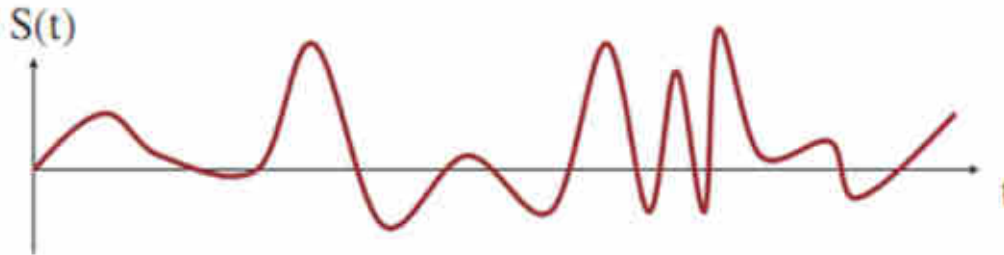

Chapitre 3 : Couches du modèle TCP/IP

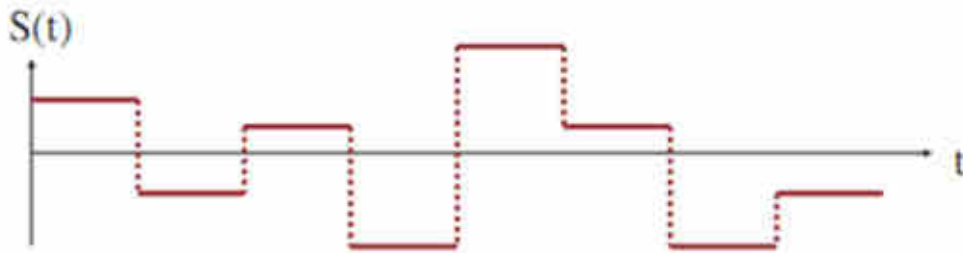
3.1. Couche physique

Signaux

- Signaux analogiques
 - Variant de façon continue dans le temps



- Signaux numériques
 - Variant de façon discontinue dans le temps



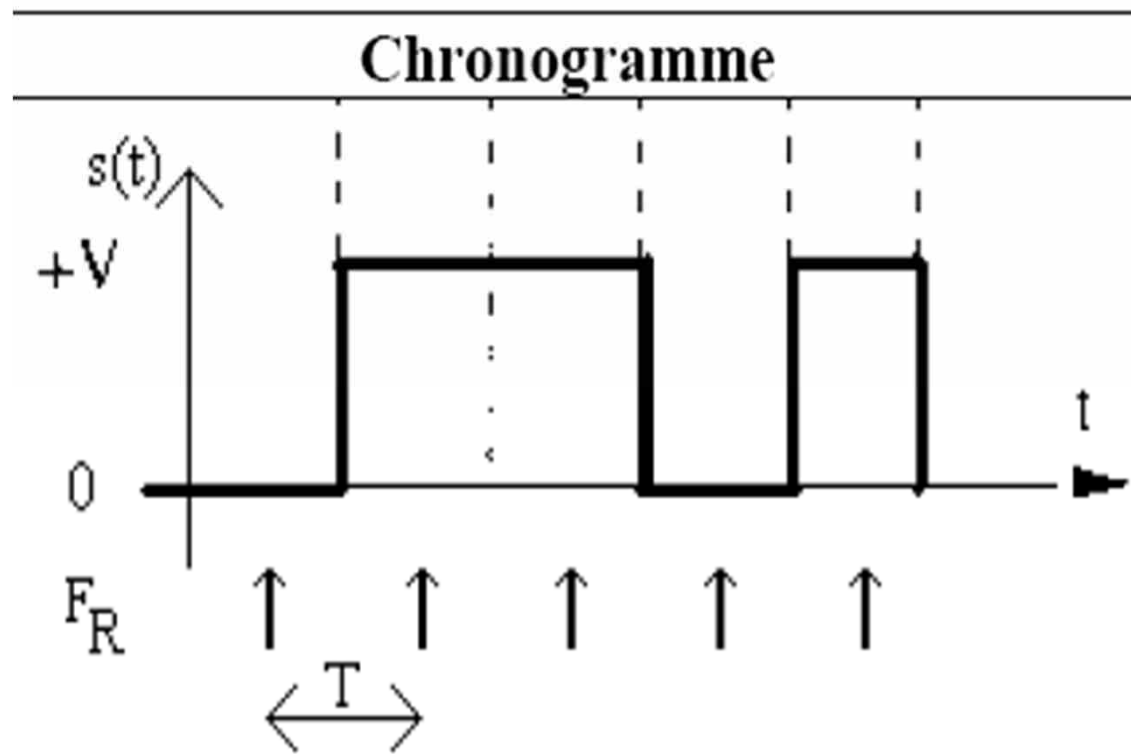
- En informatique signaux numériques binaires 0 ou 1

Transmission des bits

- Signaux binaires (suite de 0 et de 1)
- Codage des signaux
 - Permet de traduire en signal électrique (tension) les bits d'une suite numérique
 - Le principe consiste donc à associer à chaque bit **0** ou **1** un signal **$S_0(t)$** ou **$S_1(t)$** d'une durée égale à l'émission d'un temps bit
- Trois types de codage
 - Codage **NRZ**
 - Codage **RZ**
 - Codage **Manchester**
- Il existe d'autres codages

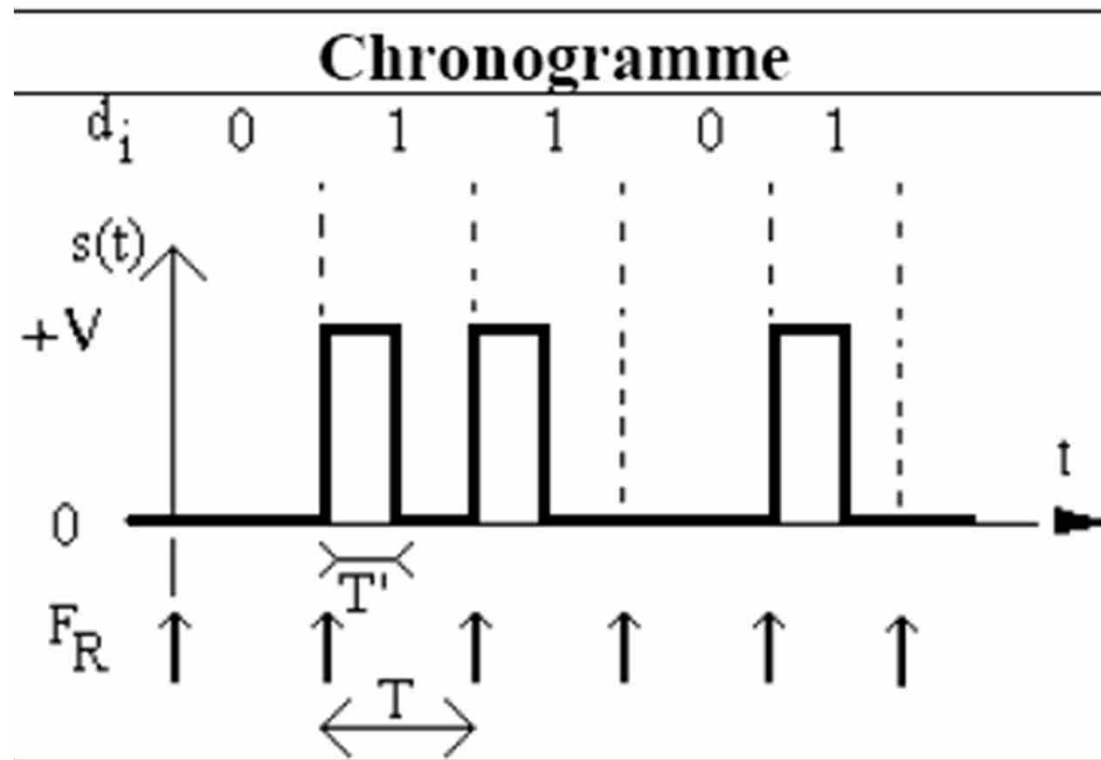
Code NRZ

- ❑ 0 → Signal de 0V
- ❑ 1 → Signal de 1V
- ❑ Pas de transitions lors de longues séquences 0 ou 1



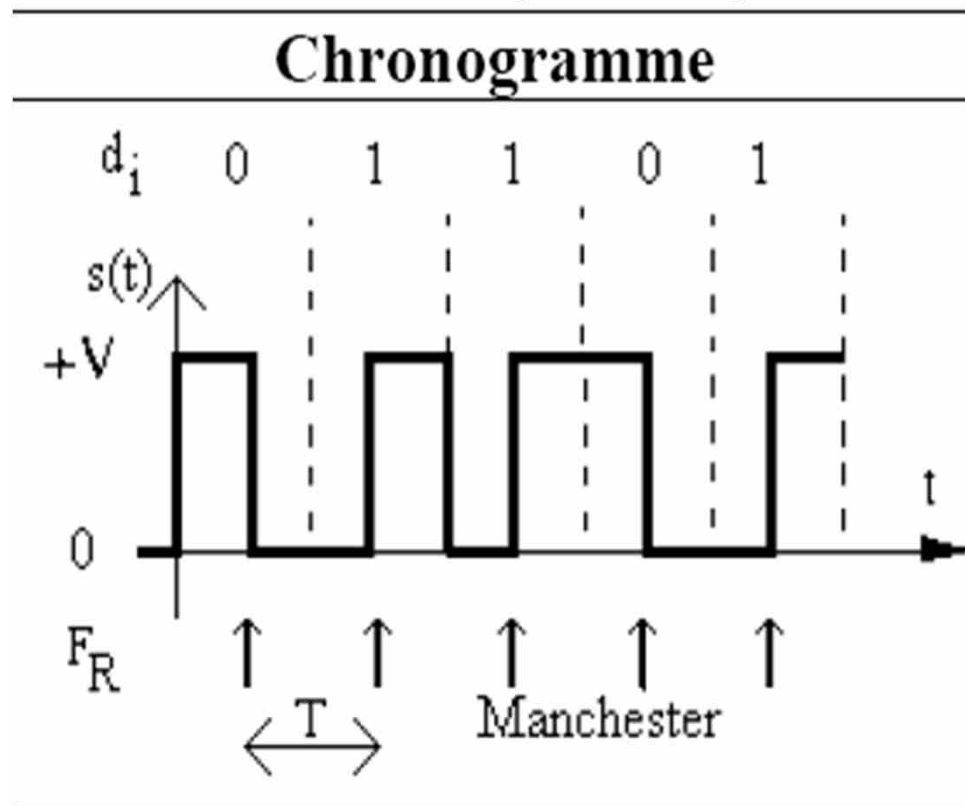
Code RZ

- ❑ 0 → Signal de 0V
- ❑ 1 → Signal de 1V et retour à 0 sur la demi-période
- ❑ Pas de transitions lors de longues séquences 0



Code Manchester

- ❑ 0 → Signal de 1V et retour à 0 sur la demi-période
- ❑ 1 → Signal de 0V et montée à 1 sur la demi-période
- ❑ Transitions lors de longues séquences de 0 ou 1



Activité 1

- On considère le signal $s(t) = 2t + 3$ pour $t \in [2; 4]$ et $T_e = 0,5$
 - Tracer la courbe $s(t)$
 - Calculer les valeurs de $s(t)$
 - Convertir ces valeurs en binaires et donner la séquence binaire à transmettre
 - Donner le code NRZ

- A la réception les bits 1, 8 et 12 sont faussés.
 - Donner les valeurs binaires en réception
 - Tracer le signal reçu et comparer par rapport à $s(t)$

3.2. Couche Liaison de données

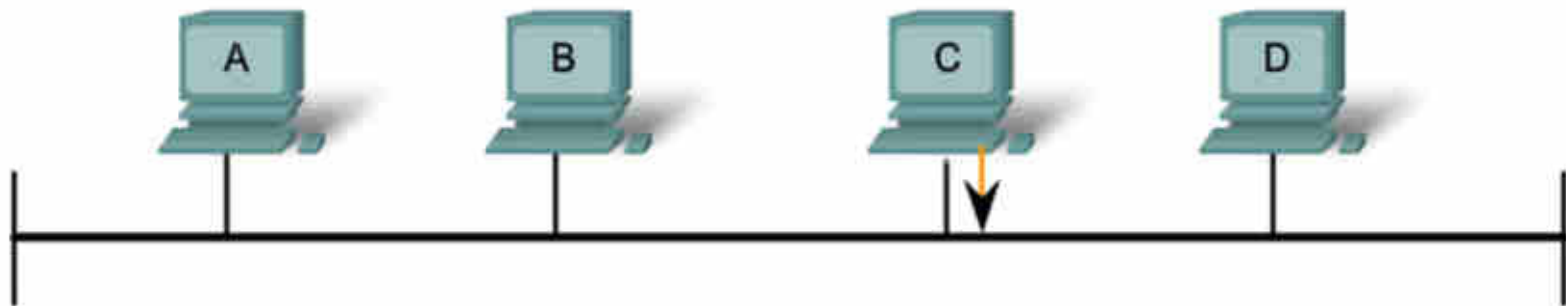
Couche liaison de données

- Regroupe les bits reçus de la couche physique sous forme de **trames**
- Détecte et corrige, si possible, les erreurs dues au support physique et signale à la couche réseau les erreurs irrécupérables
 - Erreurs de bits erronées, duplication, perte
- Identification des sources et destinataires
 - Adressage MAC (hexadécimal → 6 octets)
 - Exemple : **0A-00-27-BD-53-A1**
- Protocoles de couche liaisons de données
 - Ethernet filaire (IEEE 802.3)
 - Ethernet sans fil (IEEE 802.11)



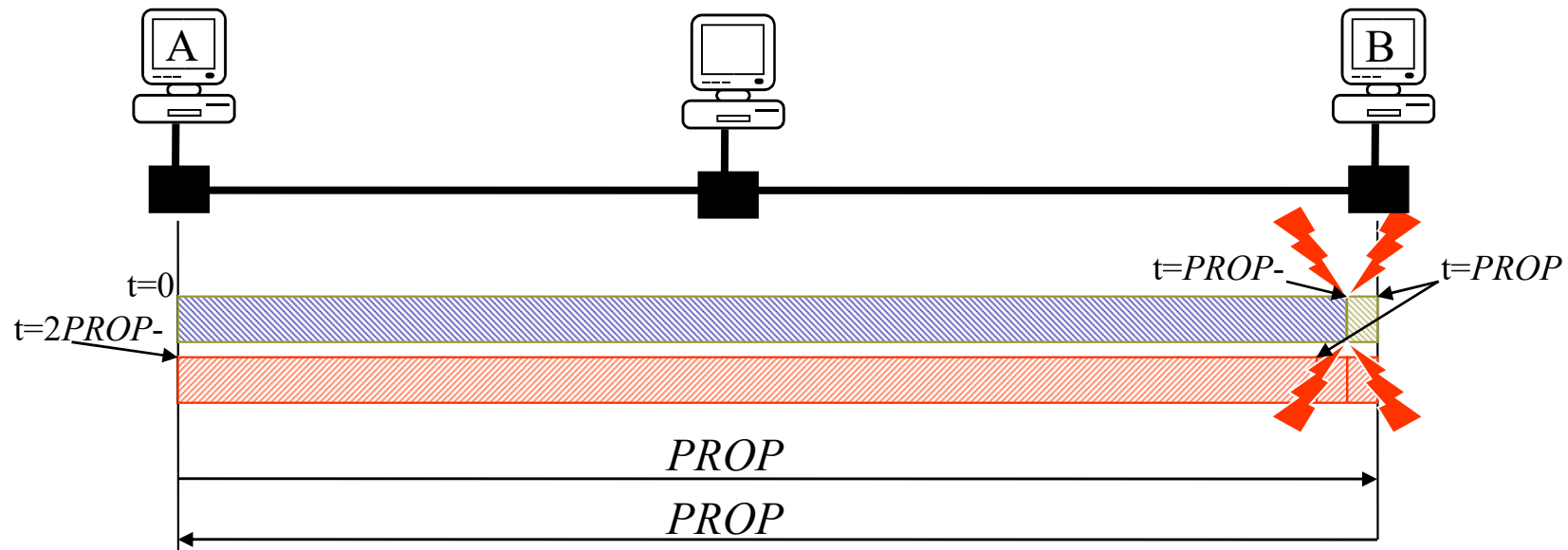
Ethernet filaire et CSMA/CD

- Repose sur le principe du CSMA/CD (**Carrier Sense Multiple Acces / Collision Detection**)
- Carrier Sense Multiple Access
 - S'assurer que le support est libre
 - Transmission et réception sur le même support
- Collision Detection
 - Détecter une collision et stopper la transmission
 - Augmentation d'amplitude du signal (collision)



CSMA/CD : Collisions

Pour assurer qu'un paquet est transmis sans collision, un hôte doit être en mesure de détecter une collision avant la fin de la transmission



Événements :

$t=0$: Hôte A débute l'envoi d'un paquet.
 $t=PROP-$: juste avant que le premier bit atteigne B, l'hôte B teste la ligne, n'entend rien et commence à émettre
 $t=PROP-$: Une collision se produit vers l'hôte B

$t=PROP$: L'hôte B reçoit des données alors qu'il est en train d'émettre, il détecte donc la collision
 $t=2PROP-$: L'hôte A reçoit des données alors qu'il est en train d'émettre, il détecte donc la collision.

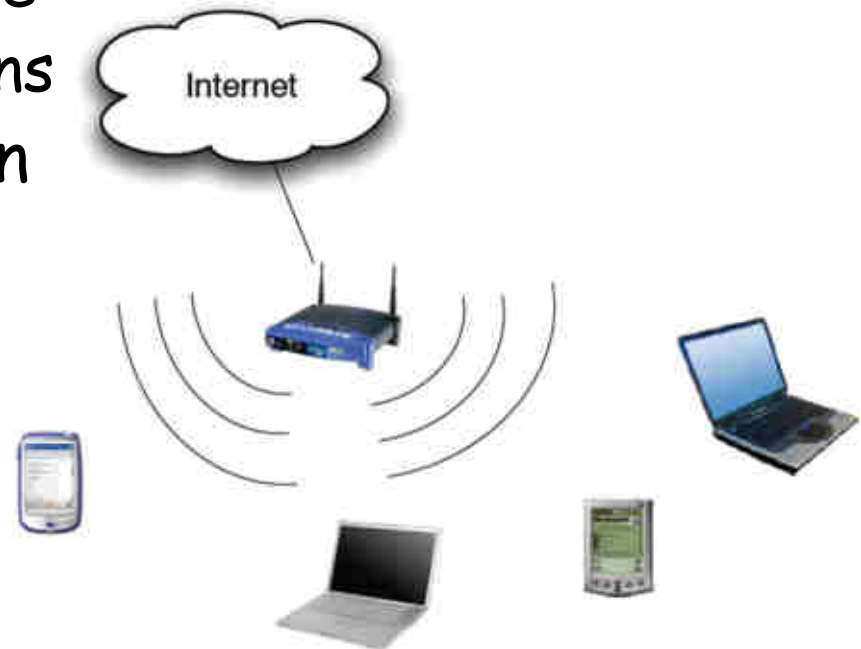
Format d'une trame Ethernet

Préambule	Délimiteur de début	Adresse destination	Adresse source	Type	Informations	FCS
7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	2 octets	46 à 1500 octets	4 octets

1. **Préambule**: train de bit pour synchroniser le récepteur à l'horloge de l'émetteur
2. **Délimiteur de début**: indique le début de la trame
3. **Adresse destination**: 48-bit pour une adresse globale unique assignée par le constructeur :
4. **Adresse source**: Adresse source 48 bits
5. **Type**: Indique le protocole de la couche réseau encapsulé dans les données (e.g. **IP = 0x0800**)
6. **Informations** : Données utilisateurs
7. **Frame CheckSum** : code détecteur d'erreur. Si le FCS est faux alors la trame est rejetée

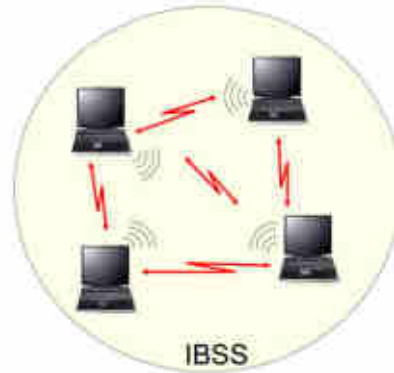
Ethernet sans fil et CSMA/CA

- Toute nouvelle station voulant émettre écoute le support radio
 - S'il est occupé la transmission est différée
 - Si le support est/ou redevient libre, alors la transmission est autorisée
 - Il y a un risque de collisions
- La détection d'une collision est repérée :
 - En cas de non réception d'un message appelé acquittement (**ACK**) au bout d'un certain temps (**timeout**)



Modes de communication

- Deux modes de communication



- Mode ad hoc
 - Appelé aussi **IBSS (Independent Basic Set Service)**
 - Les machines communiquent directement entre elles sans l'intermédiaire d'un équipement
- Mode infrastructure
 - Appelé aussi **BSS (Basic Set Service)**
 - Les machines communiquent par l'intermédiaire d'un équipement d'interconnexion

3.3. Couche réseau

Couche réseau

- La couche réseau propose deux mécanismes :
 - **L'adressage IP** qui consiste à fournir à chaque équipement une adresse afin de l'identifier
 - **Le routage** qui est le processus permettant d'acheminer des informations d'une source vers une destination
- Les données reçues de la couche liaison de données sont regroupés sous forme **paquets**
- Protocole de la couche réseau
 - IP (Internet Protocol)
- Equipements d'interconnexion
 - Routeurs



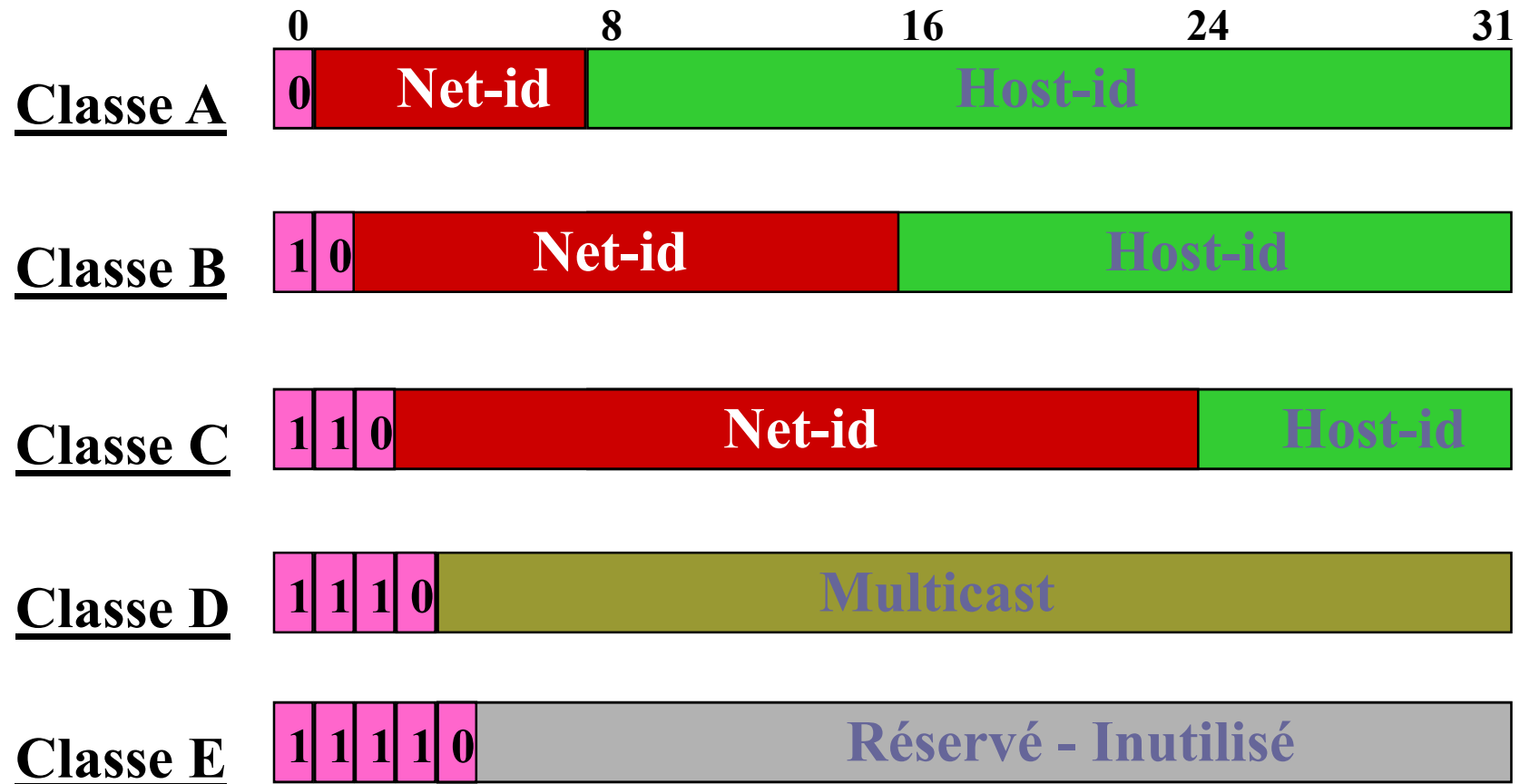
Adressage IP

- Adresses IP
 - Afin d'identifier les machines sur Internet
 - Constituée de 32 bits ou 4 octets
 - Chaque octet est représenté en par un entier dont la valeur maximale est 255
- Se décompose en deux grandes parties
 - Une partie qui identifie un réseau
 - Une partie qui identifie une machine dans un réseau



- Il existe cinq (05) classes d'adresses IP

Classes d'@IP



Intervalles pour les classes d'@IP

- Classe A
 - De [1.0.0.0 ; 127.255.255.255]
 - Ex : 10.23.15.1
- Classe B
 - De [128.0.0.0 ; 191.255.255.255]
 - Ex : 134.214.145.24
- Classe C
 - De [192.0.0.0 ; 223.255.255.255]
 - Ex : 193.56.21.214
- Classe D pour le multicast
 - De [224.0.0.0 ; 239.255.255.255]
- Classe E réservée

Quelques adresses spéciales

- Il existe des plages **d'adresses privées** pour des utilisations spéciales
- Adresses non utilisables sur Internet
- Adresses pour réseaux locaux (non routables)
 - 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
- Adresses de tests
 - 127.0.0.1 à 127.255.255.255
- Obtenir l'@IP machine
 - Linux → **ifconfig** Windows → **ipconfig**)

Récapitulatif

Classe	Préfixe	Net-id	CIDR	Masque standard
A	0	Bits de 1 à 8	/8	255.0.0.0
B	10	Bits de 1 à 16	/16	255.255.0.0
C	110	Bits de 1 à 24	/24	255.255.255.0
D	1110	Réservé		Réservé
E	1111	Réservé		Réservé

Masques de réseaux standards

- Une adresse IP est décomposée en deux parties
 - Une partie permettant d'identifier l'adresse du réseau (**Net-id**)
 - Une partie permettant d'identifier une machine ou une interface dans ce réseau (**Host-id**)
 - Deux machines ayant le même Net-id sont sur le même réseau physique



- En fonction de la classe de l'adresse IP, on peut en déduire le nombre de bits dans la partie Net-id
- Le masque est obtenu en mettant tous les bits de la partie Net-id à 1 et ceux de la partie Host-id à 0

Adresse de réseau et de broadcast

- L'adresse de broadcast permet de contacter toutes les machines d'un réseau.
 - Elle est obtenue en mettant tous les bits de la partie Host-ID à 1
 - Exemple : Donner les adresses de broadcast
 - De 192.168.10.0/24
 - De 134.214.0.0/19
- L'adresse de réseau est obtenue en mettant tous les bits de la partie Host-ID à 0
 - Quelle est l'adresse de réseau de la machine 172.16.192.5 sachant que son masque de sous réseau est /18

Masques de sous réseaux

- Le masque de sous réseaux permettent de diviser des réseaux de classe A, B ou C en sous réseaux
- Des bits de la partie Host-ID sont empruntés pour un découpage en sous réseaux



- Ainsi on augmente le nombre de sous réseaux tout en diminuant le nombre de machines par sous réseaux
 - Les sous réseaux limitent les domaines de diffusion
 - Organisation plus structurée du réseau

Activité 2

- On considère l'adresse 134.214.15.0/24
 - Quelle est la classe de cette adresse ?
 - On désire créer 4 sous-réseaux. Combien de bits faut-il emprunter à la partie réseau ?
 - Quel est le masque de chacun des sous-réseaux ?
 - Combien de machines peut-on avoir au maximum par sous-réseau ?
 - Donner l'adresse des quatre sous-réseaux.
 - Remplir le tableau ci-dessus :

Adresse du SR	Première adresse utilisable	Adresse de diffusion du SR

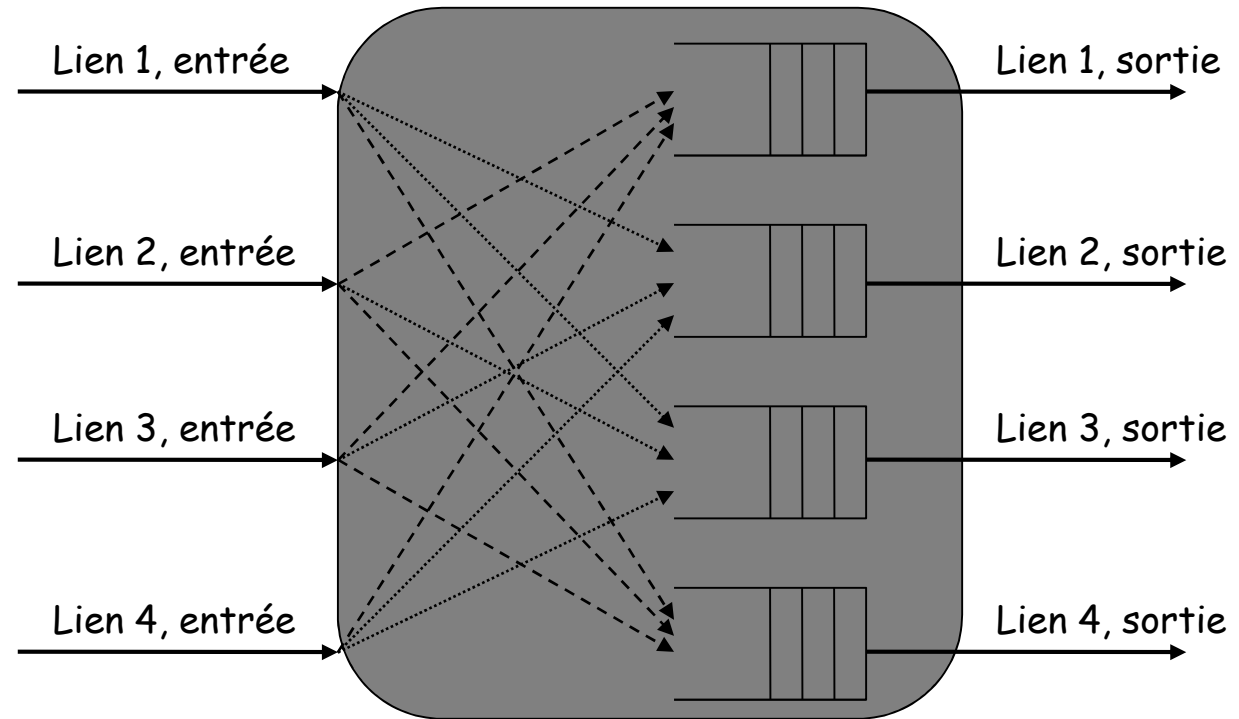
Le routage

- L'équipement qui sert transmettre des informations entre une source et une destination au niveau de l'Internet est appelé : le routeur
- Un routeur peut posséder plusieurs ports. Le processus permettant de choisir le port de sortie en fonction de certaines informations est appelé le routage
- Lors du processus du routage seul la partie **Net-id** (partie réseau) est analysée par le routeur
- Le routage sur l'Internet utilise la commutation de paquets
 - Division des messages en des petit paquets indépendants les uns des autres

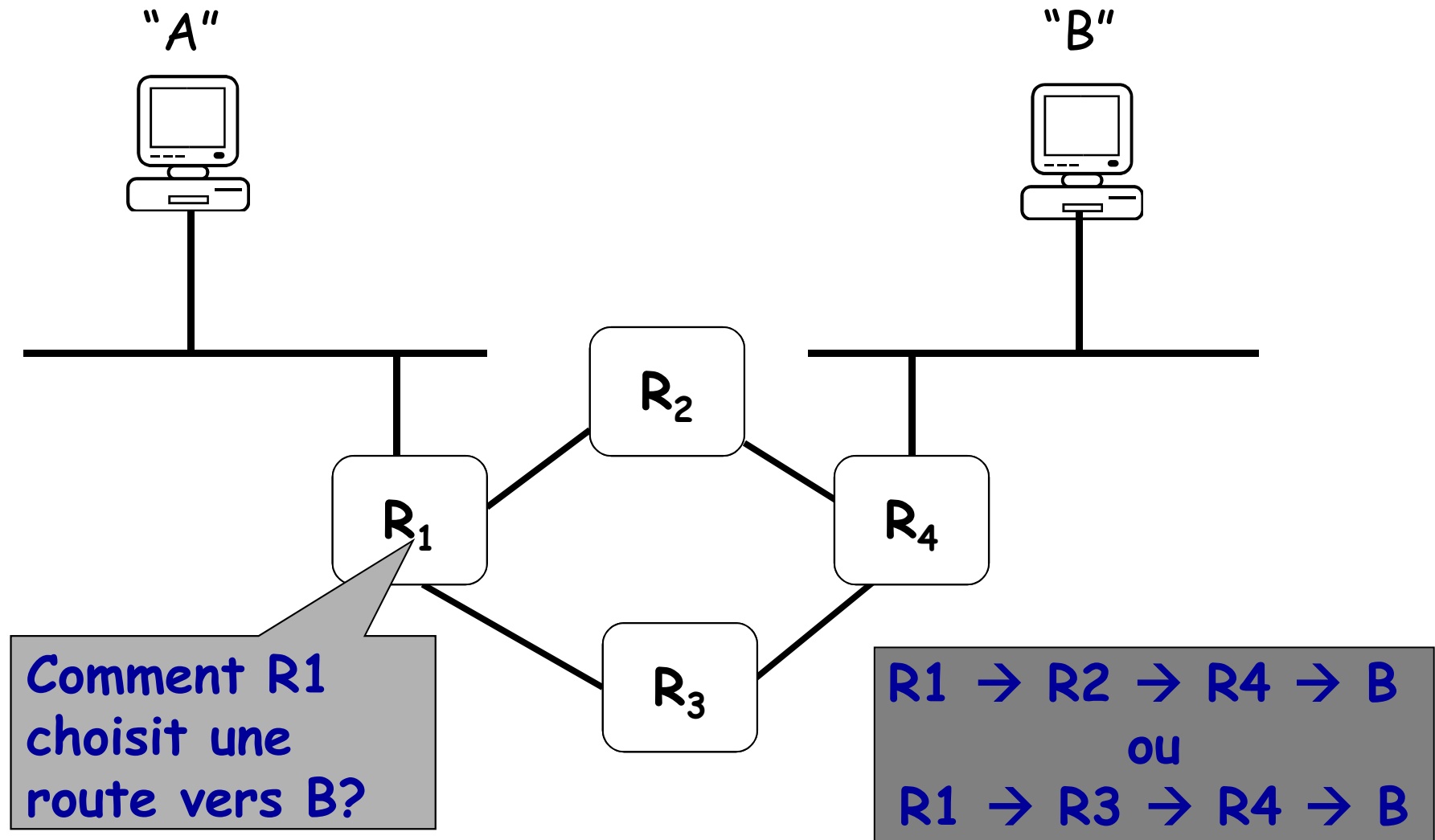
Architecture interne d'un routeur



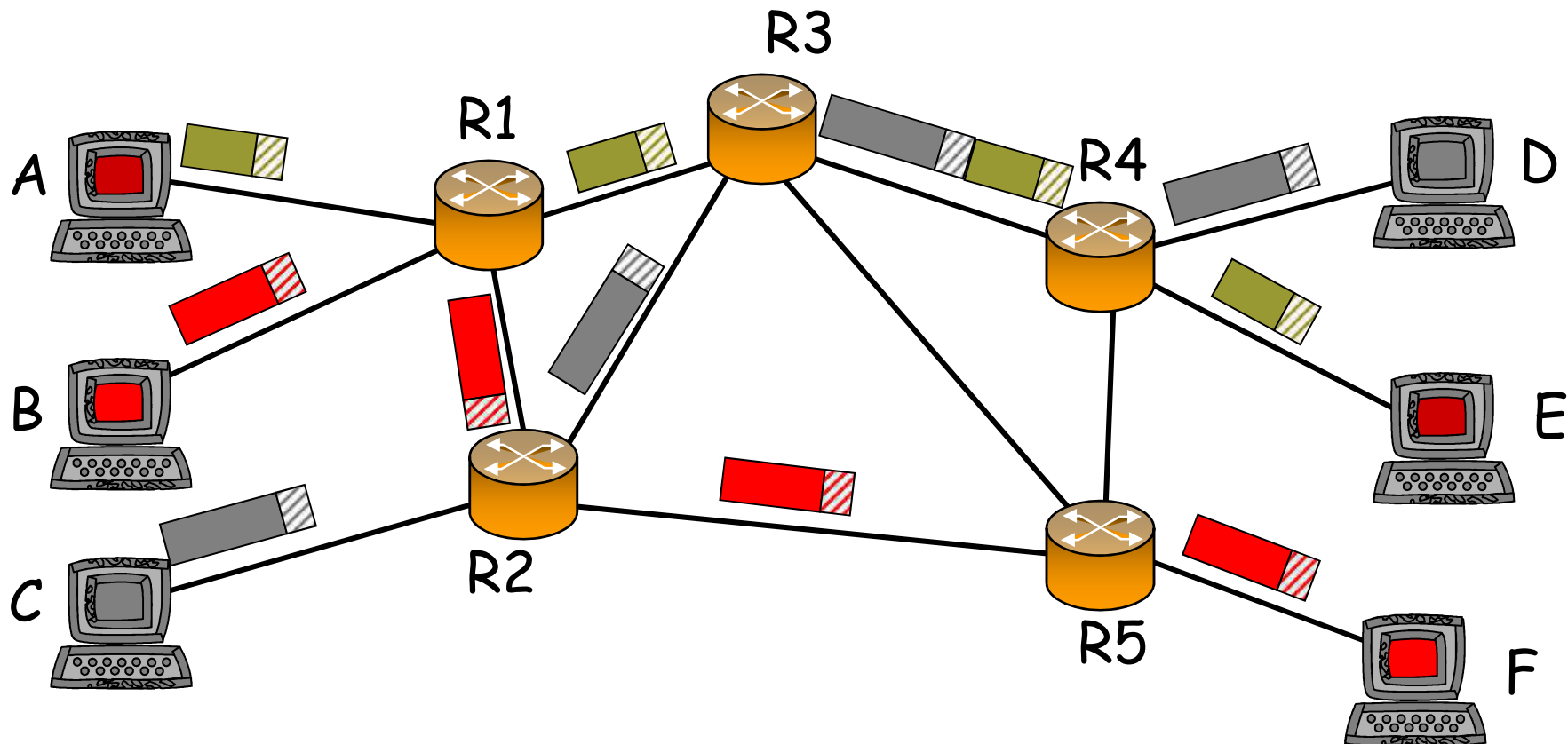
Routeur



Un problème simple !!!



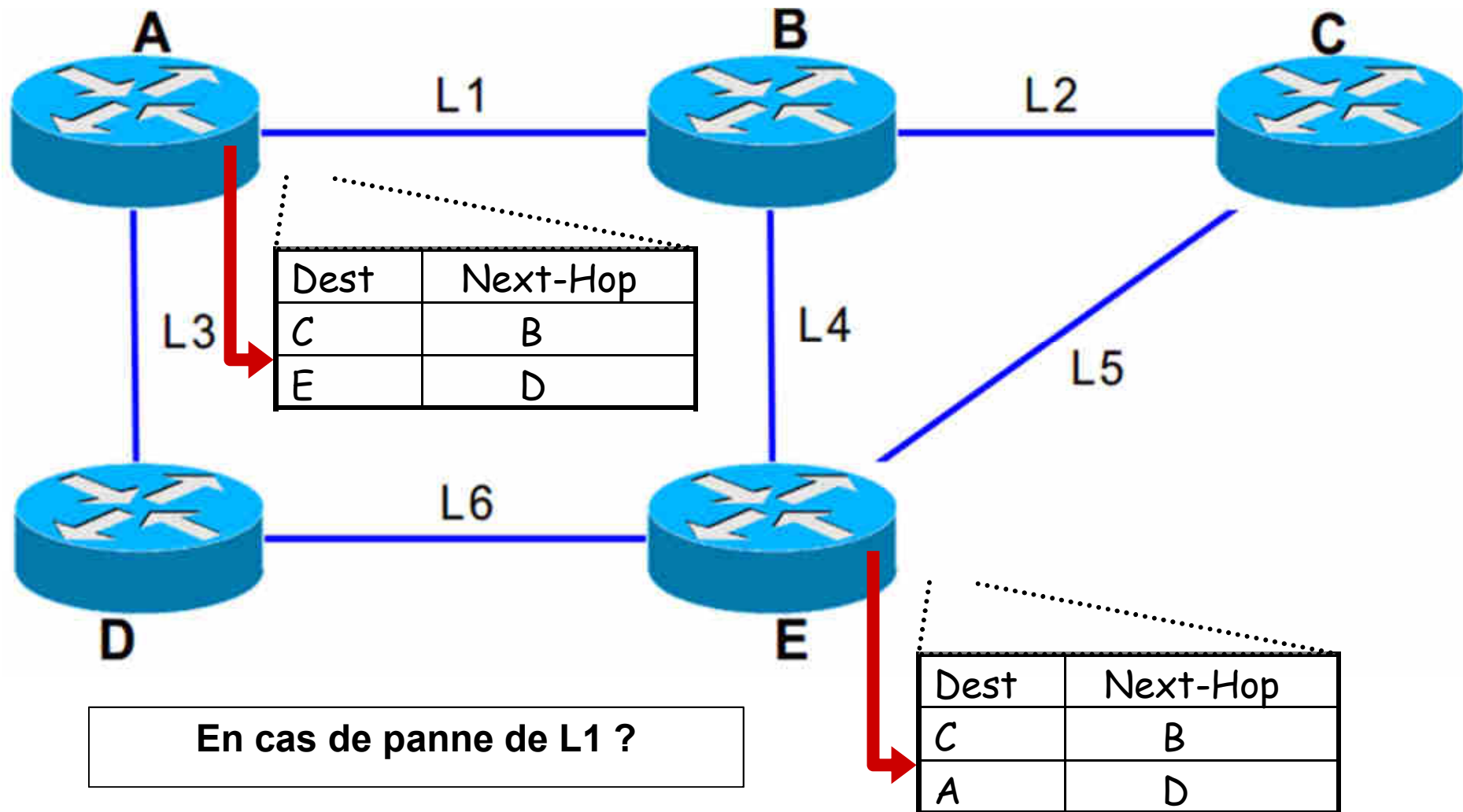
C'est quoi « router » ?



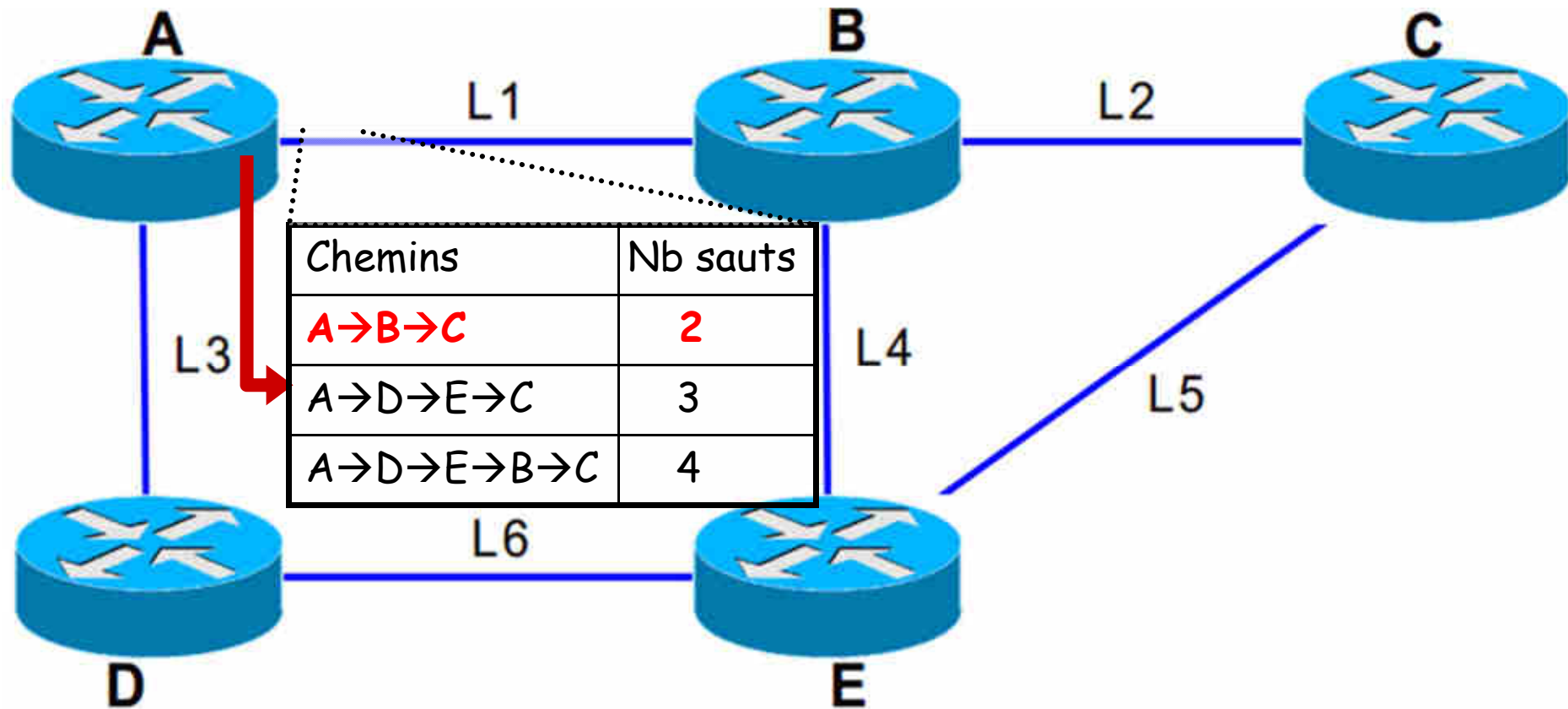
Algorithmes de routage

- **Algorithme du routage statique**
 - Indication manuelle (par l'administrateur) du chemin à emprunter vers le destinataire
- **Algorithme de routage dynamique**
 - Calcul automatique des meilleures routes vers le destinataire
 - **Routage à vecteur de distance**
 - Traverser les moins de routeurs possibles
 - **Routage à états de liens**
 - Dépend de la métrique du lien
 - **Métrique**
 - Valeur entière indiquant la qualité d'un lien. Plus cette valeur est faible plus la route est meilleure

Routage statique



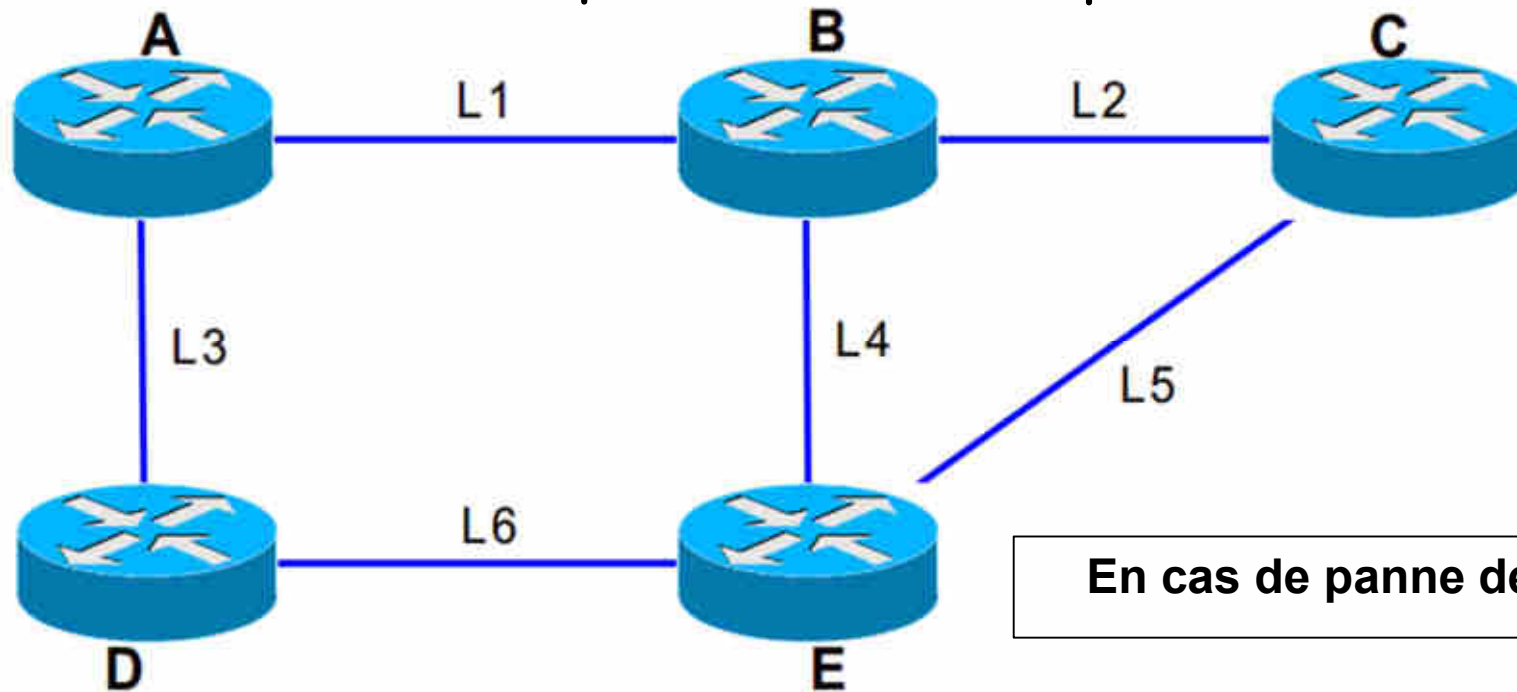
RD : Vecteur de distance



En cas de panne de L1 ?

RD : Etats de lien

- ❑ $Métrieque(L_i) = \frac{100}{B(L_i)}$
- ❑ $B(L1) = 2, B(L3) = 20, B(L6) = 50, B(L4) = 25, B(L2) = 10, B(L5) = 2$
- ❑ Calcul des métriques ? Chemin emprunté de $A \rightarrow C$?



En cas de panne de L4 ?

Activité 3

- Soit le réseau composé de 4 routeurs (A, B, C et D)
 - Les liaisons pondérées suivantes : $p[AB] = 2$, $p[AC] = 3$, $p[BC] = 2$, $p[CD] = 3$ et $p[BD] = 3$
 - Représenter la topologie du réseau.
- L'algorithme à vecteur de distance est utilisé :
 - Donnez les tables de routage de chacun des routeurs
 - Quelle modification observe-t-on si $p[CD] = 10$
- L'algorithme à état de lien est utilisé :
 - Donnez les tables de routage de chacun des routeurs
 - Quelle modification observe-t-on si $p[CD] = 10$
- Conclure.

3.4. Couche transport

Les protocoles TCP/UDP

- Ce sont des protocoles de la couche 4
 - (Couche Transport)
- Il existe deux principaux protocoles
 - TCP : Mode connecté
 - UDP : Mode non connecté
- Les protocoles de transport gèrent la perte des segments et leur réorganisation
- Elle se charge également de multiplexage :
envoyer les données aux applications appropriées
- Un numéro de port permet de distinguer les applications utilisées

Port TCP/IP

- Un numéro de port associé à une application
 - Codé sur 16 bits
 - Combinaison @IP+port est appelé **socket**
- En résumé
 - Une adresse IP identifie une machine
 - Un port identifie une application particulière
- Ports
 - 0 à 1023 réservés à des applications serveurs
- Ports par défaut
 - FTP (21), Telnet (23), SMTP (25), DNS (53), HTTP (80)

Diagramme UDP vs TCP

■ UDP

- Envoi simple sans phase de connexion
- Pas de gestion de pertes des données (pas de détection d'erreurs possible, de retransmissions)

■ TCP

- Phase de demande de connexion **DC**
- Confirmation de connexion **CC**
- Envoi des données **DATA**
- Une en-tête est ajoutée pour réorganiser les données (numéro de séquence)
- Acquiescement **ACK**
- Phase de demande de connexion **DDC**
- Confirmation de connexion **CDC**

Activité 3

- On souhaite transférer 8 segments d'une source vers une destination. Les segments numéros 4 et 7 sont perdus durant leur transmission.
- Représenter le diagramme de transmission
 - Dans le cas d'une transmission UDP
 - Dans le cas d'une transmission TCP

3.5. Couche Application

Les services réseaux

- Ce sont des protocoles de la couche application
- Ce sont les applications de l'utilisateur
 - Le réseau est transparent pour l'utilisateur qui n'a pas connaissance des autres couches
- Intervention de trois acteurs
 - Client, Serveur et le Réseau
- Nous présenterons succinctement
 - DHCP
 - DNS
 - HTTP
- Il existe d'autres protocoles applicatifs
 - TELNET, TFTP, IRC, ETC...

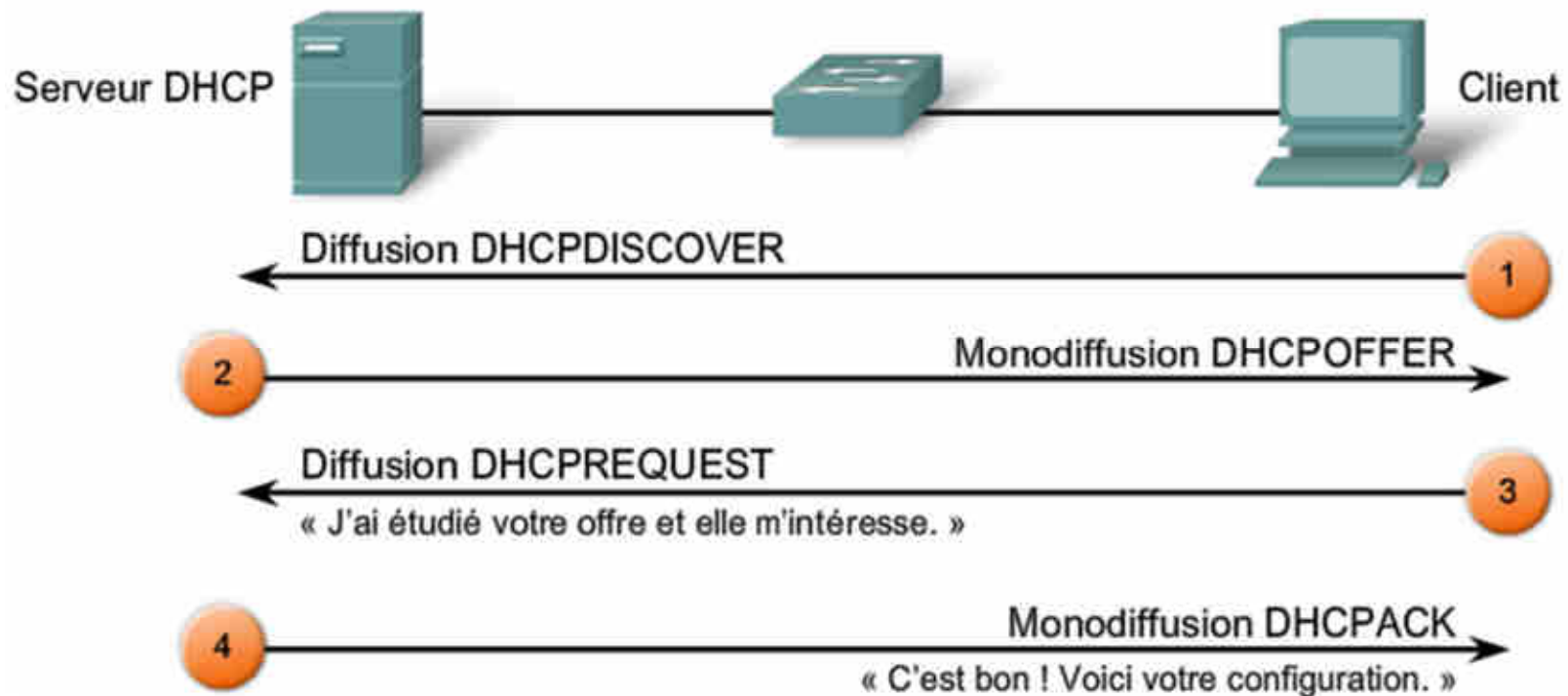
DHCP

- Protocole permettant de configurer automatiquement des stations IP
 - (@IP, masque, passerelle par défaut, serveurs DNS etc.)
 - Fonctionne avec UDP sur le port 67 et 68
- Les machines clientes émettent des requêtes DHCP en mode broadcast
- La machine serveur répond en envoyant son adresse IP pour que les machines puissent le localiser
- La machine cliente peut alors émettre une requête envers le serveur et obtenir ses paramètres de configuration

Fonctionnement DHCP

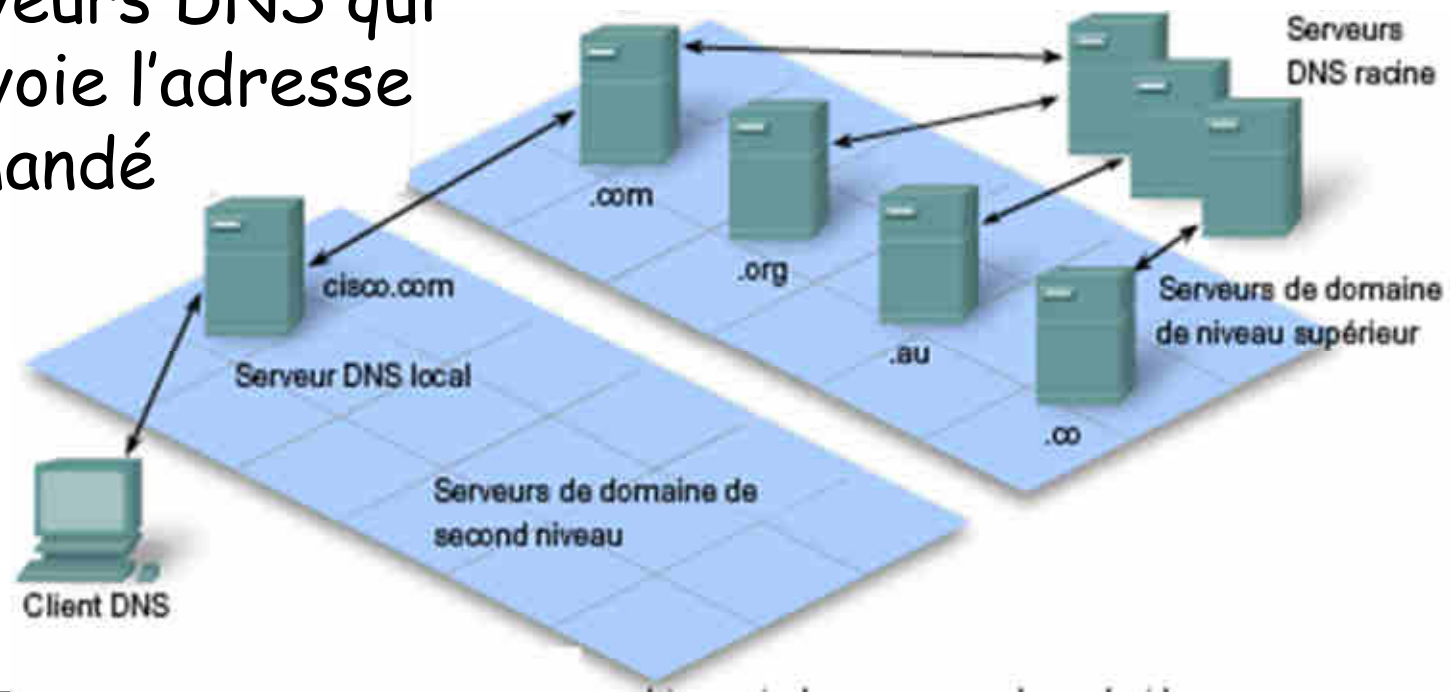
- Mécanisme client/serveur
- Déroule en quatre étapes

```
IP address: 192.168.10.15  
Subnet mask: 255.255.255.0  
Default gateway: 192.168.10.1  
DNS servers:  
Lease Time: 3 days
```

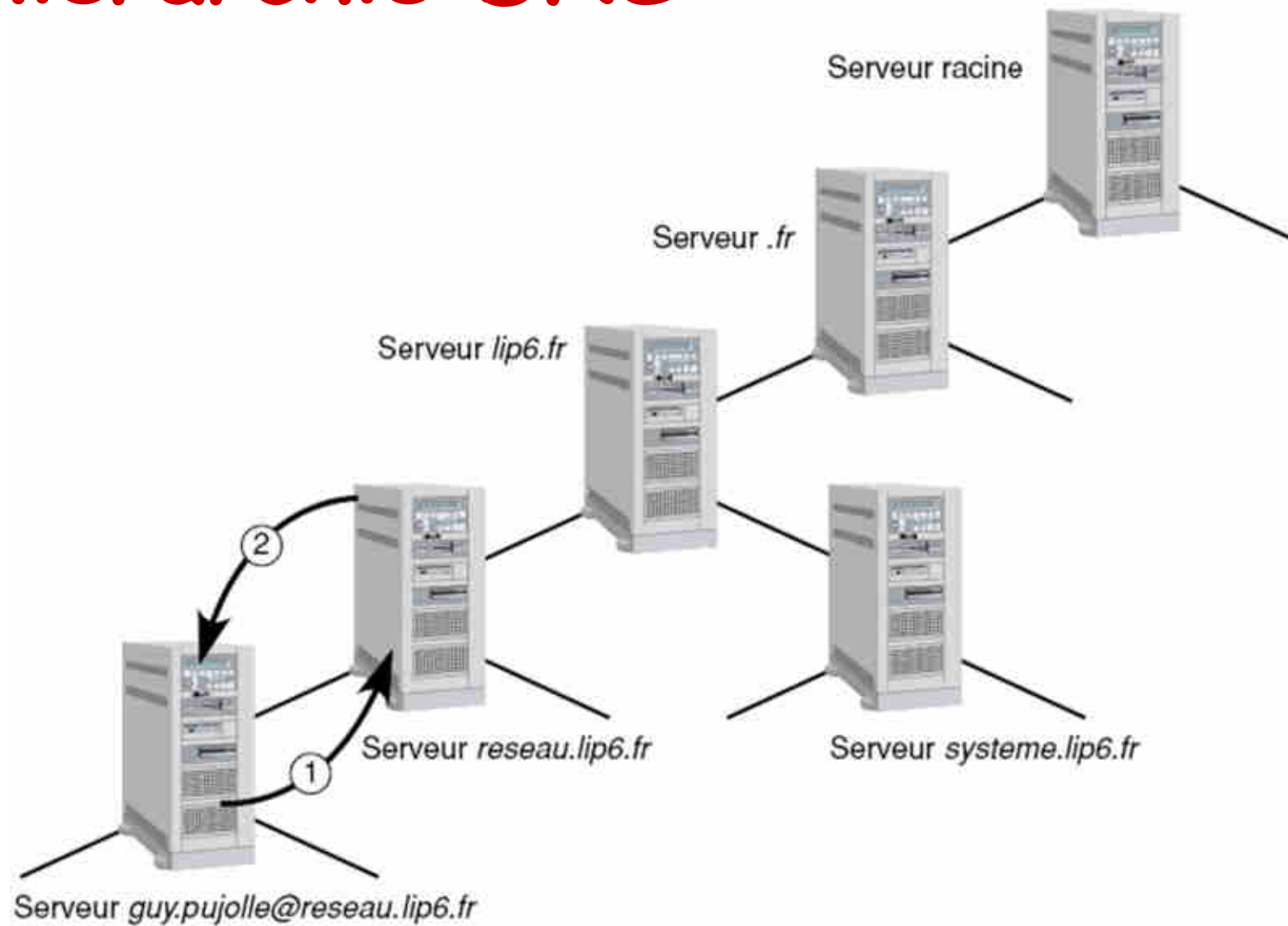


DNS

- Protocole permettant de faire la résolution des noms des adresses en adresses IP
 - ▣ Fonctionne sur le port 53
- Les requêtes sont envoyés à un ou plusieurs serveurs DNS qui renvoie l'adresse demandé



Hiérarchie DNS



HTTP

- Protocole permettant de récupérer des pages web auprès de serveurs web
- Composantes
 - Client web (navigateur)
 - Serveur web (contenant les pages web à consulter)
- Le client émet des requêtes envoyés au serveur qui lui répond en lui rendant les pages demandées
- Fonctionne avec TCP sur le port 80 par défaut

