

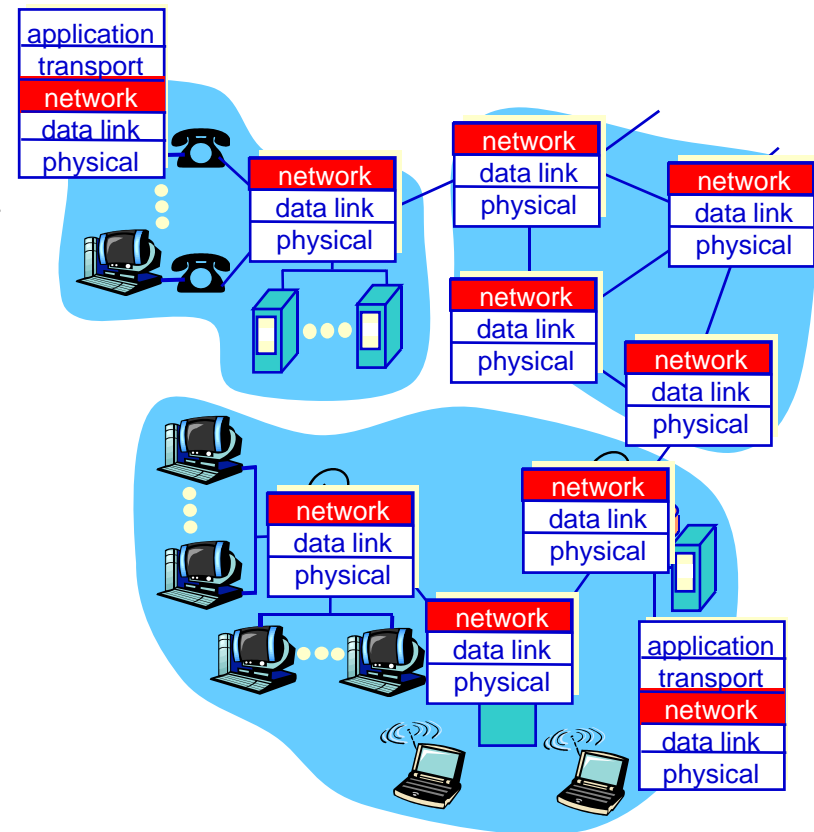


Niveau Réseau

The image shows a horizontal bar with a gold-to-white gradient. A thin gold circle is centered behind the bar. A large black '[' bracket is on the left, and a large gold ']' bracket is on the right. The text 'Niveau Réseau' is centered on the bar.

Couche réseaux

- n Les segments de transport sont envoyés du hôte émetteur vers le hôte récepteur
- n Du côté émetteur : encapsulation des segments dans des datagrammes
- n Du côté récepteur: décapsulation du datagramme, extraction du segment et livrement à la couche transport
- n Les protocoles de couche réseaux sont implémentés par tous les hôtes et les routeurs
- n Le routeur examine l'en-tête de chaque datagramme qui le traverse

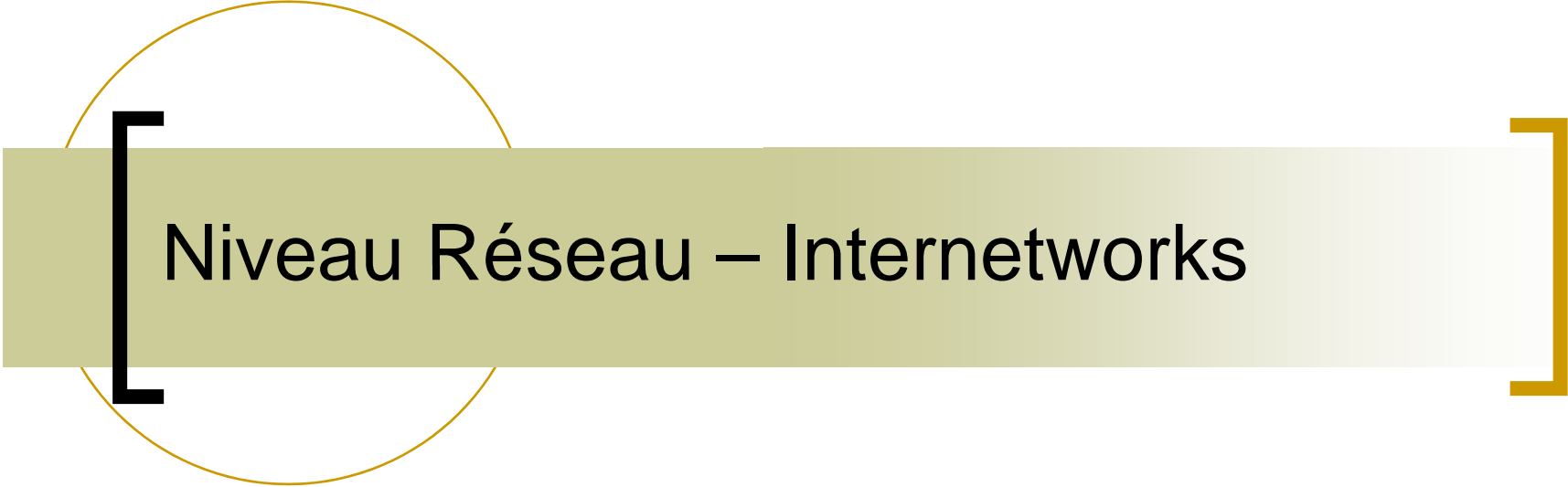


[La couche Réseau: fonctions]

- **Routage:**
 - trouver un chemin entre source et destination (Algorithmes de routage)
- **Réexpédition (forwarding):**
 - placer les paquets arrivant sur une liaison d'entrée vers une liaison de sortie appropriée
- **Adressage :**
 - nommage des machines
- **Fragmentation :**
 - réseaux traversés différents ?
- **+**
- **contrôle de congestion et initialisation de connexion**
 - Dans quelques architectures: ATM, frame relay, X.25

Plan – Couche Réseau

- InternetWorks
- Types de service
- Adressage
- Protocoles en mode non connecté
- Rappel sur la norme X25
- Routage
- Congestion

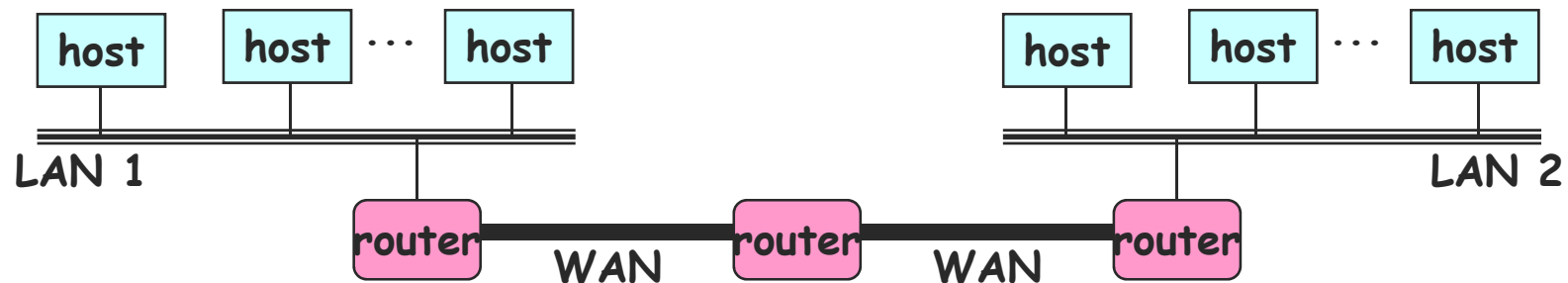


Niveau Réseau – Internetworks

InternetWorks

■ InternetWorks

- Plusieurs LANs **incompatibles** peuvent être connectés par des routeurs
- Ces réseaux connectés sont appelés **internetworks**
 - L'Internet peut être vue comme "internetwork of internetworks"
- Ensemble des moyens permettant à différents utilisateurs reliés à différents réseaux autonomes (LAN ou WAN) de communiquer entre eux



LAN 1 et LAN 2 peuvent être deux réseaux locaux **complètement différents et incompatibles** (exp. Ethernet et ATM)

[InternetWorks]

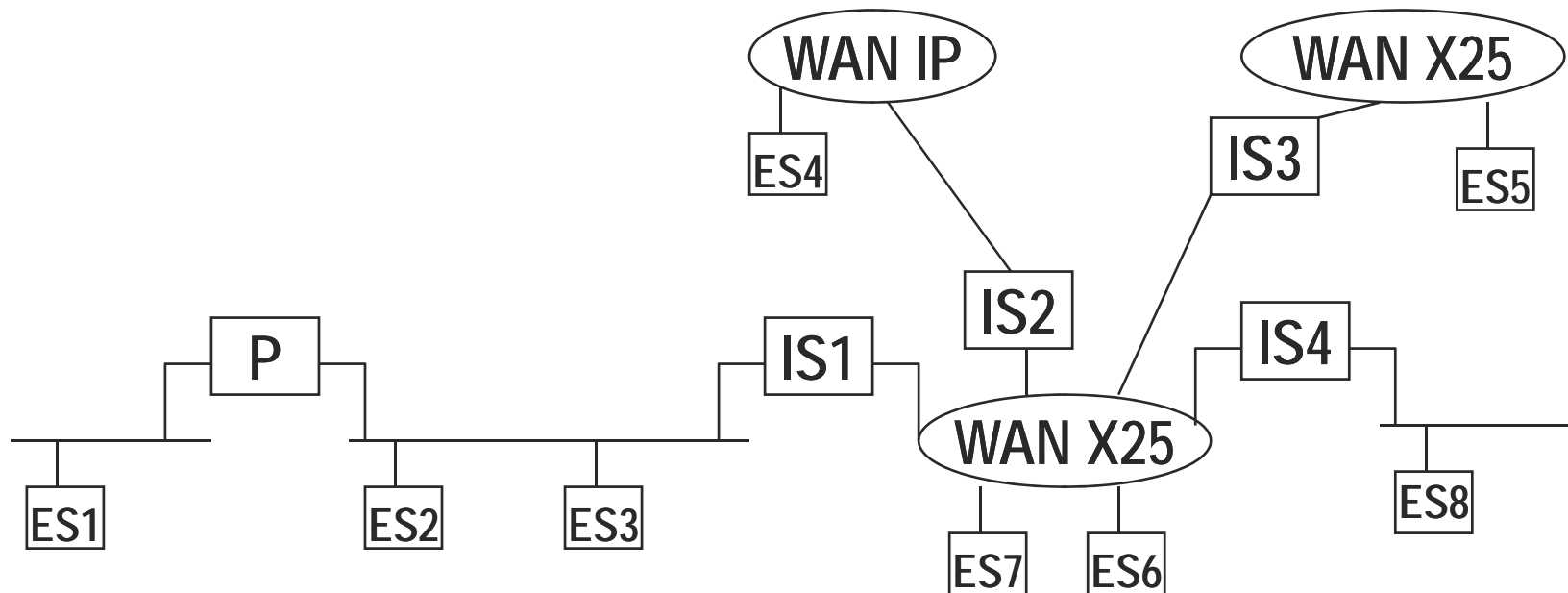
■ Objectifs d'un "internetwork"

- Assurer une connectivité de bout en bout "End-to-end"
- Assurer une continuité et une intégration de la communication en fournissant une vision abstraite de l'« internetwork » indépendante de la topologie physique ou logique
- Fonctionner dans un environnement hétérogène
- « Scalable »: passage à grande échelle

InternetWorks

■ Architecture

- ES : « End System »
- IS : « Intermediate System »



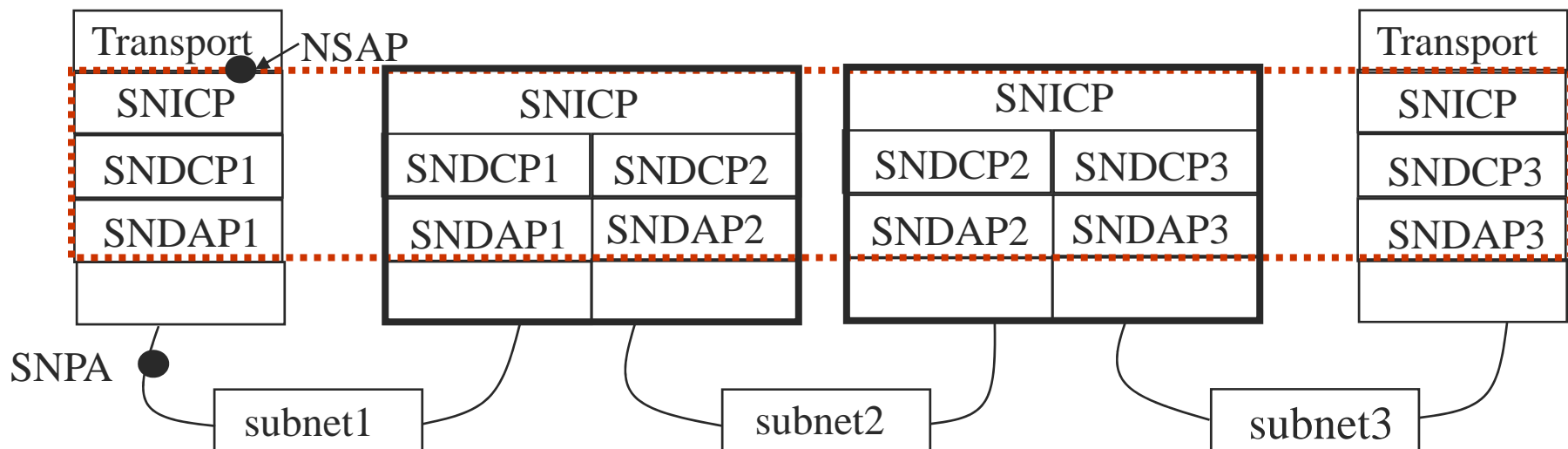
InternetWorks

■ Problèmes posés

- **Le service réseau** : des réseaux reliés à l'*internetwork* peuvent fonctionner en mode connecté et d'autres en mode non connecté
- **Adressage** : chaque réseau a son propre adressage
- **Routage** : entre réseaux
- **Qualité de service** différente d'un réseau à un autre
- **Taille maximale des paquets** différente d'un réseau à un autre
- **Contrôle de flux et de congestion** : des mécanismes différents selon les réseaux
- **Indication des erreurs** : besoin d'un mécanisme global

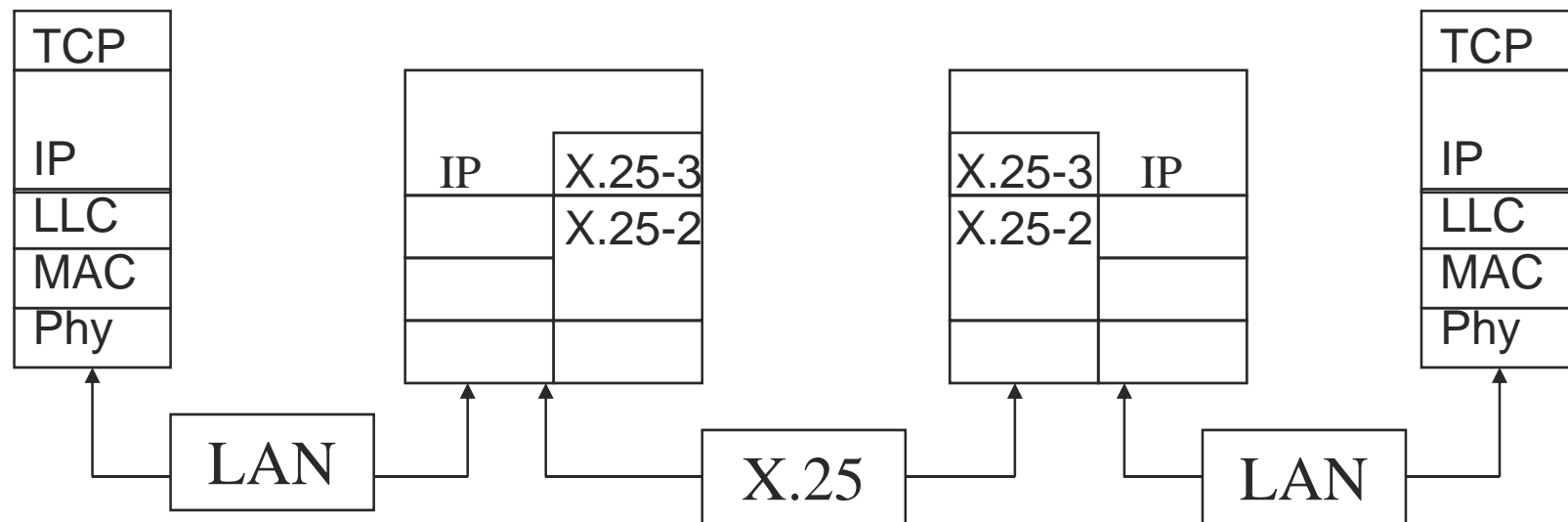
InternetWorks

- Structure de la couche réseau (IONL « Internal Organization of the Network Layer », ISO 8648)
 - **SNICP** “*SubNet Independent Convergence Protocol*” : protocole commun, fragmentation/ré-assemblage, routage *forwarding*, ISOIP..
 - **SNDAP** “*SubNet Dependent Access Protocol*”, spécifique à chaque “subnet”, X25 ...
 - **SNDCP** “*SubNet Dependent Convergence Protocol*” : réalise les fonctions de correspondance entre SNICP & SNDAP en particulier la correspondance entre les adresses **SNPA** “*SubNetwork Point of Attachment*” et **NSAP** “*Network Service Address Point*” ...



InternetWorks

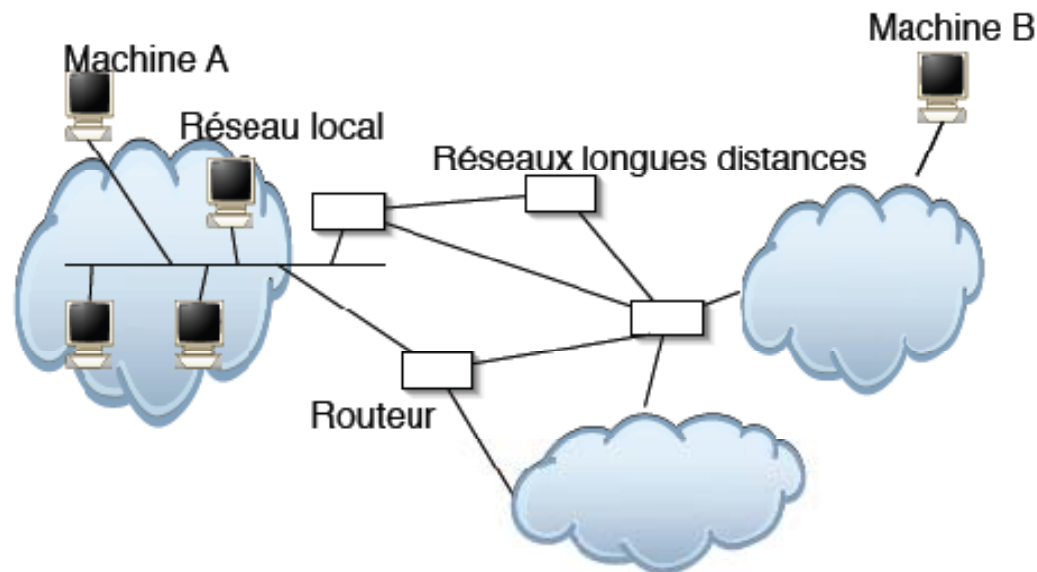
- Différentes implémentations existent qui présentent des points en commun avec ISO8648, exemple



- Le SNDCP et le SNICP se confondent
- Dans le cas du LAN, le service de la sous couche SNDAP se ramène à celui de LLC/MAC alors que sur le réseau X.25 il correspond à celui de X.25-3

[La couche Réseau]

- Acheminer les paquets de la source vers le(s) destinataire(s) en effectuant des sauts entre les différents noeuds intermédiaires
=> **Routage**
 - Prendre en compte les problèmes d'interconnexion de réseaux hétérogènes
 - Le contrôle de congestion niveau réseau



Type du service

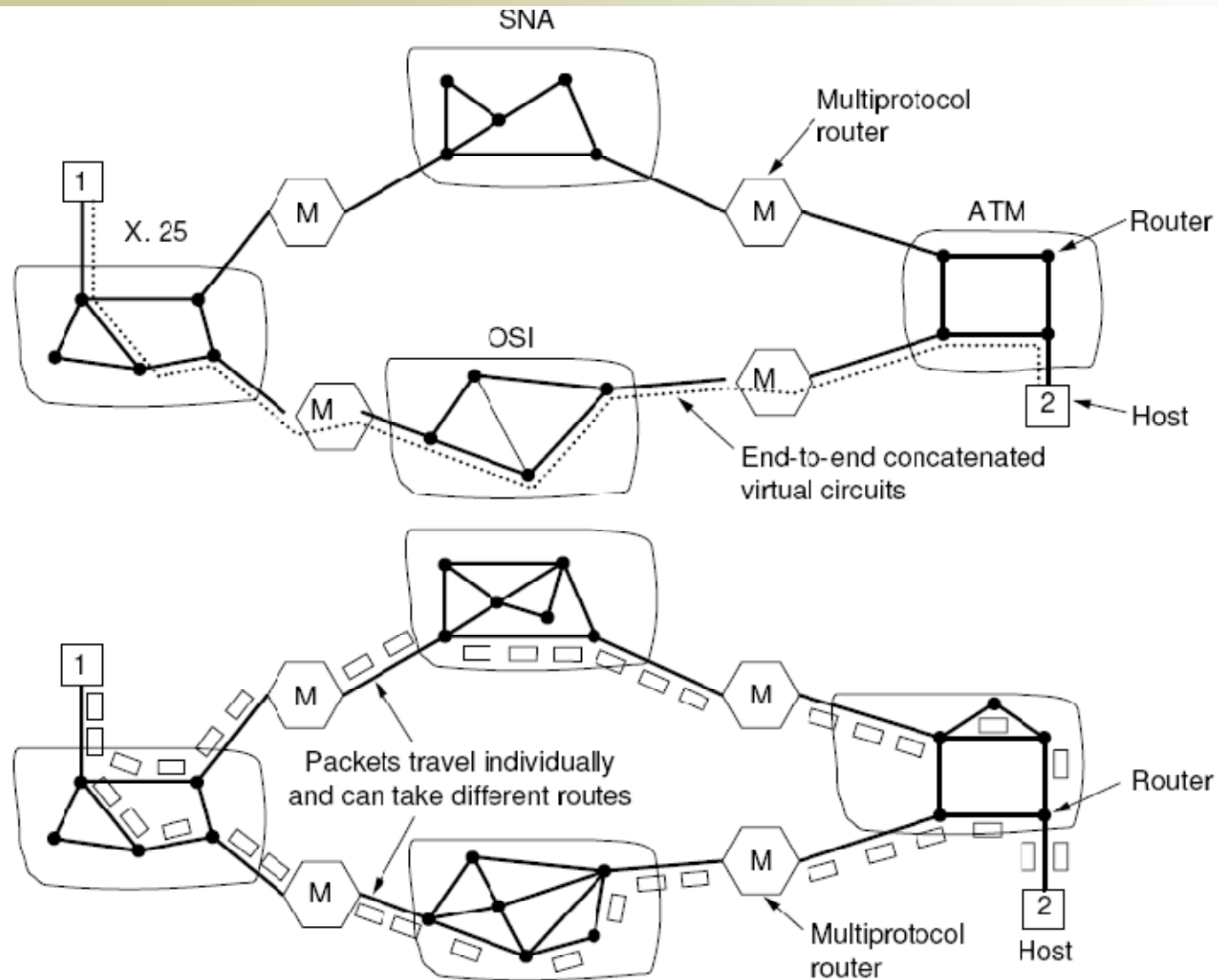
■ Service orienté connexion

- Une connexion de niveau réseau s'appelle circuit virtuel
- Le chemin associé au circuit virtuel dans le réseau est alloué à l'établissement de la connexion. La décision de routage n'est prise qu'au cours de la phase d'établissement de la connexion.
- les paquets contiennent seulement le numéro de circuit utilisé
- Tous les paquets circulant sur le même circuit virtuel empruntent le même chemin.
- Exemple : protocole ATM (Asynchronous Transfer Mode), X25

■ Service sans connexion (Unité de donnée: *datagramme*)

- Chaque paquet est envoyé indépendamment des autres et routé séparément.
- Des paquets successifs peuvent donc suivre des routes différentes
- chaque paquet doit contenir l'@ destination
- Exemple: le protocole IP (Internet Protocol)

Type du service



[Avantages / inconvénients des services]

■ Mode Connexion

- 😊 Pas de déséquencement
- 😊 Ressources réservées au départ
 - 😊 Garantie de qualité de services facile
 - 😊 Pas de problème de congestion ultérieure
- 😞 Ressources réservées inutilement
- 😞 Temps d'acheminement plus long (temps d'établissement de la connexion au départ) -> problème pour le temps réel
- 😞 Délicat en cas de défaillance d'un routeur

Avantages / inconvénients des services

■ Mode Sans Connexion

- 😊 Temps d'acheminement plus rapide
- 😊 Défaillance d'un routeur → pertes seulement des paquets, adaptation rapide
- 😊 Pas de ressources réservées inutilement
- 😞 Qualité de services difficile à garantir
- 😞 Congestion résolue difficilement
- 😞 Problème de IP actuel
- 😞 Calcul du routage à chaque paquet

ISSUE	DATAGRAM SUBNET	VC SUBNET
Circuit setup	Not possible	Required
Addressing	Each packet contains the full source end destination address	Each packet contains a short vc number
State information	Subnet does not hold state information	Each established vc requires subnet table space
Routing	Each packet is routed independently	Route chosen when vc is set up; all packets follow this route
Effect of node failure	None, except for packets lost during the crash	All vcs that passed through the failed equipment are terminated
Congestion control	Difficult	Easy if enough buffers can be allocated in advance for each vc set up
Complexity	In the transport layer	In the network layer
Suited for	Connection-oriented and connectionless service	Connection-oriented service

Primitives de Service – Mode Connecté

- Un service est défini par un ensemble de primitives (ou opérations) disponible pour un utilisateur ou une entité pour y accéder
- Il y a 4 classes de service
 - REQUEST
 - Une entité sollicite un service (ou demande une connexion)
 - INDICATION
 - Une entité est informée d'un événement (le récepteur reçoit une demande de connexion)
 - RESPONSE
 - Une entité répond à un événement (le récepteur envoie l'autorisation de la connexion)
 - CONFIRM
 - Une entité accuse la réception de la réponse à sa demande (l'émetteur reçoit une confirmation de la connexion)

Primitives de Service – Mode Connecté

(ISO 8348)

- Primitives d'établissement d'un circuit virtuel
 - N_CONNECT.request (dest, source, conf, tel, qos, d_utilisateur)
 - N_CONNECT.indication (dest, source, conf, tel, qos, d_util)
 - N_CONNECT.response (répondeur, conf, tel, qos, d_utilisateur)
 - N_CONNECT.confirm (dest, source, conf, tel, qos, d_util)
- Primitives de rupture de circuit virtuel
 - N_DISCONNECT.request (origine, raison, d_utilisateur, adr_en_rep)
 - N_DISCONNECT.indication (origine, raison, d_utilisateur, adr_en_rep)
- Primitives d'échange sur circuit virtuel
 - N_DATA.request (données)
 - N_DATA.indication (données)
 - N_DATA_ACKNOWLEDGE.request ()
 - N_DATA_ACKNOWLEDGE.indication ()

Primitives de Service – Mode Connecté

(ISO 8348)

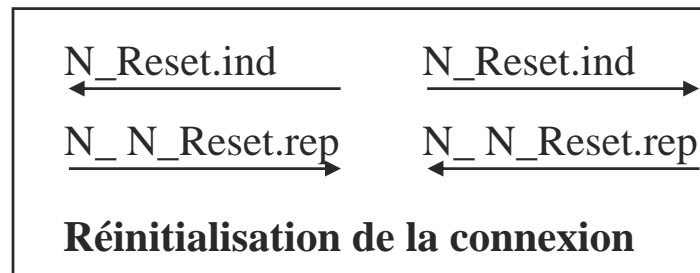
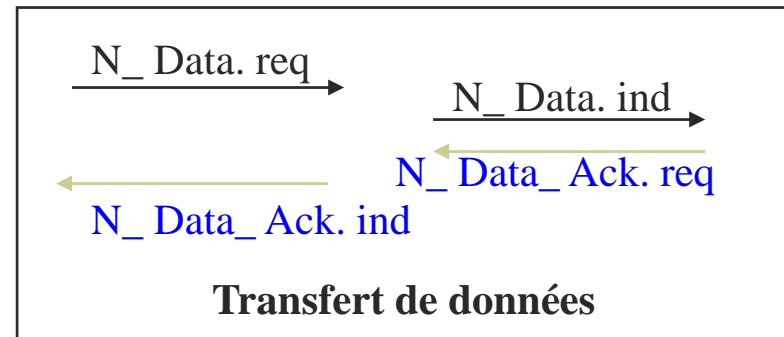
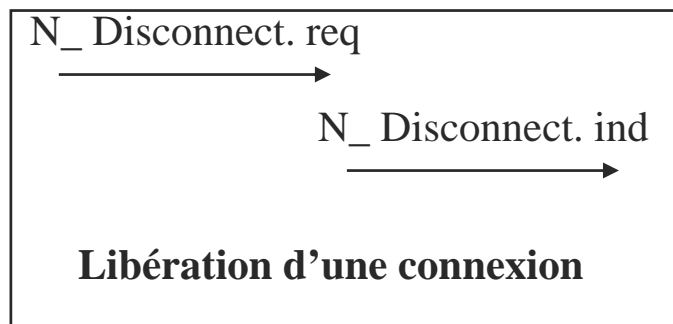
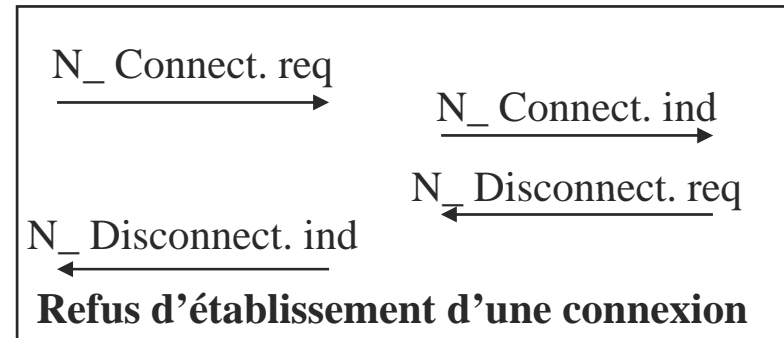
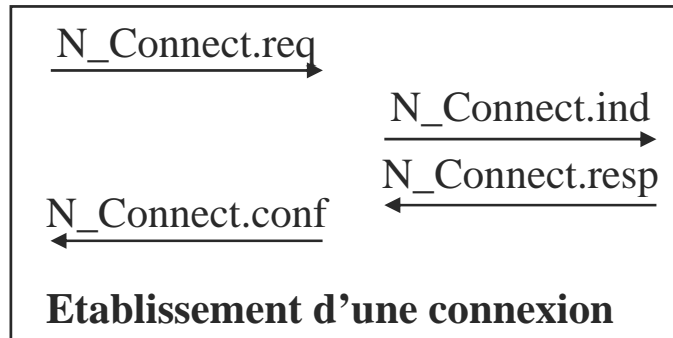
- Envoi de données exprès sur un circuit virtuel
 - N_EXPEDITED_DATA.request (données)
 - N_EXPEDITED_DATA.indication (données)

- Commandes de contrôle d'un circuit virtuel
 - N_RESET.request (origine, raison)
 - N_RESET.indication (origine, raison)
 - N_RESET.response ();
 - N_RESET.confirmation ();

Primitives de Service – Mode Connecté

(ISO 8348)

Quelques enchaînements de primitives



Primitives du service orienté connexion

■ Établissement de connexion ou circuit virtuel

PRIMITIVES	PARAMETRES
N_CONNECT.request	adresse source, adresse destination, confirmation réception, données exprès, qos, données utilisateur
N_CONNECT.indication	adresse source, adresse destination, confirmation réception, données exprès, qos, données utilisateur
N_CONNECT.response	adresse en réponse, confirmation réception, données exprès, qos, données utilisateur
N_CONNECT.confirmation	adresse en réponse, confirmation réception, données exprès, qos, données utilisateur

- « **Confirmation réception** » : si vrai, demande l'acquittement des paquets de données transmis par la suite
- « **Données exprès** » : si vrai, autorise l'envoi de paquets de données exprès transmis en priorité en dehors de tout contrôle de flux (**ex** : permet l'interruption prioritaire de programmes lancés à distance)
- « **Quality of Service** » : deux listes de valeurs définissant les qualités souhaitée et acceptable par l'appelant (**ex** : débit, délai de transfert, taux d'erreurs, etc.)
- « **Données utilisateurs** » : faible volume de données transmis lors de la demande de connexion pour réduire les délais (**ex** : numéro de carte bancaire)

Primitives du service orienté connexion

■ Libération de connexion ou circuit virtuel

N_DISCONNECT.request	origine, raison, données utilisateur
N_DISCONNECT.indication	origine, raison, données utilisateur

- *Sans adresses source et destinataire car circuit virtuel*
- *Permet d'indiquer les raisons de la demande de déconnexion*

■ Signalisation de défaillances du réseau de transport

N_RESET.request	origine, raison
N_RESET.indication	origine, raison
N_RESET.response	origine, raison
N_RESET.confirmation	origine, raison

- *Permet à un équipement intermédiaire d'indiquer qu'il est complètement congestionné*

Primitives du service orienté connexion

- Primitives du service orienté connexion

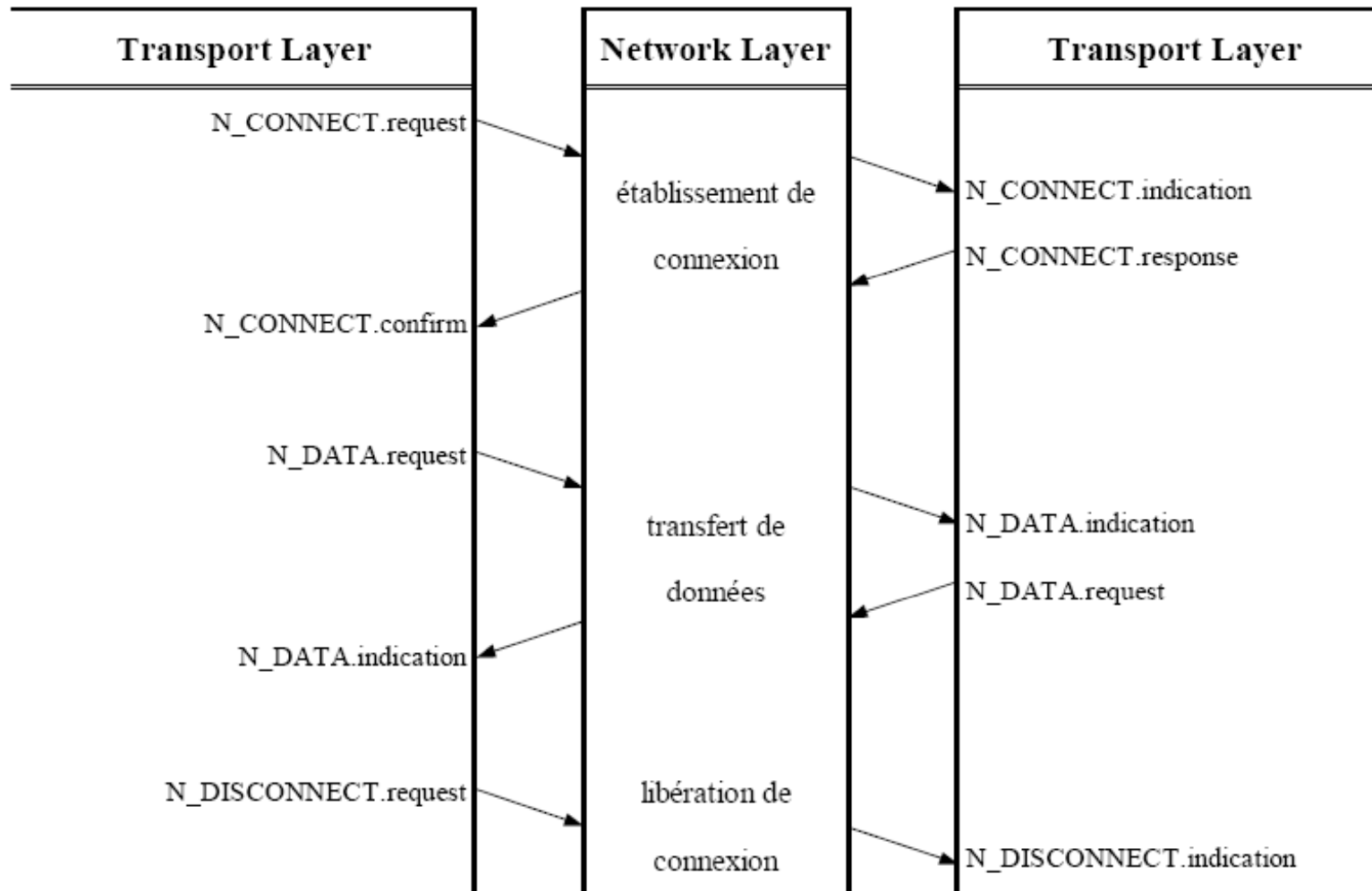
- Transfert de données sur un circuit virtuel

N_DATA.request	données utilisateur
N_DATA.indication	données utilisateur
N_DATA_ACKNOWLEDGE.request	
N_DATA_ACKNOWLEDGE.indication	
N_EXPEDITED_DATA.request	données utilisateur
N_EXPEDITED_DATA.indication	données utilisateur

- « **N_DATA** » : *sans adresse source et destination car transmission sur circuit virtuel uniquement*
- « **N_DATA_ACKNOWLEDGE** » : *permet l'acquittement de données*
 - Sans numéro d'ordre à l'émission ou à la réception
 - Permet uniquement de vérifier que le bon nombre de paquets ont été reçues correctement
- « **N_EXPEDITED_DATA** » : *permet l'envoi de données exprès*

Primitives du service orienté connexion

- Mise en oeuvre du service orienté connexion



Primitives du service orienté connexion

- Correspondance avec services réseaux

Primitives OSI	Paquets X.25
N_CONNECT.request	Envoie d'un Call request
N_CONNECT.indication	Arrivée d'un Incoming call
N_CONNECT.response	Envoie d'un Call accepted
N_CONNECT.confirmation	Arrivée d'un Call connected
N_DATA.request	Envoie d'un Data
N_DATA.indication	Arrivée d'un Data
N_RESET.request	Envoie d'un Reset request (ou Restart request)
N_RESET.indication	Arrivée d'un Reset request (ou Restart request)
N_RESET.response	Envoie d'un Reset confirmation (ou Restart confirmation)
N_RESET.confirmation	Arrivée d'un Reset confirmation (ou Restart confirmation)

Primitives du service orienté connexion

■ Correspondance avec services réseaux (suite)

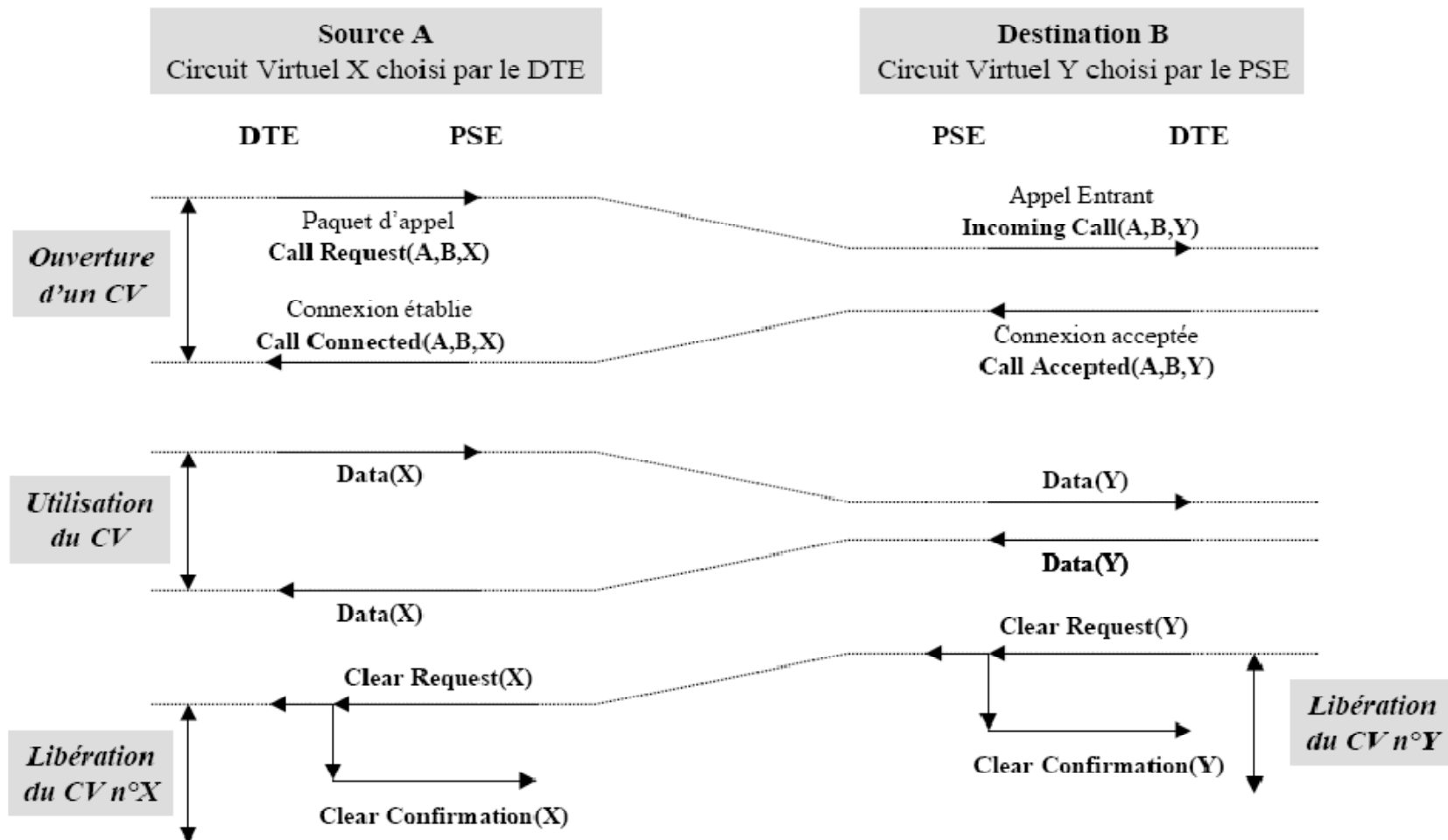
Primitives OSI	Paquets X.25
N_REPORT.indication	Envoie d'un Diagnostic
N_DATA_ACKNOWLEDGE.request	Envoie d'un RR, RNR ou REJ
N_DATA_ACKNOWLEDGE.indication	Arrivée d'un RR, RNR ou REJ
N_EXPEDITED_DATA.request	Envoie d'un Interrupt request
N_EXPEDITED_DATA.indication	Arrivée d'un Interrupt confirmation
N_DISCONNECT.request	Envoie d'un Clear request
N_DISCONNECT.indication	Arrivée d'un Clear request
N_DISCONNECT.response	Envoie d'un Clear confirmation
N_DISCONNECT.confirmation	Arrivée d'un Clear confirmation

Primitives du service orienté connexion

- Établissement de connexion

DTE (Data Terminal Equipment): ES (End System)

PSE (Packet Switching Equipment): IS (Intermediate System)



Primitives du service sans connexion

■ Primitives du service sans connexion

- Trois types de primitives

PRIMITIVES	PARAMETRES
N_UNIDATA.request	adresse source, adresse destination, qos, données utilisateur
N_UNIDATA.indication	adresse source, adresse destination, qos, données utilisateur
N_FACILITY.request	qos
N_FACILITY.indication	adresse destination, qos, raison
N_REPORT.indication	adresse destination, qos, raison

- « **N_UNIDATA** » : avec adresse source et destination car pas de circuit virtuel
- « **N_FACILITY** » : pour savoir si une qualité de service souhaitée peut être obtenue
- « **N_REPORT** » : permet de signaler des problèmes au niveau du réseau de transport

Primitives de Service – Mode Non Connecté

(ISO 8348)

- Primitives d'échange d'informations
 - N_UNIDATA.request (source, destination, qos, données)
 - N_UNIDATA.indication (source, destination, qos, données)
- Primitives de contrôle
 - N_FACILITY.request(qos)
 - N_FACILITY.indication(destination, qos)
 - N_REPORT.indication(destination, qos, raison)
- Désignation des N_SAP (longueur <= 20 octets)
 - Authority and Format Identifier (AFI):
 - qualifie le type de l'adresse contenue dans le dernier champ
 - Initial Domain Identifier (IDI) :
 - précise le domaine auquel appartient le dernier champ
 - DSP
 - Adresse proprement dite



Niveau Réseau – Adressage

Plan

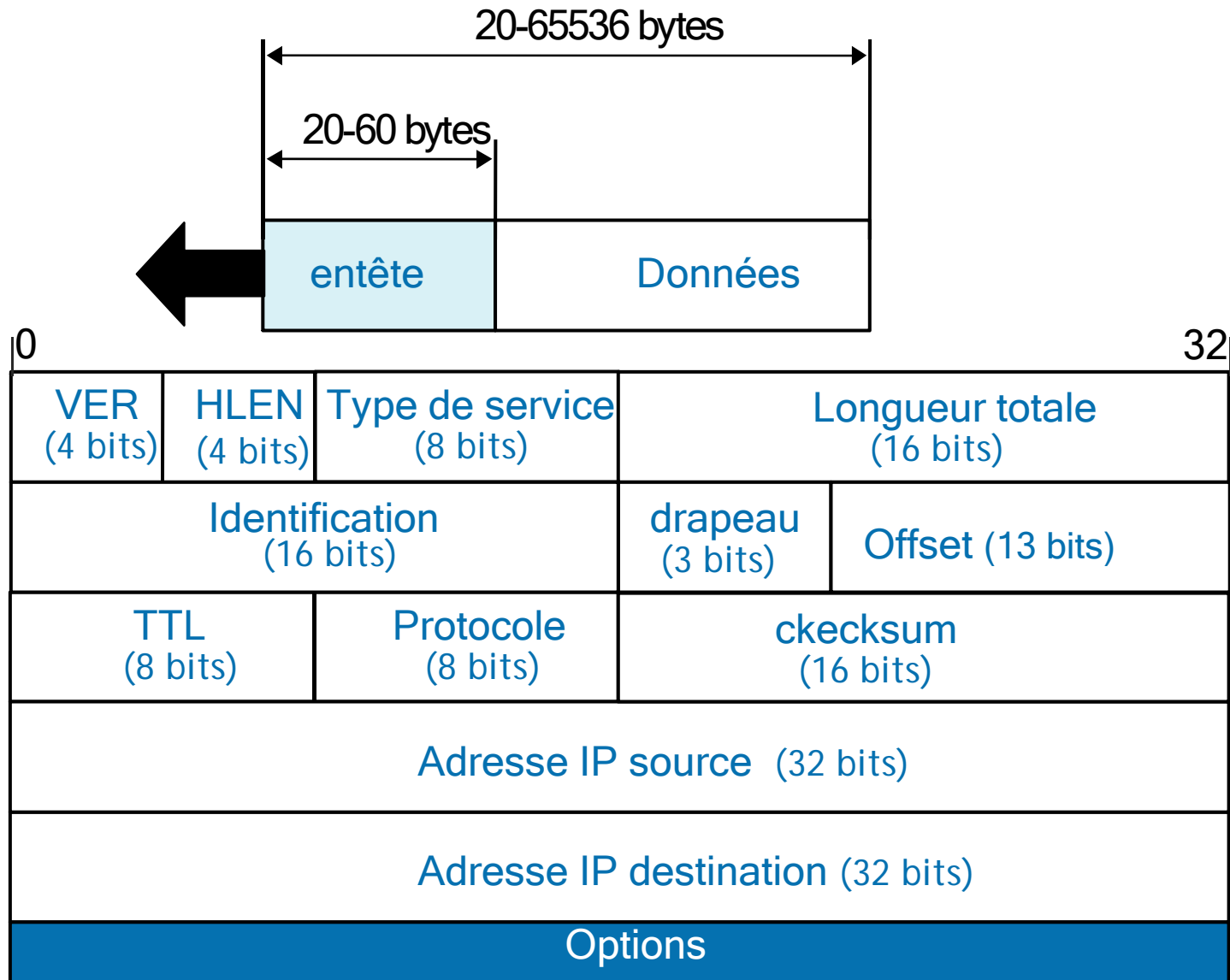
- Protocole IPv4
- Adressage IPv4
- Adressage IPv6

[Protocole IPv4]

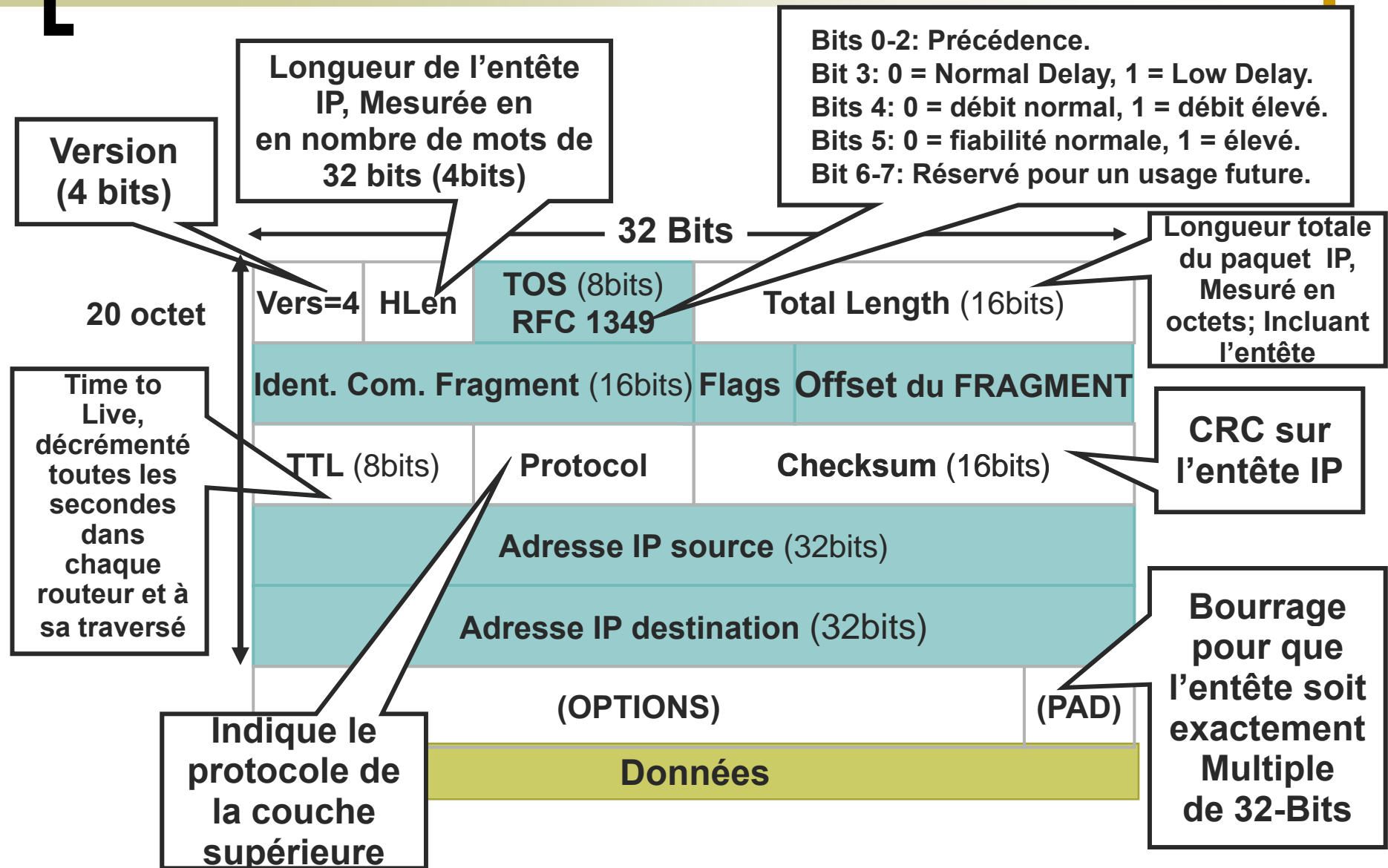
Caractéristiques principales:

- Définit un service de transfert de paquet **sans connexion**
- Pas de garantie de transfert : service **non fiable**
 - Paquets dupliqués perdus, désordonnés
 - → Internet ne détectera rien et n'en informera ni le récepteur ni l'émetteur
- Unité basique de transfert : Datagramme IP
- Fonction Principale : routage
- Définit des règles pour
 - Traiter les paquets
 - Effectuer le routage
- Nouvelle génération : IPv6

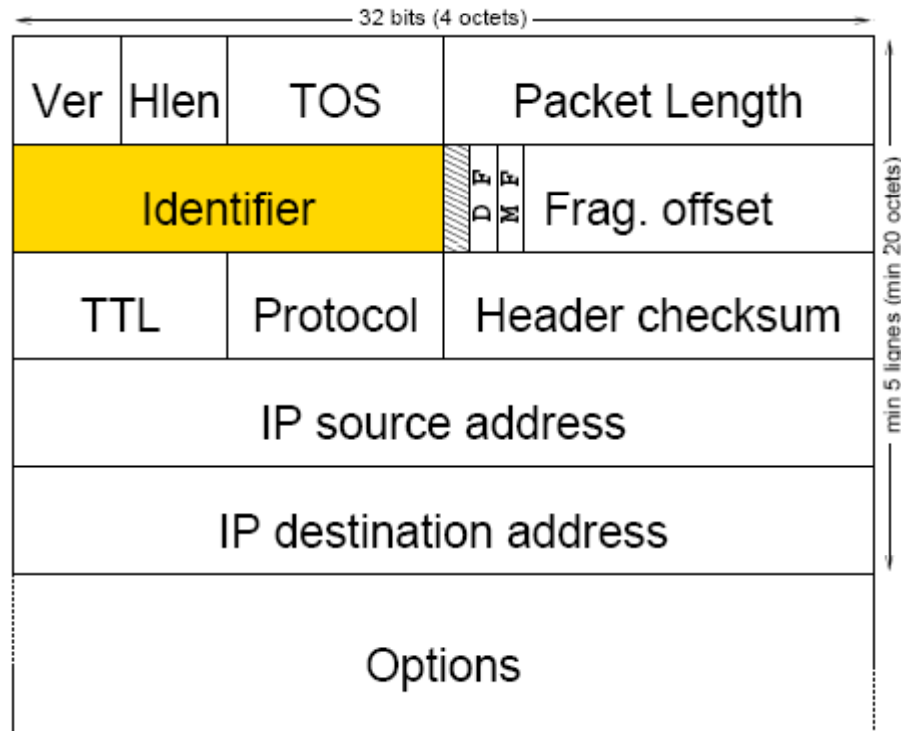
Protocole IPv4 – Datagramme IPv4



Protocole IPv4 – Datagramme IPv4

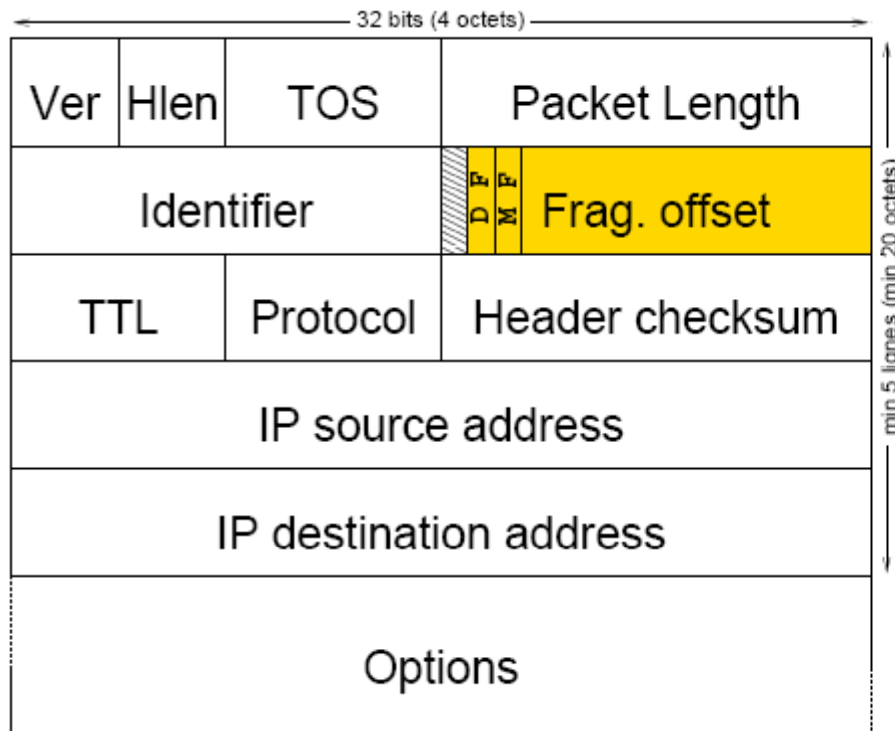


Protocole IPv4 – Champs de l'entête



- défini de manière **unique** pour chaque paquet
- pour réassembler les fragments d'un **même** paquet
- habituellement, **incrément** d'un compteur pour chaque paquet successif
- 16 bits (boucle tous les 64 Kpaquets)

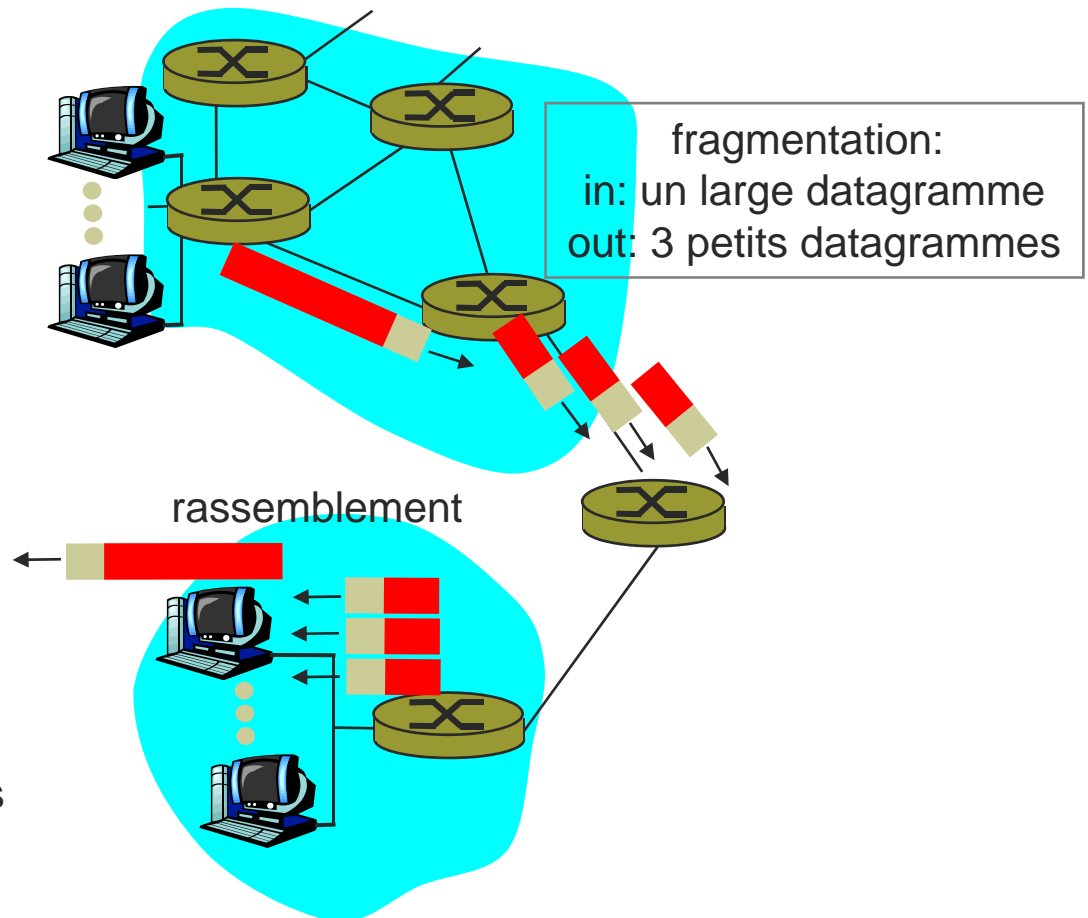
Protocole IPv4 – Champs de l'entête



- 1 bit réservé
- 1 bit DF : *Don't fragment* (=1 interdit la fragmentation)
- 1 bit MF : *More fragment* (=0 pour le dernier fragment)
- 13 bits *fragment offset* en octets/8 (shift 3)
- exemples :
 - ✓ 0x0000 paquet entier (*offset*=0)
 - ✓ 0x2000 premier fragment (*offset*=0)
 - ✓ 0x20A0 fragment central (*offset*=1280)
 - ✓ 0x00B0 dernier fragment (*offset*=1408)
- ...

Fragmentation et rassemblement de paquets IP

- Les liaisons réseaux ont des MTU (max.transfer size) différents- qui représentent la taille maximale de la trame de liaison de données.
 - Plusieurs types de liaison, différents MTUs
- Plusieurs datagrammes IP sont divisés dans le réseau ("fragmenté")
 - un datagramme devient plusieurs datagrammes
 - "rassemblement" uniquement à la destination finale
 - Des bits de l'en-tête servent à identifier et mettre dans l'ordre les différents fragments



Fragmentation et rassemblement de paquets IP

Exemple

- n Un datagramme de 4000 octets
- n MTU = 1500 octets

1480 octets dans le
Champ données de IP
offset =
 $1480/8$

	length	ID	fragflag	offset	
	=4000	=x	=0	=0	

Un large datagramme devient
Plusieurs petits datagrammes

	length	ID	fragflag	offset	
	=1500	=x	=1	=0	

	length	ID	fragflag	offset	
	=1500	=x	=1	=185	

	length	ID	fragflag	offset	
	=1040	=x	=0	=370	

]



- ```
Unix> cat /etc/protocols
```

```

icmp 1 # internet control message protocol
ggp 3 # gateway-gateway protocol
ipencap 4 # IP encapsulated in IP
st 5 # ST datagram mode
tcp 6 # transmission control protocol
egp 8 # exterior gateway protocol
udp 17 # user datagram protocol
rdp 27 # "reliable datagram" protocol
iso-tp4 29 # ISO Transport Protocol class 4
xtp 36 # Xpress Transfer Protocol
idrp 45 # Inter-Domain Routing Protocol
rsvp 46 # Reservation Protocol
gre 47 # General Routing Encapsulation
ospf 89 # Open Shortest Path First IGP

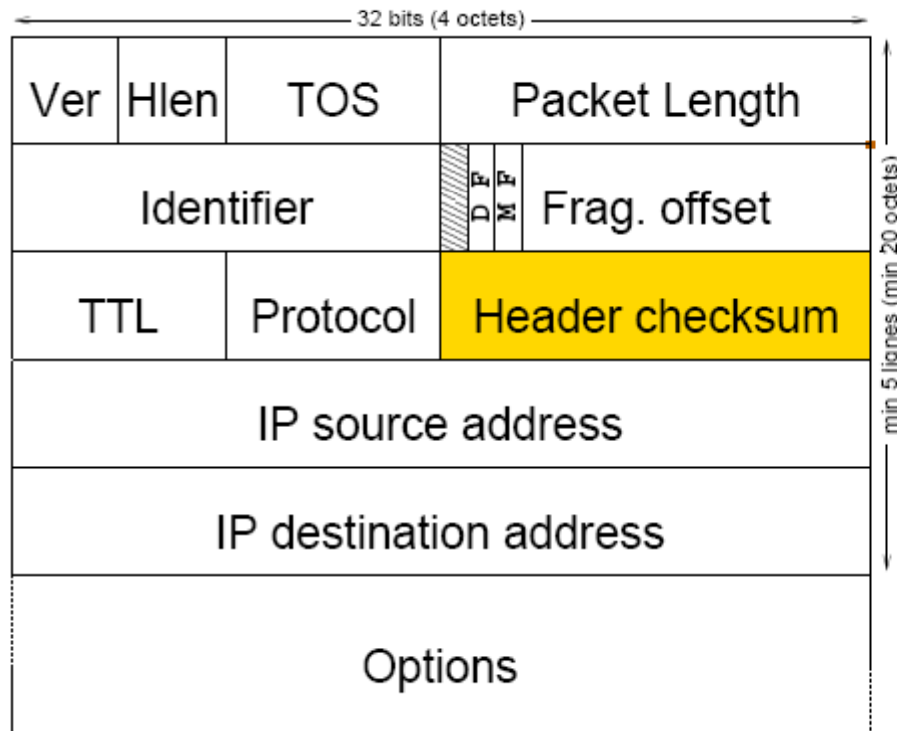
```

• • •

- 8 bits



# Protocole IPv4 – Champs de l'entête



- contrôle d'erreur sur **l'entête**
- vérifie si le paquet a été bien traité
- recalculé à la sortie de **chaque routeur**
- si faux, paquet détruit !
- 16 bits

# Adressage

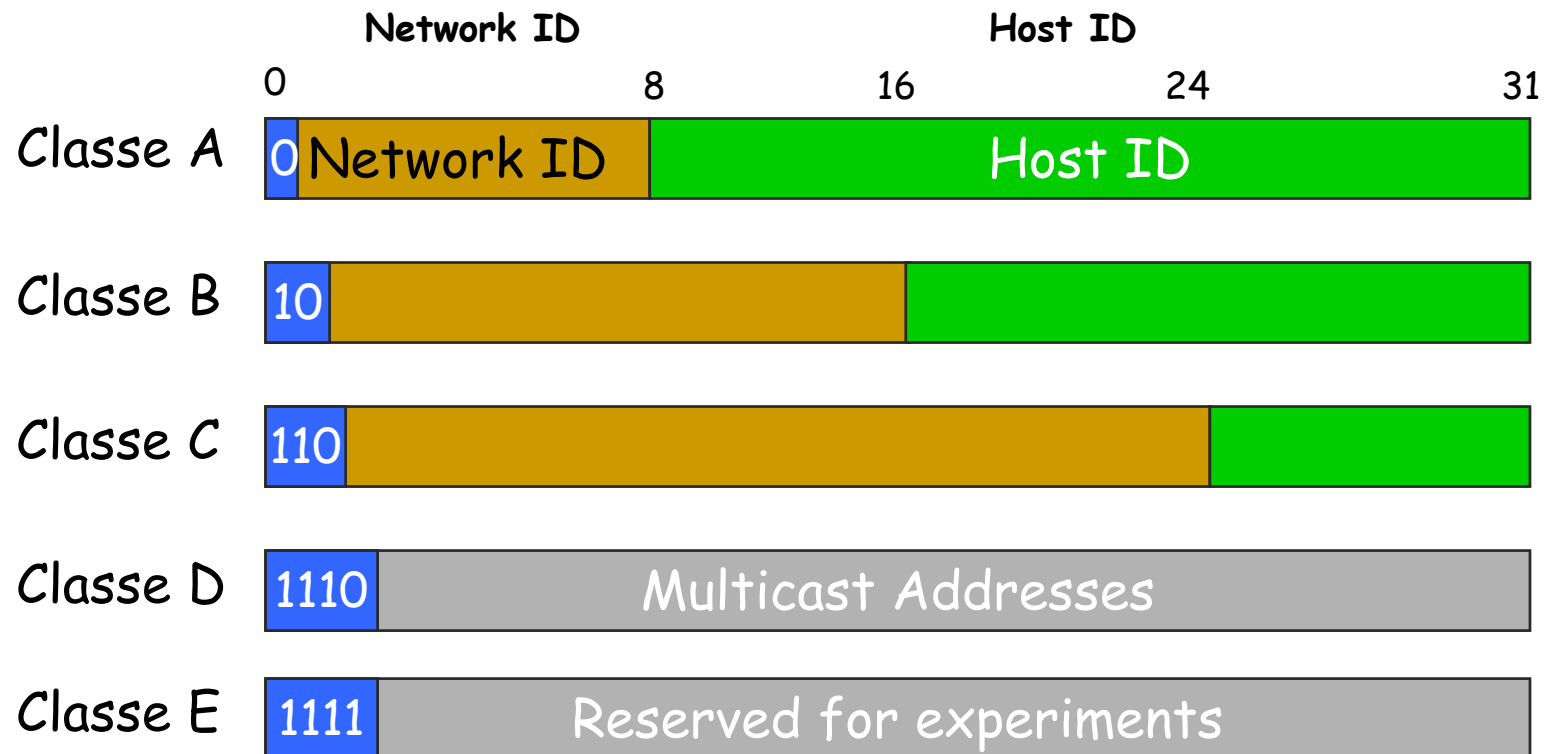
## ■ Généralités

- Adressage hiérarchique pour faciliter le routage
  - Adresse postale
    - Routage par *pays* : vers poste centrale
    - Routage par *code postal* : vers poste régionale
    - Routage par *avenue/rue/num* (facteur) : vers destination
- Plusieurs niveaux de hiérarchie dans un réseau

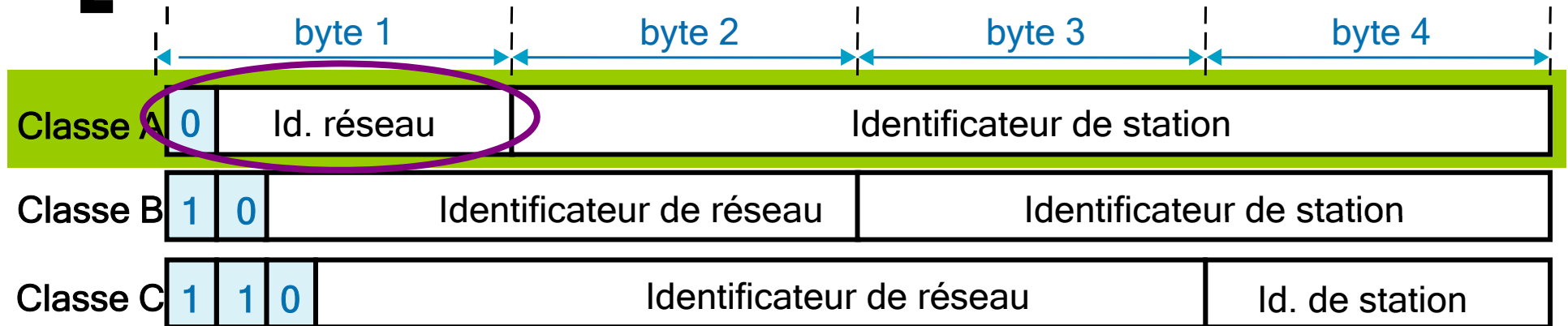


- La hiérarchie pas nécessairement standardisée ; pour chaque réseau :
  - Nombre de niveaux variable
  - Longueur des champs variable
- Structure interne d'un réseau est non transparente
- Adresse globalement unique

# Adressage IPv4 – Classes d'adresses



# Adressage IPv4 – Classes d'adresses



BYTE 1

00000000 → 01111111

De

Jusqu'à

Classe A

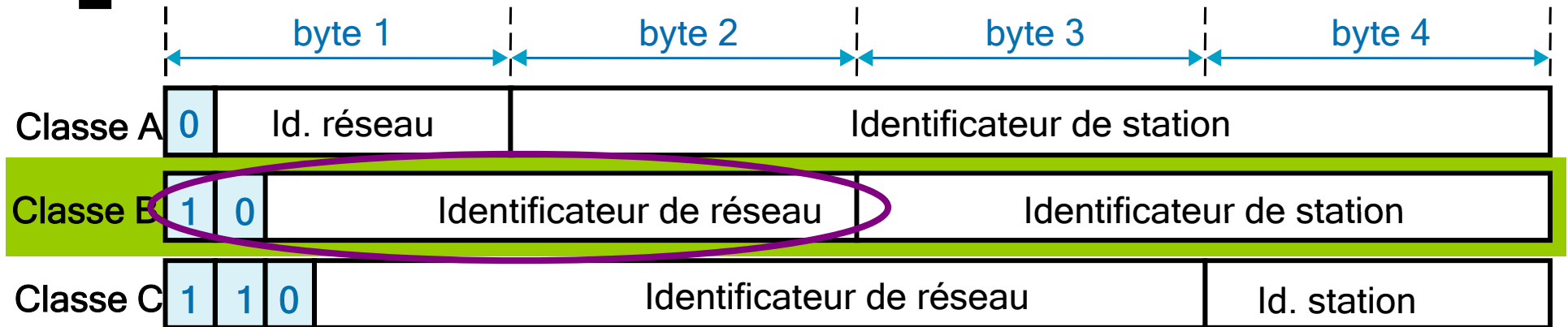
|   |        |
|---|--------|
| 0 | .0.0.0 |
|---|--------|

Identificateur de réseau    Identificateur du hôte

|     |              |
|-----|--------------|
| 127 | .255.255.255 |
|-----|--------------|

Identificateur de réseau    Identificateur du hôte

# Adressage IPv4 – Classes d'adresses



BYTES 1 et 2

10000000 . 00000000 → 10111111 . 11111111

De

Jusqu'à

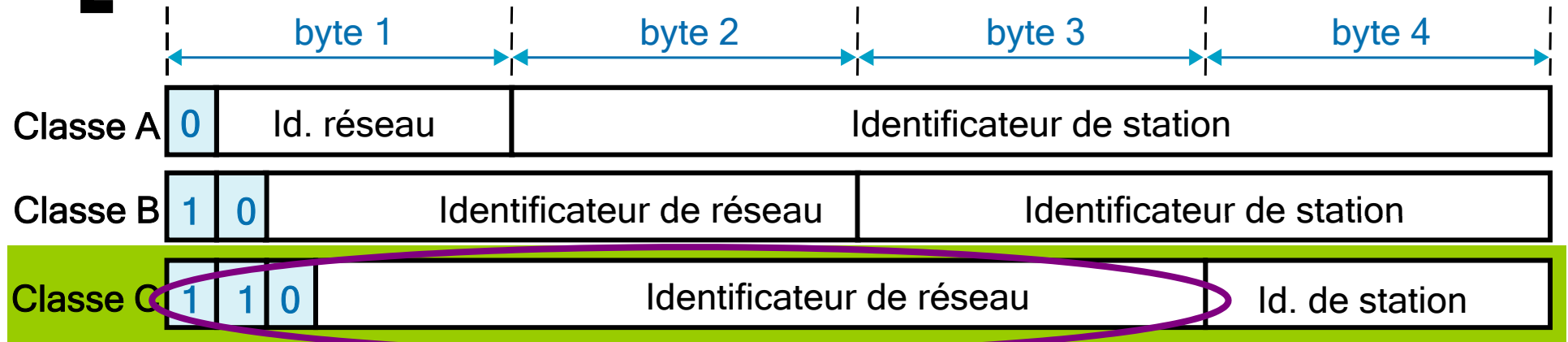
Classe B **128.0.0.0**

Identificateur de réseau    Identificateur du host

**191.255.255.255**

Identificateur de réseau    Identificateur du host

# Adressage IPv4 – Classes d'adresses



BYTES 1, 2 et 3

11000000 . 00000000 . 00000000  
11011111 . 11111111 . 11111111

De

Jusqu'à

Classe C 192.0.0.0

223.255.255.255

Identificateur de réseau    Identificateur du host

Identificateur de réseau    Identificateur du host

# Adressage IPv4 – Classes d'adresses

De

Classe A

|   |        |
|---|--------|
| 1 | .0.0.1 |
|---|--------|

Identificateur de réseau    Identificateur du host

Jusqu'à

|     |              |
|-----|--------------|
| 126 | .255.255.254 |
|-----|--------------|

Identificateur de réseau    Identificateur du host

Classe B

|     |        |
|-----|--------|
| 128 | .0.0.1 |
|-----|--------|

Identificateur de réseau    Identificateur du host

|     |              |
|-----|--------------|
| 191 | .255.255.254 |
|-----|--------------|

Identificateur de réseau    Identificateur du host

Classe C

|     |        |
|-----|--------|
| 192 | .0.0.1 |
|-----|--------|

Identificateur de réseau    Identificateur du host

|     |              |
|-----|--------------|
| 223 | .255.255.254 |
|-----|--------------|

Identificateur de réseau    Identificateur du host

# Adressage IPv4 – Classes d'adresses

## Adresses spéciales et privées

Les adresses entre 0.0.0.0 et la 255.255.255.255 ne sont pas tous valides pour identifier une station (host):

| id_res   | id_host           | Signification                                         |
|----------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| Tous '0' |                   | Identifie l'hôte qui émet le datagramme (BOOTP, DHCP) |
| Tous '1' |                   | Broadcast dans chaque réseau                          |
| id_res   | Tous '0'          | Adresse du réseau                                     |
| id_res   | Tous '1'          | Broadcast dans le réseau indiqué                      |
| Tous '0' | id_host           | Identifie un host dans un réseau                      |
| 127      | valeur quelconque | Adresse de loopback                                   |

- Adresses "réservés" pour utilisation dans les réseaux Locaux:
  - ➡ Classe A → [10.0.0.0 , 10.255.255.255]
  - ➡ Classe B → [172.16.0.0 , 172.31.255.255 ]
  - ➡ Classe C → [192.168.0.0, 192.168.255.255]



# Adressage IPv4 – Classes d'adresses

En tenant compte des adresses réservées, le nombre de réseaux et d'hôtes présents dans chaque classe est:

| CLASSE   | RESEAU                                    | HOST                                         |
|----------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>A</b> | (7 bits)<br>$2^7 - 2 = 126$ r.            | (24 bits)<br>$2^{24} - 2 = 16.777.214$ hosts |
| <b>B</b> | (14 bits)<br>$2^{14} = 16.384$ réseaux    | (16 bits)<br>$2^{16} - 2 = 65.534$ hosts     |
| <b>C</b> | (21 bits)<br>$2^{21} = 2.097.152$ réseaux | (8 bits)<br>$2^8 - 2 = 254$ h.               |

# Adressage IPv4

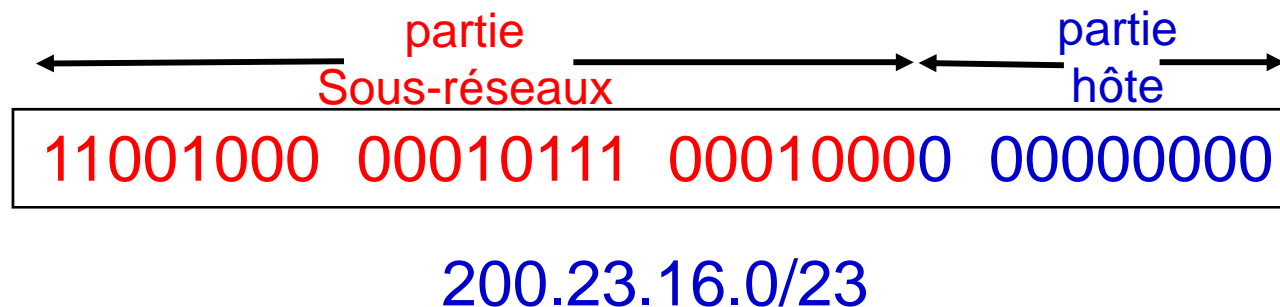
- Utilisation inefficace de l'espace des adresses
  - Réseau classe C avec 2 hosts ( $2/255 = 0.78\%$  utilisation)
  - Réseau classe B avec 256 hosts ( $256/65535 = 0.39\%$  utilisation)
- Prolifération des réseaux
  - Aujourd'hui l'Internet compte des dizaines de milliers de réseaux
    - Taille des tables de routage
    - Problème d'efficacité des protocoles de propagation des informations de routage

# Adressage IP: CIDR

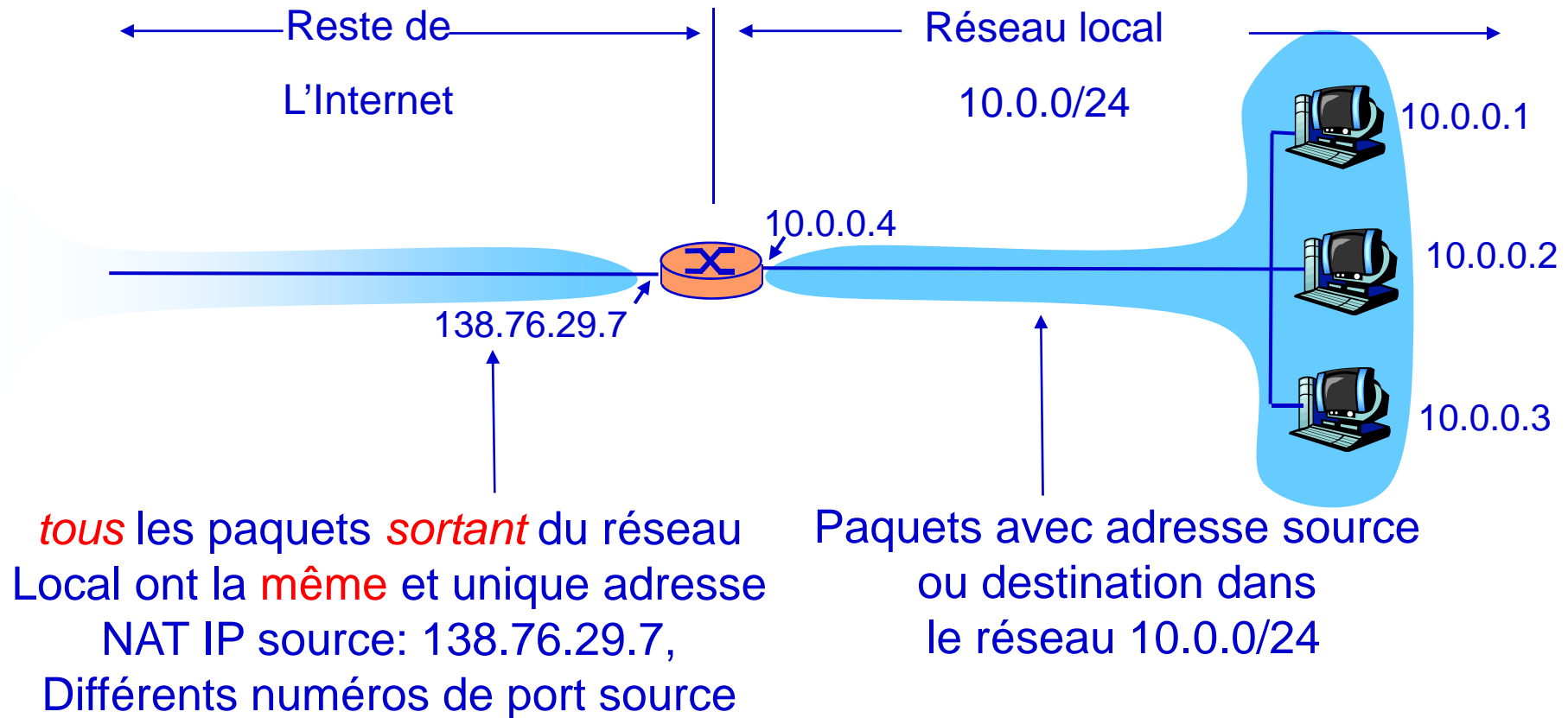
---

## CIDR: Classless InterDomain Routing

- u La portion d'adresse sous-réseau de longueur arbitraire
- u Format d'adresse:  $a.b.c.d/x$ , où  $x$  est le nombre de bits dans la portion sous-réseau de l'adresse



# NAT: Network Address Translation



# NAT: Network Address Translation

---

- n **Motivation:** un réseau local utilise une seule adresse IP pour avoir accès au réseau Internet:
  - u Pas de besoin d'avoir une plage d'adresses allouées du FAI: - juste une seule adresse IP est suffisante pour tous les équipements du réseau local
  - u Peut changer l'adresse IP des équipements dans le réseau local sans notifier le monde extérieur
  - u Peut changer son FAI sans changer d'adresses IP dans le réseau local
  - u Les équipements à l'intérieur du réseau local ne sont pas explicitement adressable pour la visibilité du monde extérieur (plus de sécurité).

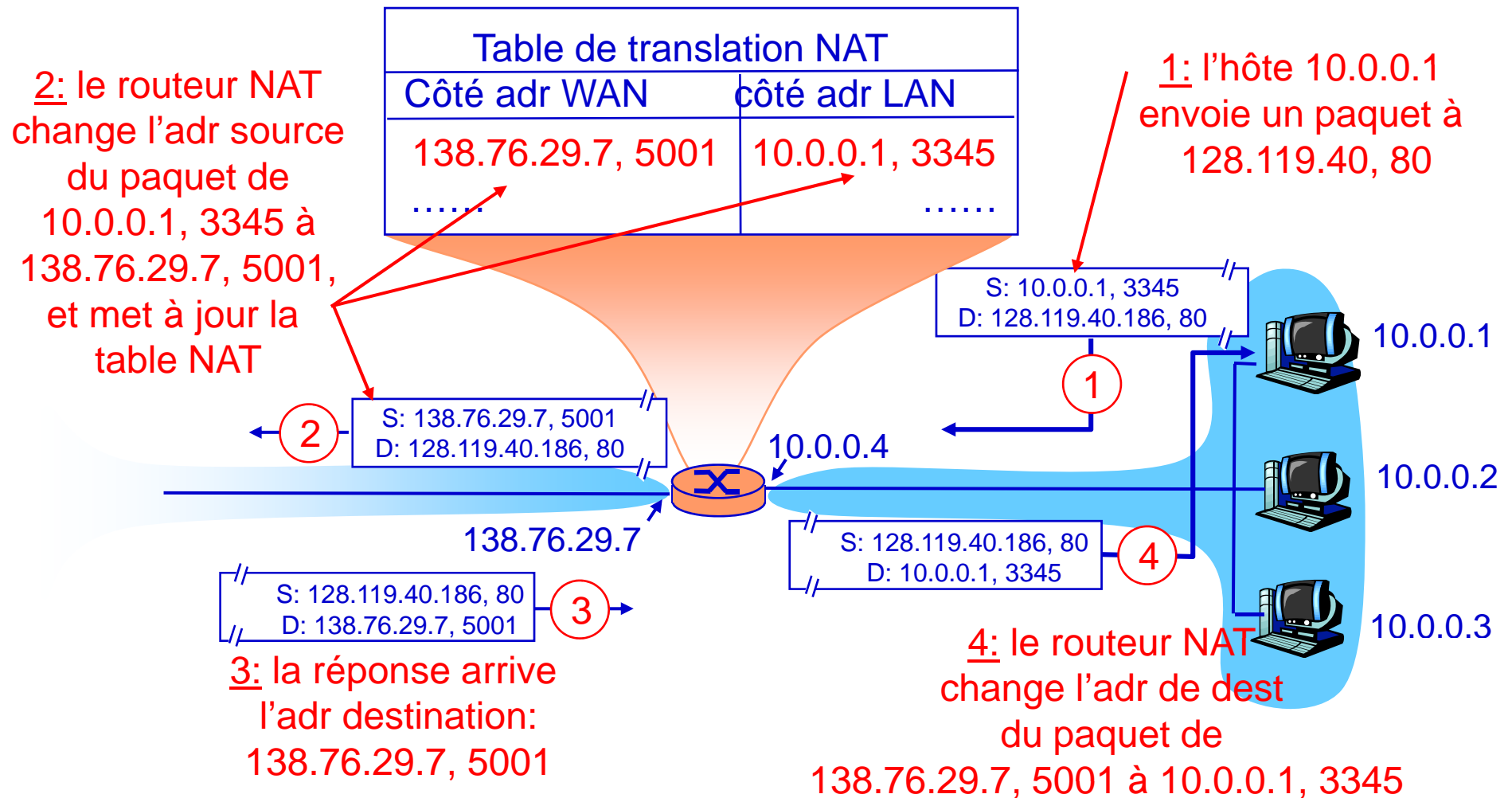
# NAT: Network Address Translation

---

**Implementation:** Le routeur NAT doit:

- u *Pour les paquets sortants: remplace* (l'adresse IP source, num de port) au (adresse IP NAT, nouveau num de port)  
... le clients/servers distant répond en utilisant (l'adresse IP NAT, nouveau num de port) comme adresse de destination.
- u *Se rappeler (dans la table de translation NAT)* chaque (adresse IP source, num de port) à (une adresse IP NAT, nouveau num de port)
- u *Pour les paquets entrants: remplacer* (l'adresse IP NAT, nouveau num de port) dans le champ de destination avec (l'adresse IP source, num de port) correspondant enregistré dans la table NAT

# NAT: Network Address Translation



# Adressage IPv4 – Sous Réseaux

## Division des réseaux de type A, B et C en sous réseaux:

- Introduction d'un nouveau niveau à l'hierarchie: « *subnet* »
- Plage d'adresses IP issue d'une même adresse réseau
- Diviser un réseau en sous-réseaux reliés par un routeur
  - ➔ trop de machines = mauvaise performance
  - ➔ sécurité mieux assurée (possibilité de filtrage dans les routeurs)
  - ➔ Permet une meilleure structuration
- Exemple Classe C avec id sous-réseau sur 2 bits
  - $2^2 = 4$  sous-réseaux possibles
  - Reste 6 bits pour les hôtes soient 64 adresses

Sans sous réseaux



Avec sous réseaux

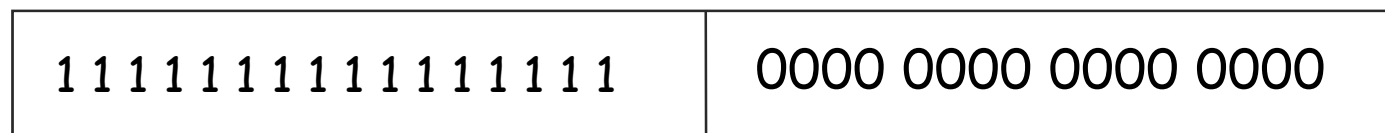


- Les hôtes et les routeurs intérieurs doivent connaître cette division

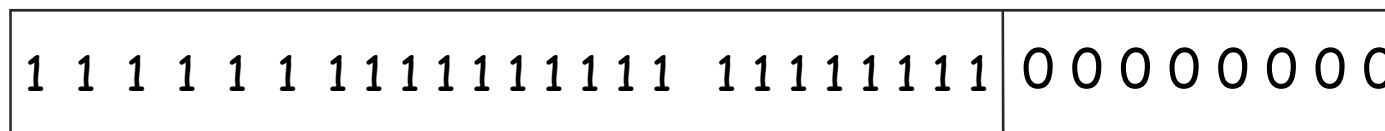


# Adressage IPv4 – Sous Réseaux

- Le sous réseau (subnet) utilise les bits de poids fort de la partie hôte de l'adresse IP, pour désigner un réseau. Le nombre de bits employés est laissé à l'initiative de l'administrateur.
- Les « subnet » ne sont pas visibles à l'extérieur du réseau (avec «network ID»)



Masque du réseau

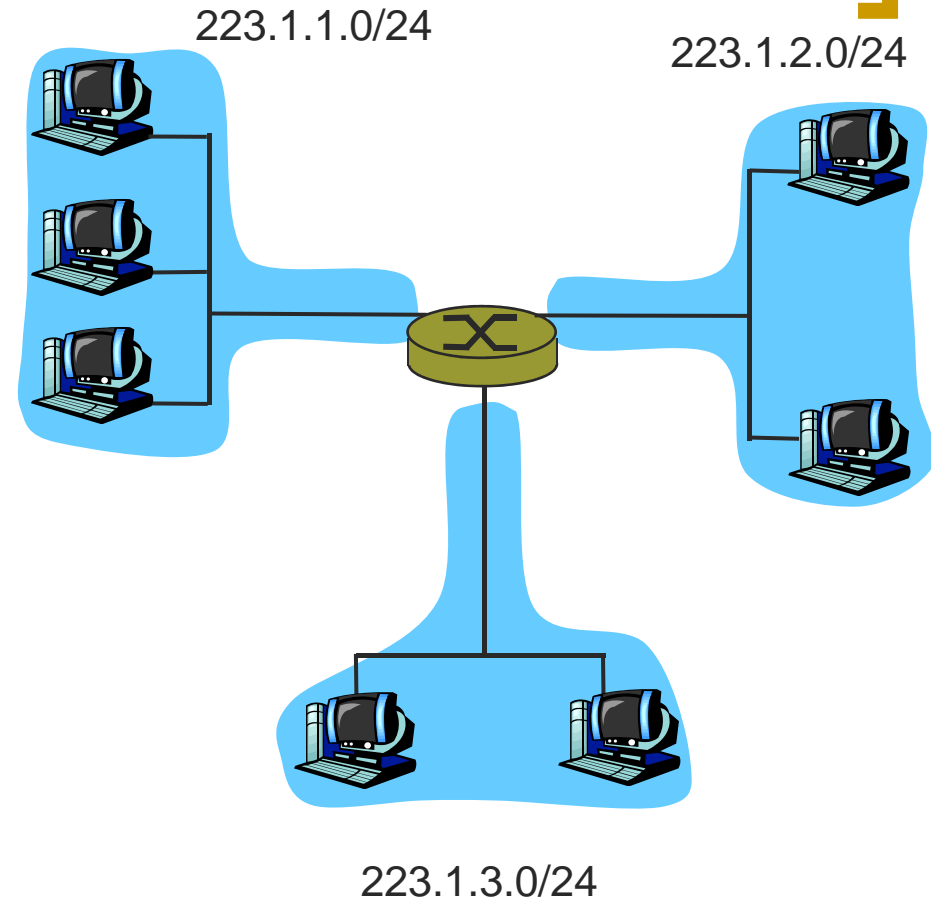


Masque du sous-réseau

# Adressage IPv4 : Sous-réseaux

## Méthode :

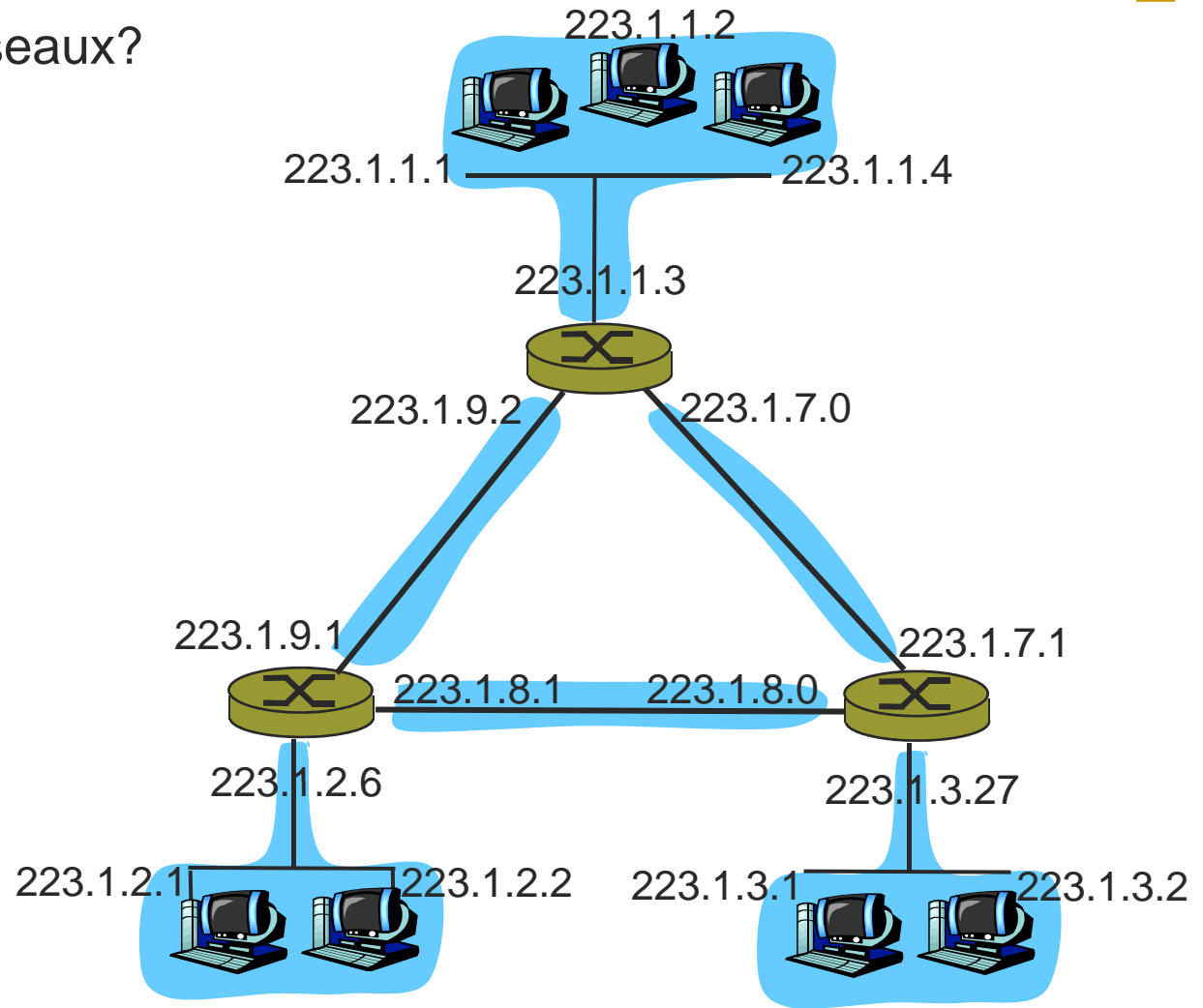
- Pour déterminer les sous-réseaux:
  - dissocier dans un premier temps chaque interface du routeur ou hôte auquel elle appartient
  - Ceci engendre des parties de réseaux isolés limités par des interfaces
  - On appelle ensuite sous-réseau chacun des ces réseaux isolés.



Masque sous-réseaux: /24

# Adressage IPv4: Sous-réseaux

Combien de sous-réseaux?



# Adressage IPv4 – Netmask

- Netmask de réseau

- Il faut mettre tous les bits de id\_res à 1 et ceux du id\_host à 0

| Classe | Bits du netmask                     | Notation netmask  |
|--------|-------------------------------------|-------------------|
| A      | 11111111 00000000 00000000 00000000 | 255.0.0.0 /8      |
| B      | 11111111 11111111 00000000 00000000 | 255.255.0.0 /16   |
| C      | 11111111 11111111 11111111 00000000 | 255.255.255.0 /24 |

# Adressage IPv4 – Netmask de sous réseau

- Soit l'adresse 129.146.82.204, que sera l'adresse de broadcast du sous réseau si le netmask est 255.255.224.0 ?

|     |                                                    |
|-----|----------------------------------------------------|
|     | 10000001 . 10010010 . 010 10010 . 11001100 IP      |
| AND | 11111111 . 11111111 . 111 00000 . 00000000 netmask |

|                     |     |                  |
|---------------------|-----|------------------|
| 10000001 . 10010010 | 010 | 00000 . 00000000 |
|---------------------|-----|------------------|



Changer à 1

|                     |     |                  |
|---------------------|-----|------------------|
| 10000001 . 10010010 | 010 | 11111 . 11111111 |
|---------------------|-----|------------------|

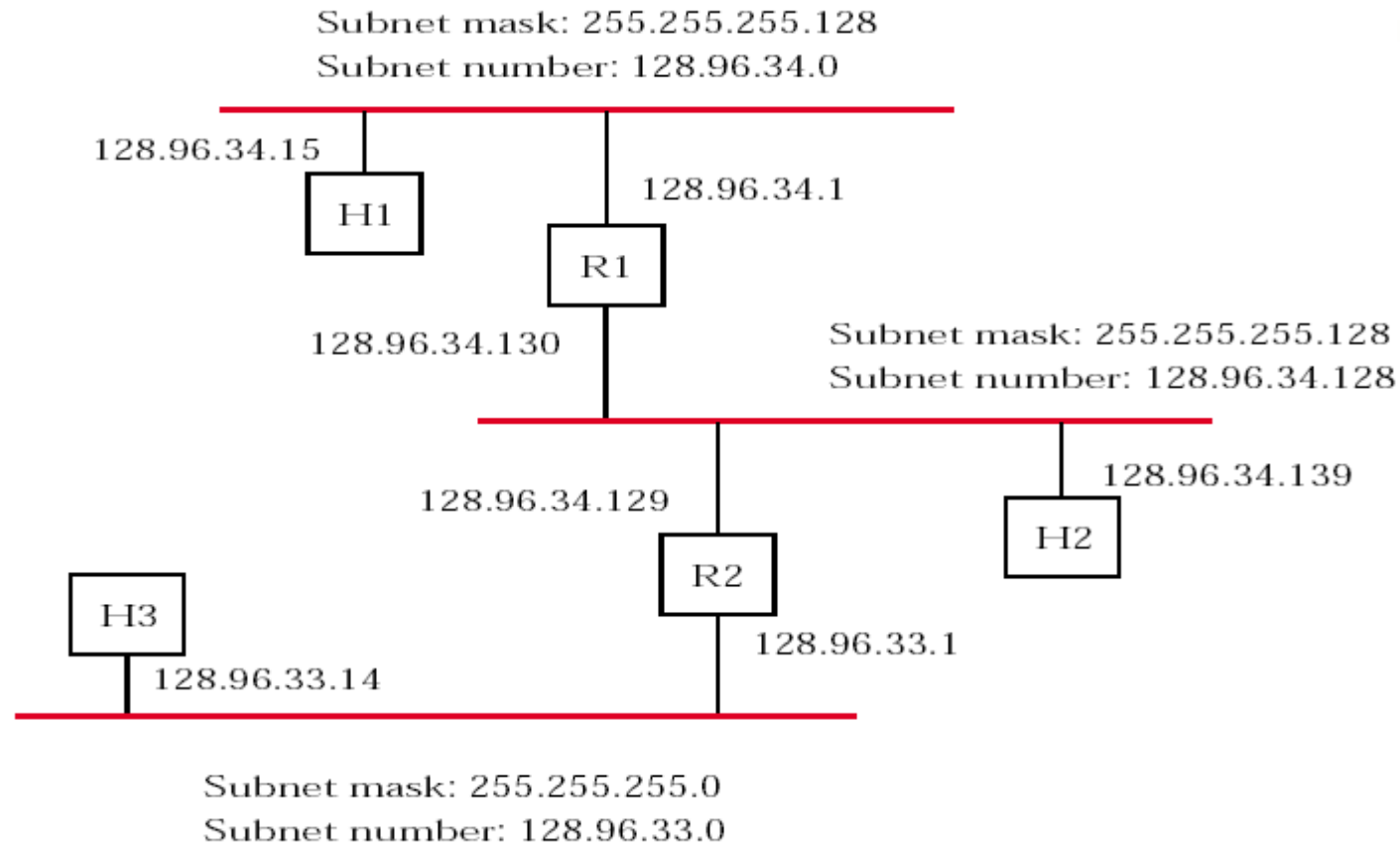


129. 146 . 95 . 255



129.146.95.255

# Adressage IPv4 – Netmask de sous réseau



## Table de routage du routeur R1

| Subnet Number | Subnet Mask     | Proch. Dest. |
|---------------|-----------------|--------------|
| 128.96.34.0   | 255.255.255.128 | interface 0  |
| 128.96.34.128 | 255.255.255.128 | interface 1  |
| 128.96.33.0   | 255.255.255.0   | R2           |

# IP Address Distribution / RIR Service Regions

RIR (Regional Internet Registry)



ARIN: American Registry for Internet Numbers

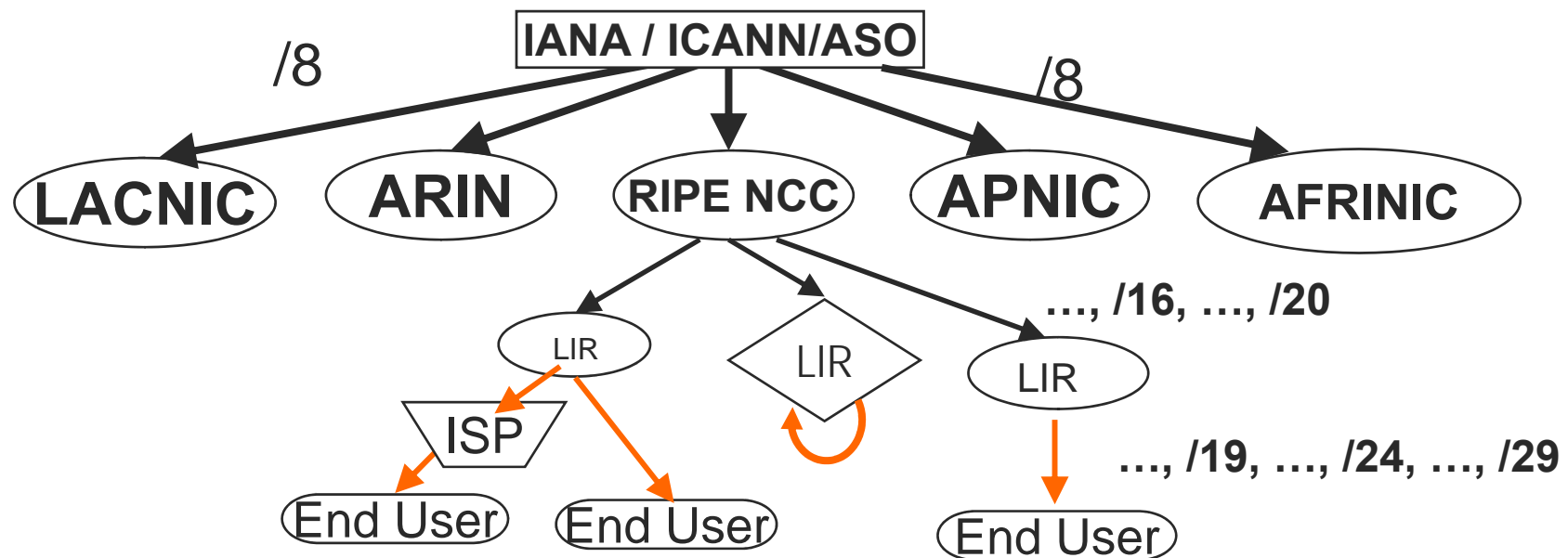
RIPE NCC Service Region: Réseaux IP Européens Network Coordination Centre

AfriNIC's Region: Afrique Network Coordination Center

APNIC Service Region: Asia Pacific Network Coordination Center

LACNIC Service Region: Latin American and Caribbean Network Coordination Center

# IP Address Distribution



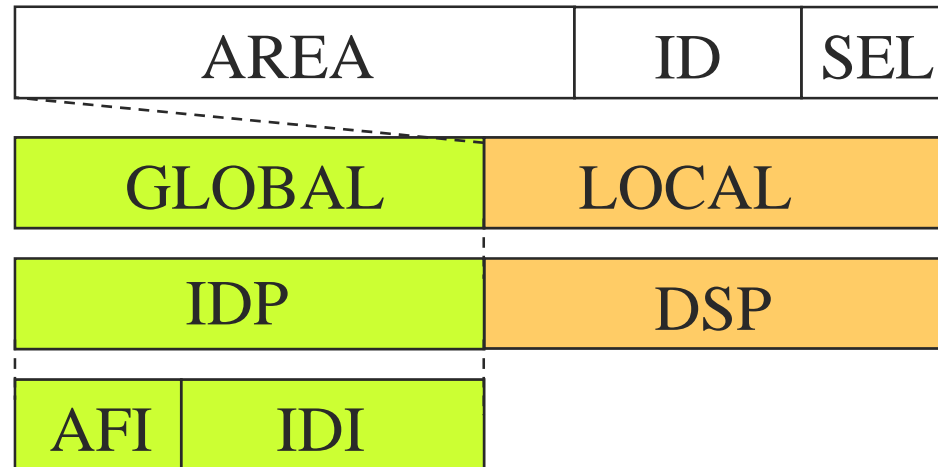
- ASO Address Supporting Organization
- IANA Internet Assigned Numbers Authority
- ICANN Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
- LIR Local Internet Registry





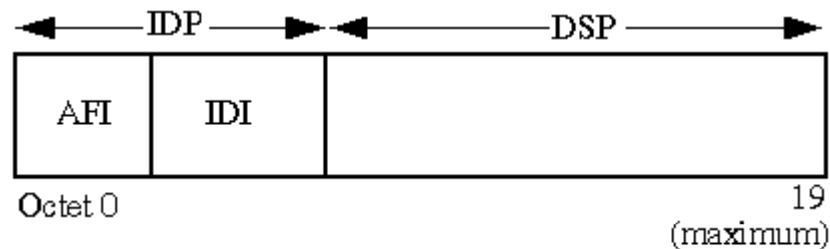
# Adressage ISO – Couche 3

# Adressage : ISO



- Adresse réseau d'entité de transport : NSAP (Network Service Access Point)
- Longueur variable – max : 20 octets
  - 40 chiffres hexadécimaux
- Champs – DSP
  - AREA : Routing Area: Identificateur réseau niveau 1
  - ID (1 – 8 octets; 6 en général) : Host ID (End-System Identification)
  - SEL (1 octet) : NSAP-Selector: identifie l'entité de transport
- Global : affectation par autorité globale
- Local : administration du domaine

# Adressage : ISO



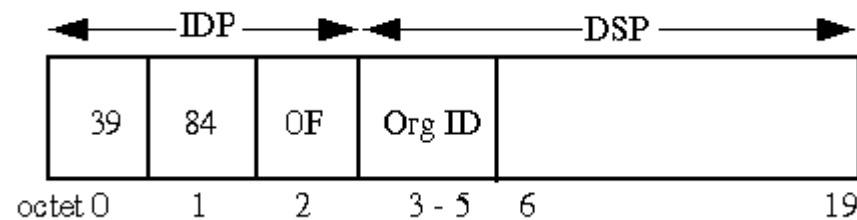
## ■ IDP : Initial Domain Part

La partie IDP est standardisée selon ISO 8348/Ad et se compose des deux parties:

- **AFI** (1 octet) : Authority and Format Identifier
  - L'AFI spécifie le type NSAP et l'autorité compétente pour l'attribution de valeurs IDI tels que NIST, AFNOR, ANSI
  - Format spécifique par autorité
- **IDI**: Initial Domain Identifier (spécifié selon AFI)
  - IDI contient le code de pays selon ISO 3166

## ■ DSP : Domain Specific Part

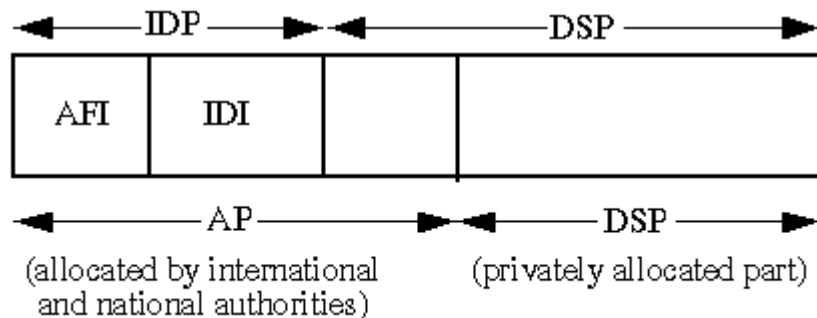
# Adressage : ISO



- La valeur AFI de 39 indique que la partie IDI sera un Data Country Code (DCC). La valeur 840 (padded with F) est le DCC des états unis.

- DSP peut contenir plusieurs niveaux tels que :

- Routing Domain Identifier
- Area Identifier
- Subnetwork Identifier
- End System Identifier



# Adressage ISO : Exemple X.121



- AFI : 37 adresse X.121
- IDI : adresse internationale de l'abonné
  - Code pays : 208 (France)
  - Code du réseau : 075000120
- DSP
  - Aire locale : 003E
  - ID : AA-00-04-00-0E-F8
  - SEL : 21 (transport ISO)
  - 37 00208075000120 003E AA0004000EF8 21



Adressage IPv6

# Adressage IPv6

- Nouvelle génération : IPv6 pour
  - Répondre aux préoccupations concernant l'épuisement progressif du pool d'adresses Internet
  - Offrir des fonctionnalités supplémentaires pour les dispositifs modernes
    - Mobilité
    - Sécurité
- Nouvelle entête IPv6
- Espace d'adressage IPv6
  - La taille d'une adresse IPv6 est sur 128 bits; 4 fois plus grande que celle d'une adresse IPv4
  - Un espace d'adressage 32 bits (IPv4) permet 4 294 967 296 adresses possibles
  - Un espace d'adressage 128 bits (IPv6) permet  $3.4 \times 10^{38}$  adresses possibles

# Adressage IPv6

## ■ Notation

- Les adresses sont représentées sur 128 bits
- Pour limiter la longueur des adresses à saisir, on utilise une nouvelle notation :
  - Une adresse est divisée en 8 blocs de 16 bits
  - Les blocs sont séparés par « : »
  - Les valeurs de chaque bloc sont écrites en hexadécimal (entre 0 et ffff)
- Exemple
  - 2002:8ac3:802d:1242:20d:60ff:fe38:6d16
  - 21DA:00D3:0000:2F3B:02AA:00FF:FE28:9C5A



# Adressage IPv6

- Adresses unicast

- Les adresses unicast sont celles qui désignent une et une seule machine. Elles partagent le format général suivant :

| Sous-réseau      | Identifiant      |
|------------------|------------------|
| 64 premiers bits | 64 derniers bits |

- Notons que, contrairement à l'IPv4, les sous-réseaux ont une taille fixe de 64 bits

# Adressage IPv6

## ■ Adresses Internet

- Les adresses utilisées sur Internet sont découpées de la manière suivante :

|         | Espace<br>d'allocation | Fournisseur<br>d'accès | Client | Réseau | Identifiant       |
|---------|------------------------|------------------------|--------|--------|-------------------|
| Bits    | 0-15                   | 16-31                  | 32-47  | 48-63  | 64-127            |
| Exemple | 2001:                  | 0660:                  | 315f   | c242:  | 020d:60ffe38:6d16 |

- L'espace d'allocation 2001 désigne l'Internet-IPv6 définitif en cours de déploiement.
- Le fournisseur d'accès numéro 0660 dans cet espace est Renater pour l'exemple.
- Le client numéro 315f pourrait être l'École Centrale Paris (ce numéro n'est pas attribué pour le moment).
- Le réseau c242 pourrait désigner le segment attribué à la chambre d'un ou d'une élève.
- L'identifiant est celui du PC avec le lequel j'écris ces lignes