

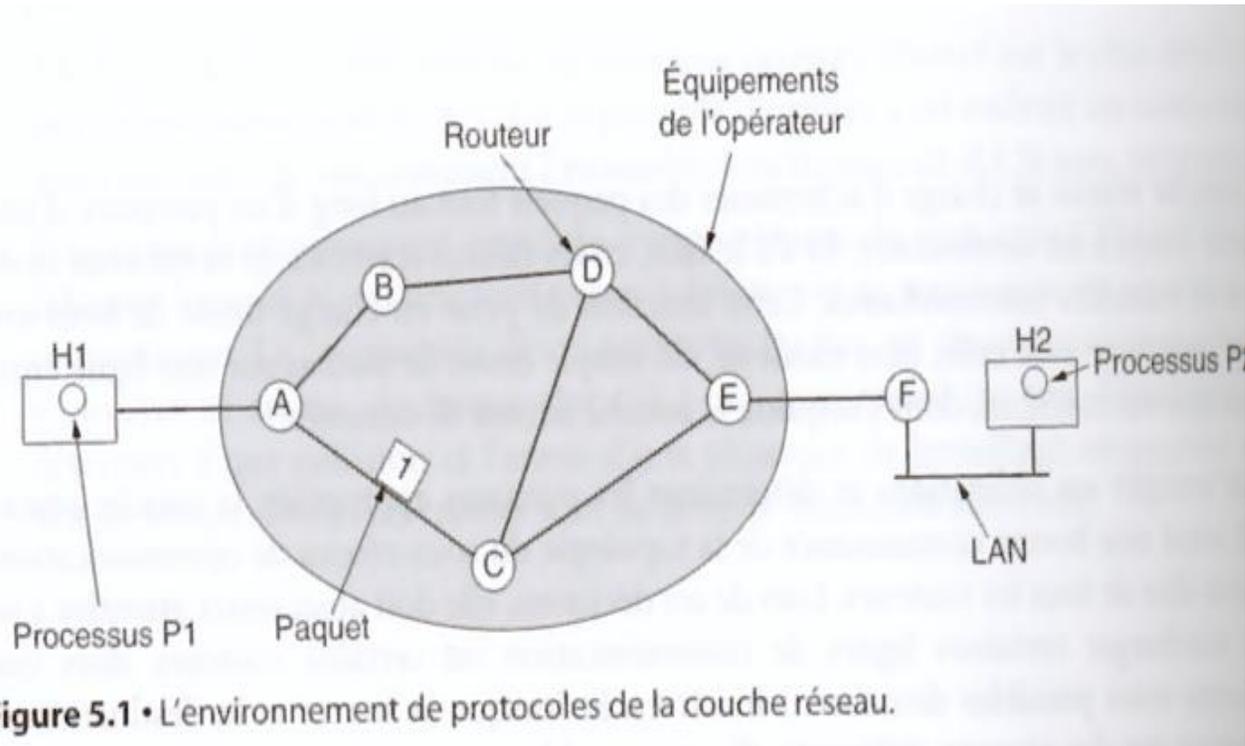
# 5. La Couche Réseau (couche 3 de l'OSI)

[5.1 Introduction](#)

[5.2 Grands principes du routage](#)

[5.3 Congestion](#)

# Introduction au routage



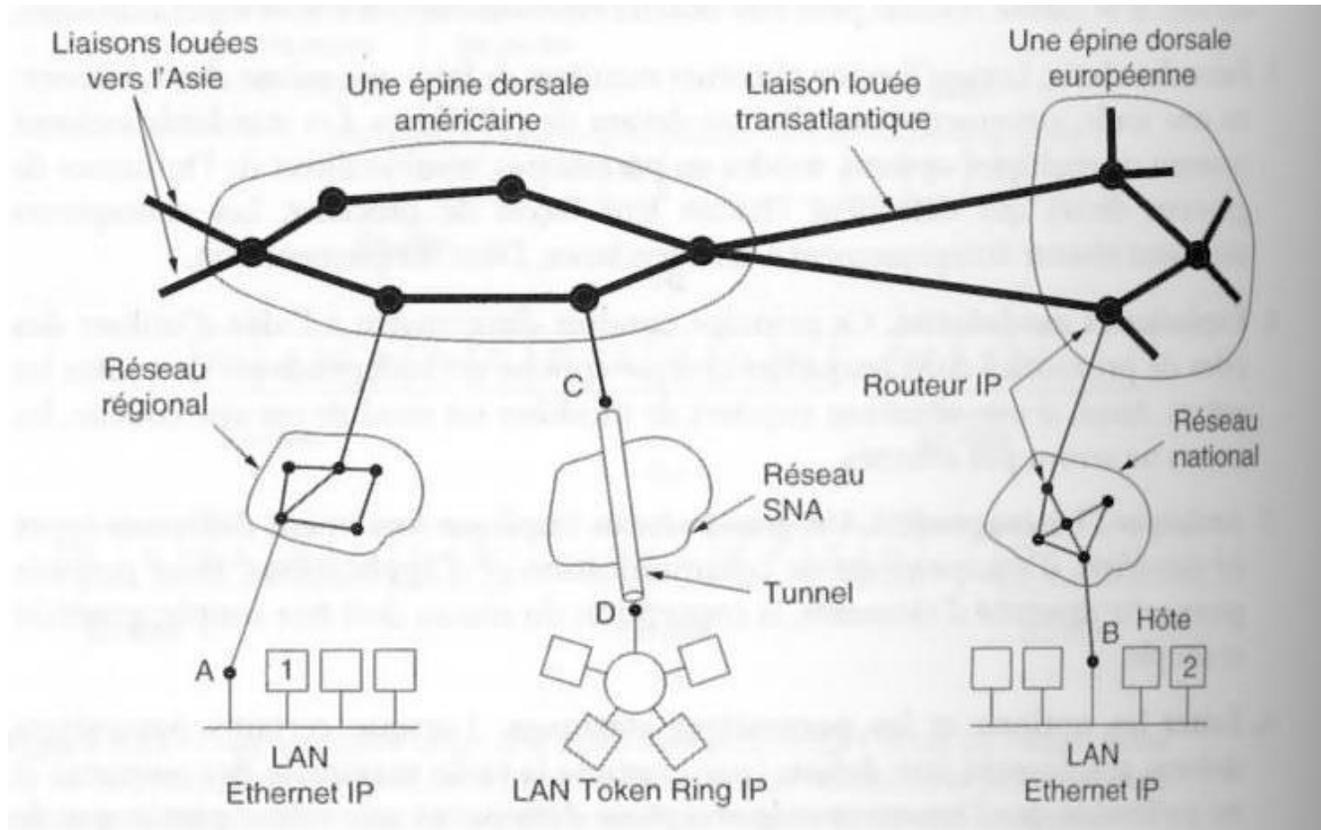
**Figure 5.1** • L'environnement de protocoles de la couche réseau.

# Services de la couche Réseau

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

- Acheminement/**routage** des paquets/datagrammes à travers le réseau
- **Contrôle de congestion**, et plus généralement, de la **qualité de service**
- Résolution des problèmes **d'interconnexion de réseaux hétérogènes**

# 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.  
Ex : **X25.3**, **ATM** (Asynchronous Transfert Mode)

[ATM ne respecte pas OSI : dans le même niveau ATM (niveau 2) sont gérés la connexion de bout-en-bout, le contrôle de flux et le routage...]

# Comp. : Datagrammes versus 'Circuit Virtuel'

	Datagrammes	Circuit Virtuel
<b>Phase établissement</b>	Non nécessaire	Requise
<b>Adressage</b>	Adresses complètes (source et destination)	Numéro de circuit
<b>Routage</b>	Chaque datagramme est indépendant	Même route pour tous les paquets
<b>Impact d'une panne d'un routeur</b>	Aucun (sauf datagrammes 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)

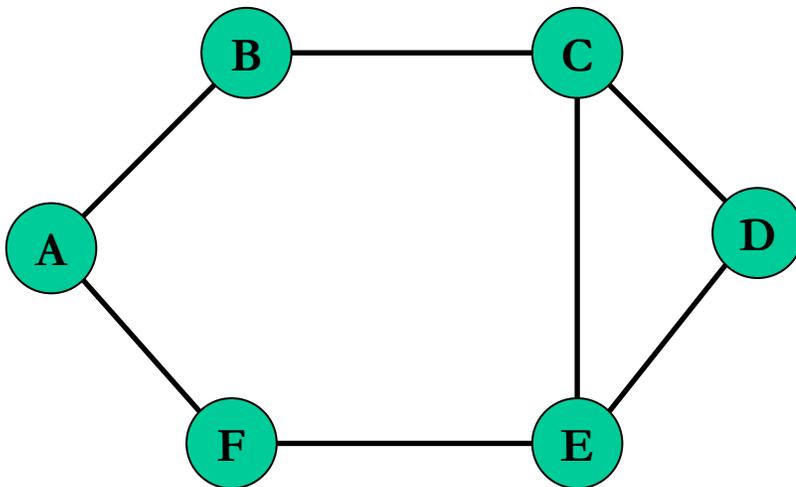
Nécessaire pour identifier/désigner une machine du réseau.

Exemple : adressage IP

- Numéro sur 4 octets (ex : 147.210.94.193)
- **Unique** pour chaque interface réseau
- Une machine peut avoir plusieurs adresses IP (ex. routeur)
- À une adresse IP correspond une adresse MAC

# Grands principes du routage

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».

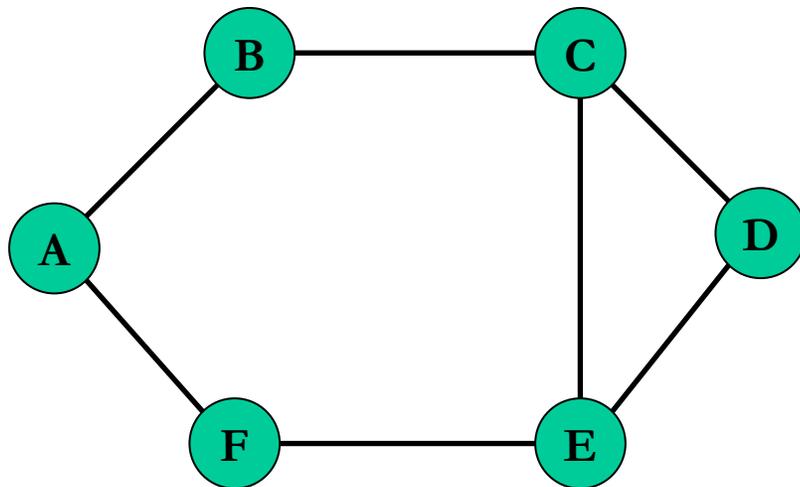


Table de routage de **C**

Dest.	Lien
A	CB
B	CB
D	CD
E	CE
F	CE

# Les fonctions d'un routeur

Deux grandes fonctions au sein d'un routeur :

- **Routage** = choix des chemins à suivre (élaboration de la table de routage)
- **Acheminement** = réception des paquets/datagrammes 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]

- Principe
  - Attribution de coûts aux liens du réseau
  - Calcul des chemins minimisant les coûts (plus court chemin au sens des coûts)
- 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

## Ex. : routage par information d'état des liens

- Technique très utilisée, notamment par le protocole OSPF (Open Shortest Path First) utilisé dans le réseau Internet.
- Principe : chaque routeur
  - mesure les coûts pour atteindre chacun de ses **voisins**, et communique ces informations à tous les **autres** routeurs,
  - calcule les **plus courts chemins** pour chaque destination par l'algorithme de Dijkstra.

# Routage hiérarchique

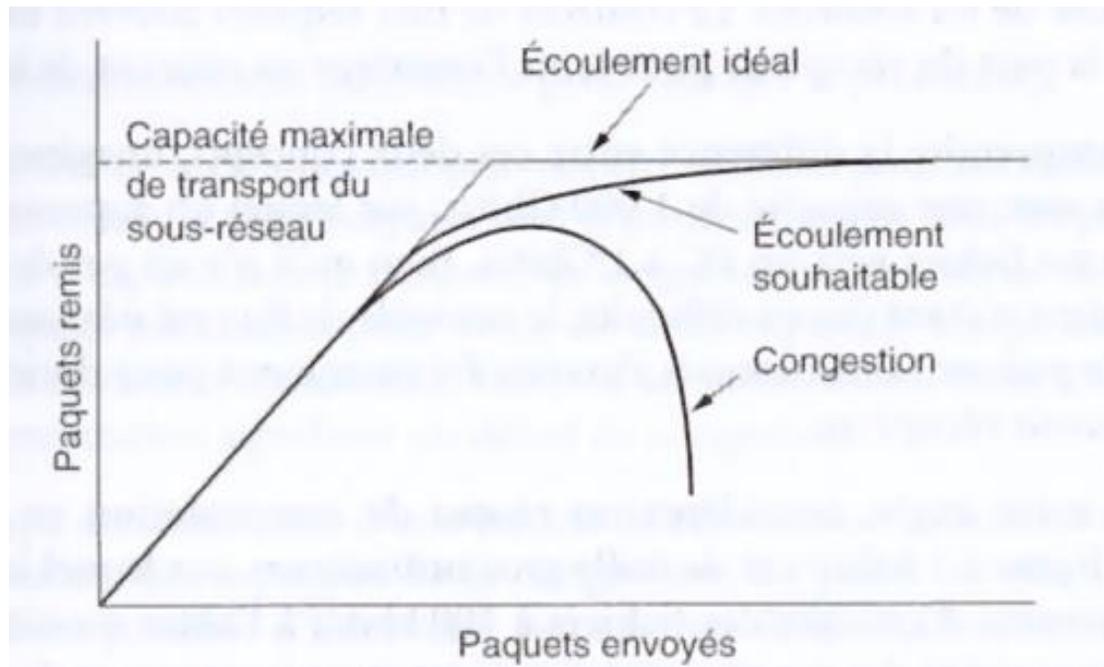
Problème : grand réseau => taille des tables de routage trop importante !

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

Ainsi, les destinations dans les tables de routage sont des sous-réseaux plutôt que des machines individuelles.

# Congestion (très brièvement)

- Ce problème survient lorsque les routeurs du réseau saturent leur file d'attente et donc perdent des paquets/datagrammes.

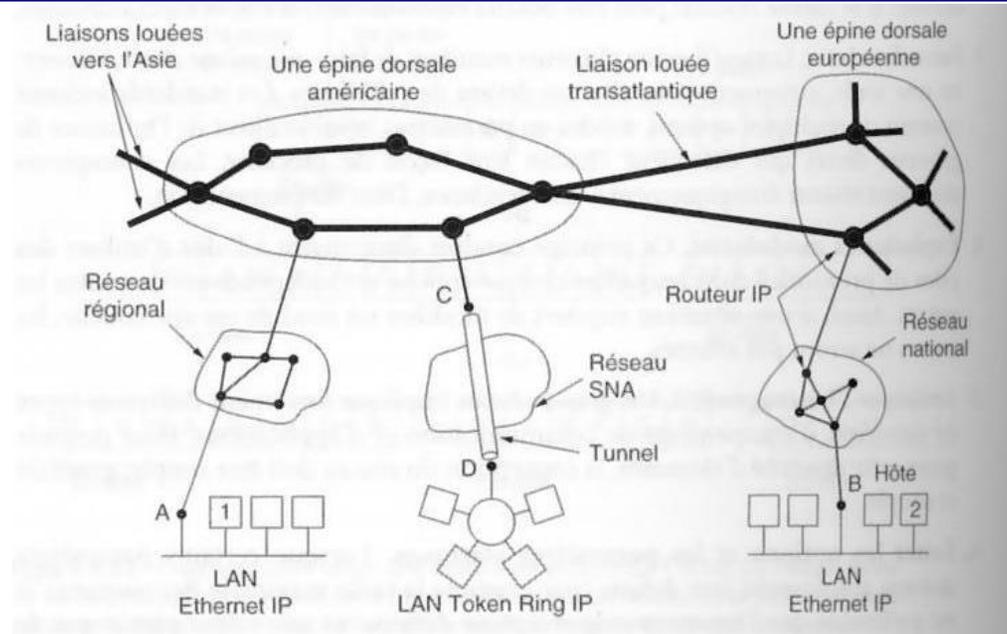


# Contrôle de la congestion

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

# Interconnexion de réseaux

## Ex. : Internet



- 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 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 de réseaux.
- Version actuelle : IPV4, adresses sur 4 octets, paquets : entête (20 octets) + données (variable)
- Actuellement : migration vers IPV6

# Brève introduction au routage IP

Sur un réseau local relié à l'extérieur (le reste du réseau) par un routeur, TOUTES les machines ont :

- Une adresse MAC (ou physique)
- Une adresse IP (adresse de niveau 3)
- Une table de routage

[Commandes *ifconfig/ipconfig* et *route*]

# Comment ça marche ?

Une machine A veut envoyer un datagramme 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

=> il faut passer par un routeur (saut)

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