

Chapitre 7 : Le niveau Transport

/udd/bcousin/Pages-web-Armor/Enseignement/Reseaux-generalites/Cours/7.recover.fm - 1 juin 2001 18:26

Plan

- 1. Introduction p217
- 2. Mécanismes généraux p221
- 3. Le service Transport p244
- 4. Le protocole de Transport p249
- 5. Conclusion p275

Bibliographie

- Service et protocole Transport, ISO 8072 et 8073 (CCITT X.214 et X.224).
- D. Dromard &al., Réseaux informatiques : cours et ex., Eyrolles, tome 2, 1994. Chapitre 2.
- G. Pujolle, Les réseaux, Eyrolles, 1995. Chapitre 7.
- H. Nussbaumer, Téléinformatique, Presses polytech. romandes, tome 2, 1987. Chapitre 3.
- A. Tanenbaum, Réseaux, InterEditions, 1997. Chapitre 6.

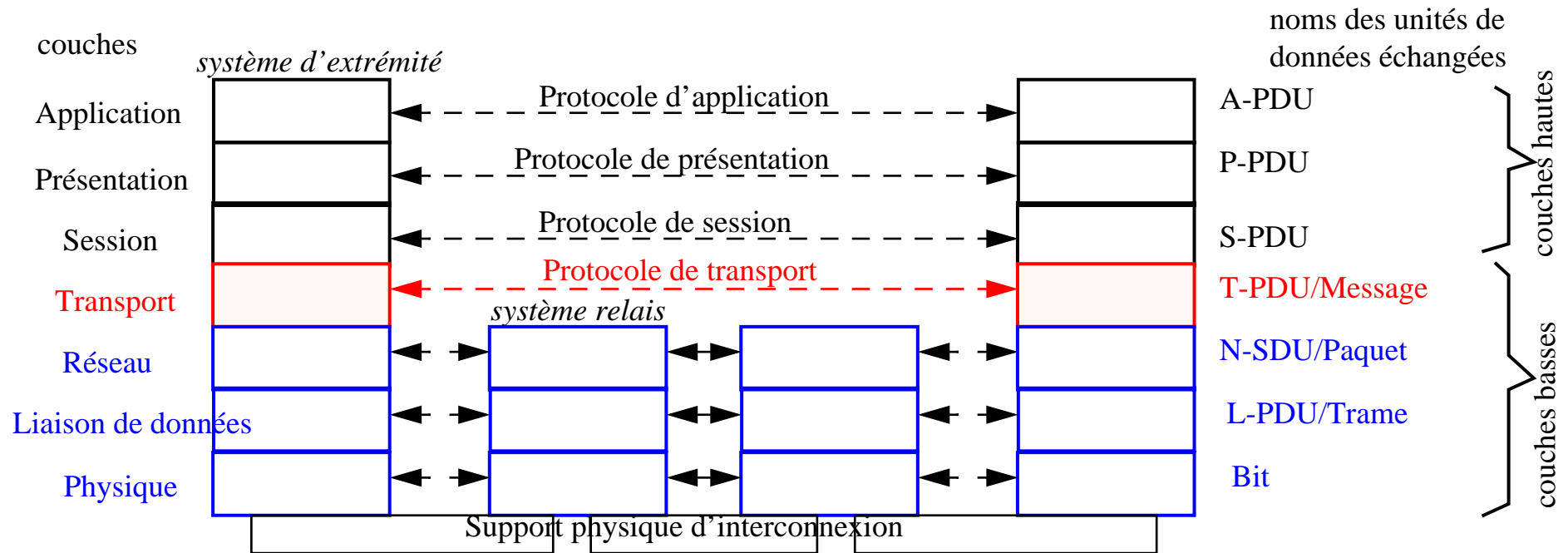
1. Introduction

1.1. Présentation

La couche Transport du modèle OSI :

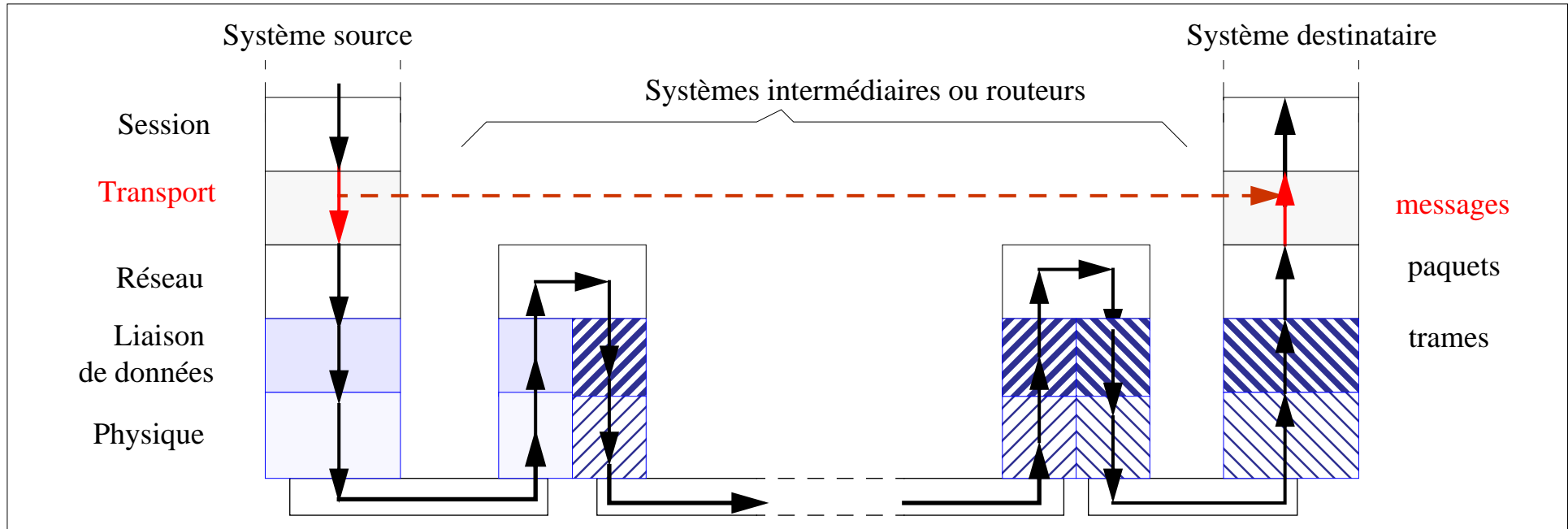
- quatrième couche du modèle de référence
- dernière couche des services de bas niveau.

La couche Transport assure la charnière entre les aspects applicatifs et les aspects liés à la transmission de données sur un réseau informatique.



La couche Transport assure le transport de **bout en bout** des données d'une façon sûre et efficace.

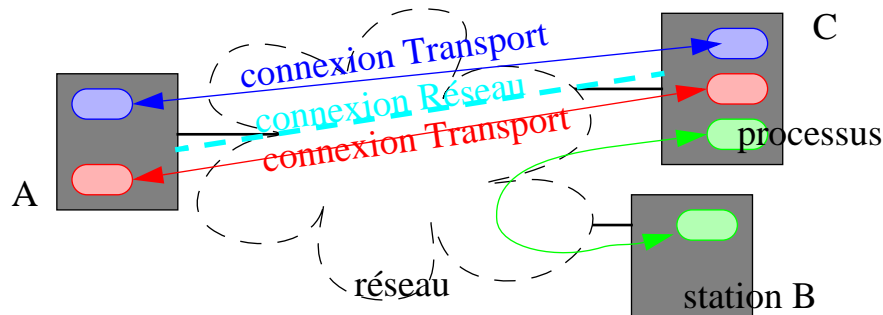
- transfert d'informations entre systèmes d'extrémité
- de manière efficace, fiable et économique,
- indépendamment de la nature des réseaux sous-jacents.



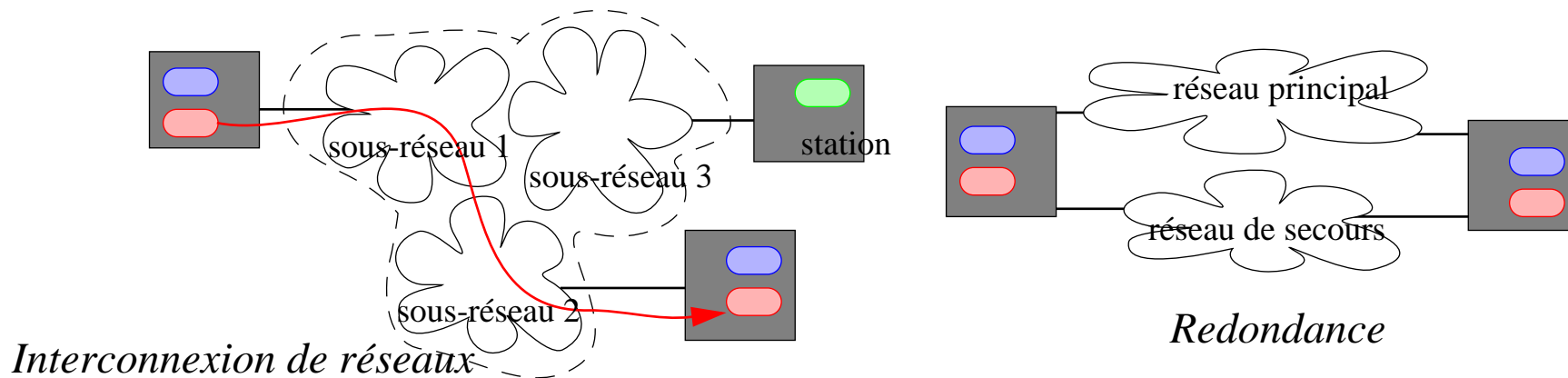
1.2. Ses fonctions

Les entités communicantes ne sont plus des stations mais des processus :

- adressage spécifique
- multiplexage des connexions Transport sur une connexion Réseau reliant les stations supportant les processus.



La connectivité doit être assurée et maintenue en dépit de la multiplicité des réseaux utilisés pour l'acheminement.

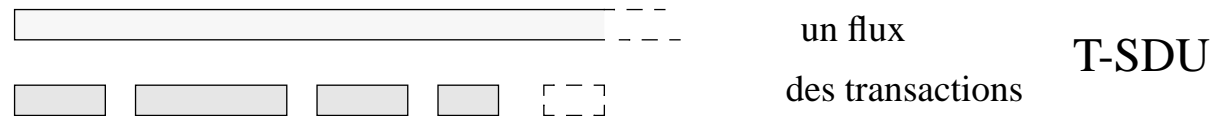


La couche Transport peut offrir les deux modes classiques de service :

- le mode connecté et le mode non connecté

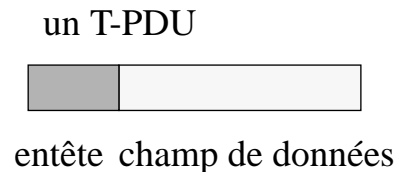
Deux types de services de transmission :

- flux continu de données (“stream oriented service”) : un seul T_SDU !
 - . ex. : flux vidéo
 - . ex. : service de base de TCP
- séquence d’unités de données (“record oriented service”) : une suite de T_SDU
 - . ex. : des transactions



Le message : c’est l’unité de données de transfert de niveau Transport (**T-PDU**).

- Définit la structure effective des informations transmises
- Il est généralement de taille variable et composé d’une entête et d’un champ de données.



2. Mécanismes généraux

2.1. Qualité de service (QoS)

La couche Transport optimise l'utilisation des ressources disponibles (du Réseau) pour atteindre (et maintenir) la **qualité de service** (de transmission de données) souhaitée par les entités supérieures (applicatives).

La notion de QoS peut être définie par l'ensemble des **paramètres** (délai de transit, débit, etc.) caractérisant les besoins des entités applicatives.

La valeur des paramètres peut être négociée :

- Lors de la phase d'établissement de la connexion, en fonction :
 - . des caractéristiques des réseaux sous-jacents
 - . des demandes des entités supérieures locales et distantes
 - . des mécanismes protocolaires disponibles

Pour chaque paramètre, l'OSI distingue trois ensembles de valeurs : **préférées**, **acceptables** et **inacceptables**.

La couche Transport joue un rôle de **garant de la QoS** : elle surveille les paramètres de QoS et elle doit déterminer si elle est en mesure de respecter ses engagements.

2.1.1 Quelques paramètres de QoS

- le délai d'établissement de la connexion
- la probabilité d'échec d'établissement de la connexion
- le débit de la connexion ("throughput") : dans chaque sens
- le délai de transmission
- la gigue ("jitter") : variation du délai
- le taux d'erreur résiduel
- la probabilité d'incident de transfert : non respect des contraintes précédentes
- la qualité de la sécurité de la connexion : niveau de protection
- la priorité relative des connexions entre-elles : dégradation des moins prioritaires
- la probabilité de résiliation de la connexionle délai de libération de la connexion
- la probabilité d'échec de libération de la connexion !
- etc.

Un **contrat** est ainsi déterminé entre les entités supérieures ayant demandé l'établissement de la connexion et la couche Transport.

2.2. Services fournis par la couche Réseau

Les mécanismes mis en oeuvre au sein d'un protocole Transport (pour rendre le service demandé) dépendent de l'environnement dans lequel il opère : c'est-à-dire des services fournis par la couche Réseau.

Du point de vue de la couche Transport, on distingue **trois niveaux** de service Réseau :

- niveau A (service fiable sans désynchronisation),
- niveau B (service fiable avec quelques désynchronisations)
- niveau C (service peu fiable)

2.2.1 Service Réseau de niveau A

Taux acceptable d'erreurs résiduelles : La fraction de paquets perdus, dupliqués ou corrompus est négligeable.

Taux acceptable d'incidents signalés : Les désynchronisations (N_RESET()) sont très rares.

- Par exemple : Cette catégorie de service est fournie par les **réseaux locaux**.

Le travail de la couche Transport est, pour ce niveau, très simple.

2.2.2 Service Réseau de niveau B

Taux acceptable d'erreurs résiduelles.

Taux inacceptable d'incidents signalés : la couche Réseau émet trop fréquemment des commandes de réinitialisation.

Par exemple : Cette catégorie de service est fournie par les [réseaux publics](#) (X25).

Le travail de la couche Transport devient, pour ce niveau, un peu plus complexe :

- établissement d'une nouvelle connexion
- resynchronisation,
- poursuite de la transmission avec masquage des N_RESET à l'utilisateur.

2.2.3 Service Réseau de niveau : service peu fiable

Taux inacceptable d'erreurs résiduelles : pertes, duplications ou corruptions.

Taux inacceptable d'incidents signalés.

Par exemple : Cette catégorie de service est fournie par les [réseaux à longue distance](#) en mode non connecté ou les [réseaux par ondes hertziennes](#).

La couche Transport doit résoudre, pour ce niveau, tous les problèmes de fiabilité (analogues à ceux de la couche Liaison de données).

2.3. Transfert de données

Plusieurs services de transfert de données spécifiques sont définis :

Les **données** normales

Les **données exprès** (“Expedited Data”)

- traitement et transmission rapide de données
- à ne pas confondre avec les différents niveaux de priorités que peuvent avoir les unités de données normales
- de petite taille (<16 octets)
- but : la transmission d’alarme
- non soumis aux contrôles habituels (de flux, numérotation, etc.)

Transfert de **données lors de l’établissement** et lors de la libération de la connexion

- transmission de données en pseudo-mode non connecté
- permet d’accélérer le début de la transmission de données
- données qui permettent de déterminer les droits d’établissement de la connexion

2.4. Sécurité

La couche Transport est une couche favorable à la mise en oeuvre de mécanismes de protection : elle prend en compte le transfert de bout en bout des informations.

Toutefois des mécanismes de protection peuvent être mis en oeuvre dans d'autres niveaux : notamment Application ou Réseau.

On peut identifier deux types d'attaques :

- les attaques passives et les attaques actives
 - . L'intrus écoute les informations échangées sur les connexions de Transport
 - . L'intrus peut agir sur les informations échangées : modification, reproduction, addition, sabotage.

Exemple :

- “replay” : réexécution d'une séquence de messages préalablement capturés
- “spoofing” : l'intrus se fait passer pour quelqu'un d'autre (fausse identité)

Même si les données sont chiffrées au niveau supérieur, l'analyse du message peut fournir des informations (directes ou indirectes) sur l'identité des correspondants, la fréquence et l'intensité de leurs échanges.

Les 3 principales techniques de protection :

- **Confidentialité** :

- but : un tiers ne peut avoir connaissance des données échangées
- procédé : chiffrement (cryptage) à base de clef secrète

- **Authentification** :

- but : on s'assure que le partenaire est bien celui qu'il dit être
- procédés :
 - . soit transmission d'une signature caractérisant l'émetteur
 - . soit technique d'authentification à base de challenge
 - . soit un tiers de confiance (notaire) : il détient des certificats.

- **Intégrité** des données (sceau) :

- but : les données reçues sont bien celles qui ont été transmises
- procédé : transmission redondante des données selon un procédé secret connu seulement de l'émetteur et du récepteur
- similaire aux techniques de protection contre les erreurs

2.5. Adressage

2.5.1 Les adresses

Double besoin pour les adresses :

- identifier les processus dans les stations
 - . durée de vie égale à celle du processus : réutilisation des mêmes adresses
 - . connaissance de ces adresses limitée aux intervenants
- identifier des services généraux (“Well known generic service address”)
 - . durée de vie permanente
 - . connaissance totale étendue à tous les acteurs potentiels

L’adresse Transport complète l’adressage Réseau.

L’adressage s’effectue via les points d’accès au service Transport :

- **TSAP** (“Transport Service Access Point”) auxquels chaque processus vient se connecter et où il attend une demande de connexion.

Ces adresses peuvent ne pas figurer explicitement dans les messages de données échangés :

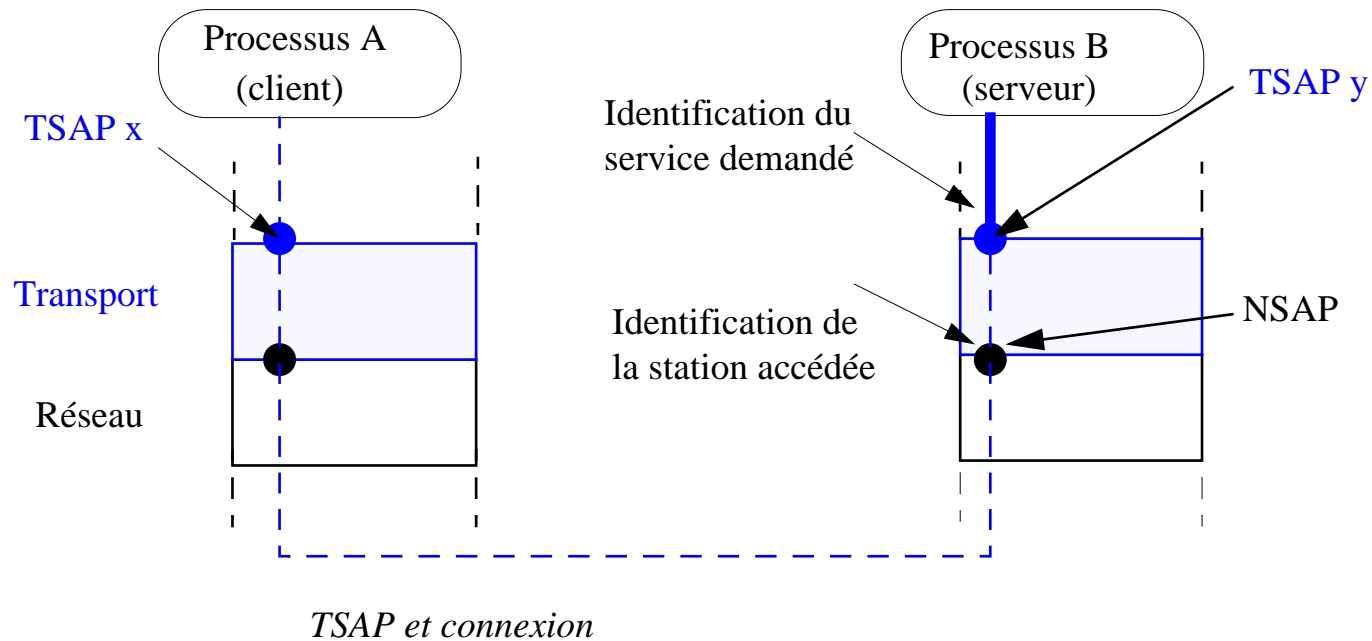
- Numéro de référence :
 - . Accélération du traitement - recherche du contexte rapide par accès direct au contexte grâce au numéro de référence qui sert d’index.

. Minimisation du volume occupé dans l'entête.

2.5.2 Client/serveur

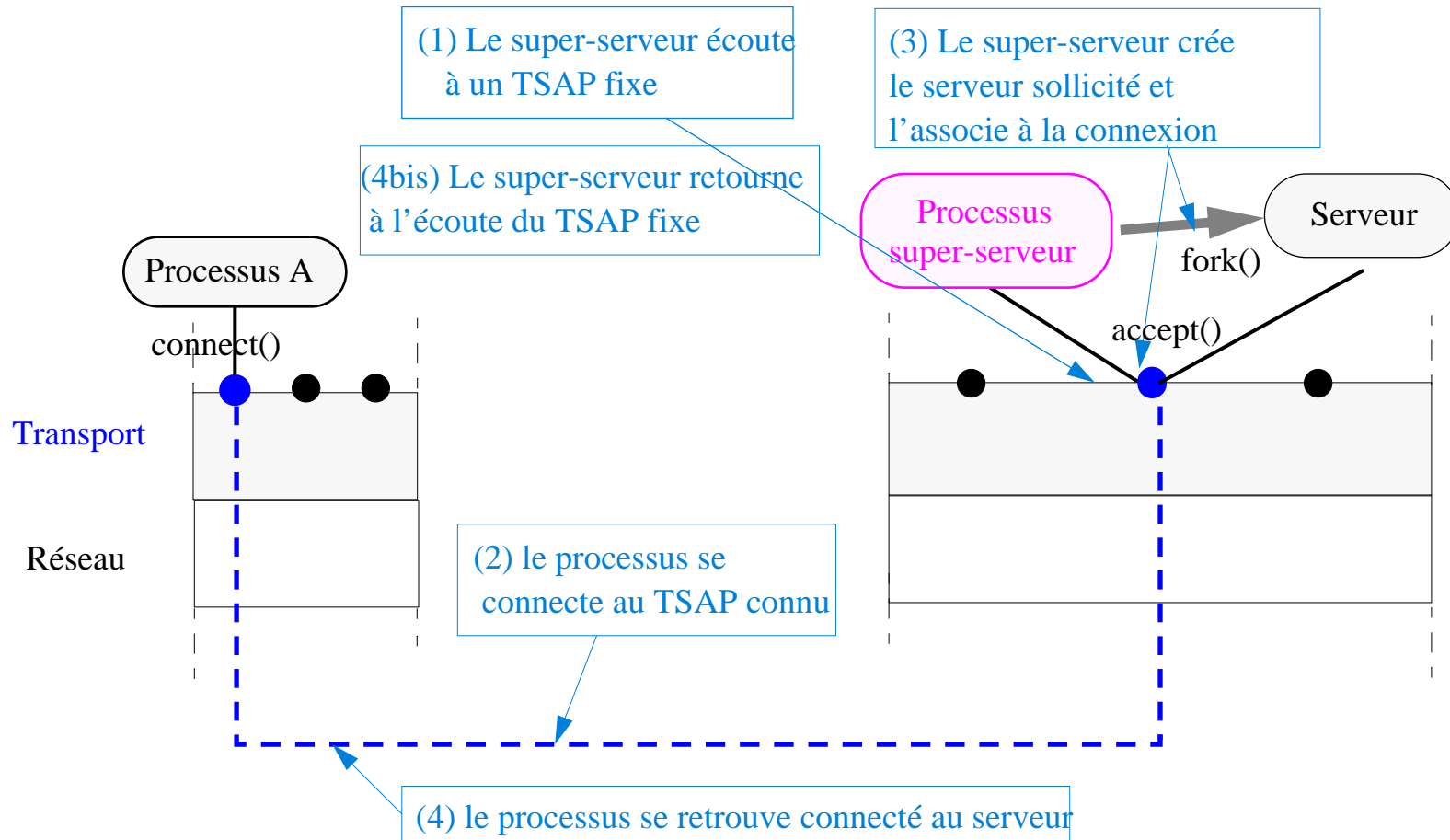
Le serveur est en attente d'un client.

Le client a l'initiative de l'établissement de la connexion, il connaît la référence du serveur



Serveur multi-processus

Permet de traiter plusieurs clients simultanément



Etablissement d'une connexion avec un serveur multi-processus

2.6. La gestion de la connexion

2.6.1 Présentation

La gestion de la connexion est plus développée :

- la phase d'établissement de la connexion est aussi une phase de négociation des paramètres de QoS
- plusieurs formes : “two-way and three-way handshake”

Les procédures d'établissement et de libération doivent être symétriques :

- chaque entité d'extrémité peut prendre l'initiative des opérations

On définit deux types de libération de la connexion :

- libération ordonnée : toutes les unités de données en transit sont délivrées avant la libération effective
- libération brutale (“abrupt connection release”/ “abort”) : + rapide

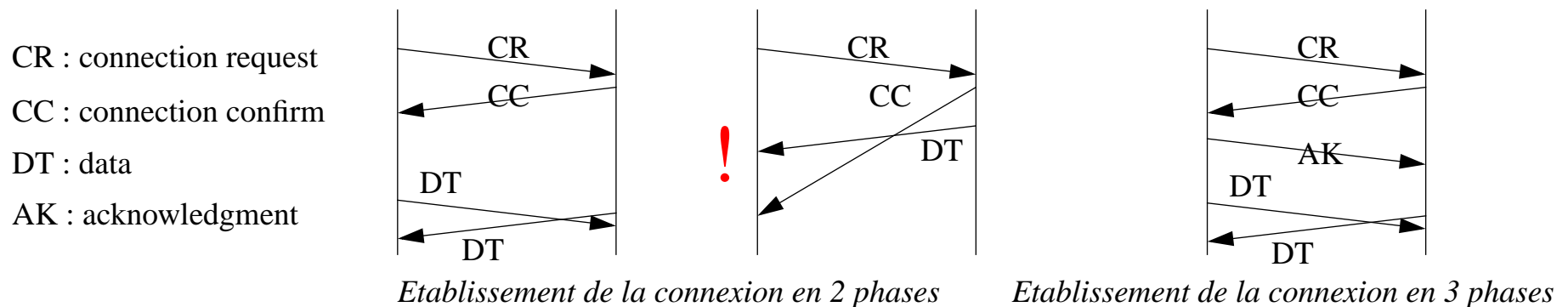
2.6.2 Etablissement de la connexion

Deux séquences d'échange de messages lors de l'établissement de la connexion peuvent être définies :

- En **deux phases** (“two way handshake”) :
 - . le service Réseau assure la séquentialité (généralement en mode connecté)
- En **trois phases** (“three way handshake”)
 - . le service Réseau n'assure pas la séquentialité (généralement en mode non connecté)

Le DT PDU peut être reçu avant que la confirmation d'établissement de la connexion (CR PDU) soit reçue :

- soit mémorisation du DT PDU dans un contexte indéfini (hors connexion) !
- soit destruction du DT PDU correct !

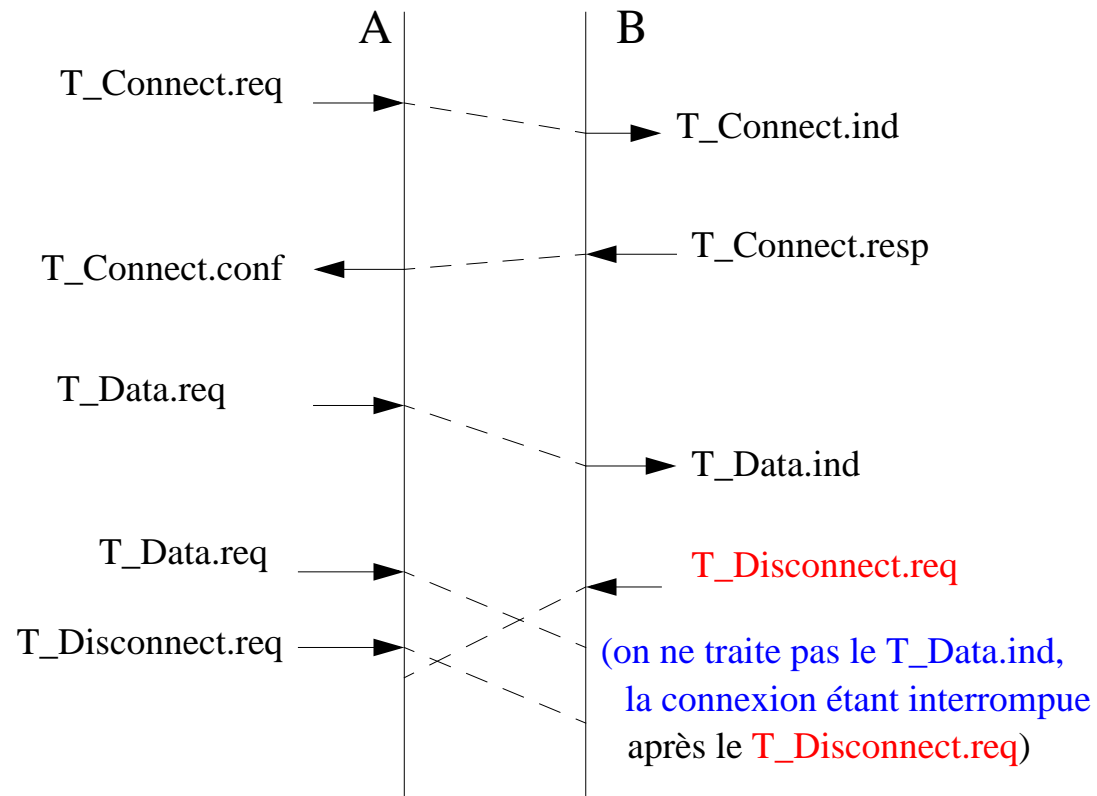


L'établissement de la connexion en trois phases permet une négociation plus approfondie des paramètres de la connexion :

- proposition de l'initiateur de la connexion
- contre-proposition du sollicité
- accord définitif de l'initiateur

En deux phases, le sollicité peut seulement choisir parmi les propositions de l'initiateur ou les refuser.

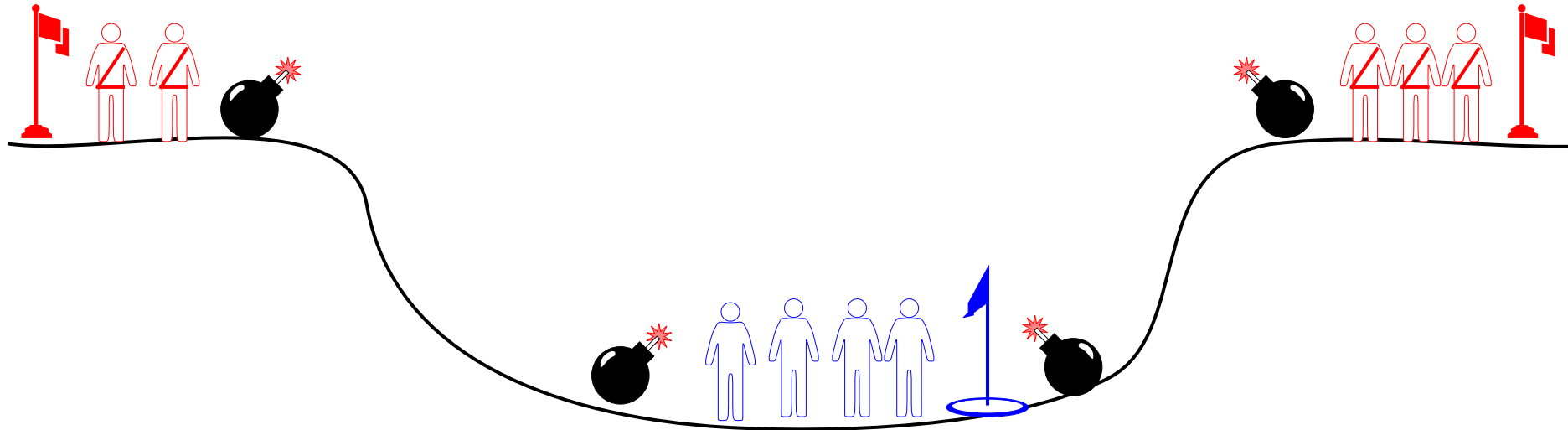
2.6.3 La libération d'une connexion



Déconnexion brutale avec perte de données

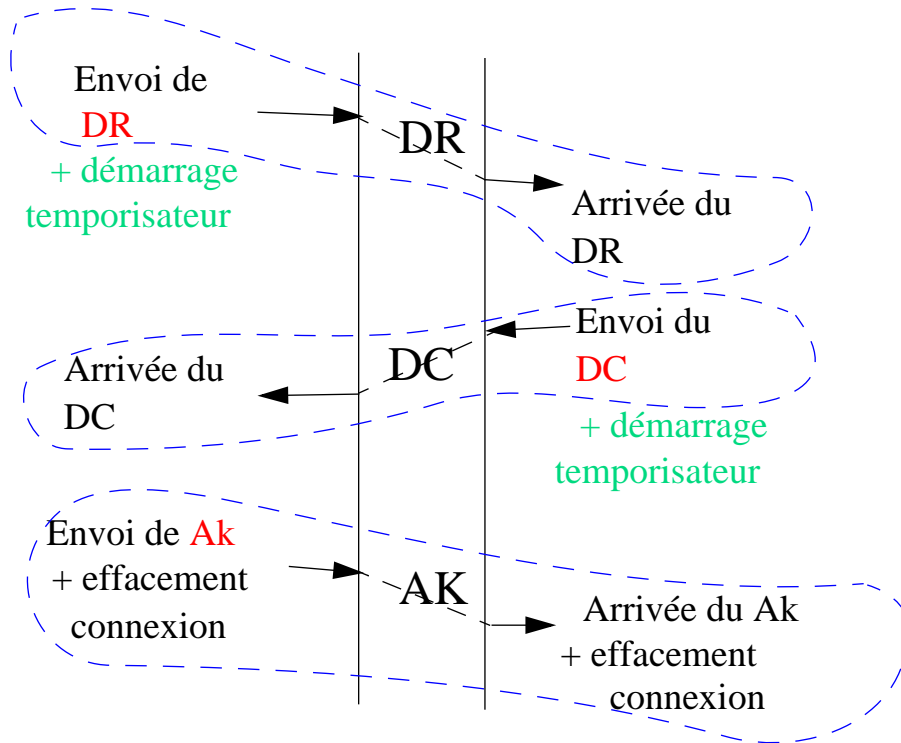
2.6.4 Problème général

Le paradigme des armées byzantines :

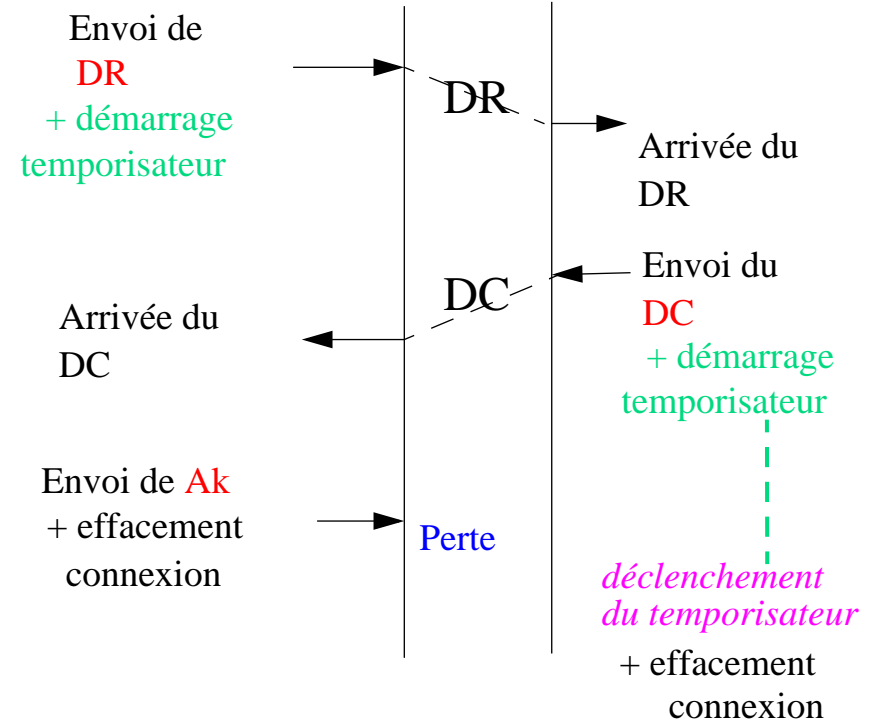


Comment les armées rouges vont-elles faire pour attaquer ensemble et vaincre ?

2.6.5 Quelques scénarios

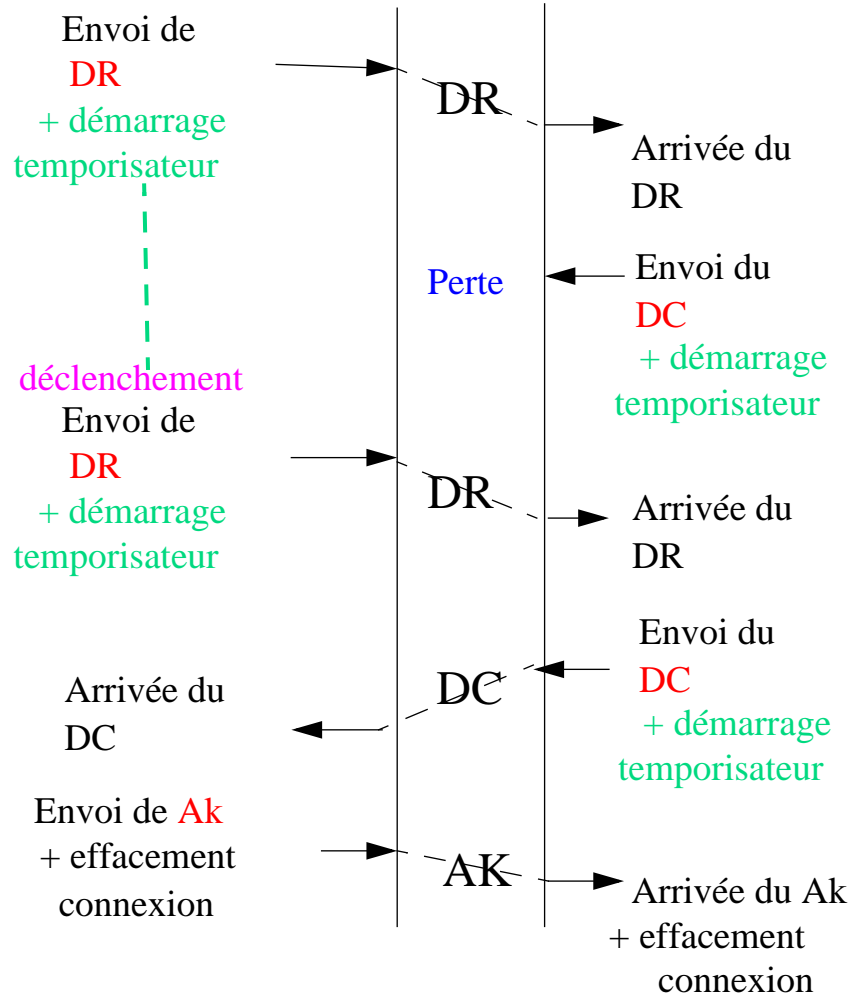


(a) Cas normal

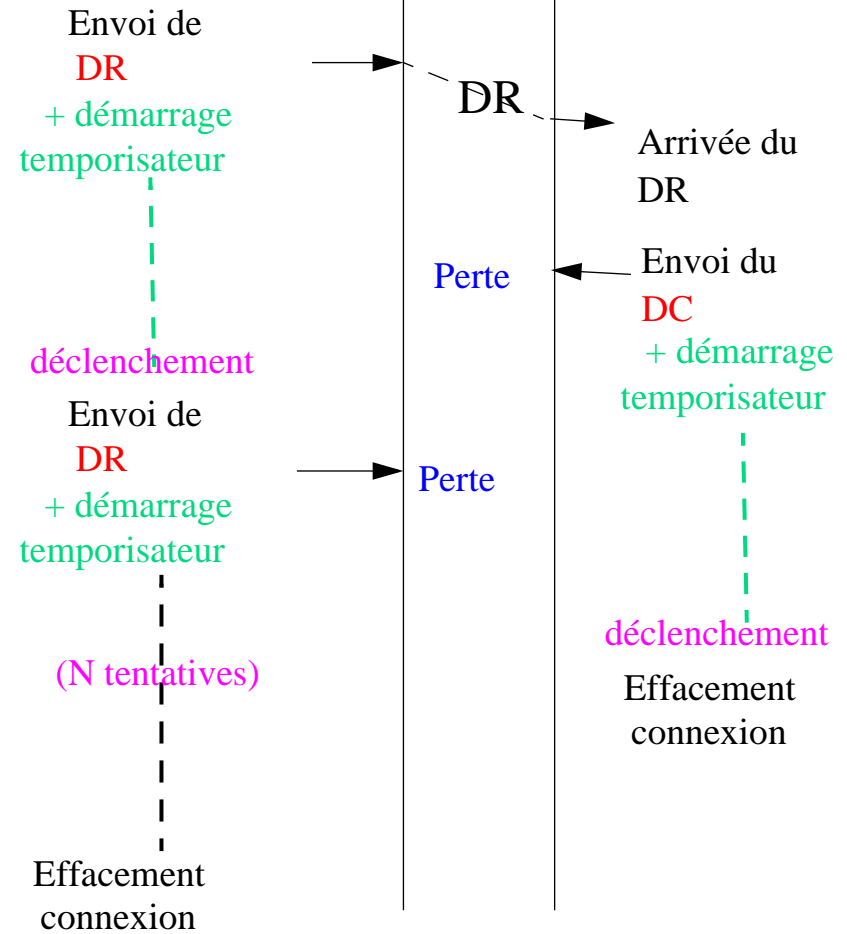


(b) Dernier acquittement perdu

Exemples de déconnexion en trois phases



(c) Confirmation de déconnexion perdue



(d) Confirmation de déconnexion et demandes de déconnexion perdues

Autres exemples de déconnexion

2.6.6 Rapports sur l'état de la connexion

“Status reporting”

Permet aux utilisateurs de connaître la valeur des paramètres contractuels.

Et les conditions actuelles de fonctionnement de la connexion.

Exemple : classe de protocole utilisée, adresse de réseau et de transport, caractéristiques de la connexion (débit, délai de transit, etc.), dégradation de la qualité du service, valeurs courantes des temporisateurs.

2.7. Autres problèmes engendrés par le service Réseau

2.7.1 Présentation

Certains messages peuvent errer dans le réseau pendant un certain temps :

- notamment si la couche Réseau offre un service de transmission en mode non connecté
 - les paquets suivent des chemins indépendants,
 - le mécanisme de retransmission produit des doubles,
 - certaines portions du réseau peuvent se trouver isolées du reste :
 - . soit par panne de routeur ou par rupture de liaisons,
 - . soit à cause de l'instabilité (vitesse de convergence) des algorithmes de routage.
 - les routeurs doivent mémoriser les paquets qu'ils ne peuvent temporairement acheminer.

Solution : **limiter la durée de résidence** d'un paquet au sein du réseau

- et adapter les mécanismes de la couche Transport en conséquence

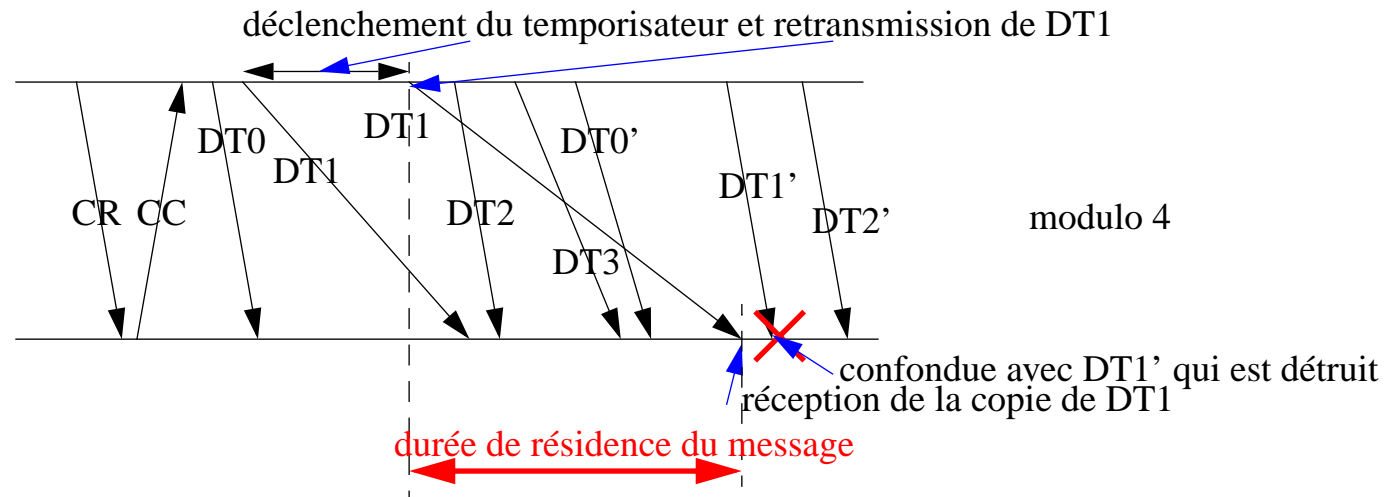
Exemple :

- dans Internet, les datagrammes IP possèdent un champ "Time To Live" (TTL).

2.7.2 Au sein d'une même connexion

Les messages sont identifiés par une numérotation cyclique !

La durée d'utilisation du cycle doit être supérieure à la durée maximale de vie des messages au sein du réseau.



Une solution à ce problème peut être apportée grâce à un plus grand cycle de numérotation :

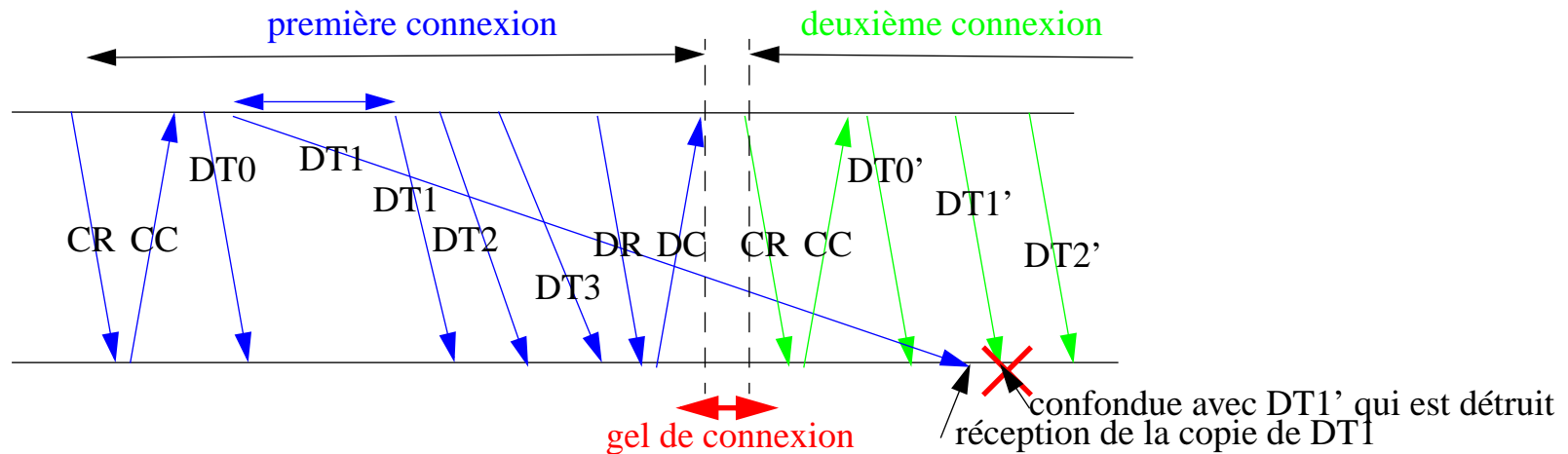
- modulo 2^7 --> modulo 2^{31} !
- ou une durée de résidence plus faible.

Autre solution : durée du temporisateur de retransmission > durée de résidence

2.7.3 Confusion entre connexions

Réutilisation de l'identificateur de connexion après une durée de garde supérieure à la durée maximale de vie des messages au sein du réseau.

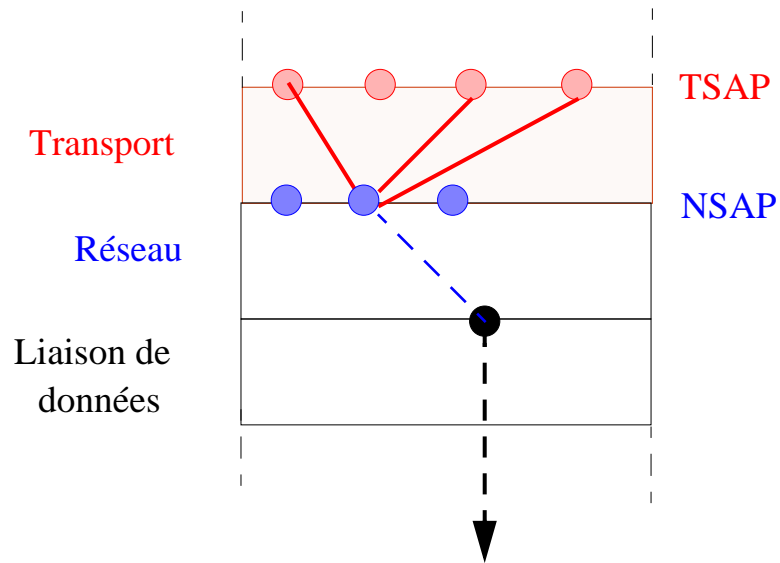
La référence d'une connexion libérée est gelée pendant cette durée.



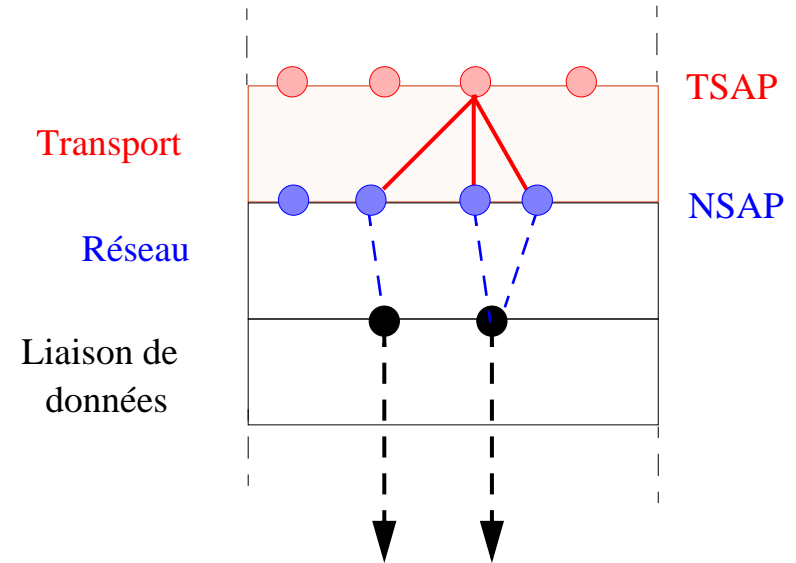
Solution : durée du gel de connexion > durée de résidence des messages

2.8. Multiplexage et éclatement

Cf les fonctions d'une couche du chapitre Architecture générale



Multiplexage (amont)



Eclatement (ou multiplexage aval)

3. Le service Transport

Définition du service de la couche Transport :

- En mode connecté
- norme ISO 8072 ou CCITT X.214

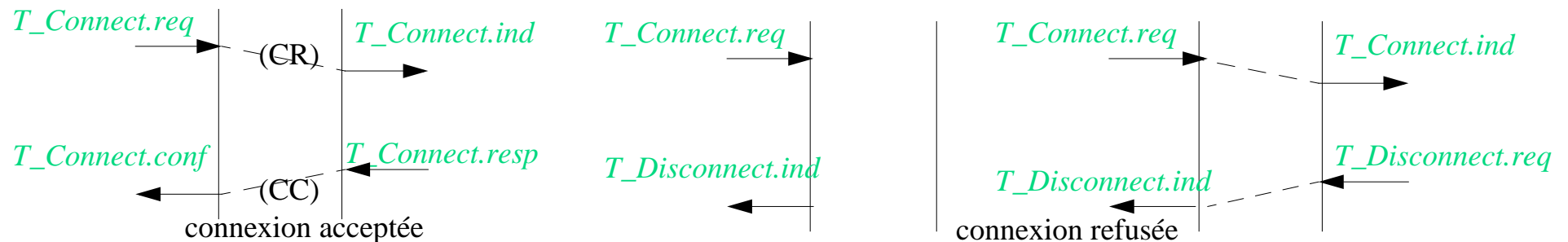


nommé TP

Transport OSI en mode non connecté (Additif 1 de la norme 7498).

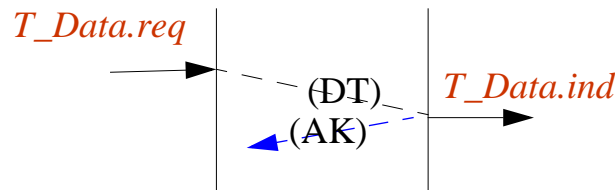
3.1. En mode connecté

Etablissement de connexion avec négociation de la QoS à l'aide de quatre primitives *T_connect* : *T_Connect.req*(adresse destination, adresse source, option de données exprès, qualité de service, données utilisateur), *T_Connect.ind*(idem), *T_Connect.resp*(adresse de réponse, option de données exprès, qualité de service, données utilisateur) et *T_Connect.conf*(idem).



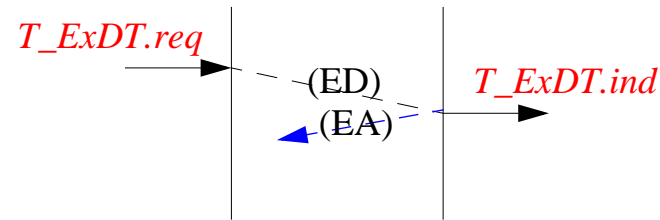
Longueur de données utilisateur ≤ 32 octets.

Transfert de données ("normales") avec contrôle de flux sur une connexion de Transport avec les primitives *T_Data* : *T_Data.req*(données utilisateur) et *T_Data.ind*(idem)



L'acquittement est optionnel.

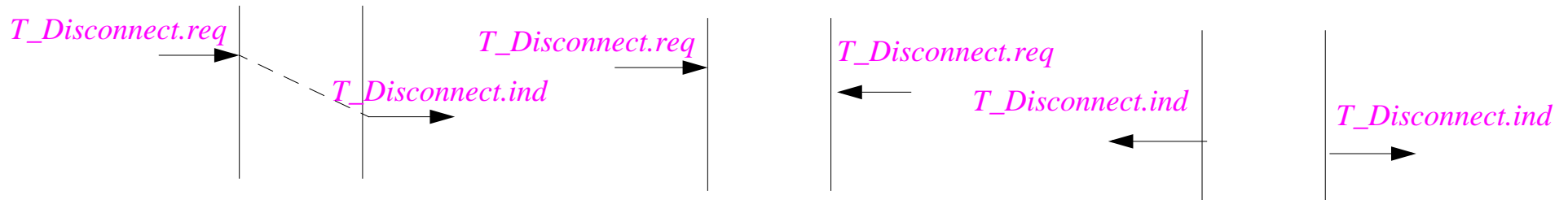
Transfert de données exprès (optionnel) avec les deux primitives *T_Expedited_DATA* : *T_Expedited_Data.req(données utilisateur)* et *T_Expedited_Data.ind(idem)*.



Longueur de données utilisateur ≤ 16 octets.

L'acquittement est optionnel.

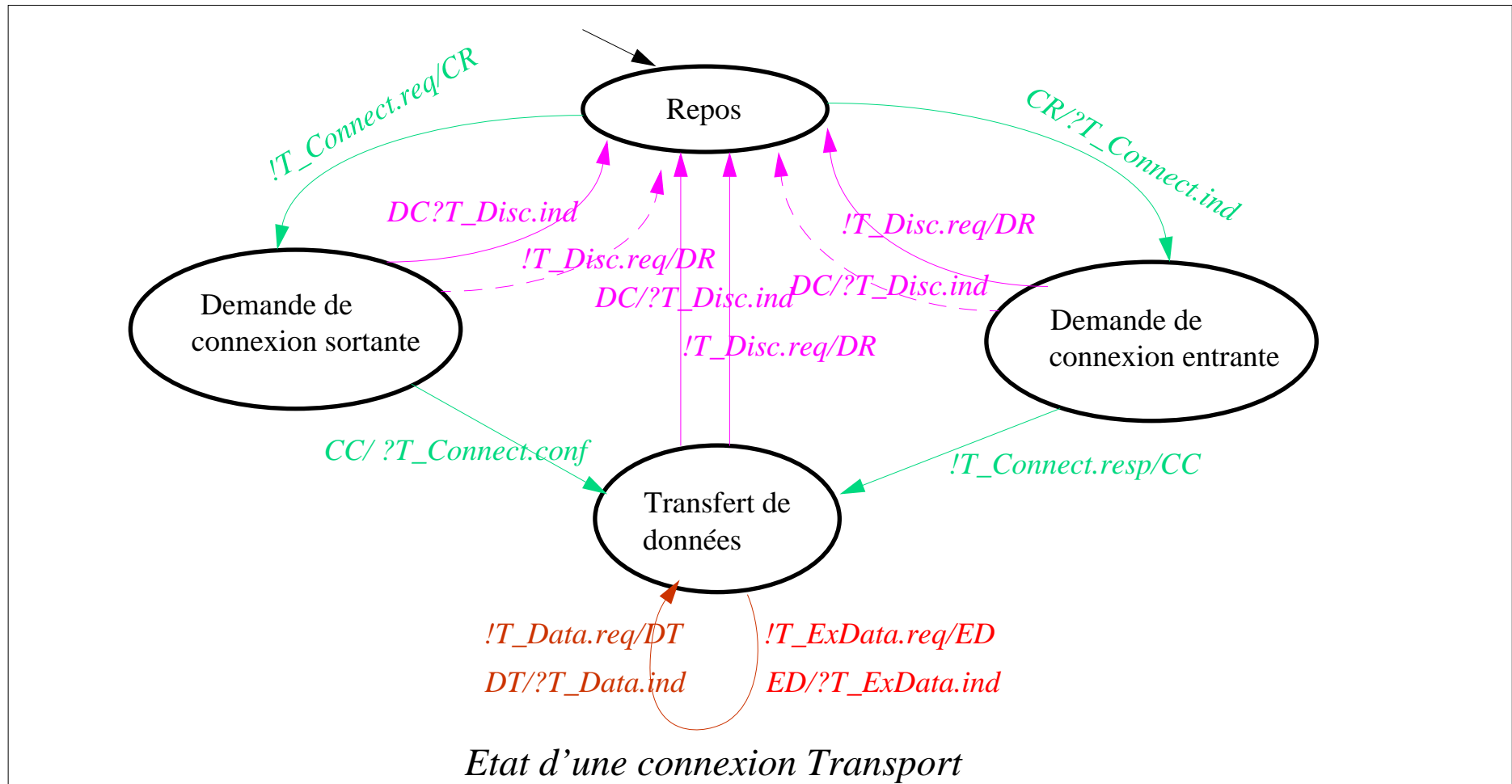
Libération de la connexion avec les primitives *T_Disconnect* : *T_Disconnect.req(données utilisateur)* et *T_Disconnect.ind(cause de la déconnexion, données utilisateur)*.



Longueur de données utilisateur ≤ 64 octets

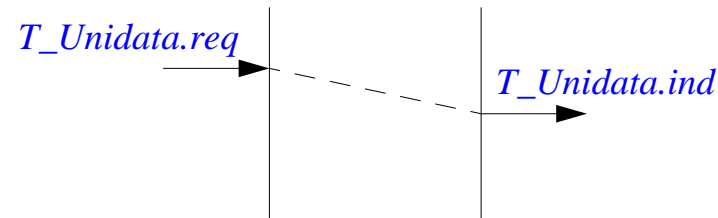
L'enchaînement de ces différentes primitives :

- Décrit formellement par une machine d'états finis



3.2. En mode non connecté

L'utilisateur du service Transport ne dispose que de deux primitives *T_Unidata* liées au transfert de données : *T_Unidata.req(adresse destination, adresse source, qualité de service, données utilisateur)* et *T_Unidata.ind(idem)*.



Remarque : Ces deux primitives véhiculent tous les paramètres nécessaires à leur transmission (adressage, QoS,...) alors que les primitives T-Data du mode connecté n'en ont pas besoin.

4. Le protocole de Transport

Spécification du protocole de couche Transport :

- **TP** (“Transport Protocol”)
- Norme ISO 8073 ou CCITT X.224

Les mécanismes exacts mis en oeuvre au sein du protocole Transport dépendent de l’environnement dans lequel il opère : c’est-à-dire du niveau de service de la couche sous-jacente (Réseau).

On distingue **trois niveaux de service de la couche Réseau** :

- niveau A : service parfait,
- niveau B : service correct mais avec quelques incidents signalés,
- niveau C : service insuffisant.

Cinq classes de mécanismes (procédures) mis en oeuvre au sein du protocole Transport sont définies pour s’adapter :

- aux différents niveaux de service Réseau
- aux différents besoins des applications

4.1. Les classes de protocole Transport

4.1.1 La classe 0 (*classe de base*)

- Gestion de la connexion : accord ou refus d'établissement
- Transfert de données normales (pas de données exprès)
- Segmentation des données en plusieurs messages, si nécessaire
- Libération de la connexion : pas de confirmation explicite
- Pas de numérotation des TPDU ($T(S)=0$)
- Pas de séquençement, ni de contrôle de flux
- Pas de contrôle d'erreur sophistiqué :
 - . détection des erreurs protocolaires
 - . puis simple libération de la connexion



Le protocole de classe 0 est simple. Il est prévu pour fonctionner au-dessus des [services Réseau de niveau A](#).

Exemple : télex

4.1.2 La classe 1 (*classe de base avec reprise sur erreur*)

- Classe 0 +
- Concaténation et séparation
- Confirmation explicite de la libération de la connexion
- Numérotation des TPDU DT
- Echange de données exprès soit dans des paquets de données soit dans des paquets exprès de la couche Réseau
- Capacité à maîtriser les resynchronisations (N_RESET) de la couche Réseau
- Gel des références
- Pas de contrôle d'erreur, pas de technique d'augmentation de la fiabilité



Cette classe convient à un **service Réseau de niveau B** (service fiable avec resynchronisation).

4.1.3 La classe 2 (*classe avec multiplexage*)

Classe 0 +

Multiplexage et démultiplexage

Concaténation et séparation

Confirmation explicite de la libération de la connexion

Numérotation des TPDU DT

Echange de données exprès dans les paquets de données de la couche Réseau

Contrôle d'erreur optionnel



Cette classe est généralement utilisée sur un [service Réseau de catégorie A](#).

4.1.4 La classe 3 (*classe avec reprise sur erreur et multiplexage*)

C'est l'union des classes 1 et 2.

- Mais le contrôle d'erreur est obligatoire



Cette classe est adaptée au [service Réseau de catégorie B](#).

4.1.5 La classe 4 (*classe avec détection et reprise sur erreur*)

Cette classe de protocole Transport reprend toutes les fonctionnalités des classes 3 et ajoute :

Détection d'erreur par champ de contrôle d'erreur

Retransmission après temporisation

Remise en séquence

Détection d'inactivité

Eclatement et recombinaison



Cette classe est prévue pour les [services Réseau de niveau C](#) (service insuffisant).

Remarque : Le protocole de classe 4 de l'OSI est connu sous le nom TP4.

4.2. Les différents T-PDU

Le protocole Transport utilise **10 types** de TPDU :

- Demande de connexion (“Connection request” : CR),
- Confirmation de connexion (“Connection confirm” : CC),
- Demande de déconnexion (“Disconnection request” : DR),
- Confirmation de déconnexion (“Disconnection confirm” : DC),
- Données (“Data” : DT),
- Accusé de réception de données (“Data acknowledgment” : AK),
- Données exprès (“Expedited data” : ED),
- Accusé de réception de données exprès (“Exp. data acknowledgment” : EA),
- TPDU d’erreur (“Error TPDU” : ER),
- Rejet (“Reject” : RJ).

Classes et codes

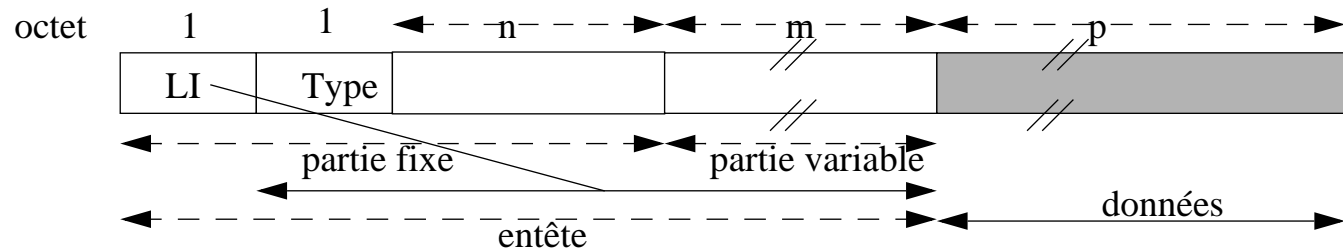
Tableau 1 : Les T_PDU

TPDU	classes utilisant obligatoirement ces TPDU	classes utilisant optionnellement ces TPDU	code du TPDU
CR	0,1,2,3,4		1110
CC	0,1,2,3,4		1101
DR	0,1,2,3,4		1000
DC	1,2,3,4		1100
DT	0,1,2,3,4		1111
AK	3,4	1,2	0110
ED	1,3,4	2	0001
EA	1,3,4	2	0010
ERR	1,2,3,4		0111
RJ	1,3		0101

4.3. Le format général des TPDU

Les TPDU comportent :

- une entête avec partie fixe et variable,
- et un champ de données de longueur variable



Format général des unités de données du protocole

Le **champ LI** (“Length Indicator”) :

- longueur de l’entête en octets, non-compris le champ LI lui-même.
- la valeur 255 est réservée pour des futures extensions

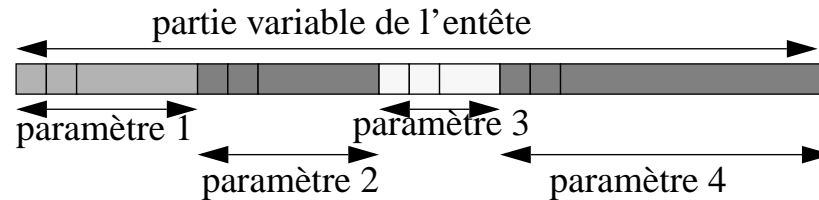
Le **champ Type** :

- les 4 premiers bits définissent le type du TPDU
- les 4 bits suivants codent la valeur du crédit pour les TPDU CR, CC, AK et RJ, et valent 0 pour les autres TPDU.

Le reste de la partie fixe dépend du type du TPDU.

4.4. La partie variable de l'entête

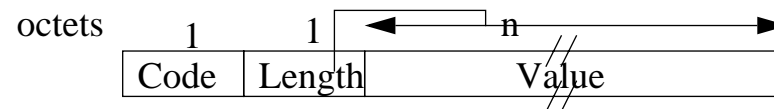
Comporte une liste de paramètres en nombre et en taille variables.



- similaire aux champs *facilités* de la couche Réseau

La technique de codage d'un paramètre :

- TLV (Type - longueur - valeur) :



Format général des paramètres de la partie variable de l'entête

Le champ **Code** définit le type du paramètre.

Le champ **Length** définit la longueur en octets du champ Value.

Le champ **Value** contient la valeur du paramètre

Quelques paramètres :

- Taille maximale des TPDU [0xD0] : par défaut et au minimum 128 octets
 - . sur 1 octet : la puissance de 2 de la taille en octets (de 2^7 à 2^{13})
 - . Exemple : Option fixant la taille maximum à 1 Koctet

Type Long. Val.

D0	1	A
----	---	---

Option de 3 octets

- TSAP de l'appelant [0xD1] :
 - . champ Value de longueur variable : identifie l'appelant
- TSAP de l'appelé [0xD2] :
 - . champ Value de longueur variable : identifie le service appelé
- Champ de contrôle d'erreur [0xD3] sur 2 octets :
 - . premier octet : la somme de tous les octets du TPDU est nulle
 - . deuxième octet : la somme pondérée de tous les octets du TPDU est nulle
 - . calcul arithmétique simple, modulo 256 : "Fletcher checksum"
 - . complète la protection assurée par le calcul polynômial de la couche Liaison de Données

- Négociation d'options [0xD6] :
 - . premier bit : données exprès,
 - . deuxième bit : champ de contrôle d'erreur.
- Classes de protocole de repli [0xD7]
 - . même format que l'octet Class options des TPDU
 - . plusieurs, par ordre de préférence
- Numéro de version du protocole [0x81]
- Délai maximum d'expédition d'un acquittement (en ms)
- Débit : moyen et minimal, pour chacun des deux sens de transmission
- Délai de transit : moyen et maximal, pour chacun des deux sens de transmission
- Taux résiduel d'erreur : moyen et minimal
- Priorité choisie : de 0 à 64K (0 est la plus élevée)
- Nombre maximum des tentatives de retransmission
- Délai maximum d'établissement des connexions
- Raison de la déconnexion ou de l'erreur
- etc.

4.5. Le champ de données

Le champ **Données** du TPDU est de longueur variable :

- sa longueur n'est pas explicitement fournie
- la longueur du champ Données est déduite sans ambiguïté
 - . grâce à la connaissance de la longueur totale du TPDU apportée par la couche Réseau
 - . et par différence avec la longueur de l'entête

La longueur maximale du TPDU :

- par défaut 128 octets
- peut être négociée lors de l'établissement de la connexion grâce à un paramètre de la partie variable de l'entête.

4.6. Le format des TPDU

octets	1	2	3	4	5	6	7
	LI	CR Cdt	0		Source Reference	Class options	Partie variable // Données //
	LI	CC Cdt	Destination Ref.		Source Reference	Class options	Partie variable // Données //
	LI	DR 0	Destination Ref.		Source Reference	Cause	Partie variable // Données //
	LI	DC 0	Destination Ref.		Source Reference	Partie variable //	

format réduit

LI	DT 0	EOT	T(S)	Données //
----	--------	-----	------	------------

format normal

LI	DT 0	Destination Ref.	EOT	T(S)	Partie variable //	Données //
----	--------	------------------	-----	------	--------------------	------------

format étendu

LI	DT 0	Destination Ref.	EOT		T(S)		Partie variable //	Données //
----	--------	------------------	-----	--	------	--	--------------------	------------

format normal

LI	AK Cdt	Destination Ref.	0	T(R)	Partie variable //					(TPDU EA: champ crédit=0)
----	----------	------------------	---	------	--------------------	--	--	--	--	---------------------------

format étendu

LI	AK 0	Destination Ref.	0		T(R)			8	9	10	Cdt	Partie variable //
----	--------	------------------	---	--	------	--	--	---	---	----	-----	--------------------

LI	RJ Cdt	Destination Ref.	0	T(R)					
----	----------	------------------	---	------	--	--	--	--	--

(existe dans les 2 formats : normal ou étendu)

LI	ER 0	Destination Ref.		Cause	Partie variable //		
----	--------	------------------	--	-------	--------------------	--	--

4.7. Les champs

4.7.1 Les champs “Destination and source references” :

Chaque entité choisit localement sa propre référence, et utilise celle de l'autre !

Accélère la recherche de contexte, et diminue la charge due au traitement.

Ce procédé se différencie :

- des numéros de voie logique (NVL) du protocole X25 car chaque paquet comporte **un seul** NVL et un nouveau NVL est partagé à **chaque couple d'entités** Réseau adjacentes.
- des TSAP, car ceux-ci identifient de manière unique et **permanente** certains services.

Le champ “Destination reference” est nul pour le TPDU CR.

Seul le champ “Destination reference” est utilisé lorsque la connexion est établie.

La classe 0 et 1 utilise un format réduit de DT TPDU, sans “Destination reference”

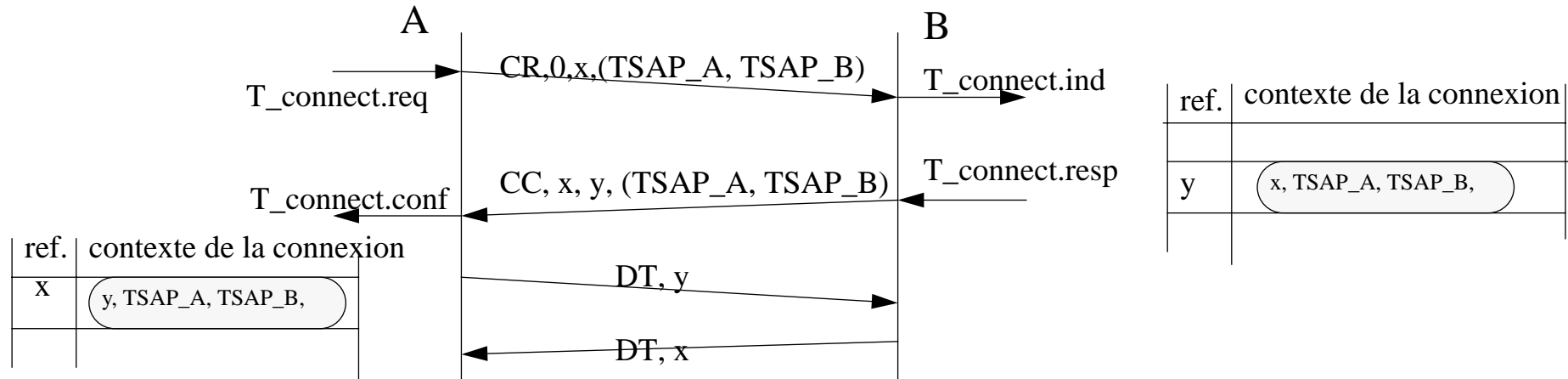


pas de multiplexage

4.7.2 L'établissement de la connexion

En trois phases pour la classe 4 et en deux phases pour les autres classes.

Association entre références et TSAP source et destination :



Les références sont utilisées pour accéder directement au contexte de la connexion lors de la phase de transfert des données.

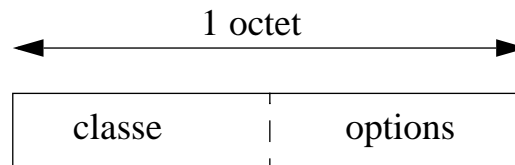
4.7.3 Le champ “Class options”

4 premiers bits codent la **classe** de Transport préférée :

- 0000 : classe 0 demandée
- 0001 : classe 1 demandée
- etc.
- des classes de repli peuvent être définies grâce à un paramètre spécifique de la partie variable de l’entête

4 bits suivants codent les **options** demandées :

- numérotation normale ou étendue :
 - . T(S) et T(R) sur 1 ou 4 octets, Cdt sur 4 ou 16 bits [classe 2, 3, 4].
- utilisation du contrôle de flux [classe 2].



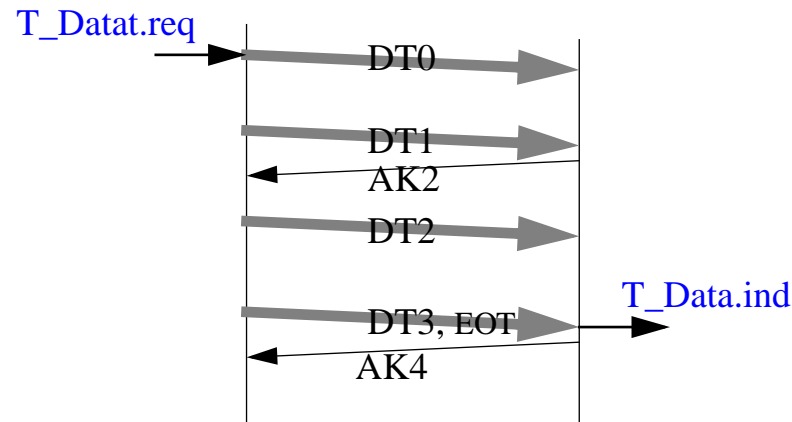
- exemple : 0x40 = classe 4 demandée, pas d’option demandé

4.7.4 Le bit EOT du champ T(S)

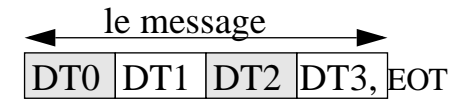
“End of TSDU” : identifie le dernier TPDU du TSDU.

La taille maximum des TPDU est défini par l’option de code 0cD0.

Utilisé par le mécanisme de segmentation :



Echange de plusieurs TPDU pour transmettre un seul TSDU (message) :



Présent dans les TPDU : DT et ED

Fonction équivalente au bit M du protocole X25, ou M du protocole TCP.

4.7.5 Le champ Cause

La cause de l'erreur (code) :

- demande de la couche supérieure (128)
- TSAP inconnu (134)
- réseau congestionné (129)
- cause inconnue
- etc.

La raison peut être précisée à travers un paramètre placé dans la partie variable de l'entête

Utilisé par les TPDU DR, ERR

4.7.6 L'échange de données

Les messages sont numérotés (sauf ceux de la classe 0) :

- format normal : 1 octet
- format étendu : 4 octets

Utilise le mécanisme de la fenêtre coulissante [à crédit variable](#)

La longueur maximale du TPDU DT est négociée lors de l'établissement de la connexion.

En classe 0, format réduit de TPDU : pas de numérotation des TPDU (toujours 0)

Des données peuvent être transmises par les TPDU CR, CC et DR, mais pas DC :

- toutefois la longueur de leur champ de données doit être inférieure à respectivement 32 et 64 octets

Les données exprès peuvent être transmises par les classes 1, 3 ou 4, et optionnellement par la classe 2.

4.7.7 La fenêtre coulissante

Le champ **T(S)** :

- identifie le TPDU DT ou ED (modulo 2^7 ou 2^{31})
- utilisé par le mécanisme de gestion de la fenêtre coulissante ($== N(S)$ et $P(S)$)
- toujours nul pour la classe 0 (et la classe 2 si l'option *contrôle de flux* n'est pas valide)

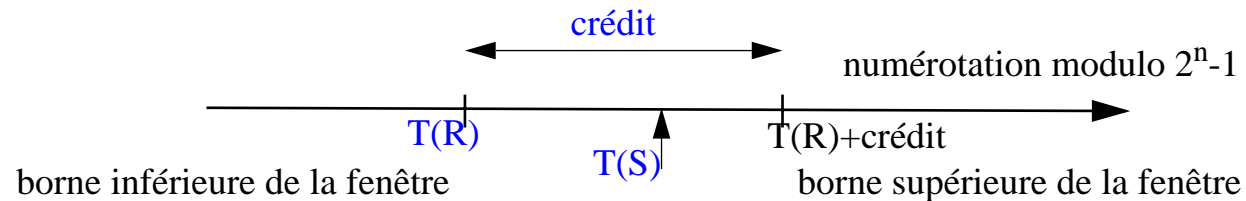
Le champ **T(R)** :

- numéro du prochain TPDU attendu
- utilisé par le mécanisme de gestion de la fenêtre coulissante ($== N(R)$ et $P(R)$)
- présent dans les TPDU AK et EA
- pas de “piggybacking” !

Le champ **Crédit** :

- nombre de TPDU que l'on peut transmettre par anticipation,
- définit la largeur **variable** de la fenêtre coulissante,
- permet de gérer finement le contrôle de flux,
 - . adaptation aux capacités de stockage et de traitement du récepteur
 - . adaptation à la charge du réseau

- deux formats : court sur 4 bits et étendu sur 2 octets.
- présent dans les TPDU DT et ED, CR et CC :
 - . le crédit initial est déterminé par les TPDU CC et CR.



- en classe 4 : le crédit peut être arbitrairement réduit
 - . réquisition : les messages déjà envoyés sont détruits
- champ Crédit = 0 : émission interdite !

Pas de piggybacking !

- certaines classes ne mettent pas en oeuvre le contrôle de flux, ni celui d'erreur :
 - . le piggybacking est inutile
- pour les autres classes :
 - . concaténation

certaines classes d'applications n'utilisent que le transfert de données à l'alternat

- . le piggybacking est inapproprié

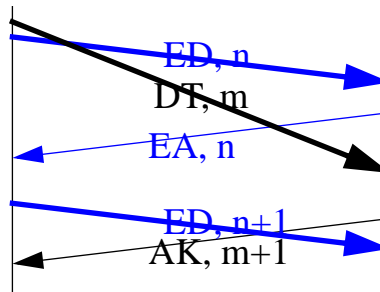
4.7.8 L'échange de données exprès

Transmission indépendante du contrôle de flux appliqué aux flux de données (normales)

- numérotation distincte ($n \neq m$)

Un seul TPDU ED à la fois, numéroté et acquitté par un seul EA :

- protocole "send and wait"



Longueur maximum du champ de données : 16 octets

- Le bit EOT est toujours à 1 (pas de segmentation possible ni utile)!

Un TSDU ED émis avant un TSDU DT est toujours remis avant ce dernier :

- il n'est jamais doublé...
- ... mais il peut doubler

4.7.9 Traitement des erreurs

Demande de retransmission explicite :

- les TPDU REJ
- retransmission des TPDU dont le numéro est supérieur ou égal au champ T(R)

Utilisé par les classes 1 et 3.

Employé après réception d'un TPDU incorrect :

- Corruption : détectée grâce au champ de contrôle d'erreur

Employé après un dé(re)-synchronisation de la couche inférieure :

- paquet N_Reset

La classe 4 met en oeuvre un mécanisme de retransmission par temporisateur au niveau de l'émetteur.

4.7.10 Concaténation

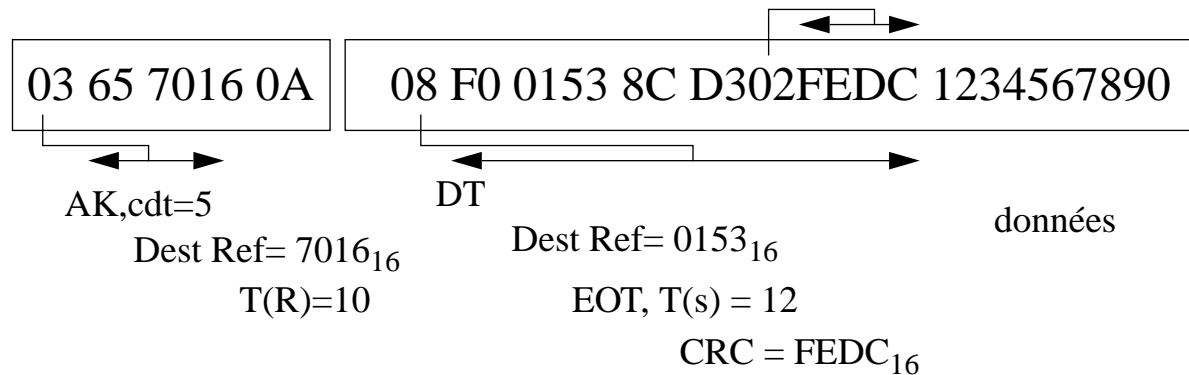
On peut concaténer plusieurs TPDU au sein un même NSDU

- Un TPDU de données (DT) peut être précédé par un TPDU d'acquittement (AK)
le "piggy backing" est inutile !

On peut concaténer des TPDU provenant de connexions différentes :

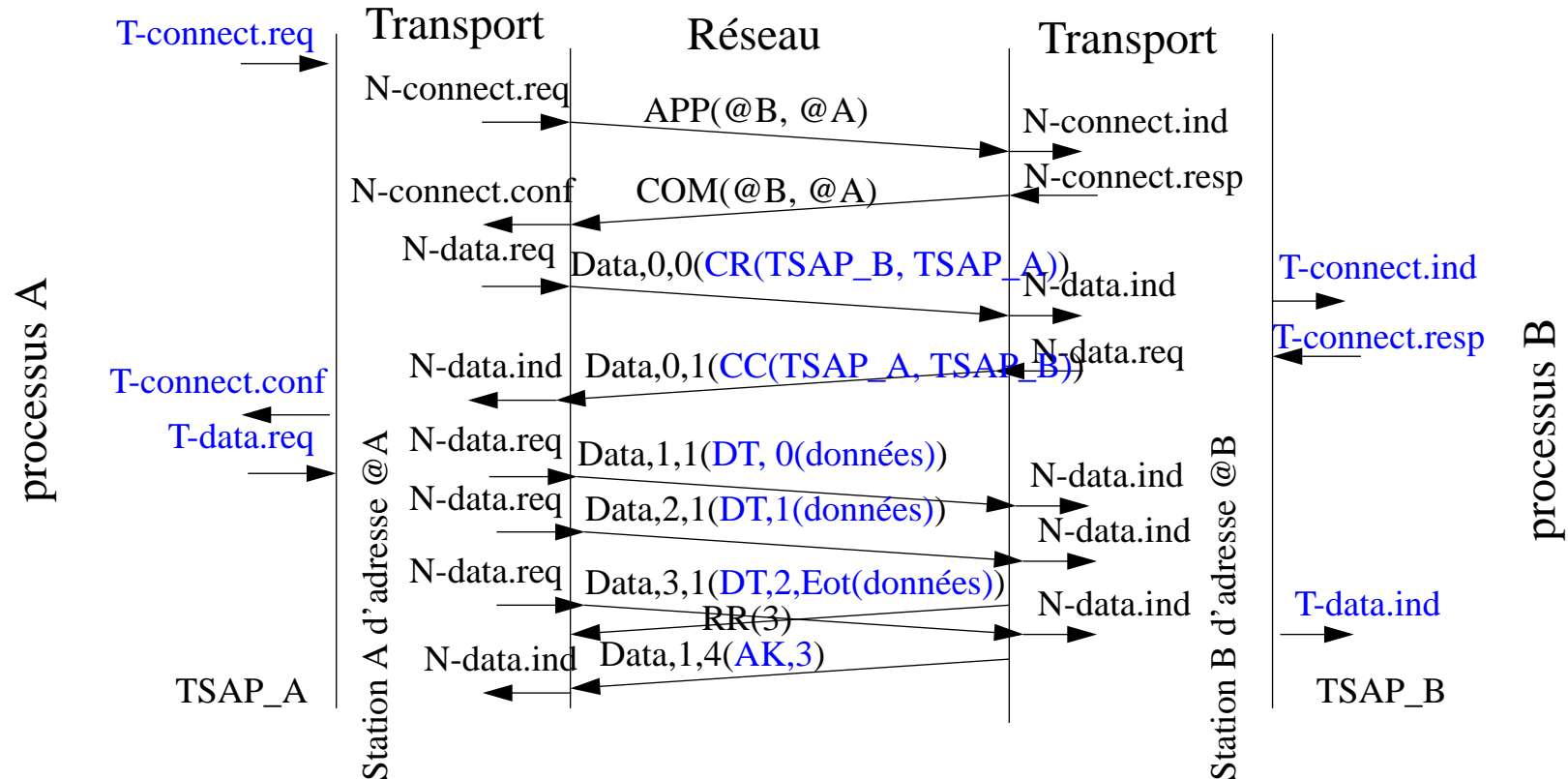
- on optimise la connexion Réseau

4.7.11 Exemple de TPDU



4.8. Scénario

Etablissement de la connexion Transport et transfert de données d'un TSDU :



hypothèse simplificatrice : pas de noeud intermédiaire dans le réseau,
le message de données nécessitant l'envoi de 3 paquets

5. Conclusion

La couche Transport

Entre couches basses (réseau) et couches hautes (application)

Offre adaptée aux besoins de la couche supérieure, en fonction des services offerts par la couche Réseau :

- OSI : TP a 5 classes
- Internet : 2 protocoles (TCP ou UDP)

Notion de QoS, négociation des options, codage TLV, service de concaténation, mécanisme de fenêtre coulissante à crédit

Le surcoût dû à l'empilement Transport + Réseau + Liaison de données devient important :

- quantité d'octets transférés vis-à-vis des données utiles,
- temps de traitements liés aux mécanismes mis en oeuvre.