

# La Couche Réseau (couche 3 de l'OSI et de TCP/IP)



# Introduction au routage

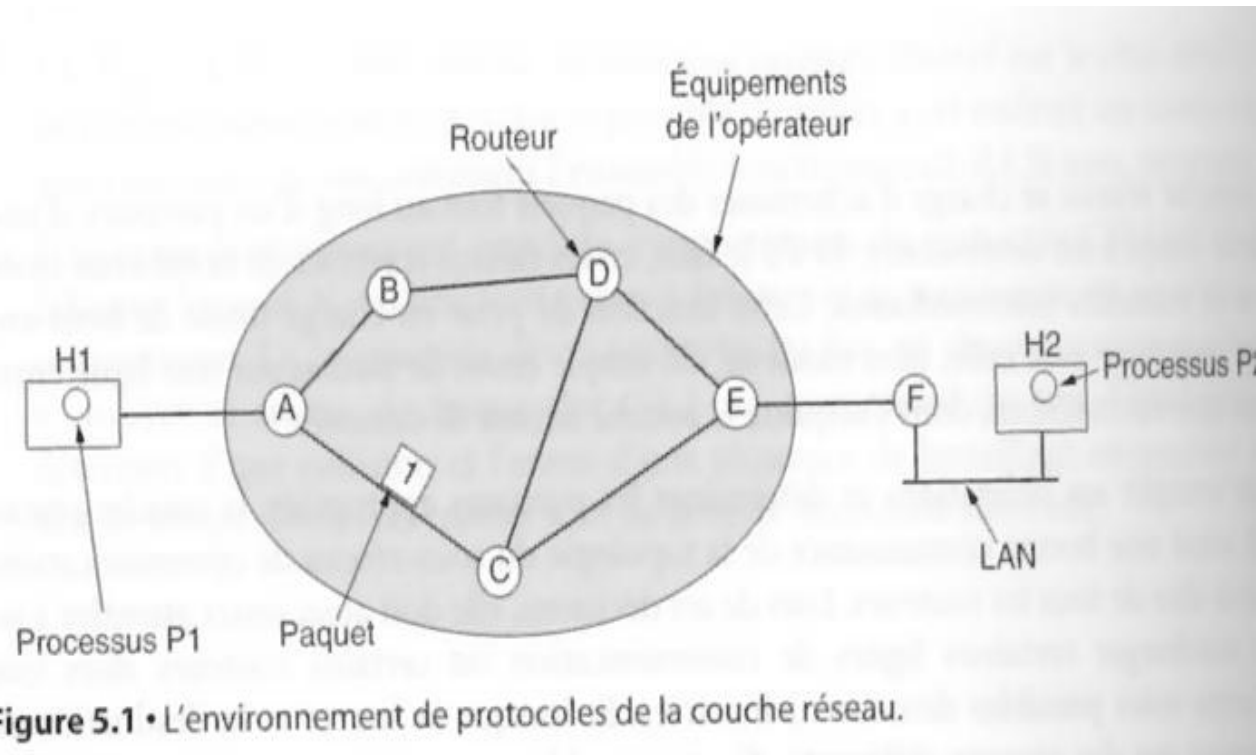


Figure 5.1 • L'environnement de protocoles de la couche réseau.

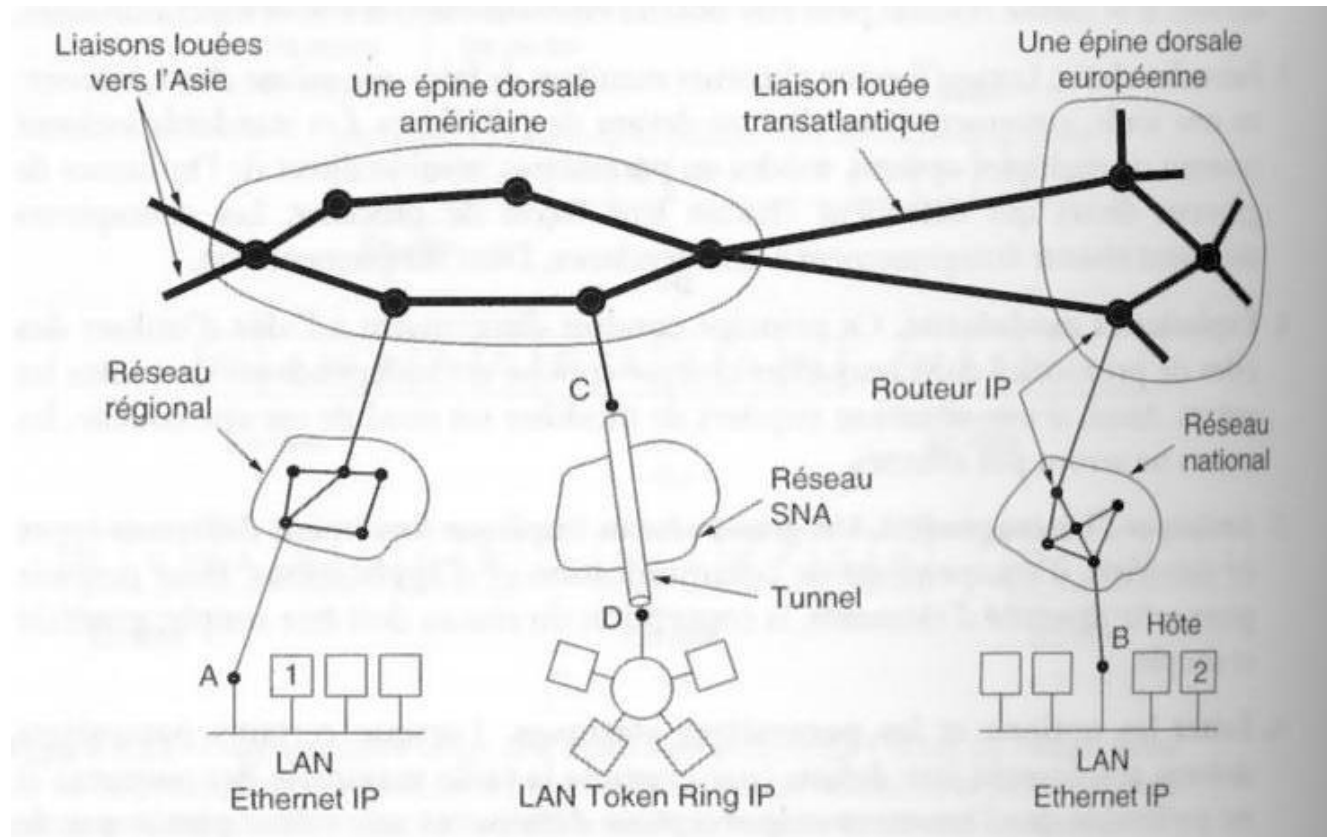
# Les services de la couche réseau

---

La couche réseau (3) fournit des **services** à la couche transport (4) :

- **Acheminement** des messages à travers le réseau
- **Contrôle de congestion**, et plus généralement, de la gestion de la **qualité de service**
- **Interconnexion** de réseaux hétérogènes
- Etc.

# Internet = ens. de sous-réseaux indépendants (ou systèmes autonomes) interconnectés.



# Deux types de services

---

- **Non connecté** : les **datagrammes** sont acheminés indépendamment les uns des autres.  
Ex : IP (Internet Protocol).
- **Connecté** : un chemin (ou **circuit virtuel**) est établi à la connexion, et libéré à la fin de la transmission. Lors d'une connexion, tous les **paquets** utiliseront un même chemin.  
Ex : X25.3, ATM (Asynchronous Transfert Mode)

[ATM ne respecte pas OSI : dans le même niveau ATM (niveau2) sont gérés la connexion de bout-en-bout, le contrôle de flux et le routage...]

# Comp. : Datagrammes versus Circuit Virtuel

	<b>Datagramme</b>	<b>Circuit virtuel</b>
<b>Phase établissement</b>	Non nécessaire	Requise
<b>Adressage</b>	Adresses complètes (source et destination)	Numéro de circuit
<b>Routage</b>	Chaque paquet est indépendant	La même pour tous les paquets
<b>Impact d'une panne d'un routeur</b>	Aucun (sauf paquets perdus)	Tous les CV de ce routeur sont supprimés
<b>Qualité de service</b>	Difficile à garantir	Facile (relativement)
<b>Contrôle de congestion</b>	Difficile	Facile (relativement)

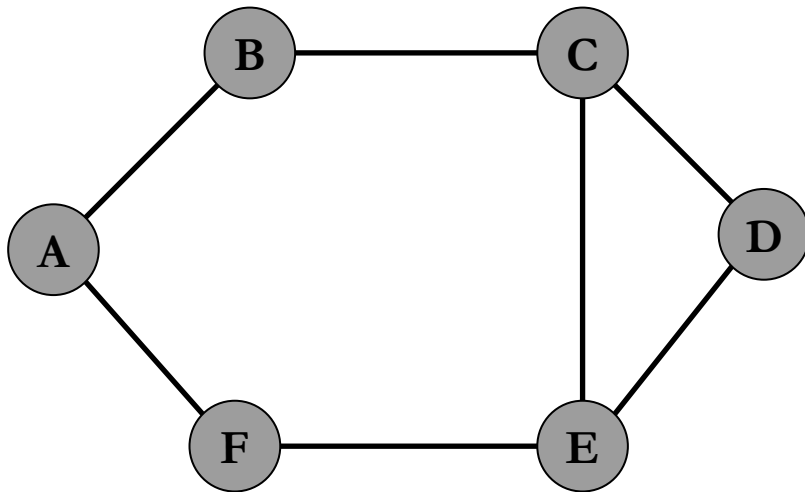
# Notion d'adresse

---

- Nécessaire pour identifier/désigner une machine du réseau.
- Exemple : adressage IPV4
  - Adresse codé sur 4 octets (ex : 147.210.94.193)
  - **Unique** pour chaque interface réseau (sauf adresse privée)
  - Une machine (**routeur**) peut avoir plusieurs interfaces réseau: plusieurs adresses IP.

# Routage : grands principes

- Voici ci-dessous un exemple très simplifié de réseau.



- Quels sont tous les chemins de A à D ?
- Lequel faut-il prendre ? Pourquoi ?
- Et si un routeur sur ce chemin préféré tombe en panne ?
- .../...



# Table de routage

Chaque routeur dispose d'une **table de routage** :

- Ensemble de **routes**
- Une route est une association «destination» / «ligne de sortie»

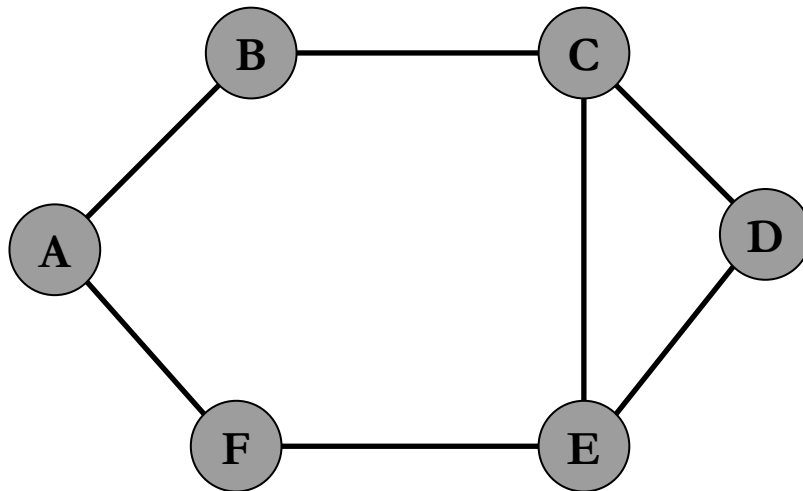


Table de routage de **C**

Dest.	Lien
<b>A</b>	<b>CB</b>
<b>B</b>	<b>CB</b>
<b>D</b>	<b>CD</b>
<b>E</b>	<b>CE</b>
<b>F</b>	<b>CE</b>

# Fonctions d'un routeur

---

- Deux grandes fonctions au sein d'un routeur :
  - **Routage** = choix des chemins à suivre, c'est-à-dire remplissage et mise à jour de la table de routage
  - **Acheminement** = réception des paquets et leur réexpédition sur les lignes de sortie appropriées (indiquées dans la table de routage)

# Algorithmes de routage

---

- **Non adaptatifs** (ou statiques) : les tables de routages sont fixées par avance, pas de mise à jour.
- **Adaptatifs** (ou dynamiques) : les tables sont recalculées pour s'adapter à des changements topologiques ou de trafic:  
Les routeurs (pas forcément adjacents) s'échangent des informations afin de connaître ces différents changements]

# Algorithmes de routage

---

## Principe d'élaboration des tables de routage :

- Attribution de coûts aux liens du réseau

La nature des coûts peut être diverse :

- Distance, bande passante, trafic moyen, coût des communications, probabilité de panne du lien, etc...
- Une fonction pondérée de plusieurs de ces facteurs
- Calcul des chemins minimisant les coûts (plus court chemin au sens des coûts)

Exemple :

- routage par information d'état des liens

## Exemple : routage par information d'état des liens

---

Technique très utilisée, notamment par le protocole **OSPF (Open Shortest Path First)** exploité dans le réseau Internet.

Chaque routeur :

- mesure les coûts pour atteindre chacun de ses **voisins**, et communique ces informations à tous les autres routeurs (ping)
- calcule les **plus courts chemins** pour chaque destination par un algorithme de plus court chemin dans un graphe (Dijkstra, Ford-Bellman, etc.).

# Routage hiérarchique

---

Problème :

- grand réseau => taille des tables de routage importante !

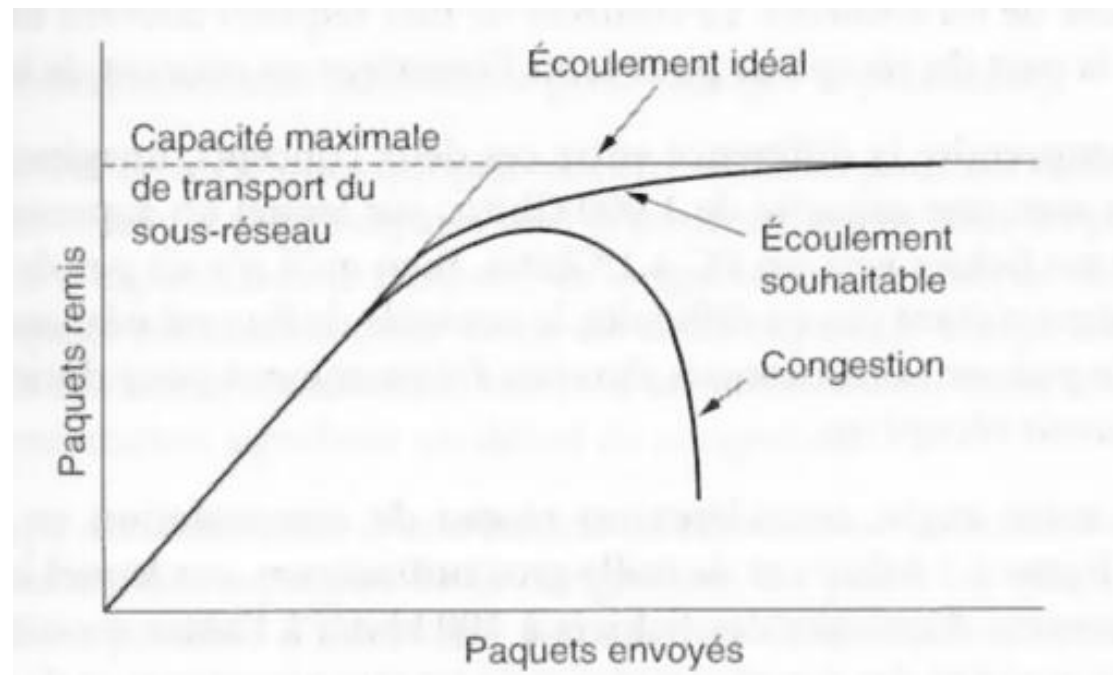
Solution : découpage du réseau en régions ou **sous-réseaux** :

- les destinations dans les tables de routage sont des adresses de sous-réseau (plutôt que de machine)

# Congestion

Ce problème survient lorsque les routeurs du réseau saturent leur file d'attente :

- perte des paquets/datagrammes.



# Contrôle de la congestion

---

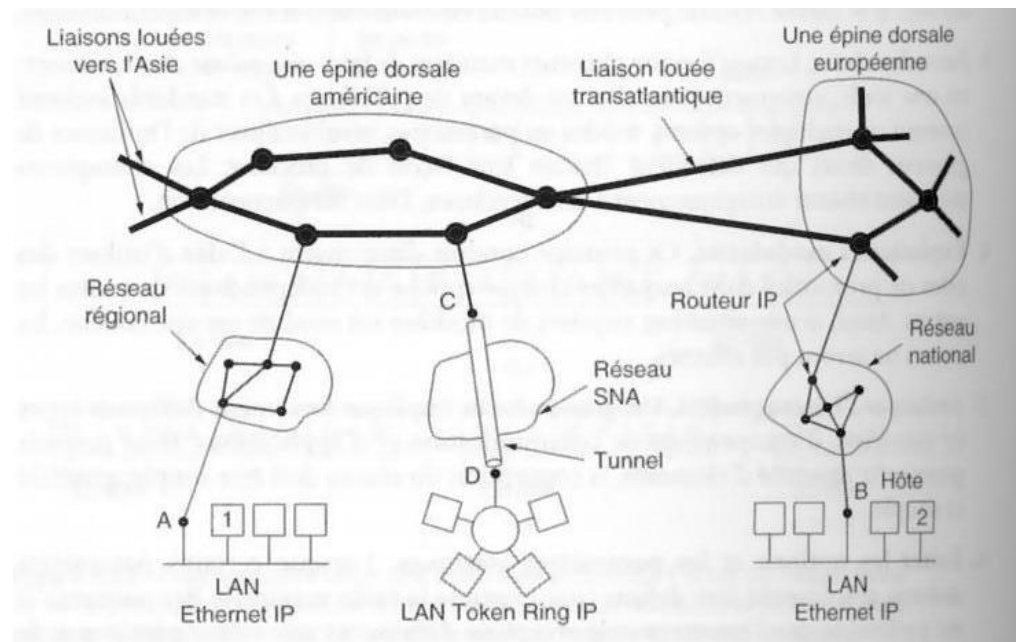
- Différents moyens peuvent être mis en œuvre pour contrôler la charge dans le réseau :
  - Autoriser la destruction de paquets/datagrammes en cas d'engorgement
  - Limiter le nombre de paquets/datagrammes en transit dans le réseau
  - Utiliser le contrôle de flux
  - Limiter les accès lorsque le réseau est surchargé
  - ...



# Interconnexion de réseaux

Différences entre les réseaux :

- Couche physique et liaison (éthernet, anneau à jeton, ...)
- Couche réseau : service connecté ou non, protocole (IP, ATM, AppleTalk,...), adressage, taille des paquets, contrôle d'erreurs, de flux, de congestion, facturation ou non, etc...



# Interconnexion de réseaux

---

Les équipements d'interconnexion doivent donc mettre en œuvre des correspondances souvent complexes. Quelques exemples :

- Traverser des réseaux intermédiaires « à risque » : mise en place d'un **tunnel**
- Taille des paquets/datagrammes différente : **fragmentation**
- Etc.

- La cohésion de l'Internet est assurée par le protocole IP.
- IP a été conçu dès le départ pour être un protocole d'interconnexion.
- Versions actuelles :
  - IPV4
    - adresses sur 4 octets,
    - datagrammes : entête (20 octets) + données (variable)
  - IPV6
    - adresses sur 16 octets,
    - datagrammes : entête de taille variable
    - Migration actuelle de IPV4->IPV6

Sur un réseau local relié au reste du réseau par un **routeur**,  
TOUTES les machines ont :

- Une **adresse MAC** (ou physique)
- Une **adresse IP**
- Une **table de routage**

Commandes *ifconfig/ipconfig* et *route*

# Routage IP : Comment ça marche ?

---

Une machine A veut envoyer un paquet IP à une machine B (dont elle connaît l'adresse IP bien sûr)

- 1er cas : A et B sont sur le même réseau local

=> **remise directe**

- 2ème cas : A et B ne sont pas sur le même réseau local

=> **saut** : il faut passer par un routeur R sur le même réseau local

# Protocole ARP

---

ARP : Address Resolution Protocol

- Permet de connaître l'adresse MAC d'une machine à partir de son adresse IP
- Utile pour envoyer un datagramme IP à une machine de son réseau local