalle régulier son identité ainsi que la liste de tous les autres ponts qu'il connaît sur ses RLE. Puis, un algorithme distribué est utilisé pour choisir le pont racine de l'arbre. Une fois la racine choisie, l'arbre est construit de telle façon que le chemin d'un pont à la racine soit le plus court. En cas de conflit, le plus petit numéro de série gagne.



Deux ponts transparents parallèles

1.3.3.2.7.12.3.2.3./ Routage par contrôle de l'émetteur

Dans le routage par contrôle de l'émetteur, celui-ci doit savoir si oui ou non le destinataire est sur son propre RLE.

Implicitement, pour le routage par contrôle, chaque machine de l'inter réseaux connaît le chemin exact vers toutes les autres machines.

1.3.3.2.7.12.3.2.4./ Comparaison des ponts 802

La distinction entre routage en mode connecté ou non est au cœur des différences entre ces deux types de pont :

- Les ponts transparents ne possèdent aucun concept de circuit virtuel, et acheminent les trames indépendamment les unes des autres. Au contraire, les ponts utilisant le routage par contrôle de l'émetteur déterminent une route à l'aide des trames de recherche et utilisent cette route par la suite.

- Les ponts transparents sont complètement compatibles avec tous les produits 802 existants et sont complètement transparents pour les machines hôtes. Les autres ne sont ni compatibles, ni transparents. Pour utiliser le routage par contrôle de l'émetteur les hôtes doivent connaître complètement le modèle de connexion par ponts, et doivent y participer activement.
- Lorsque les ponts transparents sont utilisés, l'administration du réseau n'est pas nécessaire. Les ponts se configurent eux-mêmes automatiquement en fonction de la topologie. Avec le second type de ponts, l'administrateur de réseau doit installer manuellement les numéros de RLE et des ponts.
- Un des avantages du routage par contrôle de l'émetteur est que, en théorie du moins, il permet de mettre en oeuvre un routage optimal, alors que le relayage transparent est restreint à l'arbre recouvrant. De plus, le routage par contrôle de l'émetteur peut aussi utiliser au mieux les ponts en parallèle entre deux RLE, pour répartir la charge.
- La localisation des destinataires est faite par apprentissage par retour dans les ponts transparents et utilise des trames de recherche dans les routages par contrôle de l'émetteur
- Dans ces deux modèles, la récupération d'erreur est complètement différente. Les ponts transparents connaissent rapidement et automatiquement les pannes de pont, de RLE, et toute autre modification de la topologie, en prenant seulement en compte les trames de contrôle de chacun. Les hôtes ne contrôlent pas du tout ces changements.
- Avec le routage par contrôle de l'émetteur, la situation est tout à fait différente. Lorsqu'un pont est en panne, les machines qui initialement l'utilisaient pour l'acheminement notent que leurs trames ne sont plus acquittées, aussi se mettent-elles en time-out et essaient-elles à nouveau plusieurs fois.
- Enfin, nous arrivons à la complexité et au coût, un sujet très controversé. Si les ponts utilisant un routage par contrôle de l'émetteur ont un circuit VLSI qui ne choisit que les trames devant être acheminées, ces ponts utiliseront une technique de chargement de trame plus légère et offriront de meilleures performances pour un investissement en matériel donné.

Objet	Pont transparent	Pont contrôlé par l'émetteur
Type	Non connecté	Orienté connexion
Transparence	Complète	Non transparent
Configuration	Automatique	Manuelle
Routage	Sous-optimal	Optimal
Localisation	Apprentissage par retour	Temps de découverte
Prise en compte des pannes	Par les ponts	Par les hôtes
Complexité	Dans les ponts	Dans les hôtes

Comparaison des ponts transparents et des ponts utilisant le routage par contrôle de l'émetteur

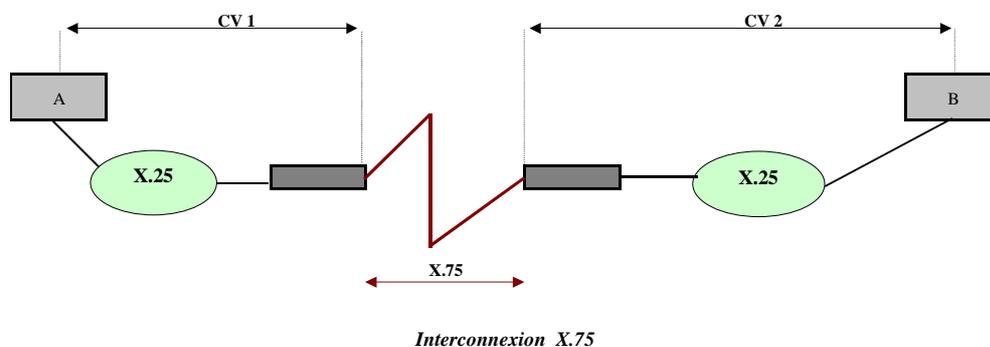
1.3.3.2.7.12.3.3./ Les passerelles

1.3.3.2.7.12.3.3.1./ Les passerelles en mode orienté connexion

Le modèle OSI autorise deux styles d'interconnexion :

- La concaténation orientée connexion de sous-réseaux à circuit virtuel.
- Une technique de datagramme inter-réseau.

Le modèle X.75 se fonde sur l'idée de construire un inter-réseau par concaténation d'une série de sous-circuits virtuels, internes aux réseaux et reliant les demi-passerelles. Le point important de cette approche est l'établissement d'une séquence de circuits virtuels de la source au destinataire, au travers d'une ou plusieurs passerelles. Chacune des passerelles met à jour des tables indiquant quels sont les circuits virtuels qui la traversent, où doit se faire le routage et quel est le nouveau numéro de circuit virtuel. Tout cet assemblage est globalement analogue au routage fixe (**fixed routing**) .



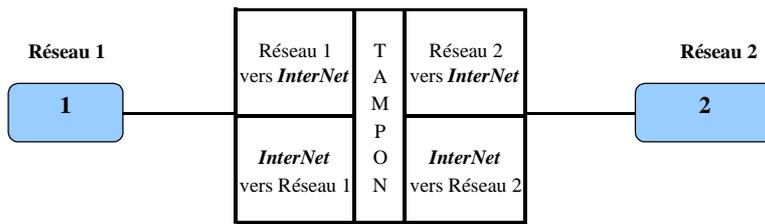
1.3.3.2.7.12.3.3.2./ Les passerelles en mode non connecté

Pour qu'un datagramme circule de passerelle en passerelle dans l'inter réseaux, il doit être encapsulé dans le format liaison de données, pour chaque réseau traversé.

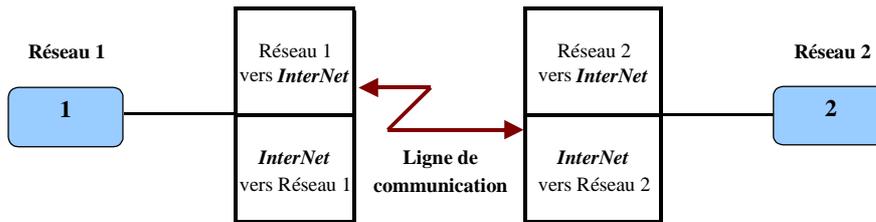
Chaque réseau impose une taille maximum différente pour les paquets. Ces limites ont des causes variées, entre autres :

- Le matériel.
- Le système d'exploitation.
- Les protocoles.
- Le respect d'un standard (inter)national.
- Le désir de réduire les erreurs impliquant des retransmissions à un certain niveau.
- Le désir d'empêcher un paquet d'occuper le canal trop longtemps.

Un problème évident apparaît lorsqu' **un gros paquet veut transiter au travers de réseaux dont la taille maximum permise pour les paquets est trop faible.**



a) *Système accessible par les deux réseaux*



b) *Système accessible par le réseau 1* *Système accessible par le réseau 2*

Une passerelle complète - Deux demi-passerelles

1.3.3.2.7.12.3.3.3./ Comparaison des passerelles en modes orienté connexion et non connecté

Essentiellement le modèle de concaténation de circuit virtuel possède les mêmes avantages que le circuit virtuel sur un sous-réseau simple :

- Les tampons peuvent être réservés à l'avance (dans les passerelles) pour réduire les congestions.
- Le séquençement peut être garanti.
- De petits en-têtes peuvent être utilisés.
- Les difficultés dues aux délais de duplication des paquets peuvent être évitées.

Il a aussi les mêmes inconvénients :

- Espace nécessaire aux tables dans les passerelles pour chaque connexion ouverte, qu'il y ait ou non du trafic.
- pas d'alternative de routage pour éviter les zones embouteillages.
- vulnérabilité aux pannes des passerelles tout le long du chemin.
- la difficulté, voir l'impossibilité de l'implémenter si l'un des réseaux concernés est un réseau à datagramme.

1.3.3.2.7.12.3.3.4./ Les logiciels des ponts et des passerelles

Les ponts et les passerelles doivent acheminer et relayer le trafic entre deux réseaux en temps réel, sans ralentir l'activité de l'un et l'autre de ces réseaux.

1.4. / EXEMPLES DE RESEAUX

1.4.1. / Généralités

1.4.1.1./ Historique

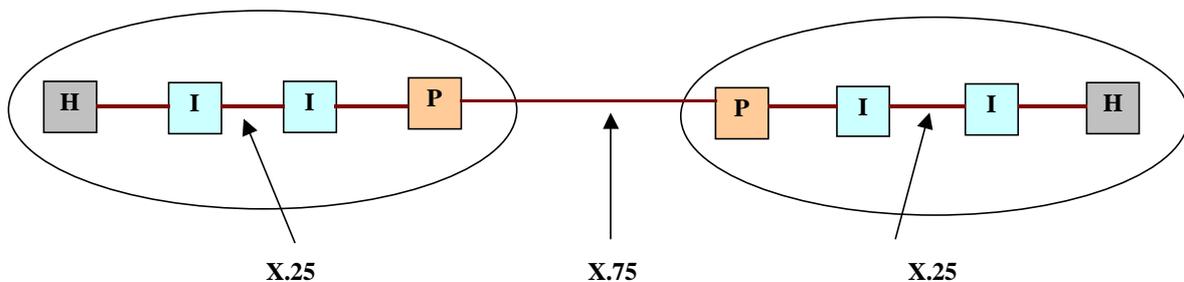
Jusqu'à la fin des années 1970 : le **temps du POTS (Plain Old Telephone Service)**.

Depuis le début des années 1980 : on assiste à une diversification rapide des services offerts. Le sous-réseau est possédé par un **opérateur de réseau offrant des services de communication** entre les machines hôtes et les terminaux des clients. Un tel système s'appelle **réseau public**. Les réseaux publics sont caractérisés par :

- Les débits.
- La nature du support utilisé.
- Les modes d'exploitation.
- Des liaisons de type point à point entre les équipements et le réseau.
- Des liaisons commutées ou spécialisées.

1.4.1.2./ Les normes appliquées

Pour les 3 couches les plus basses, le CCITT a produit des recommandations qui ont été universellement adoptées par les réseaux publics du monde entier. Ces couches sont toujours appelées **globalement X.25** (le numéro de la recommandation CCITT), quoique l'ISO les ait également adoptées et numérotées comme normes.



H = Ordinateur hôte
 I = IMP
 P = Passerelle

Les protocoles dans le modèle d'interconnexion du CCITT

Le protocole de la **Couche Physique**, appelée **X.21**, spécifie :

- L' **interface physique**.
- L' **interface électrique**.
- L' **interface procédurale** entre la machine et le réseau.

Elle nécessite une **signalisation numérique**. Une **interface analogique** semblable à la norme familière **RS-232 (V.24)** a été définie de façon intérimaire.

La norme de la **Couche Liaison de Données** a un certain nombre de variantes (légèrement incompatibles). Elles sont toutes faites pour **traiter les erreurs de transmission** entre l'équipement de l'utilisateur (machine ou terminal) et le réseau public (IMP).

Le protocole de la **Couche Réseau** traite :

- De l'**adressage**.
- Du **contrôle de flux**.
- Des **interruptions** et autres problèmes de ce type.

Comme il existe des terminaux incompatibles avec X.25, un autre ensemble de normes a été défini, décrivant comment un terminal ordinaire peut communiquer avec un réseau X.25. En pratique, les utilisateurs des opérateurs de réseau installent une "boîte noire" à laquelle ces terminaux peuvent se connecter. Cette boîte noire s'appelle **Assembleur/Désassembleur de paquet, PAD (= Packet Assembler Disassembler)**, et sa fonction se trouve décrite dans l'**avis X.3** du CCITT. On a défini un **protocole** normalisé, **X.28**, entre le terminal et le PAD; il en existe un autre entre le PAD et le réseau, c'est **X.29**.

Au-dessus de la Couche Réseau, l'ISO a élaboré une norme définissant le **service en mode connexion** dans la **Couche de Transport** (ISO 8072) et un protocole afférent (ISO 8073). Le service de transport comporte 5 variantes. L'ISO a aussi adopté des normes pour le **service et protocole de session en mode connexion** (ISO 8326 et 8327), ainsi que pour le **service et protocole de présentation** (ISO 8822 et 8823).

1.4.1.3./ Le réseaux mondial Internet

Pouvoir interconnecter un certain nombre de réseaux distincts à architectures différentes : c'est l'**interconnexion de système ouvert**. Deux normes ont alors été développées pour les **couches Réseau** et **Transport** :

- **TCP (= Transmission Control Protocol)**.
- **IP (= Internet Protocol)**.

1.4.1.4./ La Problématique de l'utilisateur

L'information a pris un rôle stratégique dans les entreprises. Mais comment transférer celle-ci ? :

- Sur quel **support** ?
- Quelle **topologie** ?
- Quelle **architecture logicielle** ?
- Quelle **architecture matérielle** ?
- Que faut-il **privilégier** ? :

- . Les coûts d'utilisation.
 - L'investissement.
 - L'évolutivité.
 - Le service.
 - L'exploitation du réseau.
- Doit-on **différencier les réseaux par types** ? :
- . LAN (= Local Area Network).
 - . MAN (= Metropolitan Area Network).
 - . WAN (= Wide Area Network).

- Comment intégrer les **offres des fournisseurs** de réseaux hétérogènes clés en main ?

Les architectes de réseaux qui conçoivent les réseaux privés doivent utiliser pour les liaisons empruntant le domaine public, les moyens de transmission offerts par les exploitants des réseaux publics.

Il y a deux grandes catégories de liaisons :

- **Les réseaux commutés** : pour ces réseaux, les **liaisons** entre éléments sont **limitées à la durée des communications**. Ils peuvent être de deux types :
 - . Les **réseaux commutés non spécialisés** : les Réseau Téléx, et Téléphonique Commuté.
 - . Les **réseaux commutés spécialisés** : les Réseau Transcom, Transdyn, Transpac, RNIS.

Tous ces réseaux sont des **réseaux commutés**, ce qui signifie qu'une **liaison** entre deux usagers n'est **établie** que **temporairement**. Ils sont **supportés par la même infrastructure**, c'est-à-dire qu'**une partie des équipements leur sont communs**. Les artères de transmission peuvent ainsi **véhiculer plusieurs types de trafic**. En revanche, les **équipements terminaux** et les commutateurs sont bien entendu **spécifiques au réseau emprunté**.

- **Les liaisons spécialisées** : Ces liaisons, dites **liaisons louées**, sont basées sur des lignes empruntées à l'infrastructure de France télécom et mises bout à bout pour constituer un lien permanent entre les extrémités. Deux types de liaisons peuvent être distinguées :
 - . Les **liaisons spécialisées classiques** : les liaisons téléphoniques, numériques, en bande de base.
 - . Les liaisons offertes par le service **Transfix**.

1.4.2. / LE CHOIX D'UN SERVICE

1.4.2.1./ Introduction

Ces services réseaux s'appuient :

- Sur la numérisation du réseau de télécommunications.

- Sur les avancées technologiques en matière de systèmes de transmission et de protocoles de communication. Ils autorisent des performances sans cesse accrues en matière de capacité et de qualité de transmission.
- Les **coûts des services réseaux** représentent une charge importante pour toutes les entreprises qui cherchent à mieux les utiliser.

1.4.2.2./ Choix technique d'un service

Selon l'application envisagée, il n'est pas indifférent de choisir un service commuté ou spécialisé sans avoir au préalable étudié correctement le trafic de la liaison. L'**intensité du trafic** mesurée en **erlangs** ou % indique le **taux d'occupation de la liaison**. Un **réseau commuté** correspond à un service réseau partagé par un grand nombre d'utilisateurs, il n'autorise en conséquence qu'un trafic relativement faible. Cela correspond à des **applications non exigeantes en matière de disponibilité du service réseau**.

Une **liaison louée** est dédiée aux seuls besoins de l'entreprise qui paie un forfait d'utilisation mensuelle. Ce services réseau contractuel est **plus fiable** et autorise une **disponibilité totale** pour l'entreprise.

1.4.2.2.1./ Intensité du trafic

Le trafic exprime au moyen de 3 paramètres :

- Le **nombre N de sessions** ou **périodes d'activité à l'heure chargée**.
- La **durée T de chaque session** en secondes.

Le **volume du trafic V**, en secondes durant l'heure de pointe est défini par : $V = N * T$

L'**intensité du trafic E**, en erlang ou en % : $E = N T / 3\ 600$

1.4.2.2.2./ Activité de la liaison

Elle caractérise, pour le service retenu :

- Le **mode de fonctionnement** point à point ou multipoint.
- Le **type de concentration**, circuits ou paquets.

1.4.2.2.3./ Charge effective

...

1.4.2.3./ Choix économique d'un service

1.4.2.3.1./ Introduction

Le type de service commuté ou spécialisé correspond successivement à un besoin ponctuel ou permanent. La **tarification** est liée à ces besoins, elle est notamment :

- Forfaitaire pour les services permanents.
- A l'utilisation pour les services commutés.

1.4.2.3.2./ Autres critères de choix

1.4.2.3.2.1./ Fiabilité

Les circuits numériques sont réputés plus fiables que les circuits analogiques surtout s'ils sont associés à des supports type fibre optique qui autorisent des taux d'erreur de 10^{-12} .

1.4.2.3.2.2./ Disponibilité

L'opérateur peut garantir l'intervention immédiate en cas de panne ou dysfonctionnement d'un service. Si on observe ce système sur un laps de temps D (IT_i), on peut relever systématiquement les durées de panne (P_i) et celles des intervalles entre deux pannes durant la période D . On peut, à partir de ce relevé, calculer deux paramètres importants :

- Le **temps moyen de bon fonctionnement MTBF (Mean Time Between Failures)**.
- Le **temps moyen entre toutes les réparations MTTR (Mean Time To Repair)**.

Le MTBF et le MTTR sont **fournis par le constructeur**, on en déduit la **disponibilité du système A (Availability)** :

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

1.4.2.3.2.3./ Temps de réponse d'un serveur

Le fournisseur du service mono ou multiserveur a pour vocation de **résorber la file d'attente des utilisateurs du service, à un rythme déterminé**. La résorption dépend de deux paramètres :

- Le **temps de service T_s** qui est la **durée moyenne du service rendu**.
- Le **taux d'arrivées T_A** qui est le **nombre moyen d'arrivées par unité de temps**.

1.4.3. / LE RESEAU TELEPHONIQUE COMMUTE (RTC)

1.4.3.1./ Présentation

En 1876, Alexander Graham Bell invente le téléphone.

Le réseau téléphonique est un réseau à **commutation de circuits**. Il a été ouvert à la transmission de données en 1964. Son infrastructure constitue la base de tous les autres réseaux publics de télécommunication.

La règle dans tous les pays ou presque est de considérer que l'intelligibilité de la parole n'est pas trop altérée si la bande de fréquences transmises est limitée à **300 - 3 400 Hertz**.. Les normes internationales des circuits de largeur de bande 4 kHz sont décrites dans les Recommandations M.1020 à M.1040 (l'établissement d'une nouvelle bande sonore (50 Hertz - 7 kHz) qui semble une norme susceptible de s'imposer)

1.4.3.2./ Architecture du Réseau Téléphonique Commuté

1.4.3.2.1./ Les lignes d'abonnés

C'est un ensemble hiérarchisé de commutateurs. Chaque poste terminal est raccordé à un **commutateur de rattachement** par une ligne d'abonné qui est constituée d' **une paire de fils métalliques torsadées utilisée pour les deux sens de la transmission**. Les lignes des différents abonnés sont **regroupées sur des câbles multipaires de capacité croissante jusqu'au commutateur**.

1.4.3.2.2./ Les commutateurs

1.4.3.2.2.1./ Hiérarchie des commutateurs

Les commutateurs ont pour fonction :

- D' **ai guiller** les communications depuis l'appelant jusqu'à l'appelé.
- De **concentrer le trafic** afin de rentabiliser les artères de transmission.

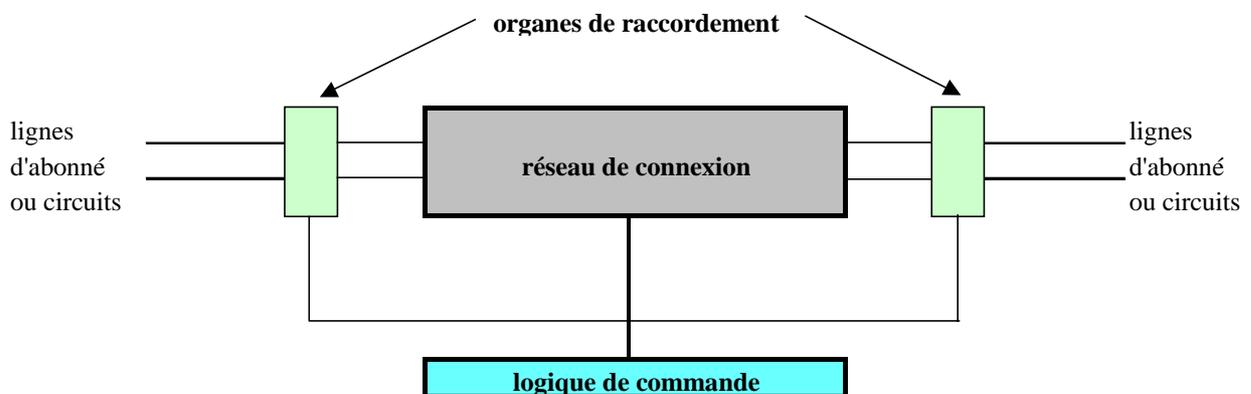
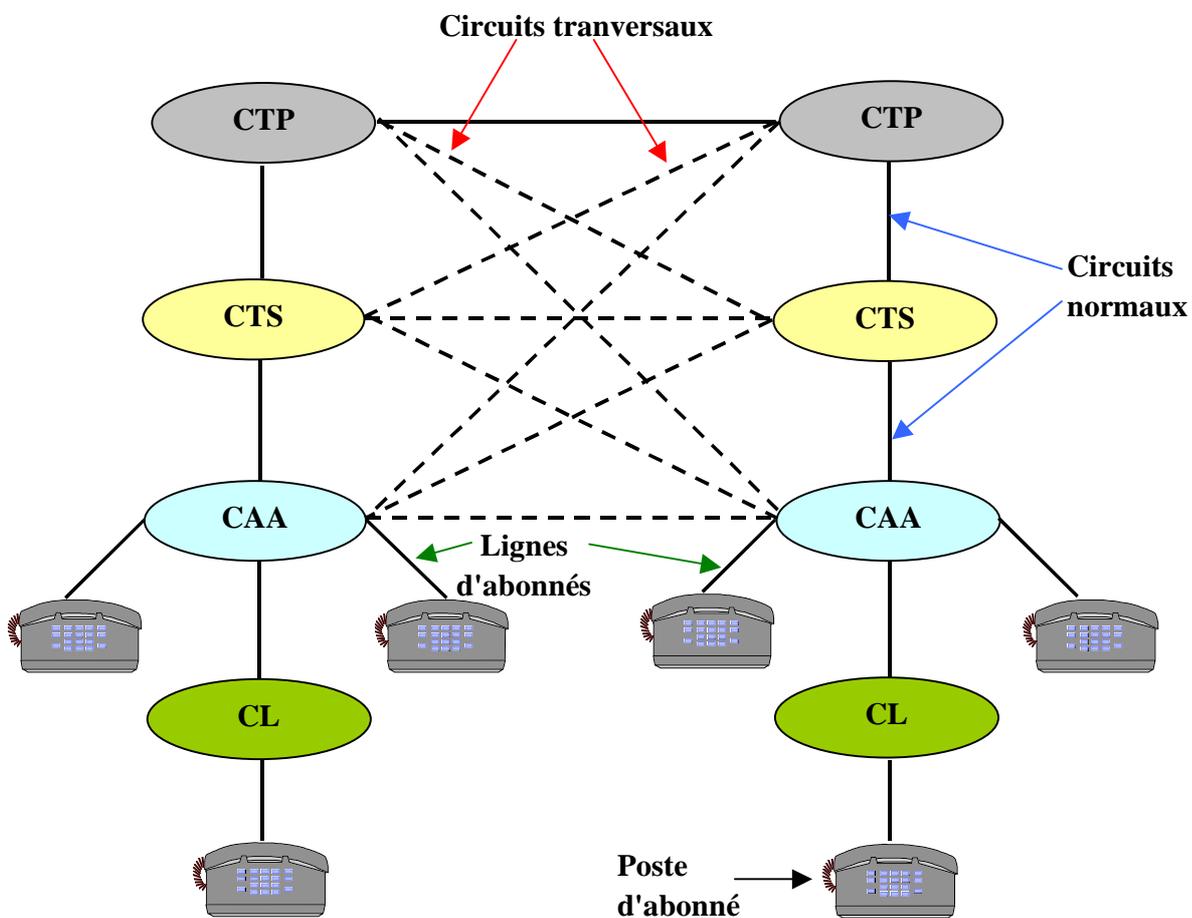


Schéma fonctionnel d'un commutateur

Suivant la taille des pays et l'importance des investissements consentis pour les télécommunications, le réseau téléphonique commuté est structuré en une hiérarchie de 3, 4 ou 5 niveaux. L'ordre de cette hiérarchie, en partant du plus bas niveau, est le suivant :

- Commutateurs locaux **CL**.
- Commutateurs à autonomie d'acheminement **CAA**.
- Commutateurs de transit interurbain secondaire **CTS**.
- Commutateurs de transit interurbain principal **CTP** ou **CTR** (Commutateur de Transit Régional).



Hierarchie des commutateurs dans le RTC

Il y a deux catégories de commutateurs :

- Les commutateurs de rattachement.
- Les commutateurs de transit.

En dehors de la hiérarchie stricte correspondant aux circuits normaux, on trouve aussi des **circuits transversaux**.

Groupes	Nombre de voies (nombre de groupes)	Bande passante
Groupe primaire	12	60 - 108 kHz = 48 kHz
Groupe secondaire	60 (12 * 5)	312 - 552 kHz = 240 kHz
Groupe tertiaire	300 (60 * 5)	812 - 2044 kHz = 1232 kHz
Groupe quaternaire	900 (300 * 3)	8516 - 12338 kHz = 3872 kHz

Multiplexage hiérarchique du RTC

1.4.3.2.2.2./ Les règles de routage

Les règles pour déterminer dans chaque commutateur le chemin à suivre pour établir une communication sont :

- Le choix se fait dans un premier temps au plus près, c'est-à-dire qu'il y a **sélection par la logique de commande de l'itinéraire le plus court** pour joindre le commutateur d'arrivée.
- Si le premier choix a échoué parce qu'il n'y a pas de circuits libres, il y a alors **application de la hiérarchie stricte**.

1.4.3.2.2.3./ Les circuits

Les circuits assurent les liaisons entre les commutateurs. Ces liaisons ont deux particularités :

- D'une part elles sont des distances importantes, ce qui entraîne des **phénomènes d'affaiblissement**. Ceux-ci sont compensés au moyen de **répéteurs** disposés à intervalles réguliers sur les circuits.
- D'autre part elles véhiculent un **nombre élevé de communications** : **techniques de multiplexage**.
- Les supports physiques utilisés pour réaliser les circuits dépendent de la distance à couvrir et du trafic attendu.

1.4.3.2.3./ Les techniques de transmission et de commutation

1.4.3.2.3.1./ Les techniques analogiques

Pour la transmission : les procédés de **modulation** et de **multiplexage par répartition en fréquence**.
Pour la commutation : le procédé de **commutation spatiale**. Le multiplexage hiérarchique repose sur la combinaison progressive de voies téléphoniques. La largeur de la bande prise pour chaque voie est égale à 4 kHz.

1.4.3.2.3.2./ Les techniques numériques

Le risque d'erreurs de transmission est pratiquement nul pour des informations numériques, grâce aux possibilités de contrôles sur des nombres.

Une fois le signal vocal traité en modulation MIC, les techniques employées dans le réseau sont celles qui permettent la commutation et la transmission de signaux numériques, c'est-à-dire :

- Pour la commutation : le procédé de **commutation temporelle synchrone**.
- Pour la transmission : les procédés de transcodage et de **multiplexage numérique synchrone**.

1.4.3.2.4./ Les services proposés en transmission de données à partir de l'infrastructure du RTC

1.4.3.2.4.1./ Introduction

France Télécom propose, à partir de l'infrastructure du RTC, un ensemble de services en transmission de données qui se distinguent entre eux par plusieurs aspects notamment :

- Les **interfaces d'accès**.
- Le **type de transmission** : analogique ou numérique.
- L'utilisation du **réseau commuté** ou d'une **liaison spécialisée**.
- La **qualité des transmissions**.
- La fourniture ou non d' **équipements terminaux d'adaptation** avec un débit et une jonction normalisée.
- La **tarification**.

1.4.3.2.4.2./ Utilisation du RTC

La transmission de données sur le réseau téléphonique à partir d'une installation d'abonné nécessite l'emploi d'un **modem normalisé**.

Le RTC présente un certain nombre d'avantages :

- Il est fortement implanté géographiquement.
- Le coût de transmission est faible pour les courtes distances.
- D'autre part c'est un **réseau multiservice**.

Ses inconvénients majeurs sont :

- La limitation actuelle du débit.
- Des temps de connexion-déconnexion non garantis.
- Une qualité de transmission médiocre.

1.4.3.2.4.3./ Liaisons avec les autres réseaux

Les connexions avec les mobiles en mouvement :

- Radiocom 2 000.
- Réseau SFR (= Société Française de Radiotéléphone).
- Réseau cellulaire paneuropéen GSM (numérique).
- En France, le réseau **COLISEE**.
- Le service **TRANSVEIL**.

1.4.4. / LES LIGNES SPECIALISEES (LS) ou lignes louées

1.4.4.1./ Introduction

Ce type de liaison ne traverse pas les commutateurs : **un seul correspondant et en un seul lien.**

Les avantages intrinsèques des L.S :

- La permanence.
- La disponibilité.
- La souplesse.
- La transparence.
- La fiabilité.
- Les performances.
- La personnalisation.
- La confidentialité.

Ce sont les **lignes prises sur l'infrastructure du réseau des Télécommunications** (lignes et multiplex) et qui sont **mises à la disposition exclusive de deux ou plusieurs abonnés aux termes d'une location entretien.**

On crée des **groupes fermés d'abonnés** garantissant une meilleure confidentialité que sur le réseau public. Les liaisons peuvent être bi-point ou multipoints.

1.4.4.2./ LS téléphoniques

1.4.4.2.1./ Liaisons point à point analogiques

Il s'agit de lignes prélevées sur le RTC. France Télécom ne fournit pas les modems pour la transmission de données. La bande passante est identique à celle du téléphone (3 100 Hz). Trois types de LS sont proposés suivant la qualité technique de la ligne mesurée en termes :

- De distorsion d'affaiblissement.
- De temps de propagation de groupe (de fréquences) correspondant à des **gabarits** qui leur confèrent :
 - . Soit une qualité normale (QN).
 - . Soit une qualité supérieure (QS).
- Ces liaisons sont spécifiées par le CCITT :
 - . **M.1020** : circuits internationaux loués de qualité spéciale avec adaptation spéciale sur la largeur de bande.
 - . **M.1025** : circuits internationaux loués de qualité spéciale avec adaptation de base sur la largeur de bande.
 - . **M.1040** : circuits internationaux de qualité ordinaire.

1.4.4.2.2./ Liaisons multipoints analogiques

Elle sont dotées de 4 fils analogiques qui permettent à une station principale de communiquer avec des stations secondaires qui, elles, ne peuvent pas correspondre directement entre elles.

La transmission de données sur de telles liaisons peut se faire à **bas ou à moyen débit** selon la qualité des supports disponibles. Ces liaisons peuvent être établies par câbles ou par satellites ou par une combinaison de ces deux moyens.

1.4.4.3./ LS numériques

Elle garantissent un débit d'information. Elles sont constituées de tronçons entièrement numérisés. Les liaisons numériques ont deux types d'usage :

- . Transmission de données.
- . Transmissions numériques à haut débit.

Ces liaisons spécialisées sont rattachées au service TRANSFIX.

1.4.4.4./ Le service TRANSFIX

1.4.4.4.1./ Liaisons point à point numériques

TRANSFIX, est un **réseau français de liaisons spécialisées numériques** sécurisées en interurbain. Trois classes de débit sont proposés :

- Les liaisons sont de type point-à-point ou multipoint.
- La tarification est fonction du débit et de la distance à vol d'oiseau entre les extrémités.

1.4.4.4.2./ Liaisons multi-points numériques

Ce qui a été dit pour les liaisons multi-points analogiques peut être répété ici, la seule différence concerne les hauts débits pour lesquels les amplis diffuseurs n'ont été réalisés qu'à l'occasion de l'ouverture des services de visioconférence à 2 Mbit/s.

L'accès se fait de deux façons :

- Point d'accès client,
- Point d'accès public (50) sous réserve que ces liaisons de raccordement n'excèdent pas une longueur de 30 km (affaiblissement).

1.4.4.5./ Les Groupes Primaires (GP)

Pour les besoins de hauts débits sur les systèmes de transmission analogique, les télécommunications autorisent la **location d'un multiplex analogique de premier ordre**, le **groupe primaire**. Dans ce cas, toute la bande passante de 48 kHz est disponible pour la transmission de données, ce qui permet d'obtenir des débits de 48 à 72 kbit/s.

Le raccordement entre l'abonné et le centre de **modulation** se fait **en bande de base par LS 4 fils**. La **transmission** s'effectue bien sûr suivant le mode **synchrone**. Les convertisseurs bande de base sont fournis par l'administration et c'est le **code bipolaire d'ordre 2** qui est utilisé.

1.4.4.6./ Intérêt des liaisons spécialisées

Pour le client, l'intérêt des liaisons spécialisées peut être **d'ordre économique** par rapport aux autres moyens de communication, compte tenu du volume moyen de données transmises et du temps de connexion par jour ouvré. Il se peut qu'indépendamment de ceci, le client préfère disposer d'un moyen de liaison directe ne laissant pas la place à :

- D'éventuelles coupures.
- De bruits de centraux.
- Des possibilités d'occupation du poste demandé.

1.4.5. / LES SERVICES NUMERIQUES DE LA GAMME TRANS

1.4.5.1./ Introduction

Services qui reposent sur les **techniques de transmission et de commutation numériques** mises en oeuvre dans le réseau téléphonique commuté et sur les possibilités offertes par le réseau à satellites

L'offre FRANCE TELECOM de services numériques désignée commercialement par le générique GAMME TRANS, comprend les trois services :

- TRANSFIX.
- TRANSCOM.
- TRANSDYN.

1.4.5.2./ Le service TRANSFIX

Voir le paragraphe précédent.

1.4.5.3./ Le service TRANSCOM

1.4.5.3.1./ Description

C'est un service de **liaisons commutées de circuits numériques point à point, bidirectionnelles** et établies **en mode appel par appel** : tout abonné au service TRANSCOM peut à **tout moment être mis en relation avec un autre abonné de ce service**. Il est utilisé en transmission de données en mode synchrone.

Le débit proposé de 64 kbit/s et transmission numérique est garantie de bout en bout.

Trois types d'accès de TRANSCOM sont possibles :

- Accès direct sur régie publique d'abonnés (fournie au titre du service).
- Raccordement à l'autocommutateur téléphonique du client.
- Accès de base et accès primaire RNIS.

1.4.5.3.2./ Raccordement des usagers par une régie d'abonné

La régie est fournie par l'administration. Le rôle de cette régie est :

- D'offrir à l'abonné **une interface normalisée** (X.21, V.35).
- De **convertir en signalisation téléphonique** la signalisation X.21 ou celle fournie par le terminal de signalisation.

Du côté du réseau, la régie d'abonné est reliée en bande de base à une unité de raccordement de canaux numériques dont le rôle est de multiplexer sur un système à 2 Mbit/s différentes liaisons de régies d'abonnés.

1.4.5.3.3./ Raccordement des usagers par un commutateur privé

C'est un PABX de type temporel (= techniques de commutation de signaux numériques). Le raccordement au RTC par une liaison MIC à 2 Mbit/s. La tarification repose sur :

- Une redevance de trafic, à la minute, tenant compte des coefficients modulateurs en fonction des plages horaires.
- Une redevance mensuelle dépendant du type de terminal abonné.

1.4.5.4./ Le service TRANSDYN

1.4.5.4.1./ Description

TRANSDYN est un [réseau français de données](#) (débit compris entre 2,4 kbit/s et 1,920 Mbit/s) qui fonctionne sur satellite. Il permet la constitution de liaisons point à point, multipoints, uni ou bidirectionnelles; il est accessible pour le trafic international sur EUTELSAT/SMS. Il a trois missions :

- Une **mission 14/12 GigaHertz**, comprenant 6 canaux (dont 1 de vidéotransmission) utilisés pour assurer un service de transmissions numériques, sur la France métropolitaine et une partie de l'Europe.
- Une **mission 6/4 GHz**, comprenant 4 canaux utilisés en téléphonie et en télévision, entre la France et les DOM-TOM.
- Une **mission 8/7 GHz**, comprenant 2 canaux, utilisés par la défense nationale.

TRANSDYN est donc un [réseau numérique commuté](#). C'est aussi un [réseau à diffusion](#). Les [ressources terrestres](#) comprennent :

- Des [équipements de multiplexage](#),
- Des [équipements de transmission numérique](#) pris sur l'infrastructure du RTC (L.S par câble ou faisceaux hertziens).

Les [stations de trafic](#) assurent l'interface entre le réseau terrestre et le satellite :

- Une [antenne parabolique](#).
- Un [équipement radio-fréquence](#) qui module et transpose le signal à émettre vers le satellite et effectue les opérations inverses pour les signaux issus du satellite.
- Une [logique de gestion de l'accès au satellite](#) assure la conversion du train numérique issu du réseau terrestre en trames **AMRT** (= Accès Multiple à Répartition dans le Temps).

Il existe aussi une [station](#) dite [de référence](#). Elle assure les fonctions :

- De synchronisation.
- De surveillance.
- De gestion de la signalisation AMRT.

Le raccordement du réseau terrestre aux stations de trafic s'effectue à travers un commutateur spécifique appelé CRT (= Connexion au Réseau Terrestre).

1.4.5.4.2./ Le mode par appel

C'est un **service commuté de transmission numérique** comprenant :

- Des **liaisons point à point, uni** ou **bi-directionnelles**.
- Des **liaisons point à multipoint** pour la **diffusion simple** (sans voie de retour).

1.4.5.4.3./ Le mode réservation

Il permet à un abonné de demander l'établissement d'une communication suite à une réservation au centre de gestion. Il peut s'agir :

- Soit d'une **réservation simple** (demande formulée au plus tard avant 16 heures la veille du jour où la liaison doit être établie).
- Soit d'une **réservation à temps partiel** (c'est-à-dire qu'une **plage horaire fixe** est allouée pendant un mois avec tacite reconduction).
- Soit enfin d'une **réservation à préavis court** (réservation avec un préavis de 2 heures les jours ouvrés).

Le principe de la tarification sur TRANSDYN, repose sur la notion d'un accès évolutif au réseau, comprend ainsi :

- Une tarification forfaitaire à l'accès.
- Une redevance mensuelle d'abonnement, par raccordement, selon le type d'accès et le débit demandé.
- Une redevance de trafic par seconde de communication, fonction du débit, des plages horaires, à laquelle on applique des coefficients modulateurs.

1.4.6. / LE RESEAU TRANSPAC

1.4.6.1./ Introduction

Le réseau TRANSPAC a été découvert en 1978. Son principal objectif est d' **assurer un service de transport de données adapté à tous les types d'applications téléinformatiques sur l'ensemble du territoire national**. Ce réseau :

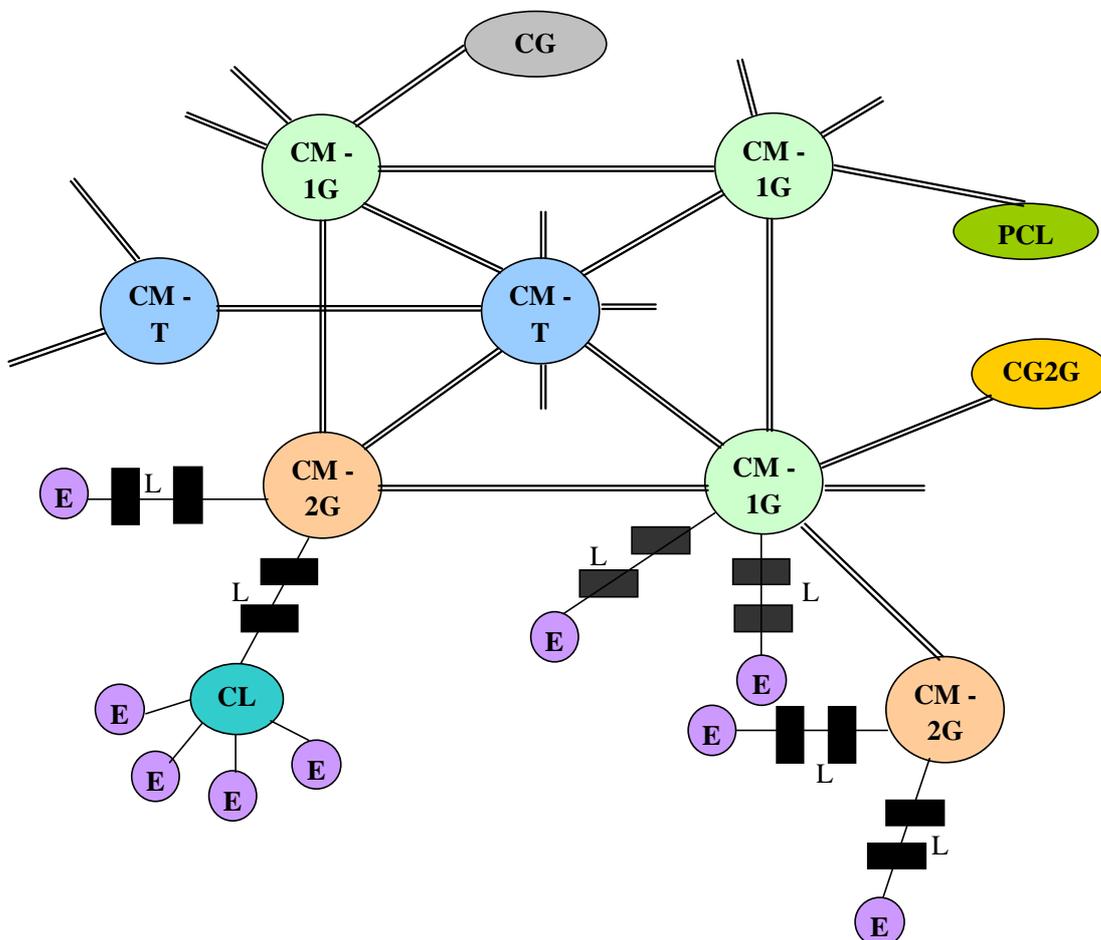
- Utilise la **technique de commutation de paquets** en mode **circuit virtuel**.
- Permet **l'interconnexion d'équipements hétérogènes** qui utilisent des protocoles d'accès au réseau normalisés par le CCITT. Ces protocoles sont différents suivant le type d'équipement et son mode de raccordement à TRANSPAC.

1.4.6.2./ Architecture du réseau TRANSPAC

1.4.6.2.1./ Présentation

Les éléments constitutifs du réseau :

- CG** : Centre de gestion.
- PCL** : Point de contrôle local.
- CM1G** : Commutateur de première génération.
- CM2G** : Commutateur de deuxième génération.
- L** : Ligne.
- E** : Equipement.
- CMT** : Commutateur de transit.



Architecture générale du réseau TRANSPAC

On distingue :

- Les **commutateurs d'abonnés** (ou de **rattachement**) auxquels sont reliés les ETTD abonnés,
- Les **commutateurs de transit** spécialisés dans le transit des paquets et auxquels n'est relié aucun abonné.

Les commutateurs d'abonnés sont de deux types :

- Les commutateurs de première génération.
- Les commutateurs de deuxième génération.

Ces commutateurs sont connectés entre eux par des lignes à 256 kbit/s doublées par mesure de sécurité. Quant aux commutateurs de transit, ils sont reliés entre eux par des liaisons à haut débit (au moins 512 kbit/s) et aux commutateurs d'abonnés par des lignes à 64 kbit/s.

1.4.6.2.2./ Les commutateurs de première génération

Les commutateurs de première génération assurent différentes fonctions :

- Des fonctions répétitives simples (la commutation des paquets ou l'assemblage des caractères en paquets).
- Des fonctions plus complexes (l'établissement et la libération des CV, le routage, le contrôle de flux, la taxation).

Un commutateur de première génération peut être constitué de plusieurs modules de commutation (jusqu'à 16) permettant le raccordement de 2 000 lignes d'abonnés au maximum. Les différents éléments du commutateur sont reliés à un bus dont le débit est voisin de 30 Mbit/s.

1.4.6.2.3./ Les commutateurs de deuxième génération

Ils permettent :

- Une meilleure couverture du territoire.
- Une diminution du coût des lignes de raccordement des abonnés.

Il est possible de raccorder 150 à 1 500 lignes d'abonnés sur les commutateurs de deuxième génération. La vitesse de commutation est de 200 paquets/seconde.

1.4.6.2.4./ Les commutateurs de transit

Les commutateurs de transit ne relient que des commutateurs d'abonnés entre eux. Le fait d'utiliser des commutateurs de transit spécialisés permet :

- De rentabiliser les liaisons à haut débit.
- De diminuer le nombre de liaisons internes.

Il commute environ 5 000 paquets/seconde.

1.4.6.2.5./ Les points de contrôle locaux

Le point de contrôle local (PCL) prend en charge :

- Le chargement des tables de routage et des programmes dans les commutateurs.
- La surveillance des commutateurs par l'échange avec eux d'informations.
- L'échange d'informations avec le centre de gestion.
- L'enregistrement des informations de taxation en provenance des commutateurs
- La mémorisation des paramètres de raccordement des abonnés et la mise à jour de ces paramètres.

1.4.6.2.6./ Les centres de gestion

Les centres de gestion sont des ordinateurs dédiés à la surveillance des commutateurs et sont physiquement regroupées au centre de surveillance national (CSN).

1.4.6.2.7./ Le nœud de transit international (NTI)

Le nœud de transit international permet la connexion du réseau TRANSPAC à d'autres réseaux de transport de données en mode paquet dans le monde. Il existe un nœud de transit international par pays disposant d'un réseau X.25. Son rôle est :

- D'assurer la concordance des options prises par chaque réseau.
- D'adapter les différences entre ces réseaux.

Des protocoles de communication entre réseaux X.25 sont décrits dans l'avis X.75 du CCITT.

1.4.6.2.8./ Les liaisons d'accès

L'accès au réseau TRANSPAC peut s'effectuer de deux façons :

- Soit les équipements sont raccordés directement à TRANSPAC par une LS 2 ou 4 fils.
- Soit les équipements sont raccordés à un autre réseau (RTC par exemple) à partir duquel ils accèdent alors à TRANSPAC par une porte d'interconnexion.

1.4.6.2.9./ Evolution de l'architecture du réseau

Pour répondre aux besoins grandissants en débits élevés, TRANSPAC met en place actuellement des nouveaux concentrateurs pour **abonnés de fort trafic (AFT)**. D'autre part, afin de limiter les longueurs de LS, TRANSPAC installe maintenant des **commutateurs publics d'abonnés (CPA)** dont le rôle est de concentrer sur une liaison avec un commutateur de deuxième génération le trafic en provenance de plusieurs abonnés. A la différence des **concentrateurs locaux d'entreprise (CLE)**, le CPA n'est pas installé chez un particulier pour ses besoins personnels, mais reste public et est situé dans les locaux de TRANSPAC.

1.4.6.3./ Les accès à TRANSPAC

1.4.6.3.1./ Caractéristiques d'accès au réseau TRANSPAC

Point d'accès : On appelle point d'accès, le **point d'interface entre le réseau commuté et le commutateur du réseau**. A une connexion commutée correspond un point d'accès.

Un **point d'accès** peut être :

- **Public** : il est alors mis en commun pour tous les utilisateurs du service concerné.
- **Privé** : il est alors loué à un abonné particulier pour un ou plusieurs de ses ETTD.

Un **raccordement** est caractérisé par un certain nombre de paramètres. Ces paramètres peuvent être :

- **Standards** : s'ils ne font pas l'objet d'une procédure d'abonnement. Leurs valeurs sont alors identiques pour tous les utilisateurs du service considéré.
- **Spécifiques** : leurs valeurs sont alors précisées au moment de l'abonnement.

Des entrées ou des sorties sont qualifiées de :

- **Banalisées** quand elles utilisent :

- . Des **points d'accès publics**.
- . des **paramètres standards**.

- **Réservées** quand elles utilisent :

- . des **points d'accès**.
- . des **paramètres spécifiques**.

- **Personnalisées** quand elles utilisent :

- . des **points d'accès publics**.
- . des **paramètres spécifiques**.

- La **transmission** s'effectue, suivant le type d'équipement :

- Soit de façon **synchrone** (ETTD-P).
- Soit de façon **asynchrone** (ETTD-C).

Quels que soient le type d'équipement et son mode de raccordement, un accès à TRANSPAC est caractérisé par les éléments suivants :

- Le **débit** (ou vitesse d'accès) en bit/s.
- Le **protocole d'accès**. Celui-ci définit la façon de communiquer entre l'ETTD et le réseau.
- La **fourniture d'équipements de transmission** (modem, coffret d'adaptation).
- Le **type d'abonné** qui peut être mis en relation avec l'équipement.

1.4.6.3.2./ Protocoles d'accès à TRANSPAC pour équipements synchrones

Il existe deux protocoles normalisés pour l'accès à TRANSPAC d'équipements synchrones :

- La **recommandation X.25**, pour l'accès direct par LS :
 - . Au **niveau physique** (couche X.25.1), l'interface est conforme à l'avis V.24 bien que l'avis X.21 soit recommandé.
 - . Au **niveau logique** (couche X.25.2), c'est la **procédure LAPB** d'HDLC qui est implantée.
 - . au **niveau réseau** (couche X.25.3), les deux types de circuits virtuels sont utilisables : le **circuit virtuel commuté** et le **circuit virtuel permanent** appelé également **circuit virtuel forfaitaire (CVF)**.
- La **recommandation X.32**, pour l'accès indirect par le RTC :
 - . Les entrées banalisées synchrones ou EBS.
 - . Les sorties banalisées synchrones ou SBS.
 - . Les entrées réservées synchrones ou ERS.
- Ou le **canal B du RNIS** :
 - . Les entrées banalisées synchrones EBS 64.
 - . Les entrées réservées synchrones ERS 64.
 - . Les sorties banalisées synchrones SBS 64.

1.4.6.3.3./ Protocoles d'accès à TRANSPAC pour équipements asynchrones

Ce type d'ETTD regroupe les téléimprimeurs du réseau Téléx et les ETTD asynchrones.

Ils sont gérés par la recommandation X.3, la recommandation X.28, la recommandation X.29.

1.4.6.4./ Les numéros d'appel dans TRANSPAC

L'adresse de l'appelé ou de l'appelant dans les paquets est composé d'un nombre structuré de la sorte :

- Un **préfixe** sur un ou deux chiffres qui permet de distinguer les différents cas et de connaître dans quel plan de numérotage est codée l'adresse de l'ETTD.
- L' **adresse propre de l'ETTD**.
- Eventuellement une **adresse complémentaire** que l'ETTD peut utiliser pour effectuer un sous-adressage.

	Préfixe										
Appel international	0			n° réseau					adresse abonré dans le pays		
Accés direct	1			n° abonné TRANSPAC					n° complémentaire		
Appel du ou vers le Télex	2			n° Télex							
Appel en provenance du RTC accès asynchrone	3			n° porte d'accés TRANSPAC					n° complémentaire		
Appel du ou vers le RTC à 9 600 bit/s full duplex	4	0	Zone					n° téléphonique			
Appel d'un ou vers un abonné NUMERIS	4	3						n° abonné NUMERIS			
Appel du ou vers le RTC à 4 800 bit/s half-duplex	5	Zone						n° téléphonique			
Appel en provenance d'un PAV	6			n° abonné TRANSPAC du PAV					n° complémentaire		

Les numéros d'appel sur TRANSPAC

1.4.6.5./ Caractéristiques de fonctionnement du réseau TRANSPAC

1.4.6.5.1./ Généralités

L'acheminement des paquets dans TRANSPAC est effectué selon un **roulage adaptatif distribué** et **hiérarchisable**. Les **tables de roulage** sont **mises à jour périodiquement** en fonction des **ressources environnantes** (charge d'utilisation des commutateurs et liaisons inter-commutateurs) ainsi que d'éventuels **incidents** (panne d'un élément du réseau).

Un commutateur d'abonné tient compte de son environnement immédiat tandis qu'un commutateur de transit a une vision plus globale de la région qu'il couvre.

1.4.6.5.2./ Performances du réseau TRANSPAC

Il s'agit ici des performances du réseau lui-même, c'est-à-dire mesurées en termes de **délai de transit des paquets à l'intérieur du réseau** et de **taux d'erreurs résiduelles**, et non des performances vues côté utilisateur.

Délai de transit : Le délai de transit mesure le **temps d'acheminement d'un paquet**, depuis la **réception du paquet dans le commutateur de rattachement de l'émetteur** jusqu'à sa **mise en file d'attente dans le commutateur de rattachement du destinataire**.

Taux d'erreurs résiduelles : Le taux d'erreurs résiduelles porte sur des **erreurs qui ne sont pas détectées par les mécanismes de contrôle d'erreurs du niveau liaison ni décelées au niveau réseau**.

1.4.6.5.3./ Options offertes par TRANSPAC

TRANSPAC offre le choix à un utilisateur :

- Le raccordement d'un équipement synchrone ou asynchrone suivant plusieurs modes.
- Le choix d'un abonnement entre un certain nombre de paramètres qui caractérisent la liaison, et entre plusieurs compléments de service.
- Le concentrateur-local d'entreprise (CLE) : Ce dispositif permet à un utilisateur de raccorder un à quinze équipements à TRANSPAC par une même liaison d'accès.
- Les services d'identification et de contrôle d'accès sur les entrées banalisées par des coffrets d'accès.
- La messagerie électronique internationale ATLAS 400.

1.4.6.6./ RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) ou ISDN (Integrated Services Data Network)

1.4.6.6.1./ Introduction au RNIS

Il repose sur l'idée qu'il est plus simple de proposer **un seul réseau capable de répondre aux différents besoins**, plutôt que de diversifier l'offre de réseaux spécialisés répondant chacun à un usage spécifique.

(voir Schéma = Concept RNIS de l'organisation des réseaux)

(voir Schémas = 1) Situation d'un réseau de télécommunications avant intégration des services : **raccordements indépendants avec leurs caractéristiques spécifiques;**
2) Situation d'un réseau de télécommunications après intégration des services : **les différents terminaux sont raccordés au réseau par une seule prise universelle)**

1.4.6.6.2./ Les concepts de base du RNIS

C'est un **réseau à caractère universel**. Les spécifications générales relatives à ce réseau ont été édictées par le CCITT pour garantir son universalité. L'administration ou l'organisme responsable des télécommunications de chaque pays est alors maître de la construction d'un tel réseau sur son territoire, mais doit respecter les normes du CCITT, ceci afin de permettre l'inter fonctionnement des différents réseaux à intégration de services développés.

1.4.6.6.3./ La mise en place du RNIS

La mise en place du RNIS s'appuie sur les éléments suivants :

- **Utilisation généralisée des techniques numériques.**
- **Mise en place d'une signalisation évoluée sous forme de messages :**
 - . Aussi bien à l'intérieur du réseau (signalisation hors bande, appelée réseau sémaphore, normalisée par le système CCITT n°7).
 - . Qu'entre un usager et le réseau (Canal D normalisé également par l'avis CCITT n°7).
- **Des interfaces d'accès normalisées par le CCITT** qui garantissent :
 - . Une universalité.
 - . Une polyvalence des accès.

1.4.6.6.4./ Les différents accès des utilisateurs au RNIS

1.4.6.6.4.1./ Introduction

Un problème fondamental de toute administration en contact avec le public est de définir les limites et l'extension de ses responsabilités. Toutes les administrations n'ayant pas la même opinion, le CCITT a défini plusieurs lignes de partages possibles (points de référence), et les interfaces correspondantes.

(voir Schéma = Les points d'accès à NUMERIS)

L'**information** arrive au centre de raccordement RNIS sous une **forme appropriée à sa transmission sur la ligne**. Le **point de référence** correspondant est dénoté **U** ou **U0**. A ce point, le signal entre dans un équipement appelé **TNR** sur NUMERIS (= **Terminaison Numérique de Réseau**) ou encore **NTI** (= **Network Termination 1**) dans les Avis CCITT. Le TNR restitue les signaux côté abonné au point de référence **T** :

- Les **terminaux natifs** RNIS, appelés **TE1**, sont raccordés :
 - . soit **au point T directement** (cas d'une installation simple).
 - . soit **au point S** par l'intermédiaire d'un **système de commutation** (régie d'abonné, PABX) appelé **TNA** (= **Terminaison Numérique d'Abonné**) ou encore **NT2** pour le CCITT.
- Les **terminaux non RNIS**, appelés **TE2**, sont raccordés par l'intermédiaire d'adaptateurs **TA** (= **Terminal Adapter**) au **point de référence R**.

Les utilisateurs peuvent accéder au RNIS suivant deux types d'accès :

- L'**accès de base** à 144 kbit/s utiles correspondant à 2 canaux de transmission à 64 kbit/s chacun (canal B) et un canal de signalisation (canal D) à 16 kbit/s; c'est l'**accès 2 B + D**.
- L'**accès primaire** à 2 Mbit/s, soit 30 canaux B et un canal D; c'est l'**accès 30 B + D**.

1.4.6.6.4.2./ L'interface U0

C'est l' **interface de la ligne** entre le site de l'abonné et le central de raccordement. Cet interface doit assurer la **transmission bidirectionnelle sur 2 fils** d'un débit de $2 * 64 + 16 = 144$ kbit/s utiles dans chaque sens. France Télécom :

- Assume la responsabilité de la liaison.
- Fournit un équipement qui gère l'interface U0 et restitue un interface S/T.

1.4.6.6.4.3./ L'accès de base

Cet accès répond aux besoins des petits utilisateurs. Il s'effectue **à partir des lignes d'abonné du réseau téléphonique**, qui doivent être **numérisées** pour répondre aux objectifs du RNIS. L'accès de base permet le raccordement de plusieurs équipements terminaux de nature diverse sur un **bus unique** à travers une **interface S**. L'installation est elle-même reliée au réseau par l'intermédiaire d'un dispositif appelé **TNR** (= **Terminaison Numérique de Réseau**) via une **interface T**.

(voir Schéma = Exemple de configuration d'un accès de base)

L'interface S permet de se connecter au RNIS par l'intermédiaire :

- D'un bus passif (installation pour un particulier).
- D'un autocommutateur (PABX).
- Ou d'un réseau local.

Une interface S se compose de trois canaux définis dans l'accès de base :

- **Deux canaux bi-directionnels appelés canaux B** : Ces canaux sont utilisés **pour transmettre des informations numériques de nature quelconque** en commutation de circuits ou en commutation de paquets.
- **Un canal bi-directionnel appelé canal D** : Il est utilisé pour le transport de la signalisation, et éventuellement des données, en mode paquet.

Remarque : Le débit disponible sur le canal D dépend de l'interface S utilisée :

- S0 = 2 canaux B + 1 canal D à 16 kbit/s soit 144 kbit/s.
- S1 = 23 canaux B + 1 canal D à 64 kbit/s soit 1 536 kbit/s.
- S2 = 30 canaux B + 1 canal D à 64 kbit/s soit 1 984 kbit/s.

Dans certaines configurations, il existe entre la TNR et le bus, une **régie d'abonné**. Cette régie qui s'apparente à un petit autocommutateur en interne, sert principalement à gérer des communications locales entre les terminaux, sans passer par le commutateur de rattachement.

1.4.6.6.4.4./ L'accès primaire

L'accès primaire correspond à des utilisateurs professionnels qui disposent d'installations de fortes capacités. Il s'agit ici de raccorder au réseau via une **TL** (= **Terminaison de Ligne**), encore appelés **TNA** (= **Terminaison Numérique d'Abonné**). La TNA correspond en fait principalement à un PABX ou un dispositif d'interconnexion important situé chez l'utilisateur. Les fonctions de la TL relèvent de la couche 1 du modèle OSI et l'interface entre la TNA et la TL est **l'interface T**.

(voir Schéma = Accès primaire à travers un PABX)

L'accès primaire offre :

- 30 canaux B à 64 kbit/s bi-directionnels pour un usage identique à celui de l'accès de base.
- 1 canal D identique au canal D de l'accès de base, sauf en ce qui concerne le débit qui passe à 64 kbit/s.

(voir Schéma = Débits des différents accès T)

1.4.6.6.5./ Les services offerts par le RNIS

1.4.6.6.5.1./ Introduction

Il existe les services correspondant :

- Soit à l'**acheminement de données sur les canaux B** (= **services support**) : il ne s'agit que de transport des données, quelle qu'en soit la nature.
- Soit à l'**exploitation des informations transmises sur le canal D** (= **compléments de service**) : il est question d'applications précises, mettant en oeuvre un terminal particulier.

Certains services sont **inclus** dans l'abonnement de base, d'autres sont **optionnels**.

Le CCITT s'est attaché à fournir **une classification des différentes prestations** procurées par un tel réseau. Chaque catégorie de services fait l'objet :

- D'une **définition fonctionnelle**.
- D'une **description d'attributs caractéristiques**.

(voir Schéma = Domaine de définition des services-support et des téléservices)

Le CCITT a retenu trois principales classes de services qui vont être décrite dans les paragraphes qui suivent.

1.4.6.6.5.2./ Les services support

Service support : Un service support est un **service de transmission d'informations entre les abonnés et délivré au niveau des interfaces utilisateurs-réseau**. C'est un service qui correspond aux **trois premières couches** du modèle **OSI**, c'est-à-dire qu'il consiste en fait, à fournir aux usagers un support de transmission entre les interfaces normalisées S ou T.

Il est caractérisé par les paramètres classiques de la transmission de données :

- Le **mode de transfert** : mode circuit (mise à disposition d'un circuit) ou mode paquet (mise à disposition d'un circuit virtuel).
- Le **débit**.
- L'**établissement appel par appel** ou **permanent**.
- Le **sens de transmission** (simplex, half ou full-duplex).

Parmi l'ensemble des services support qui peuvent être fournis, le CCITT a classé quatre types :

- Le **CCBT** (= **Circuit Commuté dans le canal B Transparent**) : il s'agit d'un service support qui fournit un circuit commuté dans le canal B à 64 kbit/s, avec une connexité numérique de bout-en-bout.
- Le **CCBNT** (= **Circuit Commuté dans le Canal B Non Transparent**) : c'est un service support identique au CBBT, sauf que la connexité numérique n'est pas garantie de bout en bout. Il peut donc y avoir des conversions analogiques-numériques (et inversement) à l'intérieur du réseau, ce qui interdit certaines transmissions.
- Le **CVB** (= **Circuit Virtuel dans le canal B**) : c'est un service qui permet d'établir un CV commuté ou permanent dans le canal B.
- Le **CVD** (= **Circuit Virtuel dans le canal D**) : c'est un service de circuit virtuel commuté ou permanent dans le canal D avec des débits inférieurs au 16 kbit/s dans l'accès de base, et inférieurs à 64 kbit/s dans l'accès primaire.

1.4.6.6.5.3./ Les téléservices

Téléservice : Un téléservice est un **service qui englobe l'aspect transmission** mais aussi **l'aspect applicatif**. C'est en effet un **service délivré à l'utilisateur au niveau de son terminal**. Il résulte donc de **l'association d'un service support et d'un terminal assurant des fonctions bien précises**.

Un téléservice prend en charge les **spécifications des couches 1 à 7** du modèle **OSI**.

Des services déjà existants avant le RNIS comme le vidéotex, la télécopie, le télétexte ou le télex sont des téléservices au sens RNIS. En effet ces services sont délivrés grâce à l'association d'un réseau de transmission (service support) et d'un terminal dans lequel sont implantées de façon logicielle ou matérielle des fonctions spécifiques au service rendu (couches hautes du modèle OSI).

1.4.6.6.5.4./ Les compléments de service

Complément de service : Un complément de service est un **service rendu**, en plus d'un **service support** ou bien d'un **téléservice**, afin d'offrir à l'utilisateur une meilleure souplesse et un plus grand confort d'utilisation. Il est appelé aussi **facilité**.

Il existe un grand nombre de compléments de service dont :

- **L'identification d'appel** : cette facilité permet de connaître l'identité du demandeur sous la forme du numéro RNIS.
- **La présentation d'appel** : elle permet à un abonné, qui est en communication avec un autre abonné, de savoir si un appel est en instance, et éventuellement de le prendre en mettant en garde la première communication.
- **Le double appel** : un abonné qui est déjà en communication avec un abonné peut établir une deuxième communication avec un autre abonné, la première communication étant mise en garde.
- **Le va-et-vient** : ce service autorise un usager à passer d'une communication à une autre.
- **La portabilité** : un usager peut suspendre provisoirement une communication, ce qui lui permet de déplacer son terminal sur l'installation.
- **Les mini-messages** : les usagers peuvent s'échanger des messages de petit format pendant les phases d'établissement ou de rupture de l'appel grâce à la signalisation d'usager à usager.
- **Le sous-adressage**. (voir Schéma = Structure d'une adresse RNIS).
- **Le coût** : ce service indique la progression du coût de la communication pendant son déroulement.
- **Le transfert d'appel** : un abonné peut faire ré acheminer vers un autre numéro les appels qui lui sont destinés.

1.4.6.6.6./ Le protocole usager-réseau

Seules les spécifications du protocole usager-réseau **au réseau physique** tiennent compte des particularités du type d'accès. En revanche, le protocole usager-réseau mis en oeuvre au **niveau liaison de données** (appelé LAP-D) ainsi que le protocole usager-réseau mis en oeuvre **au niveau réseau** (appelé protocole D), sont bien entendu les mêmes quel que soit l'accès.

(voir Schéma = Format des trames échangées à l'interface S/T :

- 1 dans le sens TNR – Terminaux.
- 2 : dans le sens Terminaux - TNR).

- (voir Schéma = Format d'une trame HDLC)
- (voir Schéma = Format du champ de commande)
- (voir Schéma = Format général des messages du protocole D)

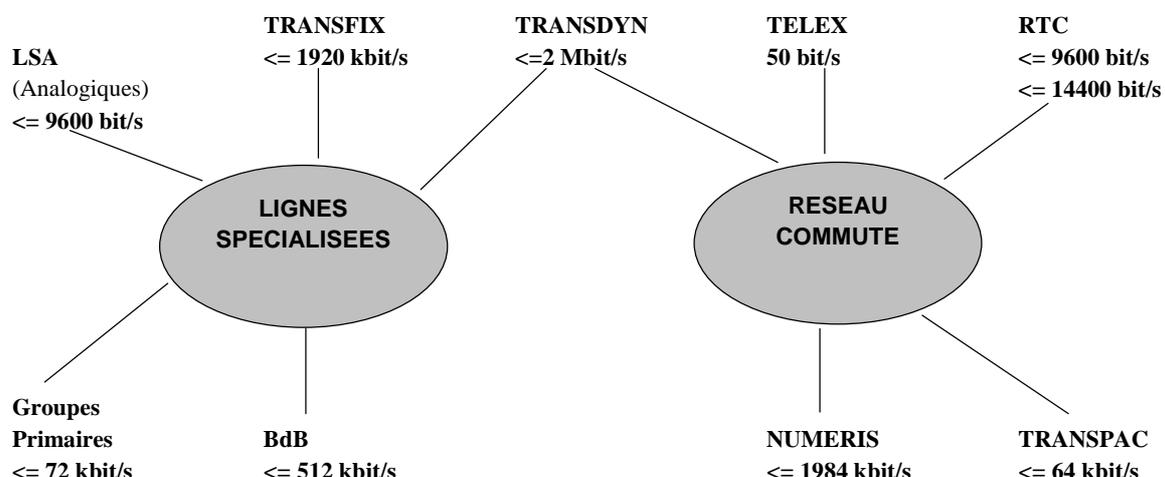
1.4.6.6.7./ Les domaines d'application

Les principaux domaines concernés par ces applications peuvent être classés de la façon suivante :

- La téléphonie : C'est la notion de téléphonie enrichie.
- La télématique : Le vidéotex.
- La téléinformatique.
- L'accès à TRANSPAC se fait par une passerelle :
- l'abonné demande alors, grâce au protocole D, l'établissement d'un service support CCBT en précisant comme numéro d'appel :
 - . Soit celui de la porte publique de la passerelle, s'il s'agit d'une entrée banalisée EBS 64.
 - . Soit celui de la porte privée de la passerelle, s'il s'agit d'une entrée réservée ERS 64.
 - . Il établit ensuite un circuit virtuel dans le canal B selon le protocole X.25 en émettant un paquet d'appel dans lequel il précise l'adresse du destinataire qui est forcément un abonné TRANSPAC.

1.4.7. / LE CHOIX D'UN SERVICE DE TRANSMISSION DE DONNEES

1.4.7.1./ Rappel des services offerts



Panorama de services Télécom

1.4.7.2./ Comparaison des modes de commutation en terme de services

CRITERES	COMMUTATION DE CIRCUITS	COMMUTATION DE MESSAGES	COMMUTATION DE PAQUETS
<i>Mémorisation des informations</i>	Impossible (flux continu de données entre l'émetteur et le récepteur)	Chaque noeud mémorise l'intégralité du message (mémoire de masse)	Chaque noeud mémorise les paquets en attente d'acquittement (mémoire vive)
<i>Conversion de format et de débit</i>	Impossible	Oui, la mémorisation autorise la manipulation des données	Conversion de débit et (ou) de taille des blocs effectuée par le réseau
<i>Choix d'un circuit parmi "n"</i>	Oui à l'établissement	Oui, à chaque retransmission par le noeud	Oui à l'établissement en mode connecté (Transpac : paquet d'appel), ou à chaque paquet en mode non connecté (datagramme)
<i>Bonne utilisation des circuits</i>	Non, la ligne est attribuée durant toute la relation	Oui, la ligne n'est occupée que durant la transmission effective du message	Optimal, surtout en mode non connecté
<i>Facturation</i>	Temps de connexion	Temps d'utilisation effectif	Essentiellement au volume
<i>Résistance aux erreurs</i>	Dépend du protocole utilisé	Mauvaise, retransmission de l'intégralité du message	Excellente, retransmission du seul bloc erroné
<i>Réseau type</i>	RTC	Télex	Transpac
<i>Applications</i>	Parole, transfert de fichiers	Télégramme	Transactionnel

1.4.7.3./ Les principaux points de repère

1.4.7.3.1./ Les paramètres de l'application

L'analyse de l'application et des conditions générales de son utilisation met en évidence un certain nombre de paramètres caractéristiques; ils vont déterminer :

- Le trafic.
- Les performances attendues.
- Les contraintes de sécurité.
- Les modes de raccordement.

Application type	Trafic (E en erlang)	Activité	Service réseau
Temps partagé	Faible	Faible	RTC, Transpac
Traitements par lots		Fort	RTC, Numeris
Transactionnelle	Fort	Faible	Transpac
Temps réel process		Fort	Ligne louée dédiée

Applications et services réseaux

Ce sont essentiellement :

- La **répartition géographique des informations** : elle détermine le type de configuration (point à point, multipoint, diffusion).
- Le **volume des données échangées** : il contribue à fixer les débits.
- Le **taux d'activité moyen des liaisons** : il contribue aussi à fixer les débits.
- La **nature des informations** : des restrictions peuvent s'imposer, au niveau du support de transmission, selon qu'il s'agit d'informations analogiques ou numériques.
- Les **contraintes de temps** : elles peuvent considérablement varier d'un type d'application à l'autre. Elles sont, par exemple, beaucoup plus sévères pour les applications transactionnelles que pour celles en temps différé. Elles peuvent donc orienter le choix du service.
- La **confidentialité des informations échangées** : elle peut aussi orienter le choix du service.

1.4.7.3.2./ Les contraintes liées au service de transmission de données

Pour l'utilisateur, ceci se mesure en termes de performances et de qualité du service et peut être évalué par les points suivants :

- Les **délais d'établissement des communications**.
- La **qualité de transmission** : il s'agit principalement du taux résiduel d'erreurs qui est très variable d'un service à l'autre.
- Le **taux de disponibilité du réseau emprunté**.
- Les **solutions de secours en cas d'incidents** : il s'agit là des possibilités de fonctionnement en mode dégradé, de l'existence ou non de liaisons de secours, etc ...
- Les **caractéristiques d'accès des terminaux raccordables** : terminal synchrone ou asynchrone, débits, interfaces disponibles, protocoles utilisés, etc ...
- Les **compléments de services offerts** (s'ils existent).

	Réseau ou support	Type de service	Technique	Débit	Taux d'erreurs	Principes tarifaires	Utilisation
RESEAUX COMMUTES	Télex	Commutation de messages	Analogique	50 à 200 bit/s	10^{-5}	Durée et distance	Terminaux lents
	RTC	Commutation de circuits	Mixte	9 600 bit/s et 14 400 bit/s	10^{-6}	Durée et distance	Réseau polyvalent
	Transpac	Commutation de paquets	Mixte	50 bit/s à 64 kbit/s	10^{-9}	Durée, débit et volume	Toutes applications En tout point du territoire
	Transcom	Commutation de circuits	Numérique	64 kbit/s	10^{-10}	Durée et distance	
	Transdyn	Commutation de circuits	Numérique	2 400 bit/s à 2 Mbit/s	10^{-10}	Durée et débit	
	Numéris	commutation de circuits	numérique	64 kbit/s à 2 Mbit/s	10^{-10}	durée et distance	Toutes applications Transmission multimédia
LIAISONS SPECIALISEES	Transfix	circuit permanent	numérique	2 400 bit/s à 1 920 kbit/s	10^{-9}	distance et débit	Constitution de réseaux privés
	LLS	circuit permanent	numérique	56 kbit/s	10^{-9}		
	LLS	circuit permanent	analogique	9 600 bit/s	10^{-6}	distance et débit	

Les supports commercialisés par France Télécom

1.4.7.3.3./ Les contraintes de coût

Plusieurs éléments entrent en ligne de compte dans les tarifs FRANCE TELECOM :

- Les **frais de raccordement** : ce sont les frais initiaux de mise en service.
- La **redevance de location-entretien**.
- La **redevance mensuelle d'abonnement**.
- Le **coût de la communication** : suivant les services, le coût d'utilisation est fonction de la durée et de la distance, de la durée et du débit, ou du débit et du volume.
- Les **réductions éventuelles** : des réductions s'appliquent en fonction des plages horaires ou (et) en fonction du volume transmis.

Coûts	Services réseaux	Réseaux commutés		Services spécialisés	
		RTC ou RNIS	Transpac	Ligne louée	Transfix
Coûts fixes	Mise en service	f(accés)	f(accés)	par extrémité	par extrémité
Coûts mensuels	Abonnement	f(accés)	f(accés)		
	Redevance	f(durée, distance)	f(volume)	f(débit, distance)	f(débit, distance)

Tarification des services réseau

1.5. / LES COUCHES HAUTES DU MODELE OSI

1.5.1. / LA COUCHE SESSION

1.5.1.1./ SERVICES FOURNIS A LA COUCHE PRESENTATION

1.5.1.1.1./ Introduction

Le rôle de la Couche Session est de fournir aux utilisateurs les moyens nécessaires :

- **D'établir des connexions** appelées **sessions**.
- **D'organiser** et **synchroniser leur dialogue**.
- De **gérer leur échange de données**.

Pour faciliter ces opérations, le protocole de session gère un ensemble de jetons qui représentent des droits exclusifs acquis sur demande par l'une ou l'autre des entités. Il peut exister quatre **jetons** :

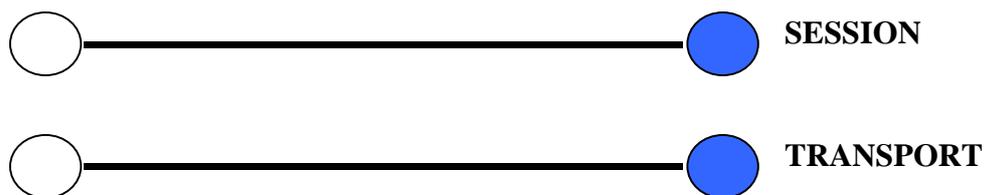
- Données.
- Terminaison.
- Synchronisation.
- Gestion d'activité.

Les **points de synchronisation majeurs** permettent de structurer un échange de données en dialogues. Les **points de synchronisation mineurs** peuvent être posés à l'intérieur d'un dialogue, ils ne sont pas obligatoirement confirmés un à un.

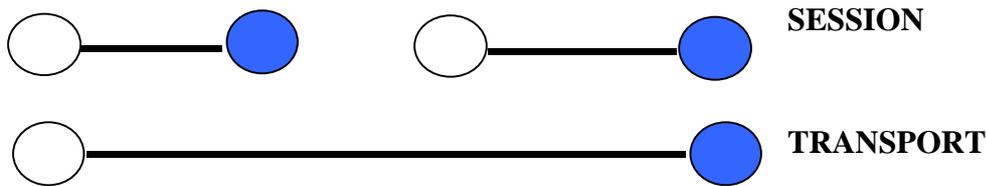
Lorsqu'un échange est interrompu, il faut le reprendre dans un état cohérent = c'est le rôle du service de re synchronisation qui permet de remettre une connexion de session dans un état connu et identifié d'où :

- Une ré allocation des jetons.
- La fixation d'un nouveau numéro d'ordre pour les points de synchronisation futurs.

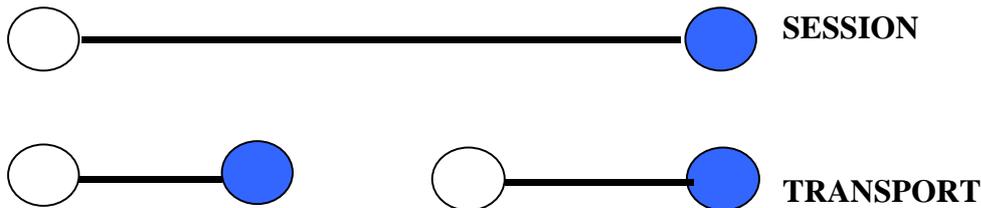
Il peut y avoir une correspondance biunivoque ou d'autres correspondances entre la session et la connexion de Transport. Il n'est pas possible de multiplexer plusieurs sessions sur une même connexion de transport.



Correspondance biunivoque



Sessions consécutives sur la même connexion de transport



Une session sur plusieurs connexions de transport consécutives

1.5.1.1.2./ Transfert de données

La principale fonctionnalité de la Couche Session est le **transfert des données**. L'ouverture d'une session nécessite la négociation de nombreux paramètres entre les utilisateurs des extrémités :

- Paramètres concernant la connexion de Transport, passés sans aucune modification.
- Paramètres spécifiques à la Couche Session.

Une procédure de libération des connexions c'est une terminaison négociée.

Il existe quatre types de flots de données indépendantes :

- Les **données normales**.
- Les **données exprès**.
- Les **données typées**.
- Les **données de capacité**.

1.5.1.1.3./ Gestion du dialogue

C'est une communication à l'alternat :

- Seul le possesseur du jeton est autorisé à transmettre des données.
- Lorsque le possesseur du jeton a fini sa transmission, il peut passer le jeton à son correspondant.
- Si celui qui ne possède pas le jeton veut transmettre des données, il peut le réclamer.
- Fonctionnement simultané : le jeton devient inutile pour la phase de transfert des données.

1.5.1.1.4./ Synchronisation

La synchronisation est utilisée pour mettre les entités de session dans un état connu des deux interlocuteurs. Chaque point de synchronisation porte un numéro de série.

Les éléments délimités par des points de synchronisation majeurs sont appelés **dialogues**, ils représentent généralement un **découpage logique de l'échange** en grandes parties. Les points de synchronisation majeurs sont très importants dans le flot des messages; ils doivent être acquittés explicitement.

1.5.1.1.5./ Gestion des activités

Les activités sont totalement indépendantes les unes des autres. Pour démarrer une activité, l'utilisateur doit être en possession du jeton d'activité.

1.5.1.2./ LES ELEMENTS DE PROTOCOLE DE LA COUCHE SESSION

1.5.1.2.1./ Les unités fonctionnelles

A chaque primitive de service correspond une **SPDU** (= **unité de données du protocole de Session**). Les unités fonctionnelles sont des groupements logiques d'éléments de procédure pour permettre la négociation de leur utilisation :

- Une unité fonctionnelle obligatoire, le noyau.
- Onze unités fonctionnelles optionnelles :
 - . la terminaison négociée.
 - . la transmission semi-duplex.
 - . la transmission duplex.
 - . le transfert de données exprès.
 - . le transfert de données typée.
 - . l'échange de données de capacités.
 - . la synchronisation mineure.
 - . la synchronisation majeure.
 - . la re synchronisation.
 - . la signalisation d'anomalies.
 - . la gestion d'activité.

1.5.1.2.2./ Le modèle client-serveur et les appels de procédure à distance

Les principaux problèmes :

- Le passage des paramètres.
- Les pannes du client ou du serveur.
- Le protocole utilisé.

La sémantique est :

- **Exactly once** : chaque appel est transporté une fois exactement.
- **At most once** : il faut toujours fournir un résultat ou une information de contrôle à l'appelant.
- **At last once** : la procédure effectuée autant de tentatives que nécessaire pour obtenir sa réponse.

1.5.2. /LA COUCHE PRESENTATION

1.5.2.1./ Généralités

La Couche PRESENTATION fournit les services suivants :

- Transmission de la syntaxe.
- Transformation et formatage des messages.
- Cryptage des données.
- Conversion des codes.
- Compression des données.

1.5.2.2./ LA COMPRESSION DES DONNEES

1.5.2.2.1./ Généralités

Le rapport de compactage est défini par le rapport entre les données avant et après l'opération de compaction proprement dite. C'est le cas de la compression des images numériques.

1.5.2.2.1.1./ Définition d'une image et type d'images

Il existe deux familles :

- Les images numérisées d'origine extérieure ou naturelle.
- Les images de synthèse.

Deux modes de stockage :

- Soit sous forme de collections de points élémentaires appelés pixels.
- Soit sous forme d'une référence à l'algorithme utilisé, avec les paramètres d'exécution.

Le codage des caractéristiques d'un pixel dépend du type d'image :

- Les images à deux niveaux.
- Les images à plusieurs niveaux de gris.
- Les images couleur codées :
 - . Soit par composition de couleurs primaires.
 - . Soit par composition d'information de luminance et de chrominance.
- Un rayonnement ou une couleur peut être représenté par un ensemble de trois coordonnées : Le système RVB
- La valeur du pixel doit représenter les composantes tri chromatiques de la couleur. En général, on dispose de huit bits pour coder un composant, soit 24 bits pour coder la valeur d'un pixel.
- Des résultats expérimentaux ont prouvé que l'œil est beaucoup **plus sensible** aux variations fines d'**intensité lumineuse (luminance)** qu'à celles de la **couleur (chrominance)**.
- On diminue la qualité de l'image sans trop détériorer sa **qualité subjective** en transmettant l'information de couleur tous les n pixels : On peut déjà considérer ce type de codage comme une **méthode de compression basée sur les limitations de l'œil**.
- **CCITT** a normalisé un **format de fichier** pour les **applications de visioconférence** : le **format d'image CIF (= Common Intermediate Format)**.

1.5.2.2.1.2./ Description d'un fichier image et caractéristiques d'une image

La représentation la plus logique d'une image est sous forme de **tableau représentant de valeurs représentant les caractéristiques des pixels**. Les **paramètres** utilisés pour décrire les **caractéristiques de l'image** sont :

- La dimension de l'image et la résolution.
- La méthode de rangement des pixels.
- La méthode de rangement des bits d'un pixel.
- La technique de compression.
- Le nombre de bits par pixel (le système de palette = CLUT = Color Look-Up Table).

1.5.2.2.1.3./ Compression conservatrice et non conservatrice

Les techniques de compression sont séparées en deux familles :

- La compression conservatrice : utilisée pour comprimer un flot de données de manière à pouvoir l'expanser en une copie identique en tout point à l'original.
- La compression non conservatrice : donne une copie approximative.
- Une autre caractéristique de l'œil = son **inertie** ou sa **rémanence**.

1.5.2.2.1.4./ Compression : modélisation et codage

On différencie :

- Les processus de modélisation.
- Les processus de codage.

Le modèle établit les règles ou paramètres à partir des symboles sur le flot d'entrée. La codification est générée en fonction des symboles lus et des règles fournies par le modèle.

Modèle statique : Avec un modèle statique, une première lecture des données doit être effectuée pour déterminer les règles. De plus, ces règles doivent être fournies au décodeur. Elles sont passées avec le flux de données compressées

Modèle adaptatif : Le modèle est modifié au fur et à mesure que les symboles sont lus. Le problème des modèles adaptatifs provient du démarrage sans connaissance du processus de compression mais adaptation aux conditions locales d'un flot de données.

Ordre d'un modèle : Les règles fournies par un modèle peuvent être des probabilités d'apparition des symboles dans le flot d'entrée. On peut les calculer en fonction du contexte dans lequel les symboles apparaissent. Le contexte n'est rien d'autre que les symboles déjà rencontrés.

1.5.2.2.2./ Compression conservatrice d'images

1.5.2.2.2.1./ Le codage des longueurs de séquence

Si n pixels ont la même valeur, on peut signifier, au lieu de transmettre la même information, que l'on utilise une séquence spéciale, puis on passe le nombre de pixels concernés et la valeur commune aux n pixels. On traite l'image ligne par ligne en recherchant les séquences de pixels de même valeur. On tire profit des fortes corrélations horizontales. Ce codage ligne par ligne est appelé **codage des longueurs de séquence à une dimension** ou **algorithme RLE** (= **Run Length Encoding**).

Une amélioration : des corrélations verticales des pixels en codant une ligne de l'image par rapport à la ligne précédente. Ce codage se nomme **codage des longueurs de séquence à deux dimensions**

1.5.2.2.2.2./ Méthodes basées sur l'entropie

1.5.2.2.2.2.1./ L'entropie

La théorie de l'information : déterminer l'efficacité maximale d'un système de codage. La compression est liée à ce domaine par le principe de codage par redondance minimale.

L'entropie d'un message caractérise son degré d'information. L'entropie d'un symbole est définie comme l'opposé du logarithme de sa probabilité d'apparition dans le flot de données.

1.5.2.2.2.2./ Le codage de Huffman : une méthode de codage par longueur entière de bits

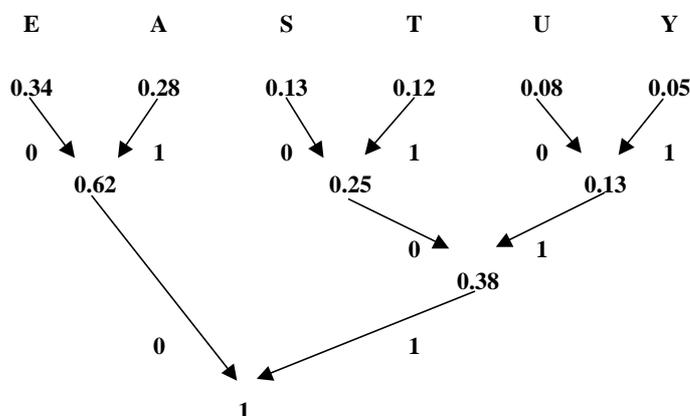
Le codage d’Huffman : la longueur des symboles codés varie dans le sens inverse de leur probabilité d’apparition.

Construction de l’arbre de décodage de Huffman : L’arbre est élaboré de façon ascendante en commençant par les feuilles de l’arbre et en remontant vers la racine. Les symboles sont disposés individuellement sous forme d’une chaîne de nœuds. Ces nœuds sont les feuilles de l’arbre de décodage. Ils forment la liste des nœuds libres au début du processus et ils seront connectés par un arbre binaire. Chaque nœud a un poids, la fréquence ou la probabilité de l’apparition des symboles.

Après avoir déterminé l’arbre, on procède au codage de chaque symbole du flot d’entrée. Pour obtenir le code d’un symbole donné, il suffit de parcourir l’arbre d’Huffman à partir du nœud feuille jusqu’à la racine en inversant l’ordre des bits. Les propriétés du codage sont :

- Le préfixe unique.
- La propriété de fraternité.

Une amélioration : le codage d’Huffman avec un modèle adaptatif : Le codeur et le décodeur commencent avec des caractères identiques. Après l’émission et le codage du premier symbole, le modèle prend en compte ce caractère, puis il modifie la fréquence et les données utilisées pour le coder. Cela signifie concrètement d’incrémenter le compteur de fréquence de chaque symbole et de modifier l’arbre de décodage.



Arbre de HUFFMAN

1.5.2.2.2.3./ Le codage arithmétique : une méthode de codage par nombre en virgule flottante

On remplace un flot de symboles par un nombre en virgule flottante. Ce dernier est compris entre zéro et un. Il est décodé de façon unique pour recréer le flot exact de symboles qui a conduit à sa génération.

Les différentes étapes de l'algorithme de codage :

- L'initialisation.
- Le traitement du message lu.
- Un symbole spécial pour déterminer la fin du message ou la longueur du flot.

1.5.2.2.3./ Compression à base de dictionnaire

Le processus lit les données et recherche un groupe de symboles apparaissant dans un dictionnaire. Lorsqu'une chaîne est trouvée, un pointeur ou un index est lié à la place du symbole. Plus les équivalences de chaînes sont longues, plus le taux de compression est bon.

1.5.2.2.3.1./ Dictionnaires statiques et adaptatifs

Les méthodes statiques utilisent un dictionnaire unique prédéfini ou l'établissent lors d'une première lecture des données. Les schémas adaptatifs commencent sans dictionnaire ou avec un dictionnaire minimum. Les algorithmes ajoutent de nouvelles phrases à celui-ci en lisant le flot d'entrée.

Les différentes étapes du processus adaptatif de compression sont :

- Le flux d'entrée est analysé sous forme de **fragments**. Les fragments sont comparés aux chaînes de caractères du dictionnaire.
- Si aucune équivalence, même partielle, n'est trouvée, on ajoute le fragment dans le dictionnaire.
- L'étape de **codage** proprement dite : on code soit des **index** du dictionnaire soit des **chaînes de caractères** en les indiquant par un bit spécifique.

1.5.2.2.3.2./ LZ77 ou compression à fenêtre coulissante

C'est une **technique à fenêtre coulissante** dans laquelle le dictionnaire est construit à partir de toutes les chaînes de caractères présentes dans une fenêtre, c'est-à-dire dans une portion du flot de données déjà lues. La structure principale est divisée en deux parties :

- Un large bloc de données récemment codées.
- Un tampon de pré lecture qui contient également des symboles du flux d'entrée mais non codés.
- L'algorithme de compression recherche une **équivalence entre le contenu du tampon de pré lecture et une chaîne du dictionnaire**. Lorsqu'il trouve une équivalence, il transmet un **jeton** composé de trois parties :
 - Un déplacement par rapport à une chaîne de caractères de la fenêtre.
 - La longueur de la chaîne.
 - Le premier symbole dans le tampon de pré lecture qui suit la chaîne. Il correspond à un point d'équivalence.

1.5.2.2.2.3.3./ LZ78 construit un dictionnaire à partir de tous les symboles

LZ78 construit son dictionnaire à partir de tous les symboles déjà rencontrés. Mais au lieu d'avoir un accès libre à toutes les chaînes déjà rencontrés, un dictionnaire de chaînes de caractères se construit caractère par caractère. On crée une nouvelle chaîne chaque fois qu'un caractère est émis et on l'ajoute au dictionnaire. Elle sera disponible à tout moment.

Les chaînes sont généralement stockées dans un arbre à plusieurs branches. L'arbre commence au nœud racine zéro, c'est la chaîne nulle. Chaque caractère est ajouté à la racine pour former une nouvelle branche. Chaque chaîne créée de cette manière est identifiée par son numéro de nœud. L'index est ce numéro de nœud dans l'arbre du dictionnaire.

1.5.2.2.2.3.4./ Utilisation des méthodes de compression à base de dictionnaire

L'algorithme de LZW basé sur l'algorithme LZ78 est le point de départ du processus de normalisation V.24bis du CCITT. Il a été systématiquement implanté dans les modems appliquant les recommandations V.32 et V.32bis. Il permet de doubler, voire de tripler le débit effectif de ces modems. C'est la première norme de compression-décompression de données pour les modems.

1.5.2.2.3./ Compression non conservatrice d'images fixes

Le principe de base de ces techniques : **modifier légèrement l'image pendant le cycle de compression-décompression sans affecter la qualité perçue par l'utilisateur.**

1.5.2.2.3.1./ Le codage prédictif

La **modulation différentielle** permet de transmettre non plus la valeur du pixel mais la différence de valeur avec le pixel précédent. La partie non conservatrice du schéma de compression provient du fait qu'une différence importante n'est pas toujours codée exactement.

Le **codage adaptatif** s'appuie sur la prédiction d'une certaine information sur les pixels à venir. On emploie la modulation différentielle pour coder l'**écart entre la prédiction et la valeur réelle du pixel.**

L'algorithme **ADPCM** (= **Adaptive Differential Pulse Code Modulation**) qui est la base de la recommandation G.721 du CCITT pour la compression du son.

1.5.2.2.3.2./ La compression non conservatrice d'images fixes : la norme JPEG

Les caractéristiques de la norme sont :

- La qualité de l'image est paramétrable.
- La norme JPEG n'impose pas de format de fichier.
- Les utilisateurs ont le choix entre une implémentation matérielle ou logicielle.

1.5.2.2.3.2.1./ Le principe de la compression non conservatrice : les différentes étapes

Il y a 4 étapes successives :

- la 1ère étape effectue une division des plans-mémoires de l'image en zones de dimensions réduites.
- la 2ème étape consiste à modifier les données en un spectre de fréquences en utilisant un procédé de la famille des transformées de Fourier.
- dans la 3ème étape, les données sont lissées par la phase de quantification en arrondissant les valeurs.
- dans la 4ème étape, les valeurs obtenues sont compressées par les techniques conventionnelles.

1.5.2.2.3.2.2./ La transformée de cosinus discrète (DCT)

L'idée de base c'est de trouver un mode de description d'images où chaque paramètre amène vraiment une information nouvelle afin d'obtenir un code moins redondant.

1.5.2.2.3.2.3./ L'étape de quantification

La quantification c'est le processus de réduction du nombre de bits nécessaires au stockage d'une valeur entière par la diminution de la précision de la qualité. Pour chaque coefficient de la matrice DCT, on a une valeur correspondante.

1.5.2.2.3.2.4./ L'étape de codage : compression conservatrice

La norme JPEG utilise une combinaison de méthodes conservatrices :

- Codage différentiel.
- Codage de longueur de séquence.
- Entropie.

Il existe trois phases :

- On modifie les coefficients continus en ligne et en colonne zéro d'un bloc en utilisant le codage différentiel.
- On transforme les coefficients d'un bloc en utilisant le codage de longueurs de séquence.
- On emploie un codage basé sur l'entropie.

1.5.2.2.3.3./ Les fractales

Une fractale est une forme géométrique composée de détails irréguliers similaires avec des échelles et des angles différents.

Les propriétés des fractales sont :

- Une fractale a une structure finie.
- Elle est trop irrégulière pour être décrite par un langage géométrique traditionnel.
- Elle présente de nombreuses similitudes internes.
- Elle peut être décrite par un ensemble de transformations.

La compression basée sur les propriétés des fractales c'est de définir un système de fonctions itératives (IFS = Iterated Function System).

1.5.2.2.4./ La compression d'images animées

1.5.2.2.4.1./ L'utilisation de JPEG pour les images animées

Il a été rebaptisé **MJPEG (Motion Joint Photographic Experts Group)**.

- Son principe est :

- Division de l'image en blocs.
- Codage d'une image à partir des blocs de l'image précédente en utilisant une méthode de type prédictif.
- Transmission des différences entre chaque image.

1.5.2.2.4.2./ La recommandation H.261 du CCITT

C'est la transmission d'une image animée de qualité dite intermédiaire sur des supports à n fois 64 kbit/s c'est-à-dire par multiplexage de canaux de 64 kbit/s

1.5.3. / LA SYNTAXE ABSTRAITE

1.5.3.1./ Transmission de la syntaxe

La description des types de données en ASN.1 est appelée syntaxe abstraite. Les mots clés du langage ASN.1 sont en anglais.

Les principaux types primitifs d'ASN.1 sont :

- Les entiers (**INTEGER**).
- Les réels (**REAL**).
- Les booléens (**BOOLEAN**).
- Les chaînes de bits (**BIT STRING**).
- Les chaînes d'octets (**OCTET STRING**).
- Le type **ANY**.
- Le type **NULL**.

Lorsqu'une session est établie, la Couche Présentation est responsable d'une négociation qui permet d'**assurer** que les deux entités sont d'accord sur :

- La **syntaxe abstraite utilisée**.
- Les **règles de codage**.
- Les **protocoles** utilisés par l'application.

Tous ces éléments sont des **objets** identifiés par leur **OBJECT IDENTIFIER**. On a :

- Le constructeur SEQUENCE.
- Le constructeur SEQUENCE OF.
- Le type SET.
- Le type SET OF.
- Le type CHOICE.

ASN.1 permet de déclarer des champs optionnels (OPTIONAL) et peut également leur déclarer une valeur par défaut (DEFAULT).

Il existe quatre types d'étiquettes : UNIVERSAL, APPLICATION, PRIVATE, IMPLICIT.

1.5.3.2./ Syntaxe de transfert

Le principe sous-jacent de la syntaxe de transfert ASN.1 est que chaque valeur transmise, primitive ou construite, contient quatre champs :

- Un identificateur (type ou étiquette).
- La longueur en octets du champ de données.
- Le champ de données lui-même.
- Un fanion de fin de données si la longueur est inconnue.

1.5.4. / LA SECURITE

1.5.4.1./ Risques et menaces

Le risque dépend de paramètres que l'on peut maîtriser; les principaux sont la **vulnérabilité** et la **sensibilité**.

La menace est la résultante d'actions et opérations du fait d'autrui, elle est indépendante de la protection dont on peut se doter.

1.5.4.1.1./ Les risques

.La vulnérabilité désigne le degré d'exposition à des dangers. La sensibilité désigne le caractère stratégique, au sens valeur, d'un composant du réseau.

On peut classer les risques en deux types :

- Les **risques structurels** liés à l'organisation et à la démarche d'une entreprise.
- Les **risques accidentels** indépendants de tous les facteurs de l'entreprise.

Il y a quatre niveaux de risques :

- Les risques acceptables.
- Les risques courants.
- Les risques majeurs.
- Les risques inacceptables.

1.5.4.1.2./ Les menaces

il y a deux catégories de menaces :

- Les menaces passives : portent atteintes à la confidentialité.
- Les menaces actives : nuisent à l'intégrité.

1.5.4.2./ Normalisation ISO et entités de communication

Il y a trois entités interviennent dans les échanges de données :

- L'émetteur.
- Le récepteur.
- Le réseau de transport.

Pour l'**émetteur**, ces garanties sont :

- le message transmis ne peut être compris ou utilisé que par le destinataire désigné.
- le destinataire ne peut nier avoir reçu le message ou son contenu, lorsque celui-ci a été effectivement reçu, preuve à l'appui.
- le message parvient bien au destinataire désigné.
- l'identité du récepteur n'est pas déguisée (usurpation d'identité).
- le destinataire ne peut prétendre avoir reçu un message non envoyé.

Pour le **récepteur** :

- Le message provient bien de l'émetteur déclaré et authentifié.
- Le message n'a pas été modifié pendant le transfert, y compris la procédure de livraison.
- Le message n'a pas été intercepté ou dévoilé pendant le transfert.
- L'émetteur ne peut nier avoir envoyé un message ou son contenu, lorsque ce dernier a été effectivement reçu.
- Il ne veut pas recevoir de message d'émetteur non autorisé.

Pour le **réseau** :

- L'émetteur est authentifié et ne peut nier avoir émis le message.
- Le récepteur est authentifié et ne peut nier avoir reçu le message.
- Les copies des messages transmis sont détruites aussitôt après leur livraison au destinataire.

Les entités émetteur et récepteur expriment quatre types de besoins :

- la **disponibilité** ou continuité du service de communication, en mode normal et en mode dégradé.
- la **confidentialité** des informations échangées.
- l'**intégrité** des données, c'est-à-dire l'assurance et la certitude qu'elles n'ont pas été modifiées pendant la transmission.
- l'**authentification** du correspondant, c'est-à-dire l'assurance que l'émetteur ou le récepteur n'est pas un pirate.
- la **non-répudiation** des données échangées par le correspondant.

1.5.4.3./ Services et mécanismes de sécurité

1.5.4.3.1./ Les services

1.5.4.3.1.1./ L'authentification

Ce service permet d'authentifier les entités qui communiquent entre elles, préalablement à tout échange de données. Il a pour but de **garantir l'identité des correspondants**. On peut distinguer deux types :

- L'**authentification de l'entité homologue** qui assure que l'entité réceptrice qui est connectée est bien celle annoncée. Son activation peut intervenir à l'**établissement de la communication et pendant le transfert** des données. Son objectif principal est donc la **lutte contre le déguisement**.
- L'**authentification de l'origine** qui assure que l'entité émettrice est bien celle prétendue. Le service est **inopérant contre la duplication d'entité**.

1.5.4.3.1.2./ Le contrôle d'accès

Ce service **empêche l'utilisation non autorisée de ressources accessibles par le réseau**. Le mot utilisation sous-entend les **modes lecture, écriture, création ou suppression**. Ce service utilise le service d'authentification afin de s'assurer de l'identité des correspondants, échangée lors de la phase d'initialisation des dialogues.

1.5.4.3.1.3./ La confidentialité des données

L'objectif de ce service est d'**empêcher des données d'être compréhensibles par une entité tierce non autorisée**, le plus souvent en état de fraude passive. Il existe quatre cas :

- La confidentialité en mode orienté connexion où l'ensemble des données transmises sur une connexion donnée doit être protégé.
- La confidentialité en mode sans connexion où toutes les données transmises dans une unité de données de service doivent être protégées.
- La confidentialité d'un champ spécifique où la protection est assurée pour quelques données incluses dans une transmission (ce service fonctionne quel que soit le type du réseau).
- Le secret du flux lui-même qui empêche l'observation du flux de transmission de données, source de renseignements pour les pirates.

1.5.4.3.1.4./ L'intégrité des données

Cinq classes de service permettent de vérifier l'intégrité :

- L'intégrité des données en mode connexion **avec récupération**.
- L'intégrité des données en mode connexion **sans récupération**.
- L'intégrité d'un **champ spécifique**.
- L'intégrité des données en mode sans connexion.
- L'intégrité d'un champ spécifique en mode sans connexion.

1.5.4.3.1.5./ La non-répudiation

La non-répudiation à l'origine des données fournit au récepteur une preuve empêchant l'émetteur de contester l'envoi ou le contenu d'un message effectivement reçu. La non-répudiation de la remise fournit à l'émetteur une preuve empêchant le récepteur de contester la réception la réception ou le contenu d'un message effectivement émis.

1.5.4.3.2./ Les mécanismes de sécurité

1.5.4.3.2.1./ Chiffrement

Le chiffrement est l'opération qui consiste à transformer tout ou partie d'un texte dit clair en cryptogramme, message chiffré ou protégé. Il existe de type de chiffrement :

- Le chiffrement voie par voie dans le réseau.
- Le chiffrement de bout en bout.

1.5.4.3.2.2./ Principes du chiffrement

Le mécanisme de chiffrement consiste à émettre un message X sous une forme secrète au moyen d'une clé K dont le principe est le suivant :

- L'émetteur dispose d'une fonction algorithmique E , qui à X et K associe $E(K, X)$.
- Le récepteur reçoit $E(K, X)$ (message chiffré émis) et le déchiffre au moyen de sa **clé K'** avec sa fonction D , qui à $E(K, X)$ et K' associe X . On a alors une transformation réversible, telle que :

$$D(K', E(K, X)) = X$$

- Les **fonctions** E et D peuvent être **secrètes** ou **publiques**. Il en est de même pour les clés K et K' . L'existence d'un chiffrement tient à la définition de l'algorithme donnant E et D , et de la méthode produisant et répartissant les clés K et K' .
- Les systèmes à **clé secrète** (on parle aussi de **chiffrement symétrique**) permettent à l'émetteur et au récepteur d'utiliser la même clé secrète.
- Les systèmes à **clé publique** (on parle aussi de **chiffrement asymétrique**) ont deux clés :
 - . La **clé de chiffrement** est publique.
 - . La **clé de déchiffrement** est secrète.
- La gestion des clés recouvre plusieurs processus :
 - La création.
 - L'affectation.
 - La distribution.
 - La révocation.

1.6. / MISE EN APPLICATIONS DES RESEAUX

1.6.1. / Application N° I-1 : Quelques dates

1832 : Télégraphe (Samuel Morse).

1876 : Téléphone (Bell).

1931 : Réseau Télex.

1945 : Utilisation des faisceaux hertziens.

1946 : 1er ordinateur (ENIAC).

1965 : Mise sur orbite du 1er satellite de communication INTELSAT 1.

1977 : Ouverture en France du réseau public TRANSPAC.

1989 : Ouverture en France du réseau NUMERIS (RNIS).

1.6.2. / Application N° I-2 : Hier et aujourd'hui

1.6.2.1./ Evolution de la société

C'est le **développement des protocoles de communication** qui :

- **Définissent les règles d'échange** entre ordinateurs.
- **Fiabilisent** les échanges.

Le développement des services publics adaptés à la transmission de données entraîne l'apparition **les réseaux à commutation de paquets** :

- **Réseau local (LAN = Local Area Network)** :

- . Le développement de nouvelles techniques.
- . Le domaine privé de l'entreprise.
- . La notion de service n'est plus fondamentale.

- **Réseaux métropolitains (MAN = Metropolitan Area Network)** :

- . L'interconnexion à haut débit de réseaux locaux, sur un site étendu.
- . L'apparition de nouveaux services.

- **Réseau numérique à intégration de services (= RNIS)** : un accès uniforme quel que soit le type de service demandé.

- Les **services multimédia** (sons, textes, images, données) :
 - . Processus de compression.
 - . Transfert asynchrone (ATM = Asynchronous Transfer Mode).

1.6.2.2./ Origines du terme télécommunication

1.6.2.2.1./ Introduction

C'est Edouard Estaunié qui l'inventa en 1904. Il fut utilisé à partir de la Conférence internationale de Madrid en 1932. Il est reconnu par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT).

Télécommunication : On entend par télécommunication **toute transmission, émission ou réception** de signes, de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de renseignements **de toute nature** par fil, radio-électricité, optique ou autres systèmes électromagnétiques.

Télématique : On désigne par télématique l'ensemble des techniques qui utilisent simultanément **l'informatique** (ordinateurs) et les **télécommunications** pour transmettre par l'intermédiaire de réseaux et traiter des **données**, des **textes**, des **images** et des **sons**.

1.6.2.2.2./ Bref historique

- **1832** : Morse : un système de transmission codée.
- **1876** : Graham Bell : Système téléphonique.
- Marconi en **1899** : Première liaison télégraphique par onde hertzienne.
- Numérisation du signal (MIC = Modulation par Impulsions Codées) en **1938**.
- En **1948** : invention du transistor.
- Premier câble téléphonique transocéanique en **1956**.
- **1962** : le satellite Telstar 1 : Première liaison de télévision transocéanique.
- **1977** : Premier réseau mondial de transmission de données par paquets (X.25) = TRANSPAC.
- **1978** : Première liaison numérique (Transfix).
- **1981** : explosion de la télématique avec le Minitel.
- **1989** : RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services).
- **1995** : ATM (Asynchronous Transfer Mode).

1.6.3. / Application N° I-3 : Objectifs et caractéristiques fonctionnelles d'un réseau

1.6.3.1./ Objectifs d'un système téléinformatique

C'est améliorer la productivité du personnel et faciliter la manipulation de l'information en la rendant plus accessible afin d'éviter sa duplication.

C'est améliorer les interactions par le partage de l'information et réduire, contrôler les coûts.

1.6.3.2./ Caractéristiques fonctionnelles des réseaux :

C'est le **partage** et la **diffusion** aisés d'informations.

La **capacité**, qui se définit par le **débit** que peut fournir le réseau de télécommunication et le **type d'information** qu'il est capable de transporter.

La **connectivité** qui mesure la **facilité de raccordement physique** des équipements au support de transmission.

Le **coût** qui est fonction :

- Des **infrastructures** déployées.
- Des **communications** de l'utilisateur (distance, durée et volume).
- De la **politique commerciale des opérateurs**.

La **configuration**, qui représente l'aptitude du réseau local à s'adapter aux besoins de son propriétaire.

La **fiabilité** qui dépend :

- De l'**environnement** d'utilisation.
- Des **équipements** utilisés.
- Des **protocoles** mis en œuvre.

La **confidentialité** des données transportées.

La **disponibilité** qui mesure l'adéquation entre les équipements par rapport à leur utilisation.

L'**interconnexion** de réseaux de types différents.

1.6.4. / Application N° I-4 : Le fonctionnement de l'ISO

L'**ISO** c'est 90 **membres nationaux** qui sont répartis en **membres participants (membres P)**, **membres observateurs (membres O)** et **membres de liaison (membres L)**.

Il y a un **Comité technique (TC)** qui propose un **sujet de travail, WI, (Work Item)**.

Le travail est attribué à un **sous-comité, SC**, qui le confie à un **groupe de travail, WG (Working Group)**, pour produire un **document de travail, WD (Working Draft)**.

Une **résolution** est votée en assemblée plénière pour enregistrer le document de travail, WD, comme une **proposition provisoire** ou **avant-projet, DP (Draft Proposal)**. Il est ensuite transmis aux **experts** du groupe de travail dont l'objectif est d'obtenir l'**unanimité**.

La **Norme provisoire, DIS (Draft International Standard)** est écrite suite à l'approbation d'une **norme internationale, IS, (International Standard)**.

1.6.5. / Application N° II-1 : Baud = Bit / seconde ? Faux !!!

Ces deux unités sont caractéristiques de deux grandeurs différentes concernant une même connexion téléinformatique :

- La **quantité d'information émise par une source**, également appelée **vitesse de transmission** s'exprime en **bit / seconde**; cette mesure caractérise la quantité d'information transmise, **indépendamment des caractéristiques physiques de la ligne**.
- On appellera **moment élémentaire**, l'**intervalle de temps pendant lequel les caractéristiques du signal à transmettre ne sont pas modifiées**. La **rapidité de modulation** d'une ligne, qui est **fonction de ces caractéristiques électriques propres**, s'exprimera par le nombre de moments élémentaires que cette ligne peut écouler par unité de temps. Cette rapidité de modulation se mesure en **bauds**.

Pendant un même moment élémentaire, on peut transmettre plusieurs bits.

Certains moments élémentaires peuvent être utilisés pour transmettre des signaux de service ou de redondance.

1.6.6. / Application N° II-2 : Comment mesurer l'efficacité d'une liaison réseau ?

Le **temps d'attente T** avant l'envoi du prochain message entre un site A et un site B :

- T1 = temps de transmission du message d'information de A vers B.
- T2 = temps de traitement du message d'information en B.
- T3 = temps de transmission du message de supervision de B vers A.
- T4 = temps du traitement du message de supervision en A.

On en déduit que $2 T_p$ est le temps de propagation aller/retour. D'où :

$$T = T_1 + 2 T_p.$$

L'**efficacité** de la liaison s'écrit :

$$E = \frac{T_1}{T} = \frac{1}{1+2a} \quad \text{avec } a = T_p / T_1$$

En cas d'erreur la trame est retransmise. Si N_r désigne le nombre de trames retransmises, l'efficacité de la liaison précédente est **divisée par N_r** .

1.6.7. / Application N° II-3 : Comparaison : commutation de messages et commutation de paquets

1.6.7.1./ Définitions

Un réseau de n liaisons : comparaison de la commutation de paquets et de la commutation de messages, en considérant que le message est découpé en p paquets identiques et le système de transmission possède n nœuds.

En terme de **performance** on a :

- En **commutation de messages**, le **temps d'émission** d'un message (t_m) sur un lien qui est :

$$t_m = L / D \quad \text{où } L = \text{longueur du message et } D = \text{débit de la ligne.}$$

Le **Temps total** de transit du message est :

$$T_m = n \cdot t_m \quad \text{où } n \text{ est le nombre d'émissions soit nombre de liens.}$$

- En **commutation de paquets**, le **temps d'émission** d'un paquet sur le lien (t_p) qui est :

$$t_p = t_m / p$$

Temps total de transit en commutation de paquets est :

$$T_p = t_m + (n - 1) \cdot t_m / p$$

1.6.7.2./ Application numérique :

Comparez les délais pour un transfert de 1 000 octets à travers un réseau de 3 nœuds (y compris les points d'accès au réseau) à 9 600 bit/s en utilisant :

- La technique de commutation de messages.
- La technique de commutation de paquets; la taille d'un paquet est fixée à 100 octets.

Si le réseau comprend 3 nœuds, il faut compter 4 liaisons.

La taille du message en bits est : $1000 \cdot 8 = 8\,000$ bits.

Le temps de transfert du fichier en commutation de messages : $T = 8\,000 / 9\,600 = 0,833$ s.

Soit, pour la traversée du réseau : $T_m = 0,833 \cdot 4 = \mathbf{3,333}$ s.

Le temps de transfert du message en commutation de paquets :

$$\begin{aligned}
 T_p &= T + (n - 1) \cdot T / p \\
 T_p &= 0,833 + (3 \cdot 0,833 / 10) = 0,833 + 0,019 = 1,082 \text{ s} \\
 T_p &= \mathbf{1,082} \text{ s.}
 \end{aligned}$$

1.6.8. / Application N° II-4 : La fonction COMMUTATION

La commutation c'est l'**aiguillage** et la **mise en relation**. Elle gère plusieurs types de trafic. Elle effectue plusieurs opérations séquentielles dont L'Etablissement, la Communication, et la Libération.

Elles gère le **Trafic** téléphonique dont le volume est calculé sur un temps de 1s, et l'intensité est exprimé en erlang ou en %.

Si un faisceau de N circuits écoule un trafic de I erlangs, il y a en moyenne I circuits occupés dans le faisceau ($I \leq N$).

On en déduit un **Modèle d'erlang** et une efficacité de trafic et niveau de service.

Pour un niveau de service donné, un système de grande capacité est plus efficace en terme de trafic qu'un système de petite capacité.

Un système de grande capacité est plus significatif en terme de réduction de niveau de service qu'un système de petite capacité.

1.6.9. / Application N°II-5 : Le transport et la distribution

1.6.9.1./ CONTROLE DE CONGESTION

1.6.9.1.1./ Les causes

Les performances d'un réseau sont proportionnelle à la capacité de trafic et à la dimension du trafic offert.

Il faut limiter la charge le plus loin possible de la capacité de saturation. Il y a deux composantes principales :

- Les liens de communication.
- Les nœuds.

1.6.9.1.2./ Les solutions

1.6.9.1.2.1./ Limitation du nombre de paquets

Imposer à chaque nœud d'entrée du réseau de n'accepter qu'un nombre maximum N de paquets.

1.6.9.1.2.2./ Meilleure utilisation des ressources

- Une Mémoire disponible dans le nœud.
- Partager la mémoire entre les différentes lignes de sortie en fonction du trafic.
- Limiter la taille maximum des mémoires tampons.

1.6.9.1.2.3./ Contrôle de flux

C'est la régulation du trafic entre deux nœuds adjacents. L'émetteur ne peut émettre plus de W paquets consécutifs avant d'avoir reçu un paquet d'acquittement d'au moins le 1er des W paquets envoyés.

1.6.9.1.2.4./ Réserve de tampons

C'est le surdimensionnement du réseau durant toute la vie du circuit virtuel.

1.6.9.2./ CONTROLE DE ROUTAGE

C'est trouver le **meilleur chemin** pour la transmission des paquets vers la destination.

1.6.9.2.1./ Le routage non adaptatif

Il est défini de façon **statique** c'est à dire de façon complètement indépendante de l'état du trafic sur le réseau.

1.6.9.2.2./ Routage fixe

Dans chaque nœud du réseau, une table de routage indique le chemin vers les autres nœuds adjacents.

1.6.9.2.3./ Routage aléatoire

Chaque nœud en réception d'un paquet, le retransmet vers tous les autres nœuds adjacents sauf vers celui qui est à l'origine de l'envoi.

1.6.9.2.4./ Routage adaptatif

Il est basé sur un échange d'information entre les différents nœuds de commutation. Le trafic de gestion "parasite" est rajouté au trafic utile.

1.6.9.2.4.1./ Algorithmes basés sur le vecteur de distance

Ils expriment la distance en nombre de **sauts**.

1.6.9.2.4.2./ Algorithmes basés sur l'état des liaisons

C'est la notion de **poids** associé à chaque liaison.

1.6.9.3./ L'ADRESSAGE

1.6.9.3.1./ L'adressage hiérarchique

C'est 14 chiffres dont :

- 3 chiffres pour désigner le pays.
- 1 chiffre pour désigner le réseau à l'intérieur du pays.
- 10 chiffres pour désigner l'adresse de l'équipement et du port auquel le processus utilisateur est connecté.

1.6.9.3.2./ L'adressage global

L'unicité de l'adresse pour tout équipement connecté quel que soit le pays et le réseau auquel l'équipement est connecté à un instant donné.

Une **conversion** du nom de processus en adresse utilisateur est effectuée par des répertoires associés résidant au niveau de la couche applicative localement ou à distance.

1.6.10. / Application N°II-6 : MTTR et MTBF

1.6.10.1./ Définitions

1.6.10.1.1./ Relation entre Disponibilité et MTTR

C'est le temps moyen de toute réparation que divise le temps moyen de bon fonctionnement.

La **disponibilité** (Availability) est définie par :

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

L'indisponibilité est défini par :

$$I = 1 - A = \frac{MTTR}{MTBF + MTTR}$$

1.6.10.1.2./ Les structures de fiabilité :

Les structure pour la mise en œuvre de la fiabilité sont :

- La structure **série sans redondance**.
- La structure avec **duplication de système**.
- La structure avec **duplication de toutes les unités**.
- La structure avec **duplication partielle**.

1.6.10.1.3./ La quantification

La **structure série** : $A_t = A_1 * A_2 * A_3 * \dots * A_n$

$$\text{Soit : } MTBF_s = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{1}{MTBF_i} \right)}$$

La **structure parallèle** : $A_t = 1 - I_t = 1 - [(1 - A_1) * (1 - A_2) \dots (1 - A_n)]$

$$\text{Soit : } MTTR_p = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{1}{MTTR_i} \right)}$$

1.6.10.2./ Application numérique

Soit deux systèmes informatiques équivalents reliés par TRANSPAC et une liaison téléphonique de secours.

Quel est pour l'ensemble, la disponibilité, l'indisponibilité et la MTBF du système compte tenu des éléments ci-dessous (par hypothèse, on admettra que la MTBF de TRANSPAC inclut les modems d'extrémité) ?

	MTBF	MTTR
Système 1	4 mois	8 heures
Système 2	4 mois	8 heures
Modem	2 ans	5 heures
RTC	2 ans	24 heures
TRANSPAC	2 ans	2 heures

On considère qu'un mois représente 200 heures et une année 2 400 heures.

Calcul de la disponibilité :

Etape 1 : Pour calculer la disponibilité et l'indisponibilité de l'ensemble, il faut déterminer la disponibilité et l'indisponibilité de chacun de ses composants.

Etape 2 : Etablissement du diagramme de fiabilité du système.

A chaque élément du système, on substitue une représentation quantifiée de sa disponibilité et de son indisponibilité. En remplaçant la représentation fonctionnelle par une représentation basée sur les structures élémentaires, on obtient un diagramme qu'il suffit de simplifier, en y appliquant les règles de regroupement des structures élémentaires, pour déterminer la disponibilité et l'indisponibilité globales du système étudié.

$$A = 0,9989$$

$$I = 0,0011$$

$$A = 0,9950$$

$$I = 0,005$$

$$A = 0,9989$$

$$I = 0,0011$$

$$A = 0,99$$

$$I = 0,01$$

$$A = 0,99$$

$$I = 0,01$$

$$A = 0,9950$$

$$I = 0,005$$

Etape 3 : On formalise par branche :

Branche 1 : Modem - RTC - Modem

$$A = 0,9989$$

$$I = 0,0011$$

$$A = 0,9950$$

$$I = 0,005$$

$$A = 0,9989$$

$$I = 0,0011$$

équivalent
à

$$A = 0,99$$

$$I = 0,0072$$

$$A_t = A_1 * A_2 * \dots * A_n = 0,9989 * 0,9950 * 0,9989 = 0,9928$$

$$I_t = 1 - A_n = 0,0072 \text{ où } I_t = I = 0,0072$$

Branche 2 : Branche 1 en parallèle avec TRANSPAC

Branche 1

$$I = 0,0072$$

équivalent à

$$A = 0,9999$$

$$I = 0,0000036$$

TRANSPAC

$$I = 0,0005$$

$$I_t = I_1 * I_2 * \dots * I_n = 0,0072 * 0,0005 = 0,0000036$$

$$A_t = 1 - I_n = 0,9999$$

Branche 3 : Système 1 - Branche 2 - système 1 (structure finale)

$$A = 0,99$$

$$I = 0,01$$

$$A = 0,9999$$

$$I = 0,0000036$$

$$A = 0,99$$

$$I = 0,01$$

équivalent
à

$$A = 0,98$$

$$I = 0,02$$

$$A_t = A_1 * A_2 * \dots * A_n = 0,99 * 0,9999 * 0,99 = 0,98$$

$$I_t = 1 - A_n = 0,02$$

$$I_t = I = 0,0072$$

Interprétation des résultats : La disponibilité du système est de 98%, c'est-à-dire qu'il y aura 98 heures de bon fonctionnement et 2 heures de panne en moyenne pour 100 de mise à disposition de l'équipement, mais, cette valeur globale, n'indique nullement l'espérance de bon fonctionnement entre 2 pannes. Pour cela, il nous faut déterminer la MTBF et la MTTR résultante.

Calcul de la MTBF / MTTR :

Le processus de calcul est équivalent. Reprenons à partir de l'étape 3 :

Etape 3 : on formalise par branche :

Branche 1 : Modem - TRC - Modem

MTBF	MTBF	MTBF	équivalent	MTBF
2400h.2	2400h.2	2400h.2	à	1600h

$$MTBF = 1 / \sum_{i=1}^n (1 / MTBF_n)$$

$$MTBF = 1 / (1/4 800 + 1/4 800 + 1/4 800) = 4 800/3 = 1 600h$$

$$I / A = MTTR / MTBF \text{ soit } MTTR = (I / A) * MTBF$$

$$MTTR = (0,0072 * 1 600) / 0,9928 = 11,52h$$

Branche 2 : Branche 1 en parallèle avec TRANSPAC

Branche 1

$$MTTR = 11,52h$$

équivalent à MTTR = 1,66h

TRANSPAC

$$MTTR = 2h$$

$$MTTR = 1 / \sum_{i=1}^n (1 / MTTR_n)$$

$$MTTR = 1 / (1/11,52 + 1/2) = 1,66h$$

$$I/A = MTTR / MTBF \text{ soit } MTBF = (A / I) * MTTR$$

$$MTBF = 0,9999 * 1,66 / 0,0000036 = 461 065h$$

Branche 3 : Système 1 - Branche 2 - Système 1 (structure finale)

MTBF	MTBF	MTBF	équivalent à	MTBF
800	461 065	800		399,7

$$\begin{aligned}
 \text{MTBF} &= 1 / \sum_{i=1}^n (1 / \text{MTBF}_i) \\
 \text{MTBF} &= 1 / (1/800 + 1/411\,070 + 1/800) = 399,68\text{h} \\
 I / A &= \text{MTTR} / \text{MTBF} \text{ soit } \text{MTTR} = (I / A) * \text{MTBF} \\
 \text{MTTR} &= (0,02 * 399,68) / 0,98 = 8,14\text{h}
 \end{aligned}$$

Ce qui correspond à une immobilisation d'une journée environ tous les deux mois. Vérification :
 $A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) = 399 / (399 + 8,14) = 0,98$

1.6.11. / Application N° II-7 : Procédures en ligne ou imbriquées

Le rendement d'une procédure ou d'un protocole est définie par :

$$\text{RENDEMENT} = \frac{\text{DONNEES_UTILES}(b/s)}{\text{DONNEES_UTILES} + \text{DONNEES_DE_SERVICE}}$$

Protocoles en lignes : le rendement est limité par le protocole le plus lent dans la chaîne considérée (maillon le plus faible).

Procédures imbriquées : le rendement de l'ensemble est le produit de chaque rendement.

1.6.12. / Application N°II- 8 : Transfert de paquet avec acquittement réseau et reprise sur erreur sur la liaison

Deux systèmes **A** et **B** sont en dialogue par leurs Couches Liaisons et Réseaux. Les réseaux manipulent des **paquets**, les liaisons des **trames**.

- 1 - Le **réseau A** demande le transfert d'un paquet.
- 2 - Cette demande provoque une demande de transfert de trame de la **Couche Liaison A vers la Couche Physique**.
- 3 - Sur la **Liaison B** réceptrice apparaît une trame reçue comme une indication de transfert de trame.
- 4 - Dans cet exemple, on suppose que cette trame est refusée parce qu'il y a eu détection d'erreur par le CRC. La **Liaison B** renvoie donc une réponse négative qui est un refus de trame.
- 5 - La **Liaison A** reçoit ce refus comme une confirmation négative.
- 6 - La **Liaison A** renvoie donc de nouveau la même trame qui, cette fois, est acceptée.
- 7 - La **Liaison B** envoie une réponse positive de transfert de trame.
- 8 - La **Liaison A** reçoit cette réponse positive comme une confirmation positive de transfert de trame.

- 9 - L'accord sur cette trame provoque la remise au **Réseau B** des données contenues dans la trame acceptée, ces données sont pour le réseau B un paquet.
- 10 - Le **Réseau B** va alors, suivant la procédure employée, accuser réception de ce paquet, il renvoie une **réponse positive** de paquet de réseau.
- 11 - Cette réponse se traduit par l'envoi d'une trame de la **Liaison B vers la Liaison A**. Si cette trame arrive correctement côté **Liaison A** (12 : **indication** de transfert de trame), elle donne lieu à une **réponse positive** (13) et à la remise des données de la trame au **Réseau A** (15).

La **Liaison B** (14) reçoit la **réponse positive** de la **Liaison A** appelée à ce point **confirmation positive** de transfert de trame.

Le **Réseau A** (15) décode les données reçues de la **Liaison A** et détecte une **confirmation** de transfert de paquet.

1.6.13. / Application N° II-9 : Accès aux réseaux - Fragmentation et ré assemblage

1.6.13.1./ ACCES AU RESEAU

On procède en émission à **une série d'encapsulation des données et en-têtes correspondant aux différentes couches de protocoles traversées**. Ces en-têtes sont ensuite :

- Soit **décapsulés définitivement** à l'extrémité de destination,
- Soit **décapsulés pour analyse puis recapsulés pour une nouvelle émission** dans le cas d'un transit par un nœud de commutation réseau.

1.6.13.2./ FRAGMENTATION ET REASSEMBLAGE

Les **messages écrits par l'utilisateur** ont des **dimensions très variables** selon le **type d'application**.

Au niveau réseau, la taille du paquet est optimisée pour une bonne exploitation La fragmentation et le réassemblage permet :

- D'**optimiser le taux d'utilisation des lignes**.
- D'**améliorer les performances** du réseau.

$$\text{Temps de transit message} = N * T$$

avec : T = temps de transmission sur un lien (les liens sont supposés identiques).
N = nombre de liaisons.

Si le message est divisé en P paquets, le temps de transmission d'un paquet est de T / P et la transmission peut s'effectuer avec recouvrement.

$$\text{Le temps de transit message fragmenté} = T + (N - 1) * T / P$$

1.6.14./ Application N°II-10 : Architecture DSA (Distributed Systems Architecture)

C'est une **architecture ouverte** qui permet de réaliser des **réseaux étoilés**, **arborescents** ou **maillés**, et qui n'est pas liée à une ligne de matériel.

L'application DSA est une **activité**.

Une activité accède au réseau par **un point d'accès (PA)** identifié par **un nom unique** dans le réseau.

Deux ou plusieurs activités sont mises en relation à travers le réseau via une **connexion logique** et une **boîte à lettres (Mailbox)** qui est le point d'adressage de l'activité.

1.6.15./ Application N°II- 11 : Architecture DNA (Digital Network Architecture)

C'est une stratégie de **communication d'égal à égal**.

C'est une **architecture de réseau répartie** qui permet l'accès des ressources à partir de n'importe quel terminal du réseau.

Le cœur de l'architecture est un **réseau Ethernet**.

Les **7 couches** de DNA correspondent en général aux couches ISO.

1.6.16./ Application N°III-12 : Comparaison des modes de transmission

1.6.16.1./ Définitions

Soit à transmettre un message de 100 caractères de 8 bits (bit de contrôle inclus). Déterminer le mode de transmission le plus efficace.

Les caractéristiques de chacun des modes de transmission sont indiqués dans le schéma ci-joint. On admet que les temps de silence sont nuls entre les caractères (mode asynchrone orienté bloc) et entre les blocs (mode asynchrone et synchrone).

Attention : Le **mode de transfert** caractérise le **type d'échange des messages** (**asynchrone**, **synchrone** ou **isochrone**), le **mode de transmission** définit les **techniques employées** (**asynchrone**, **synchrone**).

1.6.16.2./ Applications numériques

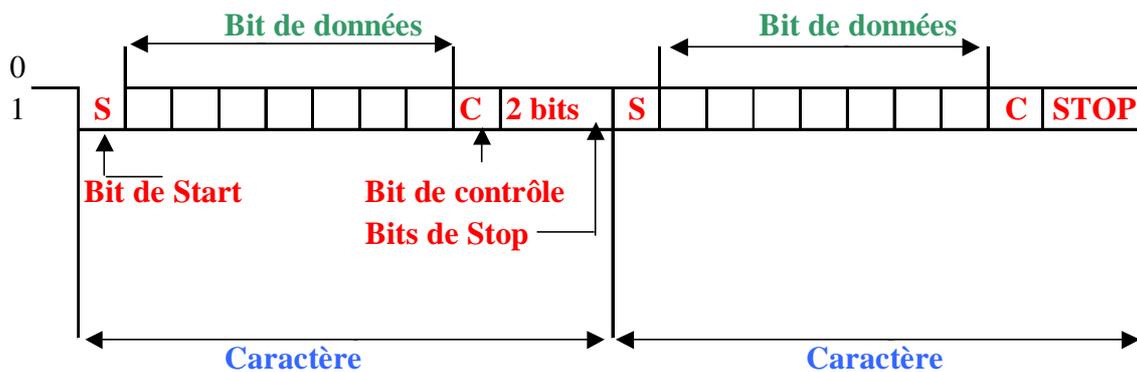
Compte tenu que par hypothèses, il n’y a pas de temps de silence entre deux blocs ou deux caractères successifs, **l’efficacité d’un protocole est mesurée par le rapport entre le nombre de bits utiles transmis (bits d’information) et le nombre de bits réellement transmis (information + service)**. L’efficacité est donnée par la relation :

$$E = \text{nombre de bits utiles} / \text{nombre de bits réellement transmis}$$

En **transmission asynchrone**, on transmet pour chaque caractère 1 bit de Start et 2 bits de STOP. Dans ces conditions, le nombre de bits à transmettre est de :

$$100 * 8 \text{ (bits d’information)} + 100 \text{ (bits de Start)} + 2 * 100 \text{ (bits de STOP)}$$

Soit : Nombre de bits = 800 + 100 + 200 ce qui donne **1100 bits transmis pour 800 utiles** d’où une **efficacité du mode asynchrone au maximum de 73%** (800 / 1100).



Transmission par caractère ou transmission asynchrone

En **transmission synchrone**, seuls sont rajoutés 3 caractères (un fanion, un champ de commande et un caractère de contrôle soit 24 bits). Dans ces conditions, **l’efficacité du mode synchrone est de 97%** (800 / 824).



Transmission par bloc ou transmission synchrone

L’efficacité du mode synchrone est supérieure à celle du mode asynchrone; de ce fait, seules les transmissions à **faible débit** seront effectuées en mode asynchrone (Débit <= 2 400 bit/s).

1.6.17./ Application N°III-2 : Les signaux transmis par les courants alternatifs

1.6.17.1./ Le signal sinusoïdal

Le **courant alternatif** est caractérisé par une amplitude qui varie constamment d'une manière sinusoïdale allant d'un maximum positif à un maximum négatif en passant par zéro à chaque fois. Cette forme (sinusoïde) se renouvelle constamment un certain nombre de fois par seconde.

On appelle **fréquence** ce nombre de fois. L'unité employée est le **hertz**.

1 hertz = une fois par seconde = une sinusoïde par seconde.

Un signal sinusoïdal est caractérisé par 3 paramètres :

- Son **amplitude**, liée à la puissance du signal.
- Sa **fréquence** (exprimée en hertz) ;
- Sa **phase** (ou valeur) à un instant donné.

$$y = A \sin (2 \Pi f t + \omega t)$$

avec : A = amplitude maximale du signal.
 f = fréquence du signal en hertz.
 ω = phase à l'origine des temps.

L'inverse de la fréquence correspond à la **période** t en secondes ($t = 1 / f$). Ces fréquences sont générées par des **modems**.

La modification des caractéristiques retenues pour repérer les états binaires va se faire par rapport à une onde de référence dite **onde porteuse**.

1.6.17.2./ Un signal numérique périodique

Il peut être décomposé en une somme infinie de signaux sinusoïdaux élémentaires appelés **les harmoniques**, de fréquences multiples de la fréquence du signal initial, et émises en simultanéité avec lui.

Ce signal est la composition d'une sinusoïde (appelée **fondamentale**) de même fréquence f et des harmoniques de fréquence $3f, 5f, 7f, 9f$, etc .. Plus il y a d'harmoniques, et plus le signal composite tend vers le signal carré originel.

1.6.17.3./ Notion d'analyse spectrale

Un signal périodique quelconque est constitué d'une infinité de signaux sinusoïdaux. Chaque composante peut être représentée par l'énergie qu'elle contient. Cette représentation est appelée **raie de fréquence** (transformation de l'espace temps en l'espace fréquence). L'ensemble des raies de fréquence constitue le **spectre de fréquences (spectre de raies)** du signal. L'espace de fréquence occupé par le spectre est désigné par le terme de **largeur de bande**.

1.6.17.4./ Application à la transmission de données : les déformations

1.6.17.4.1./ L'affaiblissement et la distorsion d'affaiblissement du signal

L'affaiblissement est dû à ce qu'une **partie de l'énergie** est **dissipée par la voie**. Il se mesure en **décibels (dB)**, par l'écart des niveaux de puissance du signal en entrée (P_e) et du signal en sortie (P_s) pour une fréquence donnée.

$$A = 10 \log (P_e / P_s)$$

1.6.17.4.2./ Le déphasage et la distorsion de phase

Le déphasage est un **décalage dans le temps** entre le signal émis et et le signal reçu qui présente un retard.

1.6.18. / Application N° III-3 : Exemple d'utilisation d'un réseau

1.6.18.1./ Introduction

Soit **L** le coût de location mensuel d'une liaison spécialisée, et soit **M** le prix de revient par mois d'un multiplexeur. Pour établir 3 liaisons entre deux points si :

$$2M + L < 3L$$

L'intérêt économique se situe en faveur de l'emploi des multiplexeurs.

1.6.18.2./ Premier cas : liaison internationale

Prix de location mensuel d'une liaison spécialisée (LS) : 10 500 F.

- Coût d'un modem : 6 000 F : soit avec une durée de vie espérée de 5 ans, pour un mois 100 F, et pour une liaison : 200 F.

Total : 10 700 F pour une liaison.

Pour réduire ce montant, il est préférable d'utiliser une paire de multiplexeurs ou **mux** (21 000 F la paire) sur support numérique à 64 kbit/s offrant 4 circuits basse vitesse, parole ou données à 16 kbit/s.

Le coût mensuel de location du canal composite 11 300 F, soit 2 825 F par liaison.

L'investissement par liaison 3 600 F sur 60 mois, soit 60 F.

Total : 2 885 F.

1.6.18.3./ Second cas : liaison internationale

La liaison France-Etats-Unis par RTC coûte 6,69 F la minute, ce qui, pour 4 heures par jour et 21 jours ouvrés, représente :

$$6,69 \text{ F} * 21 * 240 = 33\,700 \text{ F par mois.}$$

La location d'une LSI analogique France-USA coûte au voisinage de 28 000 F par mois. Pour établir 3 liaisons entre la France et les USA, il est préférable d'utiliser des LSI, de préférence au RTC. La dépense de fonctionnement est voisine de :

$$28\,000 \text{ F} * 3 = 84\,000 \text{ F par mois}$$

La solution d'un couple de multiplexeurs, connecté à une LSI numérique à 64 kbit/s revient à :

Multiplexeurs RLX8, loués à $18\ 000\ \text{F} * 2 = 36\ 000\ \text{F}$ par mois.

Liaison numérique à 64 kbit/s louée à $26\ 000\ \text{F}$ par mois.

Total = $62\ 000\ \text{F}$.

Les 6 circuits de parole compressée reviennent chacun chacun à :

$62\ 000\ \text{F} * 1 / 6 = 10\ 300\ \text{F}$

Soit moins du tiers du prix du RTC. Le gain mensuel par circuit est alors de :

$28\ 000\ \text{F} - 10\ 300\ \text{F} = 17\ 700\ \text{F}$

Par rapport à la solution LSI.

1.6.18.4./ Résumé

Le groupement du trafic sur une liaison multiplexée fait apparaître :

- des coûts d'investissements (les achats de modems et de mux sont amortissables sur 5 ans).
- deux types de coût de fonctionnement (redevance de location de circuits et rétribution du personnel de maintenance des équipements).

L'importance relative de ces trois composantes varie selon la **distance** et le **débit multiplexé**. Si l'opération présente un intérêt financier, elle implique néanmoins des conséquences différentes selon la nature des techniques utilisées.

1.6.19./ Application N° III-4 : HISTORIQUE DE LA COMMUTATION ELECTRONIQUE

1945-1955 : Premières recherches sur la commutation électronique aux Bell Telephone Laboratories (Essais en laboratoire - ECASS - DIAD).

1958 : Essai, en laboratoire, aux Bell Telephone Laboratories d'un système de **commutation électronique temporelle** (ESSEX). Pas de suite industrielle.

1960 : Mise en service, par les Bell Telephone Laboratories à Morris (Illinois - Etats-Unis) d'un premier central téléphonique en **commutation spatiale**. Prototype sans développement industriel ultérieur.

1965 : Mise en service, par l'AT&T, à Succasunna (New Jersey - Etats-Unis) du prototype industriel du système de commutation spatiale de l'AT&T (ESS 1).

1970 : Mise en service par le CNET, en Bretagne (Perros-Guirec, janvier 1970 et Lannion, juin 1970), des deux premiers centraux téléphoniques en commutation électronique temporelle (système E 10).

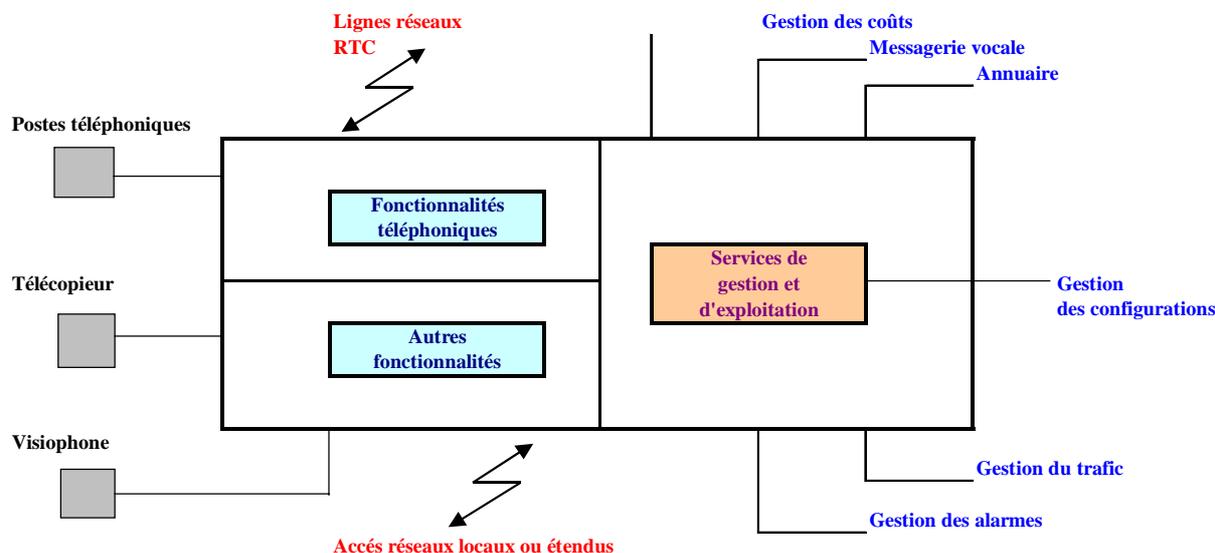
1976 : Mise en service par l'AT&T, à Chicago, d'un très grand centre de transit interurbain (capacité pouvant atteindre 500 000 appels à l'heure) en commutation électronique temporelle (ESS 4).

1979 : Colloque international de commutation électronique (Paris - mai 1979). Tous les pays représentés à ce colloque (2 000 participants) confirment leur décision de passer définitivement de la commutation électronique spatiale à la **commutation électronique temporelle de type numérique**.

1987 : Le **réseau numérique français de télécommunications** est **synchronisé** au cours de cette année : l'ensemble du réseau est **piloté par une horloge centrale** d'une très grande précision (voisine de 10^{-12}).

1.6.20./ Application N°III-5 : LES PABX

1.6.20.1./ PABX et Fonctionnalités



1.6.20.2./ PABX ET TELEPHONIE D'ENTREPRISE

Le PABX autonome ou en réseau :

- Autorise des fonctionnalités de base liées à l'aiguillage du trafic téléphonique interne et externe.
- Permet de nombreux services complémentaires.

Des logiciels appropriés permettent d'assurer en temps réel ou différé la gestion de la téléphonie d'entreprise sur les plans :

- Technique.
- Economique.
- Organisationnel.

Le problème central est de dimensionner correctement le PABX et ses différents faisceaux de circuits afin que le trafic à écouler soit optimal en fonction :

- Des ressources disponibles.
- Du niveau de qualité de service visé.

1.6.20.3./ DE RTC A NUMERIS

La technologie RNIS à large bande B-ISDN (= **Broadband - Integrated Service Digital Network**), s'appuie :

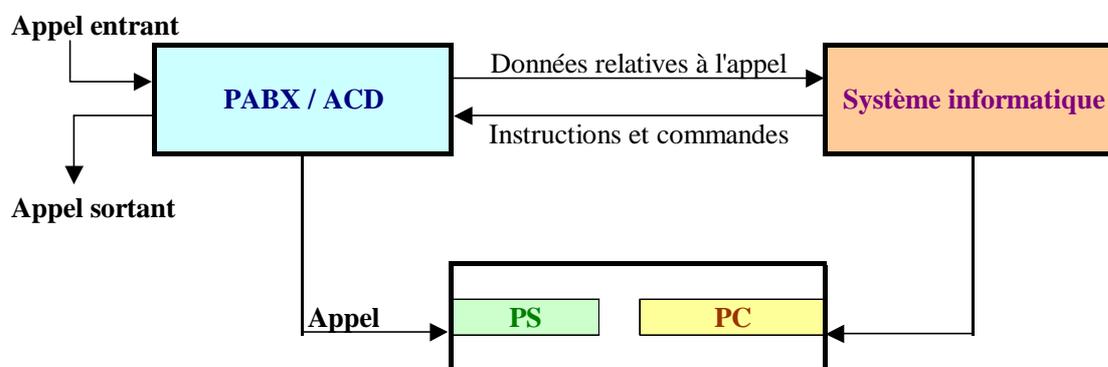
- Sur les technologies ATM (= Asynchronous Transfer Mode) pour la commutation.
- Sur les technologies SDH (= Synchronous Digital Hierarchy) pour la transmission.

1.6.20.4./ INTEGRATION TELEPHONIQUE ET INFORMATIQUE

Le CTI (= Computer Telephony Integration) :

- Réalise la fonction centre d'appels,
- Associe un appel téléphonique à des données issues d'une base de données afin d'assister la gestion d'un appel téléphonique entrant.

Lorsqu'un appel est reçu, une fois identifié, il est mis en file d'attente ACD (= **Automatic Call Distribution**) ou DAA (= **Distribution Automatique des Appels**). L'ACD achemine simultanément l'appel vers le poste utilisateur et les données de l'appel via CSTA (= **Computer Supported Telephony Integration**) vers le système informatique. Ce dernier traite les données et envoie des instructions ou des commandes à l'ACD ainsi que des données d'appel à une station PC utilisateur.



CTI : Computer Telephony Integration

1.6.20.5./ Application Numérique

Définition du raccordement d'un PABX (Problème d'examen CNAM - Paris)

Une PME de 50 personnes souhaite changer son autocommutateur ou PABX et l'affecter à ses seuls besoins de téléphonie. Elle dispose, à cette fin, des données suivantes :

- Il y a au total 40 postes téléphoniques.
- Le trafic mesuré à l'heure de pointe rapporté au poste est le suivant :
 - . 5 mn pour les appels départ.
 - . 3 mn pour les appels arrivée.
 - . le trafic moyen est la moitié du trafic de pointe.
- L'activité de l'entreprise est de 8 heures/jour et 21 jours/mois.

On demande de déterminer :

- Le trafic total offert en Erlang.
- Le nombre de circuits nécessaires pour écouler ce trafic avec un taux de perte de 10% maximal.
- La répartition des circuits départ (SPA) et arrivée (SPB).
- Le coût du trafic téléphonique mensuel en supposant une taxation sur la base d'une UT/17s (1 UT = 0,615 F HT), ce qui correspond à des communications nationales sur des distances supérieures à 100 km.

Détermination du trafic (ou intensité de trafic, notée I) :

Trafic sortant par poste : $I_s = 5 / 60 = 0,0833 \text{ E}$

Trafic entrant par poste : $I_e = 3 / 60 = 0,050 \text{ E}$

Trafic total par poste : $I_t = I_e + I_s = 0,0833 + 0,05 = 0,1333 \text{ E}$

Trafic total pour l'entreprise : $I_T = I_t * \text{nombre de postes} = 0,1333 * 40 = \mathbf{5,33 \text{ E}}$

Nombre de circuits nécessaires à l'écoulement du trafic avec un taux de perte inférieur à 10%

Deux méthodes peuvent être employées pour définir le nombre de circuits nécessaires.

1ère méthode : **Répartition proportionnelle des circuits** : On considère le trafic total pour déterminer le nombre de circuits, puis on répartit ceux-ci proportionnellement aux trafics entrant et sortant. L'abaque à refus indique 8 circuits nécessaires. Ces 8 circuits sont répartis de la manière suivante :

SPB (arrivée) Nombre de circuits SPB = Nombre de circuits total * I_e / I_t

Nb SPB = $8 * 0,3 / (0,3 + 0,5) = \mathbf{3 \text{ circuits SPB}}$

SPA (départ) Nombre de circuits SPA = Nombre de circuits total - Nb SPB

Nb SPA = $8 - 3 = \mathbf{5 \text{ circuits SPA}}$

2ème méthode : **Détermination pour chaque type de trafic** : On détermine directement pour chaque trafic le nombre de circuits.

Total du trafic entrant : $0,05 * 40 = 2$ E soit **4 circuits SPB**

Total du trafic sortant : $0,083 * 40 = 3,33$ E soit **6 circuits SPA**

Nombre total de circuits : 10 circuits

Les solutions sont différentes car, **plus le faisceau est petit plus les risques de collision d'appels sont importants**, donc pour une même probabilité d'échec, le nombre de circuits nécessaires est plus important.

Répartition de circuits SPA et SPB

(voir question b)

Calcul de la facture téléphonique

Seul le trafic sortant est facturé. Le calcul est effectué par poste. Le trafic d'un poste en UT :

Temps de communication moyen / heure : $(5 / 2) * (60 / 17) = 9$ UT

Trafic total pour l'entreprise : $9 * 8 * 40 * 21 = 60\ 480$ UT

Coût total HT : $0,615$ F * $60\ 480 =$ **37 195,2 F**

1.6.21./ Application N° III-6 : Quelques dates marquantes de l'histoire des câbles sous-marins

1.6.21.1./ Les câbles télégraphiques

1851 : Pose du premier câble télégraphique entre la France et l'Angleterre.

1866 : Première liaison télégraphique transatlantique entre l'Irlande et Terre-Neuve.

1866-1914 : Le réseau de câbles sous-marins télégraphiques représente près de 500 000 km à la veille de la Première Guerre mondiale.

1920-1939 : 650 000 km de câbles à la veille de la Seconde Guerre mondiale.

1955-1965 : Les câbles sous-marins télégraphiques sont progressivement abandonnés.

1.6.21.2./ Les câbles téléphoniques coaxiaux

- 1950** : Un premier câble sous-marin à amplificateurs immergés entre Key West et La Havane.
- 1956** : Première liaison téléphonique transatlantique par câble sous-marin entre l'Ecosse et Terre-Neuve, dénommée TAT1 (TAT = câble TransATlantique).
- 1970** : Utilisation d'amplificateurs transistorisés : TAT5
- 1975-1977** : Une nouvelle génération de câbles sous-marins à grande capacité.
- 1987** : Le dernier câble sous-marin à câble coaxial de cette génération mis en service entre les Etats-Unis et la Grande-Bretagne (TAT7 - 4 200 voies).

1.6.21.3./ Les câbles sous-marins à fibres optiques

- 1982** : Première liaison expérimentale, longue de 20 km, entre Cagnes-sur-Mer et Juan-les-Pins
- 1984** : Liaison Port-Grimaud-Antibes
- 1987** : Première liaison continent-Corse (Marseille - Ajaccio)
- 1988** : Premier câble sous-marin transatlantique à fibres optiques (TAT8) qui relie Tuckerton aux Etats-Unis (New-Jersey) à Penmarch en France et Widemouth en Angleterre.
- 1989** : Un câble France - Angleterre à 6 paires de fibres à 140 Mbit/s ainsi que le premier câble "privé" transatlantique (PTAT pour Private TransATlantic).
- 1992** : TAT9.

1.6.22. / Application N° III-7 : Les liaisons radioélectriques : Historique

On distingue :

- Les radiocommunications unidirectionnelles.
- Les radiocommunications de personne à personne (en général bidirectionnelles).

- 1901** : Transmission à travers l'Atlantique du premier message radio par Marconi.
- 1907** : Ouverture à l'exploitation, par Marconi, des premières liaisons radioélectriques en ondes longues.
- 1920** : Important développement des liaisons radiotélégraphiques en ondes longues.
- 1926** : Ouverture des premières liaisons radiotélégraphiques en ondes courtes.

1927 : Ouverture de la première liaison radiotéléphonique transatlantique (Londres - New York).

1945 : nouveaux services : liaisons spécialisées, télex, etc ...

1960 : le rôle des liaisons radioélectriques décroît rapidement. A la fin des années 1970, il n'existe pratiquement plus de liaisons radioélectriques intercontinentales

Les ondes utilisées pour les transmissions sont :

- Les ondes radioélectriques inférieures à 300 kHz.
- Les faisceaux hertziens entre 300 kHz et 40 GHz.

<i>MF</i>	300 kHz - 3 Mhz	<i>Middle Frequencies</i>
<i>HF</i>	3 Mhz - 30 Mhz	<i>High Frequencies</i>
<i>VHF</i>	30 Mhz - 300 MHz	<i>Very High Frequencies</i>
<i>UHF</i>	300 MHz - 3 GHz	<i>Ultra High Frequencies</i>
<i>SHF</i>	3 GHz - 40 GHz	<i>Supra High Frequencies</i>

Les guides d'ondes supérieurs à 40 GHz :

<i>EHF</i>	40 GHz - 300 GHz	<i>Extremely High Frequencies</i>
------------	------------------	-----------------------------------

Répartition des ondes

de	10	kHz	à	160	kHz	: communications radiotélégraphiques
de	160	kHz	à	255	kHz	: radiodiffusion (grandes ondes)
de	255	kHz	à	525	kHz	: communications radiotélégraphiques
de	525	kHz	à	1605	kHz	: radiodiffusion
de	1605	kHz	à	5950	kHz	: radiotéléphonie
de	29,7	MHz	à	41	MHz	: radiotéléphonie
de	41	MHz	à	68	MHz	: télévision
de	68	MHz	à	87,5	MHz	: liaisons radiotéléphoniques en modulation de fréquence
de	87,5	MHz	à	100	MHz	: radiodiffusion
de	100	MHz	à	162	MHz	: liaisons radiotéléphoniques
de	162	MHz	à	216	MHz	: télévision
de	216	MHz	à	470	MHz	: radiotéléphonie
de	470	MHz	à	860	MHz	: télévision et radar
de	860	MHz	à	960	MHz	: faisceaux

Au dessus de 960 MHz : on trouve un partage très compliqué entre radiotéléphonie, transmission par faisceaux hertziens, radars, communication par satellite, etc ...

En particulier les gammes de fréquence :

de	3,4	GHz	à	4,2	GHz	
et	7,25	GHz	à	7,75	GHz	: télécommunications dans le sens satellite - terre
de	5,725	GHz	à	6,425	GHz	
et	7,9	GHz	à	8,4	GHz	: télécommunications dans le sens terre - satellite

1.6.23. / Application N°III-8 : LES RESEAUX RADIO A TRANSMISSION DE DONNEES

1.6.23.1./ LE SYSTEME ALOHA DE L'UNIVERSITE DE HAWAÏ

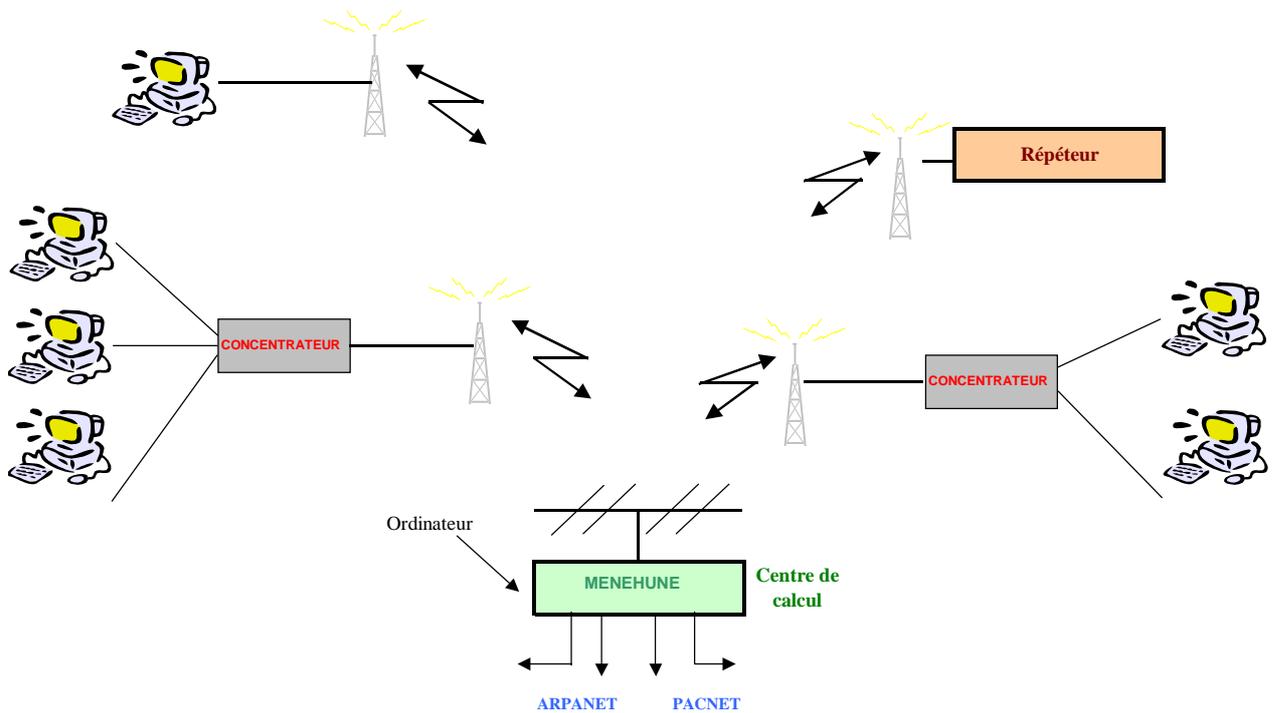
1.6.23.1.1./ Historique

Le premier réseau de transmission de données à base de liaisons radio mises en oeuvre à la place de liaisons téléphoniques pour relier des équipements informatiques.

C'est un système de transmission de données par paquets. Tous les échanges s'effectuent entre les terminaux et le centre de calcul; il n'y a pas de liaison directe possible entre les terminaux. Quand un paquet de données est reçu par le centre de calcul, il est traité sans être retransmis vers les autres stations.

Les terminaux n'ont pas la possibilité de savoir si les paquets transmis sont correctement parvenus au centre de calcul. Il est donc nécessaire de disposer d'un mécanisme explicite d'envoi d'accusé de réception.

Il y a affectation de deux bandes de fréquences UHF. L'idée de base : utiliser le canal partagé par les terminaux de façon aléatoire; c'est la technique que nous appelons maintenant le **pur ALOHA**.



Structure du système ALOHA de l'université de Hawaï

1.6.23.1.2./ Principe de fonctionnement

Les éléments essentiels :

- Au centre de calcul un mini-ordinateur connecté à l'antenne qui gère l'ensemble des communications radio ainsi qu' en communication locale avec deux calculateurs du centre et avec les réseaux ARPANET et PACNET : c'est le **système Menehune**.
- Chaque terminal est doté d'une unité de contrôle qui prend en charge les :
 - . Opérations de transmission proprement dites.
 - . Stockages intermédiaires temporaires.
 - . Retransmissions des trames si nécessaire.

Les trames échangées comportent quatre champs :

- L'**en-tête** comprend 32 bits et contient, entre autres, l'identification de l'utilisateur et la longueur du paquet.
- Un champ de 16 bits destiné au **contrôle de validité** du contenu de la trame.
- Un **champ de 80 octets**.
- Un champ de **contrôle de validité** de 16 bits.

1.6.23.2./ MISE EN OEUVRE DE RESEAUX RADIO A TRANSMISSION DE DONNEES

Le modèle conceptuel d'un système de transmission de données par radio est le suivant. Les terminaux sont implantés dans des zones où le réseau téléphonique classique est inexistant ou très peu développé. Les stations sont amenées à être déplacées. Les stations qui ont un trafic intense pendant de courtes et peu fréquentes périodes ou de très faibles volumes à transmettre.

Lorsqu'un réseau radio de transmission de données comporte plusieurs répéteurs, l'acheminement des paquets de données, ou leur routage, devient un problème.

Quand un répéteur reçoit un paquet, il doit prendre une décision : rechercher et obtenir la plus haute probabilité de faire parvenir le paquet à destination en utilisant le minimum de ressources du réseau.

Il y a trois stratégies :

- Chaque répéteur se contente de réémettre les paquets qu'il reçoit en respectant l'une des deux contraintes suivantes :
 - . Un compteur est placé dans l'en-tête du paquet de données, il est décrémenté à chaque fois que le paquet est réémis.
 - . Chaque répéteur maintient à jour la liste des n paquets les plus récemment réémis.

Une **structuration hiérarchique** : Les répéteurs sont organisés en arborescence, le site central en constitue la racine. Cet algorithme exige que le site central ait une connaissance totale de la topologie du réseau. Chaque paquet émis par le site central contient la liste des répéteurs participant à son acheminement. Le site central détermine le cheminement du paquet et insère ces informations relatives dans l'en-tête du paquet. Cette technique s'appelle **routage depuis la source**. A chaque évolution du paquet le récepteur envoie un accusé de réception.

Un répéteur ne réémet un paquet que s'il est plus proche du destinataire que celui qui lui envoie le paquet. Cela suppose que chaque répéteur connaisse le nombre de noeuds qui le sépare de chacun des autres répéteurs. Ces informations peuvent être obtenues en demandant aux répéteurs de diffuser périodiquement leur table des distances, permettant de les localiser. Chaque paquet contient l'identification du destinataire et la valeur courante de la distance qui lui reste à parcourir.

La **radio communication cellulaire** : chaque téléphone embarqué est associé à un émetteur-récepteur radio qui fonctionne dans **une bande de fréquence déterminée**; la surface desservie par un **système radio cellulaire** est divisée en **cellules élémentaires**; En théorie, chaque **cellule** est **hexagonale**

La **taille d'une cellule** correspond à la **portée maximum des émetteurs**. Dans **chaque cellule**, un **certain nombre de fréquences** sont utilisées pour les communications. Les cellules adjacentes disposent de fréquences différentes. Chaque cellule dispose d'une station de base placée sur un point élevé, de sorte qu'elle puisse communiquer avec toutes les stations mobiles de la cellule.

1.6.24./ Application N°III- 9 : LES SATELLITES

1.6.24.1./ HISTORIQUE

- En **1945**, le britannique Arthur C. Clarke introduisit le **concept de communications par satellite**.
- **L'idée d'utiliser des satellites artificiels pour les télécommunications** a été émise, pour la première fois, en **1955**, par un chercheur des Bell Telephone Laboratories, J.R. Pierce.
- **SPUTNIK-1**, satellite soviétique, fut le 1er satellite, en **1957**, à **envoyer des signaux radio vers la terre**.
- A la fin de **1958**, les Etats-Unis lançaient sur orbite basse le **premier satellite de télécommunication SCORE** (= Signal Communication by Orbiting Relay Equipment); mais il ne s'agissait que d'un relais à transmission différée, réémettant, par télécommande, un message reçu et enregistré antérieurement.
- Les premiers essais réalisés avec des satellites à haute altitude ont utilisé le **satellite réflecteur Echo 1**, lancé en août **1960** par la NASA.
- Cependant, les véritables expériences de télécommunications ne commencèrent qu'après le **lancement de Telstar I** par la NASA en juillet **1962**.

- Plusieurs **satellites de télécommunications dits à défilement** furent lancés par les Etats-Unis en **1963-1964**.
- Un grand pas fut franchi lorsque l'on démontra la possibilité de **maintenir un satellite stationnaire par rapport à la Terre** en **1964**. Cette même année, 14 pays formaient à Washington le **Consortium international de télécommunications par satellite, INTELSAT**.
- Enfin, en avril **1965**, c'était le lancement du premier satellite géostationnaire, **Intelsat I** (Early Bird).
- Depuis 1965, le développement des télécommunications par satellite a suivi pas à pas :
 - Le développement des techniques de mise sur orbite.
 - Le perfectionnement des satellites et des stations terriennes.
- Des perfectionnements ont encore été apportés au principe d'accès multiple : on met en **pool** un certain nombre de circuits constitués par l'ensemble des porteurs du système et, lorsqu'une station désire un circuit, elle choisit un porteur parmi ceux disponibles à l'instant considéré, et le libère dès que la communication est terminée. Il existe deux types d'accès possible d'accès multiple :
 - . L'**accès multiple à répartition en fréquence (AMRF)**.
 - . L'**accès multiple à répartition dans le temps (AMRT)**, plus récent et plus efficace.

Alors qu'un câble sous-marin est essentiellement une artère point à point, **un système de télécommunications par satellite** apparaît comme un réseau doté :

- Non seulement d' **une fonction de transmission**.
- Mais aussi, sous une forme particulière, de **certaines fonctions s'apparentant à la commutation**.

L'Europe fait preuve de son savoir-faire et de son indépendance en **1983**, avec la mise en service des **deux premiers satellites Eutelsat I** exploités par l' **Organisation Européenne de Télécommunications par Satellite**, Eutelsat, regroupant une quarantaine de pays. Couvrant l'ensemble de l'Europe ainsi que le Bassin Méditerranéen, ces satellites permettent de lancer :

- Les premières chaînes de télévision sans frontières.
- Un réseau pan-européen de téléphonie publique.
- Suivis très rapidement par des services de télécommunications d'entreprise **Vsat** (= **Very Small Aperture Terminal**) et, plus récemment, par des services mobiles terrestres et maritimes.

1.6.24.2./ LES DIFFERENTS DOMAINES D'APPLICATIONS DES SATELLITES

Ce sont les armées qui ont été les premiers gros utilisateurs de communications.

Il y a 5 domaines d'utilisation :

- Les télécommunications internationales établies au moyen de grandes stations type standard A, B ou C vers divers pays, que celles-ci soient des stations de téléphonie ou des International Multiservices Gateways de type IBS (= Intelsat Business Services);

- Les télécommunications domestiques de téléphonie qui utilisent :

- Soit des satellites spécifiques et domestiques.
- Soit des satellites loués pour réaliser des liaisons interurbaines et/ou désenclaver des villages (téléphonie rurale).

- Les télécommunications d'entreprise qui utilisent essentiellement des supports numériques multiservices, voire uniquement des données;

- La télévision d'entreprise (business TV) utilisée en liaison avec de la diffusion de données ou en complément de stations d'entreprise;

- Les communications mobiles par satellite :

- Soit sur des satellites spécifiques.
- Soit sur des satellites standards.

On distingue 3 types d'intervenants dans les télécommunications spatiales :

- Les agences spatiales.
- Les lanceurs de satellites.
- Les opérateurs exploitant.

1.6.25. / Application N° III-10 : Comparaison des différents supports de transmission

1.6.25.1./ La paires de fils métalliques torsadées

1.6.25.1.1./ Avantages

Un Coût faible.

Une Capacité de transmission de l'ordre du Mbit/s.

Un circuit de type paire téléphonique largement implantée dans les bâtiments, même anciens.

1.6.25.1.2./Inconvénients

Elle couvre de faibles distances à cause de l'affaiblissement important.
Elle est sensible aux perturbations.

1.6.25.2./ Câble coaxial

1.6.25.2.1./ Avantages

Une bande passante large. Supporte des débit de l'ordre de 100 Mbit/s.
Une protection par blindage contre les parasites et la diaphonie.
Un Affaiblissement moindre que la paire de fils, donc distance accrue entre les répéteurs.

1.6.25.2.2./ Inconvénients

Un coût variable suivant la qualité du câble.
Il ne peut pas assurer d'isolation galvanique entre deux bâtiments (il relie par son blindage leur terre, ce qui est contraire aux normes).

1.6.25.3./ Fibre optique

1.6.25.3.1./ Avantages

Il supporte des débits de l'ordre du Gbit/s.
Il est complètement insensible aux perturbations de type électromagnétique et à la diaphonie.
Il réalise l'isolation électrique totale entre les deux extrêmités.
Il crée peu d'affaiblissement.
Il est un support léger et pu encombrant.

1.6.25.3.2./ Inconvénients

Le coût de la fibre est moyen , mais le coût des interfaces opto-électroniques reste encore élevé.
La mise en oeuvre est encore délicate pour les dérivations.

1.6.25.4./ Faisceau hertzien

1.6.25.4.1./ Avantages

Il propose des débits élevés : 140 Mbit/s.
Il permet d'atteindre des lieux difficiles d'accès.
Il réalise une emission d'une station à une autre très directive.

1.6.25.4.2./Inconvénients

Les stations doivent être en visibilité directe.
La portée entre deux stations limitée à 50 km environ.

1.6.25.5./ Satellite

1.6.25.5.1./ Avantages

Débits jusqu'à 2 Mbit/s.
Diffusion des résultats vers plusieurs points en même temps.
Offre multiservice : voix, données, image, audio et visio-conférence, TV.

1.6.25.5.2./ Inconvénients

Coût de réalisation élevé.
Temps de transmission plus long.

1.6.26./ Application N°III-11 : LA FENETRE D'ANTICIPATION

1.6.26.1.1./ Introduction

Il est intéressant de disposer d'un protocole qui permette de rester synchronisé quelle que soit la combinaison des situations suivantes : trames erronées, trames perdues, temporisateurs expirant trop vite. Les protocoles envisageant ces problèmes appartiennent à la classe des **protocoles à fenêtre d'anticipation**.

Dans un protocole à fenêtre, les trames émises possèdent un numéro de séquence variant de 0 à un certain maximum. Souvent le **numéro maximal de séquence** est de la forme $2^n - 1$: il peut donc être **codé sur n bits**.

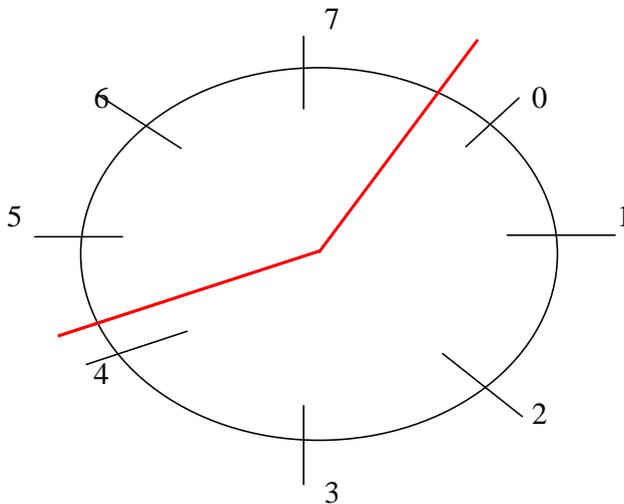
Le protocole à fenêtre d'anticipation du type "envoyer et attendre" utilise $n = 1$. La spécificité des protocoles à fenêtre d'anticipation permet de dire qu'**à chaque instant l'émetteur détient la liste des numéros de séquence des trames qu'il peut envoyer**.

Il n'est pas nécessaire que les fenêtres d'émission et de réception aient les mêmes bornes ni la même largeur.

Il est cependant toujours nécessaire que **les paquets soient délivrés à la Couche Réseau destination dans leur ordre d'émission**.

Les numéros de séquence situés à l'intérieur de la fenêtre d'émission correspondent aux trames envoyées mais non encore acquittées

Si la taille maximale de la fenêtre est de n , l'émetteur doit disposer de n mémoires tampons pour stocker les trames non acquittées.



Principe de la fenêtre

1.6.26.1.2./ Un protocole à fenêtre d'anticipation de largeur 1

Un tel protocole est du type “envoyer et attendre” puisque l'émetteur envoie une trame et attend son acquittement avant d'envoyer la suivante.

1.6.26.1.3./ Un protocole à fenêtre d'anticipation de largeur n

Il permet d'autoriser l'émetteur à envoyer w trames

Lors de la transmission par satellite, cette technique est connue sous le nom de **pipelining** si :

- La **capacité** est de b bit/s.
- La **taille des trames** de l bits.
- Le **temps aller-retour de propagation** de R secondes, il faut l/b secondes pour **transmettre une trame**.

Après l'envoi du dernier bit de la trame, il faut **attendre $R/2$ secondes** pour que ce bit soit reçu par le récepteur et encore au moins **$R/2$ secondes** pour que l'**acquittement** parvienne à l'émetteur.

Si une trame, située au milieu de la série de trames envoyées, est perdue ou erronée :

- Rejeter toutes les trames qui suivent la trame erronée en n'envoyant pas d'acquittement.
- Effectuer un **rejet sélectif** pour stocker toutes les trames correctes arrivées après la trame erronée.

1.6.26.1.4./ Un protocole utilisant un rejet sélectif

La **taille de la fenêtre** de l'émetteur varie de 0 à un maximum prédéfini, **MaxSéq**. En revanche, celle du récepteur à une **taille fixe égale à MaxSéq**.

Le récepteur possède une mémoire tampon pour chacune des trames dont le numéro de séquence figure dans la fenêtre. A chaque mémoire tampon est associé un bit indiquant si elle est vide ou occupée.

En général, on choisit dans ce cas une **taille de fenêtre** égale à : $(\text{MaxSéq} + 1) / 2$

1.6.27./ Application N°III-12 : Code ASCII (7 bits) - parité paire

Si l'on numérote les bits de droite à gauche à partir de 1, les bits de contrôle (ou de parité) sont placés sur les puissances de 2 (bits n° 1, 2, 4, 8, 16).

Un bit de données est vérifié par les bits de contrôle dont les numéros sont les nombres qui apparaissent dans sa décomposition en puissances de 2.

11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
m_7	m_6	m_5	k_4	m_4	m_3	m_2	k_3	m_1	k_2	k_1

1ère étape :

1 (0001)	---->	k_1		
2 (0010)	---->	k_2		
3 (0011)	---->	k_2	k_1	
4 (0100)	---->	k_3		
5 (0101)	---->	k_3	k_1	
6 (0110)	---->	k_3	k_2	
7 (0111)	---->	k_3	k_2	k_1
8 (1000)	---->	k_4		
9 (1001)	---->	k_4	k_1	
10 (1010)	---->	k_4	k_2	
11 (1011)	---->	k_4	k_2	k_1

2ème étape :

k_1 ----> 1, 3, 5, 7, 9, 11
 k_2 ----> 2, 3, 6, 7, 10, 11
 k_3 ----> 4, 5, 6, 7
 k_4 ----> 8, 9, 10, 11

1.6.28./ Application N° III-13 : Code polynomial

On considère l'information suivante de 7 bits à envoyer :

1 1 0 0 1 0 1

Elle est représentée par le polynôme :

$$M(x) = x^6 + x^5 + x^2 + 1$$

On suppose que le **polynôme générateur** utilisé par l'émetteur et le récepteur soit le polynôme :

$$G(x) = x^3 + x^2 + 1$$

On doit donc avoir :

$$x^3 \cdot M(x) / G(x) = Q(x) + R(x)$$

avec $R(x)$ de degré 2 c'est-à-dire :

$$(x^9 + x^8 + x^5 + x^3) / (x^3 + x + 1) = Q(x) + R(x)$$

ce qui donne :

$$(x^9 + x^8 + x^5 + x^3) / (x^3 + x + 1) = (x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x) + x$$

Q(x)
R(x)

En effet , si l'on **divise**, en algèbre modulo 2 : $x^3 \cdot M(x)$ par $G(x)$, on obtient : **0 0 0 1 0 = R(x)**

On transmet donc le polynôme :

$$T(x) = x^3 \cdot M(x) + R(x)$$

Ce polynôme représente la suite binaire suivante :

1 1 0 0 1 0 1 **0 1 0**
information **contrôle**

A la réception, $T(x)$ est divisé par $G(x)$, le reste obtenu devant être nul.

1.6.29./ Application N° III-14 : FORMAT DES PAQUETS LES PLUS COURANTS

1.6.29.1./ PAQUET D'ETABLISSEMENT DE LA CONNEXION

Un paquet d'appel dans le sens ETTD-ETCD.

Un paquet d'appel entrant dans le sens ETCD-ETTD.

Outre les trois octets d'entête, il contient :

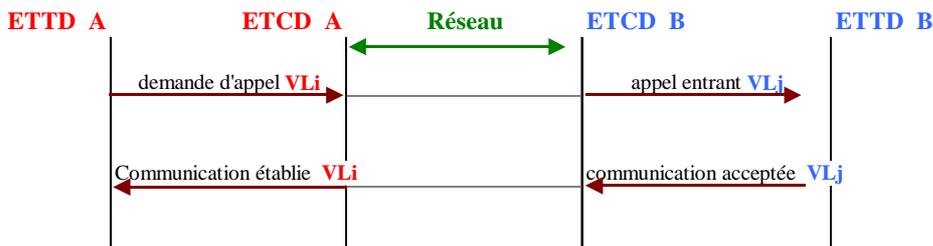
- La longueur en demi-octets des adresses des ETTD en correspondance.
- Les adresses codées en DCB et dans l'ordre celle de l'ETTD appelé puis celle de l'ETTD appelant. Si ces adresses ne tiennent pas sur un nombre d'octets pleins, le dernier octet est complété plein zéros; le système d'adressage utilisé par X.25 est défini dans la recommandation X.121 du CCITT.
- La longueur des services complémentaires.
- Les services complémentaires optionnels.
- Les données d'appel de l'utilisateur.

0	0	0	0	numéro de groupe de voie logique			
	ou	1	0	numéro de voie logique			
0	0	0	0	1	0	1	1
longueur de l'adresse de l'ETTD appelant				longueur de l'adresse de l'ETTD appelé			
adresses des ETTD							
Longueur des services supplémentaires							
services complémentaires							
données d'appel de l'utilisateur							

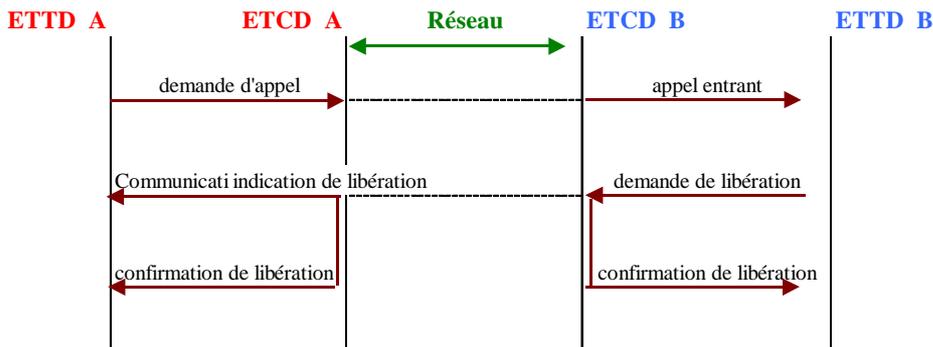
Format d'un paquet d'établissement de la communication

Le choix du numéro de circuit virtuel des appels sortants est déterminé par l'ETTD, celui des appels entrants par l'ETCD.

Communication acceptée



Appel refusé



Etablissement d'un Circuit Virtuel

1.6.29.2./ PAQUET DE COMMUNICATION ACCEPTEE ET PAQUET DE COMMUNICATION ETABLIE

Un **paquet de communication acceptée** est échangé dans le sens ETTD-ETCD.
 Un **paquet de communication établie** est échangé dans le sens ETCD-ETTD.

Dans ces paquets, de format similaire au précédent, les champs longueurs des adresses des ETTD, adresses des ETTD, longueur des services complémentaires et les services complémentaires ne sont pas obligatoires dans le format de base.

0	0	0	0	numéro de groupe de voie logique			
	ou	1	0				
numéro de voie logique							
0	0	0	0	1	1	1	1
longueur de l'adresse de l'ETTD appelant				longueur de l'adresse de l'ETTD appelé			
adresses des ETTD							
Longueur des services supplémentaires							
services complémentaires							
données d'appel de l'utilisateur							

Format d'un paquet de communication acceptée ou de communication établie

1.6.29.3./ PAQUETS DE DONNES

La phase de transfert de données concerne l'émission par un ETDD :

- De paquets de données.
- De paquets d'interruption.
- De paquets de contrôle de flux.
- De paquets de réinitialisation.

Pour éviter de transporter l'adresse complète des correspondants dans chaque paquet, celle-ci est remplacée par le NVL qui permet de repérer les paquets sur la liaison multiplexée. Le transfert des paquets de données se fait dans les deux sens de manière indépendante et simultanée. Ils sont acheminés par le réseau en séquence, sans perte, ni duplication, ni modification.

Ils sont numérotés séquentiellement modulo 8 ou 128. Chaque paquet de données émis par un ETDD possède :

- Un numéro d'émission P(S).
- Le numéro du prochain paquet attendu en réception P(R) par l'ETDD.

Tout paquet émis avec un numéro $P(S) = x$ doit être acquitté par le récepteur. Ce dernier peut le faire :

- Soit par un paquet de contrôle de flux.
- Soit par un paquet de données dans lequel il valorise.

$$P(R) = x + 1.$$

Le bit M ou **marque de données à suivre** permet dans un paquet de données d'indiquer que celui-ci fait partie d'une séquence de paquets.

Le bit Q indique **Donnée Qualifiée (Qualified Data)** : permettre aux protocoles de la Couche Transport et des couches supérieures de séparer leurs paquets de contrôle de leurs paquets de données.

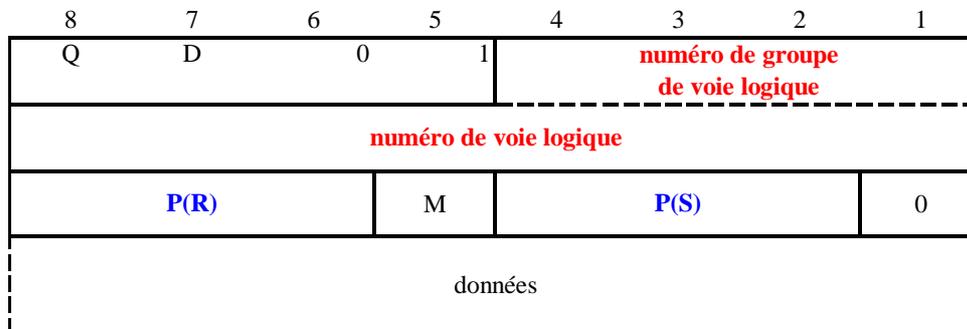
Le champ Control est toujours à 0 pour les paquets de données.

Les champs Séquence et Supervision sont utilisés dans le contrôle de flux avec un mécanisme de **fenêtre à anticipation**. Le bit D donne la signification du **champ Superposition** :

- Si $D = 0$, l'acquiescement suivant ne signifiera pas que l'ETDD distant a bien reçu le paquet, mais seulement que l'ETCD local l'a reçu.
- Si $D = 1$, l'acquiescement est un véritable acquiescement de bout en bout, et signifie que l'ETDD distant a bien reçu le paquet.

Le champ More permet à l'ETDD d'indiquer l'appartenance d'un groupe de paquets à un même ensemble. Dans un message long, le bit More de chaque paquet, hormis le dernier, sera positionné.

La norme oblige les transporteurs à fournir une **taille maximum de paquet de 128 octets de données**. Cependant, elle autorise aussi les transporteurs à fournir des **longueurs maximales optionnelles** de 16, 32, 64, 256, 512, 1024, 2048 et 4096 octets.

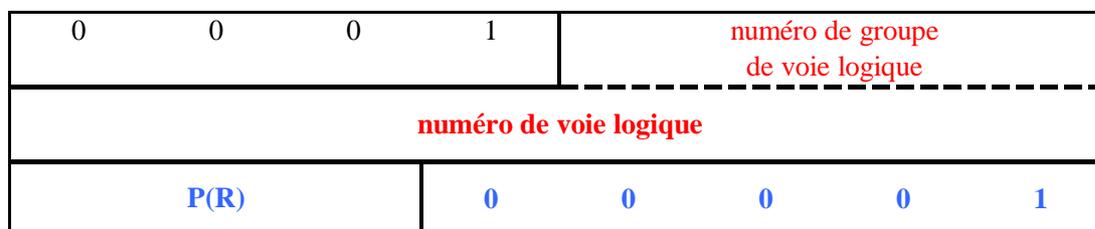


Format d'un paquet de données

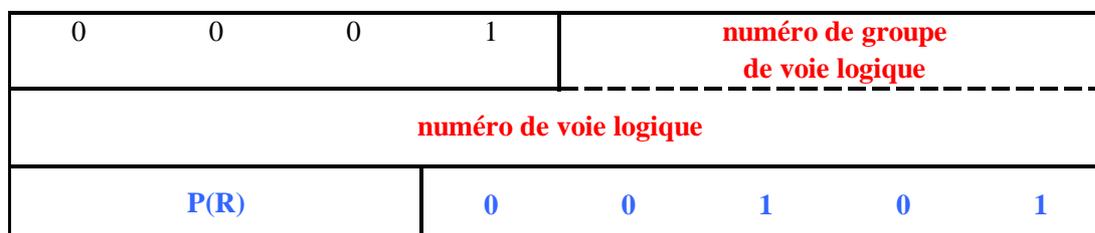
1.6.29.4./ LES PAQUETS DE CONTRÔLE DE FLUX

Ce sont en particulier les paquets **RR** (prêt à recevoir) et **RNR** (non prêt à recevoir) :

Le **paquet RR** est utilisé pour envoyer des **acquittements séparés**, lorsqu'il n'y a pas de trafic de retour auquel ils puissent être associés. Ils servent tous deux à **acquitter les paquets de données en indiquant dans le compteur P(R) le numéro du prochain paquet attendu**.



Format des paquets RR



Format des paquets RNR

Le **paquet RNR** permet à un ETTD d'indiquer qu'il **n'est plus temporairement en mesure de recevoir des paquets**. Il sort de cet état en émettant un paquet RR ou une demande de réinitialisation. L'acquiescement peut aussi s'effectuer grâce au compteur P(R) d'un paquet de données.

1.6.29.5./ LES PAQUETS D'INTERRUPTION

Les **paquets INTERRUPT** permettent d'émettre un signal court (32 octets) hors séquençement. Comme les paquets de contrôle ne possèdent pas de numéro de séquence, ils peuvent être délivrés aussitôt arrivés sans considérer le nombre de paquets de données (séquencées) déjà en attente dans la queue.

0	0	0	1	numéro de groupe de voie logique				
	ou	1	0					
numéro de voie logique								
0	0	1	0	0	0	1	1	
données								

Format d'un paquet d'interruption

1.6.29.6./ PAQUET DE REINITIALISATION

Ce sont des paquets de **demande** ou d'**indication de réinitialisation**. Le **quatrième octet** indique la **cause de la réinitialisation**.

0	0	0	1	numéro de groupe de voie logique				
	ou	1	0					
numéro de voie logique								
0	0	0	1	1	0	1	1	
cause de réinitialisation								
code de diagnostic								

Paquet de réinitialisation

Le **cinquième champ** désigne le **code diagnostic** et n'est pas obligatoire pour les paquets de demande de réinitialisation. Son codage est **similaire à celui de l'octet 5 des paquets de libération**.

	Eléments binaires							
	8	7	6	5	4	3	2	1
Dérangement*	0	0	0	0	0	0	0	1
Erreur de procédure distante	0	0	0	0	0	0	1	1
Erreur de procédure locale	0	0	0	0	0	1	0	1
Saturation du réseau	0	0	0	0	0	1	1	1
ETTD distant opérationnel*	0	0	0	0	1	0	0	1
Réseau opérationnel*	0	0	0	0	1	1	1	1
Destination incompatible	0	0	0	1	0	0	0	1
Réseau en dérangement*	0	0	0	1	1	1	0	1

(* = pour les CVP seulement)

Codage de l'octet de cause de réinitialisation

Un ETTD peut émettre un paquet de réinitialisation d'un circuit virtuel en cas d'erreurs. Les paquets de données, de contrôle de flux et d'interruption en transit sont alors ignorés et la numérotation des paquets de données reprend à partir de zéro.

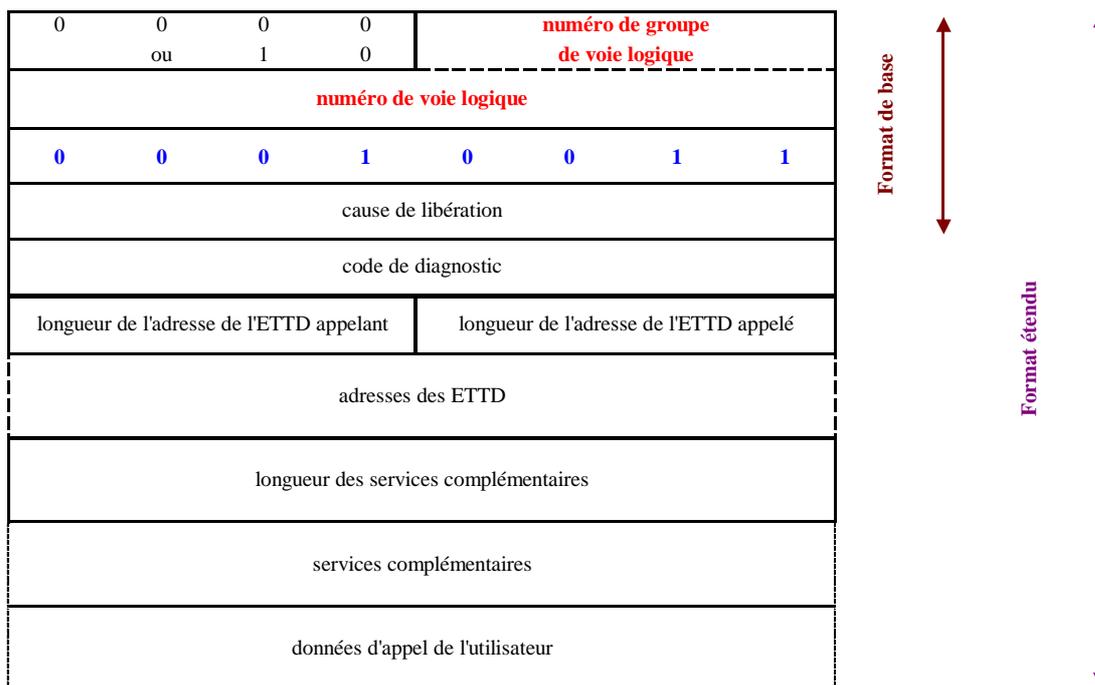
	Eléments binaires								Nombre décimal
	8	7	6	5	4	3	2	1	
Aucun renseignement supplémentaire	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P(S) non valable	0	0	0	0	0	0	0	1	1
P(R) non valable	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Type de paquet non valable	0	0	0	1	0	0	0	0	16
Paquet non autorisé	0	0	1	0	0	0	0	0	32
Fin de course du temporisateur	0	0	1	1	0	0	0	0	48
Difficulté d'établissement, de libération de la communication ou d'enregistrement	0	1	0	0	0	0	0	0	64

Codage de l'octet 5 de code diagnostic

1.6.29.7./ PAQUET DE LIBERATION DE LA COMMUNICATION

Cette phase n'a lieu que dans le cas d'un circuit virtuel commuté. Lorsqu'un ETTD décide de mettre fin à une communication, il envoie un paquet de demande de libération (paquet CLEAR REQUEST). Il reçoit en retour via son ETCD un paquet de confirmation de libération. L'ETTD à l'autre bout de la liaison en est averti en recevant de son ETCD un paquet d'indication de libération. Il émet alors un paquet de confirmation de libération (paquet CLEAR CONFIRMATON).

Le **quatrième octet** du paquet indique la **cause de la libération**. Le **cinquième octet** est affecté au **code de diagnostic** qui est une information supplémentaire sur la cause de libération de la communication.



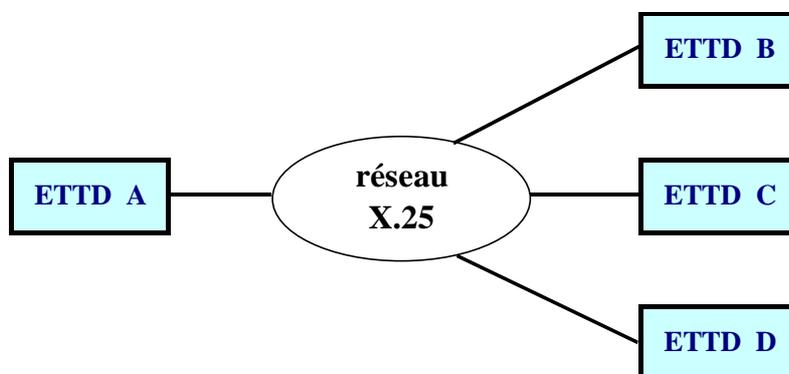
Format d'un paquet de libération ou d'indication de libération

1.6.30./ Application N°III-15 : Exemples de transfert de données entre 3 ETTD reliés par un réseau X.25

1.6.30.1./ Exemple 1

1.6.30.1.1./ Hypothèses

Pour mieux comprendre les interactions entre les niveaux 2 et 3 de la norme X.25, on imagine un ETTD-A désirant communiquer simultanément avec 3 autres ETTD (notés respectivement B, C, D), à travers un réseau X.25 (par exemple : TRANSPAC).



Transfert de données entre 3 ETTD reliés par un réseau X.25

Pour simplifier, on prend les **hypothèses suivantes** :

- Les transmissions de données se font :

- . **Sans erreur.**
- . sur des **circuits virtuels commutés (CVC)**.

- Pour la numérotation des circuits virtuels dans l'ETTD-A, on considère que :

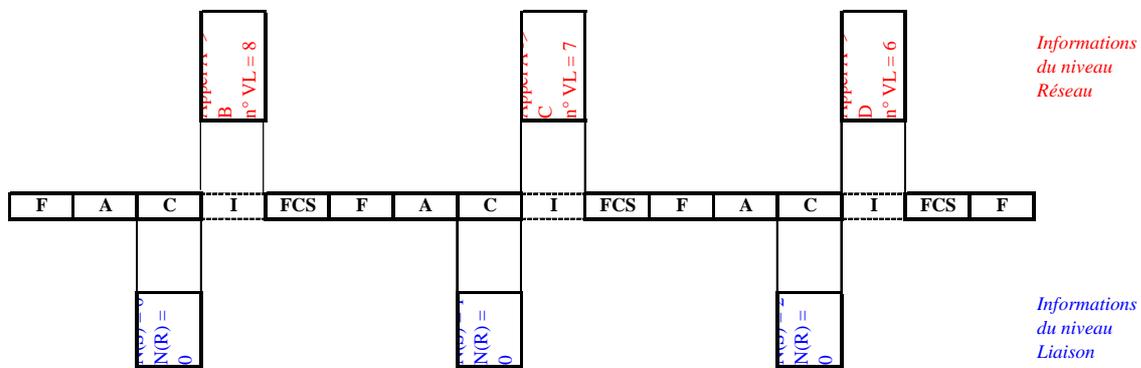
- . Le circuit virtuel reliant A et B utilise le numéro de voie logique VL = 8.
- . Le circuit virtuel reliant A à C utilise le numéro de voie logique VL = 7.
- . Le circuit virtuel reliant A à D utilise le numéro de voie logique VL = 6.

- Les ETTD-B, ETTD-C et ETTD-D ont tous pris pour numéro de voie logique VL = 1 pour leur communication avec l'ETTD-A.

1.6.30.1.2./ Etablissement des circuits virtuels

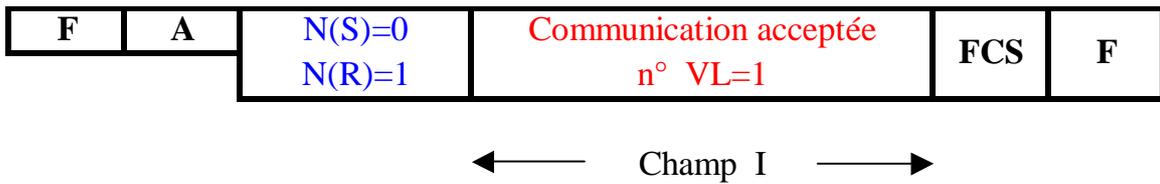
L'ETTD-A va demander l'ouverture des trois CVC en envoyant **un paquet APPEL** à chaque ETTD appelé (chaque paquet APPEL sera véhiculé dans une trame I). Chaque ETTD appelé va :

- Recevoir un paquet **APPEL ENTRANT** sur son numéro de voie logique VL = 1.
- Répondre par un paquet **COMMUNICATION ACCEPTEE** sur le même numéro de voie logique, s'il accepte la communication.



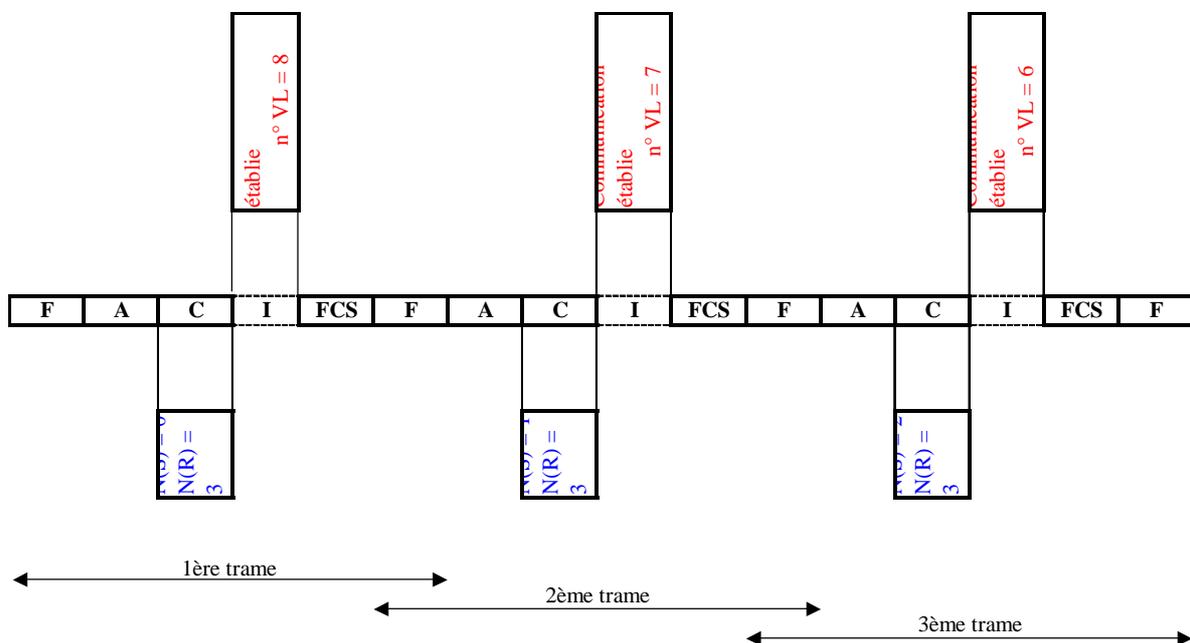
Trames et paquets émis par l'ETTD A pour ouvrir les trois circuits virtuels

Les paquets d'ouverture des 3 CVC sont envoyés séquentiellement dans les 3 premières trames I émises par l'ETTD-A. En réponse à ses demandes d'ouverture, l'ETTD-A va recevoir, si les communications sont acceptées, la suite de trames données par le schéma suivant. Les trois trames reçues par l'ETTD-A contiennent les paquets **COMMUNICATION ETABLIE** des ETTD-B, ETTD-C et ETTD-D.



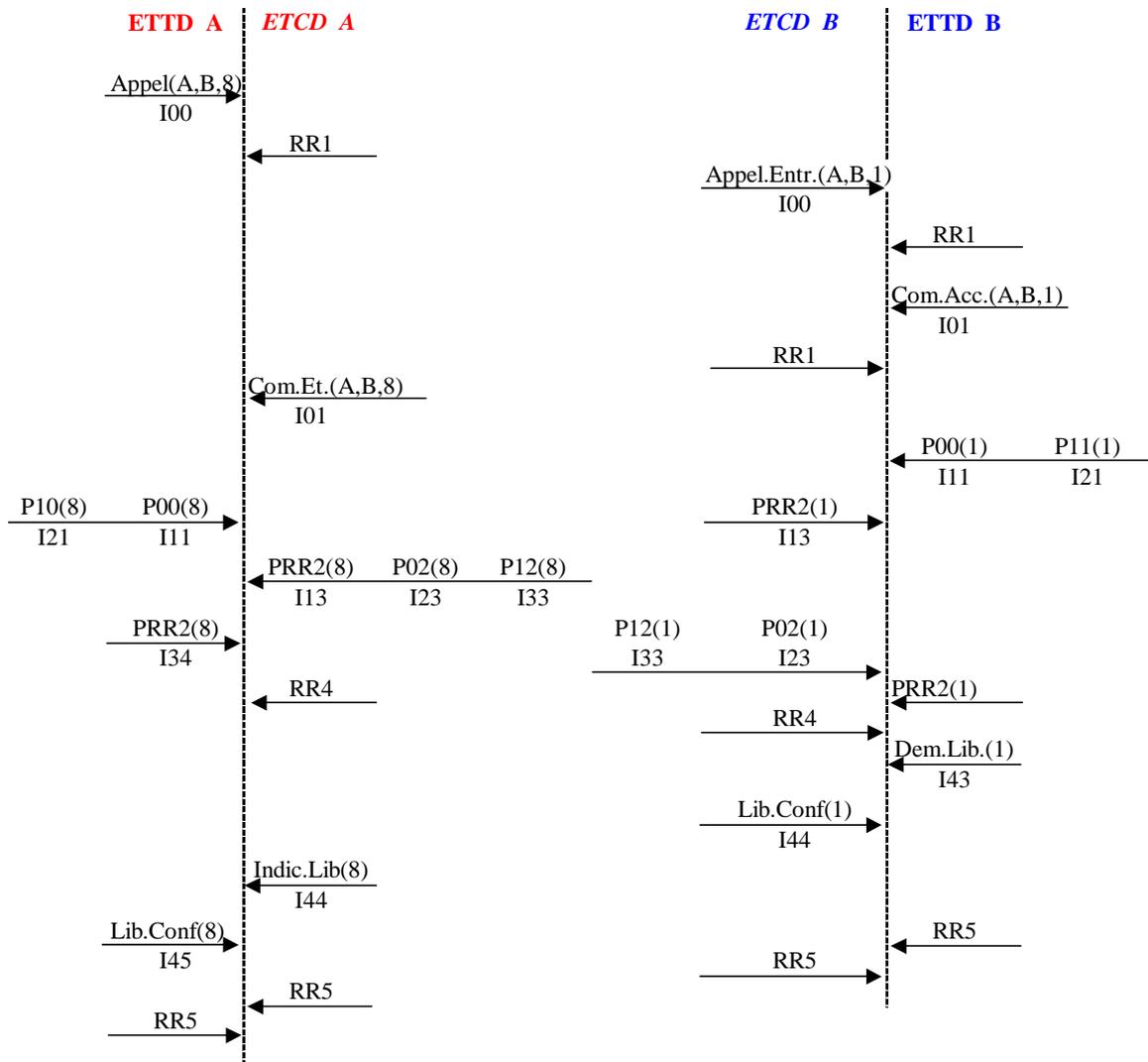
Trame et paquet de réponse émis par B ou C ou D

Le transfert de données peut commencer : l'ETTD-A va entrelacer les données destinées aux autres ETTD (Exemple : Les deux premiers paquets pour B dans les deux premières trames, les deux premiers paquets pour C dans les deux trames suivantes, etc ...).



Réponses reçues par l'ETTD A pour lui signaler l'ouverture des trois circuits virtuels

1.6.30.1.3./ Représentation graphique des niveaux 2 et 3



Interaction des niveaux 2 et 3 pour un transfert de données simple

1.6.30.2./ Exemple 2

On suppose dans cet exemple que :

- Chaque ETDD désire envoyer 2 paquets d'informations à l'autre.
- L'ETDD-A ouvre le circuit virtuel commuté permettant ce transfert de données.
- L'ETDD-B demande la libération du circuit virtuel.
- Les tailles des fenêtres des niveaux 2 et 3 sont suffisantes pour rendre ces transferts possibles.
- L'ETDD-A utilise le numéro de voie logique $VL = 8$, alors que l'ETDD-B utilise le numéro de voie logique $VL = 1$ pour cette communication virtuelle.

1.6.31. / Application N° IV-1 : Activité de la liaison

Une **session téléinformatique** a une durée variable selon l'application.

Exemple : Dans le cas d'une application transactionnelle, la durée T comprend les temps élémentaires suivants :

- t_1 = temps de sortie de la requête du client.
- t_2 = temps de transmission de la requête.
- t_3 = temps de traitement dans le système transactionnel.
- t_4 = temps de transmission de la réponse.
- t_5 = temps d'affichage de la réponse.
- t_6 = temps de lecture et de réflexion du client.

La transaction peut nécessiter plusieurs passages de la boucle constituée par les phases t_1 à t_6 . Durant T , le temps réellement utilisé pour la transmission ne représente qu'une très faible partie de la durée de la session, il correspond aux temps t_2 et t_4 .

Si t mesure le **temps global de transmission** durant la **session de durée T** , le **taux d'activité θ** (en %) est égal à :

$$\theta = t / T$$

Le taux d'activité dans ce type d'application est faible (inférieur à 10%), il faut donc l'améliorer en concentrant le trafic de plusieurs utilisateurs sur la même ligne. Si le taux d'activité est important (de l'ordre de 70 à 80%) c'est le cas, par exemple, des applications de télétraitement par lots ou de transferts de fichiers, il n'y a pas de concentration possible ni au niveau circuits ni au niveau paquets.

Le temps T est une donnée de l'application et t , peut être déterminé à partir :

- De la **longueur L du message à transmettre**.
- Du **débit D de la ligne**.
- De la **charge maximale** du support C_M .

Si L et D sont exprimés respectivement en bits et en bit / s, on a :

$$t = \frac{L}{C_M \cdot D}$$

1.6.32./ Application N° IV-2 : Charge effective

A partir du débit nominal D et du débit moyen D_m durant l'heure de pointe, on détermine la charge effective par la relation :

$$Charge_Ch = \frac{Débit_Moyen_D_M}{Débit_Nominal_D}$$

Exemple : Une ligne avec un débit nominal de 9 600 bit/s utilisée à 2 400 bit/s a une charge effective de 25 %.

A partir du nombre de sessions N et du nombre de bits transmis par session L , le débit moyen est :

$$Débit_Moyen_D_M = \frac{Nombre_de_bits_par_heure_depointe(N.L)}{3600}$$

soit :

Charge effective $Ch =$ Intensité du trafic $E * \text{Taux d'activité } \theta$

2. TRAVAUX DIRIGES

2.1. / Exercice 1 :

2.1.1. / Enoncé :

I) Parmi les affirmations suivantes, indiquer celles qui sont vraies et celles qui sont fausses :

Dans une transmission asynchrone :

- L'intervalle de temps entre deux caractères est fixe.
- L'intervalle de temps entre 2deux bits est fixe.
- L'émetteur et le récepteur doivent toujours être parfaitement synchronisés.
- Les bits sont transmis à la cadence d'une horloge-bit.
- Le débit est en général supérieur à celui que l'on peut prévoir dans une transmission synchrone.

2) Dans le cas d'une **transmission asynchrone** où un caractère de 8 bits est entouré d'un start-bit, d'un bit de parité et de 2 stop-bits, calculer la vitesse effective de transfert d'informations (en bps) si la ligne a une capacité réelle de :

- 300 bps.
- 1 200 bps.
- 9 600 bps.

3) On considère deux ordinateurs distants de plusieurs kilomètres reliés entre eux par une ligne physique dont la largeur de bande est de 2 900 Hz. Les données sont codées / décodées à l'aide de modems pouvant fonctionner jusqu'à 9 600 bits par seconde.

En l'absence de bruit sur la ligne, quelle est la vitesse maximale en bit/s que l'on peut atteindre si la modulation est une modulation d'amplitude à 2 niveaux ?

On considère maintenant que le procédé de modulation utilisé consiste à envoyer sur la ligne des signaux ayant une phase parmi 8 possibles et une amplitude parmi 2 possibles. Calculer le nombre de bits par signal et la vitesse en bauds du modem.

Avec les valeurs définies dans la question précédente quelle est la vitesse de transmission en bps entre les 2 ordinateurs si la vitesse des modems n'est plus limitée ?

Jusqu'à quelle valeur minimale approximative du rapport signal / bruit ce modem (9 600 bps) peut-il fonctionner ?

4) Quel est le débit binaire D d'une voie de transmission émettant un signal d'horloge de période T ?
Application numérique : $T = 10$ ms.

Si t représente l'intervalle significatif d'un support de transmission, quelle est la rapidité de modulation R disponible sur le support ? Application numérique : $t = 100$ ms.

Le signal transmis sur le support précédent a une valence V . Quel est le débit binaire D disponible ? Exprimer cette grandeur en fonction de t et de V . Application numérique : $V = 16$, $t = 10$ ms.

5) On veut faire communiquer deux ordinateurs reliés par une ligne physique dont la largeur de bande est 1 600 Hz. Les modems utilisés ont 4 niveaux de phase et 2 niveaux de fréquence. Le protocole de communication utilisé est un protocole dérivé du protocole HDLC dont les trames ont la forme suivante :

- Fanion : 01111110.
- L'en-tête indique le type de message : - 01101110 pour les données.
- 00110010 pour une quittance indiquant "bien reçu".
- Il n'y a pas de champ adresse.
- Les données ont un nombre de bits variable et il n'y en a pas dans le cas d'une quittance.
- FCS (séquence de contrôle), calculé par un polynôme générateur, comporte 8 bits.

Calculer :

- La capacité de transmission de la ligne en bps et en bauds.
- La durée de transmission pour l'envoi 'un paquet contenant 8 bits de données et de la quittance.

6) Une ligne physique de largeur de bande de 2 200 Hz relie deux ordinateurs. Les données sont codées / décodées à l'aide de modem.

Si le procédé de modulation a 2 niveaux de phase, 2 niveaux de fréquence et 2 niveaux d'amplitude, calculer la capacité en bps et en bauds.

Donner un procédé théorique de modulation qui permette d'atteindre une capacité de transmission de 22 000 bps.

7) Il s'agit de multiplexer 6 voies BV de débits binaires différents sur une ligne HV. Le mode de multiplexage choisi est le **multiplexage temporel par caractère**. Les lignes BV fonctionnent en mode asynchrone et transmettent des caractères de : 8 bits + 1 bit START + 1 bit STOP. Les 3 premières lignes ont un débit de 100 bit/s, les deux suivantes de 200 bit/s, la dernière de 300 bit/s.

Indiquer quelles sont les différentes solutions d'affectation des IT pour une transmission de signalisation hors bande. Comparer ces solutions vis-à-vis du débit binaire de la voie HV qu'elles imposent.

- Même question pour une transmission de signalisation dans la bande.
- Calculer l'efficacité de multiplexage dans le cas d'une transmission de signalisation hors bande.

Même question pour une transmission de signalisation dans la bande.

La transmission de signalisation est hors bande et l'IT de signalisation est affecté cycliquement à chaque voie, la voie HV étant référencée sous le numéro 0. Sachant que l'on a affecté un IT à la voie la plus rapide, quel temps sépare deux signalisations successives d'une même voie ?

2.1.2. / Corrigé

1)

- Non, il est variable, c'est ce qui caractérise ce type de transmission.
- C'est vrai pour des bits d'un même caractère.
- Non, ceci n'est vrai que pendant la transmission d'un caractère.
- Vrai.
- Non, ne serait-ce que parce que l'on transmet des informations supplémentaires (start-bit, bit de parité, stop-bit) pour chaque caractère.

2) A la transmission, un caractère se compose de 1 start-bit, 8 bits de données, 1 bit de parité et 2 stop-bits, ce qui donne 12 bits pour un caractère. En fait 8 bits seulement sont les informations qui nous intéressent, donc pour trouver la vitesse effective, une simple règle de 3 suffit.

Si la vitesse réelle est 300 bps, la vitesse effective est :

$$(300 / 3) * 2 = 200 \text{ bps}$$

Si la vitesse réelle est 1 200 bps, la vitesse effective est :

$$(1\ 200 / 3) * 2 = 800 \text{ bps}$$

Si la vitesse réelle est 9 600 bps, la vitesse effective est :

$$(9\ 600 / 3) * 2 = 6\ 400 \text{ bps}$$

3) Ligne physique de largeur de bande de 2 900 Hz.

On applique la formule de Nyquist $C = 2 n W$ ($n = \log_2 L$)

$$C = 2 * 2\ 900 \log_2 2 = 5\ 800 \text{ bps}$$

8 phases possibles, 2 amplitudes possibles impliquent qu'il y a 16 niveaux possibles pour les signaux, donc chaque signal permet de coder $\log_2 16 = 4$ bits par signal. La vitesse du modem est donc :

$$9\ 600 / 4 = 2\ 400 \text{ bauds.}$$

On applique la formule $C = 2 n W$, ce qui donne :

$$C = 2 * 2\ 900 \log_2 (16) = 23\ 200 \text{ bps}$$

On applique la formule de Shannon $C = W \log_2 (1 + S / B)$; donc :

$$9\ 600 = 2\ 900 \log_2 (1 + S / B)$$

On peut transformer le logarithme en base 2 en un logarithme en base 10 en utilisant les formules suivantes :

$$\log_{10}(2) = 0,301 \text{ et } \log_a(b) = \log_{10}(b) / \log_{10}(a)$$

$$9\,600 = 2\,900 * \log_{10}(1 + S / B) / 0,301$$

$$S / B \sim 9$$

4)

$$- D = 1 / T \text{ bit/s} \text{ ---> } D = 100 \text{ bit/s}$$

$$- R = 1 / t \text{ bauds} \text{ ---> } R = 10 \text{ bauds}$$

$$- D = \log_2 V / t \text{ bit/s} \text{ ---> } D = 400 \text{ bit/s}$$

5)

- $C = 2 * 1\,600 = 3\,200$ bauds et comme on a 8 niveaux, on a 3 bits par signal.

$$C = 3\,200 * 3 = 9\,600 \text{ bps}$$

- Le paquet de données se compose de 40 bits, la durée de transmission est de :

$$40 / 9\,600 = 3,1 \text{ ms}$$

La quittance se compose de 32 bits, la durée de transmission est de :

$$32 / 9\,600 = 3,333 \text{ ms}$$

6)

- Les modems réalisent une modulation avec 2 niveaux de fréquence, 2 niveaux de phase et 2 niveaux d'amplitude, donc 8 niveaux possibles, ce qui permet de coder 3 bits par signal. La capacité de la ligne est donc :

$$C = 2 W = 2 * 2\,200 = 4\,400 \text{ bauds et } C = 4\,400 * 3 = 13\,200 \text{ bps}$$

- On veut atteindre une capacité de 22 000 bps

$$C = 22\,000 = 2 * 2\,200 \log_2 L$$

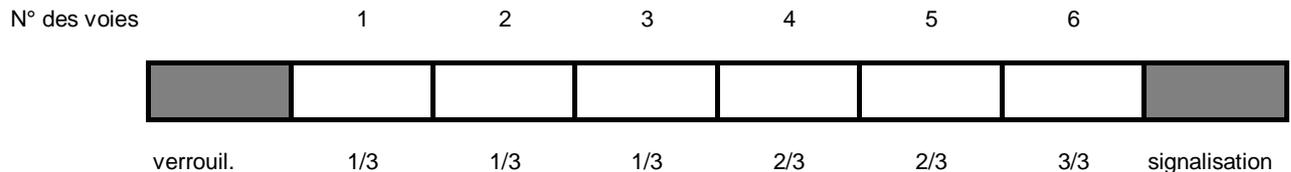
$$10 = 2 \log_2 L$$

$$L = 2^5 = 32 \text{ niveaux}$$

soit par exemple : 8 niveaux de fréquence et 4 niveaux d'amplitude

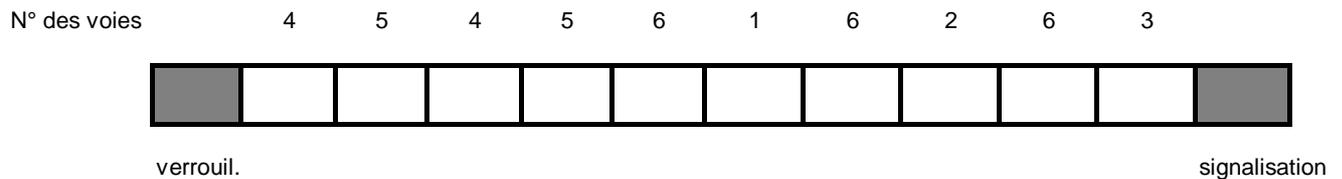
7) Trois solutions peuvent être envisagées :

1ère solution : on affecte un IT au débit de la voie BV la plus rapide, donc utilise un IT pour la voie $d_1 = 300$ bit/s et on n'utilisera qu'une fois sur n l'IT correspondant aux voies BV plus lentes. La structure de la trame utilisée est constante et de la forme suivante :



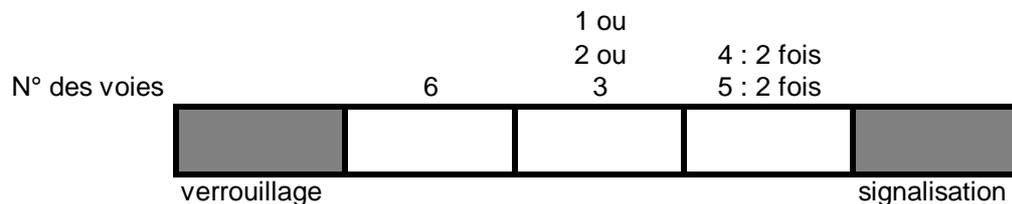
On a $D_{HV} = 8 \text{ IT} * 300 \text{ bit/s} = 2\,400 \text{ bit/s}$

2ème solution : on affecte un IT au débit de la voie BV la plus lente, donc on utilise un IT pour les voies $d_1 = 100$ bit/s. Il va donc falloir affecter plusieurs IT régulièrement espacés aux canaux les plus rapides.



On a $D_{HV} = 12 \text{ IT} * 100 \text{ bit/s} = 1\,200 \text{ bit/s}$

3ème solution : on affecte un IT au débit de la voie BV la plus rapide et on utilise un même IT dans 2 trames consécutives pour plusieurs canaux BV. La trame prend alors la forme suivante :



On a $D_{HV} = 5 \text{ IT} * 300 \text{ bit/s} = 1\,500 \text{ bit/s}$

- On retrouve les mêmes politiques possibles d'affectation des IT pour une transmission de signalisation dans la bande, sauf qu'il n'existe pas d'IT réservé à la transmission de la signalisation. De plus, la longueur d'un IT sera de 9 bits au lieu de 8.

- Si e est l'efficacité de multiplexage, on trouve :

$$e = (3 * 10 + 2 * 20 + 1 * 30) / 2400 = 0,33$$

- L'efficacité de multiplexage est identique à la question précédente.

- Le temps qui sépare 2 signalisations successives est égal à 7 fois le temps de propagation d'une trame. Ce temps dépend de la politique d'affectation des IT. Dans le cas où on affecte un IT à la voie la plus lente, on a :

$$t = 7 * 8 * 8 / 2400 = 186 \text{ ms}$$

Si on prend un IT pour la voie la plus rapide, on a :

$$t = 7 * 12 * 8 / 1200 = 280 \text{ ms}$$

3. INDEX

A	
ASCII	37, 57, 128, 131, 272, 297

C	
codage	37, 56, 57, 58, 60, 61, 69, 71, 75, 83, 97, 100, 108, 112, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 279

D	
DE FACTO	27
DE JURE	27

E	
échantillon	58
échantillonnage	58, 62

H	
Hamming	115, 116
hot potato	142

I	
IPX/SPX	34, 35, 297

L	
LZW	226

N	
NETBEUI	297
NETBIOS	297
numérisation	58, 60, 188

Q	
quantification	58, 59, 60, 227, 244

T	
TCP/IP	34, 35, 43, 44, 45, 50, 53, 174, 298
Token Ring	49

4. LEXIQUE

ADPCM :	Adaptative Differential Pulse Code Modulation.
AFNOR :	Association Française de Normalisation.
AMRF :	Accès Multiple à Répartition de Fréquence.
ANSI :	American National Standard Institute.
API ::	Application Programming Interface.
ASCII :	American Standard Code for information Interchange.
ATM :	Asynchronous Transfer Mode.
BSC :	Binary Synchronous Communication.
CCIR :	Comité Consultatif International de Radiocommunication.
CCITT :	Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique.
CEI :	Commission Electrotechnique Internationale.
CEN :	Comité Européen de Normalisation.
CIEF :	Comité International d'Enregistrement des Fréquences
CLNS :	Connection Less Network Services.
CNET :	Centre National d'Etudes en Télécommunications.
CONS :	Connection Oriented Network Services
CRC :	Cyclic Redundancy Check.
CVC :	Circuit Virtuel Commuté.
CVP :	Circuit Virtuel Permanent.
DNA :	Digital Network Architecture.
DSA :	Distribued System Architecture.
EIA :	Electronic Industries Association.
ETCD :	Equipement de Terminaison de Circuit de Données.
ETTD :	Equipement Terminal de Transmission de Données.
FCS :	Frame Check Sequence.
FDM :	Frequency Division Multiplexing.
FDX :	Full DupleX.
FTP :	Files Transfer Protocol.
HDLC :	High Level Data Link Control.
HDX :	Half Duplex.
IBC :	Integrated Broadband Communication.
IEEE :	Institut of Electrical and Electronc Engineers.
IGRP :	Interior Gateway Routing Protocol.
IMP :	Interface Message Processor.
IPX/SPX :	Internet Packet Exchange / Sequenced Packet Exchange.
ISDN :	Integrated Service Data network.
ISO :	International Standard Organisation.
LAN :	Local Area Network.
LAPB :	Link Acces Procedure Balanced.
LRC :	Longitudinal Redundancy Check.
LSI :	Liaison Spécialisée Internationale.
MAN :	Metropolitan Area Network.
MIC :	Modulation par Impulsion et Codage.
MTBF :	Mean Time Between Failure.
MTTR :	Mean time To Repair.
NETBEUI	NETBIOS Extended User Interface
NETBIOS	NETwork Basic Input Ouput System
NMP :	Microcom Network Protocole.

NRZ :	Non Retour à Zéro.
NSAP :	Network Service Access Point.
ONP :	Open Network Provision
OSI :	Open System Interconnexion.
PABX :	Private Automatic Branch eXchange.
PAD :	Paquets Assembler Disassembler
PCM :	Pulse Coding Modulation.
PPP :	Point to Point Protocol.
RIP :	Routing information Protocol.
RLE :	Réseaux Locaux d'Entreprise.
RNIS :	Réseau Numérique à Intégration de Services.
RPC :	Remote Procedure Call.
RTC :	Réseaux Téléphonique Commuté.
SBT :	Six Bit Transcode.
SDA :	Sélection Directive à L'Arrivée.
SDH :	Synchronous Digital Hierarchy.
SDLC :	Synchronous Data Link Control.
SLIP :	Serial Line Internet Protocol.
SNA :	System Network Architecture.
TCP/IP :	Transmission Control Protocol / Internet Protocol.
TDM :	Time Division Multiplexing.
UDP	User Datagram Protocol
UIT :	Union Internationale des Télécommunications.
VRC :	Vertical Redundancy Check.
WAN :	Wide Area Network.

5. Licence de Documentation Libre

Version 1.1, mars 2000 Copyright (C) 2000 Free Software Foundation, Inc. 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 États-Unis d'Amérique. La copie et la distribution de copies exactes de ce document sont autorisées, mais aucune modification n'est permise.

PRÉAMBULE

Le but de la présente Licence est de « libérer » un ouvrage, un manuel, ou tout autre document écrit : assurer à chacun la liberté véritable et complète de le copier et de le redistribuer, en le modifiant ou non, commercialement ou non. De plus, la présente Licence garantit à l'auteur et à l'éditeur un moyen d'être remerciés pour leur travail, sans devoir assumer la responsabilité de modifications effectuées par des tiers.

La présente Licence est une variété de gauche d'auteur (copyleft), ce qui signifie que les travaux dérivés du document protégé doivent être libres dans la même acception du mot « libre ». Elle complète la Licence Publique Générale GNU (GNU General Public License), qui est une licence de gauche d'auteur conçue pour le logiciel libre.

Nous avons conçu la présente licence dans le dessein de l'utiliser pour les manuels de logiciels libres, car les logiciels libres requièrent une documentation libre : un programme libre devrait être accompagné de manuels offrant la même liberté que le programme lui-même. Mais la présente Licence n'est pas limitée aux manuels de logiciels ; on peut l'utiliser pour tout travail textuel, indépendamment du sujet, de son contenu, et de son mode de distribution (livre imprimé ou autres). Nous recommandons la présente Licence principalement pour les travaux à vocation d'instruction ou de référence.

1. DOMAINE D'APPLICATION ET DÉFINITIONS

La présente Licence s'applique à tout manuel ou travail contenant une mention placée par le détenteur du copyright indiquant que le document peut être distribué selon les termes de la présente Licence. Le terme « Document », ci-dessous, se réfère à tout manuel ou travail remplissant cette condition. Tout membre du public est bénéficiaire de la licence et se trouve ici désigné par « vous ».

Une « Version Modifiée » du Document signifie : tout travail contenant le Document, en intégralité ou en partie, aussi bien une copie verbatim ou avec des modifications qu'une traduction dans une autre langue.

Une « Section Secondaire » est une annexe ou un avant-propos du Document qui concerne exclusivement le rapport de l'éditeur ou des auteurs du Document avec le sujet général du Document (ou des domaines voisins) et ne contient rien qui puisse tomber directement sous le coup du sujet général (par exemple, si le Document est en quelque partie un manuel de mathématiques, une Section Secondaire n'enseignera pas les mathématiques). Le rapport peut être une connexion historique avec le sujet ou des domaines voisins, ou une précision légale, commerciale, philosophique, éthique ou politique les concernant.

Les « Sections Invariables » sont certaines Sections Secondaires désignées par leurs titres comme Sections Invariables dans la mention qui indique que le Document est couvert par la présente Licence.

Les « Textes de Couverture » sont certains courts passages de texte listés comme « Textes de Première de Couverture » ou « Textes de Quatrième de Couverture » dans la mention qui indique que le Document est couvert par la présente Licence.

Une copie « Transparente » du Document signifie : une copie lisible par une machine, réalisée dans un format dont les spécifications sont disponibles au grand public, et dont le contenu peut être directement visualisé et édité avec des éditeurs de texte génériques ou (pour les images composées de pixels) avec des programmes de composition d'images génériques ou (pour les figures techniques) un éditeur de dessin vectoriel largement disponible, et qui soit approprié aux logiciels qui mettent le texte en forme et le calibre (formateurs de texte) ou au transcodage automatique vers un assortiment de formats appropriés aux formateurs de texte. Une copie réalisée dans un format de fichier habituellement transparent mais dont le balisage a été conçu pour contrecarrer ou décourager des modifications ultérieures par le lecteur n'est pas Transparente. Une copie qui n'est pas « Transparente » est appelée « Opaque ».

Les formats appropriés aux copies Transparentes sont par exemple l'ASCII brut sans balises, le format Texinfo, le format LaTeX, SGML ou XML utilisant une DTD publiquement disponible, et l'HTML simple et conforme à la norme, conçu en vue d'une modification manuelle. Les formats Opaques incluent PostScript, PDF, les formats propriétaires qui ne peuvent être lus et édités que par des traitements de texte propriétaires, SGML et XML dont les DTD et/ou les outils de rendu ne sont pas généralement disponibles, et l'HTML généré automatiquement par certains traitements de texte à seule fin d'affichage.

La « Page de Titre » désigne, pour un livre imprimé, la page de titre proprement dite, plus les pages suivantes qui sont nécessaires pour faire figurer, lisiblement, les éléments dont la présente Licence requiert qu'ils apparaissent dans la Page de Titre. Pour les travaux dont le format ne comporte pas de page de titre en tant que telle, « Page de Titre » désigne le texte jouxtant l'apparition la plus marquante du titre de ce travail, qui précède le début du corps du texte.

2. COPIES VERBATIM

Vous pouvez copier et distribuer le Document sur tout support, aussi bien commercialement que non, pour autant que la présente Licence, les mentions de copyright, et les mentions de licence indiquant que la présente Licence s'applique au Document soient reproduites sur toutes les copies, et que vous n'ajoutiez aucune autre condition à celles de la présente Licence. Vous ne pouvez pas user de moyens techniques à des fins d'obstruction ou de contrôle de la lecture ou de la duplication des copies que vous réalisez ou distribuez. Vous pouvez cependant accepter des compensations en échange de la cession de copies. Si vous distribuez un assez grand nombre de copies, vous devez aussi suivre les conditions de la section Copies en quantité.

Vous pouvez aussi prêter des copies, selon les mêmes conditions que celles mentionnées ci-dessus, et vous pouvez exposer publiquement des copies.

3. COPIES EN QUANTITÉ

Si vous publiez des copies imprimées du Document à plus de 100 exemplaires, et que la mention de la licence du Document exige des Textes de Couverture, vous devez inclure les copies dans des couvertures où figurent, clairement et lisiblement, tous ces Textes de Couverture : les Textes de Première de Couverture sur la première de couverture, et les Textes de Quatrième de Couverture sur la quatrième de couverture. Les deux faces de la couverture doivent également clairement et lisiblement vous identifier comme étant l'éditeur de ces copies. La première de couverture doit présenter le titre complet, titre dont tous les mots doivent être également mis en valeur et visibles. Vous pouvez ajouter des éléments supplémentaires sur les couvertures. Toute copie avec des changements limités aux couvertures, pour autant qu'ils préservent le titre du Document et satisfont ces conditions, peut être considérée comme une copie verbatim à tous les autres égards.

Si les textes destinés à l'une ou l'autre page de couverture sont trop volumineux pour y figurer lisiblement, vous devez en mettre les premiers (autant qu'il est raisonnablement possible) sur la couverture proprement dite, et poursuivre sur les pages adjacentes.

Si vous publiez ou distribuez des copies Opaques du Document à plus de 100 exemplaires, vous devez soit inclure une copie Transparente dans un format lisible par une machine, adapté au traitement automatisé, en accompagnement de chaque copie Opaque, soit indiquer aux côtés de ou dans chaque copie Opaque une adresse de réseau électronique publiquement accessible, qui permette d'obtenir une copie Transparente du Document, sans éléments ajoutés, à laquelle le grand public puisse accéder pour téléchargement anonyme et sans frais en utilisant des protocoles de réseau publics et standard. Si vous retenez la dernière option, vous devez procéder prudemment et prendre les mesures nécessaires, lorsque vous commencez la distribution de copies Opaques en quantité, afin de vous assurer que cette copie Transparente demeurera accessible au public pendant au moins une année après le moment de la distribution (directement ou par l'intermédiaire de vos agents ou revendeurs) de la dernière copie Opaque de cette édition.

Il est souhaité, mais non exigé, que vous contactiez les auteurs du Document bien avant la redistribution de tout grand nombre de copies, afin de leur laisser la possibilité de vous fournir une version mise à jour du Document.

4. MODIFICATIONS

Vous pouvez copier et distribuer une Version Modifiée du Document selon les conditions des sections Copies verbatim et Copies en quantité qui précèdent, pourvu que vous diffusiez la Version Modifiée sous couvert précisément de la présente Licence, avec la Version Modifiée remplissant alors le rôle du Document, et ainsi autoriser la distribution et la modification de la Version Modifiée à quiconque en possède une copie. En complément, vous devez accomplir ce qui suit sur la Version Modifiée :

- Utilisez dans la Page de Titre (et sur les couvertures, le cas échéant) un titre distinct de celui du Document et de ceux des précédentes versions (qui doivent, s'il en existe, être citées dans la section « Historique » du Document). Vous pouvez utiliser le même titre qu'une version précédant la vôtre si l'éditeur original vous en donne la permission.
- Indiquez sur la Page de Titre, comme auteurs, une ou plusieurs personnes ou entités responsables de l'écriture des modifications de la Version Modifiée, ainsi qu'au moins cinq des principaux auteurs du Document (ou tous les auteurs principaux, s'ils sont moins de cinq).
- Apposez sur la Page de Titre de nom de l'éditeur de la Version Modifiée, en tant qu'éditeur.
- Préservez toutes les mentions de copyright du Document.
- Ajoutez une mention de copyright appropriée à vos modifications, aux côtés des autres mentions de copyright.

- F. Incluez, immédiatement après les mentions de copyright, une mention de licence qui accorde la permission publique d'utiliser la Version Modifiée selon les termes de la présente Licence, sous la forme présentée dans la section Addendum ci-dessous.
- G. Préservez dans cette mention de licence les listes complètes des Sections Invariables et des Textes de Couverture exigés, données dans la mention de licence du Document.
- H. Incluez une copie non altérée de la présente Licence.
- I. Préservez la section intitulée « Historique », et son titre, et ajoutez-y un article indiquant au moins le titre, l'année, les nouveaux auteurs, et l'éditeur de la Version Modifiée telle qu'elle apparaît sur la Page de Titre. Si le Document ne contient pas de section intitulée « Historique », créez-en une et indiquez-y le titre, l'année, les auteurs et l'éditeur du Document tels qu'indiqués sur la Page de Titre, puis ajoutez un article décrivant la Version Modifiée, comme exposé dans la phrase précédente.
- J. Préservez, le cas échéant, l'adresse de réseau électronique donnée dans le Document pour accéder publiquement à une copie Transparente du Document, et préservez de même les adresses de réseau électronique données dans le Document pour les versions précédentes, sur lesquelles le Document se fonde. Cela peut être placé dans la section « Historique ». Vous pouvez omettre l'adresse de réseau électronique pour un travail qui a été publié au moins quatre ans avant le Document lui-même, ou si l'éditeur original de la version à laquelle il se réfère en donne l'autorisation.
- K. Dans toute section intitulée « Remerciements » ou « Dédicaces », préservez le titre de section et préservez dans cette section le ton et la substance de chacun des remerciements et/ou dédicaces donnés par les contributeurs.
- L. Préservez toutes les Sections Invariables du Document, non altérées dans leurs textes et dans leurs titres. Les numéros de sections ou leurs équivalents ne sont pas considérés comme faisant partie des titres de sections.
- M. Supprimez toute section intitulée « Approbations ». Une telle section ne doit pas être incluse dans la Version Modifiée.
- N. Ne changez pas le titre d'une section existante en « Approbations » ou en un titre qui entre en conflit avec celui d'une Section Invariable quelconque.

Si la Version Modifiée inclut de nouvelles sections d'avant-propos ou des annexes qui remplissent les conditions imposées aux Sections Secondaires et ne contiennent aucun élément tiré du Document, vous pouvez, à votre convenance, désigner tout ou partie de ces sections comme « Invariables ». Pour ce faire, ajoutez leurs titres à la liste des Sections Invariables dans la mention de licence de la Version Modifiée. Ces titres doivent être distincts de tout autre titre de section.

Vous pouvez ajouter une section intitulée « Approbations », pourvu qu'elle ne contienne rien d'autre que l'approbation de votre Version Modifiée par diverses parties -- par exemple, indication d'une revue par les pairs ou bien que le texte a été approuvé par une organisation en tant que définition de référence d'un standard.

Vous pouvez ajouter un passage de cinq mots ou moins en tant que Texte de la Première de Couverture, et un passage de 25 mots ou moins en tant que Texte de Quatrième de Couverture, à la fin de la liste des Textes de Couverture de la Version Modifiée. Toute entité peut ajouter (ou réaliser, à travers des arrangements) au plus un passage en tant que Texte de la Quatrième de Couverture. Si le Document inclut déjà un texte de Couverture pour la même couverture, précédemment ajouté par vous ou, selon arrangement, réalisé par l'entité pour le compte de laquelle vous agissez, vous ne pouvez en ajouter un autre ; mais vous pouvez remplacer l'ancien, avec la permission explicite de l'éditeur qui l'a précédemment ajouté.

Le ou les auteur(s) et le ou les éditeur(s) du Document ne confèrent pas par la présente Licence le droit d'utiliser leur nom à des fins publicitaires ou pour certifier ou suggérer l'approbation de n'importe quelle Version Modifiée.

5. MÉLANGE DE DOCUMENTS

Vous pouvez mêler le Document à d'autres documents publiés sous la présente Licence, selon les termes définis dans la section Modifications ci-dessus, traitant des versions modifiées, pour autant que vous incluez dans ce travail toutes les Sections Invariables de tous les documents originaux, non modifiées, et en les indiquant toutes comme Sections Invariables de ce travail dans sa mention de licence.

Le travail issu du mélange peut ne contenir qu'une copie de cette Licence, et de multiples Sections Invariables identiques peuvent n'être présentes qu'en un exemplaire qui les représentera toutes. S'il existe plusieurs Sections Invariables portant le même nom mais des contenus différents, faites en sorte que le titre de chacune de ces sections soit unique, en indiquant à la fin de chacune d'entre elles, entre parenthèses, le nom de l'auteur original ou de l'éditeur de cette section s'il est connu, ou un numéro unique dans les collisions restantes. Pratiquez les mêmes ajustements pour les titres de sections, dans la liste des Sections Invariables de la mention de licence de ce travail mélangé.

Dans le mélange, vous devez regrouper toutes les sections intitulées « Historique » dans les divers documents originaux, afin de constituer une unique section intitulée « Historique » ; combinez de même toutes les sections intitulées « Remerciements », et toutes les sections intitulées « Dédicaces ». Vous devez supprimer toutes les sections intitulées « Approbations ».

6. RECUEILS DE DOCUMENTS

Vous pouvez réaliser un recueil regroupant le Document et d'autres documents publiés sous la présente Licence, et remplacer les diverses copies de la présente Licence figurant dans les différents documents par une copie unique incluse dans le recueil, pour autant que vous suiviez les règles de la présente Licence relatives à la copie verbatim pour chacun de ces documents, dans tous les autres aspects.

Vous pouvez n'extraire qu'un seul document d'un tel recueil, et le distribuer individuellement sous la présente Licence, pour autant que vous insériez une copie de la présente Licence dans le document extrait, et que vous suiviez la présente Licence dans tous ses autres aspects concernant la reproduction verbatim de ce document.

7. AGRÉGATION AVEC DES TRAVAUX INDÉPENDANTS

Une compilation du Document ou de ses dérivés avec d'autres documents ou travaux séparés et indépendants, ou bien sur une unité de stockage ou un support de distribution, ne compte pas comme une Version Modifiée de ce Document, pour autant qu'aucun copyright de compilation ne soit revendiqué pour la compilation. Une telle compilation est appelée une « agrégation », et la présente Licence ne s'applique pas aux autres travaux contenus et ainsi compilés avec le Document, sous prétexte du fait qu'ils sont ainsi compilés, s'ils ne sont pas eux-mêmes des travaux dérivés du Document.

Si les exigences de la section Copies en quantité en matière de Textes de Couverture s'appliquent aux copies du Document, et si le Document représente moins du quart de la totalité de l'agrégat, alors les Textes de Couverture du Document peuvent n'être placés que sur les couvertures qui entourent le document, au sein de l'agrégation. Dans le cas contraire, ils doivent apparaître sur les couvertures entourant tout l'agrégat.

8. TRADUCTION

La traduction est considérée comme un type de modification, de sorte que vous devez distribuer les traductions de ce Document selon les termes de la section Modifications. La substitution des Sections Invariables par des traductions requiert une autorisation spéciale de la part des détenteurs du copyright, mais vous pouvez ajouter des traductions de tout ou partie des Sections Invariables en sus des versions originales de ces Sections Invariables. Vous pouvez inclure une traduction de la présente Licence pourvu que vous incluez la version originale, en anglais, de la présente Licence. En cas de désaccord entre la traduction et la version originale, en anglais, de la présente Licence, la version originale prévaudra.

9. RÉVOCATION

Vous ne pouvez copier, modifier, sous-licencier ou distribuer le Document autrement que selon les conditions expressément prévues par la présente Licence. Toute tentative de copier, modifier, sous-licencier ou distribuer autrement le Document est nulle et non avenue, et supprimera automatiquement vos droits relatifs à la présente Licence. De même, les parties qui auront reçu de votre part des copies ou des droits sous couvert de la présente Licence ne verront pas leurs licences révoquées tant que ces parties demeureront en pleine conformité avec la présente Licence.

10. RÉVISIONS FUTURES DE LA PRÉSENTE LICENCE

La Free Software Foundation (« fondation du logiciel libre ») peut publier de nouvelles versions révisées de la présente GNU Free Documentation License de temps à autre. Ces nouvelles versions seront similaires, dans l'esprit, à la présente version, mais peuvent différer dans le détail pour prendre en compte de nouveaux problèmes ou de nouvelles inquiétudes. Consultez <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Chaque version de la Licence est publiée avec un numéro de version distinctif. Si le Document précise qu'une version particulière de la présente Licence, « ou toute version postérieure » s'applique, vous avez la possibilité de suivre les termes et les conditions aussi bien de la version spécifiée que de toute version publiée ultérieurement (pas en tant que brouillon) par la Free Software Foundation. Si le Document ne spécifie pas un numéro de version de la présente Licence, vous pouvez choisir d'y appliquer toute version publiée (pas en tant que brouillon) par la Free Software Foundation.