Introduction aux réseaux

Jean-Yves Didier
LSC – Université d'Evry

didier@iup.univ-evry.fr
http://lsc.univ-evry.fr/~didier/

Définition générale

- Réseau :
  - Ensemble d'objets ou de personnes connectés ou maintenus en liaison,
  - Par extension, l'ensemble des liaisons établies,
  - Vient du latin *rete* qui signifie filet,
  - Les objets reliés sont appelés *"noeuds du réseau"*.

- Exemples:
  - Réseau social, réseau ferroviaire, réseau téléphonique, réseau informatique, etc ...

Réseaux informatiques

- Définition :
  - Ensemble de machines interconnectées qui servent à échanger des flux d'information,
  - Un réseau répond à un besoin d'échanger des informations.

- Attention ! Le terme réseau peut désigner :
  - L'ensemble des machines,
  - Le protocole de communications,
  - La manière dont les équipements sont connectés.

Echelle géographique

- PAN, LAN, MAN, WAN :
- PAN : **P**ersonal **A**rea **N**etwork
  - Réseau personnel (< dizaine de machines).
- LAN : **L**ocal **A**rea **N**etwork
  - A l'échelle d'un batîment (ex: IUP).
- MAN : **M**etropolitan **A**rea **N**etwork
  - A l'échelle d'une ville ou d'un campus (ex : REVE).
- WAN : **W**ide **A**rea **N**etwork
  - A l'échelle d'un pays ou mondiale (ex: Renater).

Types de commutation

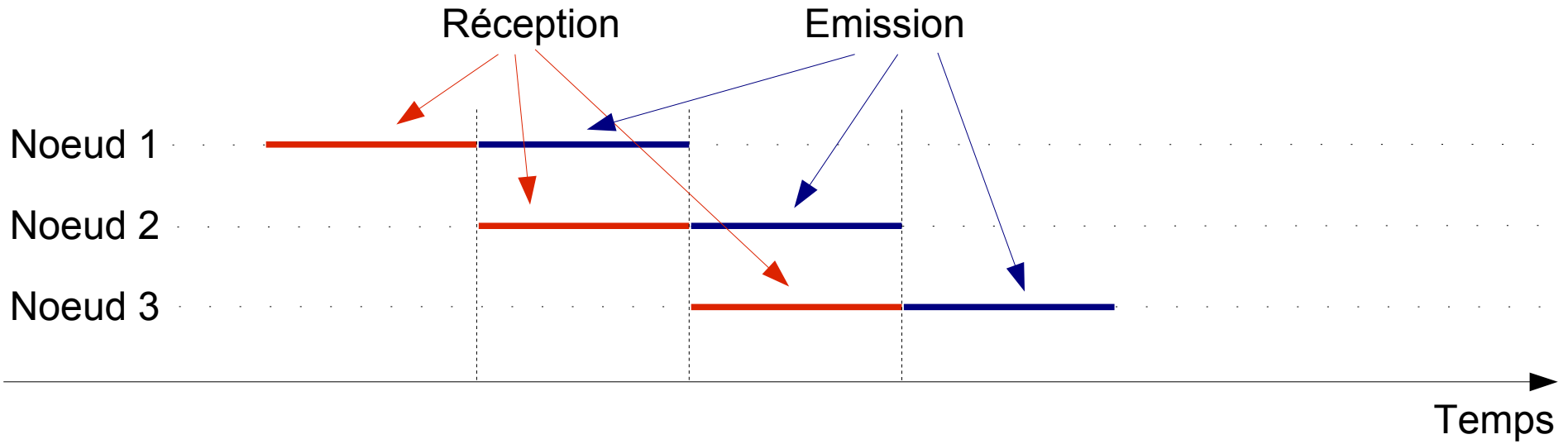
- La connexion : mise bout à bout de liens et de commutateurs,
- Plusieurs techniques de commutation :
  - Commutation de circuits,
  - Commutation de messages,
  - Commutation de paquets,
  - Commutation de trames,
  - Commutation de cellules.

Commutation de circuits

- Technique adaptée aux flux d'information (voix),
- Chaque communication passe par 3 phases :
  - Etablissement de la liaison : chercher et occuper un itinéraire (décrocher, composer, sonner),
  - Maintien de la liaison pendant toute la durée de la connexion,
  - Libération des connexions sur ordre et retour à l'état libre.

Commutation de messages

- Le message transite de noeuds en noeuds jusqu'au destinataire,
- Un noeud ne peut envoyer de message tant qu'il ne l'a pas reçu complètement,



Commutation de paquets

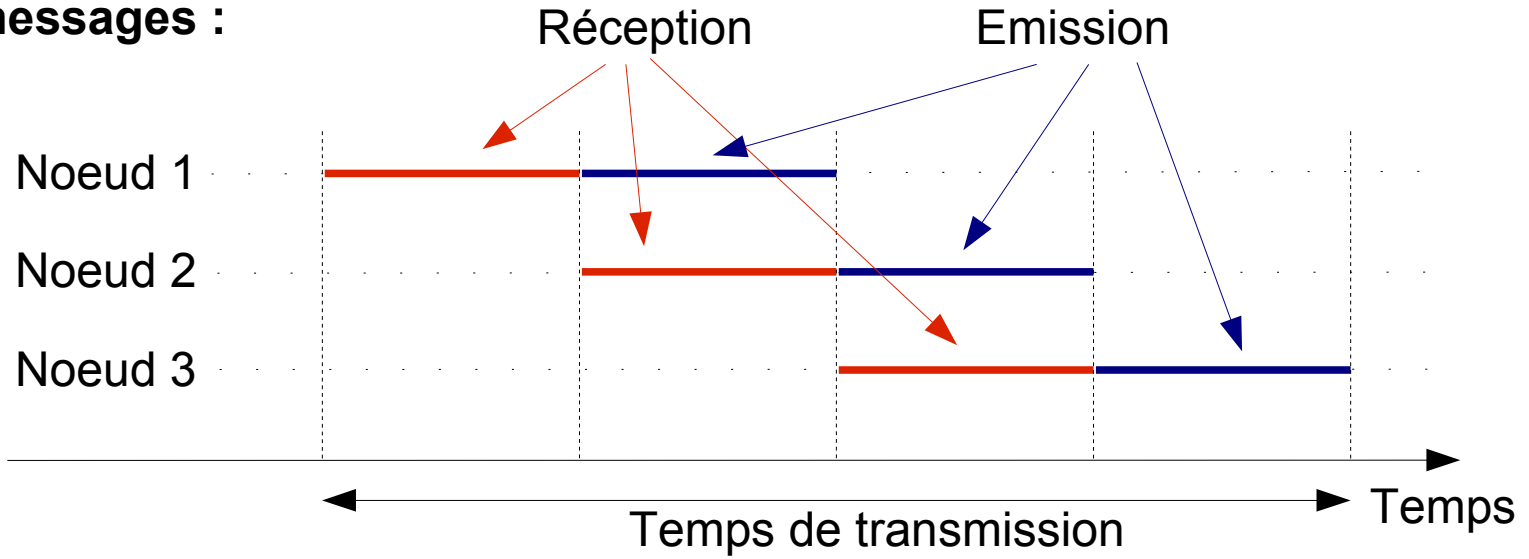
- Les messages sont découpés en paquets de faible longueur. 2 modes de service :
- Service en mode connecté (ex : TRANSPAC):
  - Les paquets utilisent toujours le même chemin.
- Service en mode non connecté (ex : Internet):
  - Les paquets empruntent des itinéraires différents,
  - Le noeud de commutation aiguille les paquets,
  - Problème : Comment réassembler les paquets ?

Commutation de paquets

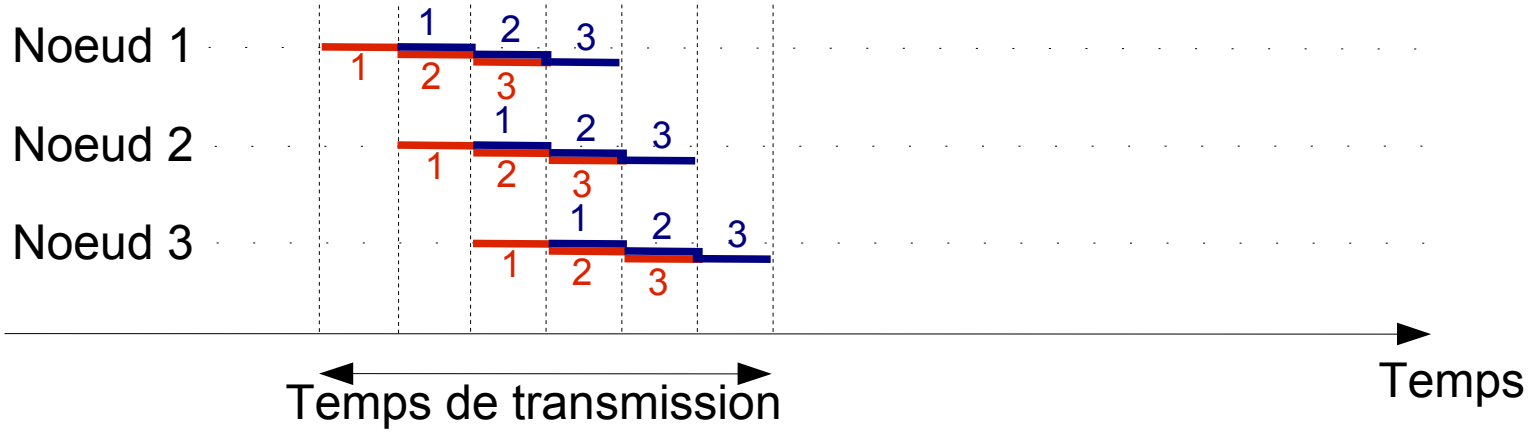
- Informations dans les en-têtes des paquets :
  - Source,
  - Destination,
  - Numéro de séquence,
  - Bloc de contenu de données,
  - Code de vérification des erreurs.
- Norme internationale X25, oeuvre des sociétés téléphoniques.

Comparaison messages/paquets

Commutation de messages :



Commutation de paquets :

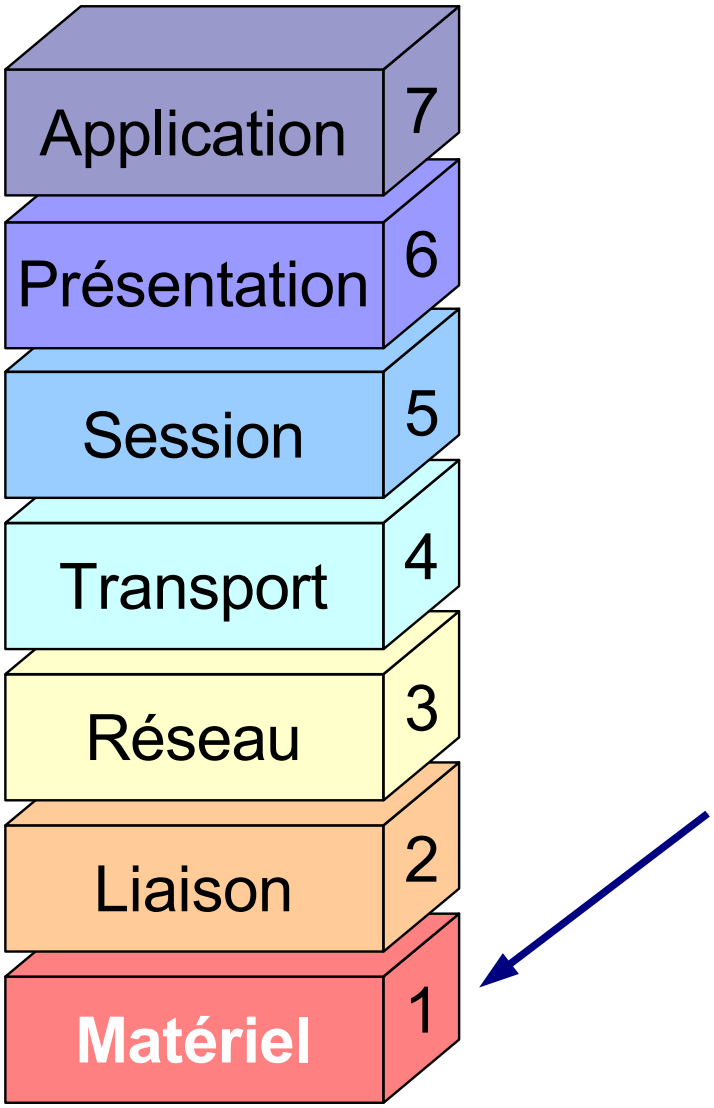


Normalisation OSI

- Pourquoi normaliser ?
  - Échanges profitables si tout le monde se comprend !
- Deux stratégies de circulation de l'information:

  Messages complets (inusité) ou fragmentés en *paquets*.
- Norme OSI de l'ISO :
  - OSI : Open Systems Interconnections, créé en 1984,
  - S'intéresse aux réseaux à *commutations de paquets,*
  - Modèle à 7 couches employé lors de la conception :
    - Mise en place d'un réseau : 1 solution par couche,
    - La modification d'une couche n'affecte pas les autres.

Normalisation OSI

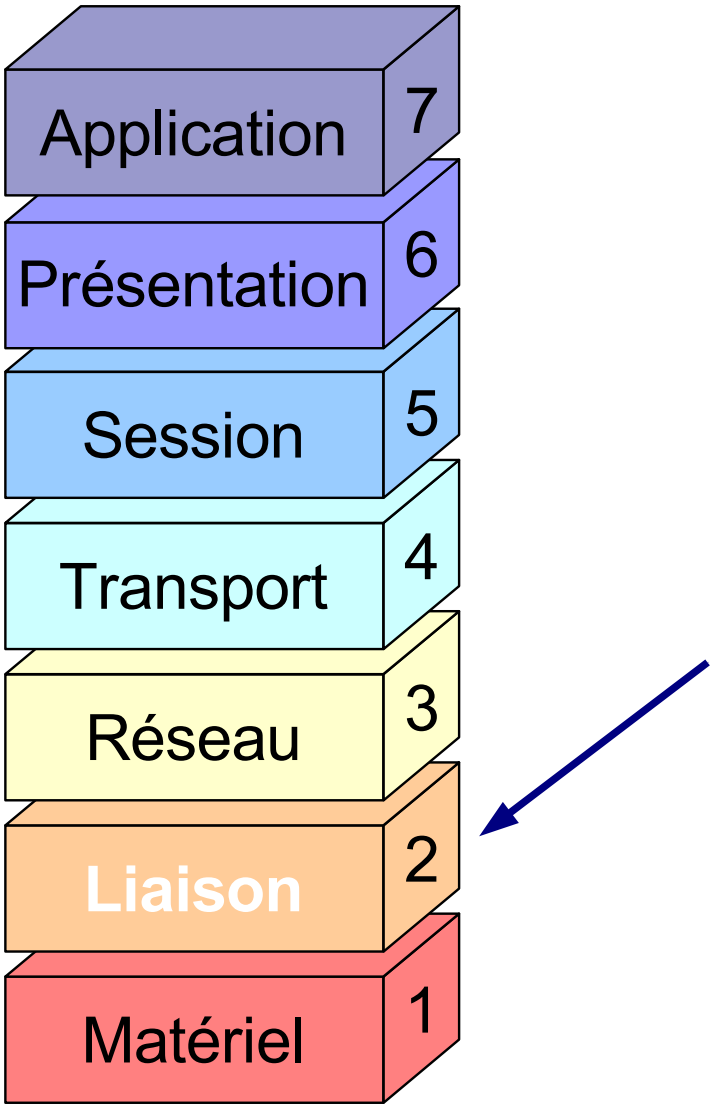


Couche 1 : Matériel

Problèmes à résoudre :

- caractéristiques du support physique pour le réseau :
  - Pour du câble : type, blindage, type de signal, nature des signaux, limitations,
  - Communications hertziennes : fréquences, type de modulation,
  - Fibre optique : couleur du laser, section du câble, nombre de brins
- Topologie du réseau :
  - Cablâge en maille, bus, anneau, étoile, etc ...

Normalisation OSI



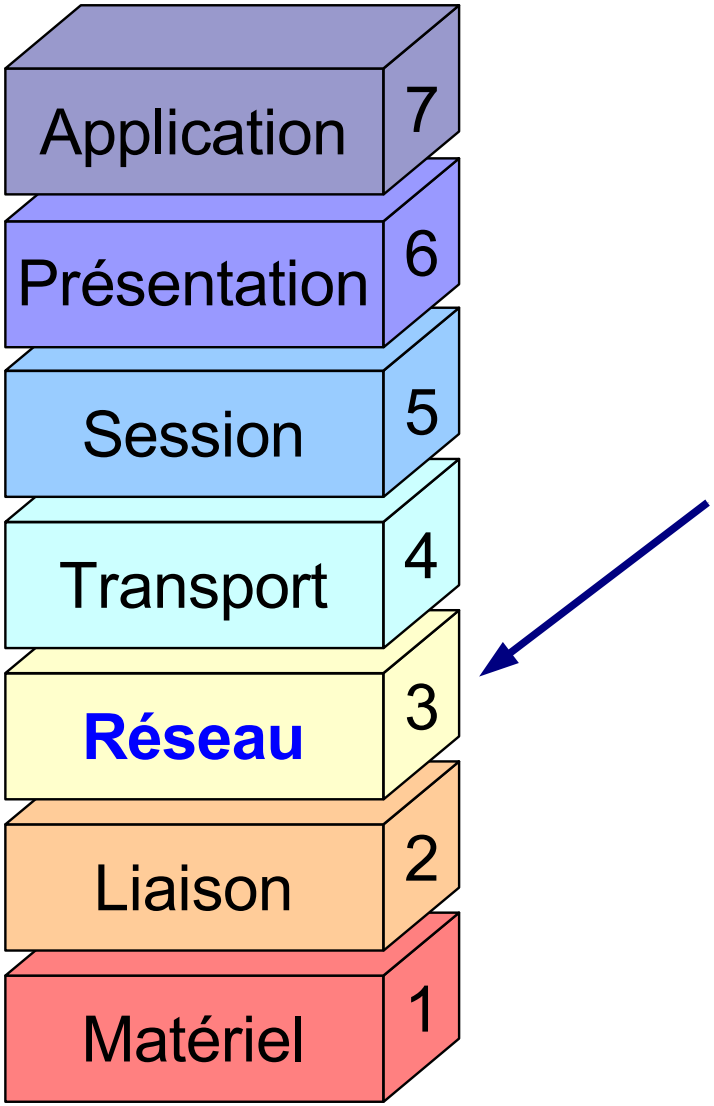
Couche 2 : Liaison

Problèmes :

- Comment identifier deux stations sur le même support physique ?
- Comment transmettre sans erreur les données d'une station à une autre sur le même support physique ?

Ex : ethernet, token ring.

Normalisation OSI



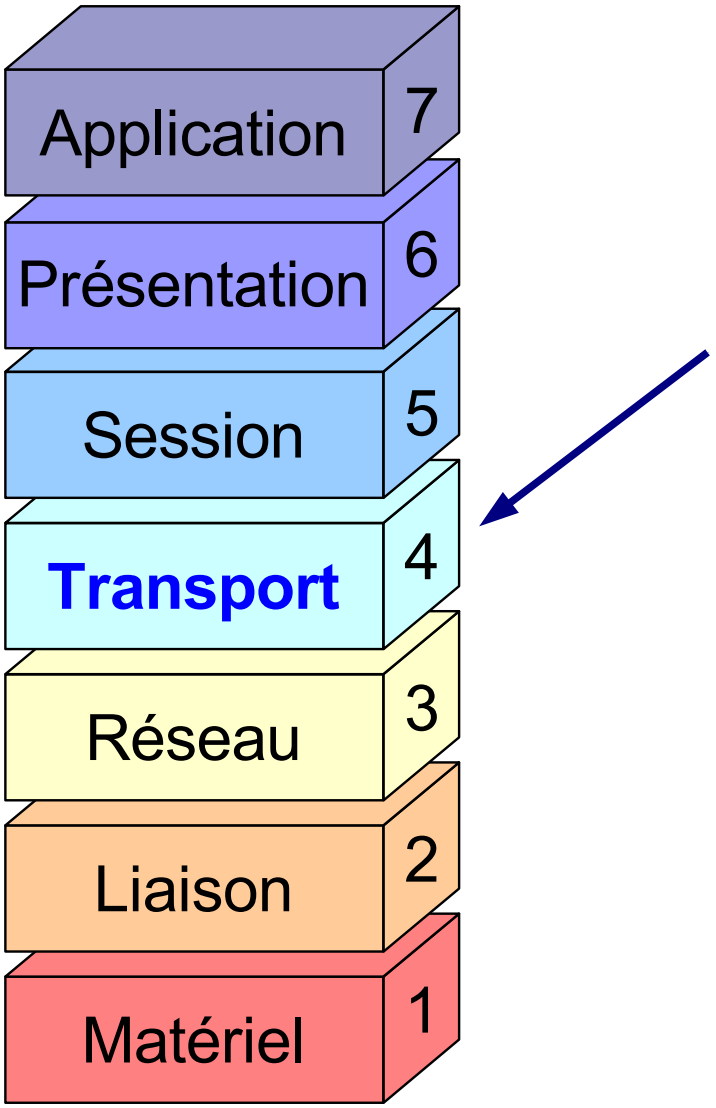
Couche 3 : Réseau

Problèmes :

- Comment acheminer un paquet entre 2 stations qui ne sont pas sur le même support physique (*routage*) ?
- Comment assurer l'interconnexion de réseaux hétérogènes ?
- Comment contrôler et réguler le traffic sur le réseau ?

Ex: protocole IP

Normalisation OSI



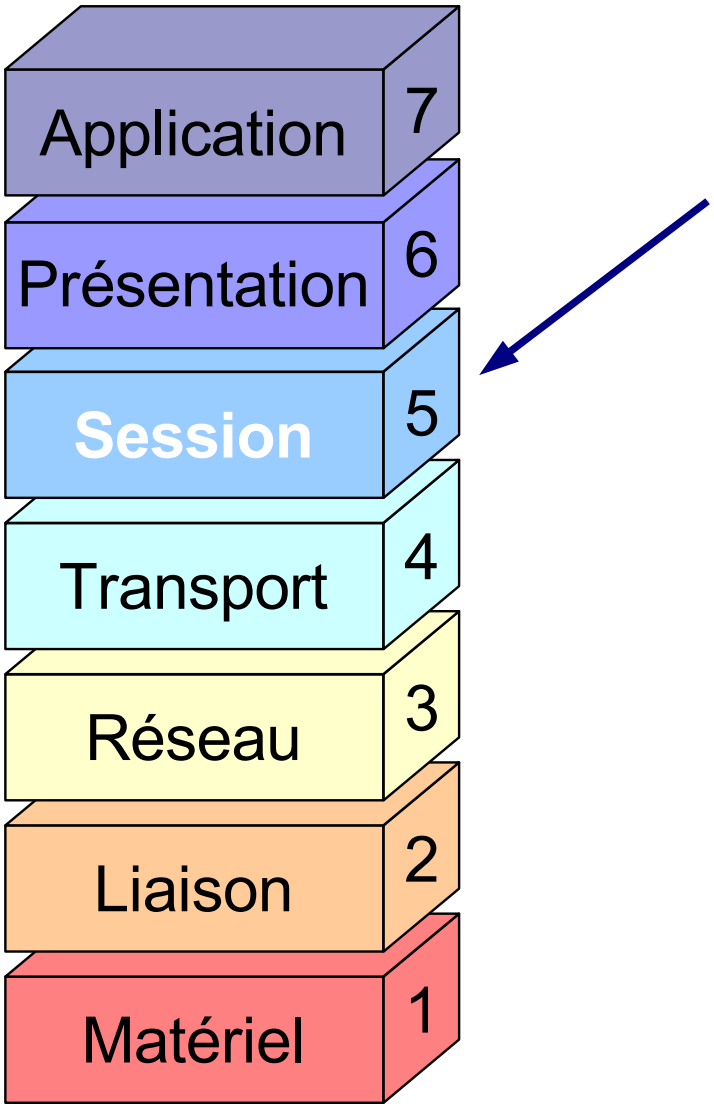
Couche 4 : Transport

Problèmes :

- Comment découper les messages en paquets ?
- Comment s'assurer de leur bonne réception ?
- Comment reconstituer le message à partir des paquets ?

Ex: Protocoles TCP, UDP

Normalisation OSI



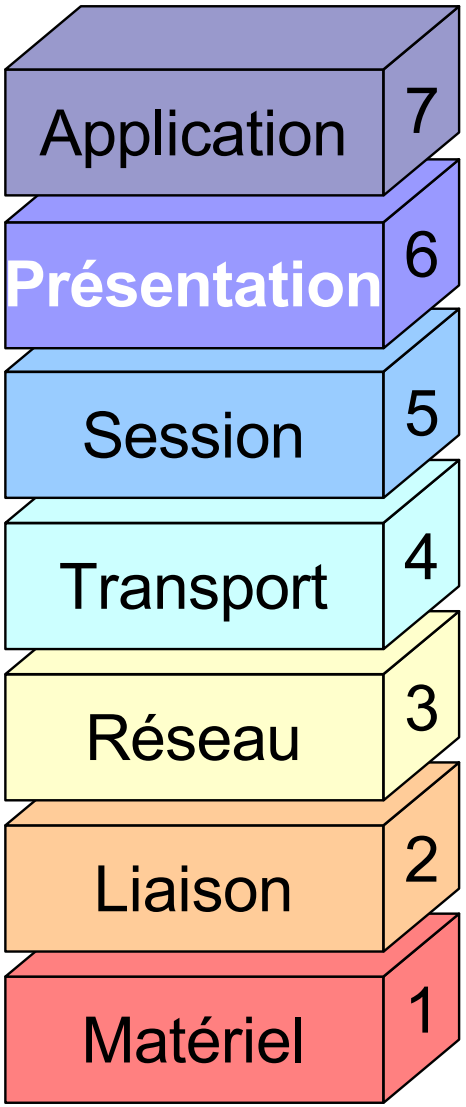
Couche 5 : Session

Problèmes :

- Comment établir une session entre deux utilisateurs distants ?
- Comment gèrer les problèmes de synchronisation ?

Ex: Protocole RPC

Normalisation OSI

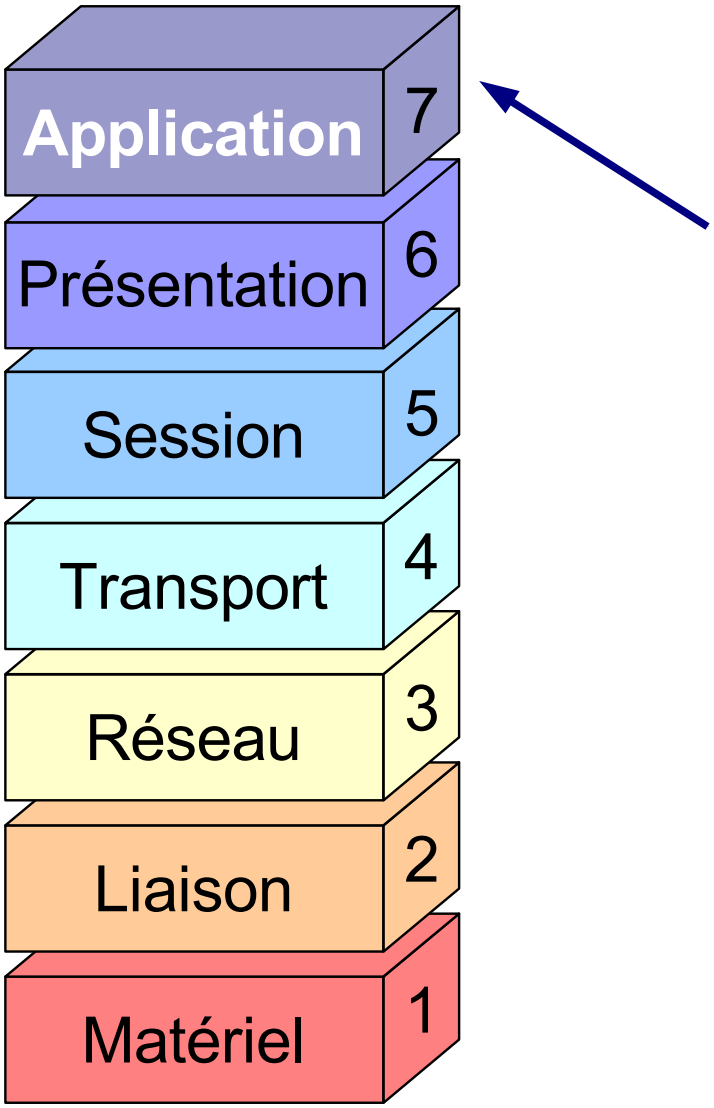


Couche 6 : Présentation

Problèmes :

- Quelle est la forme de l'information transmise ?
- Comment les données sont elles codées ?
- Doit on compresser ou crypter les données ?

Normalisation OSI



Couche 7 : Application

Problèmes :

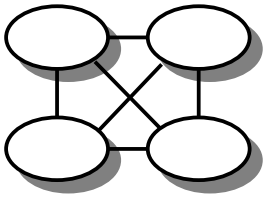
- Quels sont les protocoles spécifiques aux programmes applicatifs ?

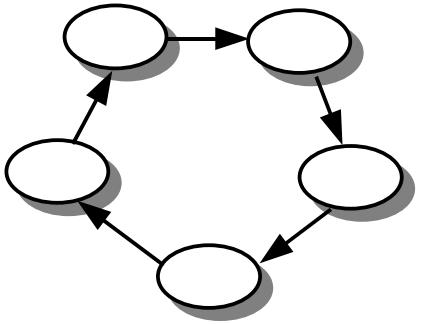
Ex de protocoles :

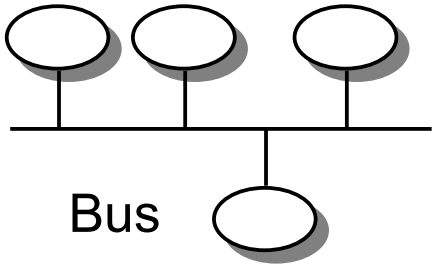
- POP3, IMAP, SMTP : e-mail,
- Ftp : transferts de fichiers,
- Http : transferts de pages web,
- Etc ...

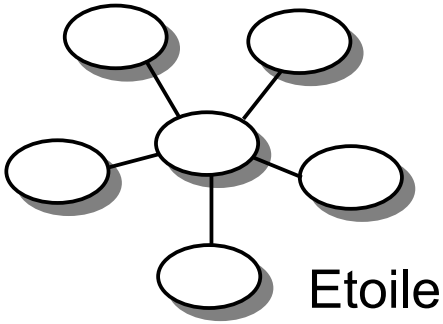
Topologie des réseaux

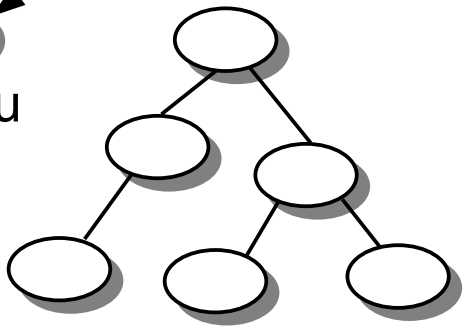
- Problème :
  - Pour connecter 2 ordinateurs, un fil suffit.
  - Comment connecter N ordinateurs pour que chaque ordinateur puisse communiquer avec n'importe quel ordinateur ?
- Topologies :

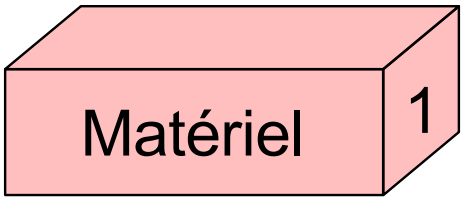






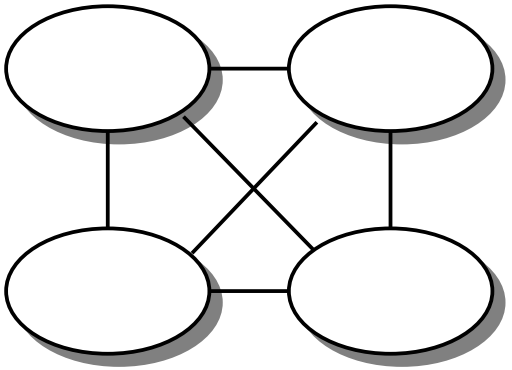


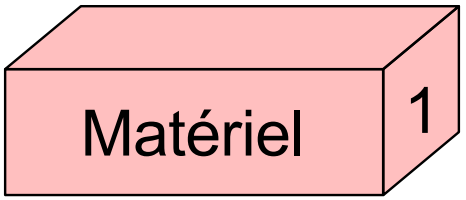




Câblage en maille

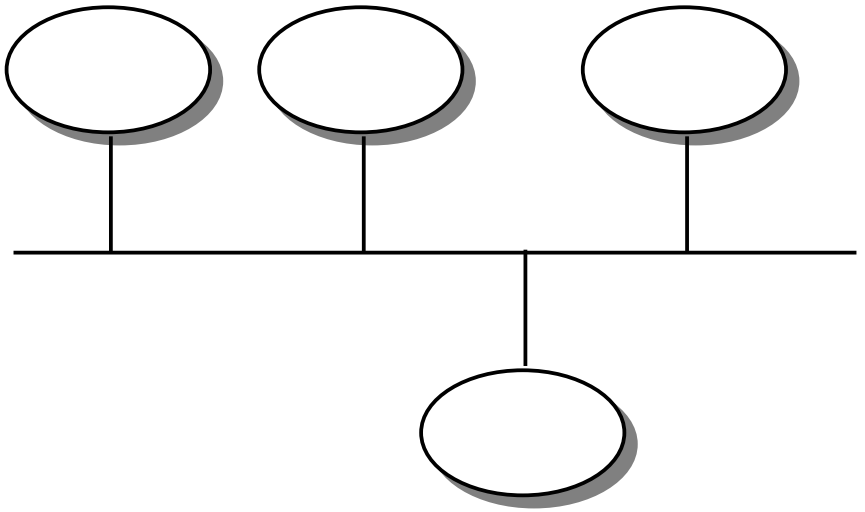
- Généralisation du cas à 2 ordinateurs,
- Chaque machine est reliée à toutes les autres par un câble,
- **Inconvénient majeur** : nécessite beaucoup de câbles (pour n machines, il faut $n(n-1)/2$ câbles),
- Inusité de nos jours.

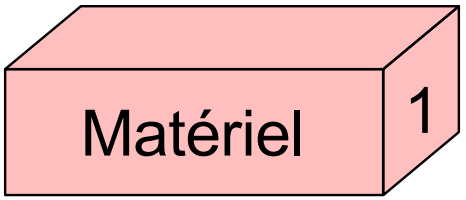




Câblage en bus

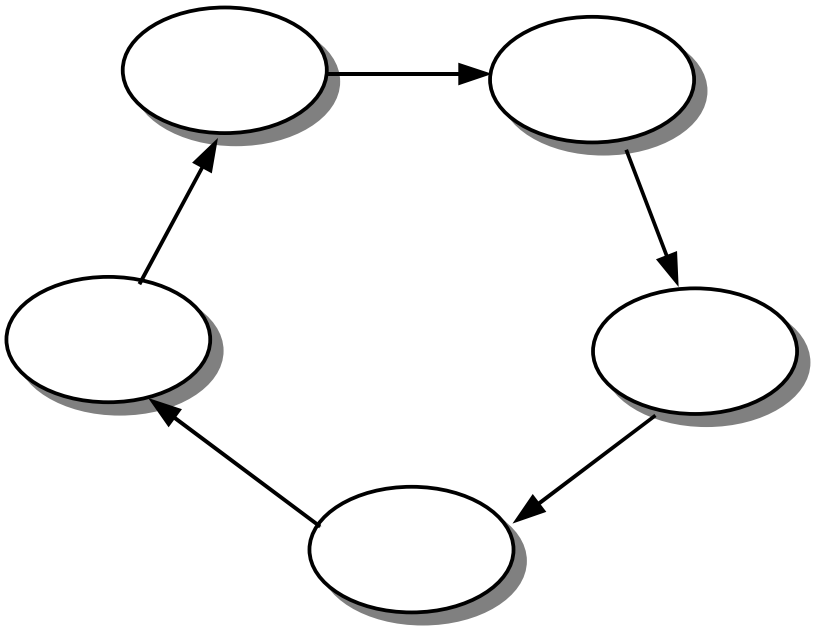
- Toutes les stations sont reliées à un support commun,
- Problème de partage du support physique (collisions).

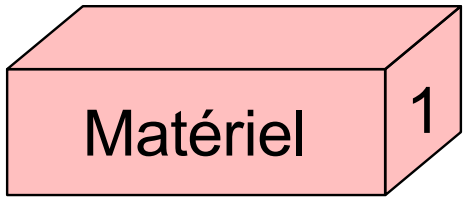




Câblage en anneau

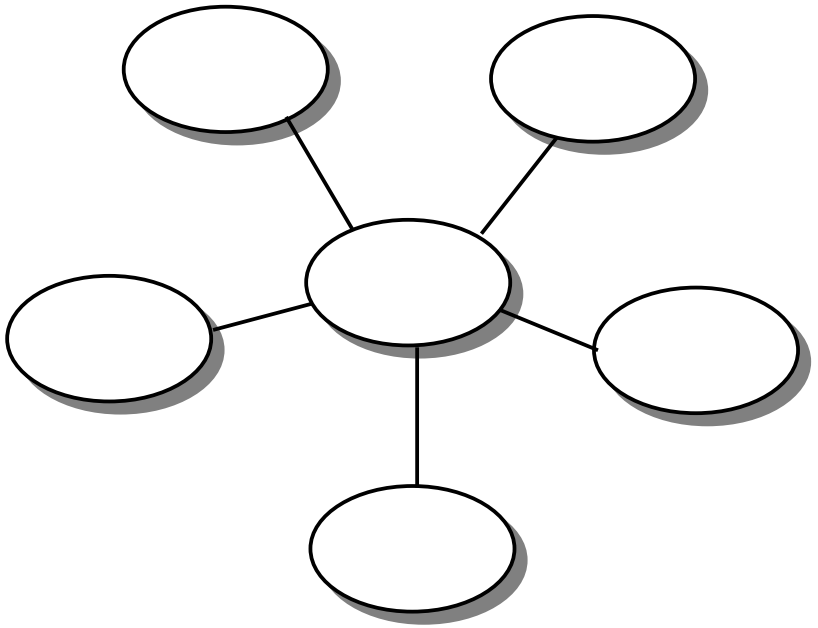
- Les stations sont enchaînées les unes aux autres pour former un anneau,
- L'anneau est unidirectionnel,
- **Inconvénient** : si une machine tombe en panne, le réseau est coupé,
- **Solution** : un réseau à double anneau

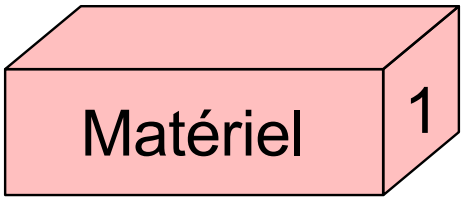




Câblage en étoile

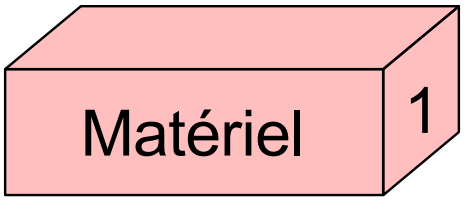
- Toutes les stations sont reliées à un noeud central (le câblage en arborescence est un généralisation du câblage en étoile),
- **Inconvénient**: la fiabilité du réseau est conditionnée par le noeud central





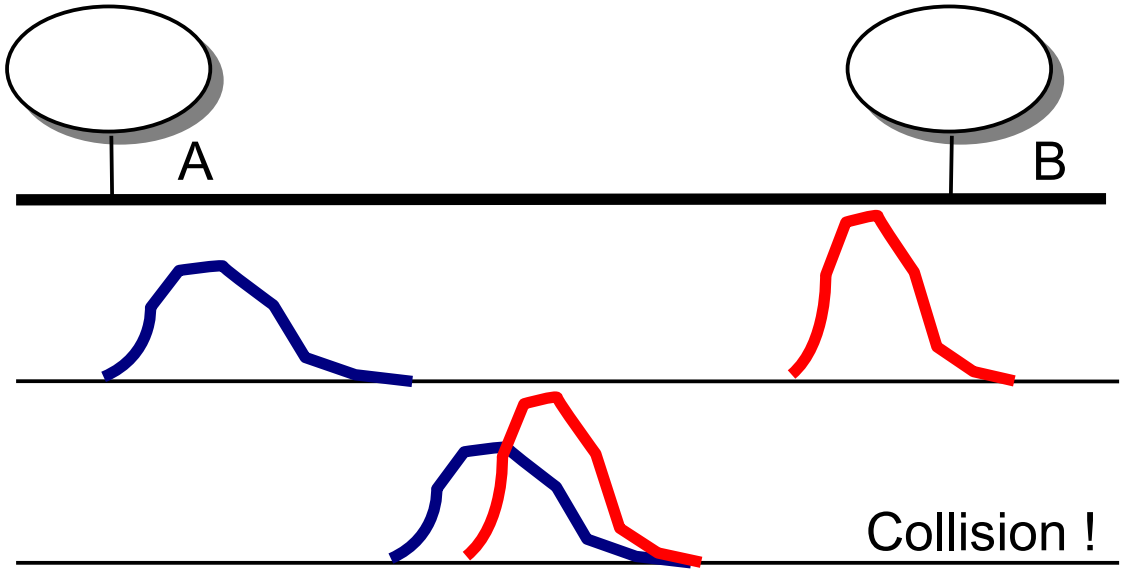
Câblage STARLAN

- Tiens à la fois de l'étoile et du bus,
- Le centre de l'étoile: appareil actif qui duplique l'information sur chacun des câbles,
- Panne du réseau = panne du centre de l'étoile, nécessité d'un appareil actif fiable,
- Système de câblage répandu car permet d'utiliser les câbles du réseau téléphonique.



Contrôle d'accès au support

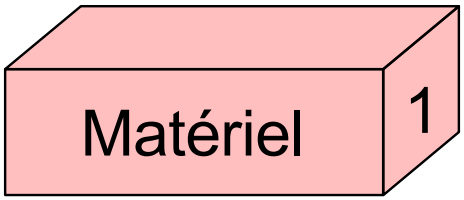
- Problèmatique :
  - N ordinateurs cherchent à accéder au canal de transmission,
  - Collision : si deux ordinateurs transmettent en même temps, une collision se produit,



Matériel 1

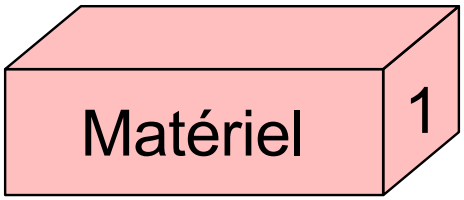
Allocation statique

- N ordinateurs, réseau de capacité C bits/sec.
  - Idée : réserver C/N bits/sec par odinateur,
  - Utiliser du multiplexage temporel pour réguler la transmission,
  - Conséquence :
    - Chaque utilisateur obtient C/N bits du débit total,
    - Satisfaisant pour les réseaux téléphoniques,
    - Insatisfaisant en cas d'utilisation sporadique,
      - > mauvaise gestion du canal,
      - > trouver d'autres méthodes plus efficaces.



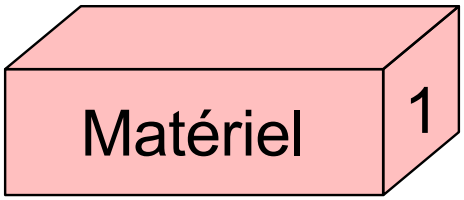
Techniques de contrôle

- Principe :
  - Définir des règles de contrôle d'accès,
  - Apprendre la politesse aux ordinateurs,
    - Règles de politesse :
      - Ecouter le canal avant de commencer à transmettre,
      - Ne pas transmettre si quelqu'un transmet déjà,
      - Valable dans un réseau local.
- Solution :
    - Accès par compétition : Ecoute de la porteuse CSMA/CD,
    - Accès par élection : Techniques à jeton.



Ecoute de la porteuse CSMA

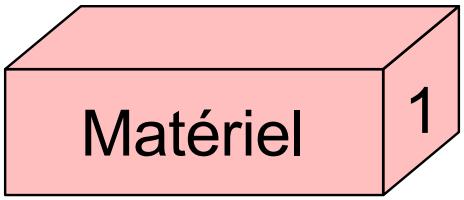
- Caractéristique :
  - Topologie en bus,
  - Accès simultanés au support possible(Multiple Access),
  - Ecoute et détection du signal sur le réseau (Carrier Sense),
- Principe: CSMA
  - **Si** aucun signal détecté **Alors** émettre,
  - **Si** signal détecté **Alors** différer la transmission,
- Problème : transmission simultanée = collision



Ecoute de la porteuse CSMA/CD

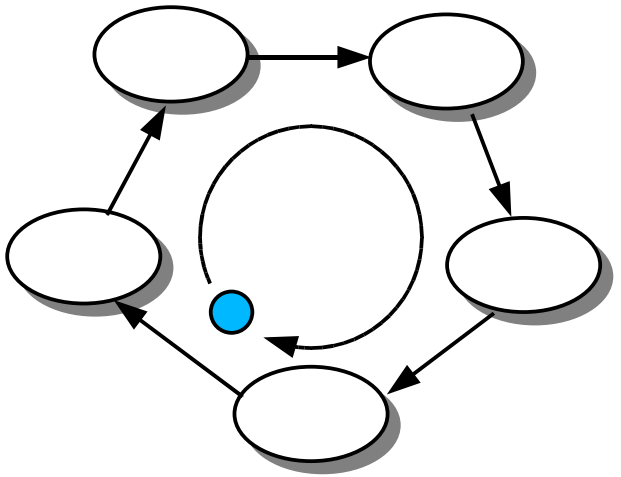
- Solution : CSMA/CD (Collision Detection)
  - Minimiser les pertes par détection de collisions,
  - Ecoute préalable + écoute pendant la transmission d'un message pour détecter une collision,
  - Ecoute pendant 2*temps de propagation vers le point le plus éloigné du bus,
  - **Si** collision **alors** arrêt de la transmission et ré-émission après un temps tiré aléatoirement

Ex : réseau Ethernet



Technique du jeton (token ring)

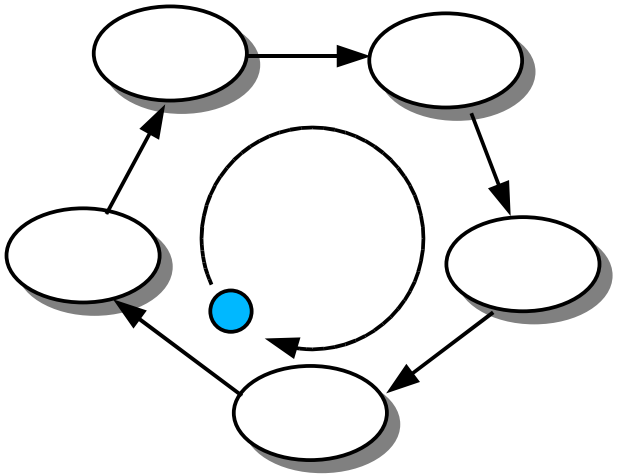
- Caractéristique :
  - Topologie en anneau,
  - Une seule trame circule en permanence,
  - Une seule station transmet à tout moment,
  - Le jeton contrôle l'accès au support.

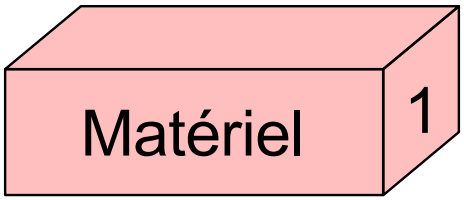


Matériel 1

Technique du jeton (token ring)

- Une station qui souhaite émettre :
  - Capture le jeton quand il passe à sa portée,
  - Emet une trame,
  - Constate que le destinataire a reçu le message,
  - Libère le jeton et le passe à la station suivante,
  - En cas de destruction du jeton, des algorithmes permettent de le régénérer.

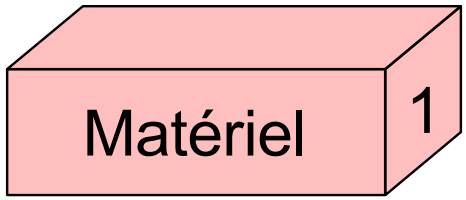




Normes IEEE 802

- Normes pour les réseaux locaux (février 1980),
- Compatible OSI bien que antérieure,
- Modèle en 12 catégories :

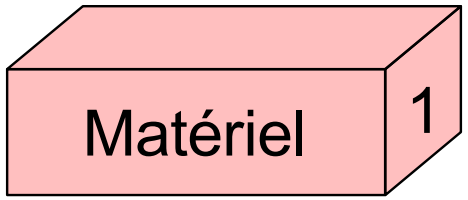
Numéro	Objet de la norme	Nom anglophone
802.1	Fonctionnement inter-réseaux	INTERNETWORKING
802.2	Le contrôle des liaisons logique	Logical Link Control
802.3	Les réseaux locaux en bus logique	Ethernet LAN
802.4	Les réseaux locaux en **bus à jeton**	Token Bus LAN
802.5	Le réseau local en **anneau logique**	Token Ring LAN
802.6	Les réseaux métropolitains **MAN**	Metropolitan Area Network
802.7	La transmission en **large bande**	Broadband Technical Advisory Group
802.8	**La fibre optique**	Fiber-Optic Technical Advisory Group
802.9	Les réseaux intégrant la voix et les données	Integrated Voice / Data Networks
802.10	La sécurité des réseaux	Network security
802.11	Les réseaux sans fil	Wireless network
802.12	La méthode d'accès priorité à la demande	Demand Priority Access on LAN



Réseau Ethernet

- Caractéristique : (IEEE 802.3 ou ISO 8802.3)
  - Topologie en **bus**, en **anneau** ou en **étoile**,
  - Contrôle d'accès au support de type CSMA/CD

Norme	Débit	Support	Longueur max	Exemple
802.3 10B5	10Mbit/s	Coaxial 50W	500m	Ethernet standard
802.3 10B2	10Mbit/s	Coaxial 50W	200m	Ethernet fin
802.3 10Broad36	10Mbit/s	Coaxial 75W	3600m	
802.3 1B5	1Mbit/s	Paire torsadée	500m, 5 hubs	Starlan
802.3 10BT	10Mbit/s	Paire torsadée	100m, hubs illimités	Starlan
802.3 10BF	10Mbit/s	Fibre optique	2 km	Starlan



Réseau Ethernet

- Câblages courants :
  - câble coaxial (BNC – ethernet fin):


Carte BNC


Câble BNC


T - BNC


Terminateur

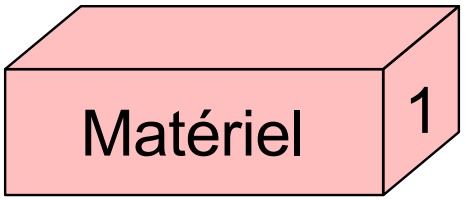
  - paire torsadée (RJ45 - starlan):


Carte RJ45


Câble RJ45

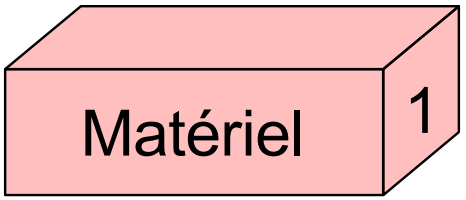

Hub


Switch



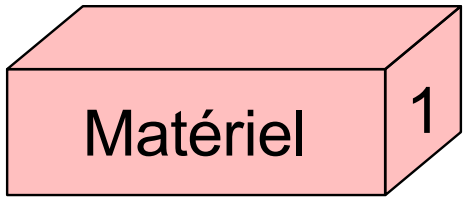
Réseau Ethernet

- Hub :
  - amplifie et réplique le signal reçu sur toutes les branches du réseau,
- Switch :
  - aiguille le signal sur la 'bonne' branche du réseau (intervient aussi dans la couche 2).



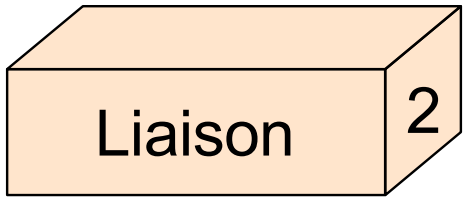
Réseau Pronet-10

- Caractéristiques :
  - Topologie en **anneau**,
  - Contrôle d'accès : **token ring**,
  - Support : paire torsadée,
  - Limité à 254 machines,
  - Convient aux environnement temps réel.



Couche 2 : Liaison

- Partage du support physique (couche 1):
  - toute trame envoyée est écoutée par toutes les machines,
  - > Comment déterminer le destinataire de la trame ?
  - > Comment déterminer la source de la trame ?
- Solution :
  - Donner une adresse physique aux machines,
  - Incorporer dans la trame les adresses physiques.

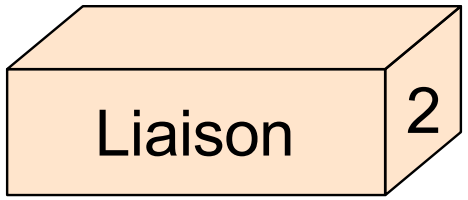


Réseau Pronet-10

- Adresse physique :
  - Codée entre 1 et 254 sur le connecteur par des interrupteurs.

- Trame : ~ 8 à 2052 octets

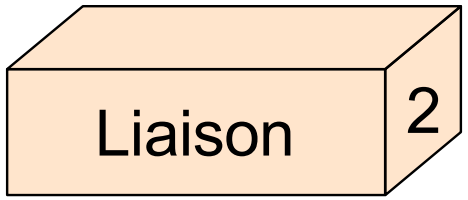
Début de message 10 bits	Adresse destination 8 bits	Adresse source 8 bits	Type de trame 24 bits	Données 0 à 16352 bits	Fin de message 9 bits	Parité 1 bits	Refus 1 bits



Réseau Ethernet

- Adresse physique :
  - Codée sur la carte réseau (adresse MAC pour **M**edia **A**ccess **C**ontrol),
  - L'adresse physique est unique au monde !!!
  - 48 bits pour l'adresse : 2^48 ~ 2,8 x 10^14 machines.
- Trame : ~ 72 à 1526 octets

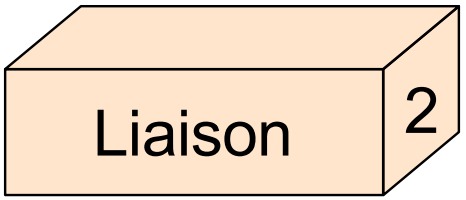
Préambule	Adresse destination	Adresse source	Type de trame	Données	CRC
64 bits	48 bits	48 bits	16 bits	368 à 12000 bits	32 bits



Obtenir l'adresse physique (en mode administrateur)
Unix : ifconfig
Windows : ipconfig /all

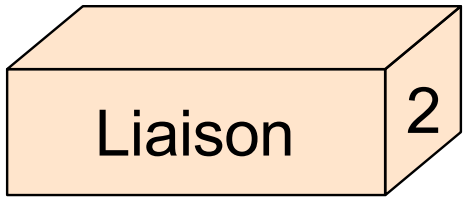
Améliorations d'Ethernet

- En nombre de stations :
  - Ajout de matériel passif :
    - Intervient sur la couche 1,
    - Reprend et amplifie le signal,
    - Répéteurs (10B5, 10B2) max: 2.
  - Ajout de matériel actif :
    - Vérifie la validité des trames avant de les réémettre,
    - Ponts (bridge), multiports (10B5, 10B2),
    - N'existe pas en 10BT et 100BT -> *hub*.



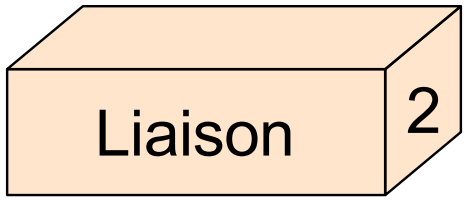
Améliorations d'Ethernet

- En performances :
  - Problème : seulement 2 machines communiquent simultanément.
  - Ajout de matériel actif qui :
    - Intervient sur la couche 2,
    - Segmente le réseau (10B5, 10B2),
    - Aiguille en fonction des adresses de départ et de destination et duplique la trame sur les bons câbles (10BT, 100BT, ...). Ce sont les *switchs*.



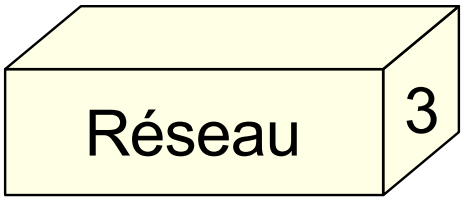
Commutation de trames

- Extension de la commutation de paquets,
- Les commutateurs de trame traitent des entités de niveau 2
  - Commutateurs plus simples, moins chers,
  - Les fonctionnalités de niveau 3 sont assurées au niveau 2
- Ex: commutation ethernet :
  - Paquet = trame ethernet
  - Adresse = adresse ethernet (adresse MAC)



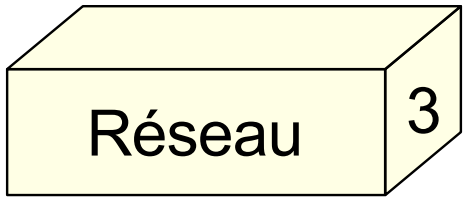
Couche 3: Réseau

- Fonctions de la couche réseau :
  - Traduire les adresses logiques en adresses physiques,
  - Router les messages en fonction de leur priorité et l'état du réseau,
  - Gérer le traffic sur le réseau,
  - Gérer la commutation,
  - Contrôler l'encombrement des messages sur le réseau,
  - Découper et réassembler les messages en fonction de la capacité de la carte réseau,



Suites de protocoles

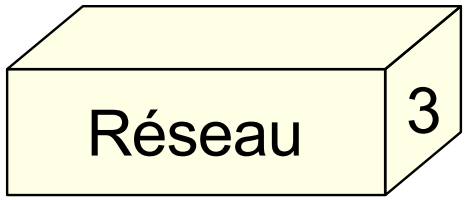
- La Norme OSI garantit l'indépendance des couches mais :
  - Nombre de protocoles réseaux développés avant que la norme n'existe,
  - Dans la réalité les couches se retrouvent interdépendantes.
- Les protocoles s'organisent en familles ou en suites :
  - La suite IP (internet): ARP, RARP, ICMP, etc ...
  - La suite IPX (Novell, jeux en réseau): RIP, etc ...
  - La suite NetBIOS (Réseau local Microsoft).



Suite de protocoles IP

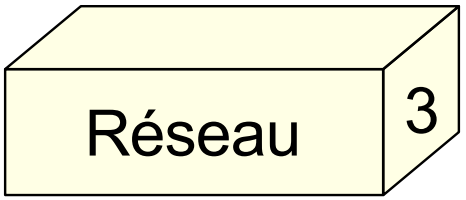
- Protocoles employés pour Internet,
- Développé en 1er par l'armée américaine pour :
  - Échanger les informations entre les bases,
  - Trouver un moyen d'échanger des données même si une partie du réseau est détruite.
- Chronologie :

1er prototype : ARPANET (1969),
Développement du protocole TCP/IP (1974),
Dans les années 80, naissance d'internet,
1992, fondation de l'Internet Society



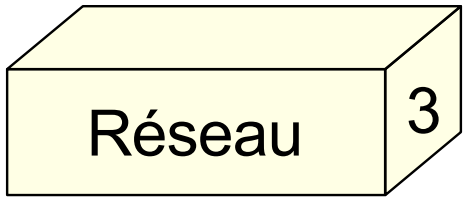
Suite de protocoles IP

- Au niveau 3, les protocoles IP courants sont :
  - IP : adressage et fragmentation des paquets,
  - ARP: retrouve l'adresse physique à partir de l' adresse logique,
  - RARP : la conversion inverse,
  - ICMP : gestion d'erreurs,
  - RIP : routage des paquets.



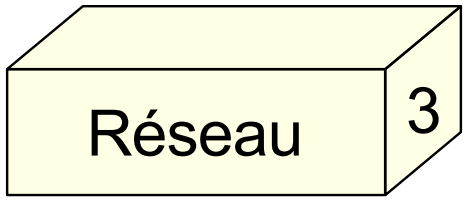
Protocole IP

- IP (Internet Protocol) :
  - Gère les adresses et la fragmentation des paquets,
  - Spécification complète : RFC 791
- RFC (Request for Comments)
  - Série de documents techniques et organisationnels au sujet d'Internet,
  - Les RFC font office de standards,
    - http://www.rfc-editor.org (liste complète en anglais),
    - http://abcdrfc.free.fr/ (traduction partielle en français).



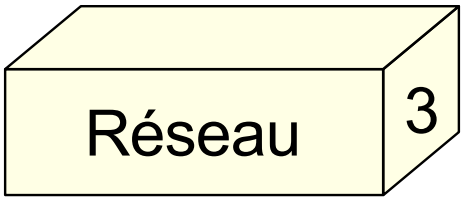
Protocole IP

- Fonctionnalités :
  - Achemine un paquet en fonction de l'adresse destinataire,
  - Chaque paquet (datagramme) est indépendant,
  - 4 mécanismes clés pour les services:
    - Type of service, indique la qualité de service désirée,
    - Time to live (TTL), donne l'espérance de vie maximale du paquet,
    - Options, fonctions de contrôle supplémentaires,
    - Header checksum, fonction de vérification des données.



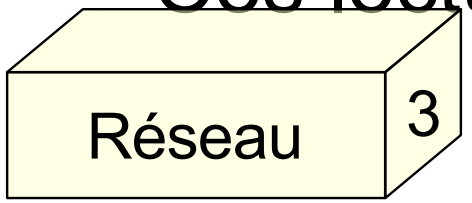
Adresse IP

- L'adresse IP est une adresse logique, pourquoi est elle nécessaire ?
  - Adresse physique = une machine,
  - Les machines sont regroupées en réseau,
  - Comment identifier le réseau ?
    - En attribuant une adresse logique.
  - Pourquoi identifier le réseau ?
    - Pour permettre à deux machines de réseaux différents de communiquer entre elles.



Adresse IP

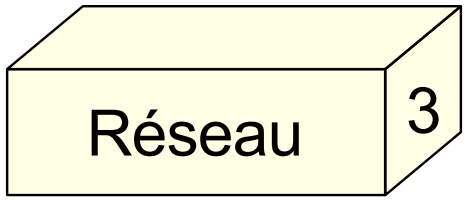
- Format d'une adresse IP: w.x.y.z (4 octets) avec w,x,y,z compris entre 1 et 254 (0 réservé pour le réseau, 255 pour le broadcast).
- Une adresse w.x.y.z peut se lire comme suit:
  - Machine d'adresse w.x.y.z,
  - Machine d'adresse z du réseau w.x.y.0,
  - Machine d'adresse y.z du réseau w.x.0.0,
  - Machine d'adresse x.y.z du réseau w.0.0.0 .
- Ces lectures favorisent le routage des paquets.



Classes de réseau IP

Classe	Valeur de w	Lg adresse réseau	Nb de réseaux	Nb max de machines
A	0 – 127	1 octet	127	16777216
B	128 – 191	2 octets	16384	65536
C	192 – 223	3 octets	2097152	256
D	224 – 239			
E	240 – 255			

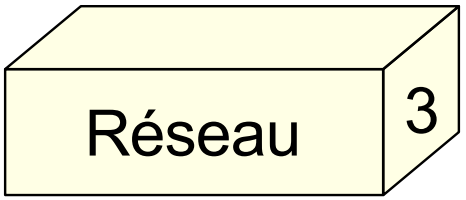
- Plages d'adresses réservées pour les réseaux locaux :
  - 10.0.0.1 à 10.255.255.254,
  - 172.16.0.1 à 172.31.255.254,
  - 192.168.0.1 à 192.168.255.254,
- Adresse réservée pour les tests : 127.0.0.1



Obtenir l'adresse IP
(en mode administrateur)
Unix : ifconfig
Windows : ipconfig /all

Sous-réseaux

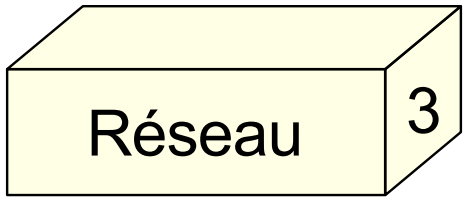
- Pourquoi ?
  - Utilisation hétérogène de moyens de couche 1,
  - Réduction de l'encombrement,
  - Economise les temps de calculs,
  - Isolation d'un réseau,
  - Renforcement de la sécurité,
  - Optimisation de l'espace réservé à une adresse IP.



Masques de sous-réseaux

- Ils permettent de segmenter un réseau en plusieurs sous-réseaux.
  - Exemple de masque :
    - 255.255.255.224 => 11111111.11111111.11111111.11100000

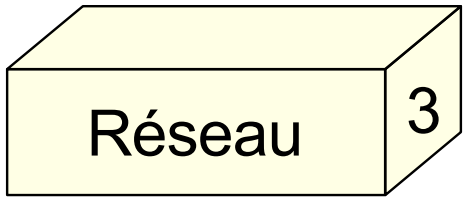
  - Détermination du sous-réseau d'une machine :
    - 200.100.40.33 => 11001000.01100100.00101000.00100001
    - On effectue et ET logique avec le masque de sous-réseau :
    - 200.100.40.32 => 11001000.01100100.00101000.00100000



Sous-réseaux

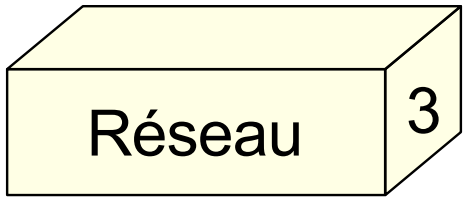
- Nombre de sous réseaux : **2 RFC s'appliquent**:
  - RFC 1860 : 2^n – 2 , n étant le nombre de bits à 1
  - RFC 1878 : 2^n

  => Adresse des sous réseaux
- Adresse de diffusion :
  - Mettre tous les bits de la partie hôte à 1
- Nombre de machines du sous réseau :
  - 2^m – 2, m étant le nombre de bits de la partie hôte



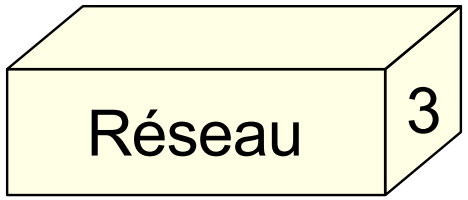
Notation CIDR

- CIDR : Classless Inter Domain Routing
- RFC 1518 et RFC 1519
- Convention qui spécifie le nombre de bits utilisé pour la partie réseau.
- Exemples :
  - 142.12.42.145/24 <=> 142.12.42.145 255.255.255.0
  - 153.121.219.14/20 <=> 153.121.219.14 255.255.240.0
- Facilite l'écriture des tables de routage.



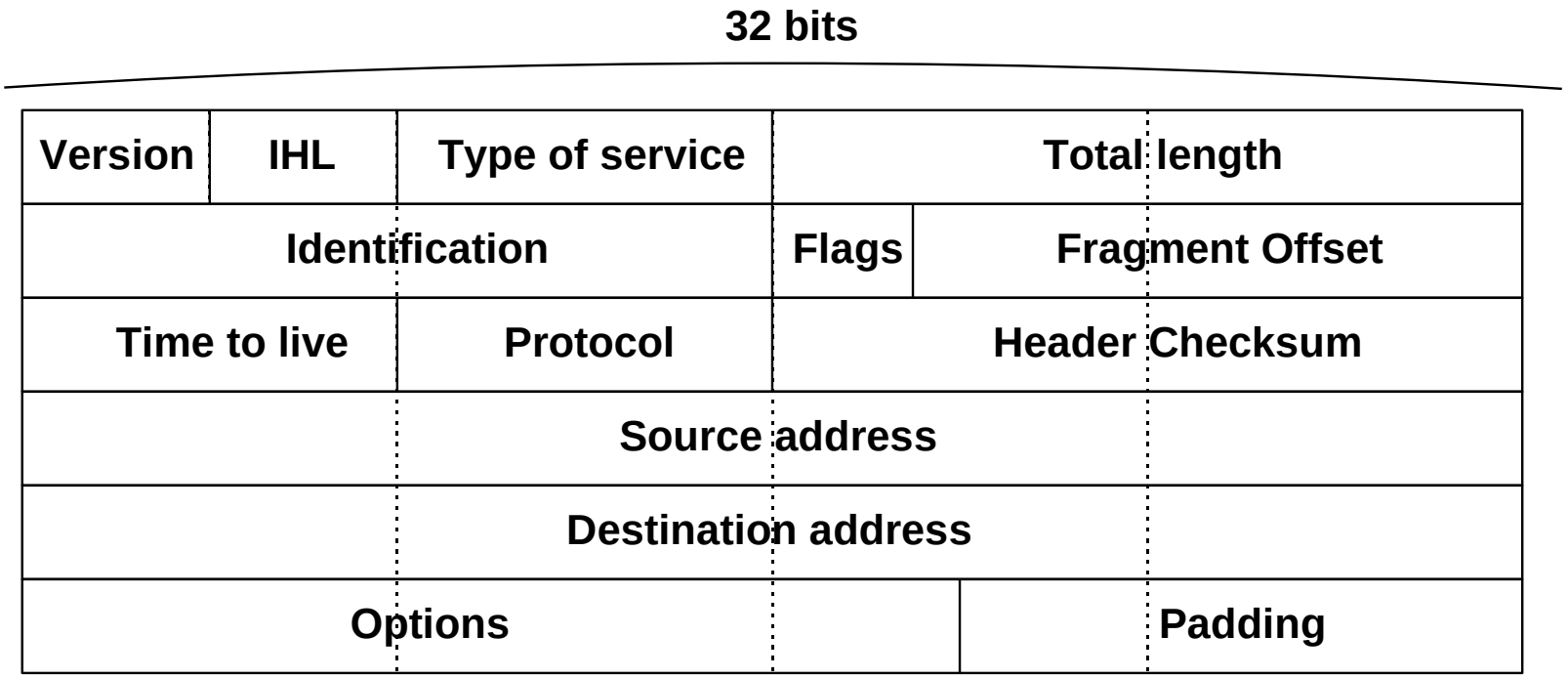
Distribution des adresses IP

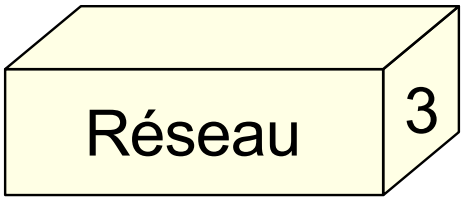
- Organisme IANA (Internet Assigned Numbers/ Naming Authority):
  - Distribue les adresses IP aux FAI (Fournisseurs d'accès à Internet).
- Organisme InterNIC (Internet Network Information Center) (AFNIC en France - http://www.nic.fr) :
  - Attribution des parties d'identifiant réseau pour les dispositifs directement reliés à internet.
- **Chaque noeud relié à Internet doit posséder une adresse IP unique !**



Datagramme IP

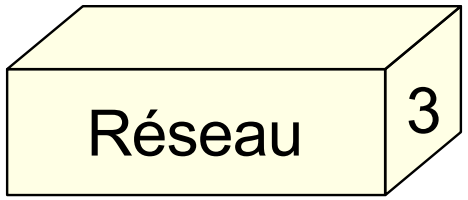
- Format de l'en-tête :





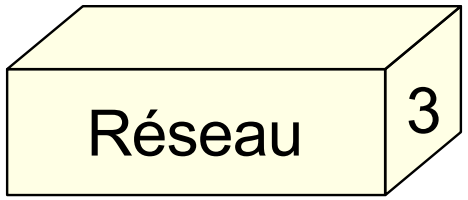
Fragmentation de paquets

- Rappel :
  - les messages sont décomposés en paquets,
  - Les paquets sont véhiculés par les trames des réseaux,
- Que se passe t'il dans le cas où le changement de réseau implique un changement de la taille de trame ?
  - Dans le cas d'une diminution de taille, il faut fragmenter le paquet et pouvoir le reconstituer après.



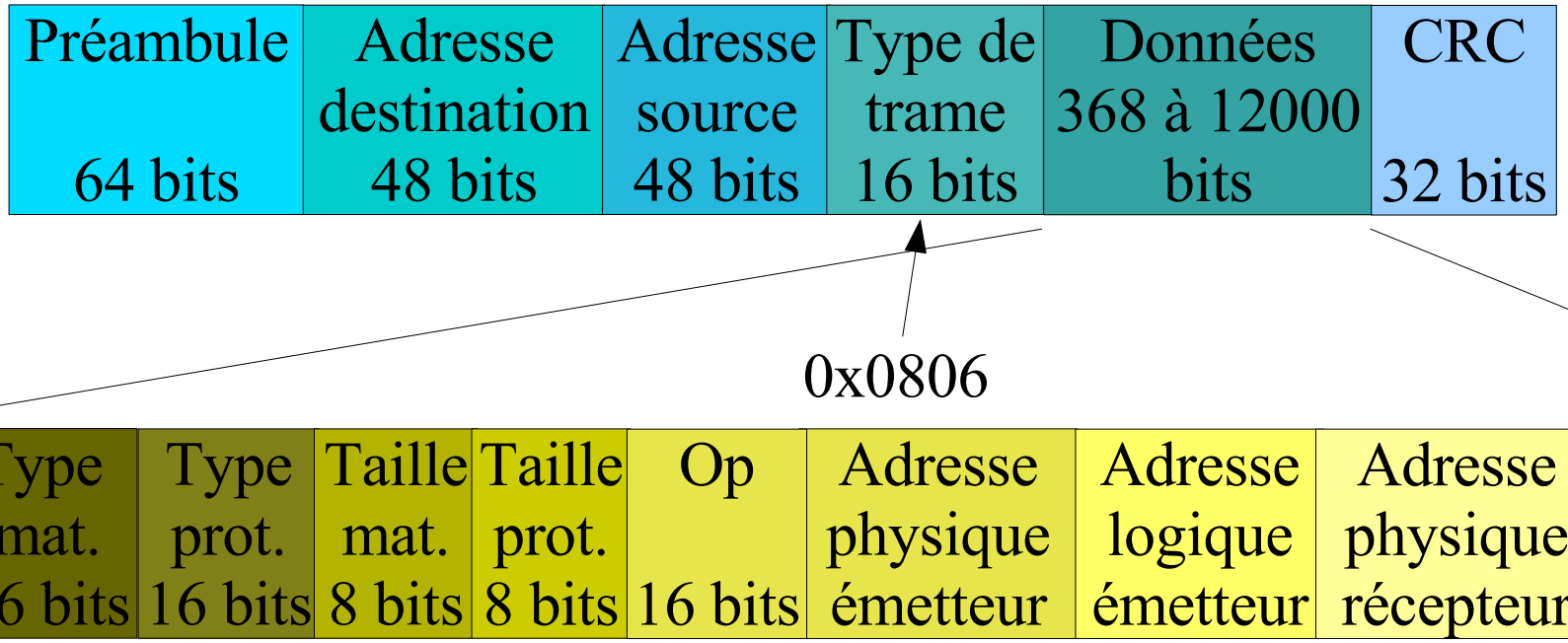
Protocole ARP

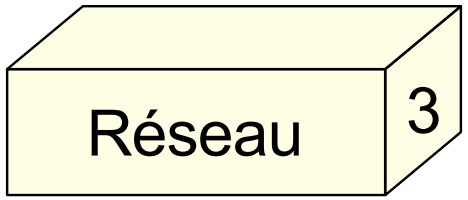
- Sur un réseau local, ARP permet d'obtenir l'adresse physique à partir de l'adresse logique.
- ARP : Address Resolution Protocol
- Protocole ARP (RFC 826):
  - Émission d'une trame ARP à destination du réseau,
  - La machine visée se reconnaît et répond par une nouvelle trame ARP,
  - L'émetteur reçoit la réponse et connaît l'adresse matérielle de la machine cible.



Trame ARP

- Encapsulée dans une trame du réseau :
  - Exemple : dans une trame Ethernet :





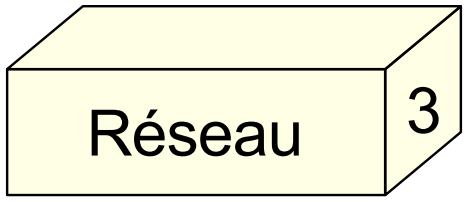
Cache ARP

- ARP permet de trouver l'adresse physique à partir de l'adresse logique,
- Toute communication employant le protocole IP commence par une requête ARP préalable,

  => On réduit l'encombrement réseau en stockant les résolutions déjà effectuées sur la machine,

  => Cela s'appelle le cache ARP,

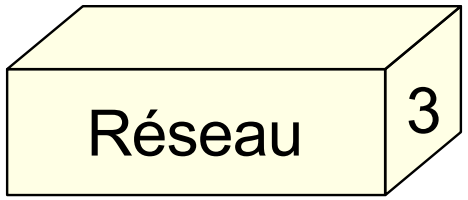
  => Il faut toutefois le vider régulièrement !



Voir le cache ARP
(en mode administrateur)
Unix : arp [-n]
Windows : arp -a

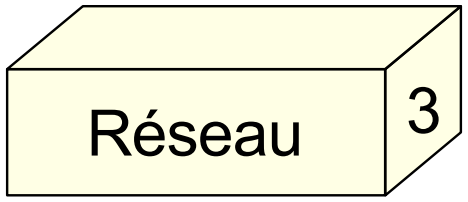
Protocole RARP

- Sert à résoudre le problème inverse d'ARP : obtenir l'adresse logique à partir de l'adresse physique.
- RARP : Reverse ARP
- Même trame employée. Seuls changent :
  - Le type de trame Ethernet : 0x0835
  - Les numéros d'opération : 3 requête, 4 réponse
- Même cache que le cache ARP.



Routage des paquets

- C'est un des rôles de la couche 3 : acheminer les informations d'un réseau à un autre,
- Les réseaux sont reliés entre eux à l'aide de **routeurs,**
- Tous les réseaux ne sont pas directement reliés, il faut passer par des réseaux intermédiaires.



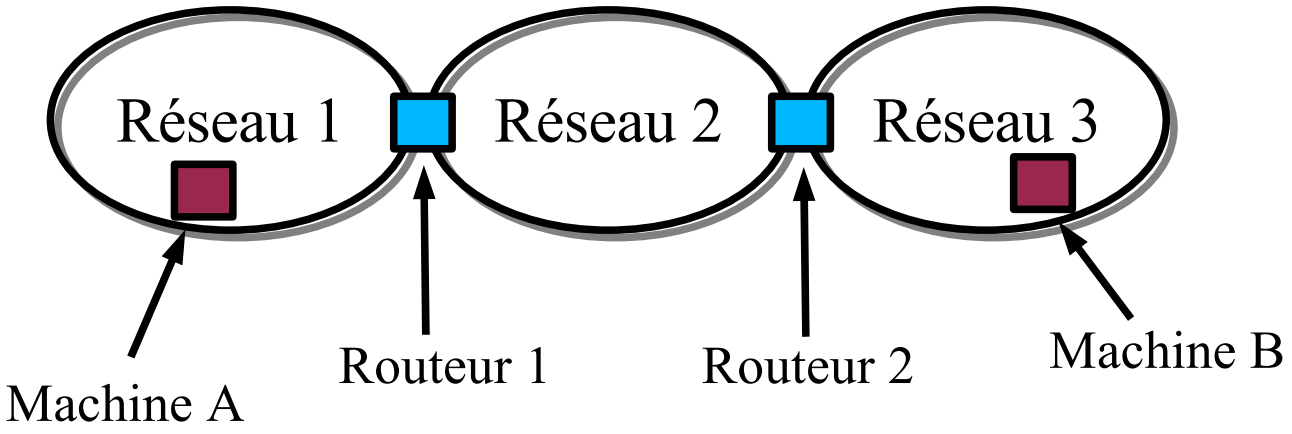
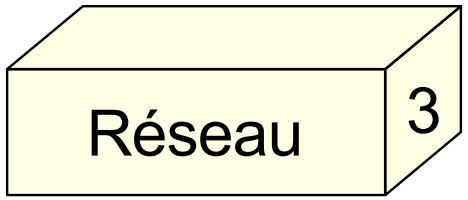


Table de routage

- Toutes les machines (y compris les routeurs) possèdent une table de routage,
- Une table de routage contient des routes,
- Une route contient les paramètres pour déterminer par quel routeur ou passerelle passer pour accéder à un réseau donné,



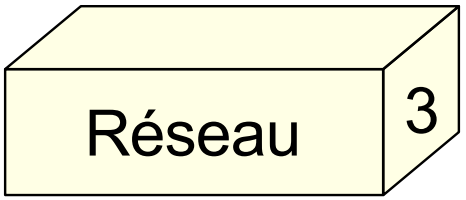
Voir la table de routage
(en mode administrateur)
Unix : route [-n]
Windows : route print

Règles de routage

- Exemple de table de routage :

Table de routage IP du noyau

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.42.0	195.221.158.121	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
195.221.158.0	*	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
127.0.0.0	*	255.0.0.0	U	0	0	0	lo
default	192.168.42.1	0.0.0.0	UG	0	0	0	eth0



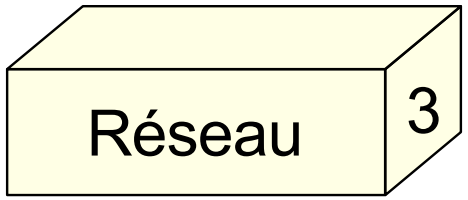
Règles de routage

- Exemple de table de routage :

Table de routage IP du noyau

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.42.0	195.221.158.121	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
195.221.158.0	*	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
127.0.0.0	*	255.0.0.0	U	0	0	0	lo
default	192.168.42.1	0.0.0.0	UG	0	0	0	eth0

Réseaux ou machines à joindre.
"default" : route par défaut si aucune des autres ne marche.



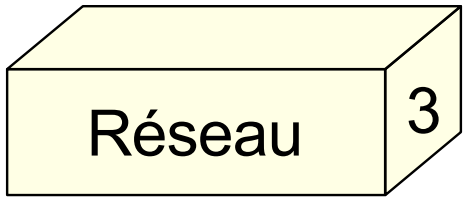
Règles de routage

- Exemple de table de routage :

Table de routage IP du noyau

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.42.0	195.221.158.121	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
195.221.158.0	*	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
127.0.0.0	*	255.0.0.0	U	0	0	0	lo
default	192.168.42.1	0.0.0.0	UG	0	0	0	eth0

Routeur ou machine à contacter pour joindre le réseau de destination.
Si c'est '*' alors la machine est sur le même réseau que celui de l'interface (derbière colonne).



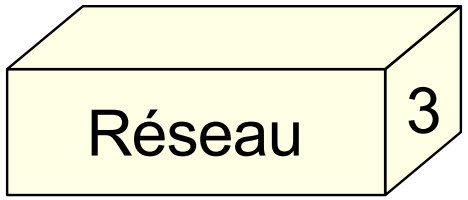
Règles de routage

- Exemple de table de routage :

Table de routage IP du noyau

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.42.0	195.221.158.121	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
195.221.158.0	*	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
127.0.0.0	*	255.0.0.0	U	0	0	0	lo
default	192.168.42.1	0.0.0.0	UG	0	0	0	eth0

Masque de sous-réseau à utiliser conjointement avec le réseau de la 1ère colonne.



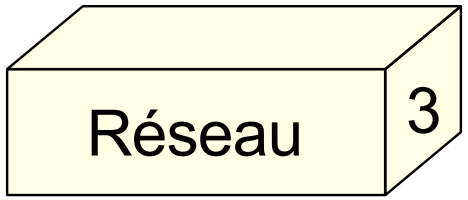
Règles de routage

- Exemple de table de routage :

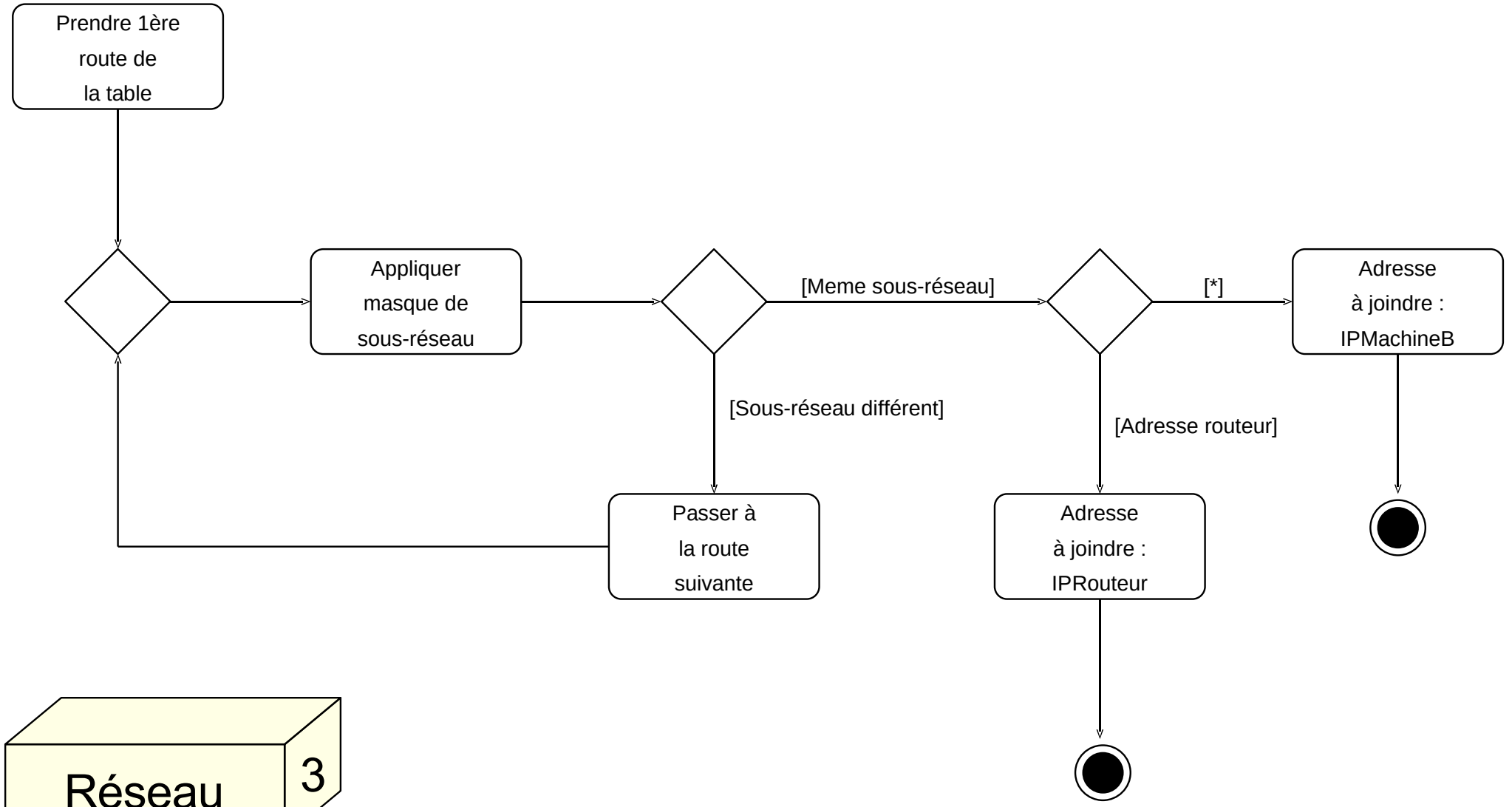
Table de routage IP du noyau

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.42.0	195.221.158.121	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
195.221.158.0	*	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
127.0.0.0	*	255.0.0.0	U	0	0	0	lo
default	192.168.42.1	0.0.0.0	UG	0	0	0	eth0

Interface réseau à utiliser pour communiquer.
ethX : réseau ethernet
lo : loopback (interface locale)
etc ...

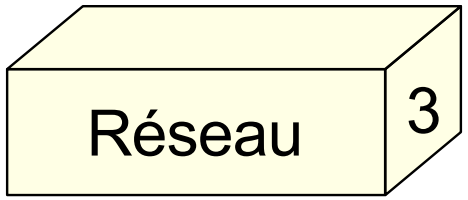


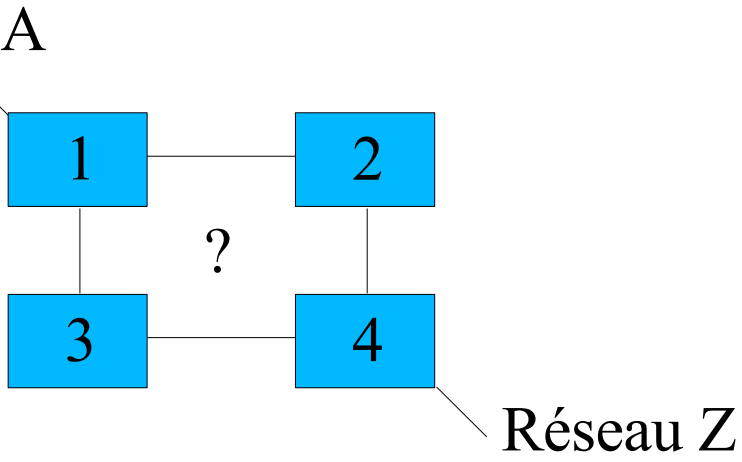
Routage : synthèse



Protocoles de Routage

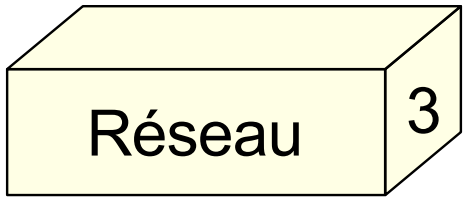
- Pour un réseau local :
  - Utilisation des routes configurées,
  - Utilisation de la route par défaut,
- Pour un réseau global :
  - Quel chemin prendre entre deux machines ?
  - Peut-on déterminer le chemin le plus court ?
- Protocoles : RIP, OSPF, ...





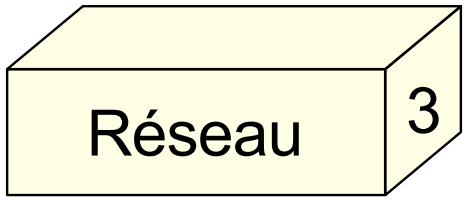
Protocole RIP

- RIP : Routing Information Protocol (RFC 1058)
- Extension de RIP : RIP2 en 1994 (RFC 1723)
- C'est l'un des protocoles de routage dynamique parmi les plus répandus malgré son âge.
- Chaque routeur échange :
  - les identificateurs des réseaux qu'il peut atteindre,
  - La distance qui le sépare de ces réseaux.
- Chaque routeur peut ainsi proposer le meilleur chemin.



Mise à jour des routes

- Mises à jour:
  - à des intervalles réguliers,
  - quand la topologie du réseau change,
  - Consiste en des échanges de vecteur-distance.
- Vecteur-distance (VD, 1 par route) composé de :
  - **Destination :** le vecteur destination,
  - **Coût :** le nombre de sauts à la destination (métrique),
  - **Source :** l'identifiant du routeur source.



Exemple de mise à jour

- Chaque routeur ne connaît que son réseau direct,
- Le coût est de 0 pour chaque réseau direct,
- Exemple 3 routeurs s'échangent des informations:
  - étape 0 :

RTA		
Dest	Coût	Src
a	0	-

RTB		
Dest	Coût	Src
b	0	-

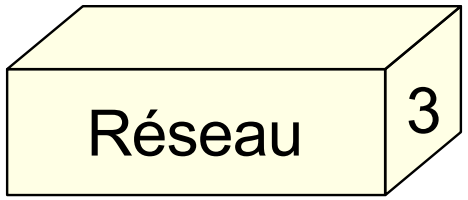
RTC		
Dest	Coût	Src

  - étape 1: 1er échange:

RTA		
Dest	Coût	Src
a	0	-
b	1	rtb

RTB		
Dest	Coût	Src
b	0	-
a	1	rta

RTC		
Dest	Coût	Src
b	1	rtb
a	1	rta



Exemple de mise à jour

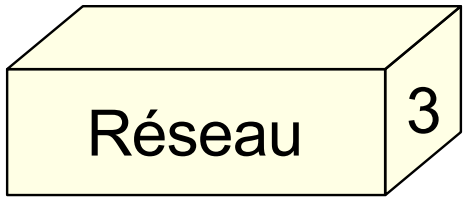
- étape 2: 2ème échange :

RTA		
Dest	Coût	Src
a	0	-
b	1	rtb
b	1	rtb
a	2	rta
b	2	rtc
a	2	rtc

RTB		
Dest	Coût	Src
b	0	-
a	1	rta
a	1	rta
b	2	rta
b	2	rtc
a	2	rtc

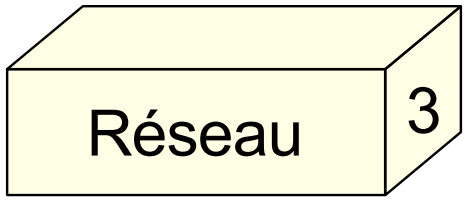
RTC		
Dest	Coût	Src
b	1	rtb
a	1	rta
b	1	rtb
a	2	rtb
a	1	rta
b	2	rta

- Problème : il faut éliminer les routes redondantes pour trouver le meilleur chemin.



Exemple de mise à jour

- Suppression des routes redondantes :
  - tout nouveau VD est comparé à la table courante :
    - une destination nouvelle est automatiquement ajoutée,
    - si la destination existe, elle est remplacée si :
      - la source est la même ,
      - la source est différente mais le coût est meilleur.
  - Au final on obtient, à la fin de l'étape 2 :



RTA		
Dest	Coût	Src
a	0	-
b	1	rtb

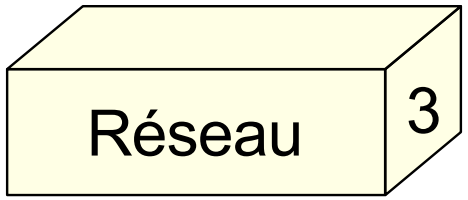
RTB		
Dest	Coût	Src
b	0	-
a	1	rta

RTC		
Dest	Coût	Src
b	1	rtb
a	1	rta

Implémentation des VD dans RIP

- RIP améliore les VD en introduisant :
  - Le concept d'infinité,
  - Les stratégies *'Split Horizon'* et *'Poison reverse'*,
  - Une gestion temporelle.

- Le concept d'infinité :
  - Un réseau inatteignable a un nombre de sauts infini,
  - Dans la pratique l'infinité est réduite à 16 sauts.



Implémentation des VD dans RIP

- Stratégie *'Split horizon'*

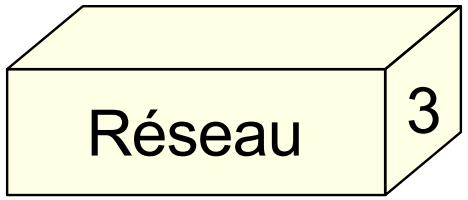
  => Un routeur ne renvoie pas à un autre routeur les VD qu'il a reçu de ce dernier,

  => Implémentation **obligatoire**.

- Stratégie *'Split horizon with Poisoned Reverse'*

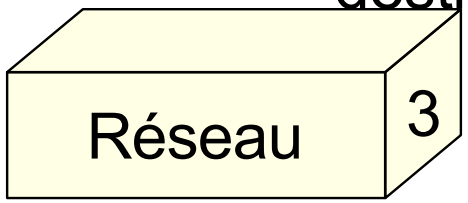
  => Un routeur renvoie à un autre routeur les VD qu'il a reçu en leur donnant un coût de 16 (infini).

  => Implémentation **recommandée**.



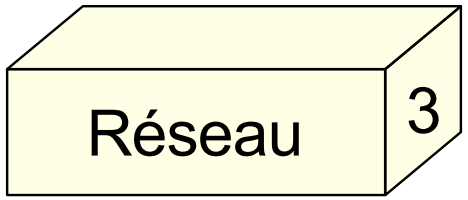
Implémentation des VD dans RIP

- Gestion temporelle : deux manières :
  - façon RFC :
    - temps entre mises à jour (maj): 30 s + petit délai aléatoire,
    - délai d'expiration : si 180 s s'écoulent après la dernière maj, marquer la route pour effaçage.
    - destruction : une route marquée est effacée 120 s après.
  - façon CISCO :
    - temps entre maj : 30s + petit délai aléatoire,
    - invalidité (= délai d'expiration RFC) : 180 s,
    - rétention : pour une route invalide, maj refusées pdt 180 s
    - destruction : une route invalide est effacée 240 s après.

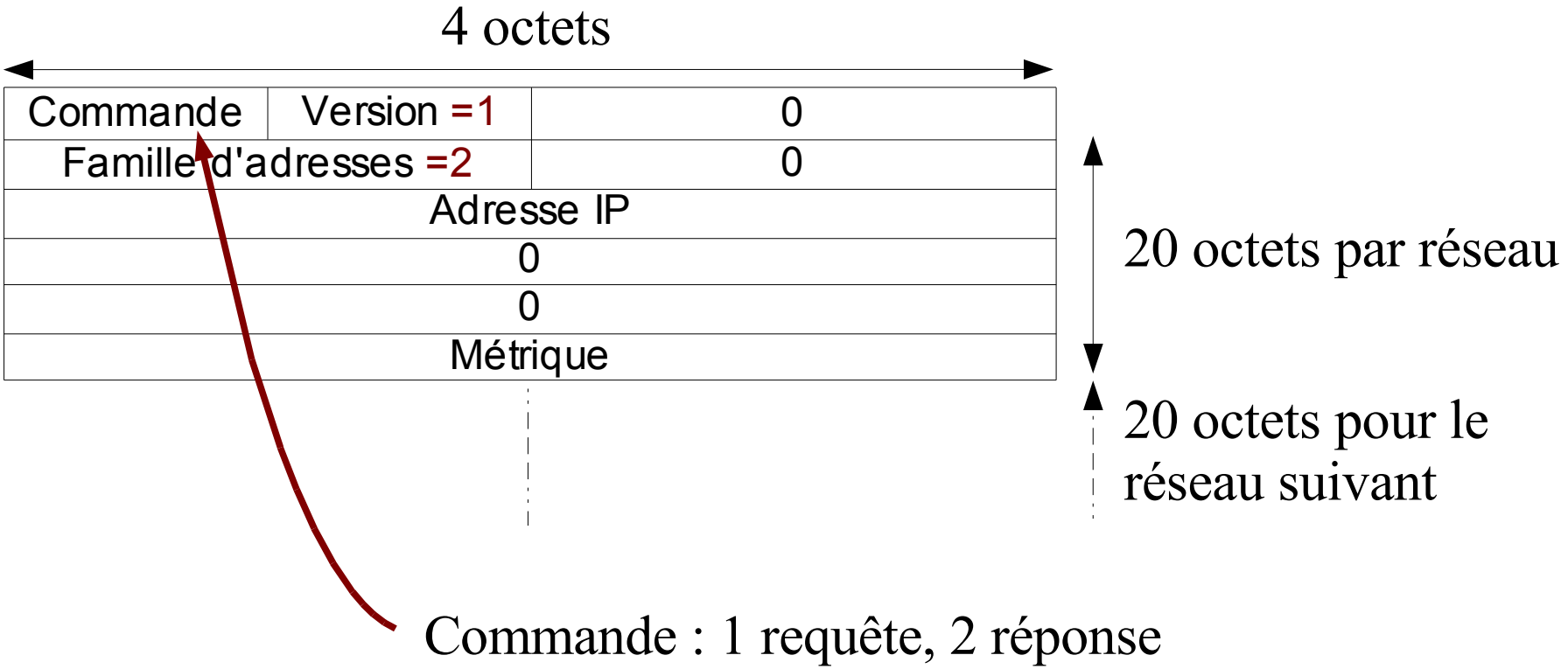


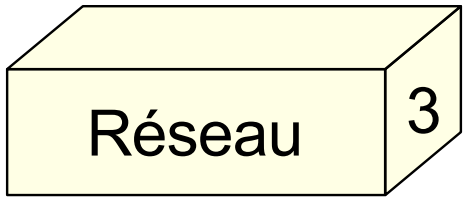
Détails du protocole RIP

- RIP envoie ses paquets par UDP sur le port 520,
  - RIPv1 utilise le broadcast, RIPv2 le multicast,
  - RIPv2 = RIPv1 + masques de sous-réseaux + mécanisme simple d'authentification
  - Avantages :
    - facile à implémenter, consomme peu de bp sur les petits réseaux
  - Inconvénients :
    - utilisation de UDP, infinité limitée à 15, gourmand en bp sur les grands réseaux (surtout si la topologie change).



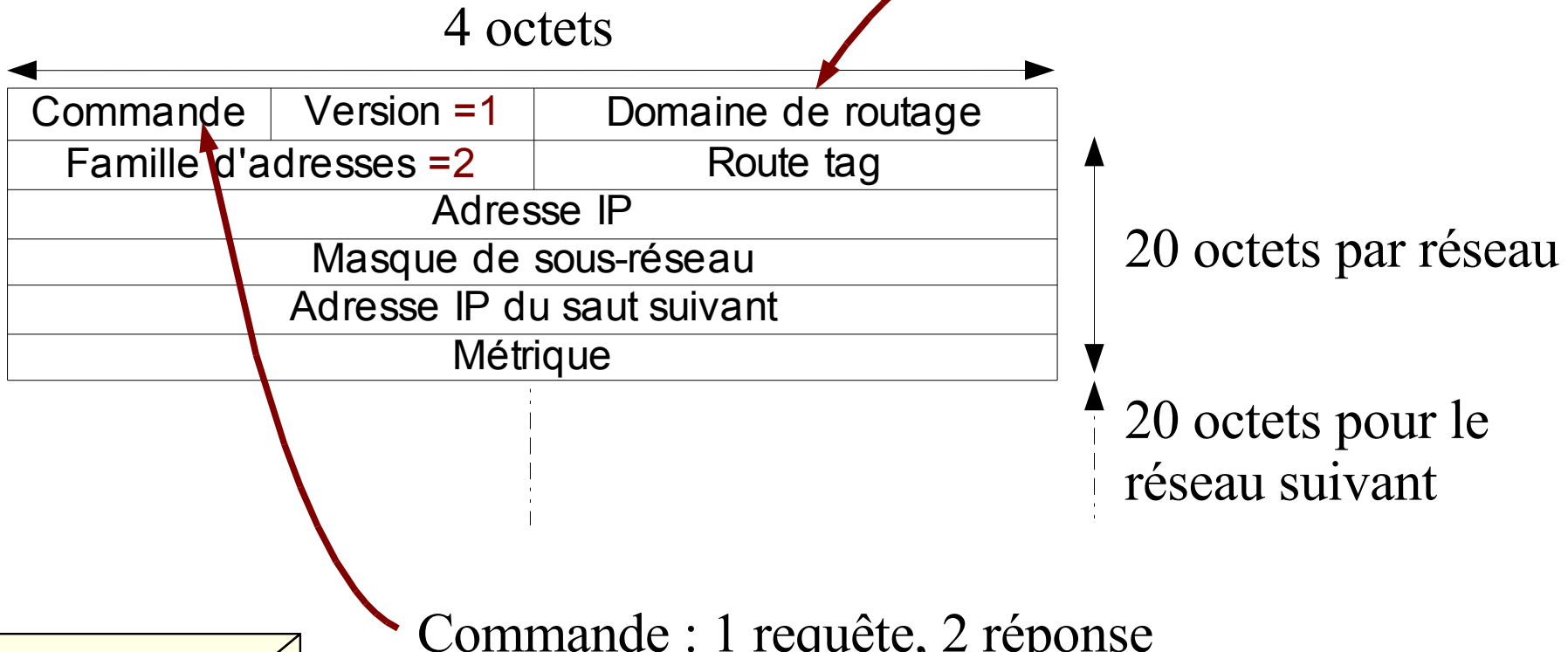
Datagramme RIPv1



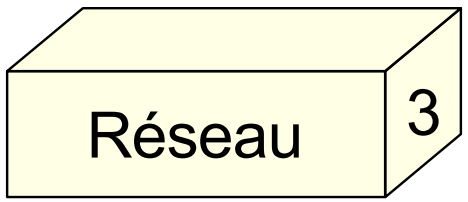


Datagramme RIPv2

Dans le cas où il y a plusieurs process gérant RIP sur la même machine

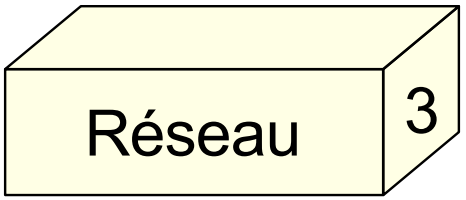


Commande : 1 requête, 2 réponse



Protocole ICMP

- Internet Control Message Protocol, RFC 792,
- Gére les erreurs relatives au protocole IP,
- Peut être employé par la machine ou le routeur à la source du problème.
- Protocole encapsulé dans un datagramme IP
  - champ “type de service” : 0,
  - champ “protocole” : 1



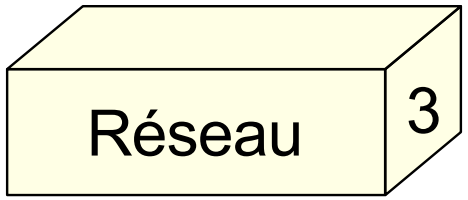
Datagramme ICMP

- Composé de 4 blocs :

Type (8 bits)	Code (8 bits)	CRC (16 bits)	Message (longueur variable)

- Types :

Type	Contenu message	Type	Contenu message
0	Réponse echo (ping)	12	Erreur de paramètre
3	Destination non accessible	13	Demande horodatage
4	Contrôle de flux	14	Réponse horodatage
5	Redirection	15	Demande d'information
8	Echo (ping)	16	Réponse à 15
9	Avertissement Routeur	17	Demande de masque d'adresse
10	Sollicitation routeur	18	Réponse à 17
11	Durée de vie écoulée		



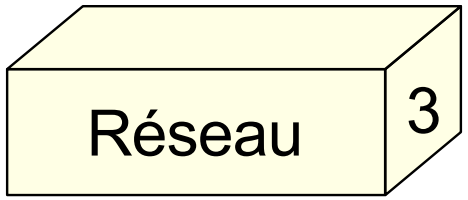
Exemple : Ping

- Ping est un petit utilitaire permettant de contrôler si une machine est joignable sur un réseau,
- Format du message :

- Sortie de la commande 'ping' :

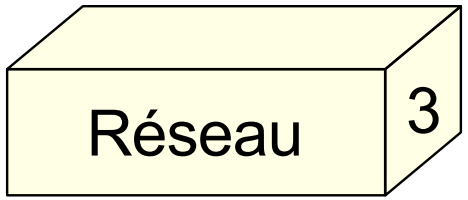
```
PING 192.168.42.22 (192.168.42.22) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.42.22: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.307 ms
64 bytes from 192.168.42.22: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.304 ms
64 bytes from 192.168.42.22: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.174 ms
64 bytes from 192.168.42.22: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.169 ms
64 bytes from 192.168.42.22: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.132 ms

--- 192.168.42.22 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 3996ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.132/0.217/0.307/0.074 ms
```



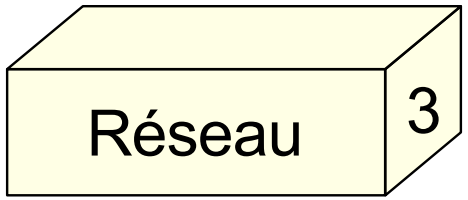
Suite de protocoles IP

- Les protocoles IP de niveau 3 étudiés :
  - IP : adressage et fragmentation des paquets,
  - ARP: retrouve l'adresse physique à partir de l' adresse logique,
  - RARP : la conversion inverse,
  - ICMP : gestion d'erreurs,
  - RIP : routage des paquets.



Suite de protocoles IPX

- IPX : Inter-network Packet eXchange,
- Développé par Novell au départ,
- Famille de protocoles plus simples que IP,
- Au niveau 3 : IPX et RIP (différent de celui d'IP)
  - Peut circuler sur 4 type de trames Ethernet ≠,
  - Adressage sur 80 bits, (autoconfigurable),
- Utilisé pour des réseaux de faible importance,
  - Protocole “bavard“,



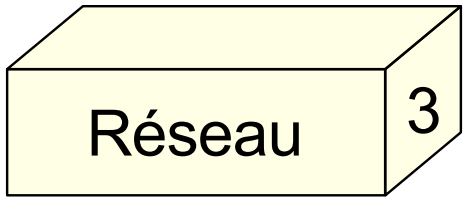
Adressage IPX

- Adresse en deux parties :
  - Adresse de réseau : 32 bits
    - Attribué par l'administrateur / auto-attribué (aléatoire),
  - Adresse de noeud : 48 bits
    - Généralement l'adresse MAC,
    - Evite l'utilisation du protocole ARP.

=> Plusieurs réseaux logiques peuvent se partager une seule interface !

- Exemple d'adresse : 00000051:0000F3C4F69C

réseau noeud



Datagramme IPX

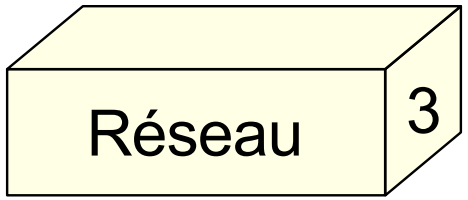
- En tête de 28 octets,
- Fragmentation des paquets non autorisée.

Champs	bits
CRC	16
Longueur du paquet	16
Contrôle de transport	8
Type de packet	8
Réseau de destination	32
Noeud de destination	48
Socket de destination	16
Réseau source	32
Noeud source	48
Socket source	16
Données	...

Nombre de sauts: si > 16 destruction

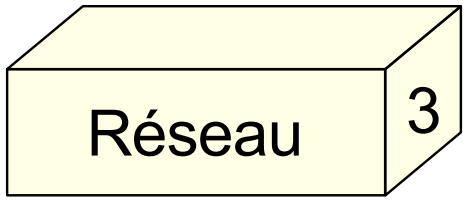
5 : protocole SPX
17 : protocole NCP

Socket: forme de multiplexage



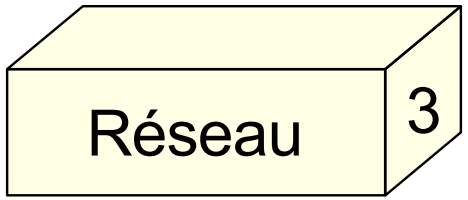
Routage IPX

- Protocole RIP de Novell :
  - basé sur des vecteurs de distance :
    - Tops d'horloge (mesure de débit),
    - Nombre de sauts,
  - peu adapté aux réseaux de grande taille,
- Table de routage différente de celle d'IP
  - une table par protocole IPX activé,
  - transmission des tables entre routeurs (chaque 60s),
  - stratégie *'split horizon'* + classement chronologique



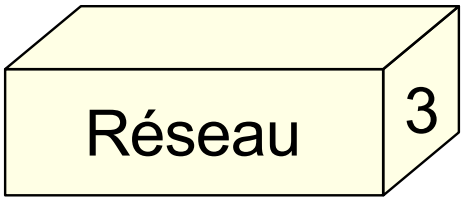
Suite de Protocoles IPv6

- Pourquoi une suite de protocoles IPv6 ?
  - La pénurie des adresses,
  - Les "bricolages" sur Ipv4 : notation CIDR,
  - Amélioration générale d'IPv4.
- Ce qui change :
  - Les adresses employées,
  - Disparition des adresses de diffusion (broadcast),
  - Les protocoles ICMP + ARP => ICMPv6



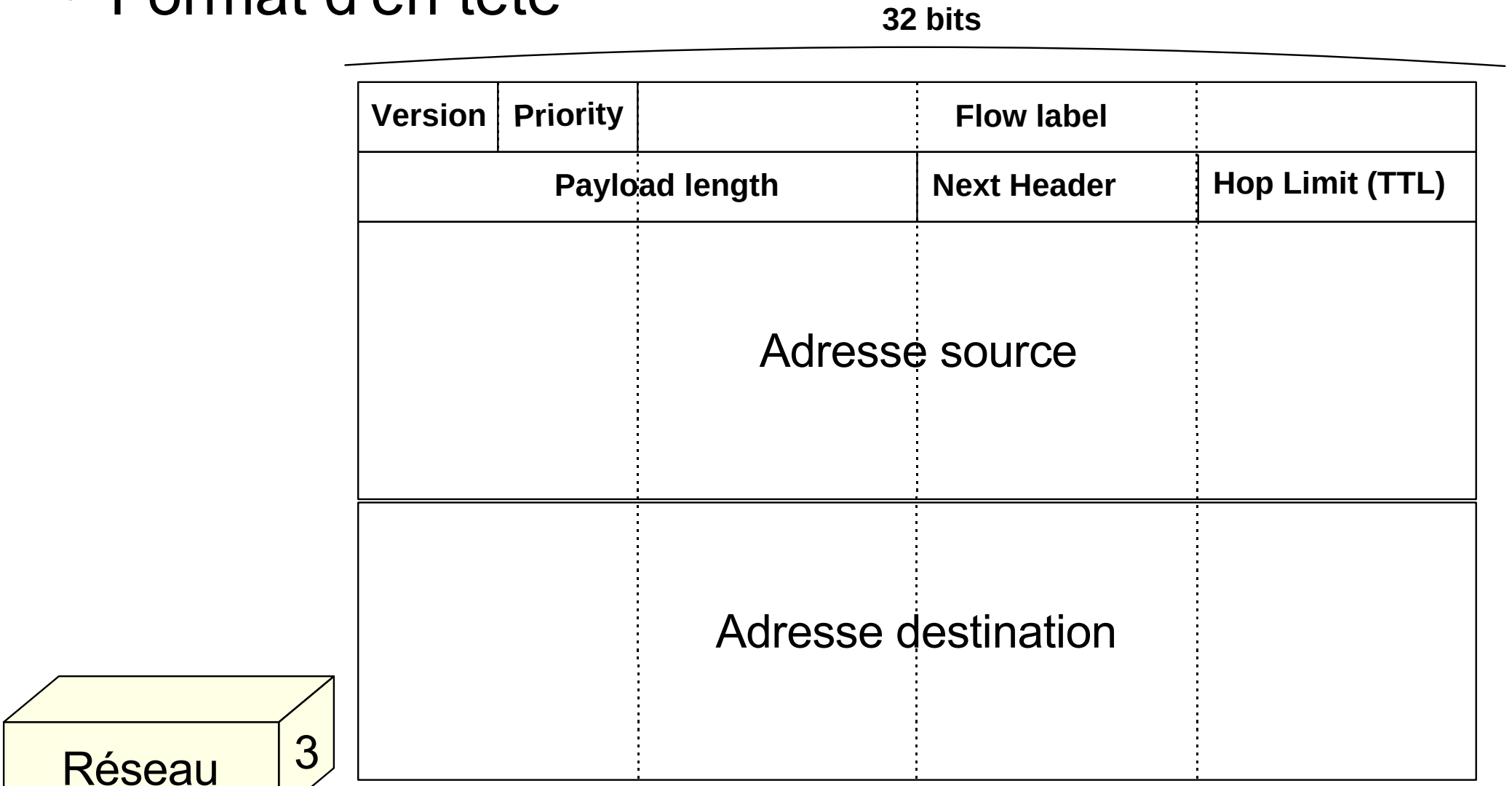
Adresses Ipv6

- Codées sur 128 bits
  - 64 bits réseau, 64 bits hôte
- Adresses réservées :
  - préfixes fe8x, fe9x, feax, febx :
    - adresses de type link local (non routées),
  - préfixes fecx, fedx, feex, fefx :
    - adresses de type site local (10.0.0.1 IPv4)
  - localhost :
    - 0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001 ou ::1



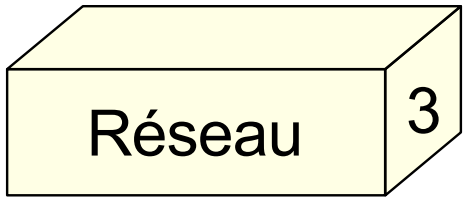
Datagramme IPv6

- Format d'en tête



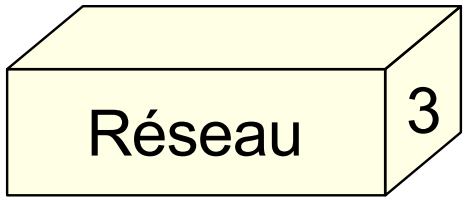
Protocole NetBEUI

- NetBEUI est sur-couche de NetBIOS,
  - NetBIOS => Network Basic Input/Output System,
  - NetBEUI => NetBIOS Extended User Interface,
- Paradoxalement:
  - NetBEUI en couche 3,
  - NetBIOS en couche 4,
- NetBEUI formalise les trames NetBIOS,
  - 22 types de trames différentes.



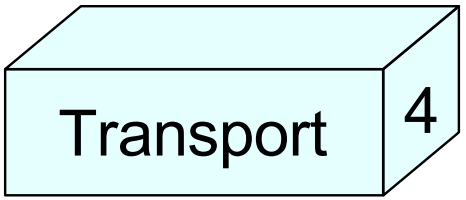
Protocole NetBEUI

- Inventé par IBM, repris par Microsoft,
- Utilisé pour de petits réseaux,
- Réseau non routable,
- Chaque machine a un nom NetBIOS (max 16),
- NetBEUI utilise : nom NetBIOS + adresse MAC,
- Protocole très bavard :
  - utilisation massive de diffusions.



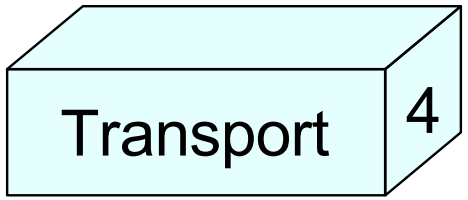
Couche 4 : transport

- Fonctions de la couche transport :
  - Division des messages longs en paquets,
  - Contrôle de la taille des paquets,
  - Regroupement des messages courts en 1 paquet,
  - Rassembler les paquets en 1 message,
  - Extraction et reconstitution du message d'origine,
  - Envoi et réception d'un accusé de réception,
  - Contrôle de flux et correction des erreurs de reconstitution.



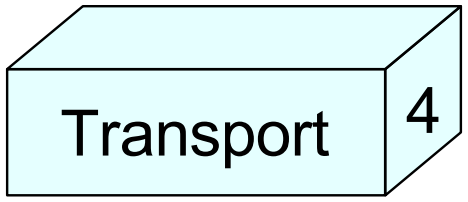
Protocoles de niveau 4

- Suite de protocoles IP :
  - TCP, Transmission Control Protocol,
  - UDP, User Datagram Protocol
- Suite de protocoles IPX :
  - SPX, NCP, SAP, ... (non détaillés dans ce cours)
- Protocole NetBIOS
  - (non détaillé dans ce cours)

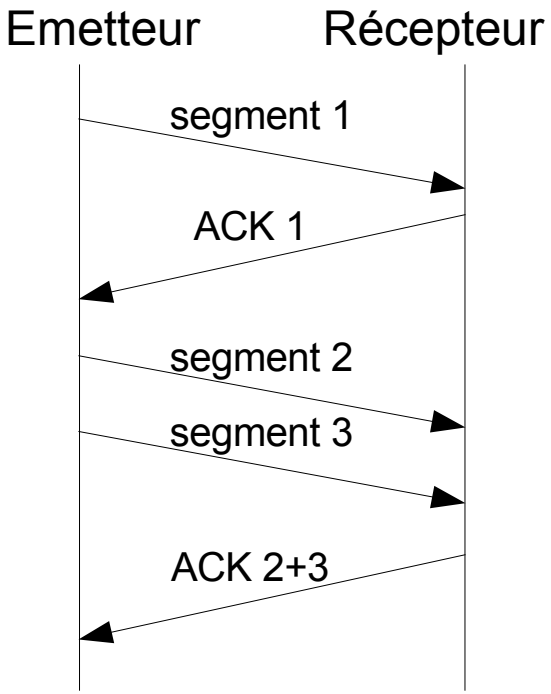


Protocole TCP

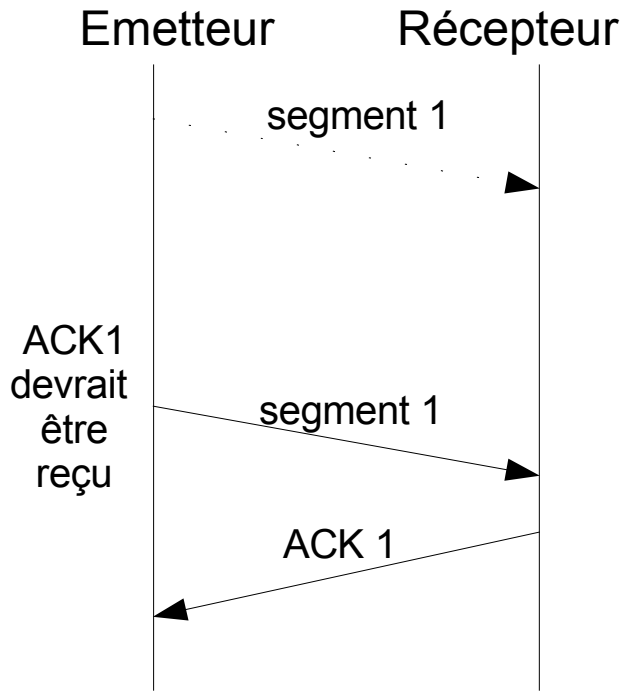
- TCP : Transfer Control Protocol – RFC 793,
- TCP fournit un service sécurisé de remise des paquets,
- TCP fournit un protocole fiable, orienté connexion encapsulé dans IP,
- TCP effectue des vérifications sur les paquets,
- TCP exige un accusé de réception des données,



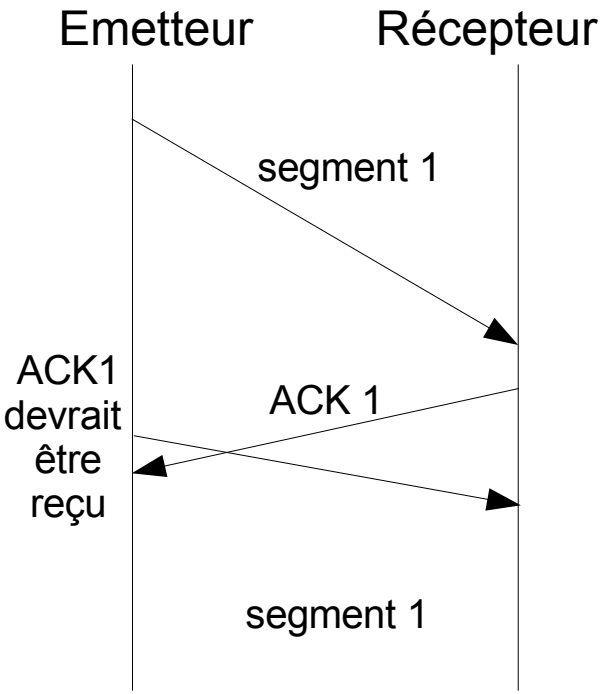
Echanges TCP



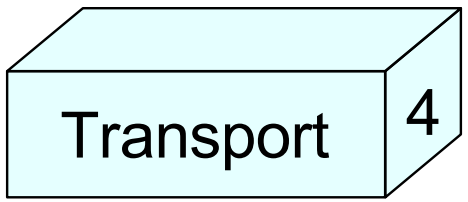
Transmission sans problème



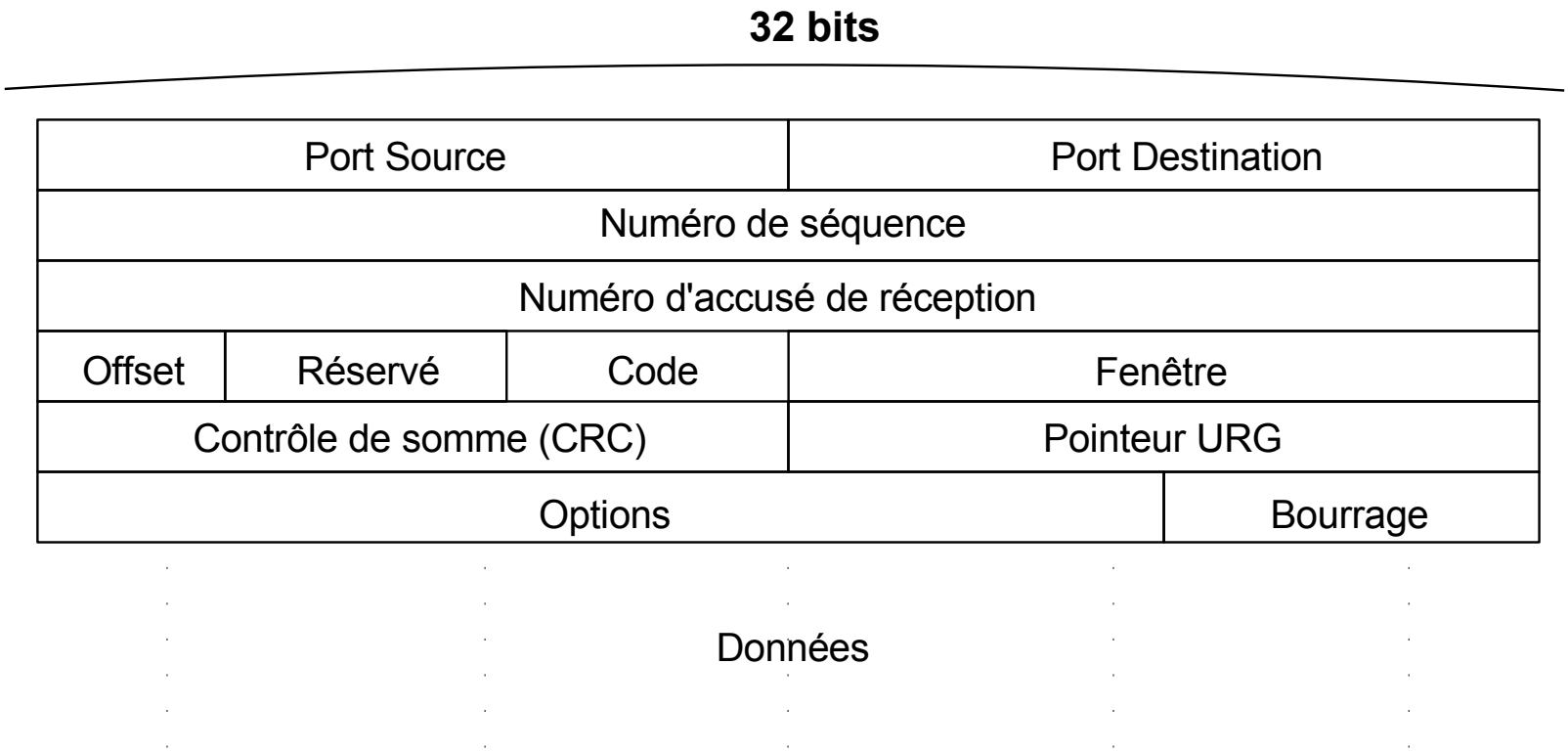
Cas d'un paquet perdu



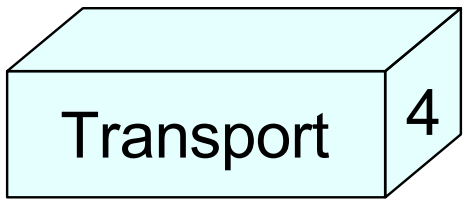
Cas d'un paquet dupliqué



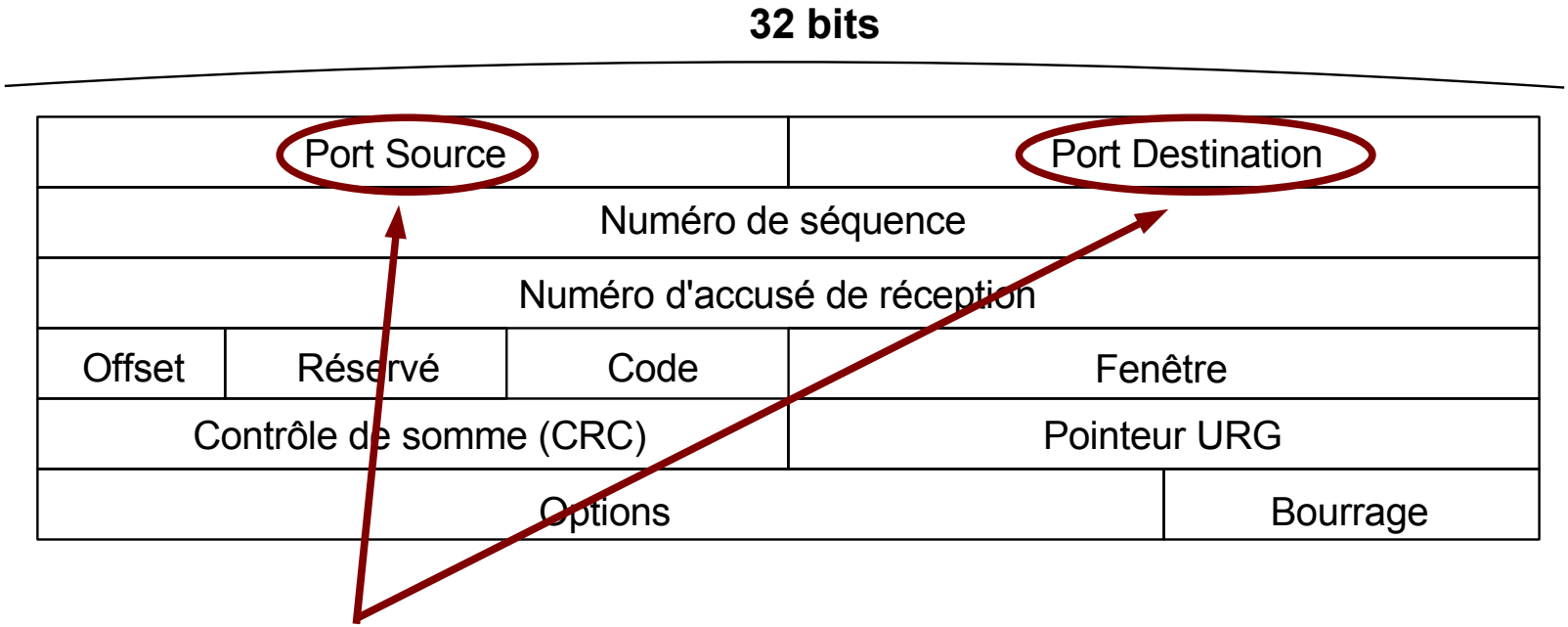
En-tête TCP



- En-tête :
  - 20 octets au minimum,
  - aligné sur 32 bits.



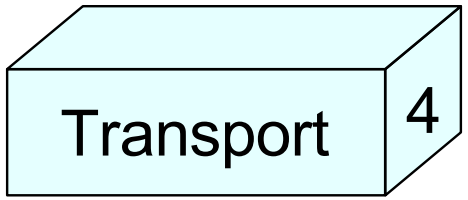
En-tête TCP



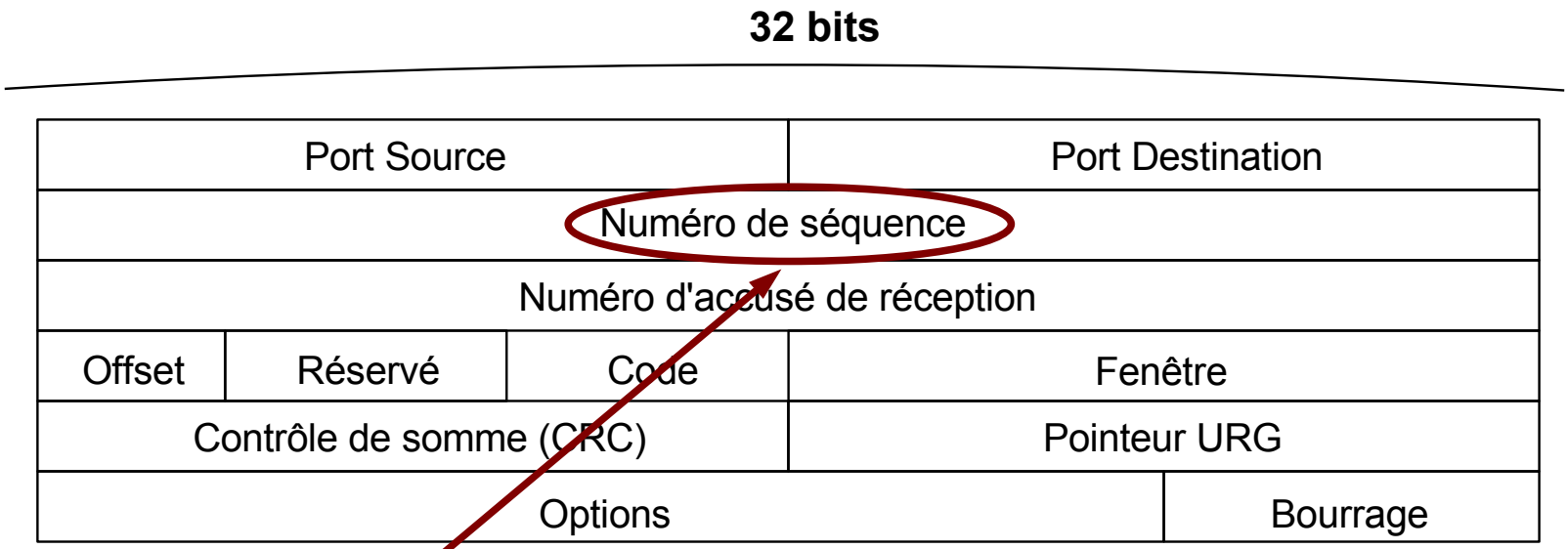
N°port :

permet une communication simultanée de plusieurs applications différentes entre 2 même machines.

ex : FTP (21), SSH (22), telnet (23), HTTP (80)

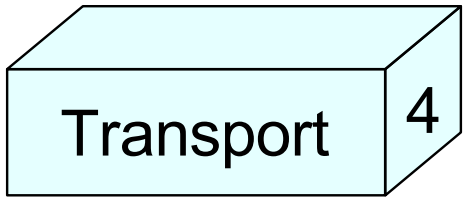


En-tête TCP

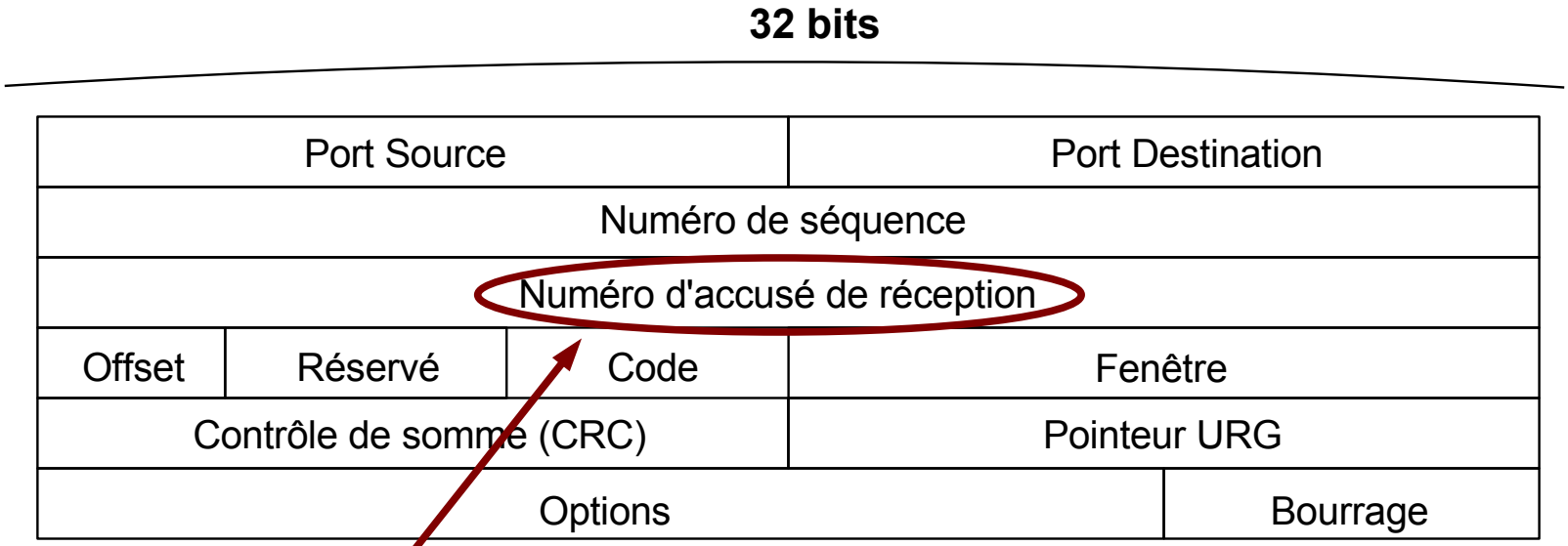


N°séquence :

position des données à transmettre par rapport au segment original. Au démarrage, le n° de segment est tiré aléatoirement.

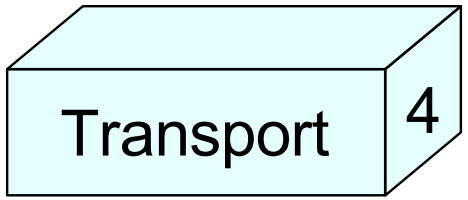


En-tête TCP

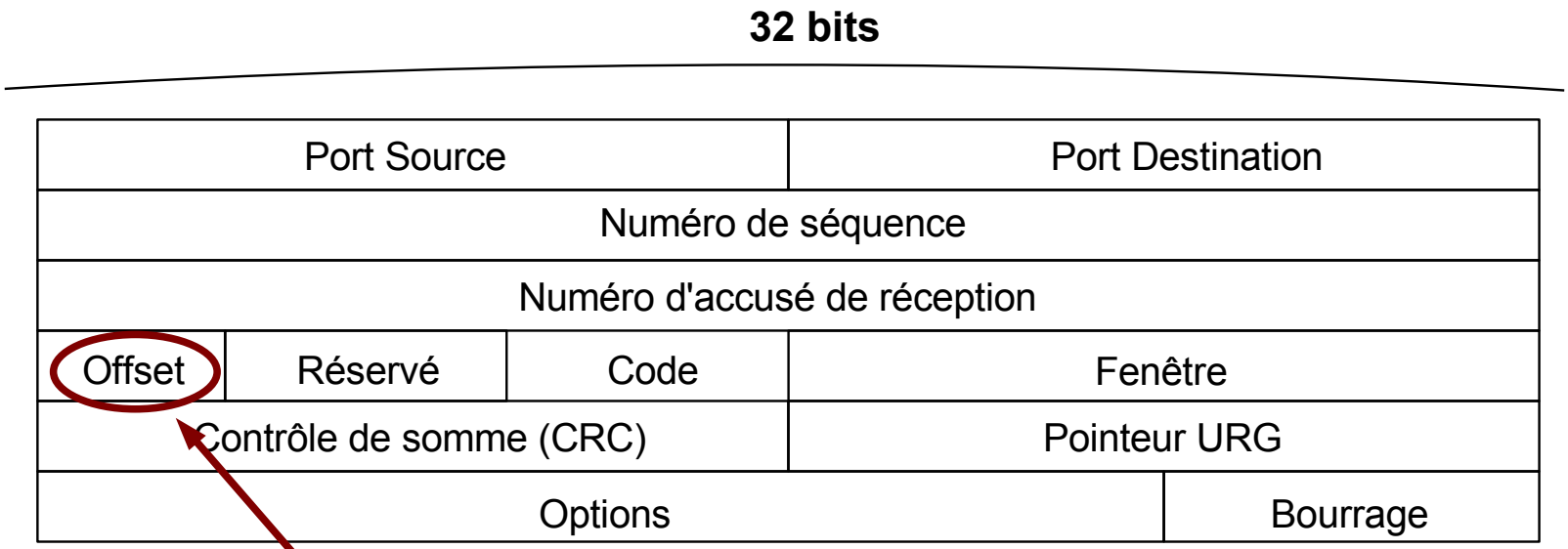


N°d'accusé de réception :

numéro qui identifie la position du dernier octet reçu (accompagné du drapeau ACK).

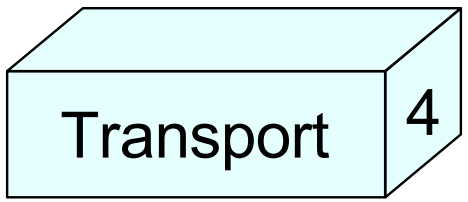


En-tête TCP

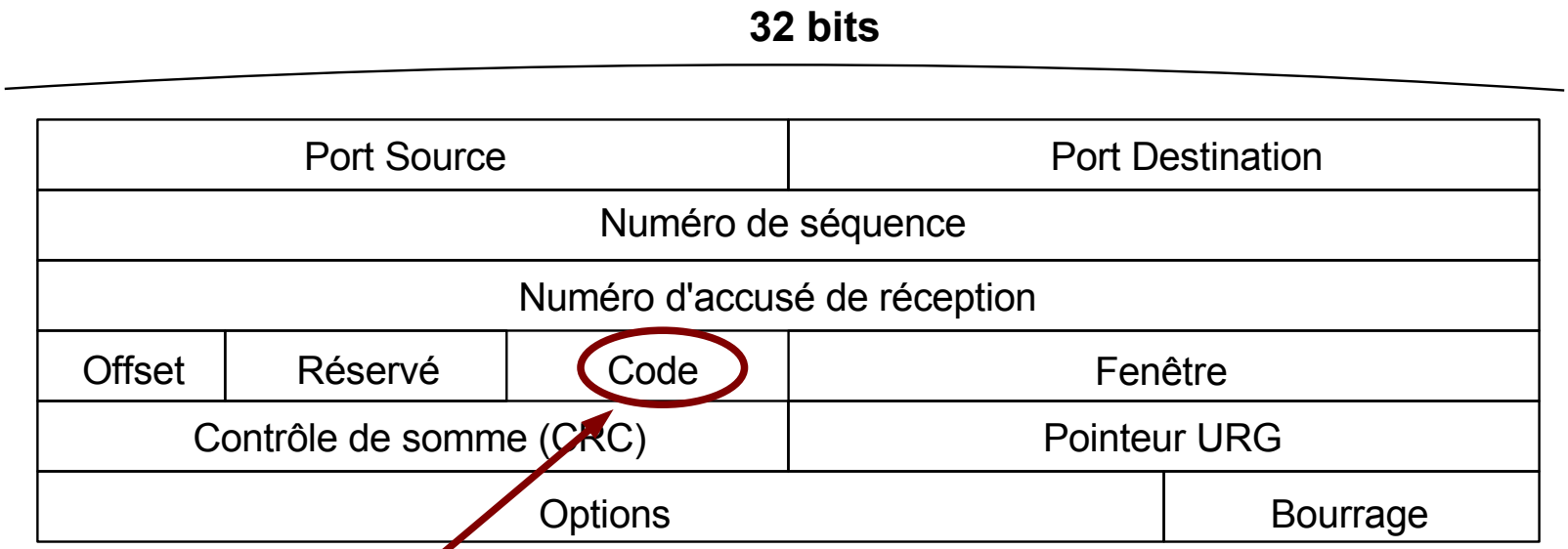


Offset :

- codé sur 4 bits,
- donne la taille de l'en-tête en mots,
- 5 en-tête normal,
- 6 ou + en tête avec options.



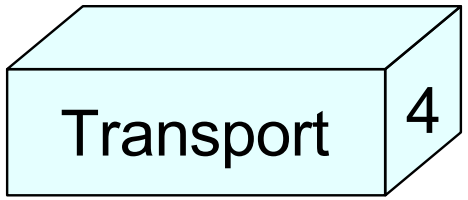
En-tête TCP



Code : (6 bits)

- influe sur le comportement de TCP

  URG, ACK, PSH, RST, SYN, FIN



Code TCP

- URG : le champ “Pointeur URG” doit être exploité,
- ACK : le champ “accusé de réception” doit être exploité,
- PSH : toutes les données doivent être transmises à l'application sur le champ (PSH = PUSH),
- RST : réinitialisation de la connexion,
- SYN : le champ “N° de séquence” contient la valeur de début de connexion,
- FIN : l'émetteur du segment a fini d'émettre.

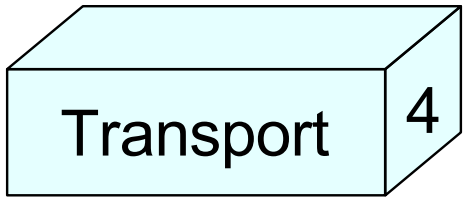
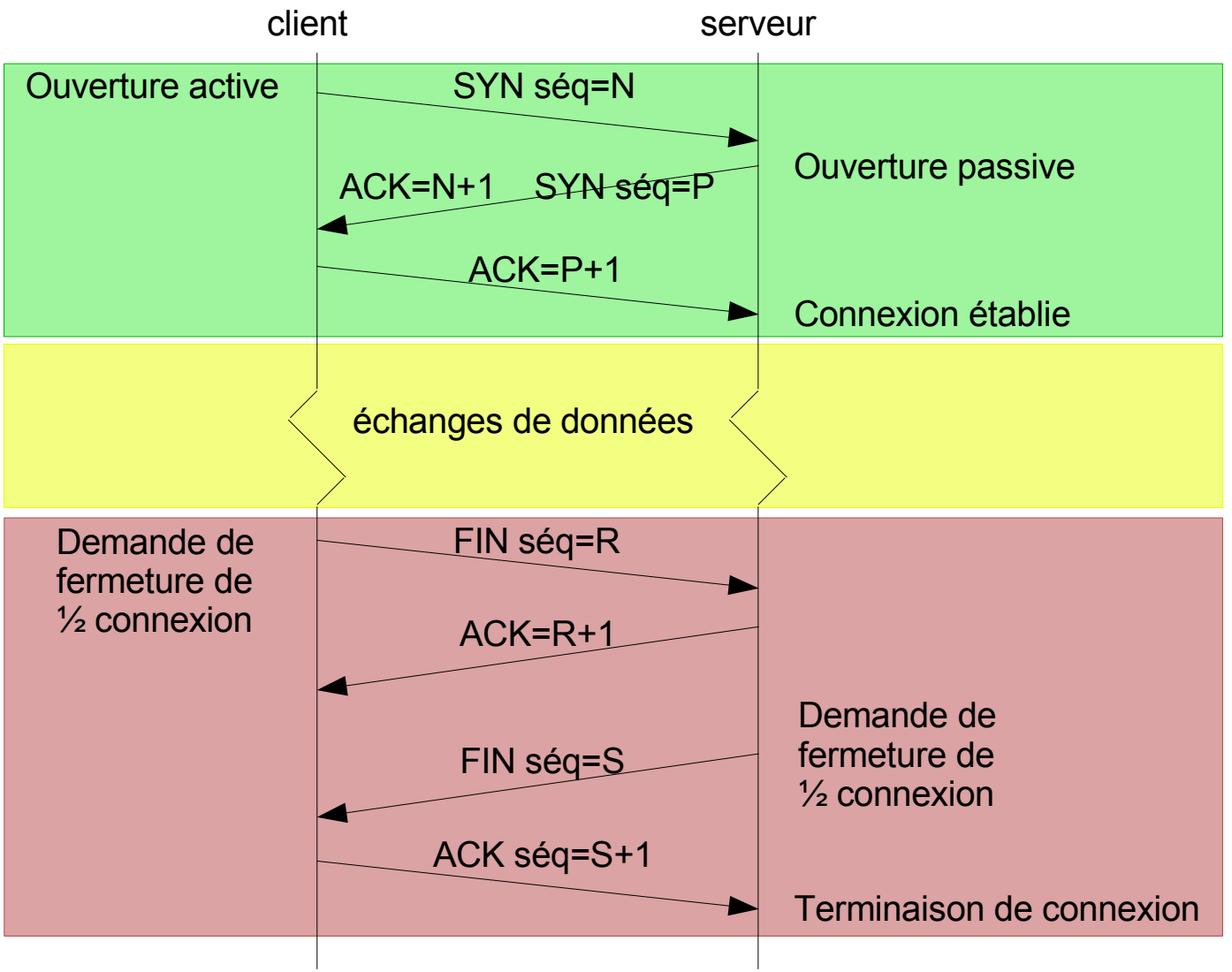


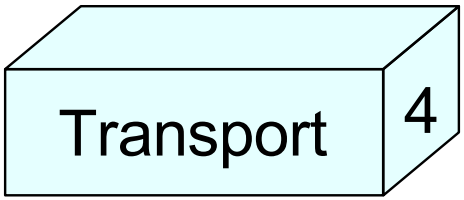
Diagramme d'échanges

Ouverture de connexion

Transfert d'informations

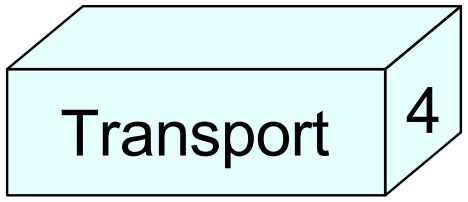
Fermeture de la connexion

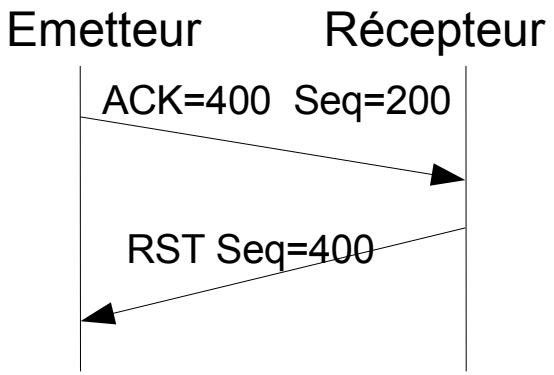


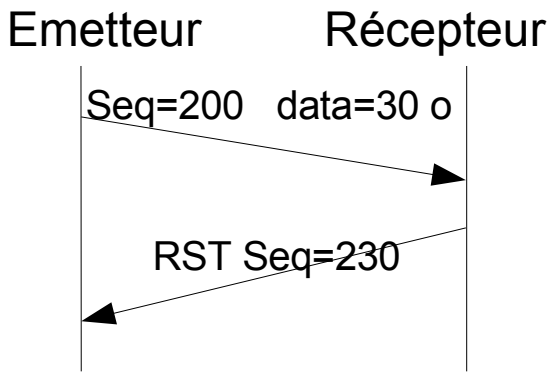


Rupture de connexion

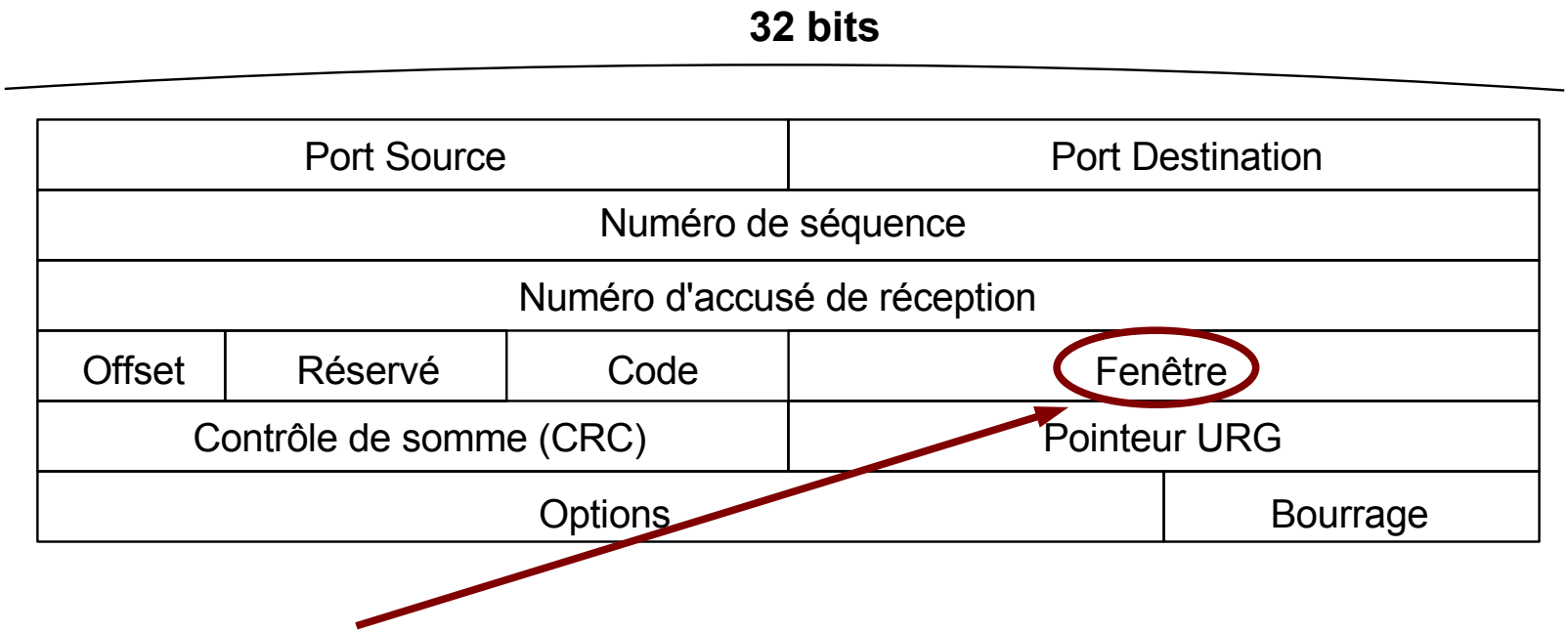
- Mécanisme employant le code RST,
- Sert à couper la connexion au plus vite,
- Type d'arrêt généré par le protocole TCP lui-même quand l'application s'est arrêtée de manière brutale.
- 2 cas possibles :





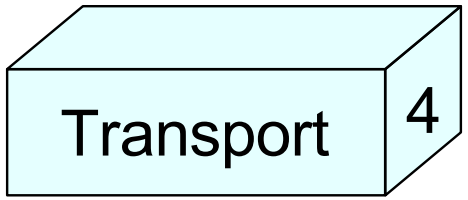


En-tête TCP



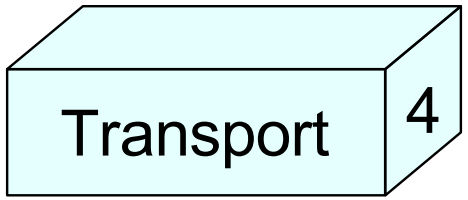
Fenêtre : (16 bits)

- nb d'octets à partir de la position marquée dans l'accusé de réception que le récepteur est capable de recevoir,
- les paquets après N° de séquence + fenêtre sont mis en attente.

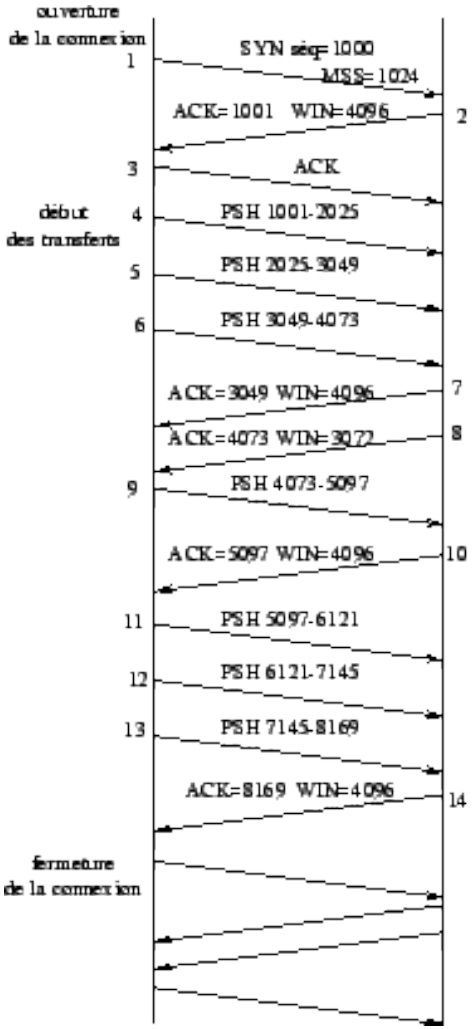


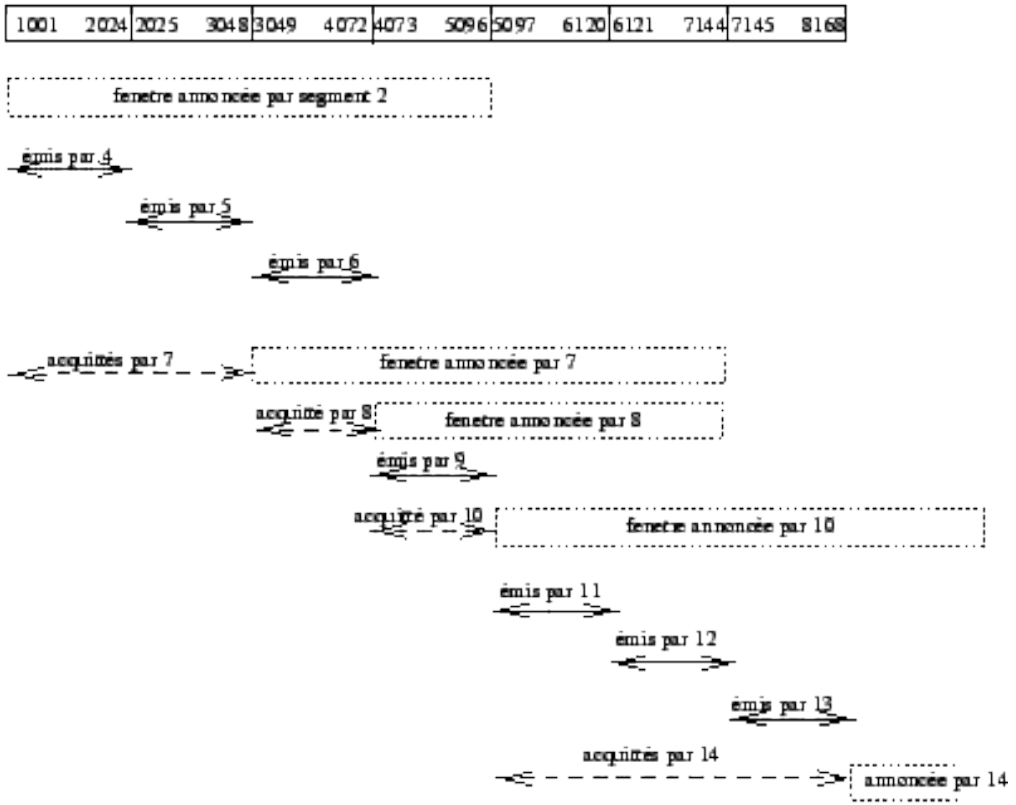
Fenêtre glissante

- C'est un système de contrôle de bout en bout,
- Permet de réguler le traffic,
- La fenêtre peut-être de taille variable,
- Améliore l'état de la bande passante du système,
- Permet de ne renvoyer qu'un ACK pour plusieurs messages envoyés précédemment,
- Pour un flot de A vers B, c'est B qui régule la taille de la fenêtre.



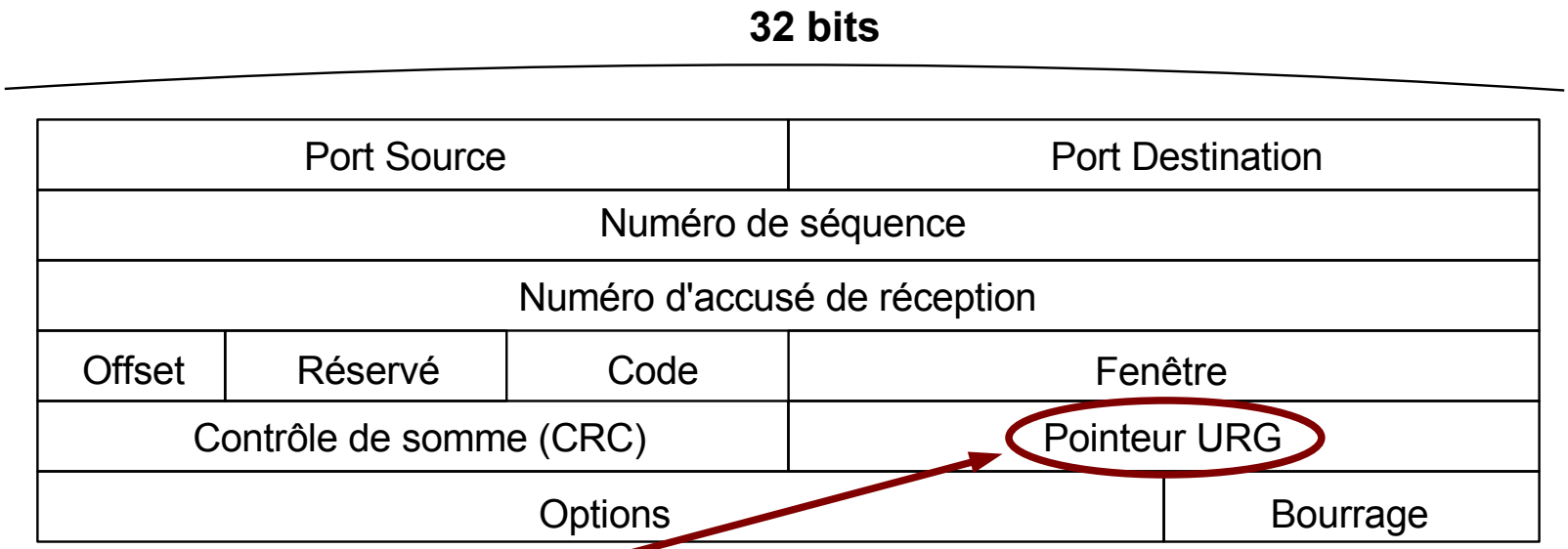
Fenêtre glissante





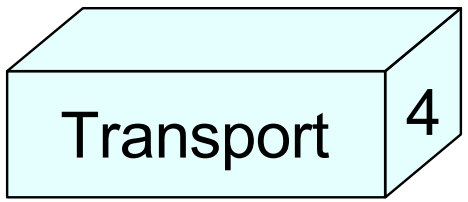
Transport 4

En-tête TCP

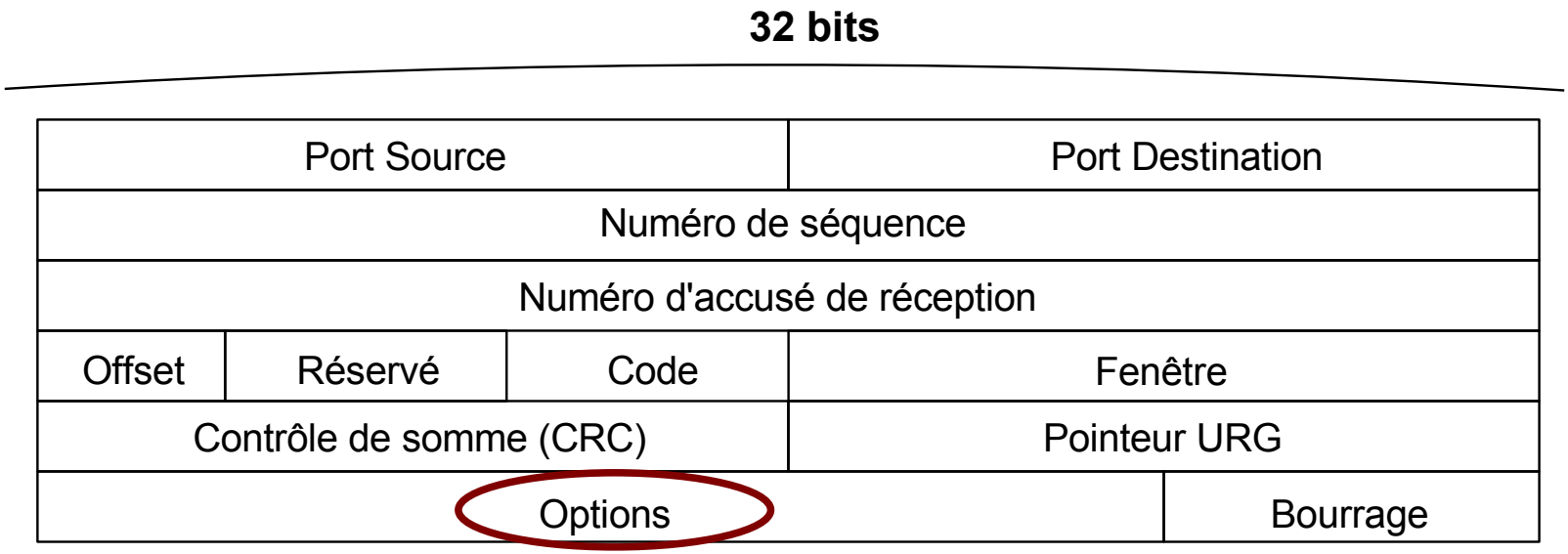


Pointeur URG : (16 bits)

- communique la position d'une donnée urgente en donnant son décalage par rapport au n° de séquence,
- dès que la donnée est reçue, elle doit être transférée à l'application.

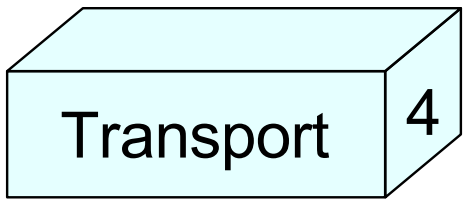


En-tête TCP



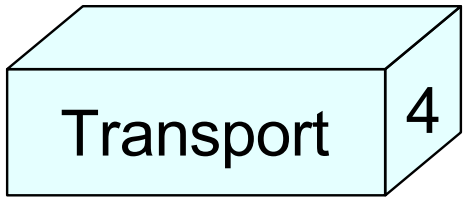
Options : 2 formats :

- options mono-octet,
- octet de type d'option, octet de longueur d'option, octets de valeur d'option.



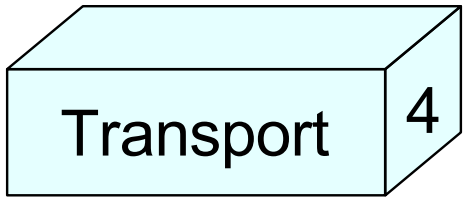
Options courantes TCP

- **mss** : taille maximale du segment des données applicatives que l'émetteur accepte de recevoir, elle est envoyée lors de l'établissement de la connexion (Ethernet ~ 1460 octets),
- **timestamp :** pour calculer la durée d'aller-retour,
- **wscale** : Facteur d'échelle de la fenêtre “shift”, dans ce cas la taille est *fenêtre x 2 x shift*,
- **nop :** ne fait rien, sert au bourrage.

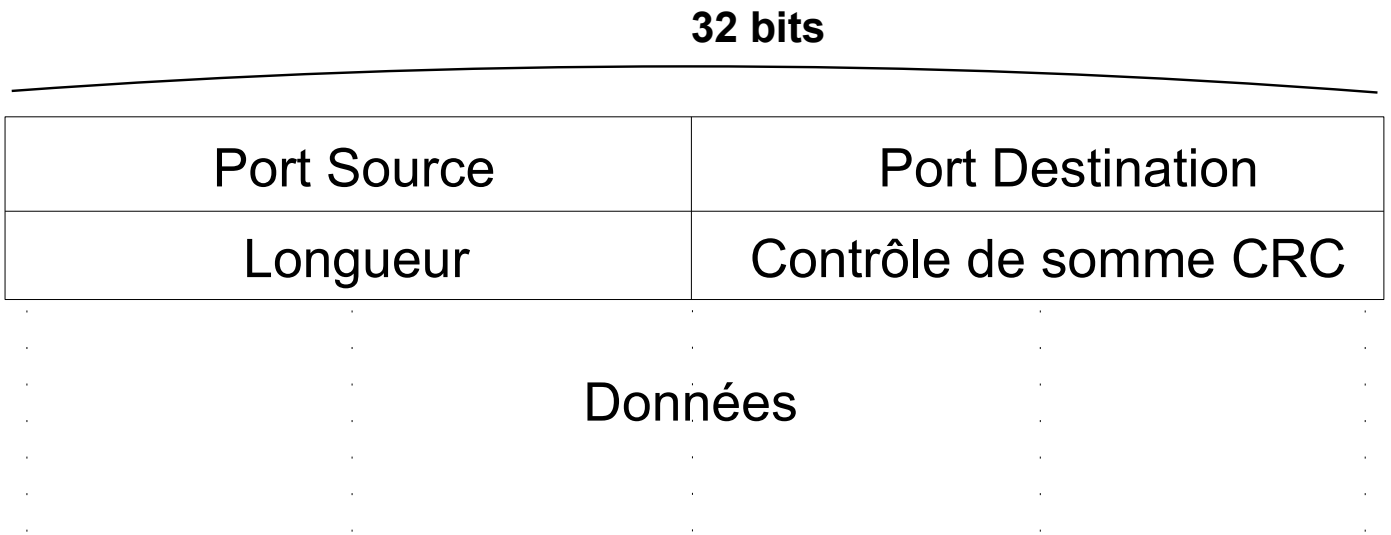


Protocole UDP

- UDP: User Datagram Protocol – RFC 768,
- UDP ne vérifie pas que le destinataire a reçu le message,
- UDP ne réordonne pas les paquets,
- UDP ne contrôle pas les flux,
- UDP est un mode de transport non connecté,
- UDP rajoute à IP la notion de ports applicatifs,



En-tête UDP

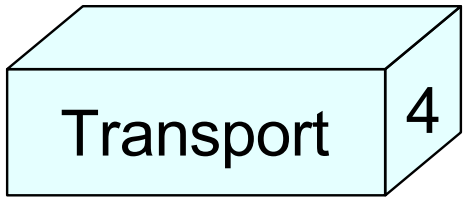


N°port :

même fonctionnalité que TCP,

peut être partagé avec TCP pour le même type d'application,

attribué par l'IANA pour les protocoles très courants.

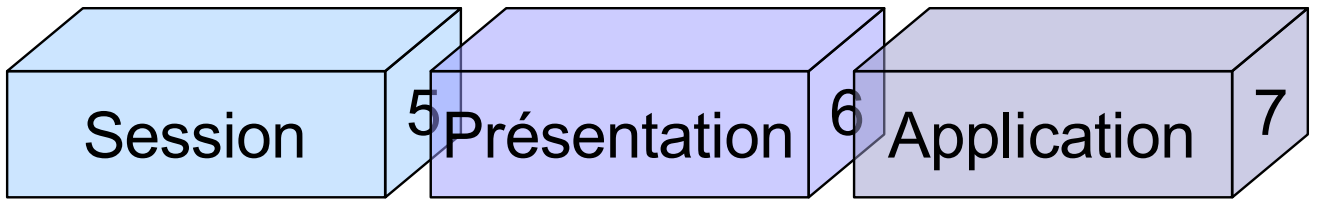


Couches 5, 6 et 7

- La couche **session** gère la connexion entre deux ordinateurs du réseau,
- La couche **presentation** gère le format des données échangées entre 2 machines,
- La couche **application** joue le rôle d'une interface d'accès des applications au réseau.

  => Dans la pratique, ces 3 couches sont confondues !!!

  => On peut les regrouper en une couche application.



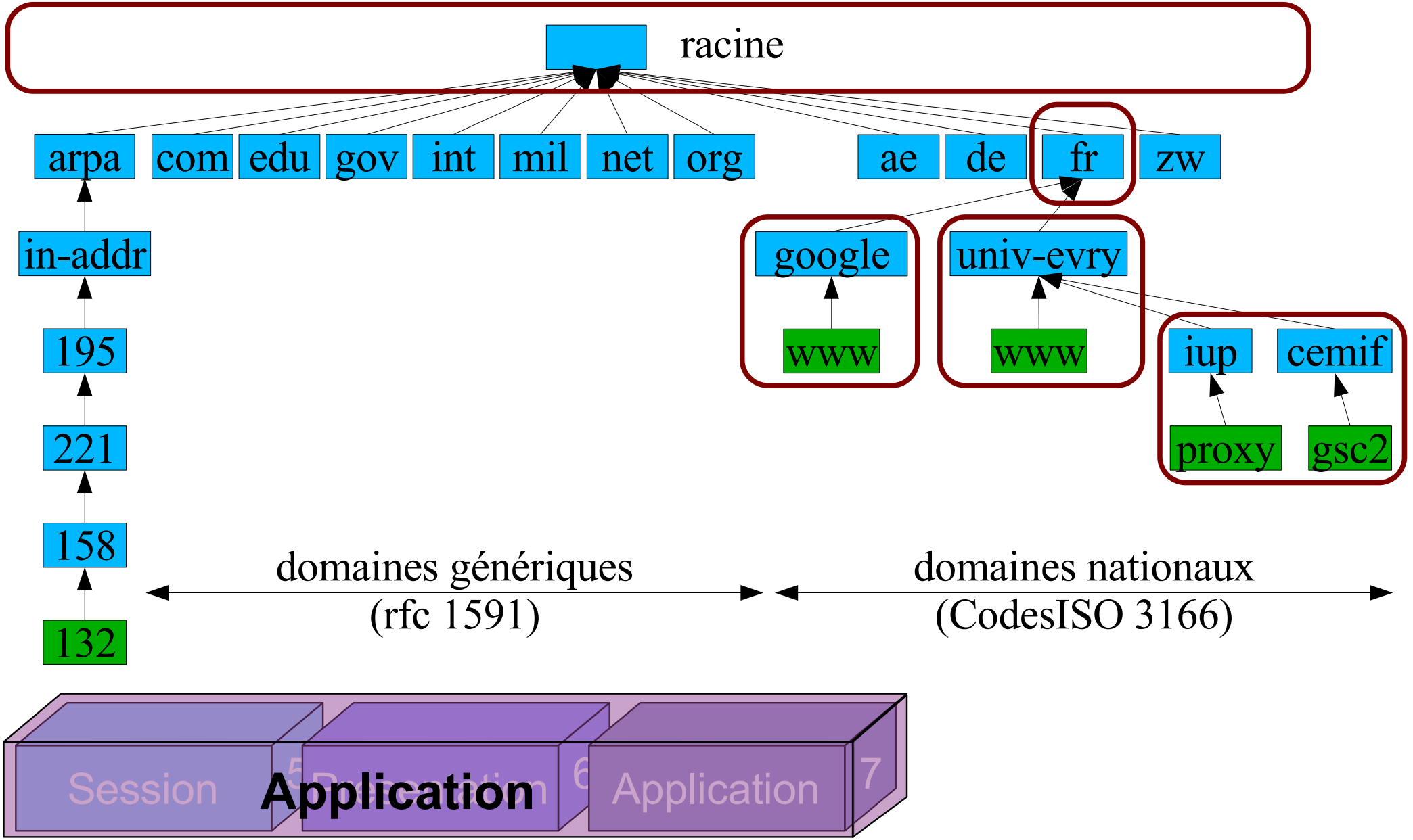
Noms de domaines

- Raison : les adresses IP sont difficiles à manipuler et à retenir,
- Les noms de domaines sont des noms plus parlants : ex : www.google.fr ,
- Ces noms sont aussi appelés les DNS (Domain Name System), 1987 - RFC 1034 et 1035,
- La base de données de ces noms est distribuée.

Système de nommage

- Système hiérarchisé sous forme d'arbre,
- Chaque nom porte un nom, la racine n'en a pas,
- Les machines ou feuilles sont nommées à l'aide du chemin parcouru dans l'arbre,
- Le séparateur entre chaque noeud est le '.',
- Tout noeud est un domaine,
- Les serveurs de noms traitent des zones.

Exemple de hiérarchie



Conventions de nommage

- Le '.' est le séparateur,
- 63 caractères max pour un noeud, souvent 12 max par habitude,
- majuscules et minuscules indifférenciées,
- les chiffres, '-' et '_' sont autorisés,
- les espaces, tabulations sont interdits,
- le nom complet fait 255 caractères max.

Utiliser un serveur DNS

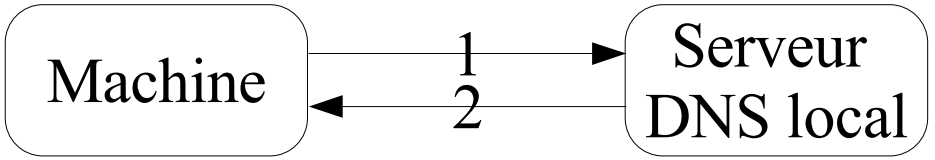
- Dans le cas des machines Unix :
  - fichier : /etc/resolv.conf , exemple :

```
domain cemif.univ-evry.fr
search cemif.univ-evry.fr. , univ-evry.fr.
nameserver 195.221.158.231
nameserver 194.199.90.1
```

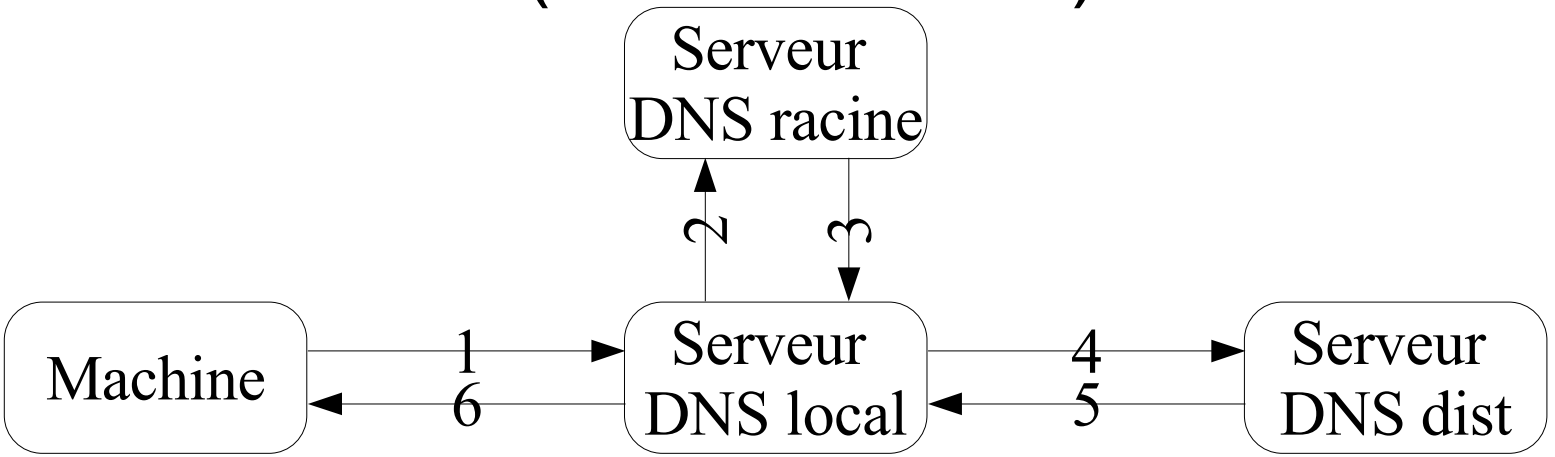
  - 'domain', domaine local,
  - 'search', suffixe à mettre à un nom de machine,
  - 'nameserver', adresse de serveur DNS,

Modes d'interrogation

- Interrogation locale :



- Interrogation distante (mode récursif):



Formats pour les DNS

- Transport :
  - UDP (port 53), 520 octets max, adapté pour des requêtes standards, pas des transferts de zone à zone,
  - TCP (port 53), le datagramme inclus alors une donnée de type 'longueur'.
- Un format pour les datagrammes des requêtes,
- Un format pour les données dans la base.

Commande à distance

- Telnet - RFC 854, 1983, port 23,
  - permet de se connecter à une machine distante,
  - après authentification, on peut faire exécuter à la machine distante diverses commandes,

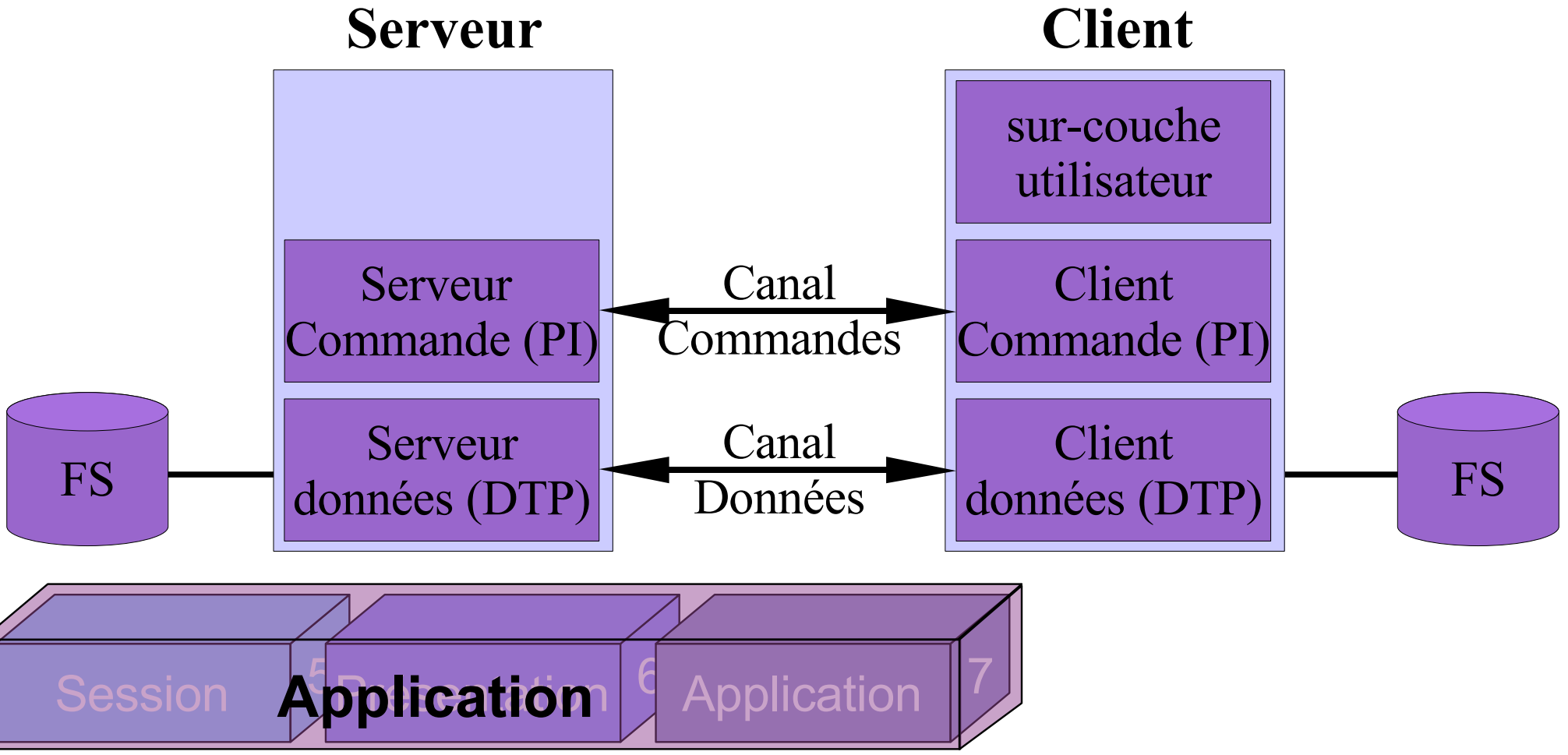
  => inconvénient : tout passe 'en clair' sur le réseau.
- SSH : Secure Shell, 1995, port 22,
  - reprend les fonctionnalités de Telnet et FTP,
  - communications cryptées.

Transfert de fichiers

- FTP : File Transfer Protocol – RFC 959, 1985,
  - port 21 pour les commandes,
  - protocole de transfert de fichiers entre deux machines,
  - sous sa forme la plus simple, envoie des commandes à la machine distante après s'être identifié:
    - cd : pour changer de répertoire,
    - ls : pourvoir le contenu d'un répertoire,
    - get : pour télécharger un fichier,
    - put : pour déposer un fichier,
    - mget/mput : même chose que get/put avec des '*'

Transfert de fichiers

- 2 canaux de transmission : commandes et données



Transfert de fichiers

- Protocoles s'appuyant sur 3 types de commandes :
  - Le contrôle d'accès :
    - USER, PASS, CWD, QUIT, ...
  - Le réglage des paramètres de transfert :
    - PORT, PASV, TYPE, ...
  - Les services FTP :
    - RETR, STOR, REST, DELE, RMD, MKD, PWD, LIST, ...

Transfert de fichiers

- Réponses : code à 3 chiffre *xyz*
  - *'x'* statut, *'y'* type, *'z'* précision

Code	Signification	Code	Signification
1yz	En cours	x0z	Syntaxe
2yz	Succès	x1z	Information
3yz	Suspension	x2z	Connexion
4yz	Erreur, réessayer	x3z	Authentification
5yz	Erreur permanente	x4z	Système de fichiers

Échanges d'e-mails

- SMTP: Simple Mail Transfer Protocol
  - RFC 821, 1982, port 25,
  - Protocole de transfert d'e-mail (ne permet pas de les télécharger),
  - Possibilité d'avoir des relais.
- POP3 : Post Office Protocol
  - RFC 1939, 1994, port 110,
  - Protocole permettant de télécharger les mails.

Protocole SMTP

- Séquence de commandes :
  - 'EHLO' (anciennement 'HELO'), identifie la machine,
  - 'MAIL FROM:' suivi de l'adresse de l'expéditeur,
  - 'RCPT TO:' suivi de l'adresse du destinataire,
  - 'DATA' suivi des données du messages avec des en-têtes :
    - Date, Subject, Cc, Bcc, From
    - Les données
    - Un '.' final seul sur une ligne

Protocole SMTP

- Chaque commande réussie est suivi d'un message '250 OK'
- Au niveau de la transmission, SMTP a quelques particularité : le 8ème bit d'un octet doit toujours être à 0,
  - Problème pour les fichiers binaires attachés
    - encodage en **base-64,**
  - Problème pour les caractères accentués,
    - système **quoted-printable**.

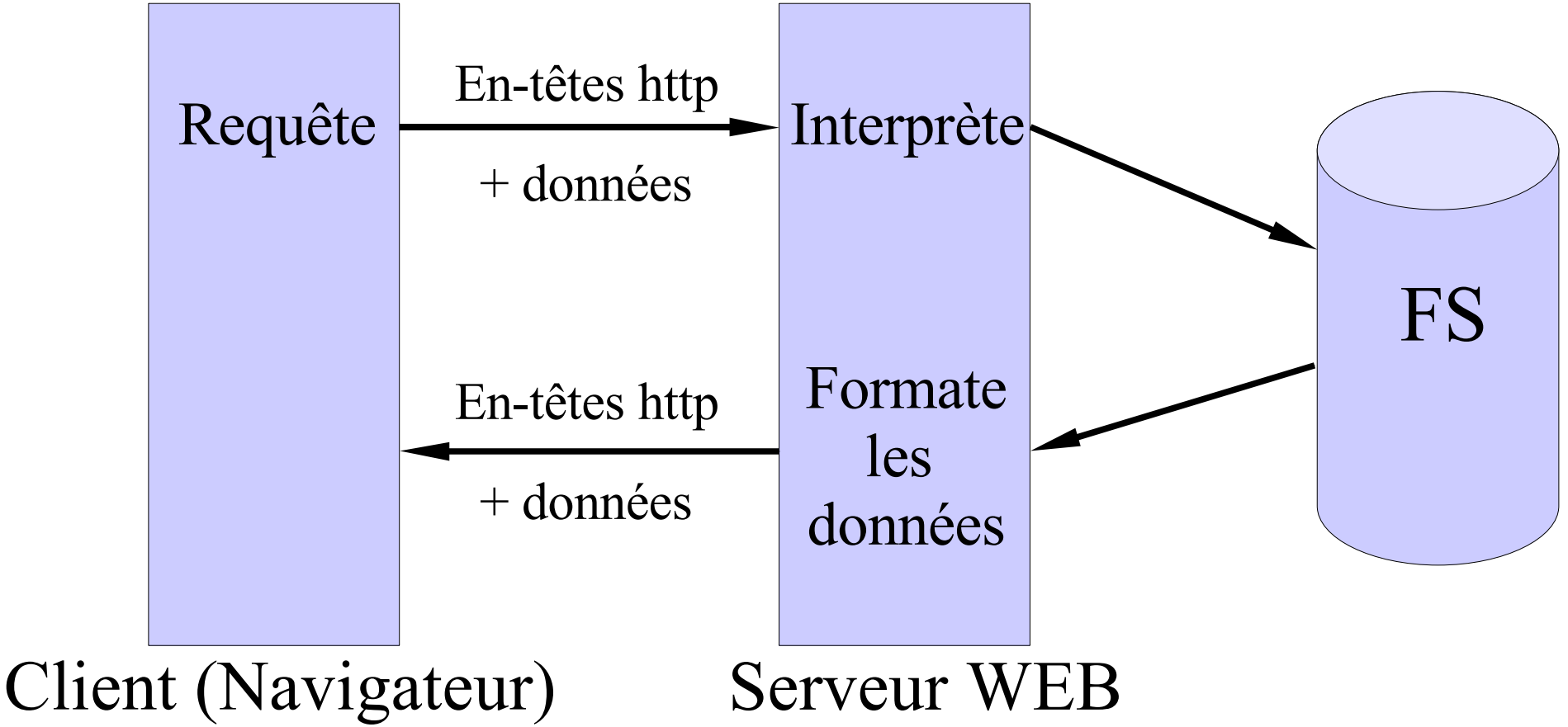
Protocole POP3

- Protocole en deux phases : authentification et transaction.
- Authentification : l'utilisateur s'identifie
  - USER, PASS
- Transaction : l'utilisateur relève ses e-mails
  - STAT, RETR, DELE, LIST, QUIT
- Inconvénient de ce protocole : la sécurité !!!

Consultation de pages WEB

- HTTP : HyperText Transfer Protocol
  - HTTP/1.0, RFC 1945, 1996,
  - HTTP/1.1, RFC 2616, 1999,
  - Un des protocoles les plus répandus,
  - C'est celui des serveurs et des navigateurs WEB !!!
  - Permet d'échanger des informations multi-média à travers le monde.

Architecture HTTP



Requête HTTP

- Une requête http se présente sous cette forme :

```
METHODE URL PROTOCOLE
EN-TETE: Valeur
        :
        :
EN-TETE: Valeur
   <ligne vide>
CORPS DE LA REQUETE
```

Requête HTTP

- Méthodes : GET, POST, HEAD, PUT, DELETE, ...
- URL : défini plus tard dans ce cours,
- Protocole : HTTP/1.0, HTTP/1.1
- En-têtes : Accept, Content-Length, Content-Type, User-Agent, ...

Réponse HTTP

- La réponse http est la suivante :

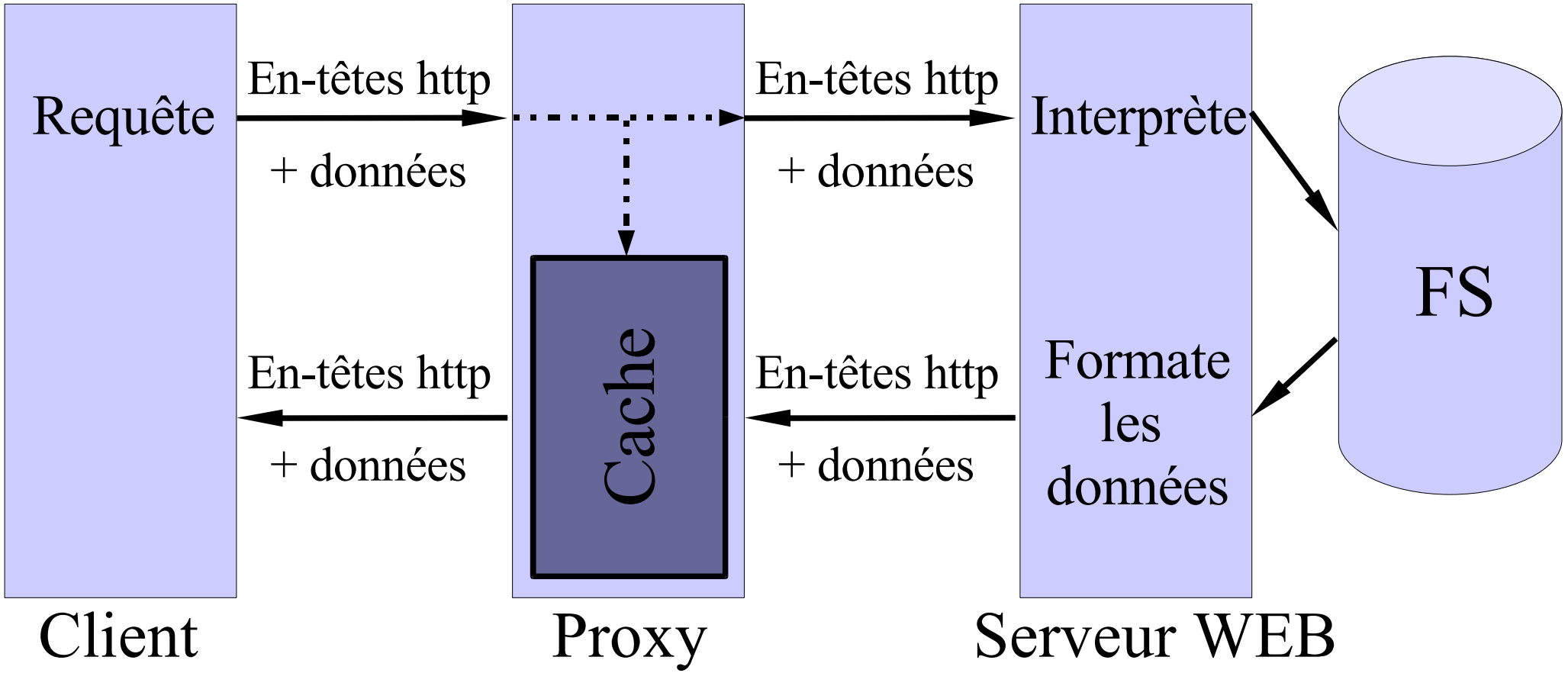
```
PROTOCOLE CODE EXPLICATION
EN-TETE: Valeur
        :
        :
EN-TETE: Valeur
   <ligne vide>
CORPS DE LA REPONSE
```

Réponse HTTP

- Code de retour :
  - 20x : succès,
  - 30x : redirection,
  - 40x : erreur client (ex: 404 not found),
  - 50x : erreur serveur.
- En-têtes :
  - Content-Length, Content-Type, Expires, Date, ...

Mécanisme de proxy

- Le proxy est une sorte de relai :



Uniform Resource Locators

- Ce sont les URL. Leur syntaxe est la suivante :

  `url:protocole://[nom[:mdp]@]domaine[:port]/chemin`

  - Le préfix url est souvent 'oublié',
  - Le protocole est : `http, ftp, news, nntp, telnet, gopher, ...`

- Exemples :

  `url:http://aramis.iup.univ-evry.fr:8080/`

  `url:ftp://demo:demo@localhost/`

Architecture client/serveur

- Les applications peuvent être classées en deux catégories : les services et les clients
  - Les **services** qui attendent la communication et agissent en conséquence :
    - attente d'une demande d'ouverture de connexion,
    - réception d'une requête,
    - envoi d'une réponse,
  - De manière générale, une machine sur laquelle est installé un service est appelé un **serveur**. Ce terme désigne parfois le service.

Architecture client/serveur

- Les applications peuvent être classées en deux catégories : les services et les clients
  - Les **clients** initient la connexion avec les **services** :
    - demande de connexion,
    - envoi d'une requête,
    - attente de la réponse du service,
    - reprise de l'exécution du programme.

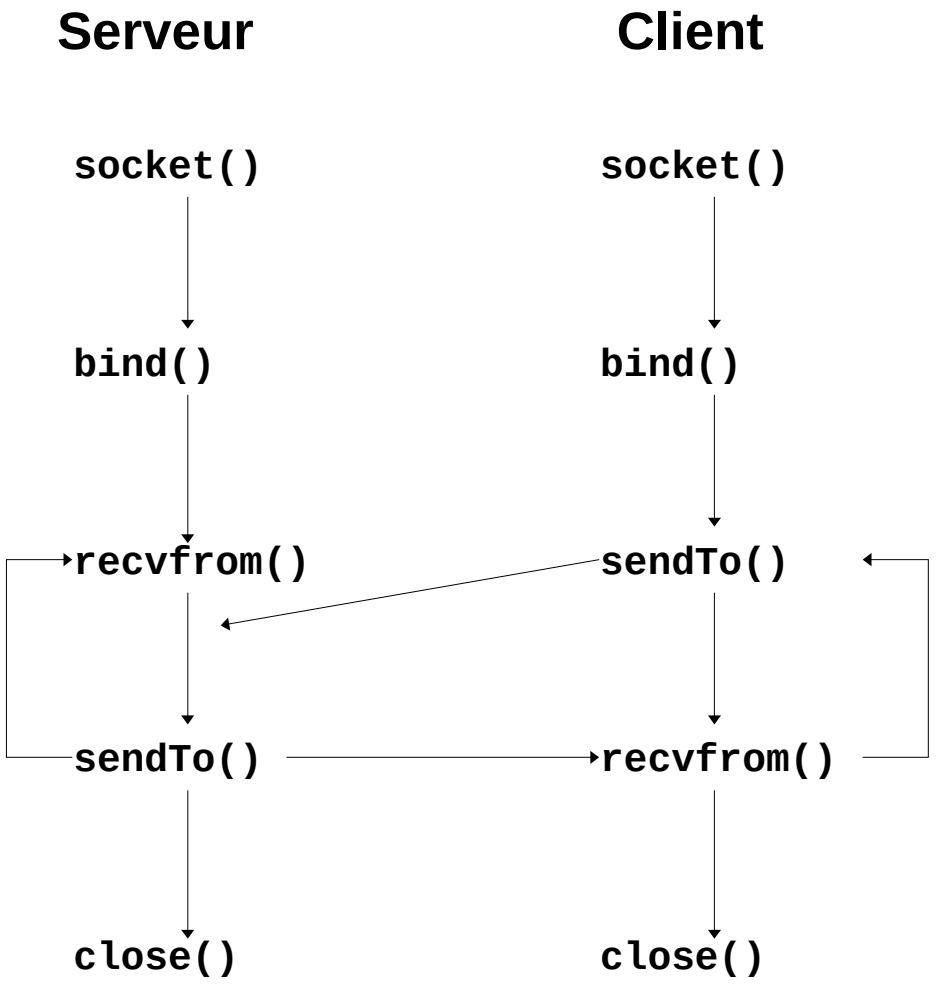
Programmation IP

- Choix entre deux modes de communication :
  - TCP : fiable mais coûteux en temps car effectue :
    - contrôle des informations envoyées,
    - ré-émission des paquets perdus,
    - élimination des paquets dupliqués,
    - adaptation du débit.
  - UDP : peu fiable mais moins coûteux en temps :
    - utilisé pour le streaming,
    - utilisé dans les réseaux fiables.

Programmation

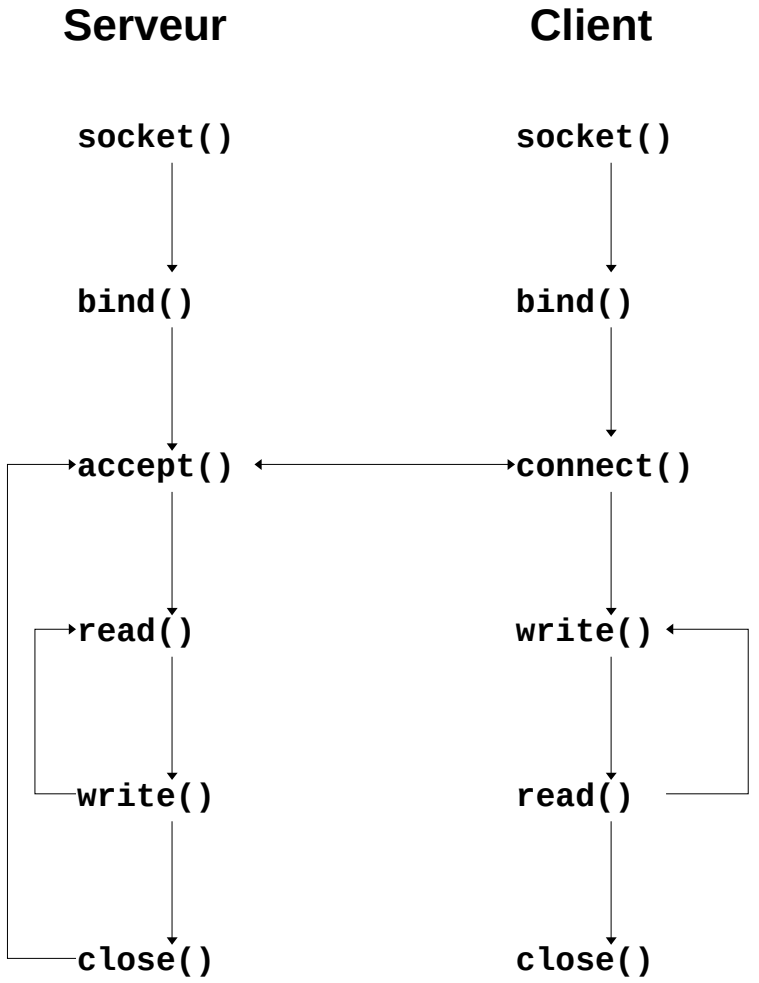
- 2 grandes familles d'API similaires :
  - API Unix : implémenté dans le noyau,
    - Fichiers d'en-tête nécessaires :
      - #include <sys/types.h>
      - #include <sys/socket.h>
  - API Windows : implémenté dans la librairie Winsock,
    - Fichiers d'en-tête nécessaires :
      - #include <windows.h>
      - #include <winsock.h>
- Fera l'objet d'une séance de TP !!!

Client/serveur UDP



- Rôle ambivalent du client et du serveur,
- Échanges simples :
  - communications unilatérales.
- Peu d'appels systèmes en définitive.

Client/serveur TCP



- Rôles séparés,
- Communications bilatérales,
- Appels systèmes plus nombreux,
- Appels systèmes différenciés.

Couche application globale

- Englobe les couches 5,6 et 7 du modèle OSI,
- Dans celle-ci on retrouve, entre-autres,
  - la gestion des noms de machines (DNS),
  - divers autres protocoles :
    - ftp, telnet, ssh, pop3, smtp, http, etc ...

Sécurité des réseaux

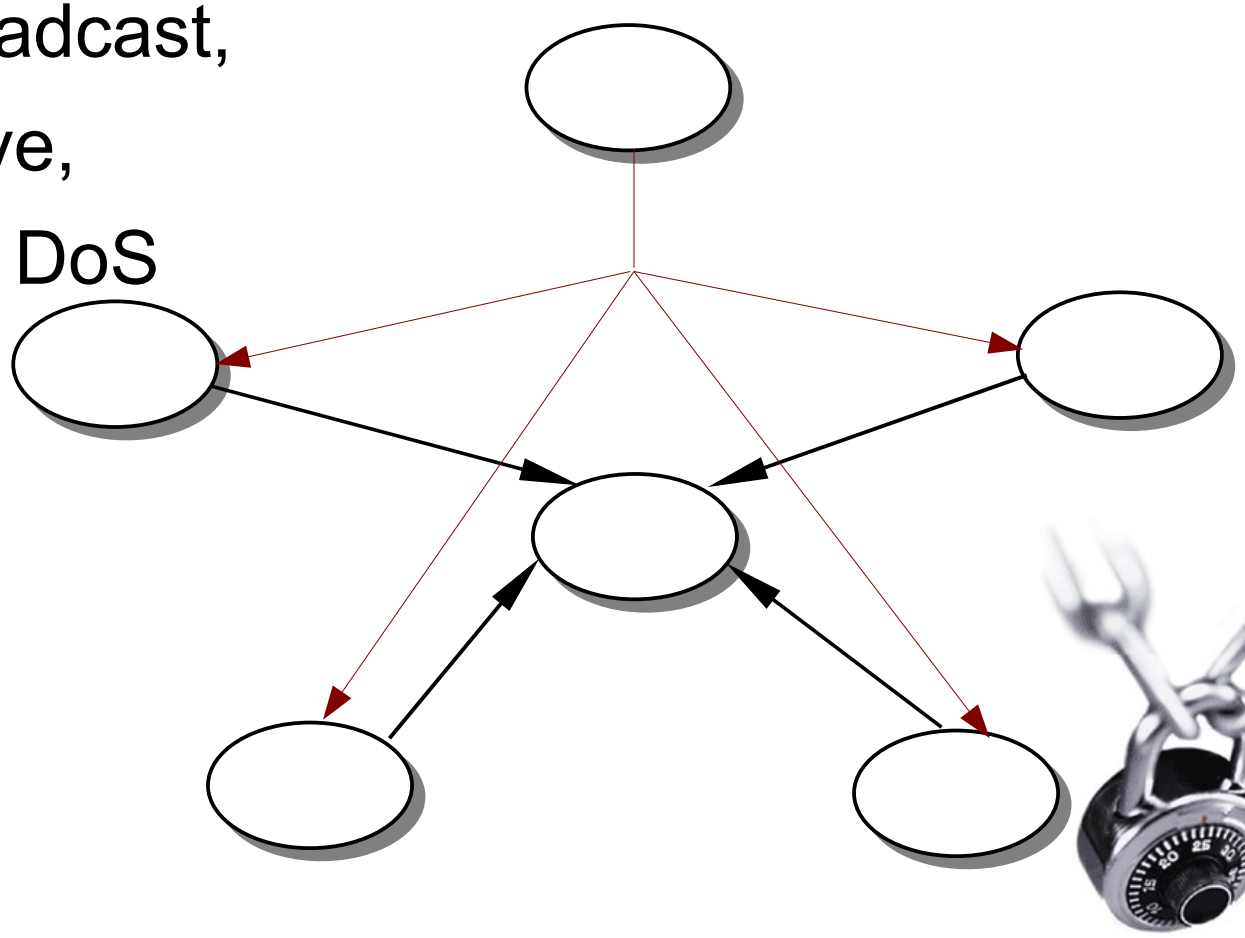
- Les réseaux permettent de communiquer entre les machines. Toutefois, ces communications permettent de prendre le contrôle d'une machine à distance parfois à l'insu de son administrateur.
- Nous verrons
  - Les techniques courantes d'attaque et d'intrusion,
  - Les moyens de sécuriser son réseau,
  - Les pare-feux (firewall),

Attaques/intrusions courantes

- Les attaques de type DoS (Denial of Service),
  - La machine cible de ces attaques ne peut plus répondre aux nouvelles demandes,
    - ex : ping of death, saturation de serveurs, etc ...
- Les attaques ciblées sur un service dans le but de créer un dépassement de tampon (buffer overflow),
- Les méthodes basées sur l'interception des communications :
  - man in the middle, sniffeurs, etc ...

Attaques de type DoS

- Exemple du "Ping of death" :
  - basé sur l'IP spoofing : se faire passer pour un autre,
  - utilisation du bradcast,
  - réponse massive,
  - Conséquence : DoS

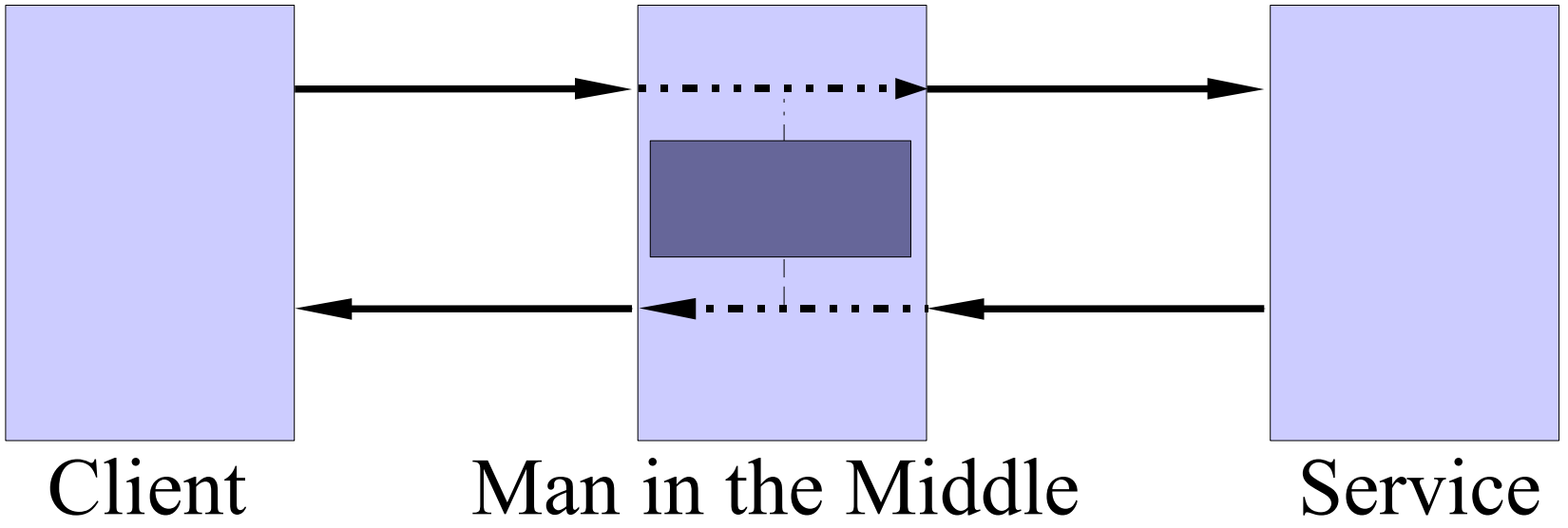


Attaques ciblées service

- But : profiter d'une vulnérabilité dans le corps du programme du service.
  - dépassement de zone de mémoire (buffer overflow),
  - puis écriture de morceaux binaires de code dans des zones où elles seront exécutées,
  - permet d'exécuter à distance des instructions qui vont faciliter la prise en main de la machine.
- De nombreux virus et vers ont actuellement type de comportement,
- Utilisé également par les **rootkits.**

Interception des communications

- Man In the Middle : servir d'intermédiaire,
  - se faire passer pour la machine cible,
  - enregistrer les communication tout en relayant.



Interception des communications

- Mode sniffeur :
  - utilisé sur les réseaux locaux,
  - chaque carte ethernet écoute sur le bus mais filtre les messages la concernant,
  - il existe un mode permettant de ne pas filtrer :
    - le mode '**promiscuous'**,
- Tout protocole envoyant un mot de passe en 'clair' peut permettre de récupérer un compte et un mot de passe.

Sécuriser son réseau

- Quelques règles simples :
  - mettre à jour ses services,
  - ne pas ouvrir plus de services que nécessaire,
  - éviter les protocoles laissant circuler les mot de passe en clair,
  - préférer les protocoles cryptés pour les informations sensibles : ssh, sftp, https, pop3 + ssl, etc ...
  - utiliser un pare-feux (firewall) !!!

Les pare-feux

- Principe : appliquer des règles permettant de filtrer les paquets reçus et envoyés en fonction des informations contenues dans les datagrammes.
- Construction d'un jeu de règles :
  - interdire tout,
  - puis autoriser au cas par cas.

Le pare-feux Windows

- Filtre uniquement les connexions entrantes.

Le pare-feux iptables (Linux)

- Trois mode de filtrage de base pour :
  - les connexions entrantes,
  - les connexions sortantes,
  - les connexions relayées.

Conclusion

- En résumé, que se passe t'il si je fais une recherche sur le site : http://www.google.fr/ ?

- Ceci ne constitue qu'une introduction sommaire aux réseaux, de nombreux domaines n'ont pas été explorés.

Des Questions ?