

La couche réseau

Le protocole X.25

Michel Gardie

Informations

La version de ce document à la date d'impression et de révision est temporaire. Quelques fautes d'orthographe doivent encore traîner dans les paragraphes déjà rédigés. Il est hors de question que nous nous excusions pour cela (faut quand même pas rêver !). Mais, vous pouvez nous signaler toute erreur ou omission.

email : Michel.Gardie@int-evry.fr

Historique du document :

© 1990 FRANCE TELECOM INT/DSR/TI

© 1992, 1993 INT/DSR/TI

© 1994, 1995, 1996, 1997, 1999 INT/LOR/AIGRI

© 2002, 2003 INT/LOR/RIP

Les premières versions du document ont été écrites sous Word[®], il y a de cela bien longtemps.

LaTeX a servi par la suite comme outil de rédaction.

Puis, FrameMaker[®] 5.1 a servi de plateforme pour la rédaction des versions subséquentes.

StarOffice[®] 5.2 est l'outil qui a servi à produire cette version à partir des sources FrameMaker[®], suivi par OpenOffice 1.0.1 comme plateforme finale de rédaction.

La date de conversion FrameMaker → StarOffice a eu lieu le lundi 29 septembre 2003.

La transformation sous OpenOffice a également eu lieu à partir du 29 septembre 2003.

Dernière modification : lundi 20 décembre 2004

Table des matières

Chapitre1. La couche réseau.....	7
1.1. Situation de la couche réseau.....	7
1.1.1. Rappels sur le modèle OSI.....	7
1.1.2. Rappel de quelques définitions du modèle OSI.....	7
1.2. Rôle de la couche réseau.....	9
1.3. Services fournis à la couche transport.....	10
1.3.1. Services de base.....	10
1.3.1.1. Transfert des NSDU échangées entre les utilisateurs.....	10
1.3.1.2. Routage et relais.....	10
1.3.1.3. Segmentation et groupage.....	10
1.3.1.4. Adressage.....	10
1.3.2. Services liés aux connexions réseau.....	11
1.3.2.1. Connexions réseau.....	11
1.3.2.2. Multiplexage de connexions réseau.....	11
1.3.2.3. Identification unique de connexion réseau.....	11
1.3.2.4. Choix de la qualité de service.....	12
1.3.2.5. Notification des erreurs.....	12
1.3.2.6. Maintien en séquence.....	12
1.3.2.7. Contrôle de flux.....	12
1.3.2.8. Libération.....	12
1.3.3. Services optionnels.....	12
1.3.3.1. Transfert exprès de NSDU.....	13
1.3.3.2. Réinitialisation.....	13
1.3.3.3. Confirmation de remise des données.....	13
1.3.3.4. Détection d'erreurs.....	13
1.3.3.5. Reprise sur erreur.....	13
Chapitre2. Généralités sur le protocole X.25.....	14
2.1. Présentation de X.25.....	14
2.1.1. Niveau physique.....	14
2.1.2. Niveau trame.....	15
2.1.3. Niveau paquet.....	16
2.1.3.1. Gestion de circuit virtuel.....	16
2.1.3.2. Voie logique.....	17
2.1.3.3. Contrôle de flux.....	17
2.1.3.4. Multiplexage.....	17
Chapitre3. Procédures X.25.....	19
3.1. Etablissement d'un circuit virtuel.....	19
3.1.1. Choix des voies logiques.....	19
3.1.2. Demande d'établissement côté appelant.....	19
3.1.3. Demande d'établissement côté appelé.....	20
3.1.4. Réponse à une demande d'établissement côté appelé.....	21

3.1.5. Confirmation d'établissement côté appelant.....	21
3.2. Libération d'un circuit virtuel.....	21
3.2.1. Libération par un ETTD.....	21
3.2.2. Refus d'appel.....	22
3.2.3. Libération par le réseau.....	22
3.2.4. Transfert des données.....	24
3.2.5. Segmentation des messages.....	24
3.2.6. Contrôle de flux.....	25
3.2.7. Numérotation.....	27
3.2.8. Description de la fenêtre.....	27
3.2.9. Données exprès (interruption).....	29
3.3. Gestion des incidents.....	29
3.3.1. Procédure de réinitialisation.....	30
3.3.2. Procédure de reprise.....	31
3.3.3. Autres erreurs.....	32
3.4. Collisions.....	32
3.4.1. Collision d'appel.....	33
3.4.2. Collision de libération.....	33
3.4.3. Collision de réinitialisation.....	33
3.4.4. Collision de reprise.....	33
Chapitre4. Description des paquets.....	34
4.1. Format général des paquets.....	34
4.1.1. Identification générale du format.....	34
4.1.2. Numéro de voie logique.....	35
4.1.3. Identification du type de paquet.....	35
4.2. Appel.....	36
4.2.1. Bloc d'adresse.....	37
4.2.1.1. Format «non TOA/NPI» (normal).....	37
4.2.1.1.1. Champ des longueurs d'adresses.....	37
4.2.1.1.2. Champ d'adresses.....	37
4.2.1.2. Format «TOA/NPI» (adressage étendu).....	38
4.2.1.2.1. Champs des longueurs d'adresses.....	38
4.2.1.2.2. Champ d'adresses.....	38
4.2.1.2.3. Exemples.....	39
4.2.2. Champ de longueur du champ de facilités.....	40
4.2.3. Champ de facilités.....	40
4.2.4. Champ des données de l'utilisateur.....	40
4.3. Confirmation d'appel.....	40
4.4. Libération.....	41
4.4.1. Champ de cause de libération.....	41
4.4.2. Champ de diagnostic.....	43
4.5. Confirmation de libération.....	43
4.6. Données.....	43
4.6.1. Champ de données.....	43
4.6.2. Numéro de voie logique.....	44
4.6.3. Numéros de séquence P(R) et P(S).....	44
4.6.4. Eléments binaires M, Q, et D.....	44
4.7. Paquets RR et RNR.....	45
4.8. Interruption et confirmation d'interruption.....	46
4.9. Réinitialisation et confirmation de réinitialisation.....	47
4.10. Reprise et confirmation de reprise.....	48

4.11. Diagnostic.....	49
Chapitre5. Services complémentaires.....	50
5.1. Généralités.....	50
5.2. Services non demandés par champ de facilités.....	50
5.2.1. Numérotation séquentielle étendue des paquets.....	50
5.2.2. Modification du bit D.....	50
5.2.3. Retransmission des paquets.....	50
5.2.4. Interdiction des appels à l'arrivée.....	50
5.2.5. Interdiction des appels au départ.....	50
5.2.6. Voie logique unidirectionnelle au départ.....	50
5.2.7. Voie logique unidirectionnelle à l'arrivée.....	51
5.2.8. Longueur de paquet par défaut non standard.....	51
5.2.9. Longueur de fenêtre par défaut non standard.....	51
5.2.10. Attribution de la classe de débit par défaut.....	51
5.2.11. Acceptation de la taxation à l'arrivée.....	51
5.3. Codage du champ de facilités.....	51
5.3.1. Classes de codes.....	51
5.3.2. Codage des codes.....	52
5.3.3. Codage des paramètres.....	52
5.3.4. Catégories de codes.....	52
5.4. Services demandés par champ de facilités.....	53
5.4.1. Négociation des paramètres de contrôle de flux.....	53
5.4.1.1. Tailles de paquets.....	53
5.4.1.2. Tailles de fenêtre.....	54
5.4.1.3. Négociation de la classe de débit.....	54
5.4.2. Groupe fermé d'utilisateurs.....	54
5.4.3. Groupe fermé d'utilisateurs bilatéral.....	54
5.4.4. Sélection rapide et taxation à l'arrivée.....	54
5.4.4.1. Sélection rapide.....	54
5.4.4.2. Acceptation de la sélection rapide.....	54
5.4.4.3. Taxation à l'arrivée.....	54
5.4.4.4. Codage.....	55
5.4.5. Avertissement de taxation.....	55
5.4.6. Identification d'utilisateur du réseau.....	55
5.4.7. Avis de taxation.....	55
5.4.8. Choix de réseaux de transit.....	55
5.4.9. Groupe de recherche.....	55
5.4.10. Transfert d'appel.....	55
5.4.11. Notification du transfert d'appel.....	55
5.4.12. Sélection du délai de transit.....	56
5.5. Services optionnels ITU.....	56
5.5.1. Extension d'adresse appelant.....	56
5.5.2. Extension d'adresse appelé.....	56
5.5.3. Classe de débit minimum.....	57
5.5.4. Délai de transit bout-en-bout.....	57
5.5.5. Données exprès.....	57
Chapitre6. Tables des diagnostics.....	58
Chapitre7. Classes de débits.....	60

Index des figures

Figure 1. Concepts OSI.....	8
Figure 2. Sous-réseaux relais.....	11
Figure 3. Accès par réseau à commutation de circuits.....	14
Figure 4. Accès par liaison spécialisée.....	15
Figure 5. Accès par réseau commuté.....	15
Figure 6. Accès par réseau RNIS.....	15
Figure 7. Niveau trame ; liaison unique.....	16
Figure 8. Circuit virtuel.....	16
Figure 9. Exemple de multiplexage.....	18
Figure 10. Procédure d'appel.....	20
Figure 11. Procédure de libération.....	22
Figure 12. Refus d'établissement d'appel.....	23
Figure 13. Libération par le réseau.....	23
Figure 14. Segmentation des messages.....	25
Figure 15. Segmentation-réassemblage.....	26
Figure 16. Exemple numérique de contrôle de flux.....	26
Figure 17. Fonctionnement de la fenêtre.....	28
Figure 18. Mécanisme d'interruption.....	29
Figure 19. Mécanisme de réinitialisation.....	30
Figure 20. Mécanisme de reprise.....	31
Figure 21. Format général des paquets.....	34
Figure 22. Format du champ « identificateur général de format ».....	34
Figure 23. Structure d'un paquet d'appel.....	36
Figure 24. Bloc d'adresses (A = 0).....	37
Figure 25. Bloc d'adresses (A = 1).....	38
Figure 26. Structure d'un paquet de confirmation d'appel.....	41
Figure 27. Structure d'un paquet de libération.....	42
Figure 28. Structure d'un paquet de confirmation de libération.....	43
Figure 29. Structure d'un paquet de données ; format normal.....	44
Figure 30. Structure d'un paquet de données ; format étendu.....	44
Figure 31. Paquet RR : prêt à recevoir ; format normal.....	45
Figure 32. Paquet RR : prêt à recevoir ; format étendu.....	45
Figure 33. Paquet RNR : non prêt à recevoir ; format normal.....	46
Figure 34. Paquet RNR : non prêt à recevoir ; format étendu.....	46
Figure 35. Paquet d'interruption.....	46
Figure 36. Paquet de confirmation d'interruption.....	47
Figure 37. Paquet de réinitialisation.....	48
Figure 38. Paquet de confirmation de réinitialisation.....	48
Figure 39. Paquet de reprise.....	49
Figure 40. Paquet de confirmation de reprise.....	49
Figure 41. Paquet de diagnostic.....	49

Chapitre1. La couche réseau

1.1. Situation de la couche réseau

La couche réseau est la troisième couche du modèle de référence OSI.

1.1.1. Rappels sur le modèle OSI

Le modèle OSI définit des procédures normalisées qui permettent l'interconnexion, suivie d'un échange effectif d'informations entre systèmes¹. En particulier, le modèle permet de définir un interfonctionnement entre différents réseaux, du même type ou de types différents, de façon à pouvoir établir une communication sur une combinaison de réseaux aussi facilement que sur un réseau unique.

Pour élaborer le modèle de référence, une technique de structuration de base a été utilisée: la structuration en couches. Selon cette technique, on considère que chaque système est logiquement composé d'un ensemble ordonné de sous-systèmes. Les sous-systèmes adjacents communiquent à travers leur frontière commune. L'ensemble des sous-systèmes de même rang constitue une couche.

Sept couches ont été définies dans le modèle de référence. De la couche la plus basse à la couche la plus élevée, on trouve les couches physique, liaison de données, réseau, transport, session, présentation et application. Les couches 1 à 6, ainsi que le support physique contribuent à l'élaboration progressive des services de communication.

- La couche application est la plus élevée. Elle donne au(x) processus d'application le moyen d'accéder à l'environnement OSI.
- La couche présentation se charge de la représentation des informations. Elle permet de transférer les données des applications sous une syntaxe commune, indépendamment de la représentation réelle des données.
- La couche session fournit les moyens permettant d'organiser et de synchroniser les dialogues, ainsi que de gérer les échanges de données entre applications.
- La couche transport assure un transfert de données de bout en bout, fiable et d'un bon rapport qualité/prix.
- La couche réseau prend en charge les problèmes de routage et de relais.
- La couche liaison de données détecte et corrige, dans la mesure du possible, les erreurs pouvant se produire dans la couche physique. Elle participe également à la gestion de la couche physique.
- La couche physique, enfin, fournit les moyens mécaniques, électriques, fonctionnels et procéduraux nécessaires à l'activation, au maintien et à la désactivation des connexions physiques destinées à la transmission de bits.

1.1.2. Rappel de quelques définitions du modèle OSI

La figure 1, « Concepts OSI », schématise les principaux concepts OSI ; nous en donnons ci-dessous une définition succincte de chacun d'eux.

¹ Un système est un ensemble d'un ou plusieurs ordinateurs, le logiciel associé, des périphériques, des terminaux, des opérateurs, des processus physiques, des moyens de transfert d'informations, etc., qui forment un tout autonome à même d'exécuter les opérations de traitement des informations et/ou de transfert des informations.

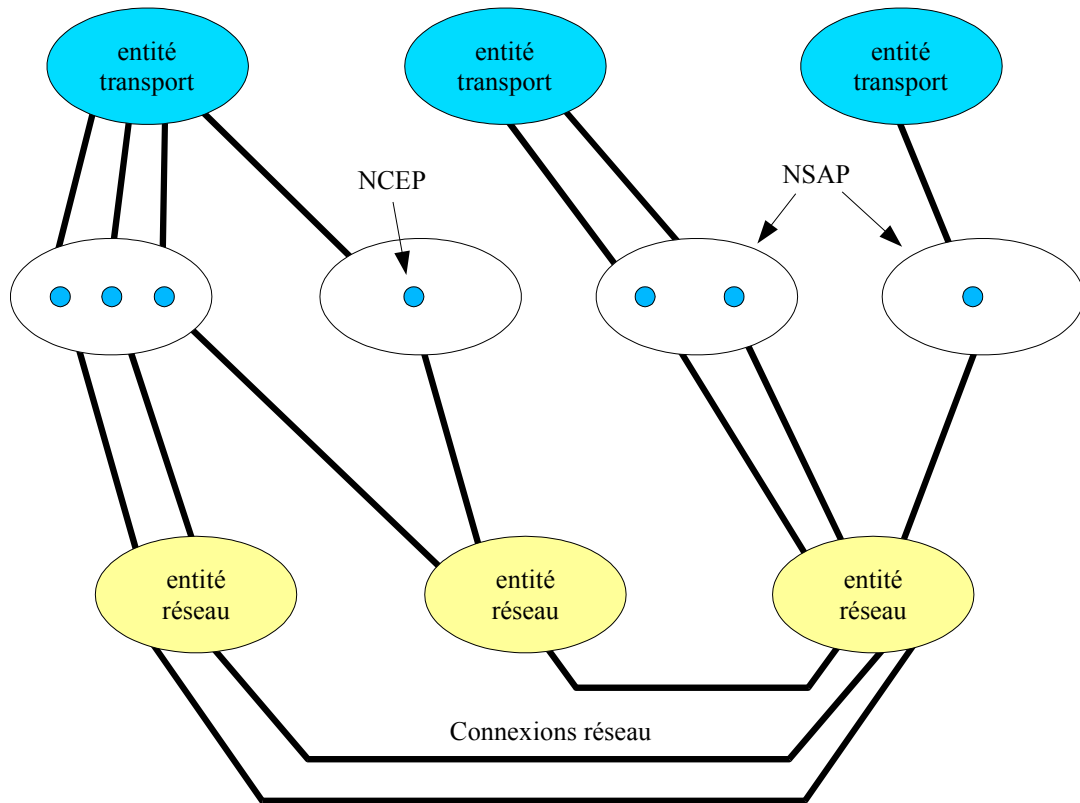


Figure 1. Concepts OSI

1. Une entité réseau dialogue avec une entité transport via un point d'accès appelé NSAP (network service access point) afin de lui fournir un service. Ce service se matérialise par l'échange de primitives².

Il existe quatre types de primitives :

a) La requête :

l'entité transport demande à l'entité réseau d'activer un service.

b) L'indication :

l'entité réseau avise l'entité transport de l'activation d'un service.

c) La réponse :

c'est la réponse faite par l'entité transport à une indication reçue de l'entité réseau.

d) La confirmation :

l'entité réseau avise l'entité transport que le service qui a été demandé est actif.

Tous les services n'utilisent pas systématiquement la totalité des primitives. De nombreux services se contentent, en effet, des deux premières.

² Une primitive est souvent réalisée sous la forme d'une ou plusieurs requêtes entre logiciels de communications sur les machines réelles.

2. Les points ci-dessous concernent les réseaux fonctionnant en mode connecté³.

- a) Le protocole de la couche réseau permet aux entités transport d'établir des connexions au travers desquelles seront échangées des données.

Les données échangées entre une entité réseau et une entité transport sont appelées « unités de données du service réseau (NSDU : network service data unit) ».

- b) Les entités de transport dialoguent à travers la couche réseau en utilisant les connexions réseau et les services offerts par la couche réseau (et les couches de niveau inférieur).

- c) Les identificateurs d'extrémité de connexion réseau (ncep : network connection endpoint) servent à identifier une connexion réseau de manière unique en un point d'accès.

- d) Un utilisateur⁴ du service réseau appelant est un utilisateur qui émet une demande d'établissement de connexion réseau.

- e) Un utilisateur du service réseau appelé est un utilisateur avec lequel un autre utilisateur du service réseau souhaite établir une connexion réseau. (Ils sont tous deux définis par rapport à une seule connexion réseau ; ceci signifie qu'un utilisateur peut être au même moment appelant et appelé, mais bien sûr, pas avec la même connexion).

L'utilisateur appelé reçoit la demande d'établissement de réseau. Il peut :

- i. soit l'accepter (la connexion sera établie),
- ii. soit la refuser.

3. Les points ci-dessous concernent les réseaux fonctionnant en mode datagramme⁵.

- a) Le protocole de la couche réseau permet aux entités transport d'échanger des unités de données du service réseau (NSDU). Les NSDU sont acheminées indépendamment les unes des autres.

- b) Les entités de transport dialoguent à travers la couche réseau en utilisant un service unique offert par celle-ci (transfert de données).

- c) La notion de ncep n'existe pas.

Les définitions qui suivent concernent principalement les réseaux fonctionnant en mode connecté. Pour les réseaux fonctionnant en mode datagramme, il suffit d'ignorer tous les paragraphes faisant référence au concept de connexion.

1.2. Rôle de la couche réseau

La couche réseau fournit :

1. les moyens d'établir, de maintenir et de libérer des connexions réseau entre des systèmes désirant communiquer.

3 Le mode connecté est mis en œuvre par les réseaux de type CONS : Connection-oriented Network Service. Le réseau téléphonique, les réseaux RNIS (Numéris en France), à commutation de paquets version circuit virtuel (X.25 ; exemple Transpac) sont des réseaux fonctionnant en mode connecté.

4 Le terme « utilisateur » est un terme général désignant indifféremment toute entité utilisant les services réseau. Cela peut donc représenter une entité transport comme une entité applicative.

5 Le mode datagramme (ou non connecté) est mis en œuvre par les réseaux de type CLNS : Connectionless Network Service. Les réseaux participant au réseau INTERNET sont des réseaux fonctionnant en mode datagramme.

2. des fonctions et des procédures permettant aux entités de transport d'échanger des NSDU en utilisant des connexions réseau (réseaux orientés connexion), ou en utilisant des datagrammes (pour les réseaux sans connexion).
3. elle rend les entités de transport indépendantes des problèmes de routage et de relais.
4. elle rend les entités de transport indépendantes des problèmes liés à l'établissement et au fonctionnement d'une connexion réseau donnée, y compris dans le cas où plusieurs sous-réseaux sont utilisés en tandem ou en parallèle.
5. elle masque aux entités de transport la façon dont les ressources des couches inférieures (par exemple les connexions de liaison de données) sont utilisées pour fournir des connexions réseau.
6. elle effectue également l'administration des réseaux (taxation, identification d'abonné, exploitation, etc.).

1.3. Services fournis à la couche transport

1.3.1. Services de base

Parmi tous les services de base de la couche réseau, le plus fondamental est bien entendu le transfert transparent des données (NSDU) entre les utilisateurs du service réseau. La façon dont les ressources de communication sont mises en œuvre pour réaliser ce service est donc invisible à l'utilisateur.

1.3.1.1. Transfert des NSDU échangées entre les utilisateurs

Les NSDU sont transférées sous forme de séquence de paquets⁶ de données.

Il n'y a pas de limite imposée sur la taille des NSDU⁷.

1.3.1.2. Routage et relais

Pour relier deux entités réseau qui se trouvent dans des systèmes d'extrémité, il est parfois nécessaire de faire intervenir des systèmes intermédiaires relais (cf. figure 2, « Sous-réseaux relais », page 11).

Les fonctions de routage déterminent un itinéraire approprié à travers les systèmes intermédiaires relais.

1.3.1.3. Segmentation et groupage

La couche réseau peut segmenter et/ou grouper des NSDU afin de faciliter leur transfert.

La segmentation consiste à découper une NSDU en plusieurs paquets (NPDU⁸). L'opération inverse s'appelle « réassemblage ».

Le groupage consiste à transmettre sous forme d'une seule NPDU plusieurs NSDU. L'opération inverse s'appelle « dégroupage ».

1.3.1.4. Adressage

Le service réseau utilise un système d'adressage (NSAP) qui permet à chacun de ses utilisateurs de s'identifier de façon non ambiguë parmi les autres utilisateurs du service réseau.

⁶ Le terme paquet est tout à fait générique et ne suppose aucune référence particulière à un protocole donné.

⁷ Il est évident que les NSDU seront quand même bornées par les possibilités des machines réelles.

⁸ NPDU = Network Protocol Data Unit = unité de données du protocole de réseau = le plus souvent un paquet.

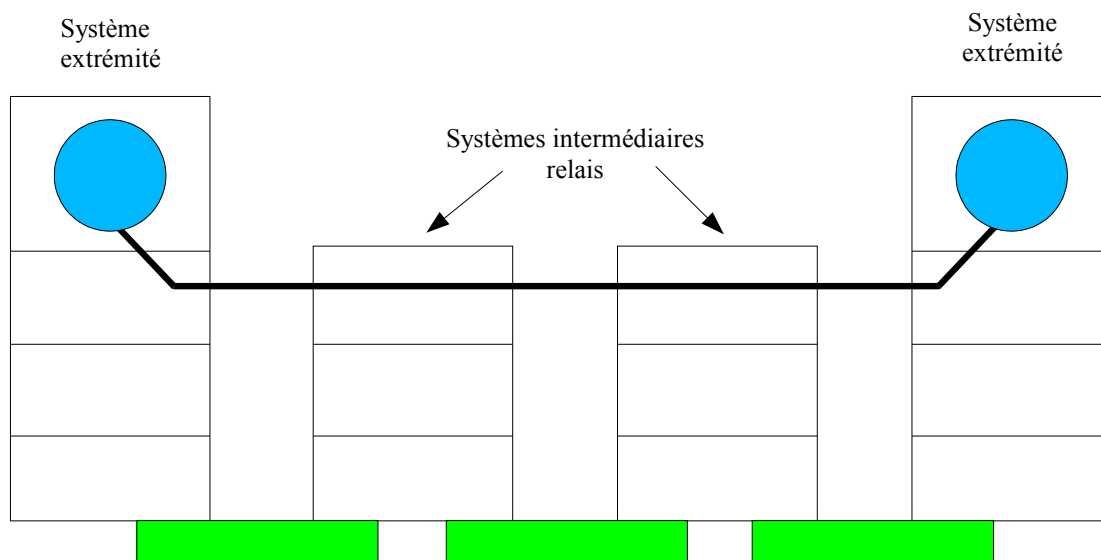


Figure 2. Sous-réseaux relais

1.3.2. Services liés aux connexions réseau.

Les paragraphes ci-dessous ne concernent bien sûr que les réseaux pour lesquels la notion de connexion a un sens.

1.3.2.1. Connexions réseau

Une connexion réseau fournit les moyens de transférer des données entre entités transport identifiées par des adresses réseau (NSAP). La couche réseau fournit les moyens d'établir, de maintenir et de libérer des connexions réseau.

Une connexion réseau est soit une connexion point-à-point, soit une connexion multipoint⁹

Il peut y avoir plusieurs connexions réseau entre les deux membres d'une même paire d'adresses réseau.

Les connexions réseau entre entités transport sont assurées à l'aide des connexions liaison fournies par la couche liaison de données. Une connexion réseau peut également être fournie sous forme de connexions de sous-réseaux en tandem, c'est-à-dire en utilisant plusieurs sous-réseaux distincts mis en série.

1.3.2.2. Multiplexage de connexions réseau

Cette fonction peut être utilisée pour multiplexer des connexions réseau sur des connexions liaison, en vue d'optimiser leur utilisation. En cas de connexions de sous-réseaux en tandem, un multiplexage sur des connexions de sous-réseaux particulières peut également être effectué pour optimiser leur utilisation.

1.3.2.3. Identification unique de connexion réseau

Afin d'établir de manière unique une connexion réseau, la couche réseau fournit à l'entité de transport une identification de connexion de réseau (ncep) associée avec l'adresse réseau.

⁹ Le terme anglais utilisé pour ce type de connexion est « multicast », par opposition aux connexions « unicast » (point-à-point), ou au trafic de type « broadcast » (diffusion). D'ailleurs, dans ce dernier cas, on ne peut pas parler de connexion.

1.3.2.4. Choix de la qualité de service

A l'établissement de la connexion réseau, l'utilisateur peut demander une certaine qualité de service caractérisée par exemple par:

1. le débit,
2. le temps de transit,
3. le taux d'erreur résiduel,
4. la fiabilité,
5. le délai d'établissement d'une connexion réseau,
6. etc.

Cette fonction permet d'effectuer un choix de service d'une façon telle qu'on puisse garantir le même service aux deux extrémités d'une connexion réseau quand elle emprunte plusieurs sous-réseaux de qualités différentes.

1.3.2.5. Notification des erreurs

Les erreurs irrécupérables détectées par la couche réseau sont signalées aux entités de transport. Ceci peut conduire éventuellement à la libération de la connexion ou à sa purge.

1.3.2.6. Maintien en séquence

La couche réseau doit, sur une connexion de réseau donnée, assurer la remise des NSDU dans leur ordre d'expédition.

1.3.2.7. Contrôle de flux

Une entité transport réceptrice peut faire interrompre par le service réseau le transfert des NSDU à travers le point d'accès au service. Cette condition de contrôle de flux peut ou non se propager à l'autre extrémité de la connexion réseau pour s'y répercuter sur l'entité transport expéditrice.

Cette fonction existe si le service de contrôle de flux est demandé (ou disponible).

1.3.2.8. Libération

Une entité de transport peut demander la libération d'une connexion de réseau. Le service réseau ne garantit pas la remise des données confiées avant la demande de libération et se trouvant toujours en transit. La connexion réseau est libérée quelle que soit la réaction de l'entité de transport correspondante.

La libération peut également être demandée par la couche réseau elle-même.

1.3.3. Services optionnels

Les services décrits ci-après sont optionnels, ce qui signifie que :

1. d'une manière générale, l'utilisateur doit demander le service;
2. le prestataire du service réseau peut :
 - a) soit honorer la demande,
 - b) soit indiquer que le service n'est pas disponible.

1.3.3.1. Transfert exprès de NSDU

Le transfert exprès de NSDU fournit un moyen additionnel d'échange d'informations sur une connexion réseau. Les NSDU exprès sont d'une longueur limitée et leur transfert est soumis à un contrôle de flux différent de celui des données normales. Les données exprès peuvent éventuellement « doubler » des données normales. Elles ne doivent jamais arriver « en retard », c'est-à-dire être dépassées par des données normales.

1.3.3.2. Réinitialisation

La réinitialisation est utilisée pour remettre la connexion réseau dans un état défini connu des deux extrémités et synchroniser les activités des deux utilisateurs du service réseau. Ce mécanisme peut avoir un effet destructif sur des données en transit.

1.3.3.3. Confirmation de remise des données.

Dans certaines circonstances, l'utilisateur de la couche réseau peut confirmer la réception des données.

1.3.3.4. Détection d'erreurs

Les fonctions de détection d'erreurs servent à surveiller le maintien de la qualité de service sur une connexion réseau. Dans la couche réseau, la détection d'erreurs utilise les notifications d'erreurs fournies par la couche liaison. Des moyens additionnels de détection d'erreurs peuvent être nécessaires pour assurer la qualité de service requise.

1.3.3.5. Reprise sur erreur

Cette fonction permet la reprise sur erreurs préalablement détectées. Elle peut varier suivant la qualité du service réseau fournie.

Chapitre2. Généralités sur le protocole X.25

2.1. Présentation de X.25

Définie en 1976, la recommandation X.25 de l'ITU a pour but de décrire :

« L'interface entre ETTD et ETCD pour terminaux fonctionnant en mode paquet et raccordés par circuit spécialisé à des réseaux publics de données ».

Les informations contenues dans ce document sont conformes à la recommandation ITU-T X.25 (mars 1993).

Cette norme définit trois niveaux indépendants de protocole ou d'interface permettant l'interconnexion d'ETTD au travers d'un réseau à commutation de paquets. Elle ne définit en aucun cas les protocoles mis en œuvre au sein des réseaux à commutation de paquets.

Les trois niveaux définis par X.25 correspondent aux trois premières couches du modèle de référence OSI (physique, liaison et réseau), mais comme ils ont été définis avant l'apparition du fameux modèle, ils sont dénommés respectivement niveaux physique, trame et paquet.

2.1.1. Niveau physique

Les réseaux à commutation de paquets peuvent offrir une ou plusieurs des interfaces physiques suivantes. Ils peuvent bien sûr en offrir d'autres.

1. Recommandation ITU-T X.21 ;
(cf. figure 3, « Accès par réseau à commutation de circuits », infra)
2. Recommandation ITU-T X.21bis ;
(cf. figure 4, « Accès par liaison spécialisée », page 15)
3. Recommandations ITU-T de la série V ;
(cf. figure 5, « Accès par réseau commuté », page 15)
4. Recommandation ITU-T X.31.
(cf. figure 6, « Accès par réseau RNIS », page 15)

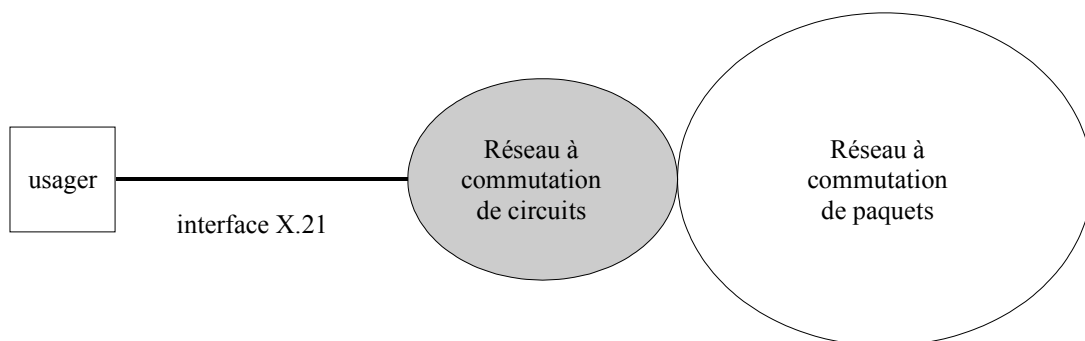


Figure 3. Accès par réseau à commutation de circuits

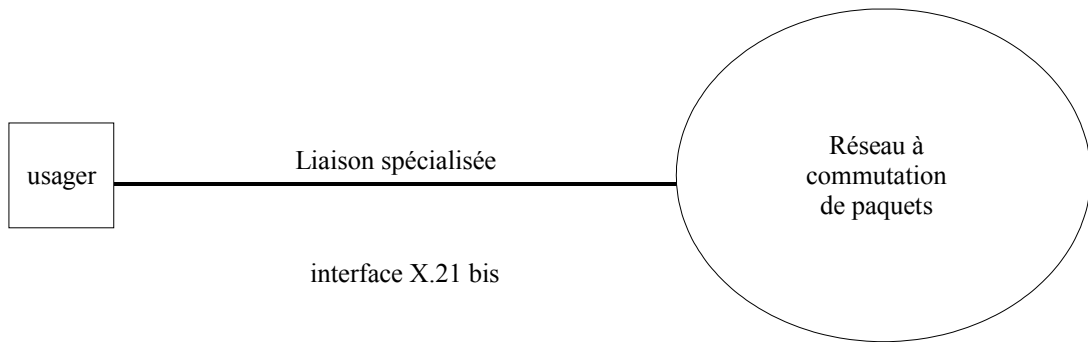


Figure 4. Accès par liaison spécialisée

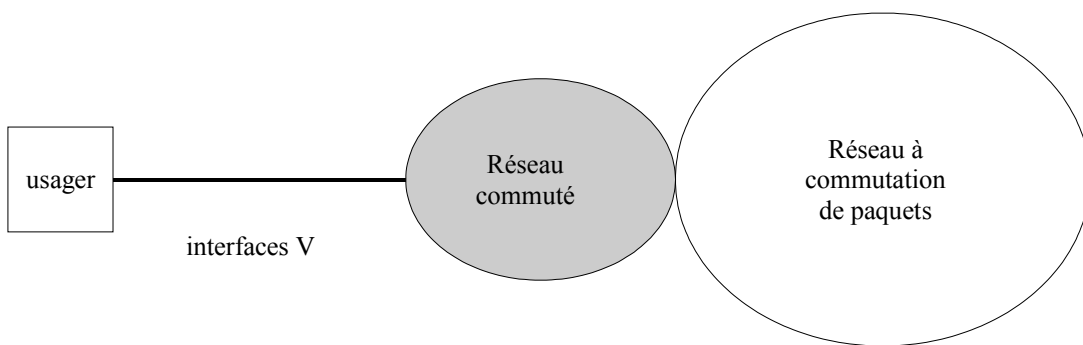


Figure 5. Accès par réseau commuté

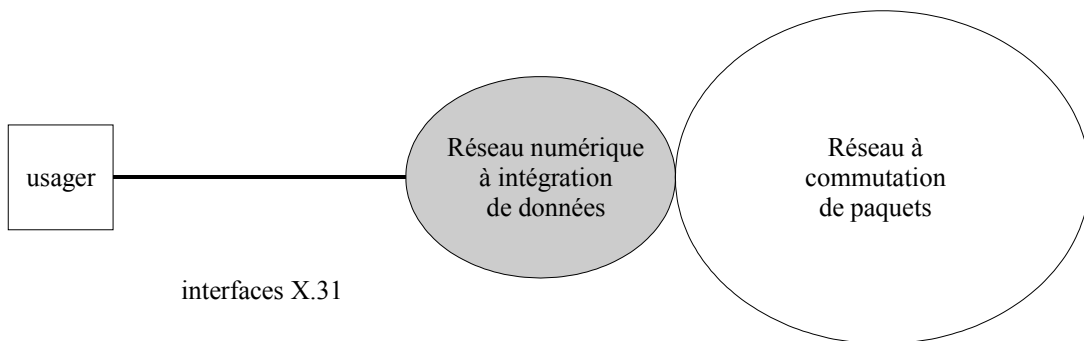


Figure 6. Accès par réseau RNIS

2.1.2. Niveau trame

Le niveau trame correspond à la couche liaison de données du modèle de référence OSI. Deux types de procédures sont utilisables à ce niveau :

1. procédure à liaison unique (identique au mode LAPB du protocole HDLC) ;
2. procédure multi-liaison (plusieurs supports physiques).

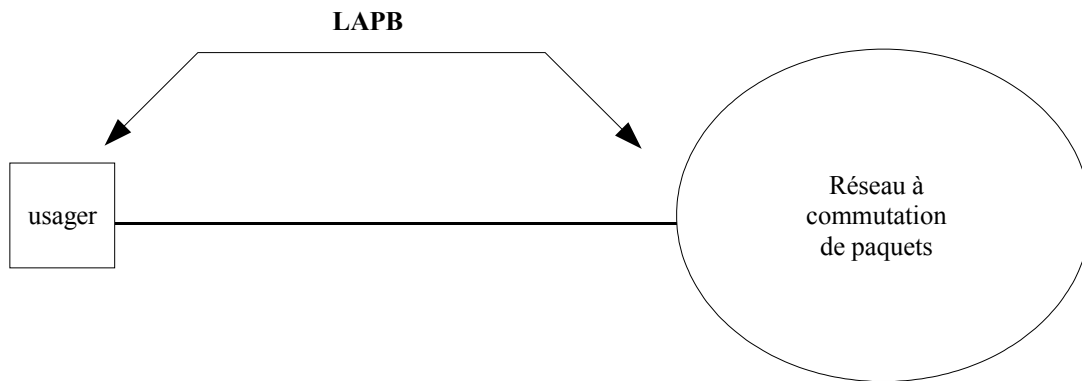


Figure 7. Niveau trame ; liaison unique

L'objectif du niveau trame est de se prémunir contre les erreurs de transmission pouvant survenir entre l'utilisateur et le réseau.

Le niveau trame permet également un contrôle de flux global au niveau de l'interface usager-réseau.

2.1.3. Niveau paquet

L'objectif du niveau paquet est de permettre l'interconnexion entre deux usagers du réseau par l'intermédiaire de ce l'on appelle un circuit virtuel. Un usager peut ouvrir (créer) plusieurs circuits virtuels ce qui lui permet de pouvoir gérer plusieurs communications simultanément (multiplexage).

2.1.3.1. Gestion de circuit virtuel

Un circuit virtuel consiste en une mise en communication de deux usagers.

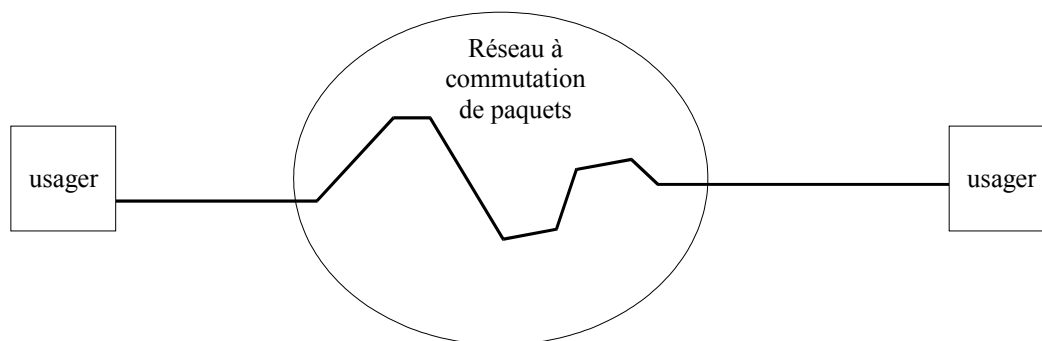


Figure 8. Circuit virtuel

On distingue deux types de circuits virtuels :

1. les circuits virtuels permanents (CVP) qui sont des circuits établis et maintenus de façon permanente par le réseau (plutôt rares) ;
2. les circuits virtuels commutés (CVC) qui sont des circuits établis et libérés à chaque communication sur demande d'un usager.

Le niveau paquet gère les circuits virtuels établis par l'utilisateur avec ses correspondants en assurant :

1. l'établissement et la libération des circuits virtuels commutés,

2. le transfert des données sous forme de paquets,
3. le contrôle du transfert des données,
4. la gestion des erreurs.

Les niveaux physique (bit) et liaison de données (trame) d'un ETDD sont purement locaux, c'est-à-dire qu'ils n'ont aucune interaction avec ceux de l'autre ETDD. Les actions prises au niveau paquet sont par contre répercutées au niveau paquet de l'autre ETDD¹⁰. Les données d'un ETDD sont intégralement transmises à l'autre ETDD.

Un ETDD peut, dans les limites de la capacité de sa liaison physique, établir et utiliser plusieurs circuits virtuels simultanément (cf. Sections 2.1.3.2 et 2.1.3.4).

2.1.3.2. Voie logique

Afin de permettre la coexistence à un instant donné de plusieurs communications virtuelles, on utilise des identifiants de communication appelés numéro de voie logique.

Un numéro de voie logique est attribué lors de l'abonnement à chaque circuit virtuel permanent.

Dans le cas d'une communication commutée, le numéro de voie logique est attribué lors de la phase d'établissement du circuit virtuel.

2.1.3.3. Contrôle de flux

Le contrôle de flux permet à un récepteur d'information de limiter la vitesse à laquelle un émetteur émet ses paquets de données.

Le contrôle de flux ne s'exerce habituellement pas de bout en bout. Lorsque l'abonné récepteur de données ne peut plus continuer à recevoir des données, il signale cet état de fait au nœud du réseau auquel il est rattaché. Ce dernier peut répercuter ce contrôle vers l'abonné émetteur des données.

2.1.3.4. Multiplexage

Le multiplexage (cf. figure 9, « Exemple de multiplexage », page 18) permet à un abonné d'établir plusieurs communications (appelées circuits virtuels) sur un même support physique, ou plus précisément sur une même liaison d'accès entre l'abonné et le réseau¹¹.

Dans la figure 9, le circuit virtuel entre les usagers A et B emprunte la voie logique n° 1 sur la liaison d'accès de A, et la voie logique n° 2 sur la liaison d'accès de B. Ainsi, lorsqu'un paquet est émis entre A et le réseau (à destination de B), il utilise la voie logique numéro 1 ; lors de l'émission de ce paquet entre le réseau et B, il utilise la voie logique numéro 2.

Simultanément, le circuit virtuel entre les usagers A et C emprunte la voie logique n° 2 sur la liaison d'accès de A, et la voie n° 1 sur celle de C.

Enfin, le circuit virtuel entre les usagers A et D emprunte la voie logique n° 3 sur la liaison d'accès de A, et la voie n° 1 sur celle de D.

Les numéros de voie logique ont une signification locale, entre un usager et le réseau.

¹⁰ Cela ne signifie pas qu'il y ait un contrôle de bout en bout.

¹¹ Cette dernière remarque est importante, puisque la liaison d'accès peut être constituée de plusieurs supports physiques (cas de la liaison multiligne).

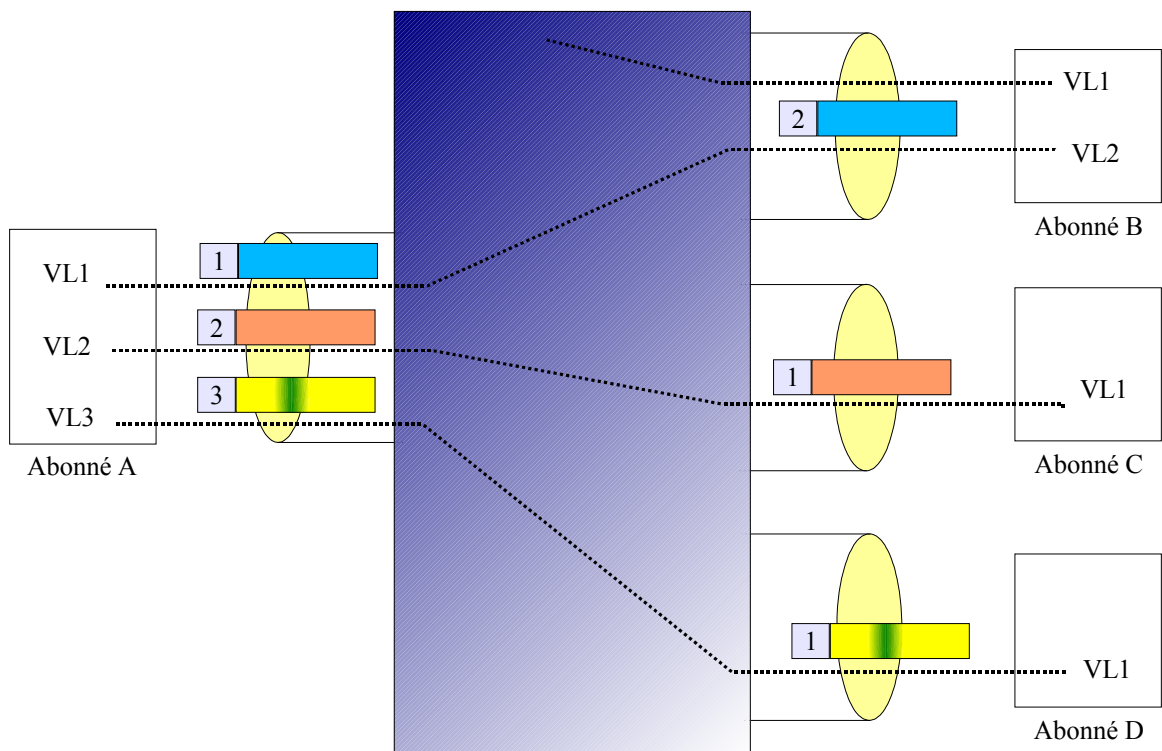


Figure 9. Exemple de multiplexage

Chapitre3. Procédures X.25

Ce chapitre a pour but de décrire les mécanismes fondamentaux que doivent mettre en œuvre les réseaux à commutation de paquets, ainsi que les ETTD (usagers) désirant s'y raccorder. Ce sont :

1. Les procédures d'établissement et de libération des communications ;
2. Les procédures pour le transfert des données ;
3. Les procédures de contrôle de flux ;
4. Les procédures de gestion des incidents.

Le service de circuit virtuel permanent (CVP) utilise les procédures 2 à 4 ; le service de circuit virtuel commuté (CVC) utilise toutes les procédures.

La structure des paquets utilisés pour mettre en œuvre ces procédures est décrite en section 4, page 34.

A ces procédures gérant le service de commutation, s'ajoutent des procédures permettant la gestion de services complémentaires (également appelés « facilités ») décrits en section 5, page 50.

Les noms des paquets utilisés dans les chronogrammes sont en anglais pour des raisons de place. En outre, la majorité des produits analyseurs de protocole affiche le nom des paquets en anglais.

3.1. Etablissement d'un circuit virtuel

L'objectif de l'établissement d'un circuit virtuel est de créer un chemin à travers un réseau à commutation de paquet, de le marquer (de façon à ce que les paquets suivants empruntent ce chemin, quel que soit le sens de transmission), et de réserver des ressources dans les nœuds de commutation de façon à permettre le passage de ces paquets.

La figure 10 présente le principe général d'une procédure d'appel. Dans cette figure, « n » et « n' » représentent les numéros de voie logique.

3.1.1. Choix des voies logiques.

D'une manière générale, un usager¹² dispose d'une gamme de voies logiques convenue avec le réseau¹³ auquel il est raccordé.

La manière de choisir une voie logique libre est la suivante :

1. un usager doit choisir la première voie logique libre dont le numéro d'identification est le plus élevé possible dans la gamme des numéros qui lui sont attribués.
2. Le réseau doit, par contre, choisir la première voie logique libre dont le numéro d'identification est le plus bas possible dans la gamme des numéros attribués à l'utilisateur.

3.1.2. Demande d'établissement côté appelant

Un ETTD désirant établir une communication (autrement dit un circuit virtuel) émet un paquet d'appel [call] sur une voie logique libre (c'est-à-dire qui n'est pas déjà affectée à un autre circuit virtuel). Ce paquet d'appel est souvent appelé paquet d'appel « sortant ».

Le paquet d'appel sortant contient les champs suivants :

¹² Dans la recommandation X.25, l'utilisateur est appelé ETTD.

¹³ Egalement appelé ETCD dans la recommandation X.25.

1. le numéro de voie logique choisi par l'appelant (cf. Section 3.1.1, page 19);
2. l'adresse de l'appelé ;
3. éventuellement l'adresse de l'appelant ;
4. éventuellement un champ de facilités demandant des options ou des services complémentaires ;
5. enfin, des données d'appel (facultatives).

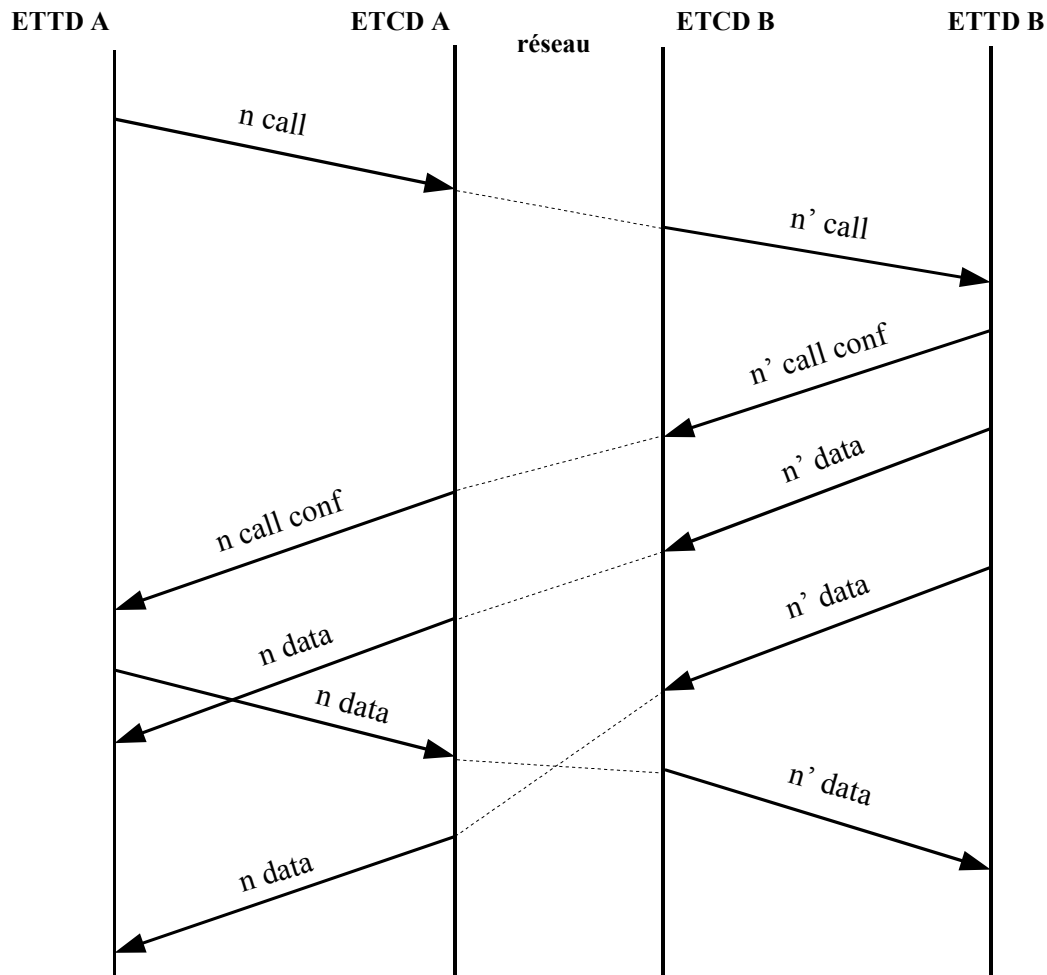


Figure 10. Procédure d'appel

3.1.3. Demande d'établissement côté appelé

Le réseau remet à l'appelé un paquet d'appel dit «entrant». Le paquet d'appel entrant utilise une voie logique parmi les voies logiques libres (cf. Section 3.1.1, page 19).

Le paquet d'appel entrant contient les informations suivantes :

1. le numéro de voie logique choisie par le réseau ;
2. l'adresse de l'appelant ;
3. éventuellement l'adresse de l'appelé ;
4. un champ de facilités (facultatif ; dépend du réseau) ;

5. des données d'appel (si elles étaient présentes dans le paquet d'appel émis par l'appelant).

3.1.4. Réponse à une demande d'établissement côté appelé

L'appelé peut :

1. accepter l'appel en émettant un paquet de confirmation d'appel [call conf], en utilisant la même voie logique indiquée dans le paquet d'appel entrant.
2. refuser l'appel en émettant un paquet de libération [clear] (cf. Section 3.2, page 21 ainsi que figure 12, « Refus d'établissement d'appel », page 23).
3. ne pas répondre avant un certain délai¹⁴. Dans ce cas, le réseau considère que l'appelé est dans un état où il est incapable de répondre et entame une procédure de libération en émettant vers l'appelant un paquet de libération [clear].

3.1.5. Confirmation d'établissement côté appelant

Lorsque l'appelant reçoit un paquet de confirmation d'appel [call conf] sur la voie logique où il avait effectué son appel, il considère que la communication a été acceptée par l'appelé.

S'il reçoit autre chose (en particulier un paquet de libération [clear]), il doit considérer que le circuit virtuel n'a pas été établi.

3.2. Libération d'un circuit virtuel

Trois cas peuvent se produire conduisant à la libération d'un circuit virtuel :

1. la communication peut être normalement libérée par un des deux usagers.
2. la communication peut également être libérée par un des deux correspondants suite à un refus d'appel,
3. ou enfin, le réseau lui-même peut détruire une communication (généralement suite à une erreur).

3.2.1. Libération par un ETTD

La figure 11 présente le principe général d'une procédure de libération.

Un ETTD peut à tout moment rompre une communication en émettant un paquet de libération [clear]. Le réseau confirme immédiatement la libération du circuit virtuel en répondant par un paquet de confirmation de libération [clear conf]. Ceci permet au numéro de voie logique d'être de nouveau disponible pour une nouvelle communication.

La libération « progresse » ensuite à travers le réseau pour atteindre l'autre extrémité. A l'autre extrémité, le réseau transmet un paquet de libération qui doit être confirmé immédiatement par l'utilisateur.

¹⁴ Le délai de non réponse à un paquet d'appel est le temporisateur T1 de la recommandation X.25. Il n'a absolument rien à voir avec le temporisateur T1 du protocole HDLC ; le temporisateur T1 d'HDLC permet de détecter les pertes de trames.

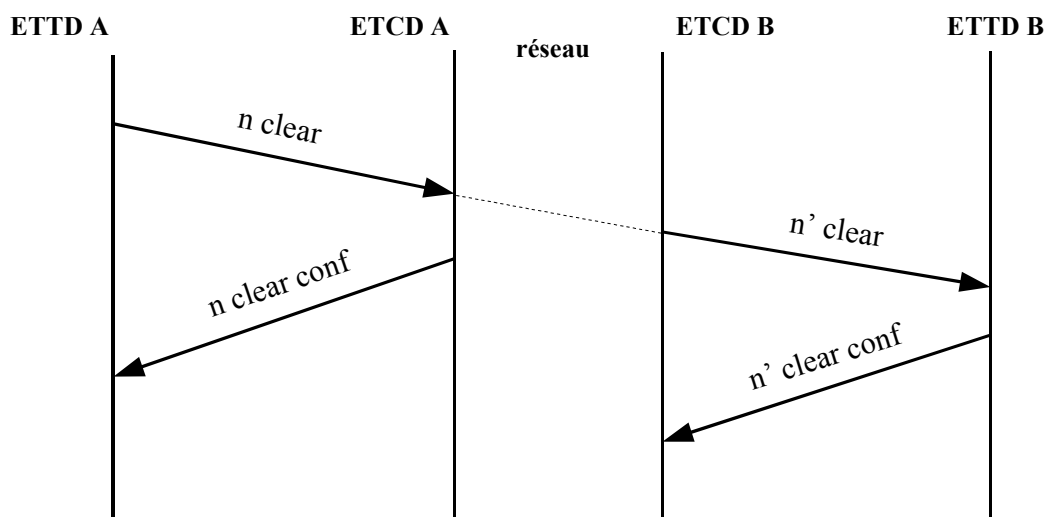


Figure 11. Procédure de libération

3.2.2. Refus d'appel

Un ETTD demandé peut également refuser une communication entrante en émettant un paquet de libération au lieu d'un paquet de confirmation d'appel (cf. figure 12, page 23).

Un ETTD demandeur peut également faire échouer une communication après avoir émis son paquet d'appel en émettant immédiatement un paquet de libération avant de recevoir le paquet de confirmation d'appel. Ceci correspond au cas de l'utilisateur qui « raccroche » avant que l'appel n'ait abouti.

Lorsque l'ETTD a émis son paquet de libération, le réseau émet en retour un paquet de confirmation de libération [clear conf]. Ce paquet peut avoir une signification locale (cas le plus courant), soit une signification de bout-en-bout (ceci dépend des Administrations de réseaux).

3.2.3. Libération par le réseau

Dans ce contexte, on appellera « réseau » le nœud local du réseau, ou un nœud intermédiaire ou encore l'ETTD distant. La figure 13, page 23 présente une telle libération.

Le réseau indique ainsi :

1. la libération d'une communication déjà établie ;
2. le refus de l'établissement d'une communication.

Le réseau émet un paquet de libération. Ce paquet indique la cause de la libération ou du refus. L'ETTD récepteur répond par un paquet de confirmation de libération [clear conf].

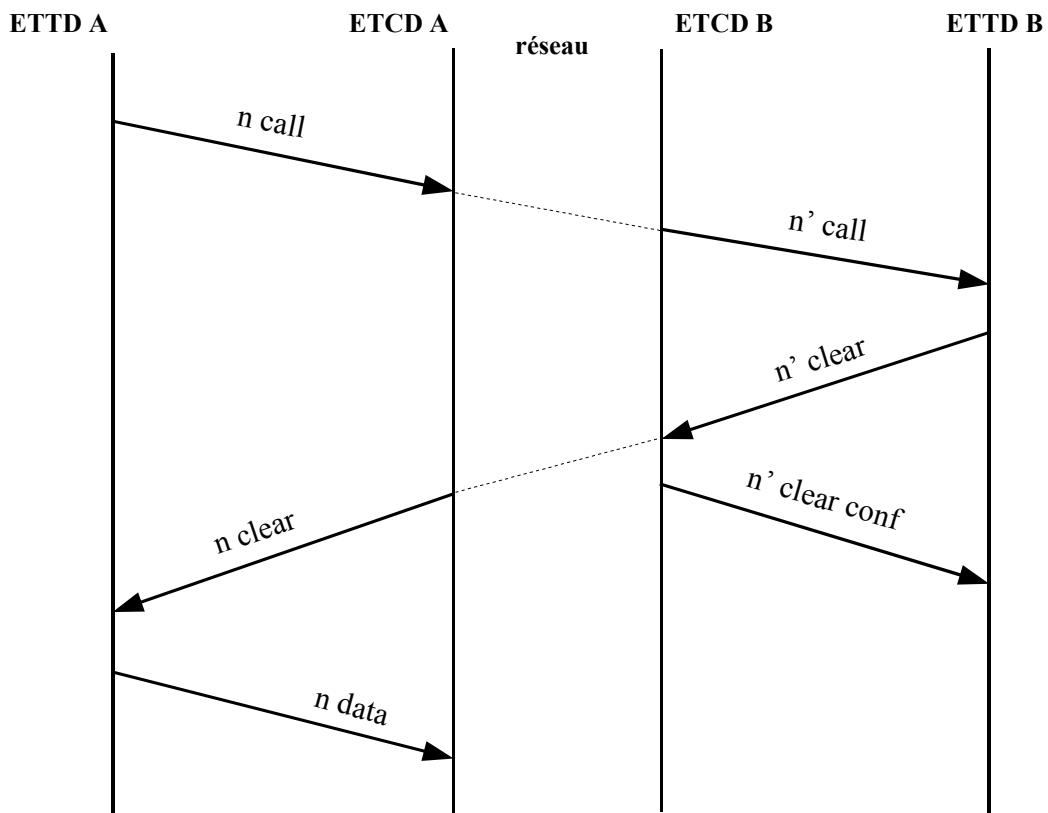


Figure 12. Refus d'établissement d'appel

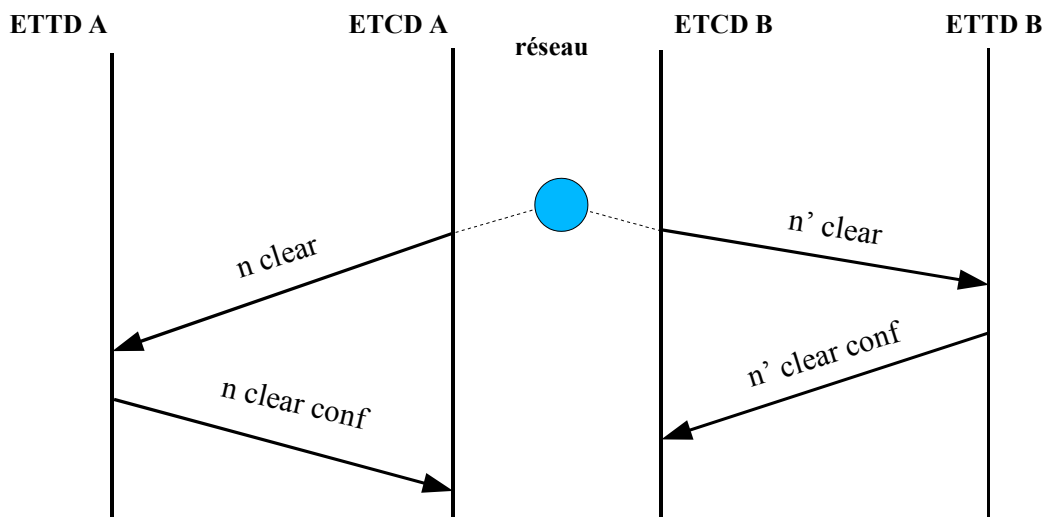


Figure 13. Libération par le réseau

3.2.4. Transfert des données

La procédure de transfert des données s'applique à chaque voie logique utilisée. Le transfert des données est assuré, dans les deux sens, par les paquets de données [data] et les paquets d'interruption [int].

Caractéristiques générales du transfert :

1. toutes les données d'utilisateur (dans les paquets de données et d'interruption) sont transmises en transparence sans que le réseau introduise d'altération,
2. l'ordre des éléments binaires dans les paquets de données et d'interruption est conservé,
3. les séquences de paquets sont transférées comme des séquences de paquets complètes (cf. Section 3.2.5).

Le transfert des données ne peut s'effectuer que si la voie logique est dans l'état *transfert de données* (la voie logique d'un circuit virtuel permanent se trouve toujours dans cet état, sauf pendant le déroulement de la procédure de reprise).

Durant cette période, un ETDD peut recevoir :

1. des paquets de données transportant des informations ;
2. des paquets d'interruption transportant également des informations ; ces paquets ne sont pas soumis au contrôle de flux (voir Section 3.2.9, page 29) ;
3. des paquets de contrôle de flux limitant la vitesse de transfert des paquets de données (cf. Section 3.2.6, page 25) ;
4. des paquets de réinitialisation utilisés pour régler les différents cas d'erreurs ou d'incidents se produisant au niveau du réseau ou des équipements (cf. Section 3.3, page 29).

3.2.5. Segmentation des messages

La longueur du champ de données dans un paquet de données étant borné, si un ETDD veut transmettre un message de longueur supérieure à cette borne, il doit le découper en plusieurs paquets (segmentation).

Il est alors possible d'indiquer la délimitation du message au destinataire à l'aide d'un bit dénommé M (M = More data). Le destinataire peut ainsi reconstruire le message initial (réassemblage). La figure 14 résume ce mécanisme.

La figure 15 donne une autre version de l'exemple précédent.

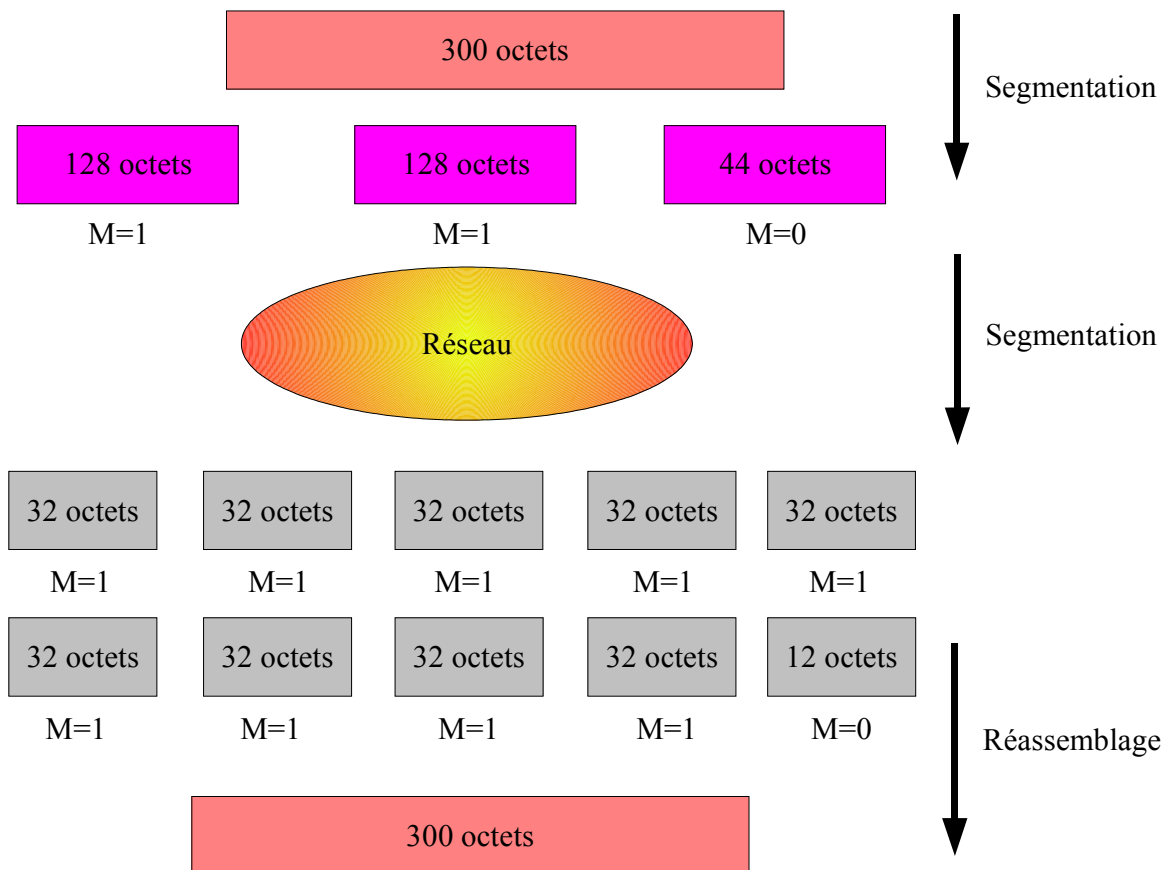


Figure 14. Segmentation des messages

3.2.6. Contrôle de flux

Le rythme de transfert des données sur un circuit virtuel est limité, entre autres choses, par les possibilités de réception du destinataire. Il est donc nécessaire que la transmission des données par le réseau vers le destinataire soit asservie par le récepteur lui-même: il émet pour cela des autorisations d'émission vers le réseau. Ce contrôle de flux est répercuté par le réseau vers l'abonné émetteur, également sous forme d'autorisations d'émission.

Le contrôle de flux s'effectue indépendamment sur chaque sens de transmission de chacun des circuits virtuels d'un usager. (cf. figure 16, page 26) (cf. section 3.2.7, page 27 et section 3.2.8, page 27).

Dans l'exemple numérique de la figure 16, l'ETTD A transmet le paquet n° 5 et est prêt à recevoir un paquet de données portant un numéro $P(S) = 3$. Le réseau répond à l'ETTD A qu'il est prêt à recevoir le paquet de données n° 6.

Du côté de l'ETTD B, c'est le réseau qui transmet le paquet de données n° 4 tout en étant prêt à recevoir un paquet n° 2. L'ETTD B, quant à lui, est prêt à recevoir le paquet n° 5.

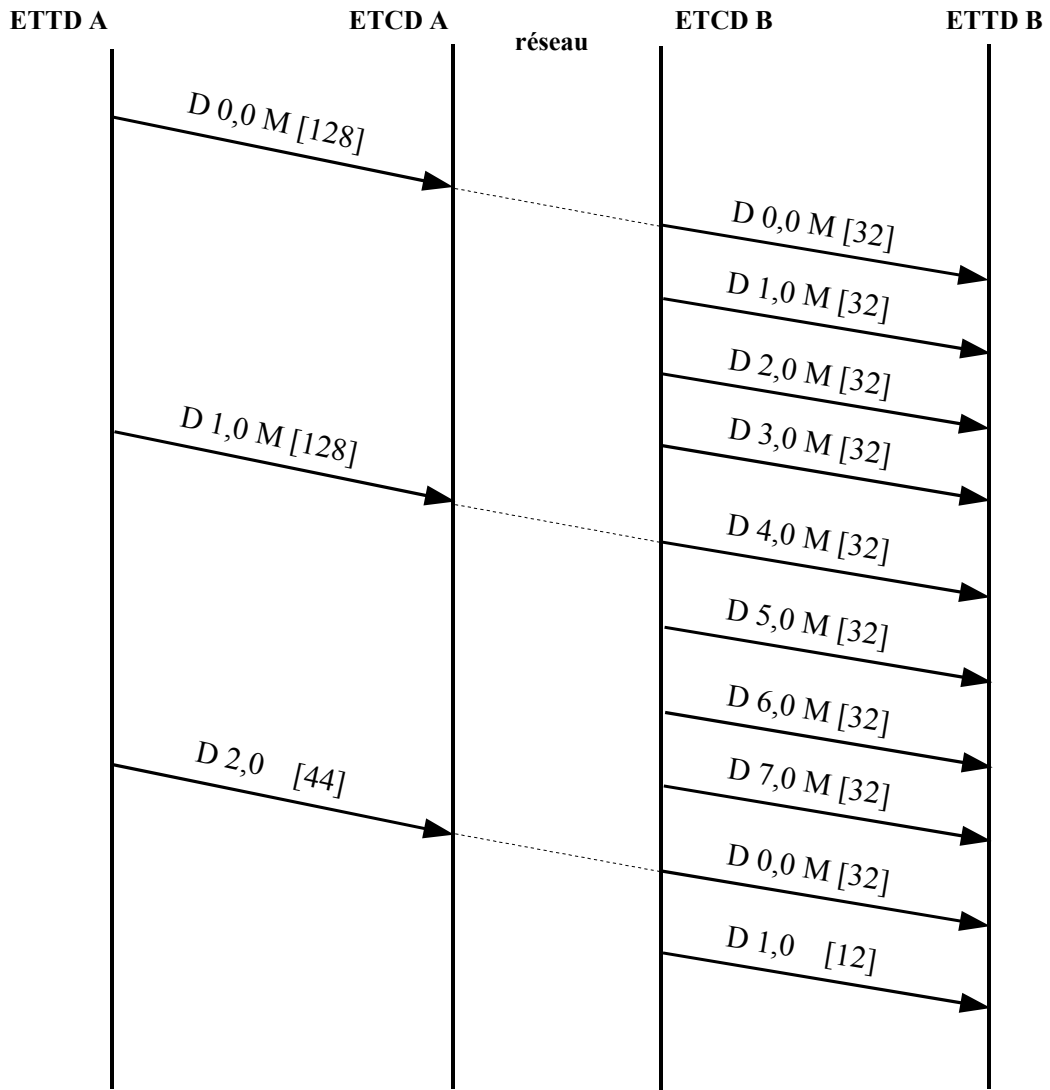


Figure 15. Segmentation-réassemblage

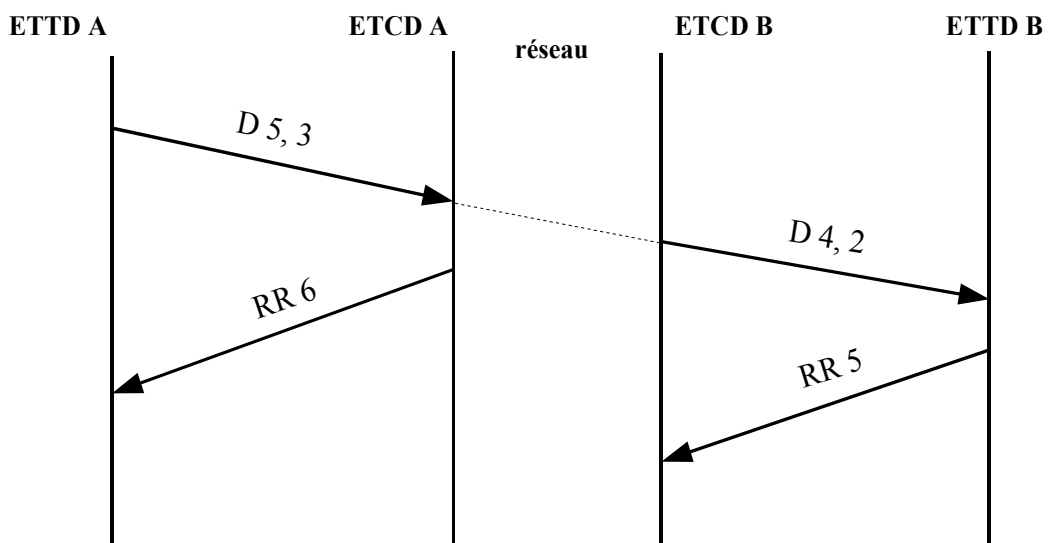


Figure 16. Exemple numérique de contrôle de flux

3.2.7. Numérotation

Le contrôle de flux est mis en œuvre grâce à une fenêtre d'anticipation (cf. Section 3.2.8, page 27). Pour gérer celle-ci, les paquets comportent des compteurs d'émission et de réception : P(S) et P(R).

Deux types de numérotations sont possibles pour ces compteurs :

1. de 0 à 7 (numérotation modulo 8) ;
2. de 0 à 127 (numérotation modulo 128).

Sur chaque sens de transmission d'une voie logique, les paquets de données en émission sont numérotés en séquence par le champ P(S). Les autorisations d'émission pour l'autre sens sont fournies par le champ P(R) qui indique le numéro du prochain paquet que l'on est prêt à recevoir. Si l'extrémité concernée n'a pas de paquets de données à transmettre, elle utilise, pour contrôler le flux qu'elle reçoit, les paquets RR ou paquets RNR qui comprennent essentiellement le numéro de voie logique et le champ P(R).

Les paquets RR sont utilisés soit par l'ETTD soit par le réseau pour indiquer qu'il est prêt à recevoir les W paquets qui sont à l'intérieur de la fenêtre, en partant de numéro de séquence P(R), P(R) étant le numéro indiqué dans le paquet RR (cf. section 4.7, page 45).

Les paquets RNR sont utilisés soit par l'ETTD, soit par le réseau pour indiquer une incapacité temporaire à accepter des paquets de données supplémentaires sur une voie logique donnée. Lorsqu'il reçoit un paquet RNR, le réseau ou l'ETTD cesse de transmettre des paquets de données sur la voie logique concernée, mais la fenêtre est mise à jour par le numéro de séquence P(R) du paquet RNR (cf. section 4.7, page 45).

L'état de non prêt à recevoir indiqué par la transmission d'un paquet RNR est annulé soit par la transmission dans le même sens d'un paquet RR, soit par une procédure de réinitialisation.

La transmission d'un RR après un RNR, au niveau des paquets, ne doit pas être considérée comme une demande de retransmission des paquets ayant déjà été transmis.

3.2.8. Description de la fenêtre

Afin d'éviter des temps morts dans la transmission, on utilise un mécanisme d'anticipation sur les autorisations d'émission en transmettant un numéro de séquence P(R). Ce numéro de séquence est transmis :

1. soit en émettant des paquets de données,
2. soit en émettant des paquets RR ou RNR.

L'abonné (ou bien le réseau) indique ainsi qu'il est prêt à recevoir un ou plusieurs paquets de données. Le premier paquet de données qu'il peut recevoir porte un numéro de séquence P(S) dont la valeur est celle de P(R) transmise auparavant. Le dernier paquet de données qu'il peut recevoir porte un numéro de séquence P(S) tel que :

$$(P(S) = P(R) + W - 1) \equiv W$$

où W est un paramètre appelé taille de fenêtre.

La valeur $W=2$ est recommandée comme valeur standard. La longueur maximale du champ de données des paquets de données et la taille de fenêtre W sont très souvent appelés paramètres de contrôle de flux. Ils sont fixés le plus souvent à l'abonnement ou lors de l'établissement de chaque

circuit virtuel si le service de négociation des paramètres de contrôle de flux a été choisi à l'abonnement.

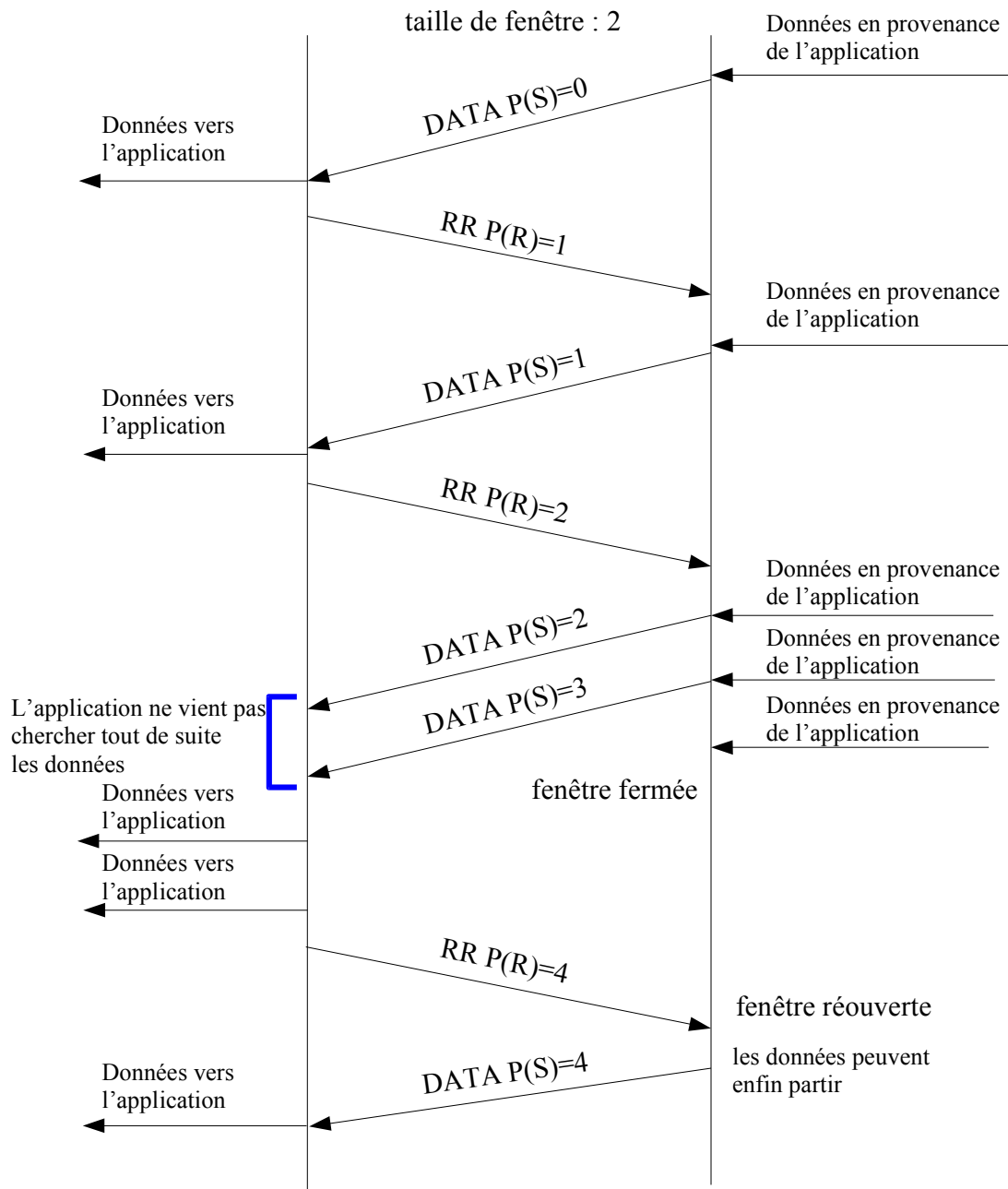


Figure 17. Fonctionnement de la fenêtre

La figure 17 présente un exemple de fonctionnement du contrôle de flux : lorsque l'abonné désire ralentir ou arrêter momentanément le flux des paquets de données que lui transmet le réseau sur un circuit virtuel, il cesse de transmettre les autorisations d'émettre. Ce dernier répercute ce blocage à l'autre extrémité avec un décalage qui dépend des possibilités de stockage pour ce circuit virtuel. Lorsque l'abonné accepte à nouveau de recevoir des données, il envoie une autorisation d'émettre en faisant progresser le numéro de séquence P(R), et le réseau lève le blocage à l'autre extrémité du circuit virtuel.

3.2.9. Données exprès (interruption)

Le mécanisme d'interruption (cf. figure 18) permet à un ETTD de transmettre jusqu'à 32 octets de données sans que ceux-ci soient soumis aux règles de contrôle de flux. C'est-à-dire qu'un paquet d'interruption peut être émis même si la fenêtre est fermée. Le paquet d'interruption [int] (cf. section 4.8, page 46) peut donc « dépasser » les paquets de données lorsque le contrôle de flux les ralentit. Cette procédure ne peut être utilisée que dans l'état transfert des données.

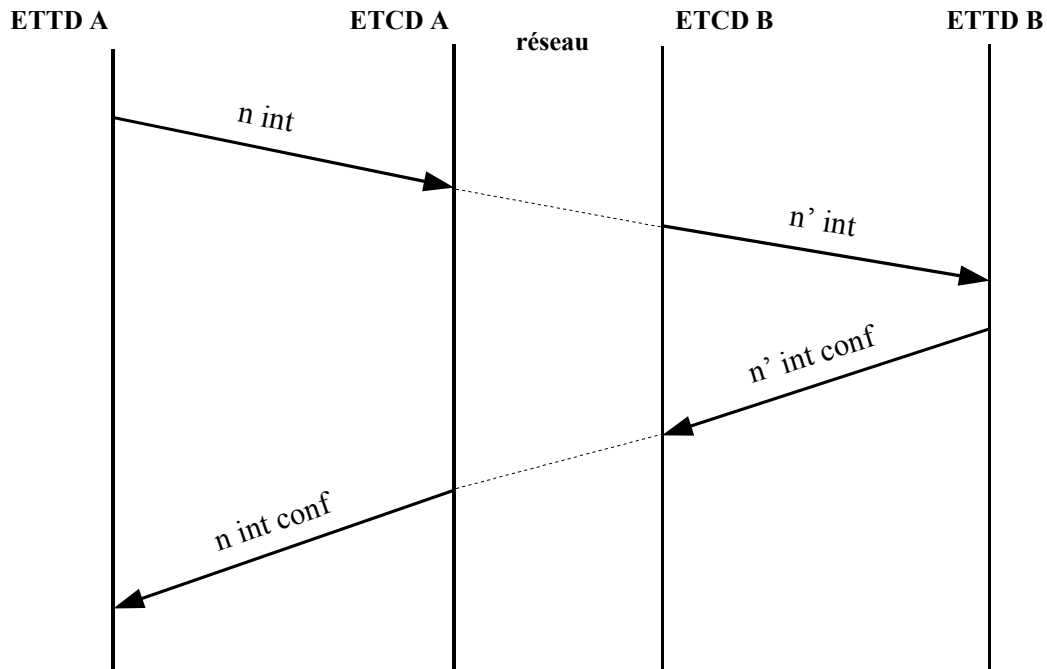


Figure 18. Mécanisme d'interruption

L'ETTD distant confirme la réception de ce paquet en émettant un paquet de confirmation d'interruption [int conf] (cf. section 4.8, page 46).

Il est interdit d'émettre un autre paquet d'interruption [int] tant que le premier n'a pas été confirmé.

3.3. Gestion des incidents

Afin de régler les divers cas d'erreurs ou d'incidents pouvant se produire au niveau du réseau ou des équipements connectés, les ETTD ou le réseau peuvent émettre :

1. un paquet de réinitialisation [reset] qui concerne un seul circuit virtuel,
2. un paquet de libération [clear] (un seul circuit virtuel),
3. un paquet de reprise [restart] qui concerne l'ensemble des circuits virtuels d'un ETTD.
4. un paquet de diagnostic [diag] (émis seulement par le réseau) concernant l'ensemble des voies logiques.

Chacun de ces paquets est émis avec un octet de cause et un de diagnostic (ce dernier est appelé « explication de diagnostic » dans le cas du paquet de diagnostic) précisant la nature de l'erreur ou de l'incident détectés.

3.3.1. Procédure de réinitialisation

Ce mécanisme permet la réinitialisation (cf. figure 19) d'une communication virtuelle ou d'un circuit virtuel permanent, ce qui a pour conséquence la perte de paquets de données et d'interruption en transit dans le réseau. Cela se traduit également par la remise à zéro de la numérotation des paquets de données du circuit virtuel, aux deux extrémités et dans les deux sens de transmission. Ce mécanisme peut être utilisé pour purger un circuit virtuel.

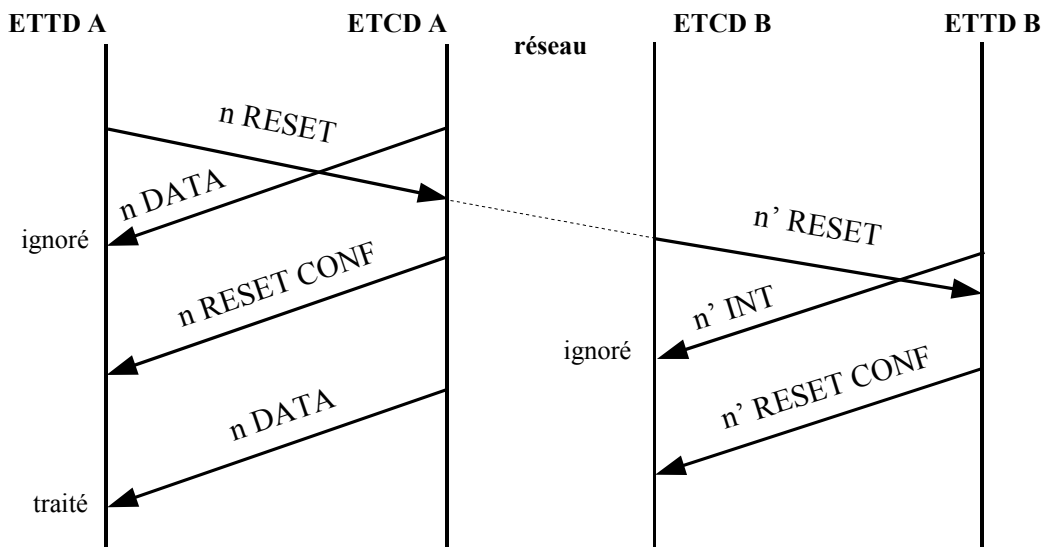


Figure 19. Mécanisme de réinitialisation

Réinitialisation par l'ETDD

L'ETDD désirent provoquer la réinitialisation d'un circuit virtuel émet un paquet de réinitialisation [reset] (cf. section 4.9, page 47).

La voie logique passe dans un état où les paquets de données, d'interruption, RR et RNR sont ignorés.

Le réseau confirme la réinitialisation en transmettant à l'ETDD un paquet de confirmation de réinitialisation [reset conf].

Réinitialisation par le réseau

Le réseau peut également provoquer une réinitialisation en transmettant un paquet de réinitialisation [reset], ce qui place la voie logique dans un état où les paquets de données, d'interruption, RR et RNR sont ignorés.

L'ETDD répond en transmettant un paquet de confirmation de réinitialisation [reset conf].

Causes et diagnostics de réinitialisation

Tout paquet de réinitialisation est muni de deux champs cause de réinitialisation et diagnostic qui précisent la raison de la réinitialisation. Dans le cas où la réinitialisation est provoquée par un abonné, celui-ci a la possibilité d'insérer dans le champ diagnostic (cf. section 6, « Tables des diagnostics », page 58) un code précisant à son correspondant les raisons de la réinitialisation. Les valeurs du champ de cause sont données par le tableau 6, page 47.

3.3.2. Procédure de reprise

La procédure de reprise (voir figure 20) sert à initialiser ou réinitialiser l'interface ETTD/ETCD au niveau de la gestion des paquets. Elle libère simultanément tous les circuits virtuels circuit virtuel commutés et réinitialise tous les circuits virtuels permanents.

Reprise par l'ETTD

A n'importe quel moment un ETTD peut demander une reprise en transmettant un paquet de reprise [restart] (cf. section 4.10, page 48).

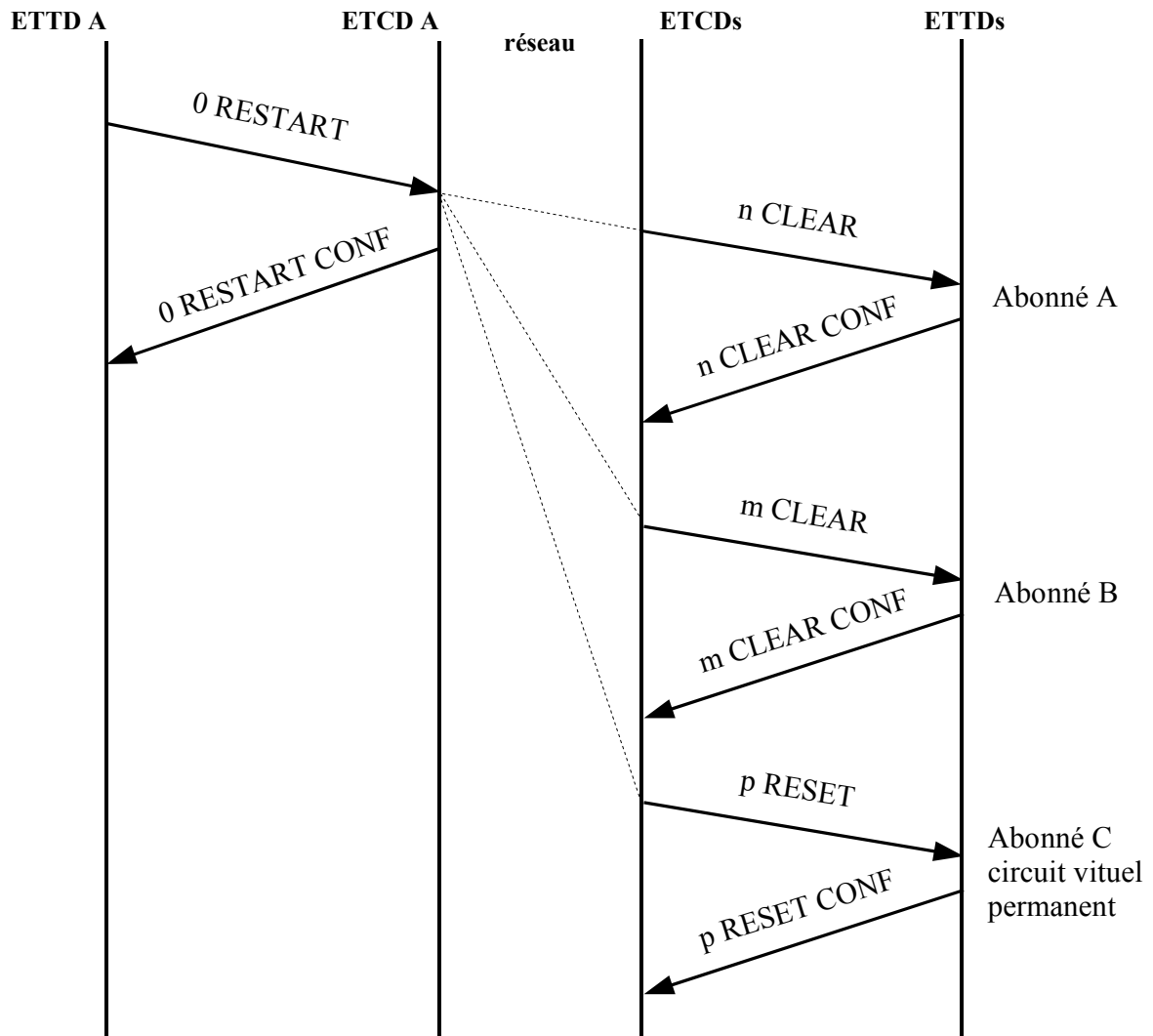


Figure 20. Mécanisme de reprise

Le réseau confirme la reprise en émettant un paquet de confirmation de reprise [restart conf]. Toutes les voies logiques commutées du côté de l'ETTD demandeur de la reprise sont libérées; toutes les voies logiques permanentes sont réinitialisées.

La libération des voies logiques commutées est bien entendu communiquée aux ETTD distants qui reçoivent un paquet d'indication de libération [clear].

La réinitialisation des voies logiques permanentes est également communiquée aux ETTD distants sous la forme d'un paquet d'indication de réinitialisation [reset].

Reprise par le réseau

Le réseau peut indiquer une reprise en transmettant un paquet de reprise [restart]. Dans cet état, le réseau ignore tous les paquets, sauf ceux de demande de reprise et de paquet de confirmation de reprise.

L'ETTD confirme la reprise en émettant un paquet de confirmation de reprise [restart conf]. Là également, les voies logiques commutées sont toutes libérées, et les voies logiques permanentes sont toutes réinitialisées.

Causes et diagnostics de reprise

Le paquet de reprise comporte des champs de cause (cf. tableau 7, page 4848) et de diagnostic (cf. section 6, « Tables des diagnostics », page 58) qui en précisent les raisons. Dans le cas où la reprise est provoquée par un ETTD, celui-ci peut utiliser le champ de diagnostic à son gré, et sa valeur sera transmise à l'ETTD distant (octet de diagnostic du paquet d'indication de libération remis à l'ETTD distant).

Conséquences d'une reprise

Tous les paquets de données et d'interruption émis par l'ETTD (ou le réseau) avant le déclenchement d'une procédure de libération, de réinitialisation ou de reprise sont transmis à l'ETTD distant avant que l'ETCD distant transmette l'indication correspondante à l'interface distante, ou sont mis au rebut par le réseau.

Aucun paquet de données ou paquet d'interruption émis par un ETTD (ou le réseau) après l'achèvement d'une procédure de réinitialisation à l'interface locale n'est remis à l'ETTD distant avant l'achèvement de la procédure de réinitialisation correspondante à l'interface distante.

Quand un ETTD déclenche une procédure de libération, de réinitialisation ou de reprise à son interface locale, tous les paquets de données et d'interruption, qui ont été remis par l'ETTD distant (ou par le réseau) avant que l'indication correspondante ait été transmise à l'ETTD distant sont remis à l'ETTD d'origine avant la confirmation par l'ETCD de la demande de libération, de réinitialisation ou de reprise, ou bien sont mis au rebut par le réseau.

3.3.3. Autres erreurs

Le paquet de diagnostic [diag] (cf. section 4.11, page 49) est utilisé par certains réseaux (exemple : Transpac) pour indiquer des conditions d'erreur, dans des circonstances où les méthodes habituelles d'indication (réinitialisation, libération et reprise avec cause et diagnostic) sont inapplicables. Le paquet diagnostic fournit une information sur les erreurs qui sont considérées comme incorrigibles au niveau paquet ; l'information fournie permet une analyse des erreurs et une correction par des couches plus élevées, si cela est souhaité ou possible.

Un paquet de diagnostic [diag] est émis une seule fois par apparition particulière d'une condition d'erreur. Il n'est pas nécessaire que l'ETTD émette une confirmation lorsqu'il reçoit un paquet de diagnostic.

3.4. Collisions

Plusieurs types de collisions peuvent se produire :

1. la collision d'appel ;
2. la collision de libération ;

3. la collision de réinitialisation ;
4. la collision de reprise.

3.4.1. Collision d'appel

Une collision d'appel se produit lorsque l'ETTD et le réseau utilisent la même voie logique, le premier pour émettre un paquet d'appel sortant, le second pour émettre un paquet d'appel entrant. Dans ce cas, le réseau traite le paquet d'appel sortant et ne tient pas compte du paquet d'appel entrant.

3.4.2. Collision de libération

Une collision de libération intervient lorsqu'un ETTD et le réseau transmettent simultanément un paquet de libération précisant la même voie logique. Dans une telle situation, le réseau et l'ETTD considèrent que la libération est achevée ; ils n'attendent pas de paquet de confirmation de libération. La voie logique passe à l'état prêt.

3.4.3. Collision de réinitialisation

Il peut se produire une collision de réinitialisation lorsque l'ETTD et le réseau émettent simultanément un paquet de réinitialisation précisant la même voie logique. Dans ce cas, l'ETTD et l'ETCD considèrent que la réinitialisation est achevée.

3.4.4. Collision de reprise

Il se produit une collision de reprise lorsqu'un ETTD et un ETCD émettent simultanément un paquet de reprise. Dans un tel cas, l'ETCD et l'ETTD considèrent que la reprise est terminée et n'attendent pas de paquet de confirmation de reprise.

Chapitre 4. Description des paquets

4.1. Format général des paquets

La figure 21 précise le format général de tous les paquets.

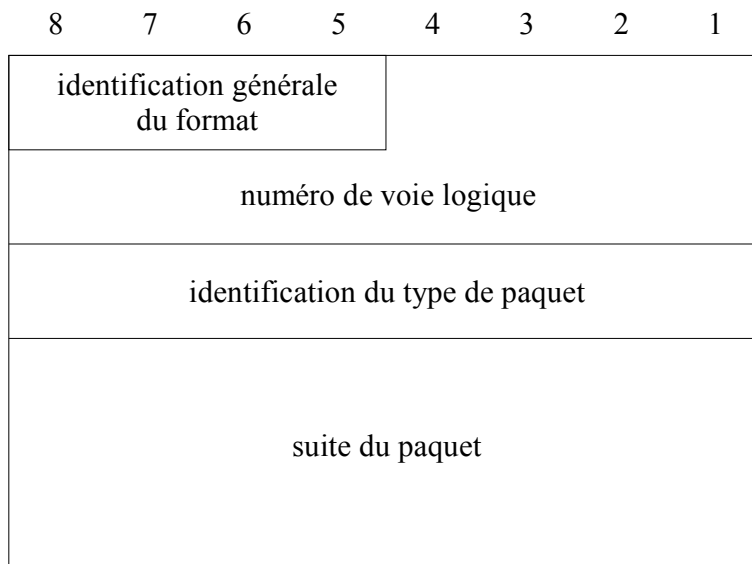


Figure 21. Format général des paquets

Remarque : dans la figure 21 les éléments binaires d'un octet sont numérotés de 8 à 1, l'élément binaire 1 étant l'élément binaire de poids faible, transmis en premier. Les octets d'un paquet sont numérotés à la suite à partir de 1 ; ils sont transmis dans cet ordre. Le format des trois premiers octets d'un paquet est le même quel que soit le type d'un paquet.

4.1.1. Identification générale du format

Ce demi-octet sert à indiquer le format général du paquet. Il occupe les éléments binaires 5 à 8 du premier octet. Le bit 8 est appelé bit Q (bit qualificatif de données) ou A (bit d'adresse). Le bit 7 est appelé bit D (bit de confirmation de remise ; D = delivery). Les bits 6 et 7 permettent de faire la distinction entre une numérotation modulo 8 (« 01 ») et numérotation modulo 128 (« 10 »).

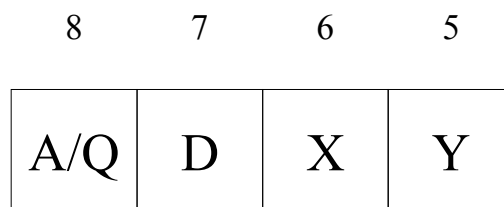


Figure 22. Format du champ « identificateur général de format »

bit 8

Le bit 8 est le bit A dans les paquets de connexion (call et call conf) et les paquets de libération (clear et clear conf) ; il permet de spécifier la structure du bloc d'adresse.

Ce même bit 8 représente le bit Q (qualificatif de données) dans les paquets de données.

Le bit 8 est à 0 dans tous les autres paquets.

bit 7

Le bit 7 est le bit D (delivery) dans les paquets d'appel et de confirmation d'appel (call et call conf) ainsi que dans les paquets de données. Il permet d'obtenir une confirmation de bout en bout des paquets de données.

Il est à 0 dans tous les autres paquets.

bits 6 et 5

Ces bits permettent de définir le modulo de la numérotation utilisée dans les paquets de données et les paquets RR, RNR et REJ.

XY = 01 : modulo 8

XY = 10 : modulo 128

XY = 11 : modulo 32768 (non développé dans ce document).

4.1.2. Numéro de voie logique

Ce champ est présent dans tous les paquets sauf les paquets de reprise et paquet de diagnostic (il est codé à 0 dans ce cas là). Sa signification est locale à l'interface ETTD/ETCD.

4.1.3. Identification du type de paquet

Le tableau 1 résume les différentes possibilités. Remarque : un élément binaire noté « x » peut prendre la valeur « 0 » ou « 1 ».

Tableau 1. Identification de type de paquet

<i>Paquet</i>	<i>8765 4321</i>
appel	0000 1011
confirmation d'appel	0000 1111
libération	0001 0011
confirmation de libération	0001 0111
données	xxxx xxx0
interruption	0010 0011
confirmation d'interruption	0010 0111
RR modulo 8	xxx0 0001
RR modulo 128	0000 0001
RNR modulo 8	xxx0 0101
RNR modulo 128	0000 0101

<i>Paquet</i>	<i>8765 4321</i>
REJ modulo 8	xxx0 1001
REJ modulo 128	0000 1001
réinitialisation	0001 1011
confirmation de réinitialisation	0001 1111
reprise	1111 1011
confirmation de reprise	1111 1111
diagnostic	1111 0001
demande d'enregistrement	1111 0011
acceptation d'enregistrement	1111 0111

4.2. Appel

La figure 23 donne la structure générale d'un paquet d'appel. La longueur maximale d'un paquet d'appel ne doit pas dépasser 259 octets.

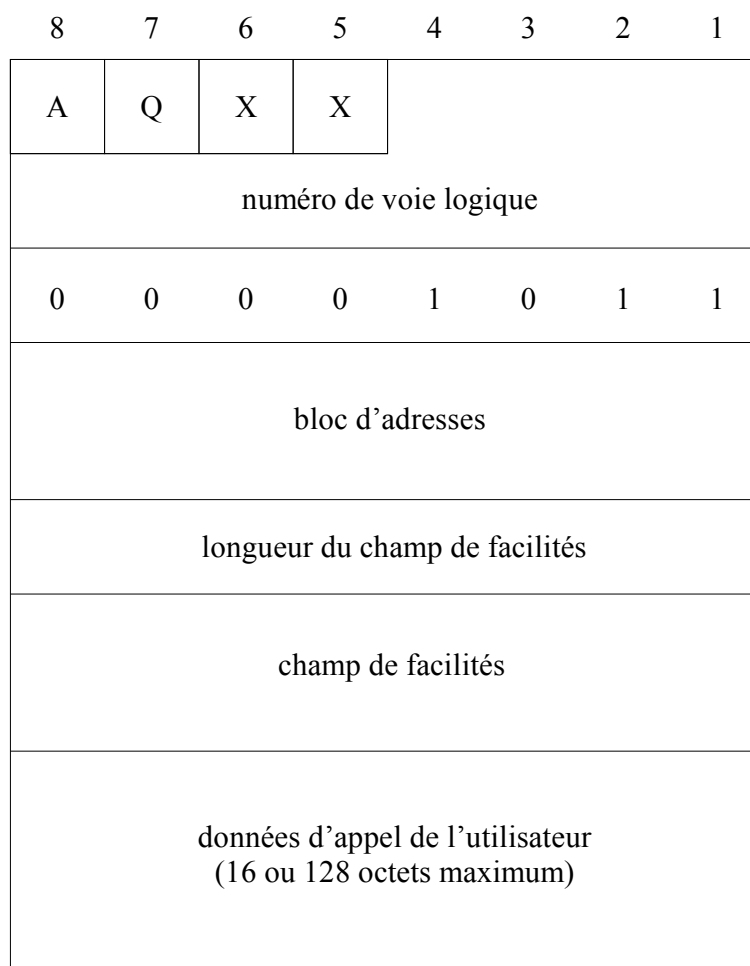


Figure 23. Structure d'un paquet d'appel

4.2.1. Bloc d'adresse

Le bloc d'adresse possède deux formats selon la valeur du bit A du champ «identificateur général de format».

Le premier format est appelé « non TOA/NPI »¹⁵ ; il est sélectionné avec A = 0. Ce format est compatible avec des adresses conformes à ITU-T X.121 ou ITU-T X.301 dont la longueur ne dépasse pas 15 chiffres.

Le second format, appelé « TOA/NPI », est sélectionné avec A = 1. Ce format est utilisable pour :

1. des adresses conformes à ITU-T X.121 ou ITU-T X.301 dont la longueur est supérieure à 15 chiffres ;
2. des adresses de remplacement (non conformes à ITU-T X.121 ou ITU-T X.301 ; par exemple des adresses IP).

Le bloc d'adresse du format TOA/NPI contient (outre l'adresse proprement dite) des champs permettant de spécifier le type d'adresse (TOA = type of address) et l'identification du plan de numérotage (NPI = numbering plan identifier).

4.2.1.1. Format «non TOA/NPI» (normal)

Adresses conformes X.121 / X.301 de longueur inférieures ou égales à 15 chiffres. La figure 24 donne le format du bloc d'adresse quand A = 0.

longueur de l'adresse de l'appelant	longueur de l'adresse de l'appelé
adresses de l'appelé et de l'appelant dans cet ordre	
0 0 0 0	

Figure 24. Bloc d'adresses (A = 0)

4.2.1.1.1. Champ des longueurs d'adresses

L'octet 4 est affecté aux indicateurs de longueur de champ pour les adresses des ETDD appelant et appelé, et indiquent la longueur exprimée en demi-octets des adresses de l'ETDD appelé et appelant.

4.2.1.1.2. Champ d'adresses

L'octet 5 et les octets suivants contiennent l'adresse de l'ETDD appelé, lorsqu'elle est présente, suivie de l'adresse de l'ETDD appelant lorsqu'elle est présente. Chaque chiffre d'adresse est codé sur un demi-octet. Si le nombre total de chiffres est un nombre impair, on complète par un demi-octet de zéros.

¹⁵ TOA/NPI = type of address / numbering plan identifier ; type d'adresse / identificateur de plan de numérotage.

4.2.1.2. Format «TOA/NPI» (adressage étendu)

Ce format est utilisé pour des adresses comportant plus de 15 chiffres (X.121 ou X.301) ou non conformes X.121 / X.301. La figure 25 donne le format du bloc d'adresse quand A = 1.

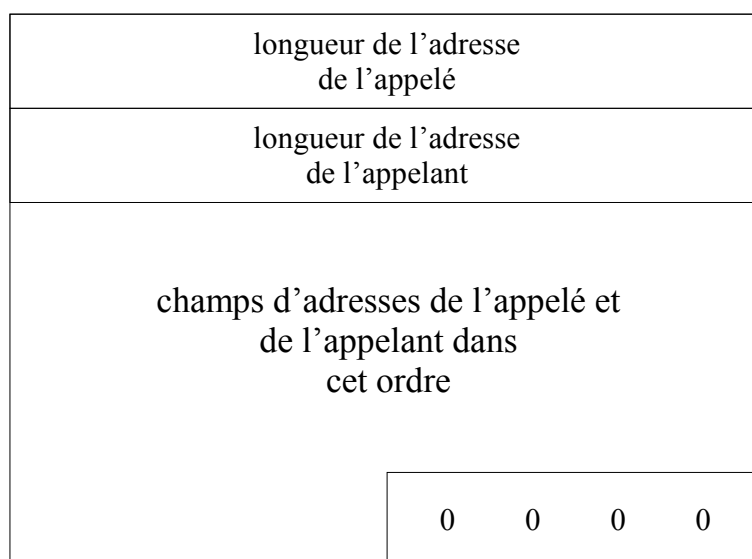


Figure 25. Bloc d'adresses (A = 1)

4.2.1.2.1. Champs des longueurs d'adresses

Ces champs ont une longueur de 1 octet. Ils indiquent la longueur, comptée en demi-octets, des adresses d'appelant et d'appelé. La valeur maximale d'un indicateur de longueur ne doit pas dépasser 17 si l'adresse est conforme à X.121 ou X.301. Cette valeur maximale ne s'applique pas si le champ de type d'adresse indique une adresse de remplacement (non conforme X.121 / X.301).

4.2.1.2.2. Champ d'adresses

Chaque champ d'adresse contient trois sous-champs :

1. sous-champ TOA (codé sur 4 bits) (cf tableau 2)
2. sous-champ NPI (codé sur 4 bits)
 - a) un codage pour des adresses dites de remplacement (cf. tableau 4) ;
 - b) un codage pour les autres types d'adresses (cf. tableau 3).
3. sous-champ des chiffres de l'adresse.

Tableau 2. Codage du sous-champ TOA

Bits	Type d'adresse
0000	numéro dépendant du réseau ¹⁶
0001	numéro international ¹⁷

¹⁶ Dans ce cas, les chiffres d'adresses présents après les sous-champs TAO et NPI sont organisés conformément au plan de numérotage du réseau (indiqué par le sous-champ NPI). Par exemple, un préfixe ou un code d'échappement pourrait être présent.

<i>Bits</i>	<i>Type d'adresse</i>
0010	numéro national ^a
0101	adresse de remplacement ¹⁸
à définir	adresse complémentaire seule

Tableau 3. Codage du sous-champ NPI

<i>Bits</i>	<i>Plan de numérotage¹⁹</i>
0001	E.164
0011	X.121
à définir	Dépendant du réseau ²⁰

Tableau 4. Codage NPI pour adresses de remplacement

<i>Bits</i>	<i>Directive de codages</i>
0000	Adresse mnémorique codée conformément à T.50
0001	Adresse OSI conformément à X.213 / ISO 8348
0010	Adresse MAC conforme à ISO 8802
0011	Adresse IP conforme à RFC 877

4.2.1.2.3. Exemples

Un abonné X.25 standard, d'adresse X.121 1911509860615, désire appeler une station d'adresse IP 157.159.100.40 (on suppose que l'interconnexion est possible).

On obtiendra : A = 1 (adresse TOA/NPI)

1. adresse de l'appelé
 - a) TOA = 05 (adresse de remplacement)
 - b) NPI = 03 (adresse IP conforme à RFC 877)
 - c) chiffres de l'adresse : 157 159 100 40 à raison d'un nombre par octet (soit 4 octets).
2. adresse de l'appelant :
 - a) TOA = 00 (numéro dépendant du réseau)

17 Comme dans la recommandation ITU-T Q.931, le préfixe ou le code d'échappement ne doivent pas être inclus dans le sous-champ des chiffres d'adresses.

a Même remarque que pour le numéro international.

18 Lorsque le TOA indique une adresse de remplacement, le sous-champ NPI est interprété comme une directive de codage conformément au Tableau 4.

19 Un mécanisme équivalent à celui fourni par les chiffres d'échappement, défini dans X.121, n'est pas encore défini pour servir avec les possibilités TOA/NPI ; ce mécanisme n'utilisera pas le sous-champ NPI. Jusqu'à ce qu'un mécanisme de ce type soit disponible (éventuellement, un service complémentaire), seul le point de code X.121 est utilisé. Les codes d'échappement X.121 sont appliqués et, en cas d'utilisation, le sous-champ TOA indique le numéro dépendant du réseau.

20 Dans ce cas, les chiffres d'adresses présents après les sous-champs TAO et NPI sont organisés conformément au plan de numérotage du réseau (indiqué par le sous-champ NPI). Par exemple, un préfixe ou un code d'échappement pourrait être présent.

b) NPI = 03 (adresse X.121)

c) chiffres de l'adresse : 1911509860615 à raison d'un chiffre par demi-octet.

Un abonné X.25 standard, d'adresse X.121 1911509860615, désire appeler une station d'adresse X.121 191150396.

On obtient: A=0 (adresses non TOA/NPI)

1. adresse de l'appelé :

a) longueur de l'appelé = 9

b) chiffres de l'adresse : 191150396 à raison d'un chiffre par demi-octet.

2. adresse de l'appelant :

a) longueur de l'appelant : 13

b) chiffres de l'adresse : 1911509860615 à raison d'un chiffre par demi-octet.

4.2.2. Champ de longueur du champ de facilités

Les éléments binaires 7 à 1 de l'octet suivant le bloc champ d'adresse indiquent la longueur en octets du champ de facilités.

4.2.3. Champ de facilités

Le champ de facilités n'est présent que lorsque l'ETTD utilise une facilité optionnelle. Le champ contient un nombre entier d'octets. La longueur maximale de ce champ dépend des facilités qui sont demandées. (cf. section 5, « Services complémentaires »).

4.2.4. Champ des données de l'utilisateur

Faisant suite au champ de facilités, le champ des données de l'utilisateur peut contenir jusqu'à 16 (en standard) ou 128 octets. Ce champ est bien entendu optionnel. La variante de 128 octets doit être demandée dans le champ de facilités.

4.3. Confirmation d'appel

La figure 26, page 41, donne la structure générale d'un paquet de confirmation d'appel.

Les trois premiers octets du paquet de confirmation d'appel sont obligatoires.

Les octets suivants sont optionnels et peuvent ne pas être présents.

Le bloc d'adresses n'est présent que si des adresses sont utilisées. Toutefois, si aucune adresse n'est présente, et qu'il existe un champ de facilités, il est nécessaire d'inscrire la valeur zéro dans le champ des longueurs d'adresses (selon la version non TOA/NPI).

Le bloc d'adresses peut par exemple être utilisé pour indiquer que l'ETTD qui a confirmé l'appel n'est pas celui qui était initialement appelé (transfert d'appel).

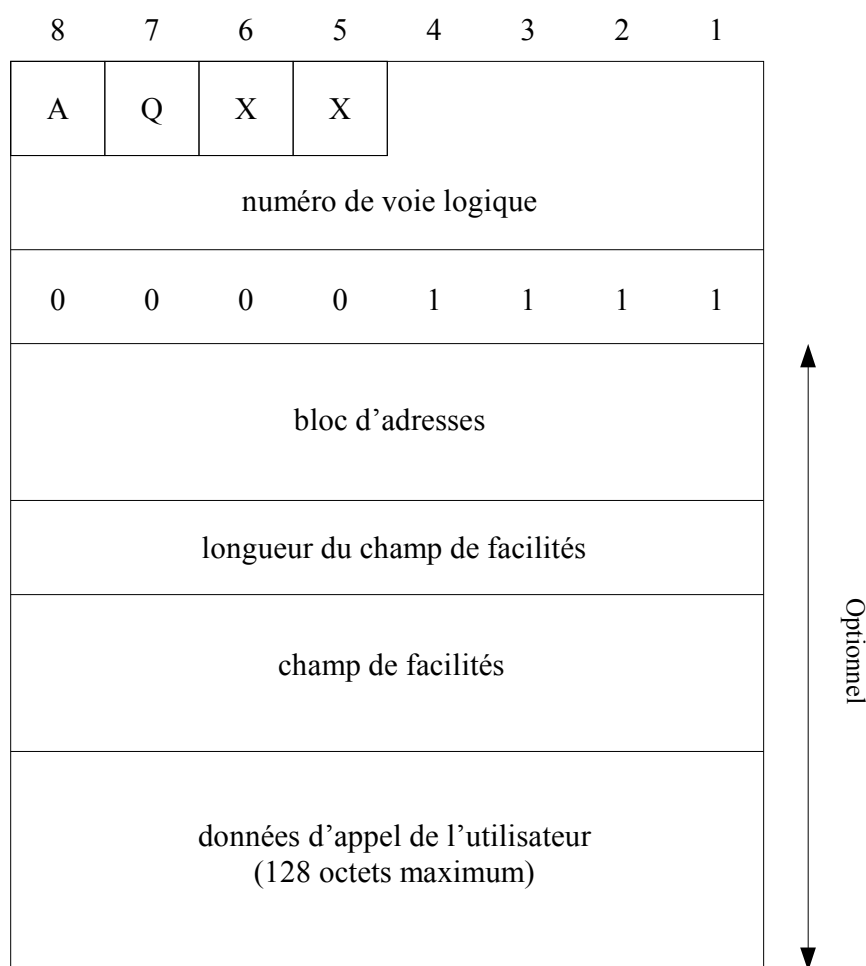


Figure 26. Structure d'un paquet de confirmation d'appel

4.4. Libération

La Figure 27, page 42, donne la structure générale d'un paquet de libération.

4.4.1. Champ de cause de libération

L'octet 4 d'un paquet de libération est le champ de cause de libération; il indique la cause de la libération de la communication. Les différentes valeur de cet octet sont présentées dans le tableau 5.

Dans les paquets de libération émis par un ETTD, l'octet de cause ne peut avoir que la valeur «origine ETTD» du tableau 5.

Tableau 5. Causes de libération

<i>Cause</i>	<i>87654321</i>	<i>hexadécimal</i>
origine ETTD ²¹	00000000 1xxxxxxx	00 yx
numéro occupé	00000001	01
dérangement	00001001	09
erreur de procédure distante	00010001	11

²¹ Lorsque le bit 8 est mis à 1, les bits représentés par x sont ceux inclus par l'ETTD distant dans le champ de cause.

<i>Cause</i>	<i>87654321</i>	<i>hexadécimal</i>
acceptation de la taxation à l'arrivée non souscrite	00011001	19
destination incompatible	00100001	21
acceptation de la sélection rapide non souscrite	00101001	29
navire absent	00111001	39
demande de service complémentaire non valide	00000011	03
accès interdit	00001011	0B
erreur de procédure locale	00010011	13
saturation du réseau	00000101	05
numéro inconnu	00001101	0D
EPR en dérangement	00010101	15

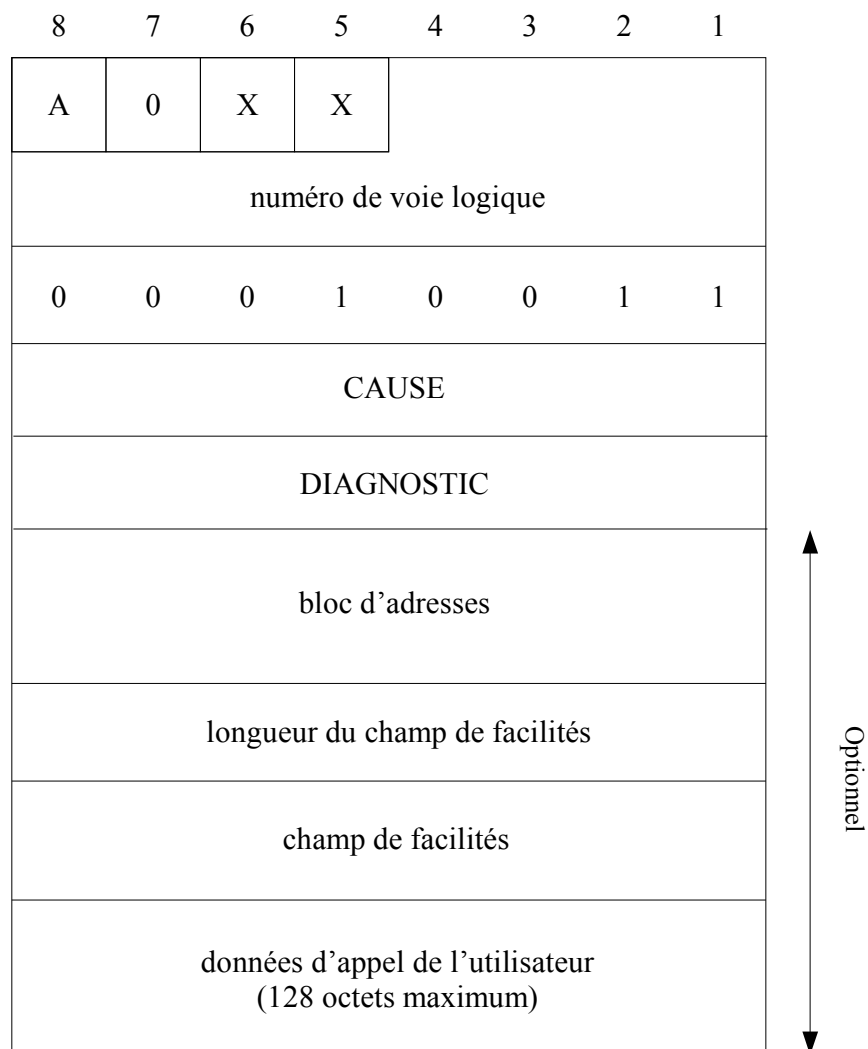


Figure 27. Structure d'un paquet de libération

4.4.2. Champ de diagnostic

Cet octet contient l'information supplémentaire sur la cause de la libération de la communication (voir la section 6, « Tables des diagnostics », pour la liste des codes de diagnostic émis par le réseau).

Dans le cas où la cause de la libération est origine ETDD, l'octet de diagnostic est fourni par l'ETDD qui libère la communication. Le contenu sémantique de l'octet de diagnostic dépend alors de l'ETDD.

4.5. Confirmation de libération

La Figure 28, « Structure d'un paquet de confirmation de libération », donne la structure générale d'un paquet de confirmation de libération.

Les champs de ce paquet ont la même signification et le même codage que ceux du paquet de libération.

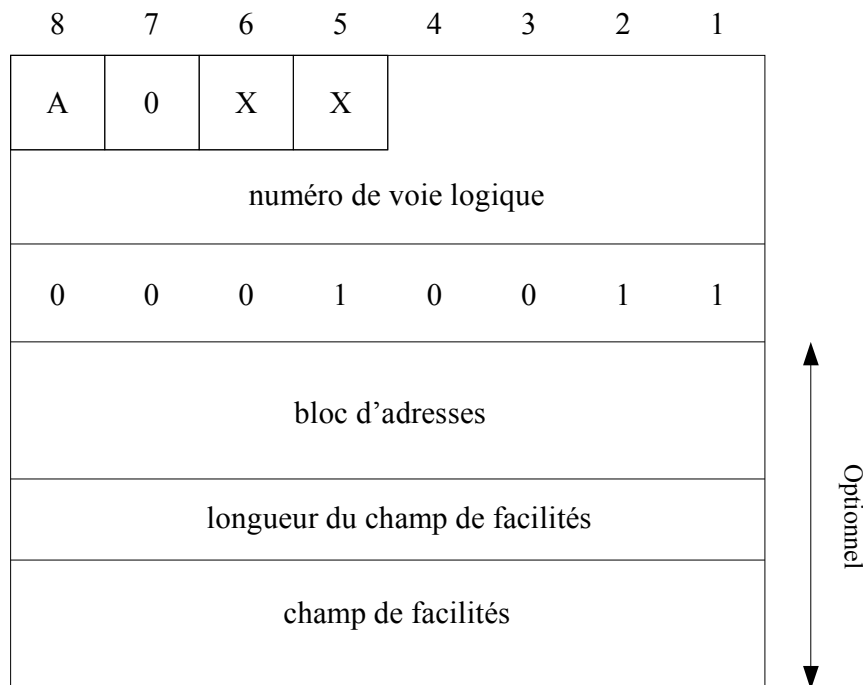


Figure 28. Structure d'un paquet de confirmation de libération

4.6. Données

La figure 29, page 44, donne la structure d'un paquet de données au format normal de numérotation (modulo 8) et la figure 30 donne celle au format étendu (modulo 128).

4.6.1. Champ de données

La longueur maximale normalisée du champ de données est de 128 octets. De plus, les Administrations peuvent permettre des longueurs de champs maximum de 16, 32, 64, 256, 512, 1024, 2048 et 4096 octets. La longueur maximum du champ de données peut être négociée communication par communication. Naturellement, le champ de données peut contenir un nombre de bits inférieur ou égal au maximum choisi. Certains réseaux exigent que le champ de données contienne un nombre entier d'octets.

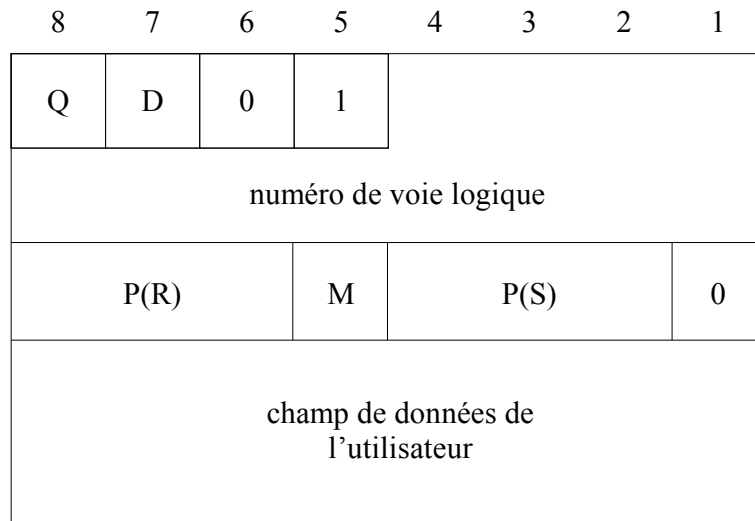


Figure 29. Structure d'un paquet de données ; format normal

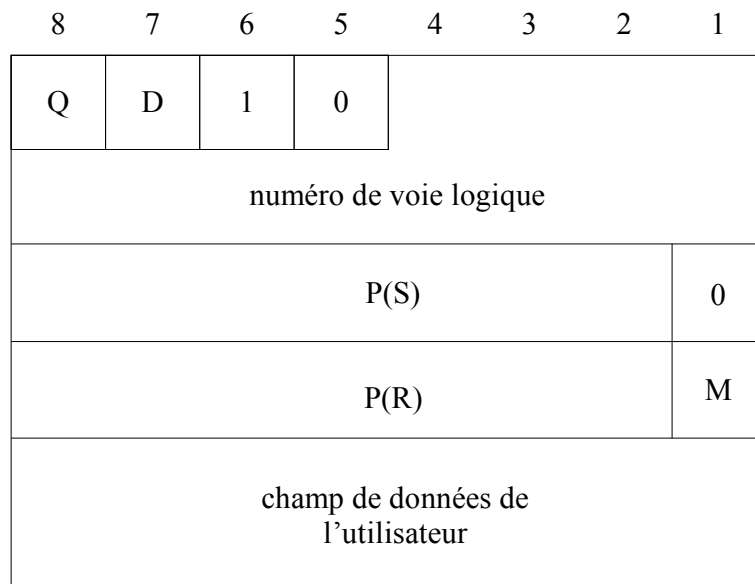


Figure 30. Structure d'un paquet de données ; format étendu

4.6.2. Numéro de voie logique

Le numéro de voie logique identifie localement le circuit virtuel.

4.6.3. Numéros de séquence P(R) et P(S).

Le champ P(R) est utilisé pour indiquer le numéro de séquence du prochain paquet de données que l'on peut recevoir. Le champ P(S) est utilisé pour indiquer le numéro de séquence du paquet de données que l'on émet.

4.6.4. Éléments binaires M, Q, et D

L'élément binaire M (more data) est utilisé pour gérer la segmentation des NSDU (cf. Section 3.2.5, page 24). Le bit M est à 0 s'il n'y a pas de données à suivre, et à 1 s'il y en a.

Le bit Q (qualify) permet aux ETTD de désigner deux niveaux de données, par exemple pour transmettre des messages de supervision par le même canal que les messages ordinaires²².

Le bit D (delivery) indique si l'ETTD souhaite ou non recevoir un accusé de réception de remise de bout-en-bout pour les données qu'il transmet. Tous les réseaux ne savent pas traiter le bit D.

4.7. Paquets RR et RNR

Les Figure 31, et Figure 32, donnent les deux structures d'un paquet RR (Receiver Ready). Les Figure 33 et Figure 34, donnent les deux structures d'un paquet RNR (Receiver Not Ready).

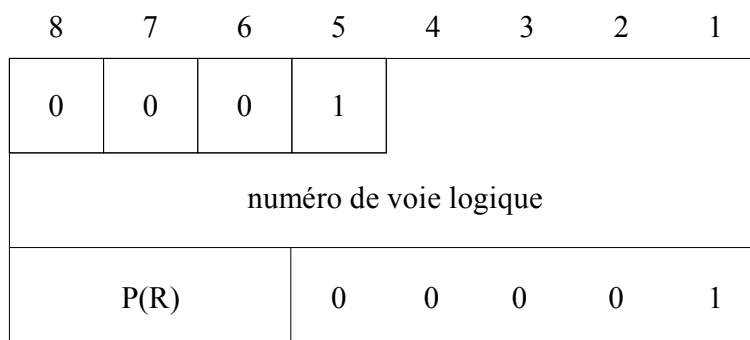


Figure 31. Paquet RR : prêt à recevoir ; format normal

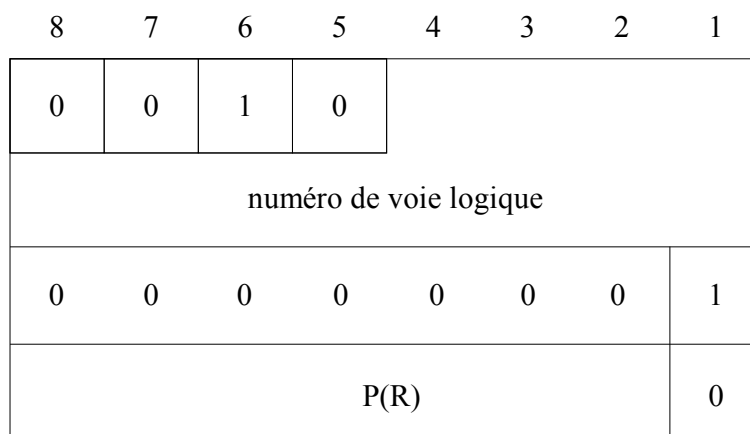


Figure 32. Paquet RR : prêt à recevoir ; format étendu

²² Le protocole X.29 utilise le bit Q. Les messages X.29 sont transmis avec Q=1. Les messages non X.29 sont transmis avec Q=0. La numérotation des paquets P(S) et P(R) est indépendante de la valeur de Q.

8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	1	0				
numéro de voie logique							
0	0	0	0	0	1	0	1
P(R)							0

Figure 34. Paquet RNR : non prêt à recevoir ; format étendu

4.8. Interruption et confirmation d'interruption

Les Figure 35 et Figure 36 présentent respectivement la structure d'un paquet d'interruption et celle d'un paquet de confirmation d'interruption. Vous noterez avec intérêt (je n'en doute pas) qu'il faut obligatoirement au moins un octet de données.

Ceci date de l'ère préhistorique (ou presque) de la genèse d'X.25. A cette époque, les concepteurs avait eu l'idée de pouvoir transmettre rapidement (d'où l'absence de contrôle de flux) un paquet devant « interrompre » un processus tournant sur une machine distante (quelque chose comme un contrôle-C ou un « break »). Ce paquet fut appelé paquet d'interruption. L'octet de données (le plus souvent « 00 ») pouvait servir d'information complémentaire (par exemple, le code du caractère correspondant à l'interruption)

En 1988, ce paquet s'est vu transformé en une sorte de paquet de données exprès en ayant son champ de données allongé jusqu'à 32 octets.

8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	1				
numéro de voie logique							
0	0	1	0	0	0	0	1
Données de l'utilisateur (1 à 32 octets)							

Figure 35. Paquet d'interruption

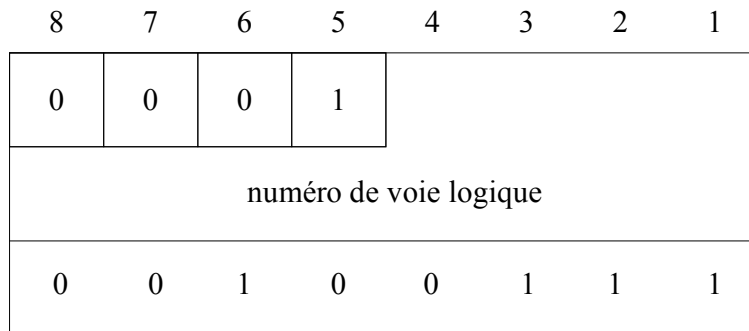


Figure 36. Paquet de confirmation d'interruption

4.9. Réinitialisation et confirmation de réinitialisation

Les Figure 37 et Figure 38 présentent respectivement la structure d'un paquet de réinitialisation et de confirmation de réinitialisation.

Le Tableau 6, quant à lui, présente les diverses causes de réinitialisation. Certaines causes ne concernent que les circuits virtuels permanents (CVP).

Tableau 6. Causes de réinitialisation

<i>Cause</i>	<i>Signification</i>	<i>Commentaire</i>
00 / 1xxxxxxx	par abonné distant ²³	
01	dérangement de l'abonné distant	CVP
03	erreur de procédure distante	
05	erreur de procédure locale	
07	saturation du réseau	
09	ETTD distant opérationnel	CVP
0F	réseau opérationnel	CVP
11	destination incompatible	
1D	réseau en dérangement	CVP

²³ lorsque le bit 8 de l'octet de cause est mis à 1, les autres bits de l'octet de cause sont ceux inclus par l'ETTD distant dans le champ de cause de réinitialisation

8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	1				
numéro de voie logique							
0	0	1	1	0	1	1	1
CAUSE							
DIAGNOSTIC							

Figure 37. Paquet de réinitialisation

8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	1				
numéro de voie logique							
0	0	1	1	1	1	1	1

Figure 38. Paquet de confirmation de réinitialisation

4.10. Reprise et confirmation de reprise

Les Figure 39, et Figure 40, présentent respectivement la structure d'un paquet de reprise et de confirmation de reprise. La voie logique utilisée pour ces paquets est toujours la voie zéro. Cette voie est considérée comme étant réservée au service du réseau. Le tableau 7 donne les diverses causes de reprise.

Tableau 7. Causes de reprise

Cause	Signification
00 / 1xxxxxxx	origine ETTD
01	erreur de procédure locale
03	saturation du réseau
07	réseau opérationnel
7F	Enregistrement/annulation confirmé ²⁴

²⁴ Peut être reçu seulement si le service complémentaire d'enregistrement en ligne des services complémentaires est utilisé.

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

Figure 40. Paquet de confirmation de reprise

DIAGNOSTIC

Figure 39. Paquet de reprise

4.11. Diagnostic

La Figure 41 présente la structure d'un paquet de diagnostic.

La voie logique utilisée pour ce paquet est toujours la voie zéro. Cette voie est considérée comme étant réservée au service du réseau. L'octet de code de diagnostic est donné en section 6, « Tables des diagnostics ».

8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	X	X	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	1
CODE DE DIAGNOSTIC							
EXPLICATION DE DIAGNOSTIC							

Figure 41. Paquet de diagnostic

Chapitre 5. Services complémentaires

5.1. Généralités

Ces services complémentaires (ou facilités) offerts aux ETTD sont disponibles sur demande de l'ETTD demandeur si celui-ci y a souscrit pour une période donnée. Ils peuvent être mis en œuvre de diverses manières :

1. Au moment de l'établissement des circuits virtuels avec éventuellement négociation au moment de l'établissement du circuit. La demande est effectuée par l'intermédiaire du paquet d'appel (champ de facilités) (cf. section 5.4, page 53).
2. Systématiquement à chaque établissement sans négociation (c'est-à-dire par abonnement) (cf. section 5.2).

5.2. Services non demandés par champ de facilités

5.2.1. Numérotation séquentielle étendue des paquets

Elle s'applique à toutes les voies logiques de l'interface ETTD/réseau. Ce service assure une numérotation étendue séquentielle des paquets de données modulo 128.

5.2.2. Modification du bit D

Ce service s'applique à toutes les communications virtuelles de l'interface ETTD/ réseau. Il est uniquement destiné aux ETTD désirant fonctionner avec la signification de numéro de séquence P(R) de bout-en-bout dans un réseau national.

5.2.3. Retransmission des paquets

Ce service s'applique à toutes les communications de l'interface ETTD/réseau. Il permet à un ETTD de demander à un réseau la retransmission des paquets d'un ou plusieurs paquets de données consécutifs émis par le réseau. Pour cela, l'ETTD transmet un paquet de rejet (REJ) précisant le numéro de voie logique et un numéro de séquence P(R).

Le réseau retransmet les paquets de données en commençant à P(R).

5.2.4. Interdiction des appels à l'arrivée

Ce service s'applique à toutes les communications de l'interface ETTD/réseau. L'abonnement à ce service empêche les communications entrantes d'être présentées à l'ETTD. L'ETTD peut établir des communications de départ.

5.2.5. Interdiction des appels au départ

Ce service s'applique à toutes les communications de l'interface ETTD/réseau. L'abonnement à ce service empêche le réseau d'accepter les communications sortantes en provenance de l'ETTD. L'ETTD peut recevoir des communications entrantes.

5.2.6. Voie logique unidirectionnelle au départ

L'abonnement à ce service empêche les communications entrantes d'être présentées à l'ETTD sur la voie logique. L'ETTD ne peut établir que des communications de départ sur cette voie.

5.2.7. Voie logique unidirectionnelle à l'arrivée

L'abonnement à ce service empêche les communications sortantes d'être acceptées par le réseau sur la voie logique. L'ETTD ne peut recevoir que des communications entrantes sur cette voie.

5.2.8. Longueur de paquet par défaut non standard

L'abonnement à ce service complémentaire permet de choisir les longueurs de paquets par défaut parmi celles de la liste de longueurs de paquets établie par l'Administration. En l'absence d'abonnement, la longueur par défaut est de 128 octets.

Des valeurs autres que celles qui ont été choisies pour la longueur des paquets par défaut peuvent être négociées pour une communication virtuelle au moyen du service complémentaire de négociation des paramètres de contrôle de flux.

5.2.9. Longueur de fenêtre par défaut non standard

L'abonnement à ce service complémentaire permet de choisir la taille de longueur de fenêtre par défaut non standard parmi celles de la liste établie par l'Administration. En l'absence d'abonnement, la taille de fenêtre par défaut est de 2.

Des valeurs autres que celles qui ont été choisies pour la taille de fenêtre par défaut peuvent être négociées pour une communication virtuelle au moyen du service complémentaire de négociation des paramètres de contrôle de flux.

5.2.10. Attribution de la classe de débit par défaut

En cas d'abonnement à ce service, les classes de débit par défaut sont choisies dans la liste établie par l'Administration.

Des valeurs autres que celles qui ont été choisies pour les classes de débit par défaut peuvent être négociées pour une communication virtuelle au moyen du service complémentaire de négociation de la classe de débit (cf. section 7, « Classes de débits »).

5.2.11. Acceptation de la taxation à l'arrivée

Ce service permet à un réseau de remettre à un ETTD des paquets d'appels entrants comportant le service de la taxation à l'arrivée ;

5.3. Codage du champ de facilités

Le champ de facilités contient un élément de facilité pour chaque service ou groupe de services demandés. Le premier octet de chaque élément indique le code du ou des services demandés. Les octets restants contiennent éventuellement un champ de longueur de paramètre de service, suivi du paramètre de service lui-même.

5.3.1. Classes de codes

Dans le but de spécifier des paramètres de service composés de 1, 2, 3 ou d'un nombre variable d'octets, les codes de service sont divisés en quatre classes. Les bits 8 et 7 de chaque code de service permettent la distinction de ces classes.

Le codage général des classe est montré par le tableau 8.

Tableau 8. Codage des classes de codes de service

<i>Classe</i>	<i>87654321</i>	<i>Signification</i>
A	00XXXXXX	paramètre à un octet
B	01XXXXXX	paramètre à deux octets
C	10XXXXXX	paramètre à trois octets
D	11XXXXXX	paramètre de longueur variable

5.3.2. Codage des codes

Le tableau 9 indique le code de chaque service optionnel (en hexadécimal).

Tableau 9. Codage des codes de service

<i>Service</i>	<i>Code</i>
Taille de paquet	42
Taille de fenêtre	43
Négociation de classe de débit	02
Sélection de GFU (format normal)	03
Sélection de GFU (format étendu)	47
Sélection de groupe fermé bilatéral	41
Sélection rapide	01
Taxation à l'arrivée	01
Identification d'utilisateur du réseau	C6
Informations de taxation	
• service demandé	04
• indication d'unité monétaire	C5
• indication de distance	non défini
• indication du segment de taxation	C2
• indication de la durée d'appel	C1
Choix de réseaux de transit (format normal)	44
Choix de réseaux de transit (format étendu)	C4
Notification de transfert d'appel	C3
Sélection du délai de transit	49

5.3.3. Codage des paramètres

Le codage des paramètres de service dépend du service demandé.

5.3.4. Catégories de codes

Il y a quatre catégories de codes :

1. services X.25 (cf. section 5.4, page 53) ;

2. services non-X.25 fournis par le réseau local ;
3. services non-X.25 fournis par le réseau distant (dans le cas de communications traversant plusieurs réseaux) ;
4. services ITU optionnels (cf. Section 5.5, page 56).

Des marqueurs de facilités, composés de deux octets, sont utilisés pour séparer les requêtes X.25 (catégorie 1) des trois autres catégories décrites ci-dessus. Lorsque plusieurs catégories sont simultanément présentes, les marqueurs de facilités sont utilisés pour séparer ces catégories les unes des autres. Dans ce cas, toutefois, les services X.25 doivent précéder les autres catégories de service, et les services ITU (catégorie 4) doivent suivre toutes les autres catégories.

Le premier octet d'un marqueur de facilités est un code de service dont tous les bits sont à zéro. Les valeurs pour le codage du second octet, qui est un paramètre de service dépend de la catégorie de facilités, sont les suivantes:

5.4. Services demandés par champ de facilités

5.4.1. Négociation des paramètres de contrôle de flux

L'abonnement à ce service permet la négociation des paramètres de contrôle de flux communication par communication. Les paramètres considérés sont la longueur du paquet et la taille de la fenêtre. Il n'est pas nécessaire que les longueurs de paquets et les tailles de fenêtres soient les mêmes aux deux extrémités d'une communication virtuelle.

5.4.1.1. Tailles de paquets

Paramètre sur deux octets :

- octet 1 : taille des paquets sens appelé - appelant
- octet 2 : taille des paquets sens appelant - appelé

Le tableau 10 donne le codage des tailles de paquets. Le principe de codage est simple puisqu'il obéit à la relation : $code = \log_2(taille)$

Tableau 10. Codage des tailles de paquets

<i>code</i>	<i>taille de paquet</i>
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256
9	512
10	1024
11	2048
12	4096

5.4.1.2. Tailles de fenêtre

Le paramètre est sur deux octets :

- octet 1: taille de la fenêtre sens appelé - appelant
- octet 2: taille de la fenêtre sens appelant - appelé

5.4.1.3. Négociation de la classe de débit

L'abonnement à ce service permet la négociation des classes de débit communication par communication. Les classes de débit sont considérées indépendamment pour chaque sens de transmission.

Le paramètre est sur un octet :

- Bits 8765: sens appelé - appelant
- Bits 4321: sens appelant - appelé

Voir la section 7 pour le codage binaire des débits.

5.4.2. Groupe fermé d'utilisateurs

L'ensemble des services complémentaires facultatifs de groupes fermés (GFU) permet aux utilisateurs de constituer des groupes d'ETTD dont l'accès à l'arrivée et/ou au départ est limité. Différentes combinaisons de limitations d'accès à destination et/ou en provenance des ETTD bénéficiant d'un ou de plusieurs de ces services se traduisent par différentes combinaisons d'accessibilité.

5.4.3. Groupe fermé d'utilisateurs bilatéral

L'ensemble des services complémentaires facultatifs de groupes fermés bilatéraux (GFUB) permet à deux ETTD de constituer des relations bilatérales leur permettant de communiquer entre eux, tout en excluant les communications avec les autres ETTD avec lesquels une relation de ce type n'a pas été établie. Différentes combinaisons de limitations d'accès applicables aux ETTD bénéficiant de ces services se traduisent par différentes combinaisons d'accessibilité.

5.4.4. Sélection rapide et taxation à l'arrivée

5.4.4.1. Sélection rapide

Ce service peut être demandé par un ETTD pour une communication virtuelle. Le service de sélection rapide, s'il est demandé dans un paquet d'appel et s'il n'indique aucune restriction de réponse, permet à ce paquet de contenir jusqu'à 128 octets de données ; il autorise le réseau à transmettre, pendant la durée de l'état attente de l'ETTD, un paquet de confirmation d'appel ou de libération comportant un champ de données pouvant comporter jusqu'à 128 octets, et dans le cas où la communication est établie, il autorise la transmission d'un paquet de libération ayant jusqu'à 128 octets de données.

5.4.4.2. Acceptation de la sélection rapide

Ce service permet à un réseau de remettre à un ETTD des paquets d'appels entrants comportant le service de la sélection rapide;

5.4.4.3. Taxation à l'arrivée

Un ETTD peut demander le service de taxation à l'arrivée pour une communication virtuelle donnée. En cas d'acceptation, la communication sera taxée à l'abonné appelé.

5.4.4.4. Codage

bit 1 = 0		taxation non demandée
bit 1 = 1		taxation demandée
bit 8 = 0	bit 7 = 0 ou 1	sélection non demandée
bit 8 = 1	bit 7 = 0	sélection demandée sans restriction
bit 8 = 1	bit 7 = 1	sélection demandée avec restriction

5.4.5. Avertissement de taxation

L'abonnement à ce service permet d'empêcher l'établissement de communications qui doivent être payées par l'abonné.

Le réseau ne transmet pas les paquets d'appels entrants comportant la facilités de taxation à l'arrivée.

Le réseau fait en sorte que les taxes soient imputées à un autre abonné (parfaitement identifié) chaque fois qu'un appel est demandé par l'ETTD.

5.4.6. Identification d'utilisateur du réseau

Cette facilité permet à l'ETTD d'indiquer dans son paquet d'appel des informations sur la facturation et la sécurité des réseaux utilisés.

5.4.7. Avis de taxation

Un ETTD peut demander ce service pour une communication virtuelle donnée, ou peut s'abonner à ce service pour une période donnée.

Si l'ETTD est celui qui doit être taxé, il peut demander à recevoir dans son paquet de libération ou de confirmation de libération des informations de taxation.

5.4.8. Choix de réseaux de transit

Ce service permet à l'ETTD appelant d'indiquer une séquence d'un ou plusieurs réseaux de transit par l'intermédiaire desquels la communication doit être acheminée.

5.4.9. Groupe de recherche

Ce service complémentaire répartit les appels entrants dont l'adresse est associée à un groupe de recherche à travers un groupement donné d'interfaces ETTD/réseau.

5.4.10. Transfert d'appel

Cette facilité permet le transfert d'un appel quand l'ETTD demandé est occupé ou hors service. Le service de base est limité généralement à un seul transfert d'appel.

5.4.11. Notification du transfert d'appel

Cette facilité permet d'avertir l'ETTD demandeur que son appel a été transféré, la raison du transfert et l'adresse vers où a été effectué le transfert.

5.4.12. Sélection du délai de transit

Le délai de transit choisi peut être indiqué par l'ETTD appelant dans son paquet d'appel. Le réseau, si cela est possible, alloue des ressources et établit un routage de manière à respecter le délai de transit demandé.

Codage: Le paramètre contient deux octets. Le délai de transit est exprimé en millisecondes et codé en binaire sur les deux octets. Le bit 8 de l'octet 1 est le bit de plus fort poids, et le bit 1 de l'octet 2 est le bit de plus faible poids.

5.5. Services optionnels ITU

Le Tableau 11 indique le code de chaque service ITU optionnel (en hexadécimal).

Tableau 11. Codage des codes de service ITU

<i>Service</i>	<i>Code</i>
Extension d'adresse appelant	CB
Extension d'adresse appelé	C9
Négociation de classe de débit minimum	0A
Délai de transit de bout-en-bout	CA
Négociation des données exprès	0B

5.5.1. Extension d'adresse appelant

L'octet suivant le code de service indique la longueur du paramètre en octets. Cette longueur vaut $n + 1$ où n est le nombre d'octets nécessaires pour coder l'adresse.

Le premier octet du paramètre indique, dans les bits 8 et 7, l'usage de l'adresse d'extension, comme indiqué par le Tableau 12.

Tableau 12. Usage des adresses d'extension

<i>Bits</i>		<i>Usage</i>
<i>8</i>	<i>7</i>	
0	0	transport d'une adresse complète OSI de NSAP
0	1	transport d'une adresse partielle OSI de NSAP
1	0	transport d'une adresse non-OSI
1	1	réservé

Les bits suivants du premier octets indique la longueur de l'adresse proprement dite (longueur maximum: 40 chiffres).

Les adresses sont codées à raison de deux chiffres par octets.

5.5.2. Extension d'adresse appelé

Voir la Section 5.5.1, page 56.

5.5.3. Classe de débit minimum

Pour le codage, voir la Section 5.4.1.3, page 54.

5.5.4. Délai de transit bout-en-bout

L'octet suivant le code de paramètre donne la longueur en octets du paramètre. Il peut prendre les valeurs de 2, 4 ou 6.

Les deux premiers octets du paramètre contiennent le délai de transit cumulé. Les octets 3 et 4 (optionnels) contiennent la valeur cible pour le délai. Les octets 5 et 6 (optionnels) contiennent le délai maximum acceptable. Les valeurs sont toutes exprimées en millisecondes et codées en binaire.

5.5.5. Données exprès

Bit 1 du paramètre = 0	pas d'utilisation des données exprès.
Bit 1 du paramètre = 1	utilisation des données exprès.

Chapitre6. Tables des diagnostics

Le tableau ci-dessous présente les différentes valeurs normalisées pouvant être insérées dans les octets de diagnostic des paquets de libération, de réinitialisation, de reprise et de diagnostic.

Tableau 13. Codage des octets de diagnostics

<i>Diagnostic</i>	<i>déc.</i>	<i>hex.</i>
aucun renseignement supplémentaire	0	00
P(S) non valable	1	01
P(R) non valable	2	02
type de paquet non valable	16	10
pour l'état r1	17	11
pour l'état r2	18	12
pour l'état r3	19	13
pour l'état p1	20	14
pour l'état p2	21	15
pour l'état p3	22	16
pour l'état p4	23	17
pour l'état p5	24	18
pour l'état p6	25	19
pour l'état p7	26	1A
pour l'état d1	27	1B
pour l'état d2	28	1C
pour l'état d3	29	1D
paquet non autorisé	32	20
paquet non identifiable	33	21
appel sur voie logique unidirectionnelle	34	22
type de paquet non valable sur circuit virtuel permanent	35	23
paquet sur voie logique non attribuée	36	24
pas d'abonnement à REJ	37	25
paquet trop court	38	26
paquet trop long	39	27
identificateur général de format non valable	40	28
paquet de reprise ou d'enregistrement avec voie logique non nulle	41	29
type de paquet incompatible avec le service complémentaire	42	2A
confirmation d'interruption non autorisée	43	2B
interruption non autorisée	44	2C
rejet non autorisé	45	2D

<i>Diagnostic</i>	<i>déc.</i>	<i>hex.</i>
fin de course du temporisateur	48	30
pour appel entrant	49	31
pour indication de libération	50	32
pour indication de réinitialisation	51	33
pour indication de reprise	52	34
difficultés d'établissement de communication	64	40
code de service complémentaire non autorisé	65	41
paramètre de service complémentaire non autorisé	66	42
numéro du demandé non valable	67	43
numéro du demandeur non valable	68	44
longueur de service complémentaire non valable	69	45
interdiction d'appels à l'arrivée	70	46
aucune voie logique disponible	71	47
collision d'appel	72	48
service complémentaire demandé en double	73	49
longueur d'adresse de valeur autre que 0	74	4A
longueur de service complémentaire autre que 0	75	4B
service complémentaire attendu et non fourni	76	4C
service complémentaire spécifié par CCITT non valable	77	4D
divers	80	50
code de cause incorrect en provenance de l'ETTD	81	51
non alignements des octets	82	52
éléments Q mis à des valeurs incompatibles	83	53
problèmes au niveau international	112	70
problème du réseau distant	113	71
problème de protocole international	114	72
liaison internationale hors service	115	73
liaison internationale occupée	116	74
problème de service compl. dans le réseau de transit	117	75
problème de service compl. dans le réseau distant	118	76
problème d'acheminement international	119	77
problème d'acheminement momentané	120	78
DNIC (Data Network Identifier Code) appelé inconnu	121	79
opération de maintenance	122	7A

Chapitre7. Classes de débits

Les classes de débit ci-dessous sont utilisés dans le champ de facilités (cf. section 5.2.10, « Attribution de la classe de débit par défaut » à la page 51) (cf. section 5.4.1.3., « Négociation de la classe de débit », à la page 54) (cf. section 5.5.3, « Classe de débit minimum », à la page 57).

Tableau 14. Codage des classes de débits de base

<i>Codage binaire</i>	<i>Débit (bit/s)</i>
0000	réservé
0001	réservé
0010	réservé
0011	75
0100	150
0101	300
0110	600
0111	1200
1000	2400
1001	4800
1010	9600
1011	19200
1100	48000
1101	64000
1110	128000
1111	192000