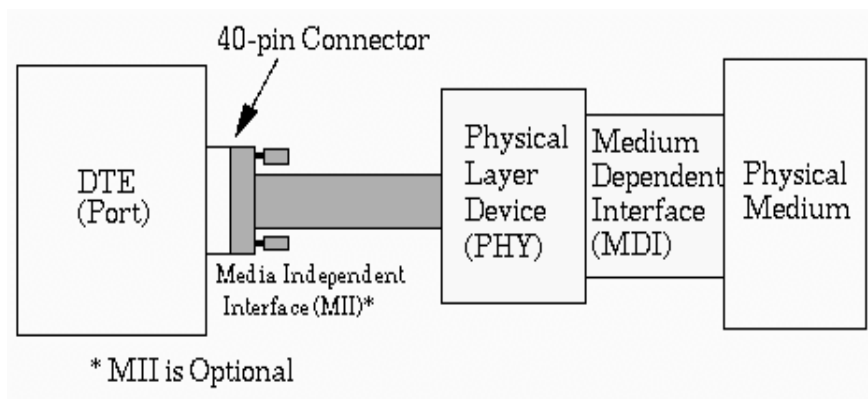


## Ethernet rapide

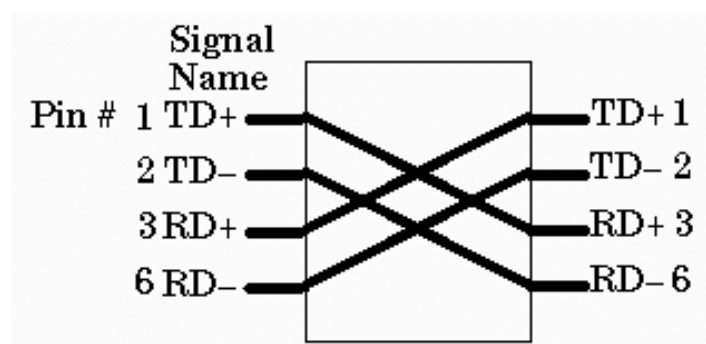
### Ethernet 100 T

- Protocole identique à Ethernet 10bT
- Câblage de plusieurs types
  - 100 TX : 2 paires 100 m
  - 100 T4 : 4 paires
  - 100 FX
- Possibilité de mélange bassehaute vitesse
  - Sélection automatique

## La connexion ethernet rapide



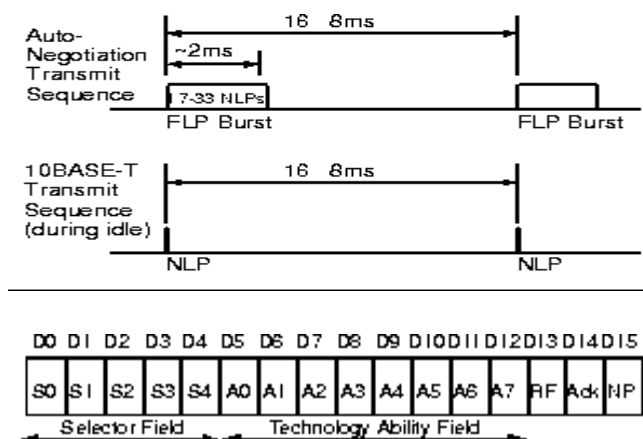
## Câblage sur deux paires 100 T



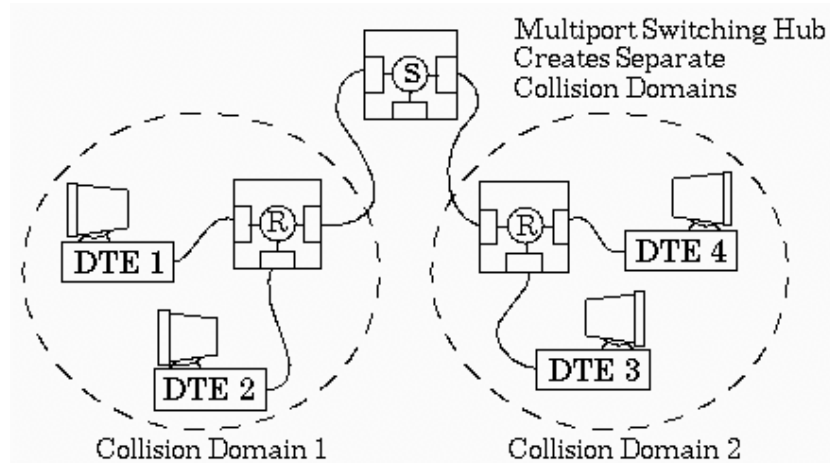
## Les répéteurs

- Classe I
  - régénération analo-digital-analog
  - délais importants
  - possibilité de media différents
- Classe II
  - amplificateurs
  - délais courts
  - medium homogène

## Négociation de performances



## Planification : domaines de collision



## Donnée de configuration typique Modèle 1

Model 1: Maximum collision domain in meters<sup>a</sup>

Repeater Type	Copper	Fiber	Copper and Fiber (T4 and FX)	Copper and Fiber (TX and FX)
DTE-DTE Single Segment	100	412	N/A	N/A
One Class I Repeater	200	272	231 <sup>b</sup>	260.8 <sup>b</sup>
One Class II Repeater	200	320	N/A <sup>c</sup>	308.8 <sup>b</sup>
Two Class II Repeaters	205	228	N/A <sup>c</sup>	216.2 <sup>d</sup>

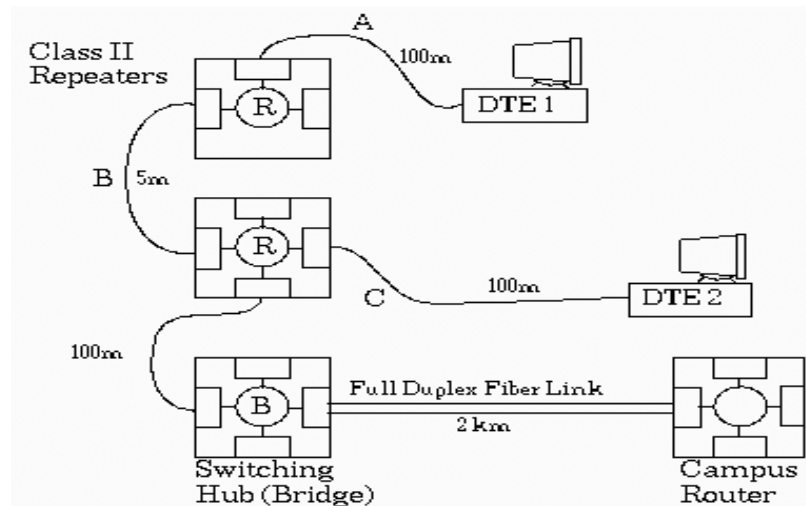
a. Segment lengths in meters, no timing margin.

b. Note: Assumes 100 meter copper link and one fiber link.

c. Not Applicable: T4 and FX cannot be linked with typical Class II repeater.

d. Note: Assumes 105 meters of copper link and one fiber link.

## Exemple



## Exemple de bilan

5 m Cat 5 segment	5.56
Class II repeater <sup>a</sup>	92
Class II repeater <sup>a</sup>	92
Total Delay =	511.96

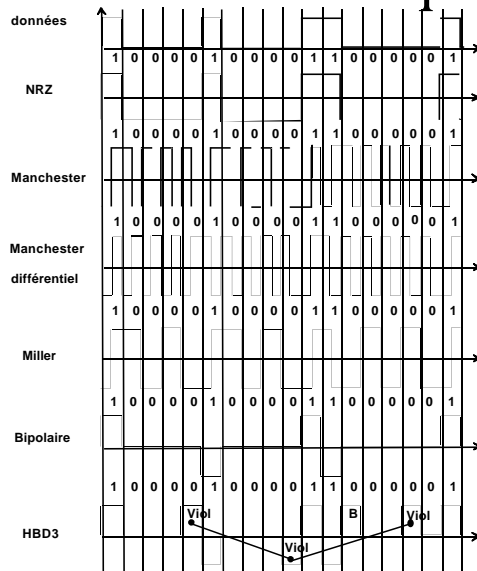
a . All ports TX/FX.

## Le cablage

### Transmission en bande de base

- Transmission du signal sans translation du spectre.
- Problèmes posés :
  - Composante continue
  - Synchronisation des horloges
  - Largeur du spectre
- Solution : le transcodage ou codage en ligne

## Les techniques de codage



### • NRZ

- par rapport symétrise au 0
- pas de transition sur une suite continue de bits à 1 ou 0

### • Manchester

- Transition à chaque temps bits
- Sens significatif, largeur de spectre

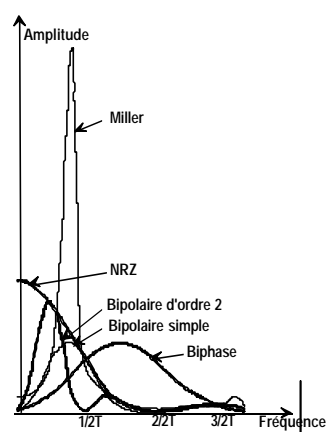
### • Manchester différentiel

### • Miller

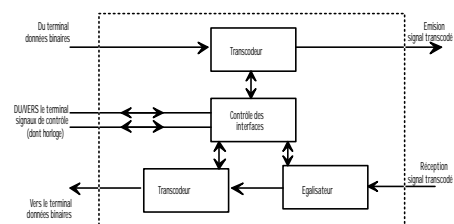
### • HDB3

### • nBmB (4B5B dans FDDI)

## La transmission en bande de base



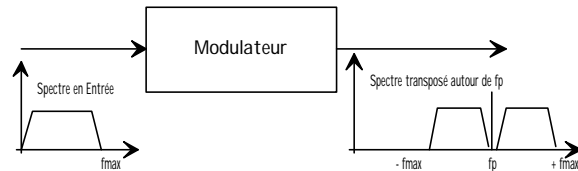
Spectres des différents codages



Principe d'un codeur  
ou ERBdB  
(Modem bande de base)

# La transmission Large Bande

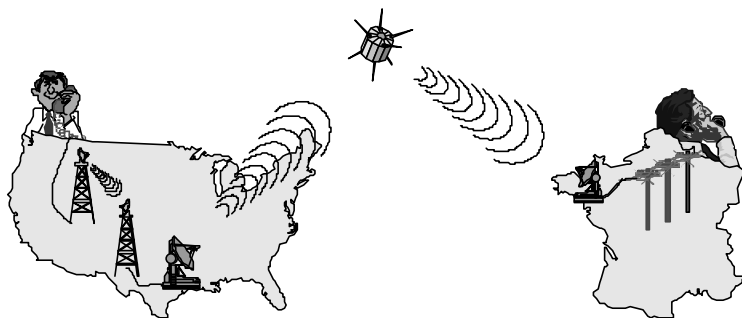
## Principe



**En transmission Large Bande le spectre du signal est translaté autour d'une fréquence dite porteuse. La translation de fréquence ou modulation résout 2 problèmes :**

- La dispersion du spectre (vitesse de groupe)
- La monopolisation du support

## Les supports de transmissions



Une liaison peut mettre en jeu différents types de support

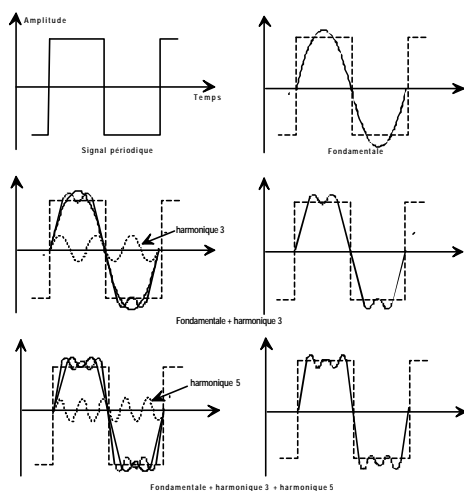


## Caractéristiques des supports



- Un support dénature de signal
- Bande passante (BP)
- Diaphonie
- Atténuation (résistance)
- Impédance caractéristique

## Bande Passante Analyse Harmonique



- **Théorème de Fourier**

- **Conséquence :**

- Toutes les harmoniques ne sont pas transmises identiquement, d'où une déformation du signal.

- **Attention :**

- Bande passante qualifie le système
- Largeur de bande qualifie le signal

# Les différents supports

## Supports cuivres

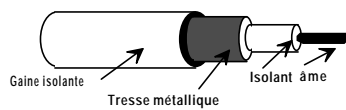
- **Paire torsadée**

- Impédance 100, 120, 150 ohms
- **AV** : coût,
- **INC** : sensibilité aux rayonnements



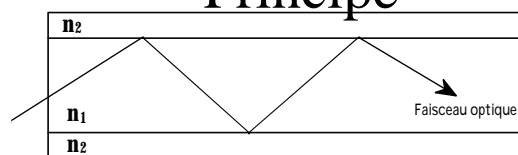
- **Coaxial**

- Impédance 50, 75 ohms
- **AV** : rayonnement
- **INC** : coût, installation



## Fibre Optique

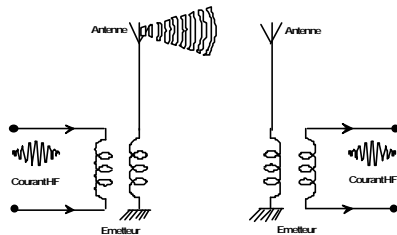
### Principe



- **Loi de Descartes** : utilisation de la propriété de réflexion
- **Caractéristiques** :
  - Coeur : 10 à 50 micro mètre
  - Gaine : 125 micro mètre
- **Unidirectionnelle**, insensibilité aux rayonnements
- **Grande bande passante** (plusieurs Giga Hertz)

# Les Ondes hertziennes

## Principe



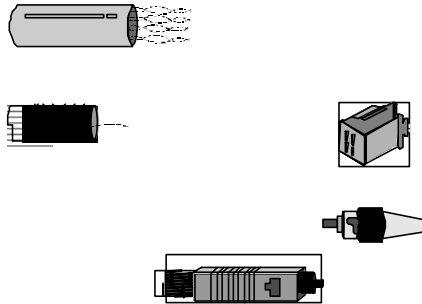
- Utilisées dans :
  - Les faisceaux hertziens
  - Les liaisons satellites

## Caractéristiques de la couche physique

- Electronique
  - Niveau du signal
  - Codage
  - Conformité aux normes
  - Sensibilité au bruit
- Cablage
  - Interface physique (connecteur)
  - Budget atténuation
  - Marge signal à diaphonie

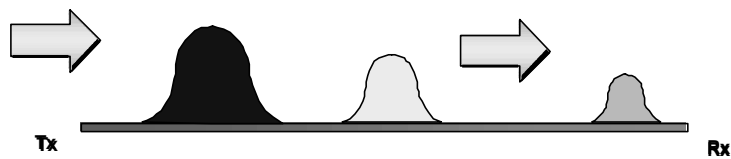
# Les composants

## UTP (3 Categories)



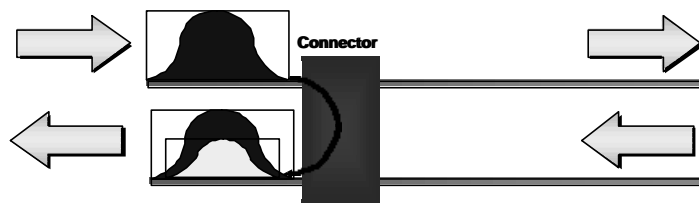
SWSA2006.013 6/28/94

# Atténuation



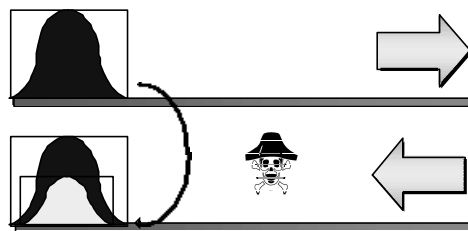
- Perte de puissance du signal
- S'exprime en dB
- L'atténuation augmente avec la distance  
la fréquence

## Paradiaphonie (NEXT)



- Couplage entrées/sortie  
S'exprime en DB (on recherche des valeurs élevées)
- Augmente avec la fréquence
- Affectée par :
  - la construction du câble
  - la qualité de l'installation

## Marge signal à NEXT



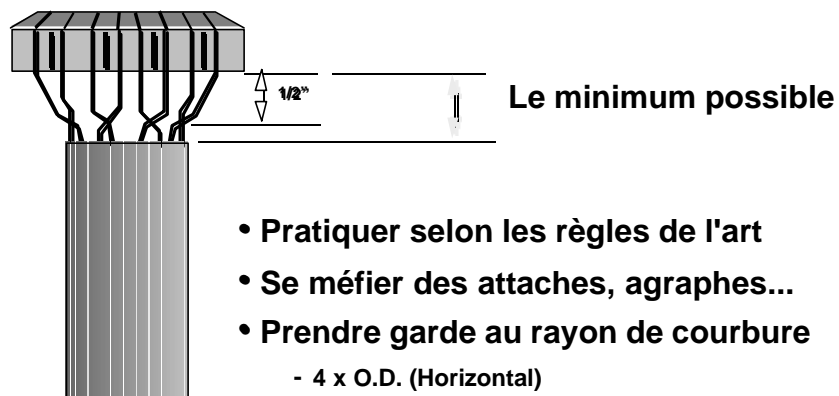
Signal désiré - bruit indésirable

## UTP Performance du Cable

(@ 16 MHz)	Cat. 3 Up to 16 MHz			TIA TR41.8.1 COMMITTEE: TSB-36
		Cat. 4 Up to 20 MHz	Cat. 5 Up to 100 MHz	
ATTN. per 100 meters	13.1	8.9	8.2	TIA TR41.8.1 Committee: TSB-40
NEXT	23 dB	38 dB	44 dB	

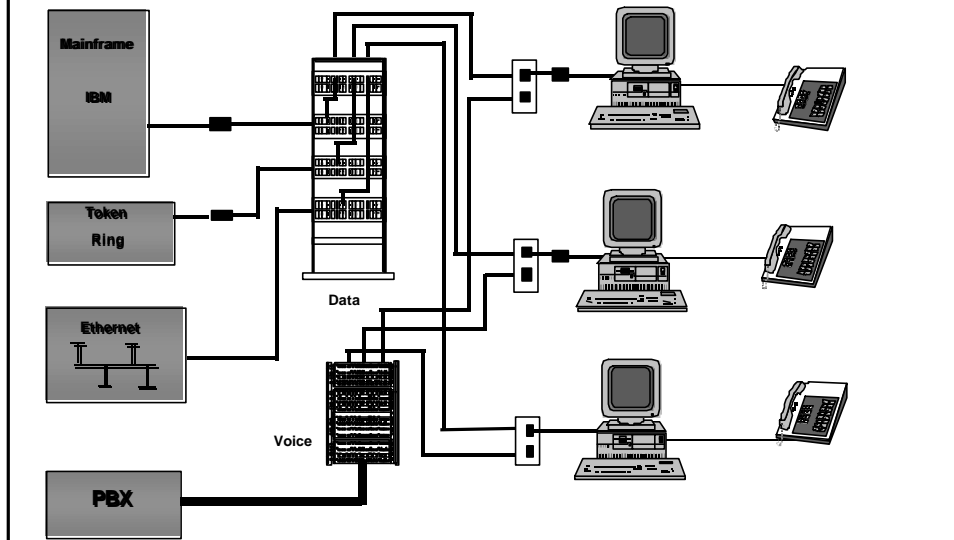
SWSA2006.029 6/28/94

## Les règles d'installation



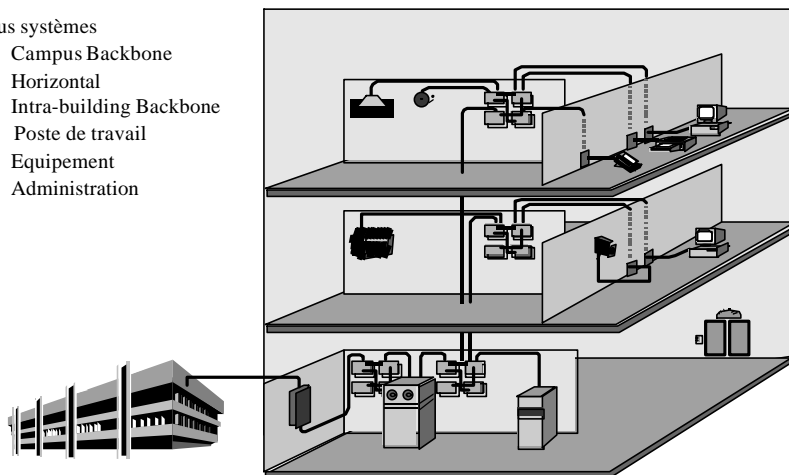
- Pratiquer selon les règles de l'art
- Se méfier des attaches, agrafes...
- Prendre garde au rayon de courbure
  - 4 x O.D. (Horizontal)
  - 10 x O.D. (Multipaire)
- Limiter la force de tirage

## Cablage structuré



## Infrastructure : impact architectural

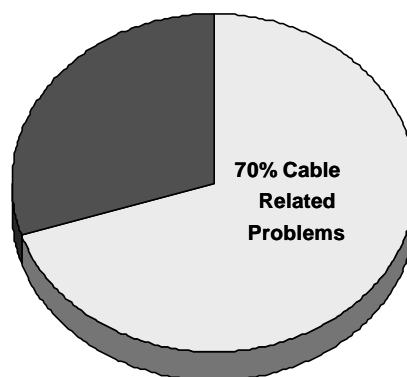
- Sous systèmes
- Campus Backbone
  - Horizontal
  - Intra-building Backbone
  - Poste de travail
  - Equipement
  - Administration



## Les besoins en bande passante

	Débit	Codage	Fréquence max
Ethernet	10 Mbps	2 Level	10 MHz
Token Ring	16 Mbps	2 Level	16 MHz
TP-PMD	100 Mbps	Multi Level	31.25 MHz
ATM	155 Mbps	Multi Level	38.75 MHz

## Les interruptions de service



Source: LAN Technology 1991



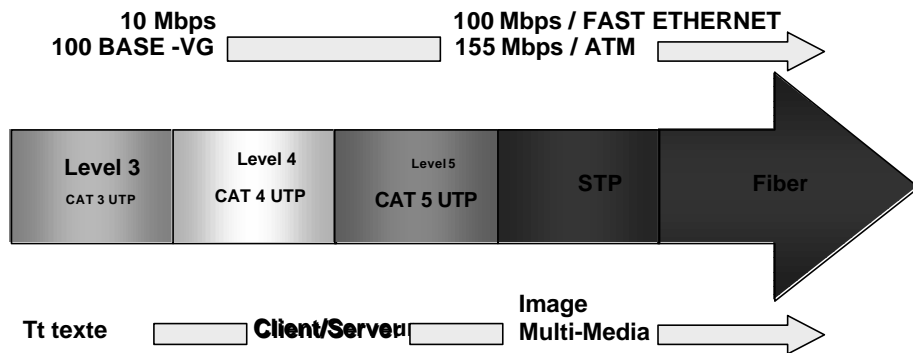
## Standards de Câblage Générique

- ISO/CEI - DIS 11801 - Câblage Générique du Local Client
- EIA/TIA-568A - Câblage de Bâtiments Commerciaux
- CEN/CENELEC prEN50173 - Exigences sur les Performances des Modèles de Câblage Générique

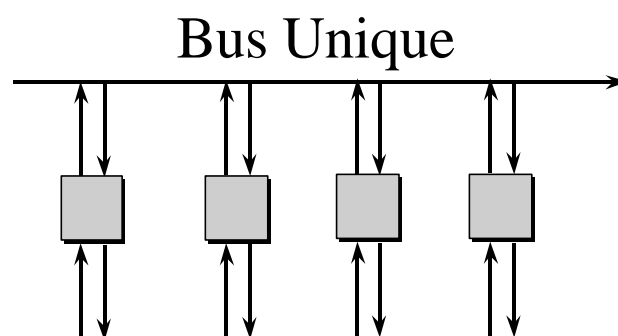
## ISO/CEI DIS 11801

- Fin de la période d'approbation: 6-7-94
- Dernière réunion : Palo Alto, CA 3-10-94
- Texte Envoyé à Genève: 31-10-94
- En cours d'impression 28-4-95

# La croissance des besoins

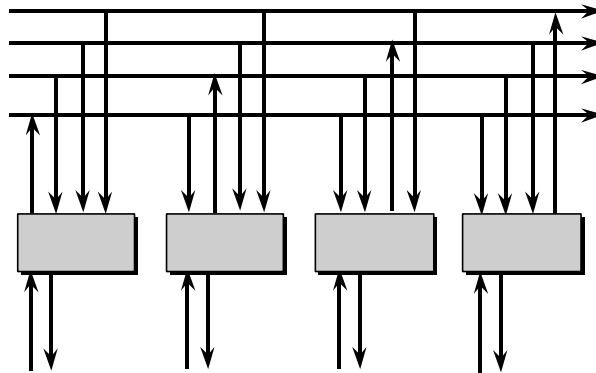


## Commutation de réseau local



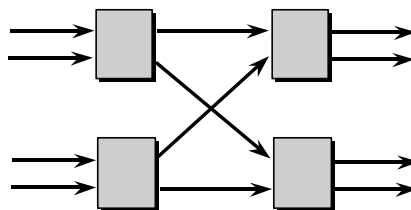
- Le plus simple
- 1–10 Gbps
- Multicast facile
- Blocage si over-subscription du bus

## Bus Multiple



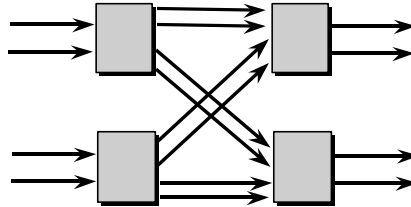
- Contrôle du blocage plus complexe
- Vitesse du Bus généralement supérieure au débit des portes
- Débit comparable au bus unique—10 Gbps
- Multicast facile

## Commutation (Blocante)



- Circuiterie plus complexe
- Généralement basé sur ASICs
- Multicasts par copie de trame
- La matrice interne fonctionne à la vitesse des entrées
- Probabilité élevée de blocage
- Jusqu'à 200 Gbps

## Matrice non bloquante

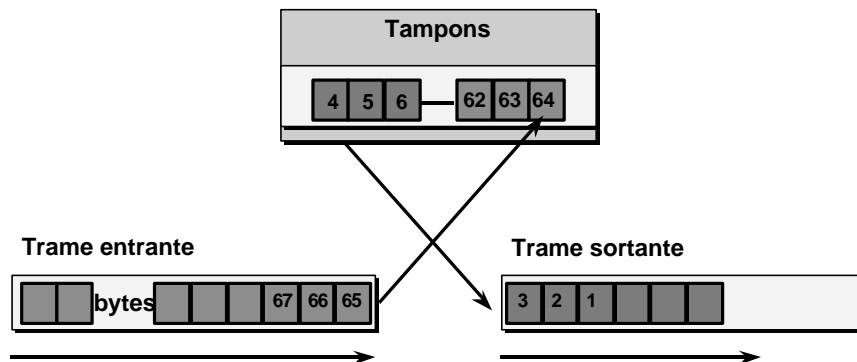


- Circuiterie plus complexe
- Généralement basé sur ASICs
- Multicasts par copie de trame
- La matrice interne fonctionne généralement à une vitesse supérieure à celle des entrées
- Faible probabilité de blocage
- Jusqu'à 200 Gbps

## Technologie

- Cut-through
- Store-and-forward

## Cut-Through



## Cut-Through

- Très faible latence
- Transmission des fragments résultant de collisions
- Transmission des trames en erreur—runts, bad CRC, giants
- Excellent quand les contraintes temporelles sont plus importantes que le contrôle d'erreur

## Cut-Through

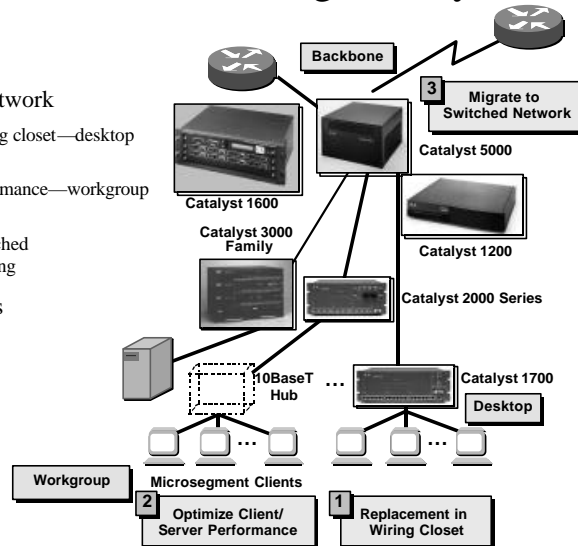
- Fragment free
  - contrôle des runts et des fragments
- Adaptive error free
  - Passage au store-and-forward sur dépassement d'un seuil d'erreur
  - Passage au cut-through quand le taux d'erreur passe au dessous du seuil d'erreur

## Store-and-Forward

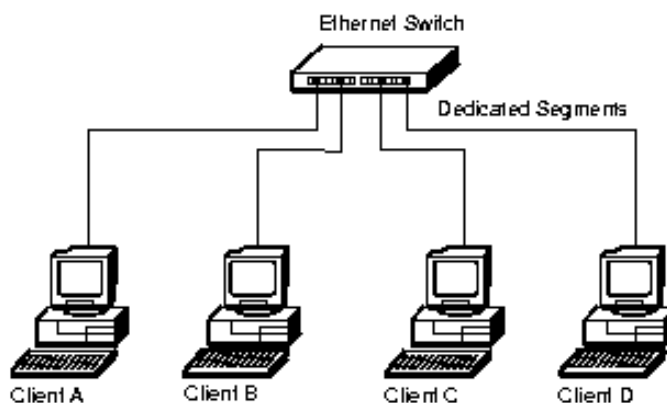
- Stockage de la trame entière avant commutation
- Latence augmentée (stockage à la vitesse du medium)
- Excellent si le stockage est nécessaire
  - Porte serveur oversubscribed
  - Backbone switch

## Cisco LAN Switching Family

- Increase bandwidth and performance of existing network
  - 1 Replace shared hubs in wiring closet—desktop switching
  - 2 Optimize client/server performance—workgroup switching
  - 3 Migrate from shared to switched backbone—backbone switching
- Enable virtual LANs across switched network

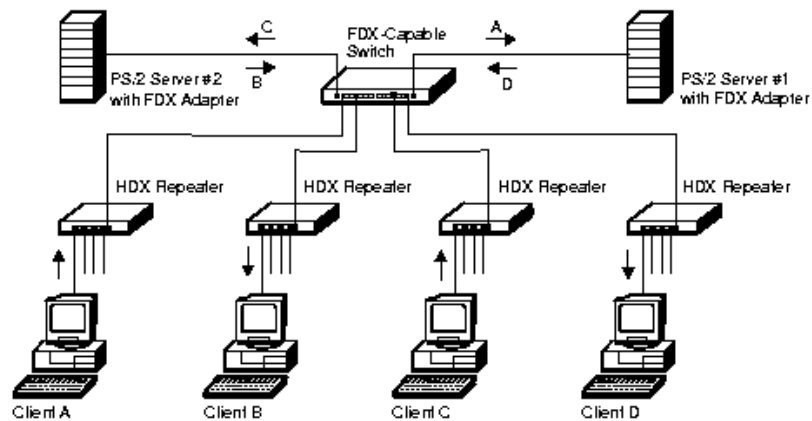


## Commutation et microsegmentation

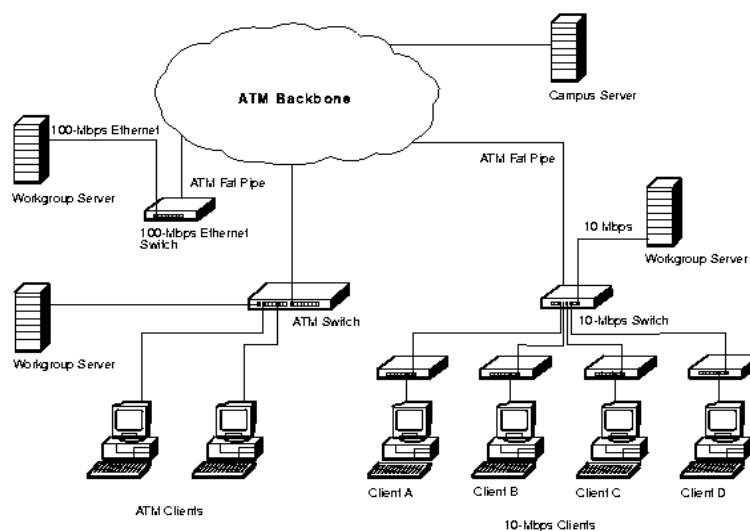




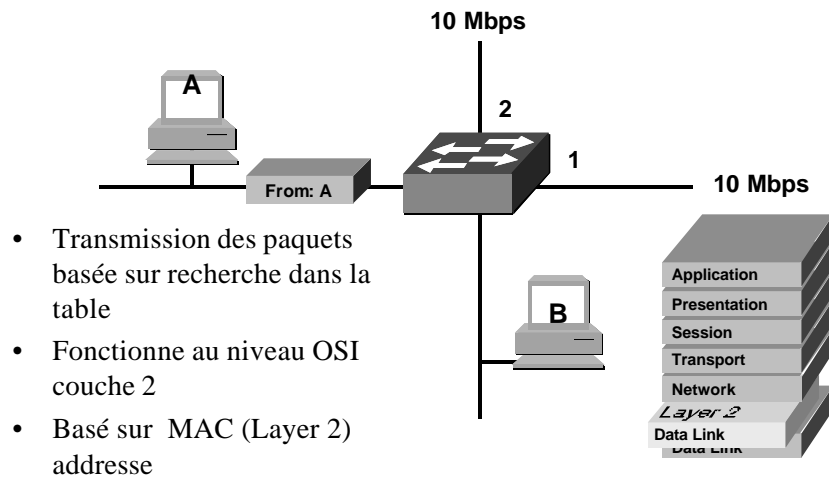
## Disponibilité des serveurs attachement FDX



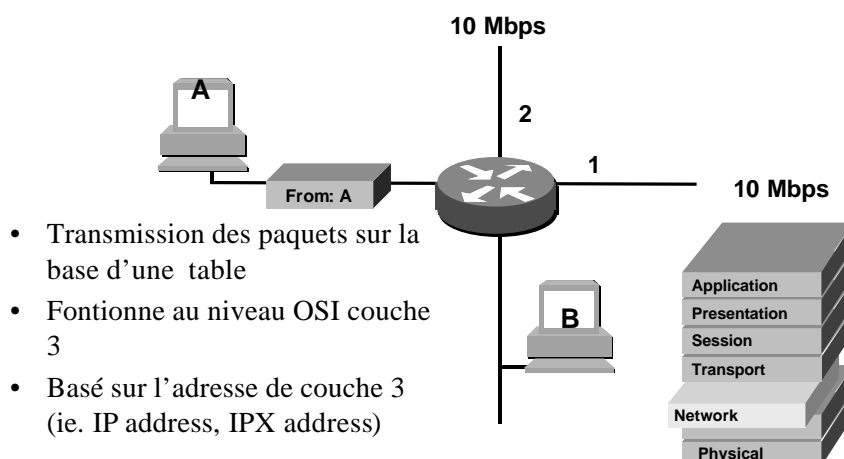
## Evolution vers ATM






## Fonctionnement d'un commutateur



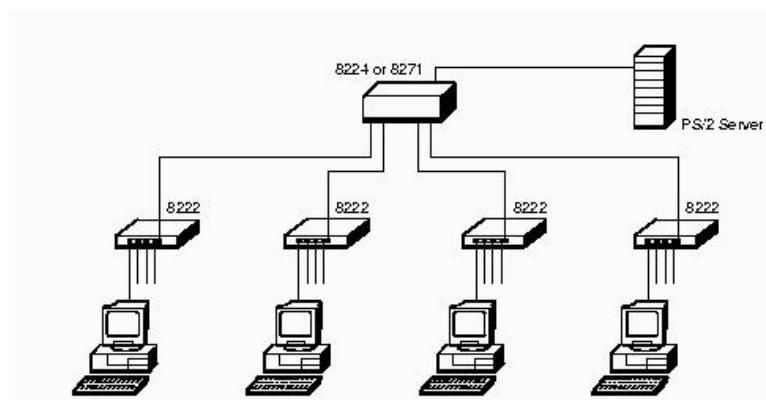
## Fonctionnement d'un Routeur



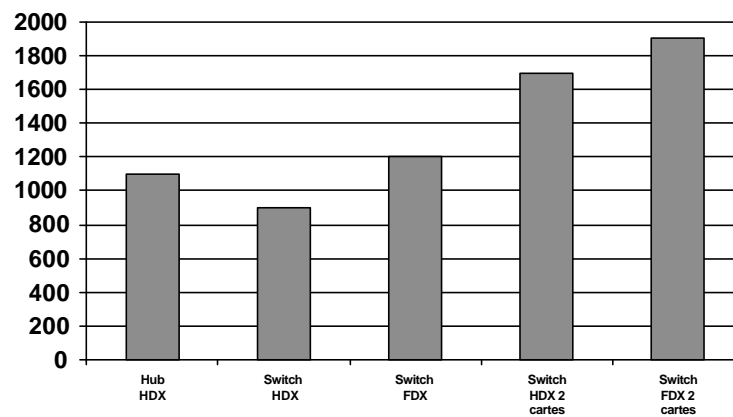
## Comparaison

	Connectivité	Contrôle des Collisions	Contrôle des Broadcasts
 Hub	oui	non	non
 LAN Switch	oui	oui	non
 Routage	oui	oui	oui

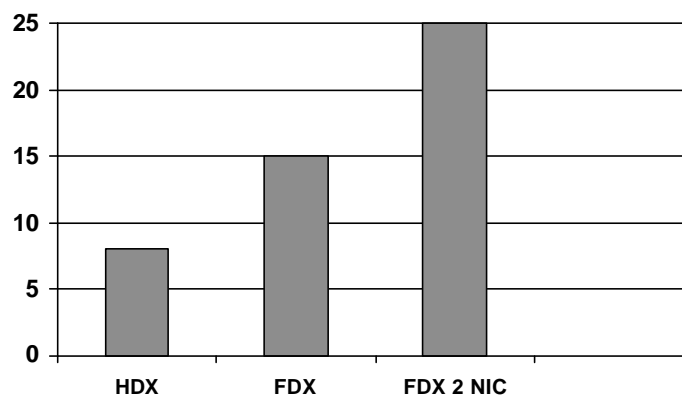
## Configuration test



## Performances (kbps)



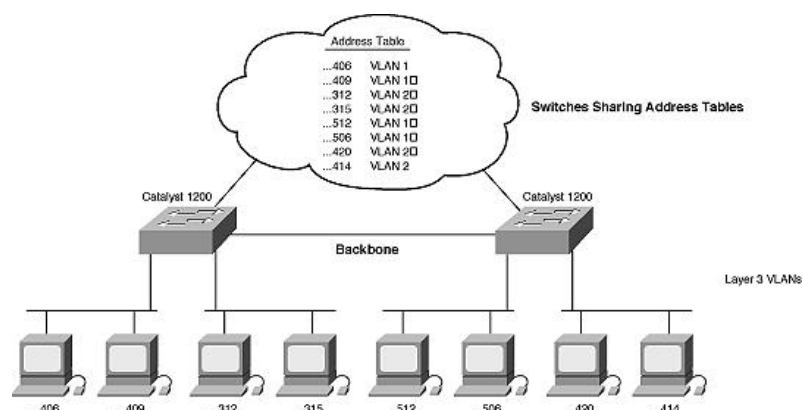
## Trafic bidirectionnel (Mbps)



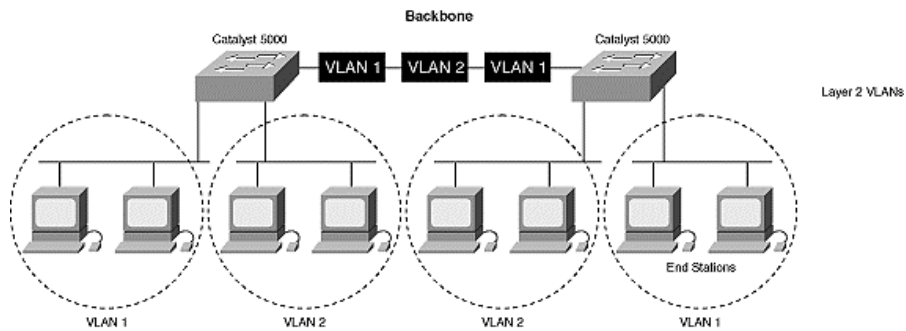
# Les Vlan

- Administration
  - déplacement des stations
- Contrôle des broadcasts
- Sécurité
- Migration

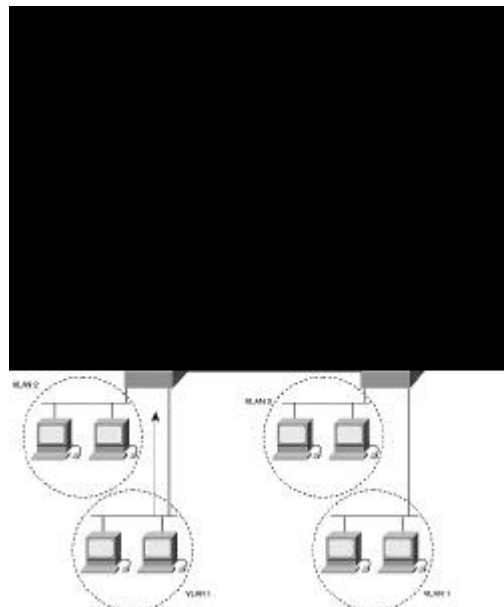
## Les Vlan : niveau 3



## Les Vlan : niveau 2



## Les Vlan : administration



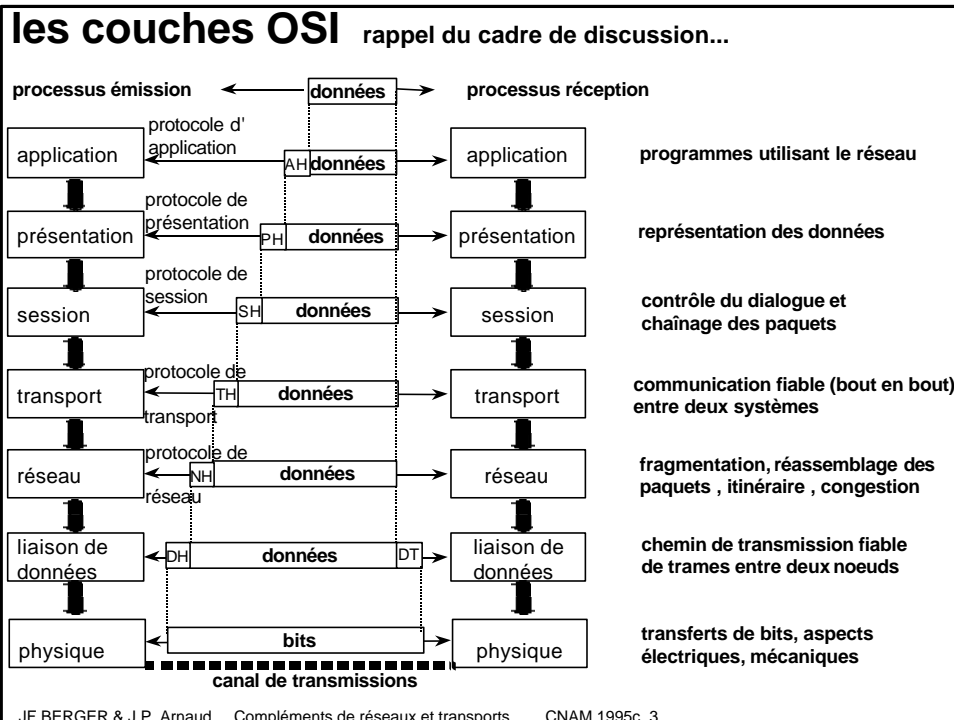
- Statique
  - simplicité
- Dynamique
  - adresse Mac
  - adresse logique
  - protocole

# Typologie des équipements d'interconnexion

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 1

# I RAPPELS et INTRODUCTION

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 2



## Les Réseaux locaux d'entreprise(1)

- **le Comité 802 de l'IEEE**

- **couche physique et couche liaison de données**
- **décomposition de la couche liaison de données**
  - **sous couche MAC : Médium Access Control**
    - algorithmes de gestion de connexions (circulation de jetons, attente avant envoi après collision), priorités, détection d'erreurs, fractionnement en trames.
  - **sous couche LLC : Logical Link Control**
    - délimite les champs permettant à plusieurs protocoles des couches supérieures de partager l'utilisation de la liaison
    - trois types de contrôle de liaison:
      - type 1: simple flux de données sans contrôle d'erreurs (orienté Donnéesgramme)
      - type 2: orienté connexion, donc avec des champs pour numéroté les messages, accusés de réception, champs différenciant les données des informations de contrôle
      - type 3: version simplifiée du type 2 (à moitié fiable, moins coûteux)



## Les Réseaux locaux d' entreprise(2)

- **les comités 802:**(normes ISO 8802.3, 8802.4, 8802.())
  - 802.1: problèmes communs (adressage, gestion et ponts)
  - 802.2 : définit LLC
  - 802.3 : réseau local à accès multiples (méthode CSMA/CD) (dérivé d' ethernet de Xerox puis Intel,DEC et Xerox)
  - 802.4 : réseaux locaux à bus à jeton (Token bus)
  - 802.5 : réseaux locaux à anneaux à jetons (Token ring) (4Mb et 16 Mb)
- **FDDI** : normalisé ANSI, anneau à jeton 100Mb,différent de 802.5

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 5

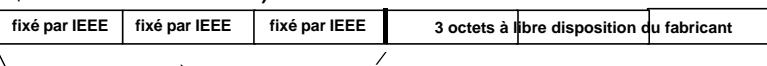
## définitions de base

- **NOM** : ce que c'est (identificateur) indépendant de la localisation)
- **ADRESSE** : où c' est (valable quelle que soit la source, change si la destination se déplace)
- **ROUTE** : comment s' y rendre (dépend de la localisation de la source et de la localisation de la destination).
- **mais le 802 définit des adresses LAN de réseau local sur 48 bits attribuées de façon universelle==> ce sont des noms....qu' on appelle adresses.**
- **adresses de LAN : normalisées par le comité 802:**  
16 ou 48bits.
  - attribuées par l'IEEE : standard de fait : 48 bits

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 6

# les adresses LAN

- adresses uniques, universelles, attribuées par IEEE,**  
autorité centrale qui attribue des adresses aux fournisseurs d'équipement  
(1000 \$ le bloc de  $2^{24}$  adresses)




code fournisseur : OUI  
(Organizationally Unique Identifier)  
(un fournisseur peut acheter plusieurs blocs)...

- en réalité, seuls 23 bits sont fixés par IEEE :  
un bit G/I servant à distinguer Groupe / Individu:

G/I: 0 adresse d une station particulière 1: groupe logique de stations  
de travail (adresses multicast)

- de plus ,parmi ces 23 bits , un bit G/L permet de savoir si l' adresse est universelle (1) (IEEE) ou locale (0)



6bits G L

1 2 3 4 5 6

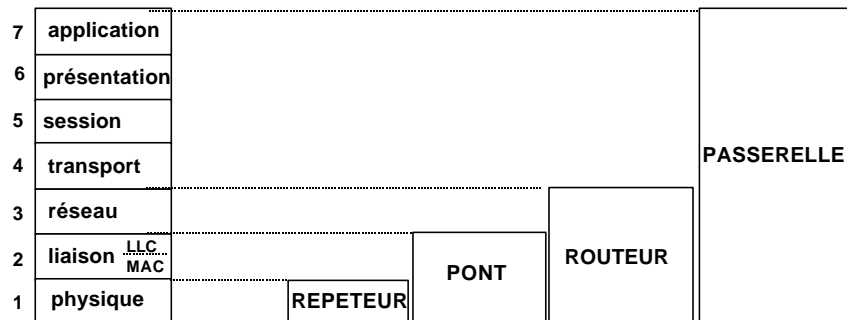
J.F. BERGER & J.P. Aumaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 7

# Les différents éléments d'interconnexion

des répéteurs aux passerelles

## présentation générale

### produits d' interconnexion et couches OSI



JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 9

## les répéteurs

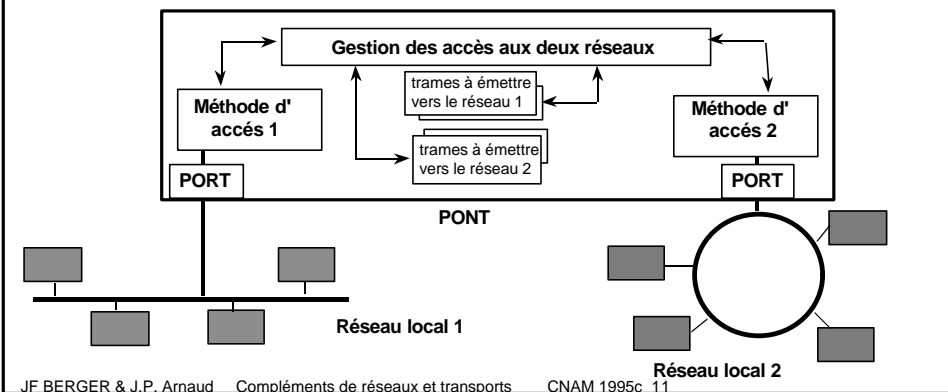
- agissant localement, au niveau couche physique
- réalisation de connexion physique entre deux médias identiques ou différents par régénération des signaux; (on assure la continuité physique: de l' amplification du signal (recopie des bits à mesure qu'ils arrivent)à la régénération et restitution d'horloge)
- les différents segments de cable constituent un seul réseau logique local (connexion transparente)

**EX:** les transceivers de 802.3 donnent une longueur maxi de segments de 500m.On relie les segments par des répéteurs pour atteindre les 2500m (4 répéteurs maxi en série)

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 10

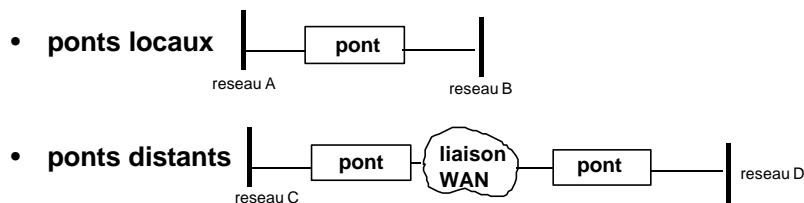
## les ponts définitions appelés aussi répéteurs sélectifs

- permet d' interconnecter des réseaux ayant des couches physiques et sous-couche MAC différentes, donc transparents pour les niveaux supérieurs.
- Le pont reçoit des trames selon une technique d' accès (Réseau A) et les retransmet selon une autre vers le réseau B si leurs adresses de destination sont reconnues appartenir au réseau B:



## les ponts suite

- permet de découpler deux (ou +) segments de réseau (aspect isolement de trafics)
- réunit deux ou plusieurs réseaux locaux physiques en un seul logique.
- peut être doté de fonctions de filtrage pour respecter des contraintes de temps ou de sûreté de fonctionnement
  - par exemple, bloquant les transmissions longues, ou assignant certains échanges à des parties bien précises du réseau.



**ponts dynamiques:** chaque pont gère dynamiquement une table des interlocuteurs locaux, ignore les trames de ceux-ci et ne transmet que celles destinées à un autre réseau local (ponts à apprentissage)

## les ponts transparents (1)

- normalisé dans 802.1
- **apprentissage** : technique d'auto-apprentissage des adresses des noeuds situés sur chaque segment connecté au pont:

### stratégie du pont:

- le pont écoute tous les paquets (mode promiscuous)
- pour chaque trame reçue sur un port du pont, le pont
  - enregistre l'adresse source et le port concerné (recevant) dans une mémoire cache stations
  - recherche dans cette mémoire cache stations l'adresse destination de la trame
    - si l'adresse destination ne figure pas, le pont réexpédie le paquet vers toutes les interfaces sauf celle de réception initiale du paquet (flooding)
    - si l'adresse destination est dans la mémoire cache stations, le pont se contente d'acheminer la trame vers l'interface spécifiée dans la table sauf si l'interface spécifiée est celui où il a été reçu (filtré)
- le pont date chaque entrée dans la mémoire cache-station et la détruit au bout d'un certain temps (aging time)

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 13

## les ponts transparents (2)

- le problème des boucles
  - soit l'architecture suivante:

### avec le seul pont P1:

pas de problèmes : (arbre)  
P1 sait juste qu'il a 3 ports  
à chaque transmission de trames,  
P1 va construire sa mémoire cache  
et accroître par auto-apprentissage  
ses connaissances

### avec deux ponts P1 et P2:

problèmes de boucles:

l'auto-apprentissage ne fonctionne plus correctement:

Quand A transmet un paquet, Chaque pont:

-reçoit le paquet,

-note que A réside sur le LAN 2

-met le paquet en file pour le réexpédier aux LAN 2 et 3

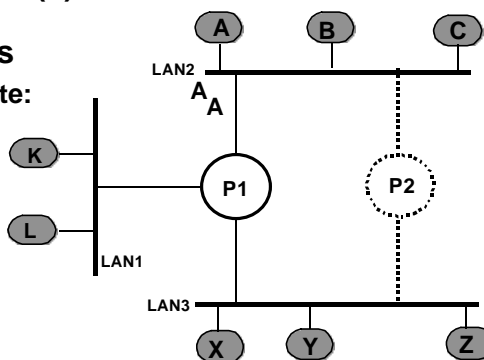
Or, un de ces deux ponts va réémettre le premier (par ex P2)

alors ce paquet va apparaître sur le réseau LAN3

donc P1 va recevoir le paquet depuis le lan 3 et donc

noter que A réside maintenant sur LAN3 et vouloir le réexpédier sur LAN1 et LAN2

Non seulement les paquets bouclent mais prolifèrent....



JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 14

## les ponts transparents (3)

- d'où l'algorithme pour éliminer ces possibilités de bouclage:  
algorithme de Spanning Tree (arbre recouvrant (appartient à 802.1))

Le but est de faire découvrir aux ponts de manière dynamique

- un sous-ensemble de la topologie du réseau qui soit sans boucle et
- de connectivité suffisante pour qu'il existe un chemin entre chaque paire de LAN

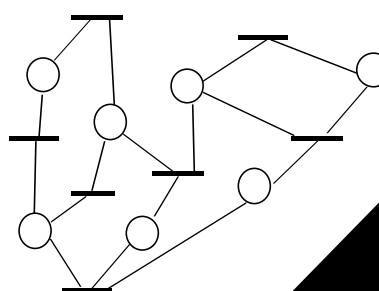
Pour cela, les ponts vont se transmettre des messages spéciaux : des messages de configuration (BDPU : Bridge Protocol Données Unit ou Unités de données de protocoles de ponts pour leur configuration) permettant de dérouler l'algorithme de l'arbre recouvrant:

- choisir un pont racine parmi tous les ponts (en général, algorithme distribué)
  - calculer la distance sur le plus court chemin entre les autres ponts et ce pont racine
  - pour chaque LAN choisir un pont, (le pont désigné) le plus proche du pont racine
  - pour chaque pont, choisir le port de pont racine qui donne l'accès au pont racine
  - choisir les ports à inclure dans l'arbre. (ce sont les ports racines et les ports des ponts désignés)
- le trafic est alors acheminé vers et de provenance des ports appartenant à l'arbre recouvrant, les autres ports n'étant pas utilisés

JF BERGER & J.P. Aumard Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c\_15

## les ponts transparents (4)

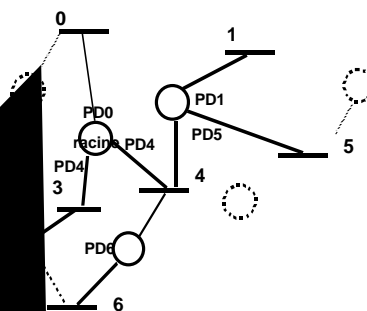
soit l'architecture de base:



- les messages de configuration sont échangés à intervalles réguliers (quelques secondes) pour maintenir la mise à jour de la topologie (et donc de l'arbre recouvrant).
- le calcul de l'arbre recouvrant est effectué à l'aide des BDPU (notamment pour la détermination des ports racines et des ponts désignés).

JF BERGER & J.P. Aumard Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c\_16

exemple d'arbre recouvrant



PD<sub>i</sub> : pont désigné pour le réseau i:

## les ponts transparents (fin)

- quelques compléments:

les messages de configuration émis par les ponts comportent

- l'identification du pont(+priorité) et du port utilisé, de la racine et du coût à celle-ci, des indications sur:

- l'âge du message (cad temps écoulé depuis que la racine a transmis son message de configuration), la durée de vie du message, le temps de prise de contact (temps qui s'écoule entre 2 messages de configuration émis par un pont qui se considère comme racine) ainsi que des délais liés à la durée d'apprentissage et d'écoute (pour réactiver un port)

- avantages et problèmes:

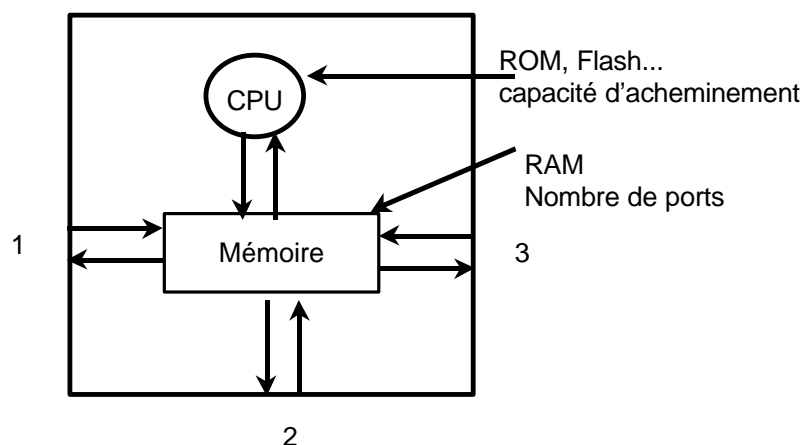
- autoconfiguration, détection des pannes de ponts, prise en compte des modifications de topologie.

- risque de sous-dimensionnement des ponts (car un non-traitement de BDPU engendre des boucles...)

- sous-utilisation de la topologie (cad de la capacité de transport installée)


JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 17

## Ponts : l'architecture



JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 18

## Ponts : les performances

- **Maximum forwarding rate**
    - pps d'une porte vers une autre
  - **Aggregate forwarding rate**
    - capacité globale
  - **Exemple**
    - max forwarding : 14800 fps
    - agregate : 18000 fps
  - **Règle des 80/20**
-  oversubscribed

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 19

## Commutateurs

- **Interconnexion niveau 2**
- **Aggregate forwarding rate plus élevé**
  - nombre de portes plus élevé
- **Latence**
  - toujours plus élevée que pour un pont
    - pont : 40 à 60 temps bit, commutateur 120 temps bit
  - plus élevée en store et forward (décision)
    - jusqu'à 12 144 temps bit
- **Congestion**
  - manque de ressource (mémoire, bande passante, CPU...)
  - asymétrie de la charge (cas des serveurs)

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 20

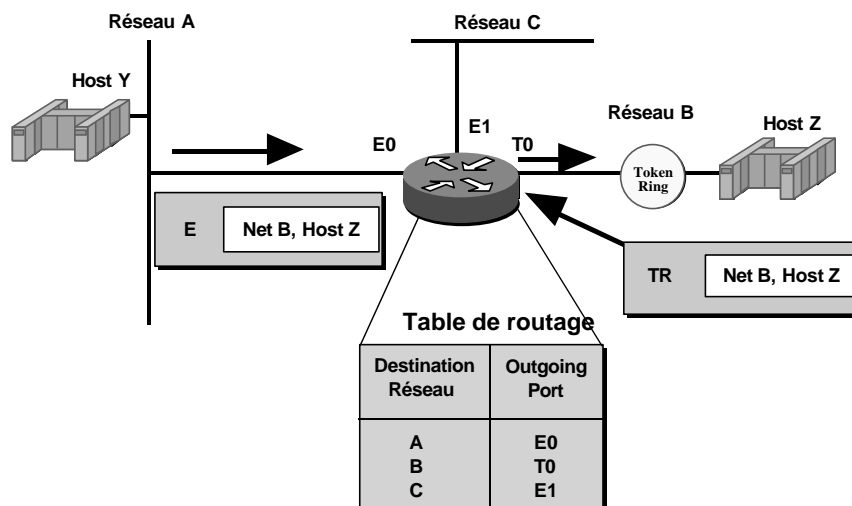


## les routeurs

- **Interconnexion de niveau 3 (adresse réseau)**
- **Non transparents**
  - dialogue station-routeur
- **Multiprotocole**
- **Posibilité de maillage**
- **Protocole de routage**
  - IP ou IPX
  - RIP, OSPF, EGP...
- **Latence plus élevée**
- **Grands réseaux**
  - broadcast
  - spanning tree : problème de la racine

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 21

## Le fonctionnement de niveau 3



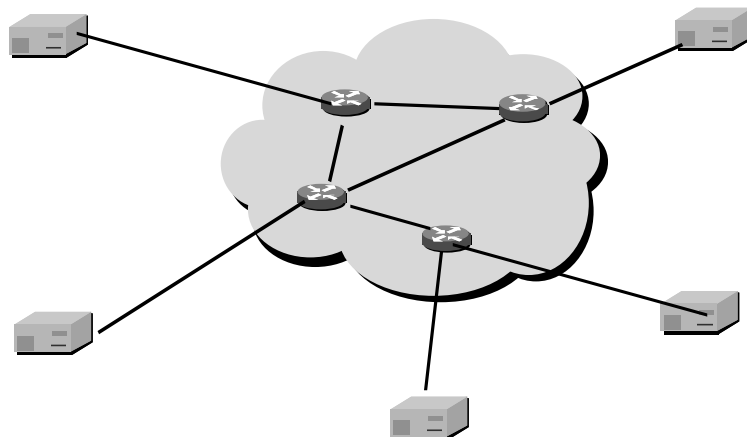
JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 22

## TCP/IP et l'Internet

- **Un réseau de réseau**
  - Une interconnexion universelle
  - Des protocoles standardisés
- **Essentiellement du soft, pas de hard**
- **Des services**
  - Réseau
  - Application
- **Une percée technologique et commerciale**

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 23

## Une vue conceptuelle



JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 24

## **Le modèle d'adressage**

- **Adresses IP affectées à toute machine du réseau**
- **Les logiciels applicatifs utilisent ces adresses pour envoyer les informations sur le réseau**
- **La conversion en adresse physique se fait automatiquement**

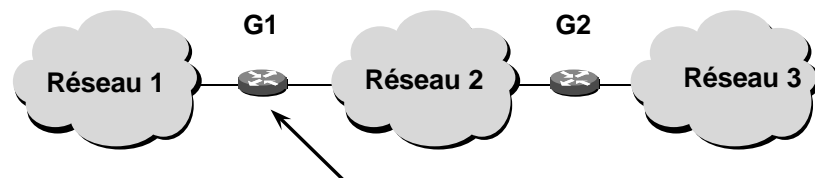
JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 25

## **Notion de routage**

- **Si une machine peut atteindre son destinataire directement, elle envoie ses informations sur le réseau; sinon elle les envoie à une passerelle (le routeur)**
- **Si un routeur peut atteindre le destinataire directement, il envoie les informations sur le réseau; Sinon, il les envoie à un autre routeur.**

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 26

## Exemple : routage statique



Réseau 1	direct
Réseau 2	direct
Réseau 3	G2
autre	erreur

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 27

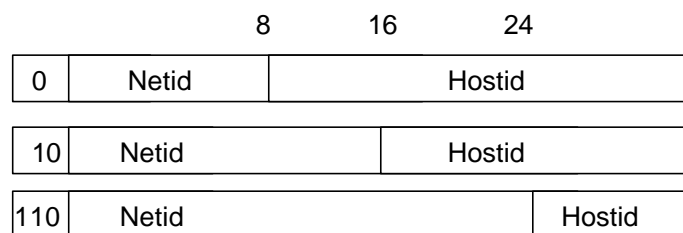
## Qualités d'un plan d'adressage

- **Compacité**
- **universalité**
- **Utilisable sur tout type de matériel**
- **Efficace**
  - Test de la possibilité d'un chemin direct
  - Décision de choix d'une passerelle
  - Choix du routeur le plus proche
  - Détermination du chemin le plus court

JF BERGER & J.P. Arnaud Compléments de réseaux et transports CNAM 1995c 28

## L'adressage IP

- **Compact et universel**
- **32 bits pour tous**
- **Attribué par autorité centrale pour les préfixes**
- **Attribué par l'administrateur local pour les suffixes**



JF BERGER & J.P. Arnaud \_ Compléments de réseaux et transports \_ CNAM 1995c\_ 29

## Caractéristiques de l'adressage TCP/IP

- **Adressage sur 32 bits**
- **Identification du réseau par préfixe attribué par une autorité centrale (IANA)**
- **Identification des machines par un suffixe attribué par l'administrateur local**

JF BERGER & J.P. Arnaud \_ Compléments de réseaux et transports \_ CNAM 1995c\_ 30

# **Protocoles de routage**

**d'après Jim Grubb , Cisco**

2



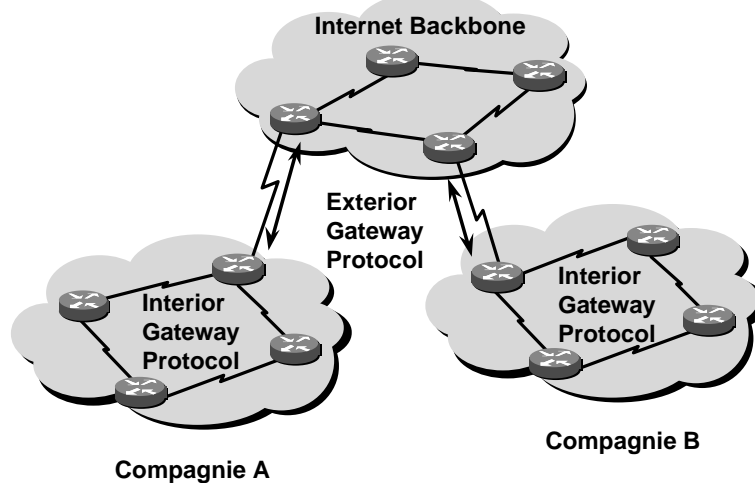
## **Agenda**

- **Qu'est-ce que le routage?**
- **La Table de routage**
- **Types de protocoles**
- **Les protocoles TCP/IP**
- **Le routage multiprotocole**

## ► Routage et protocoles de routage

- **TCP/IP est routé par:**
  - RIP
  - IGRP®
  - OSPF
  - EIGRP
- **AppleTalk est routé par:**
  - RTMP
  - EIGRP
- **DECnet est routé par:**
  - DECnet
- **VINES est routé par:**
  - RTP

## ► Interieur/Exterieur



## ► Agenda

- Qu'est ce que le routage?
- La table de routage
- Types de protocoles
- Les protocoles TCP/IP
- Le routage multiprotocole

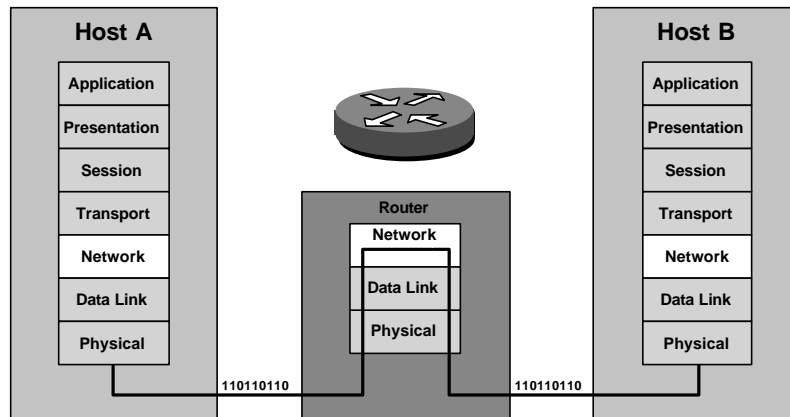
## ► Fonctions d'un routeur

- Le routeur construit des cartes et donne les directions
- Le commutateur achemine les trames entre des interfaces

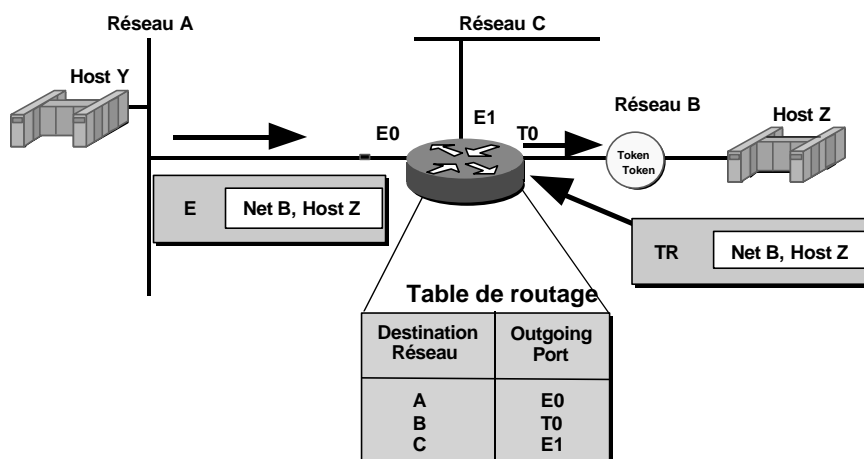




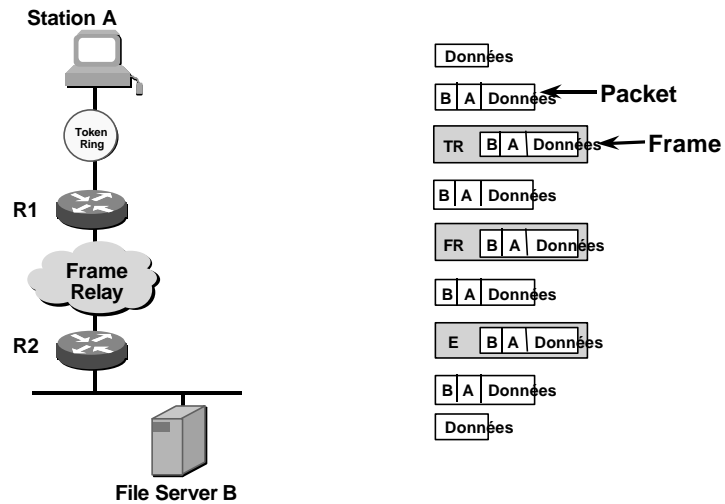
## ► Les routeurs opèrent au niveau 3



## ► Le fonctionnement de niveau 3



## ► Trames et Paquets



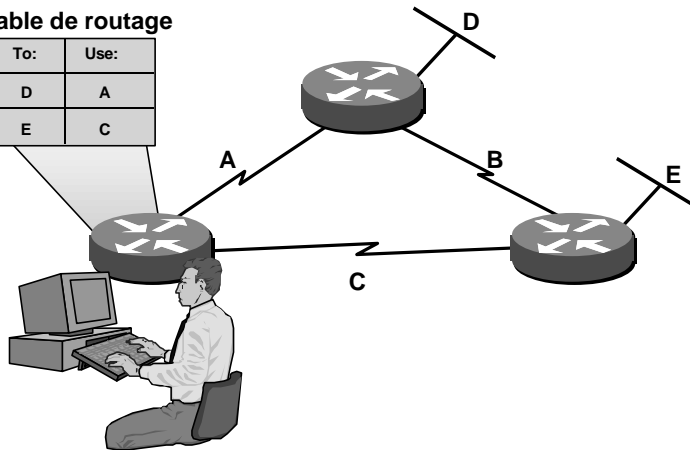
## ► Construction de la Table de routage

- statique
- dynamique

## ► Routage statique

Table de routage

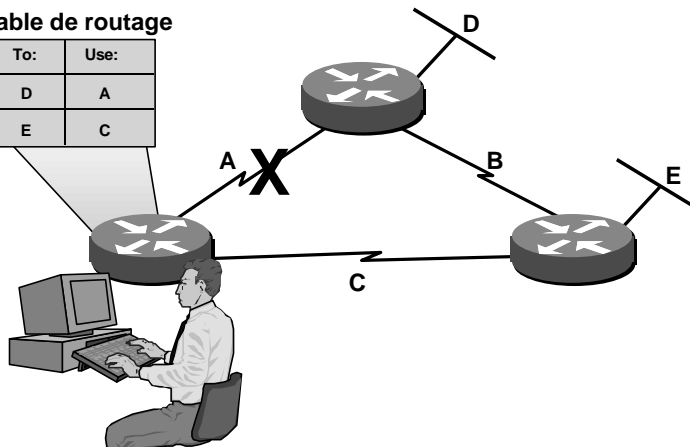
To:	Use:
D	A
E	C



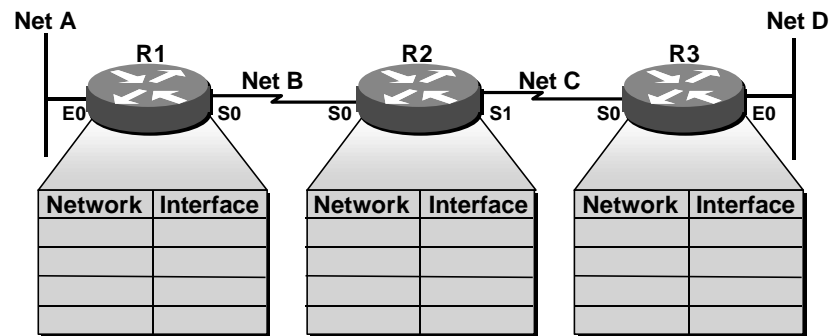
## ► Routage statique

Table de routage

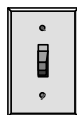
To:	Use:
D	A
E	C



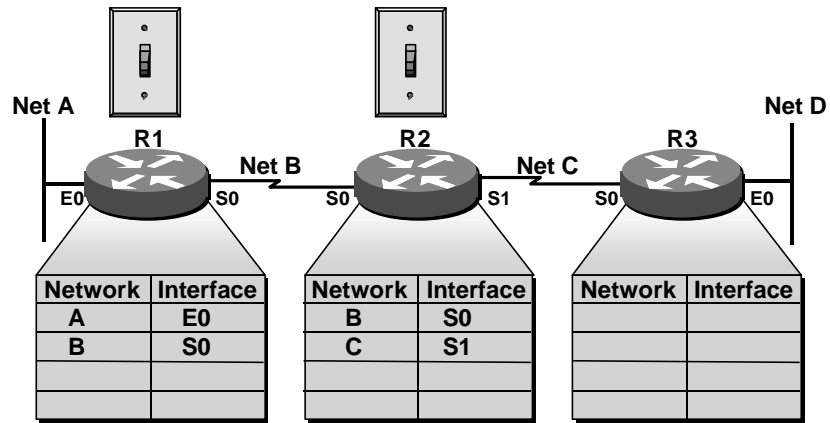
## ► Routage dynamique



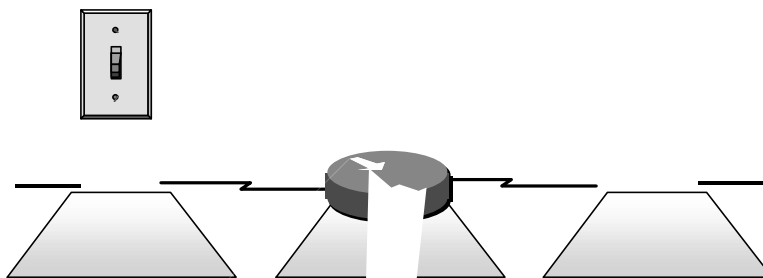
## ► Routage dynamique



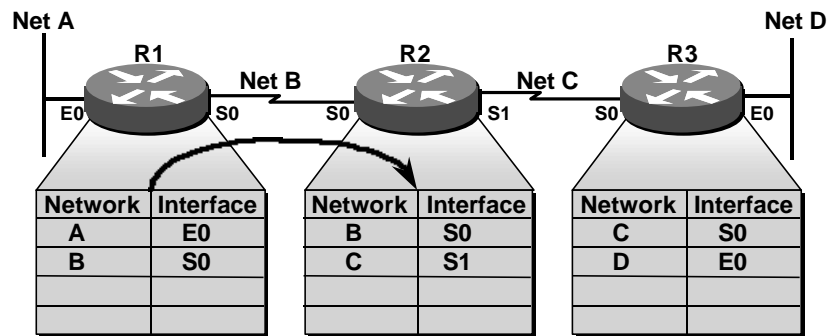
## ► Routage dynamique



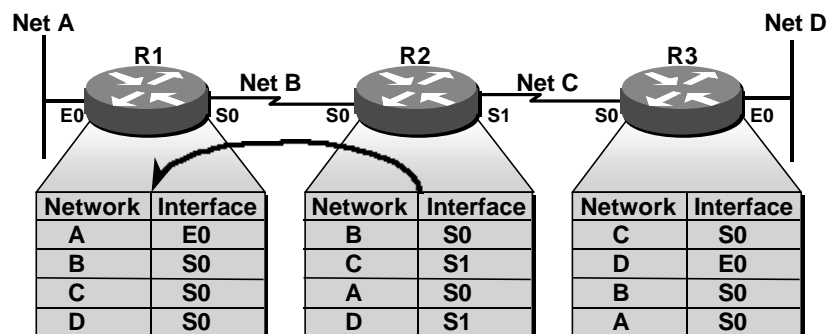
## ► Routage dynamique



## ► Routage dynamique



## ► Routage dynamique



## Agenda

- Qu'est ce que le routage?
- La table de routage
- Types de protocoles
- Les protocoles TCP/IP
- Le routage multiprotocole

## Table de routage

Network #	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

## ► N° de réseau

- Attribué par l'administrateur du réseau
- Enregistré par le NIC

## ► N° de réseau

- 32 Bit Address

A:

Network #	Host #
8 Bits	24 Bits

23.0.0.0

B:

Network #	Host #
16 Bits	16 Bits

144.254.0.0 (>128)

C:

Network #	Host #
24 Bits	8 Bits

202.148.104.0 (>192)

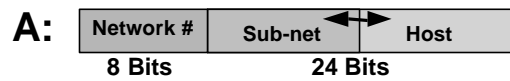
D:

Multicast
-----------

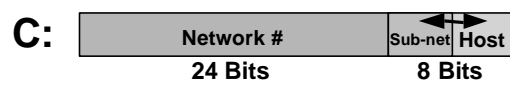
223.103.96.154 (>224)



## ► N° de sous-réseau

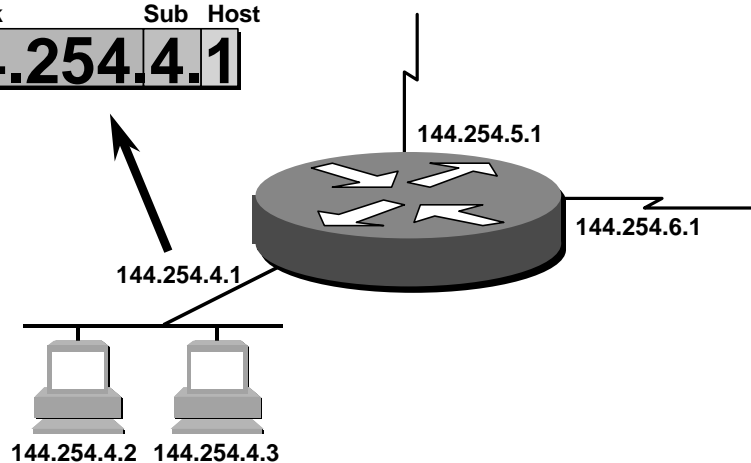


**144.254.4.1**



## ► Network/Subnet Number

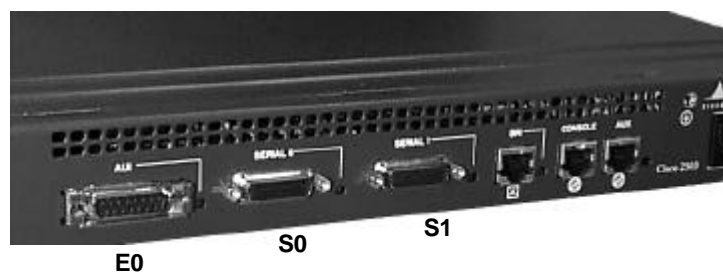
Network	Sub	Host
144.254.4.1		



## ► Table de routage

Network	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

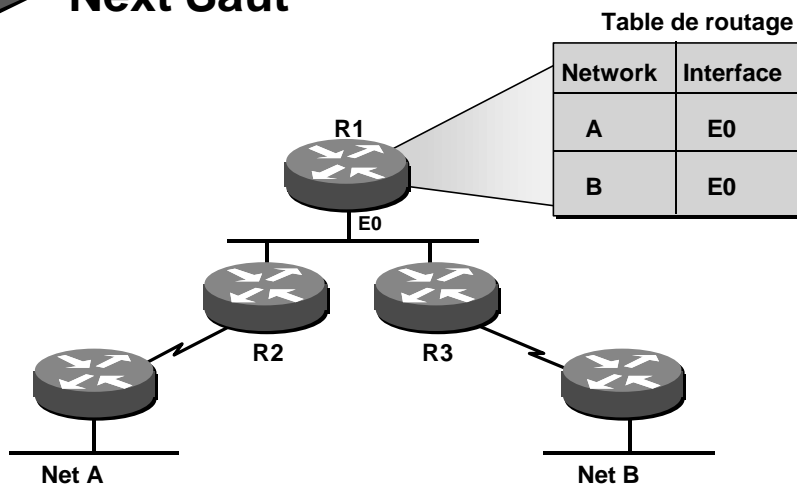
## ► Router Interfaces



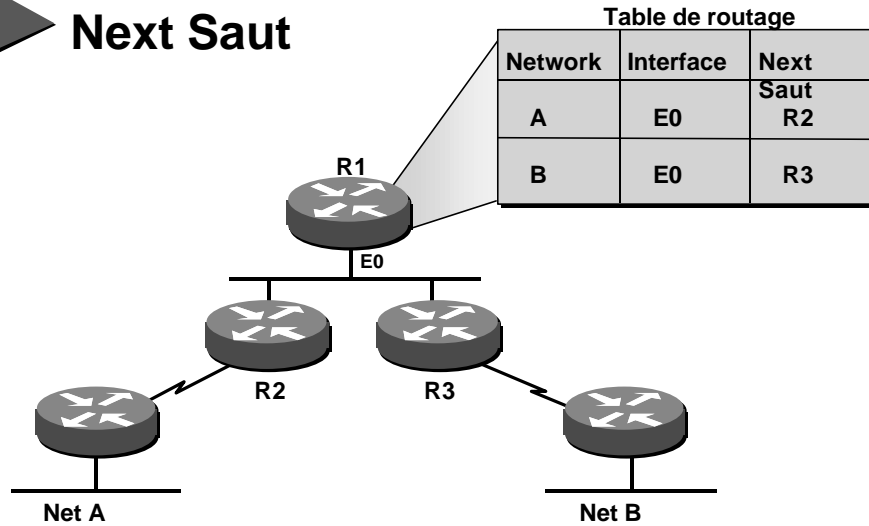
## ► Table de routage

Network	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

## ► Next Saut



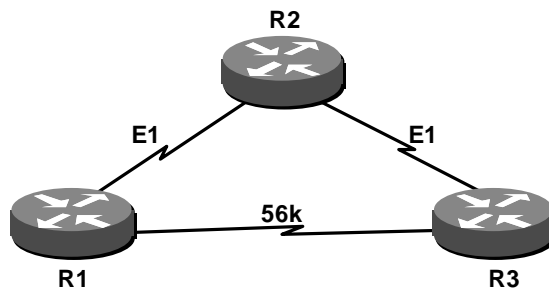
## ► Next Saut



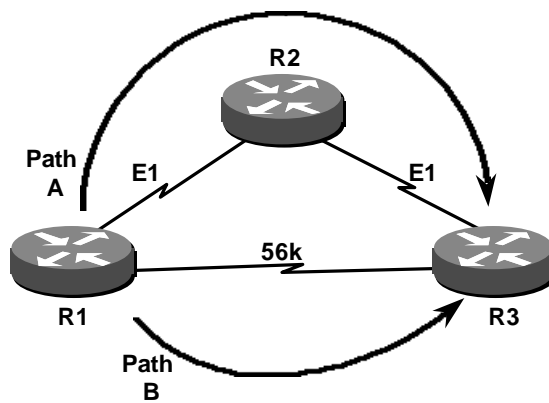
## ► Table de routage

Network	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

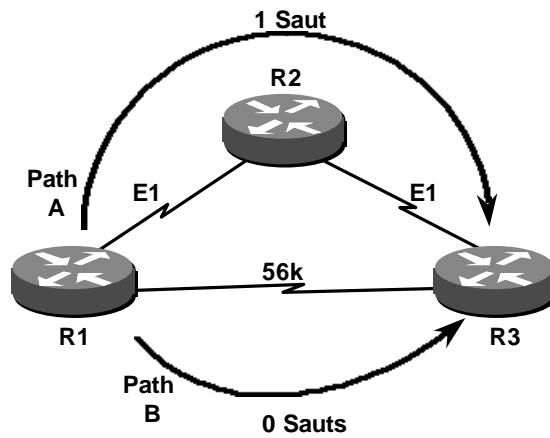
## ► Métrique



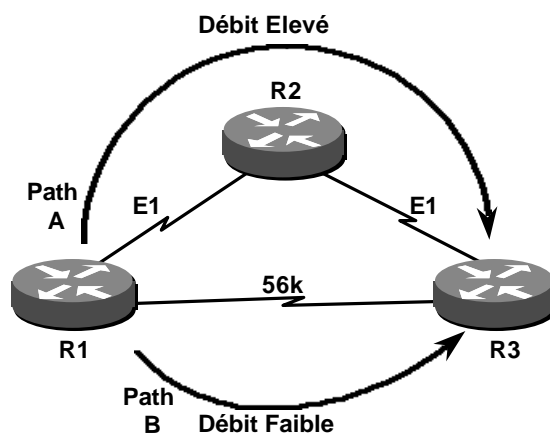
## ► Métrique



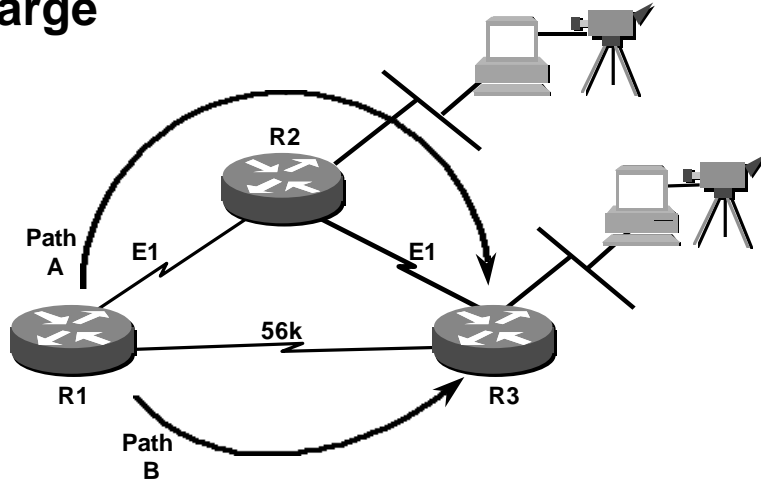
## ► Sauts



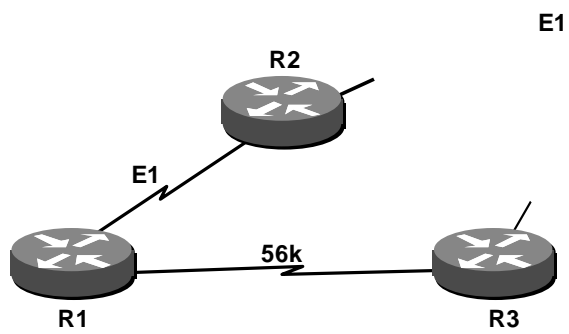
## ► Débit



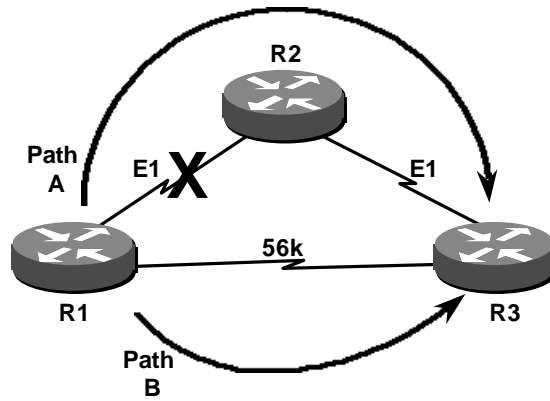
## ► Charge



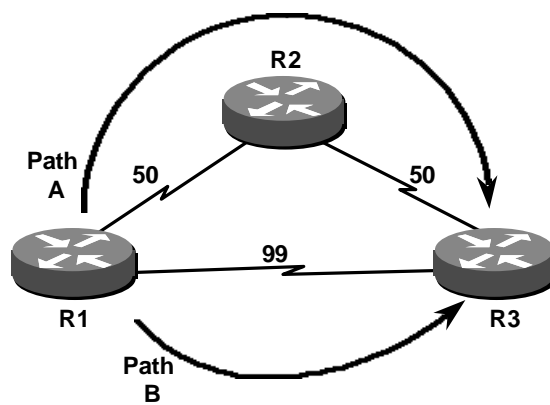
## ► Retard



## ► Fiabilité



## ► Coût





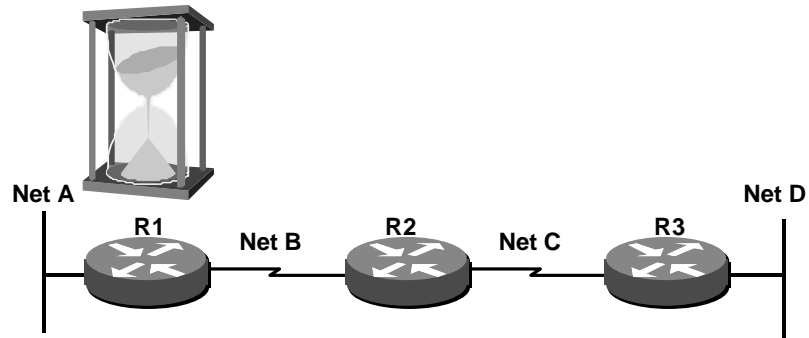
## **Métrique**

- Sauts
- Débit
- Charge
- Retard
- Fiabilité
- Coût

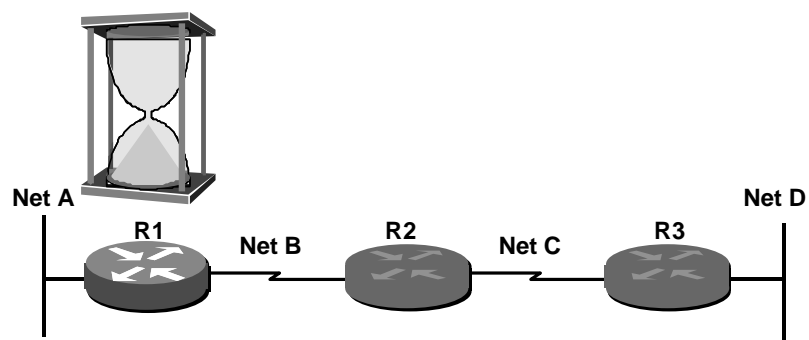
## **Table de routage**

Network	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

## ► Age/mise à jour périodique



## ► Age/mise à jour périodique



## ► Table de routage

Network	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

## ► Etat/protocole

- C—connecté
- S—statique
- I—IGRP
- R—RIP
- D—EIGRP
- O—OSPF



## **Le processus d'acheminement**

- **Destination de type unicast**  
Choix de l'interface, envoi à l'adresse IP (routeur)  
ou ARP (station), décrémentation du TTL
- **Destination de type broadcast**  
limited (255.255.255.255) : traitement  
directed (subnet.255) : choix de l'interface, envoi  
à l'adresse IP (routeur) ou broadcast,  
décrémentation du TTL



## **Sélection de la route (1)**

- **Règle 1 : concordance de base**  
Appliquer le masque à chaque entrée de la table  
et à la destination  
Conserver les entrées pour lesquelles il y a  
concordance et la route par défaut
- **Règle 2 : concordance maximum**  
sélection de la route de masque le plus long
- **Règle 3 : Type de service**
- **Règle 4 : métrique**

## **Agenda**

- **Qu'est ce que le routage?**
- **La table de routage**
- **Types de protocoles**
- **Les protocoles TCP/IP**
- **Le routage multiprotocole**

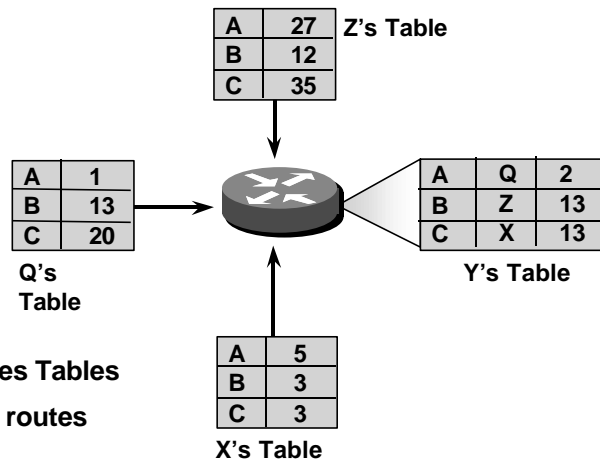
## **Protocoles de routage dynamique**

- **Distance vector**
- **Link state**
- **Distance vector amélioré**



## Traditional Distance Vector

- RIP
- IGRP
- RTMP
- Novell RIP

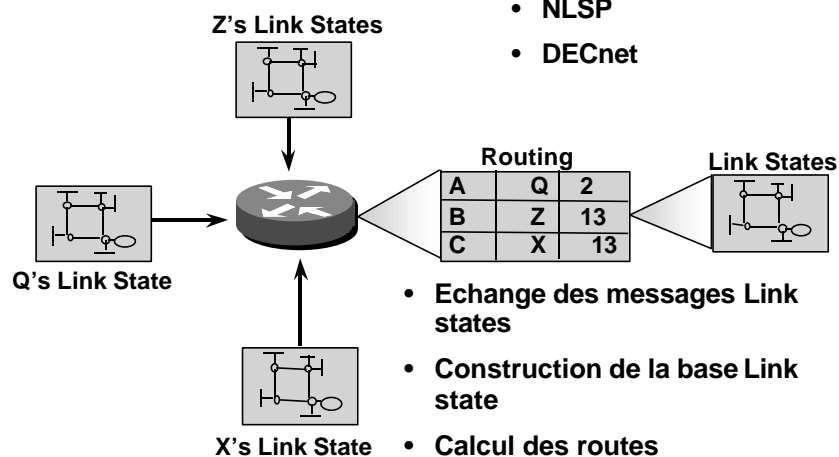


- Echange des Tables
- Calcul des routes



## Link State

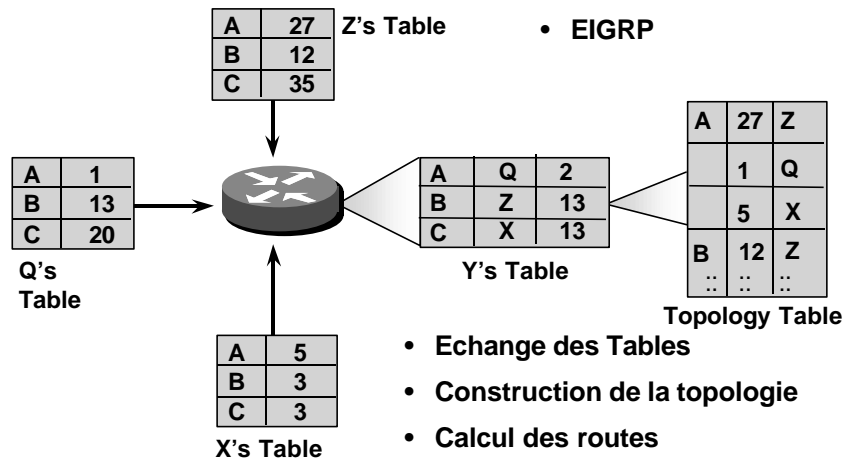
- OSPF
- NLSP
- DECnet



- Echange des messages Link states
- Construction de la base Link state
- Calcul des routes



## Advanced Distance Vector



## Objectifs d'un protocole de routage

- Sélection d'un chemin optimal
- Routage sans boucle
- Convergence rapide
- Réseau de toute taille
- Limitation des tâches d'administration

## Agenda

- Qu'est ce que le routage?
- La table de routage
- Types de protocoles
- Les protocoles TCP/IP
- Le routage multiprotocole

## Les protocoles TCP/IP

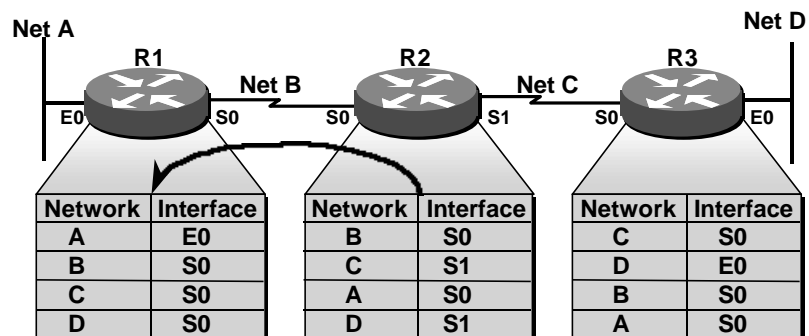
Distance Vector	Link-State	Distance Vector Amélioré
RIP IGRP	OSPF	EIGRP



## ► RIP

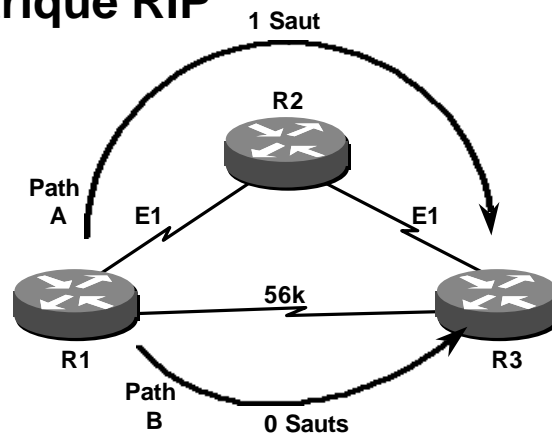
Distance Vector	Link-State	Distance Vector Amélioré
RIP IGRP	OSPF	EIGRP

## ► RIP—Distance Vector





## Métrique RIP

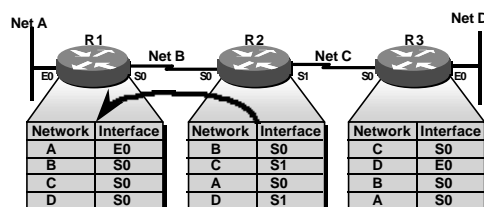


- Sauts



## RIP Timers

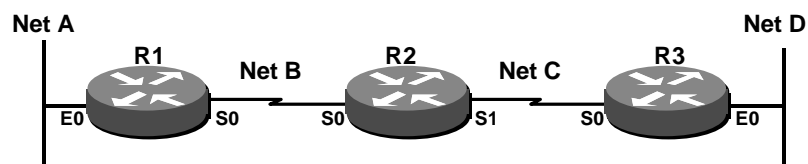
- Update = 1x                      30 Sec
- Invalid = 3x                      90 Sec
- Hold Down = 3x                      90 Sec
- Flush = 7x                      210 Sec



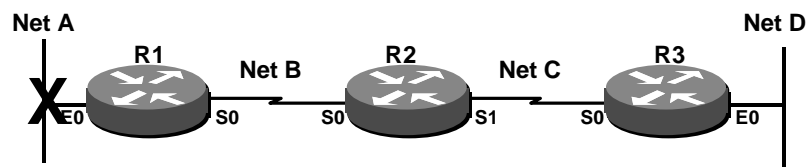
## ► RIP—Simple = Limitations

- Comptage à l'infini
- Boucles de routage
- Métrique limitée

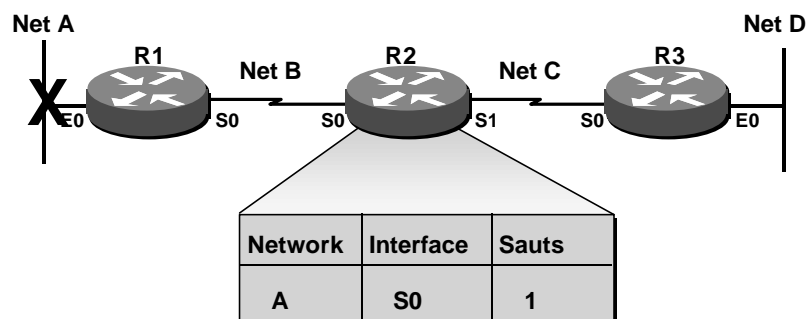
## ► Comptage à l'infini



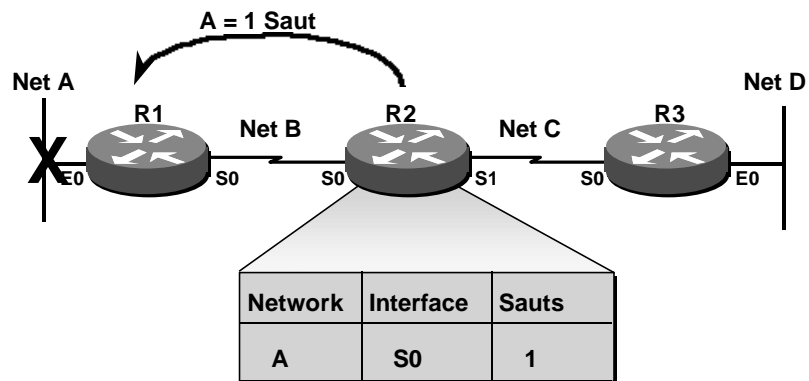
## ► Comptage à l'infini



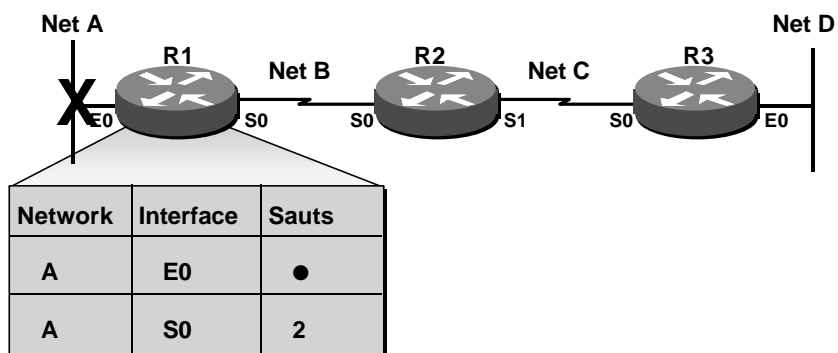
## ► Comptage à l'infini



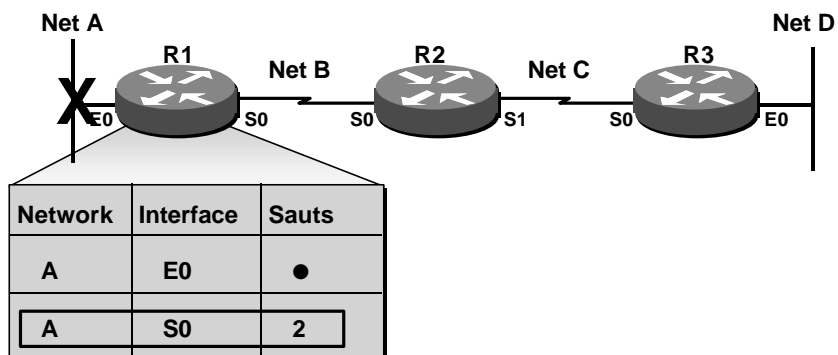
## ► Comptage à l'infini



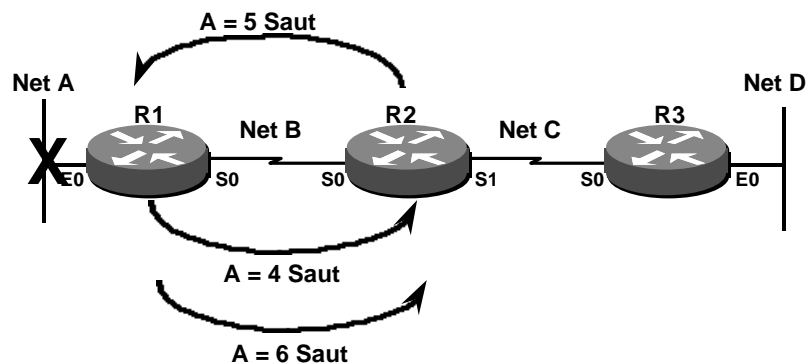
## ► Comptage à l'infini



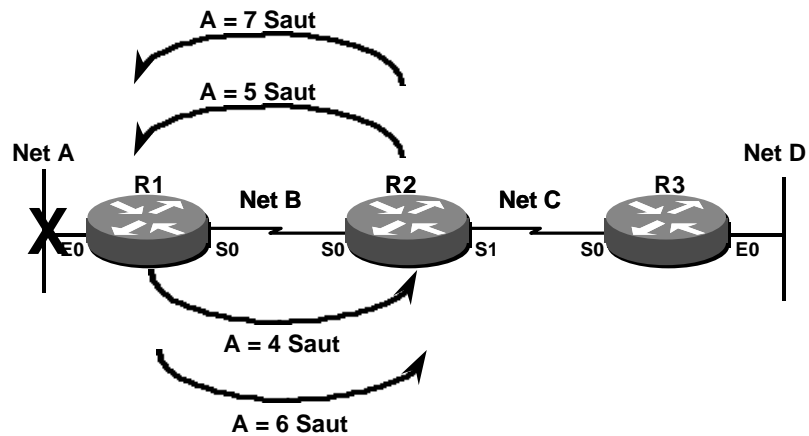
## ► Comptage à l'infini



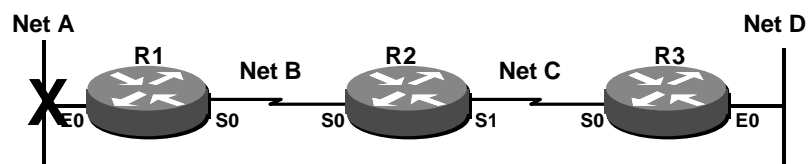
## ► Comptage à l'infini



## ► Comptage à l'infini

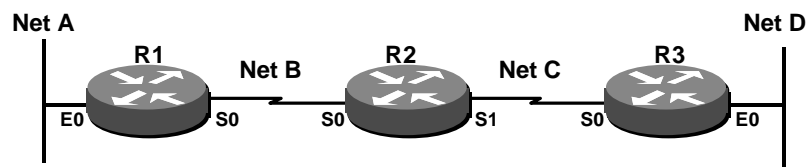


## ► Comptage à l'infini

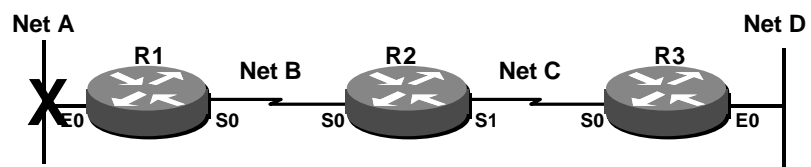


- Nombre maximum de sauts = 15
- 16 = •

## ► Hold Down

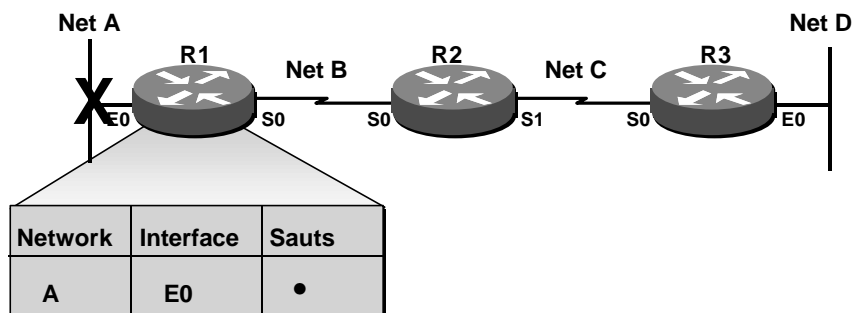


## ► Hold Down

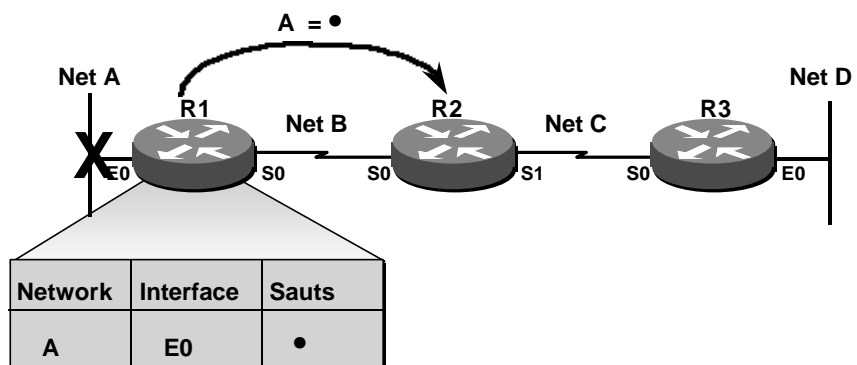




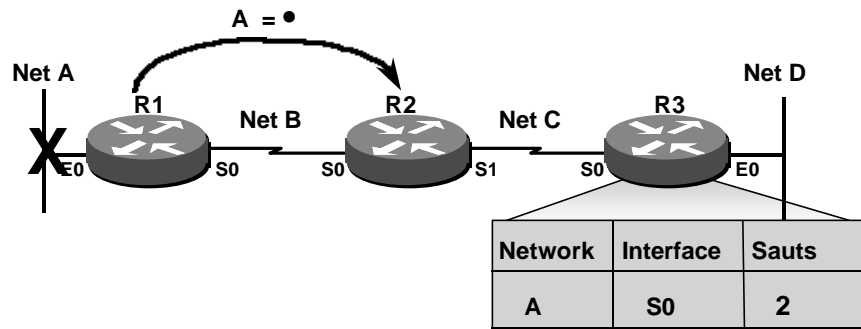
## ► Hold Down



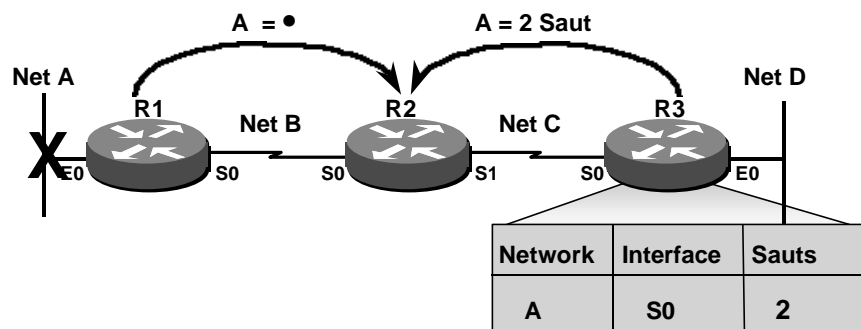
## ► Hold Down



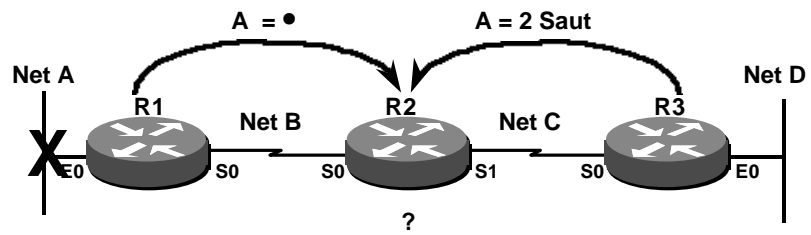
## ► Hold Down



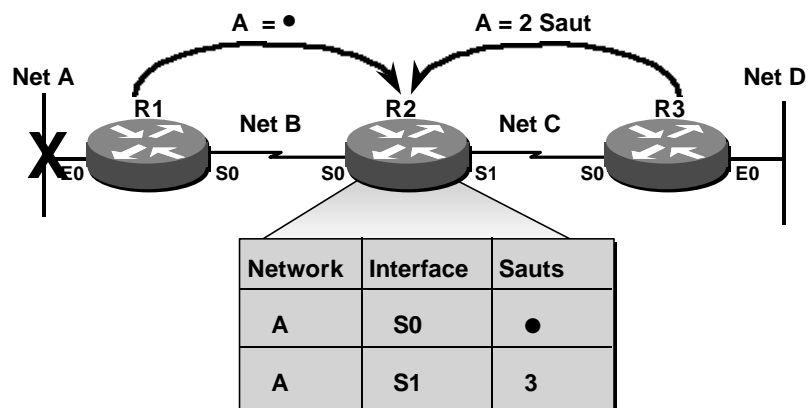
## ► Hold Down



## ► Hold Down

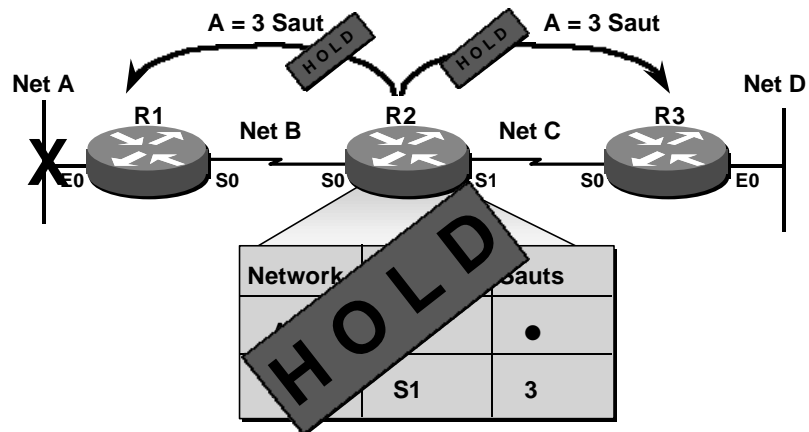


## ► Hold Down



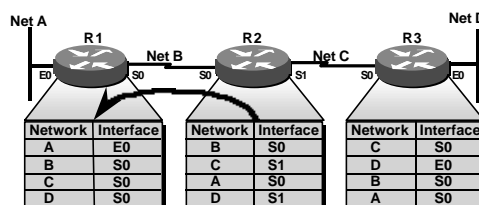
## ► Hold Down

- Quarantine period



## ► RIP Timers

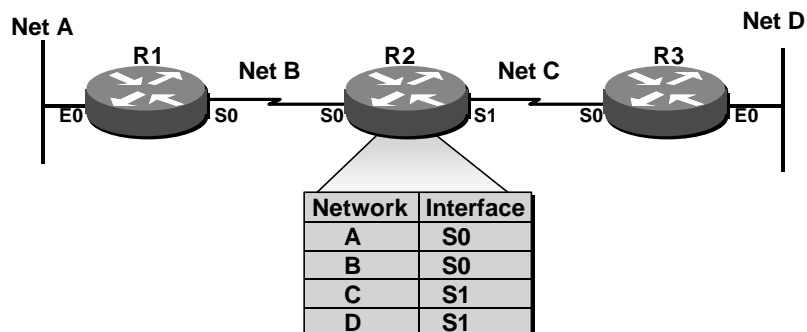
- Update = 1x                      30 Sec
- Invalid = 3x                      90 Sec
- Hold Down = 3x                   90 Sec
- Flush = 7x                        210 Sec



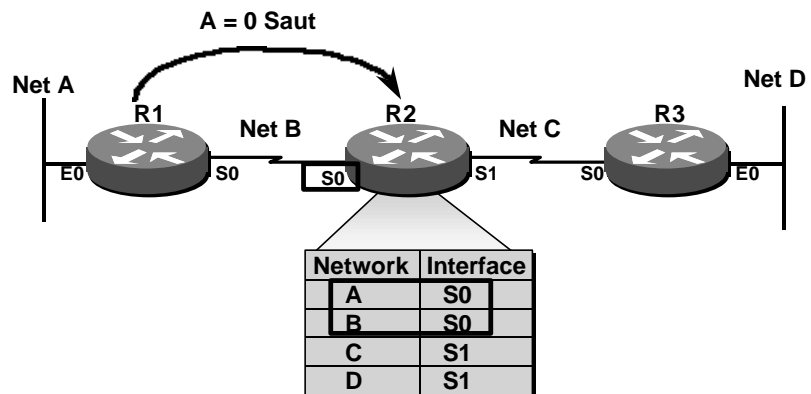
## ► Clivage d'Horizon

**Il n'est jamais utile de renvoyer une information de routage dans la direction d'où elle provient**

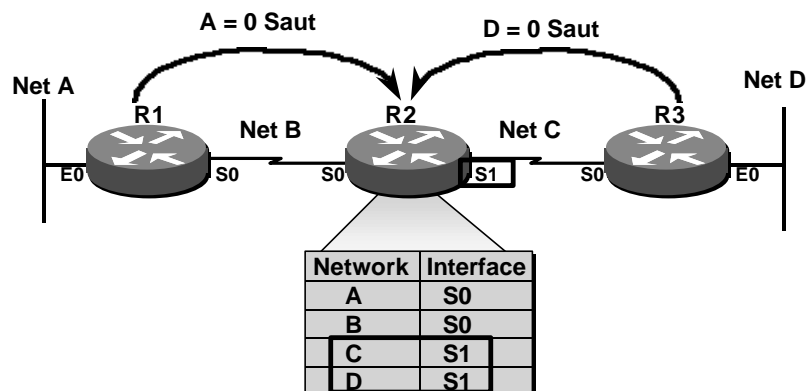
## ► Clivage d'Horizon



## ► Clivage d'Horizon

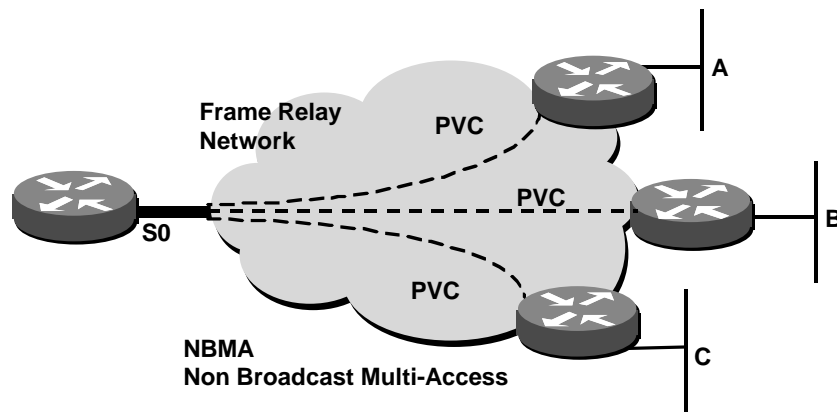


## ► Clivage d'Horizon





## ► Désactivation du Clivage d'Horizon

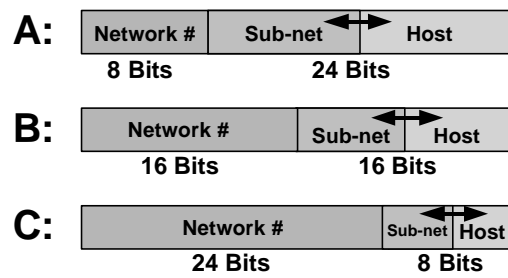


## ► RIP V2

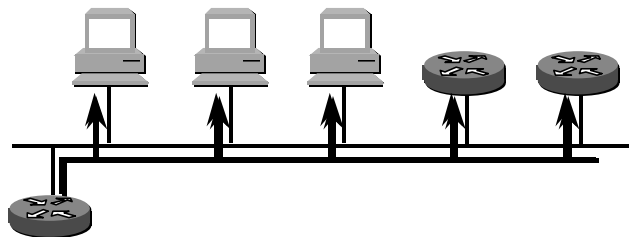
- Support des masques de sousréseau
- Mise à jour du routage en multicast
- Métrique additionnelle (Débit)



## ► Masques de sous réseau

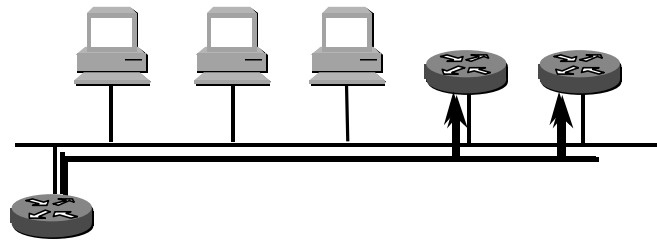


## ► Mise à jour par Broadcast



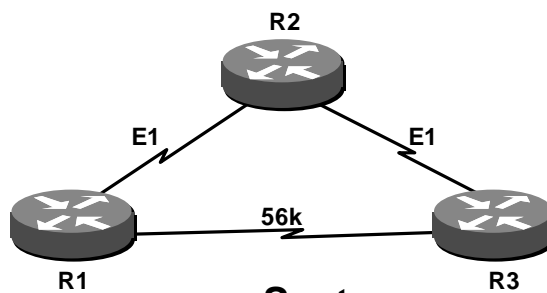
• RIP V1

## ► Mise à jour en Multicast



- RIP V2

## ► Mètrique additionnelle



- Sauts
- Débit

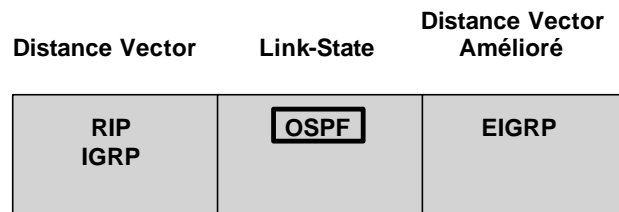
## **Evaluation de RIP**

- |  |   |
|--|---|
| • Sélection d'un chemin optimal          | D |
| • Routage sans boucle                    | B |
| • Convergence rapide                     | C |
| • Réseau de toute taille                 | D |
| • Limitation des tâches d'administration | A |

## **Quand utiliser RIP?**

- **Implementation rapide**
- **Bon pour des liaisons stables**
- **Bon pour les petits réseaux**
- **Environment UNIX et multiconstructeur**

## ► OSPF



## ► OSPF

- Link state
- Normalisé (RFC 1247)
- Plus récent que IGRP
- Algorithme SPF



## **Métrique OSPF**

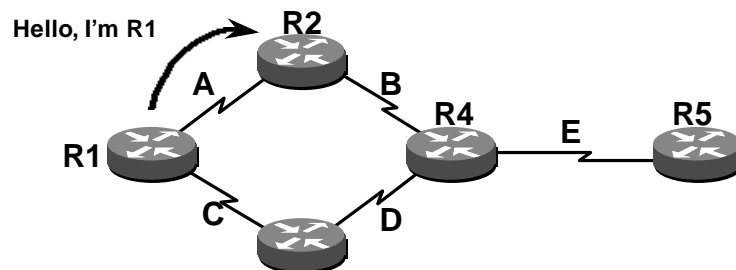
- **Evaluation des interfaces selon une métrique par défaut**  
    Au démarrage : Débit
- **configuration**



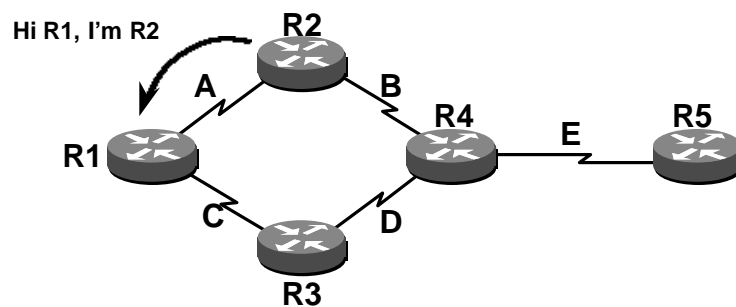
## **Routage Link State**

- **Découverte des voisins**
- **Construction du LSP**
- **Distribution du LSP**
- **Calcul des routes**

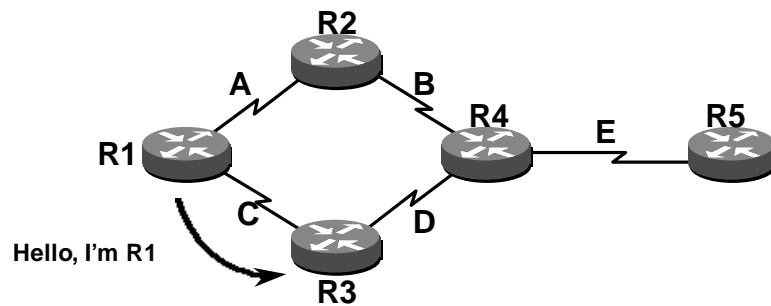
## ► Découverte du voisin



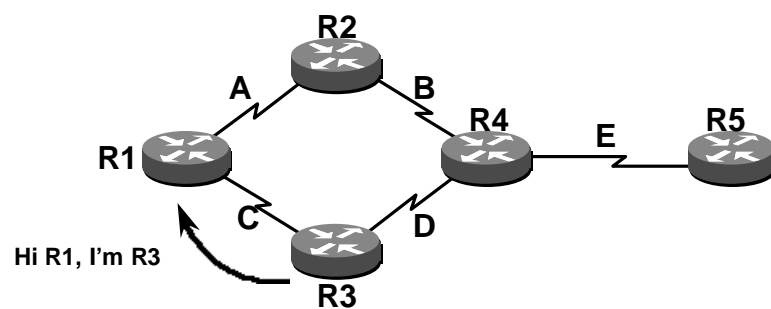
## ► Découverte du voisin



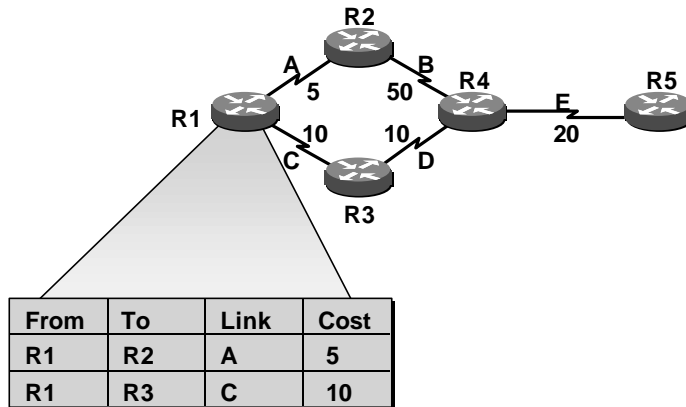
## ► Découverte du voisin



## ► Découverte du voisin

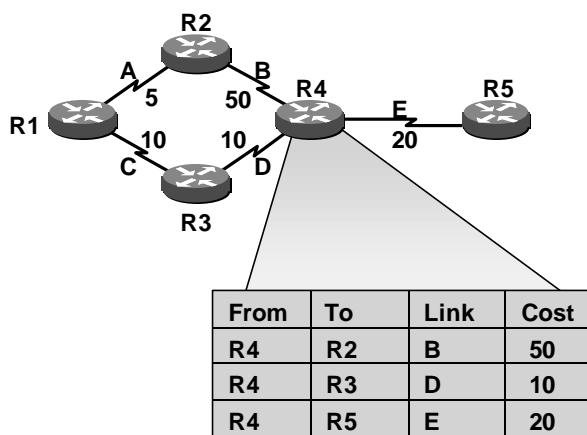


## ► Construction d'un LSP



Link State Packet

## ► Construction d'un LSP



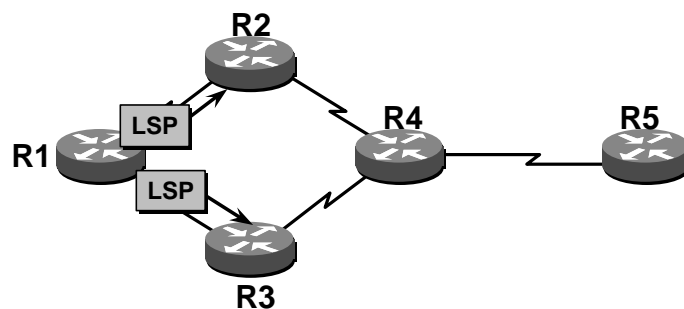
Link State Packet



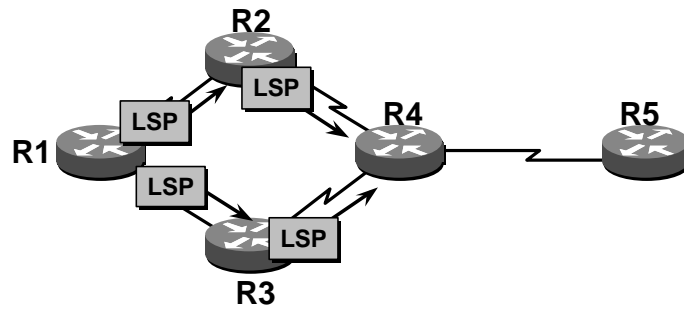
## ► Distribution du LSP

- Tâche critique et complexe
- Cohérence
- Rapidité
- Ne doit pas surcharger le réseau

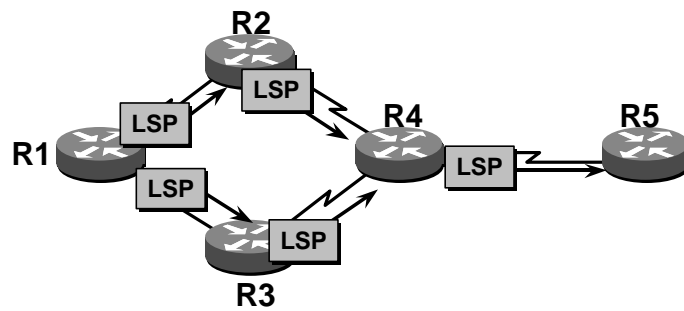
## ► Distribution du LSP



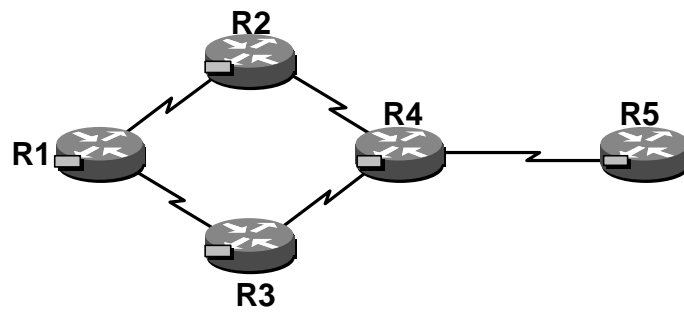
## ► Distribution du LSP



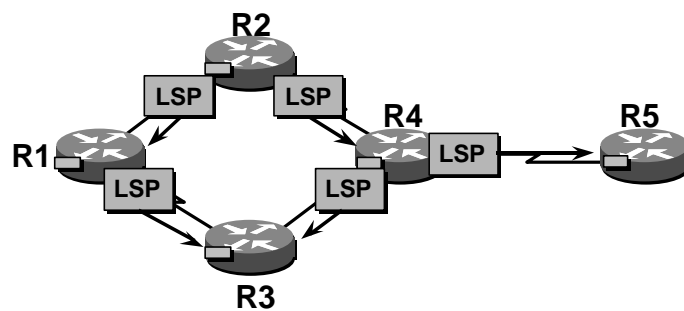
## ► Distribution du LSP



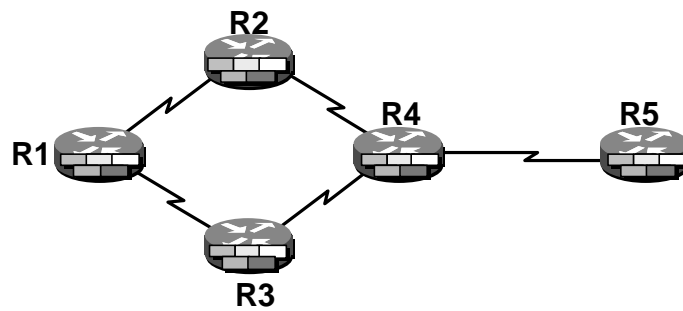
## ► Distribution du LSP



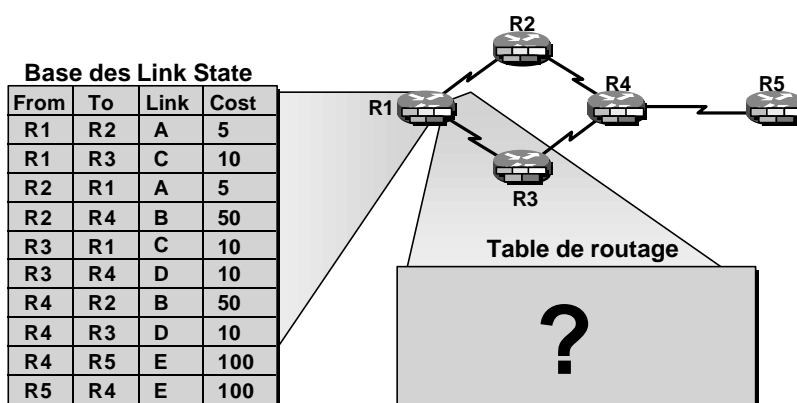
## ► Distribution du LSP



## ► Distribution du LSP



## ► Calcul des routes

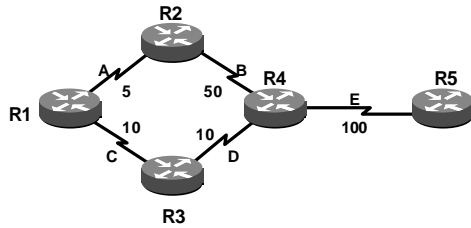




## Calcul des routes

- Chaque routeur commence avec soi-même à la racine

R1



## Calcul des routes

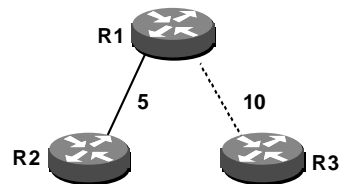
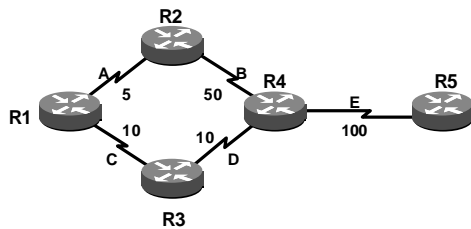
R1



R2

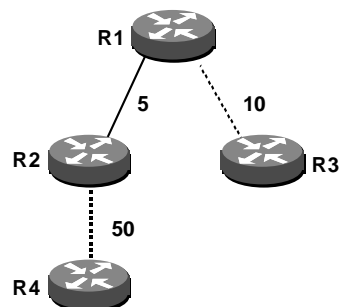
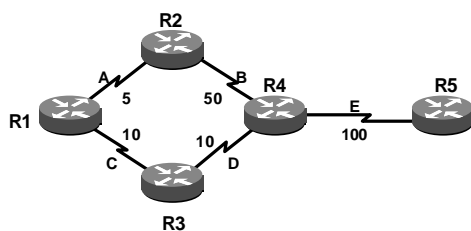
## ► Calcul des routes

### • Examiner R2'



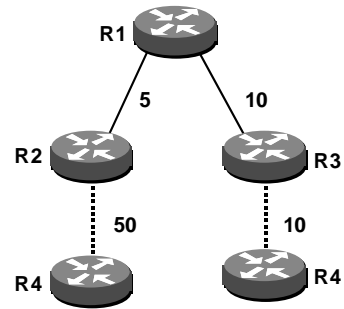
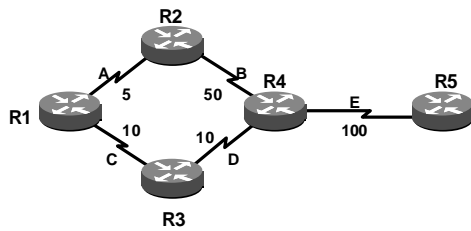
## ► Calcul des routes

### • Ajouter R4



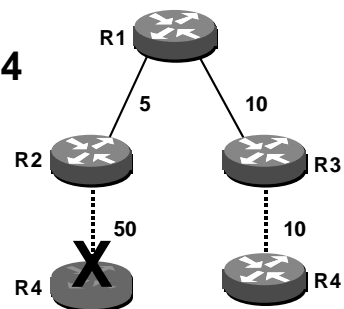
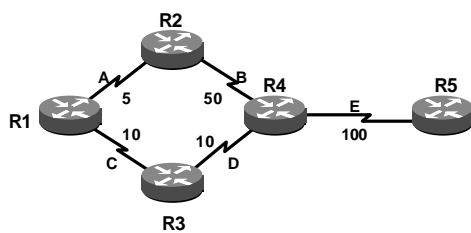
## ► Calcul des routes

- Examiner R3



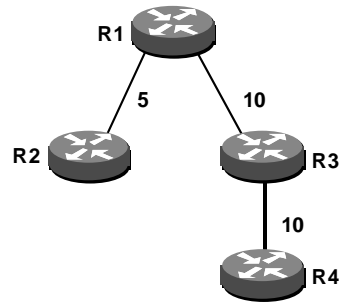
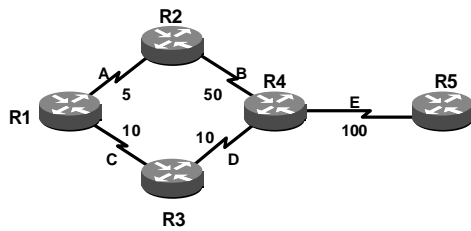
## ► Calcul des routes

- Meilleure route vers R4



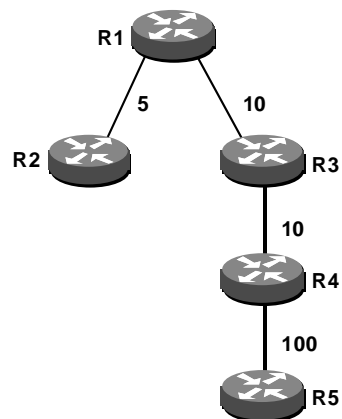
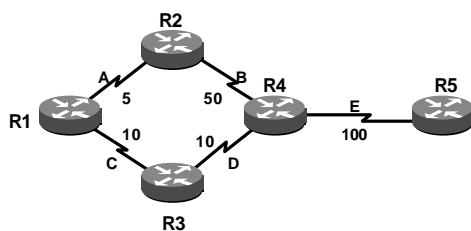
## ► Calcul des routes

### • Examiner R4



## ► Calcul des routes

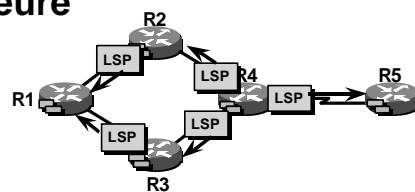
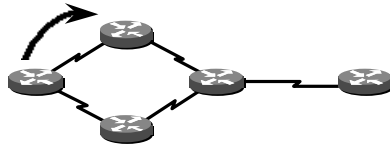
### • Ajouter R5





## ► Timers OSPF

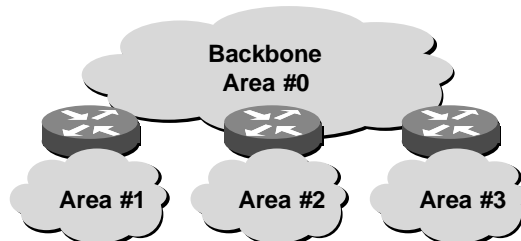
- Hello = 10 Sec
- LSP Updates = 1 Heure



## ► En cas d'incident

- Inondation de nouveaux LSP
- Tous les routeurs recalculent leurs tables de routages

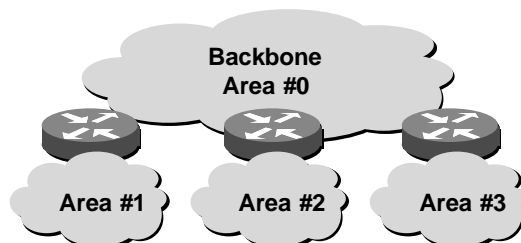
## ► Zones OSPF (areas)



- **Règles**

Toutes les zones ont une connexion au backbone  
Le backbone doit être connexe

## ► Pourquoi des zones?



- La topologie d'une zone est invisible en dehors de la zone
- Reduction du trafic de routage



## OSPF Report Card

- |  |   |
|--|---|
| • Sélection d'un chemin optimal          | B |
| • Routage sans boucle                    | A |
| • Convergence rapide                     | A |
| • Réseau de toute taille                 | A |
| • Limitation des tâches d'administration | D |



## Quand utiliser OSPF

- **Réseaux Complexes**

Topology restrictive

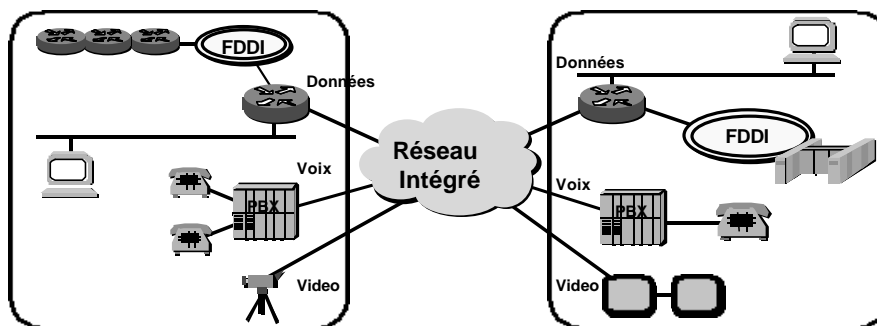
Additional network design

- **VLSM**
- **Besoin de convergence rapide**
- **Multiconstructeur**

# ATM

1

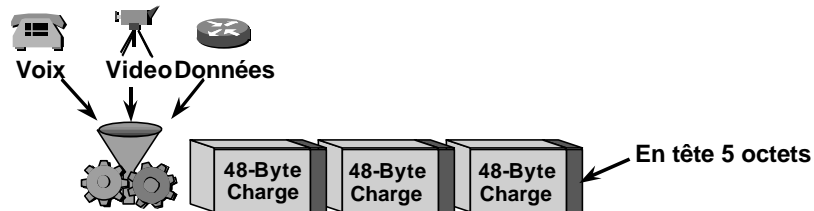
## Intégration de services



- Voix, Données, video
- RNIS
- RNIS Large bande

2

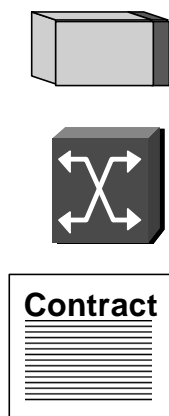
## Caractéristiques de l'ATM



- Applicable aux réseaux à grande distance et LAN
- Débits allant de quelques Mbps à plusieurs Gbps
- Intégration Voix, video, et Données
- Retards déterministes

3

## ATM : les bases

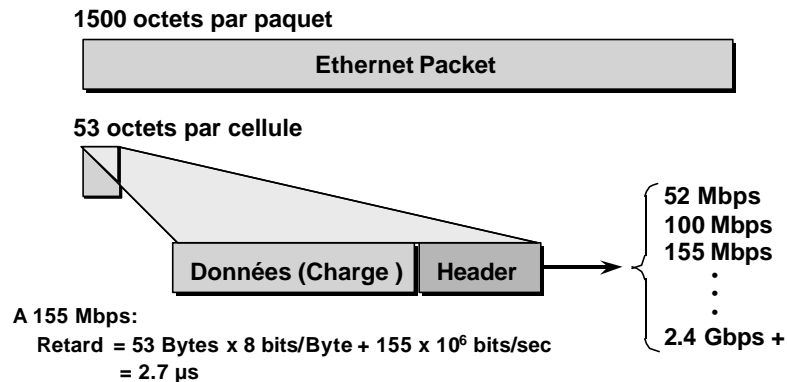


- Cellules de taille fixe
- fragmentation et réassemblage au niveau terminal
- Réalisation matérielle
- Routage fixe après connexion de bout en bout
- Orienté Connection
- Qualité de Service (QoS) contractuelle : négociation à la connexion

4

## ATM : performances temporelles

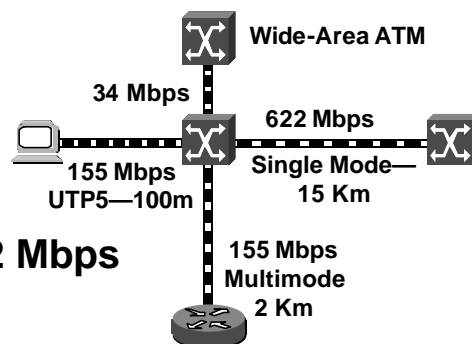
- Supports des transferts isochrones et asynchrones



6

## Une même technologie de commutation pour différents débits

- **Données**  
52, 100, 155, and 622 Mbps  
1.2 and 2.4 Gbps
- **Adjonction et croissance**



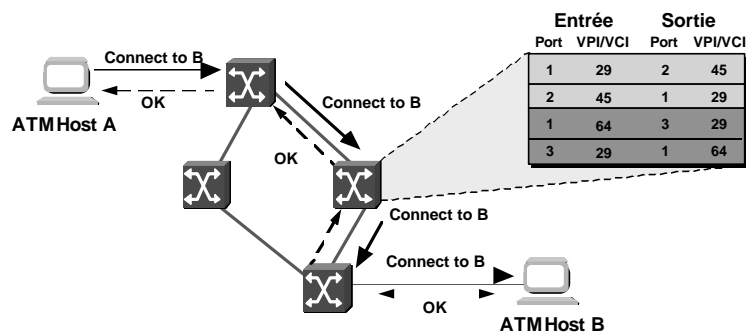
6

## ATM : Etablissement de la Connection

- **Commutation de circuit virtuel (SVCs)**  
Signalisation et adressage ATM
- **Connection Permanente (PVCs)**  
application network management
- **Routage par les identifiurs de connexion contenus dans l'en-tête de cellule**  
Virtual Channel Identifier (VCI)  
Virtual Path Identifier (VPI)

7

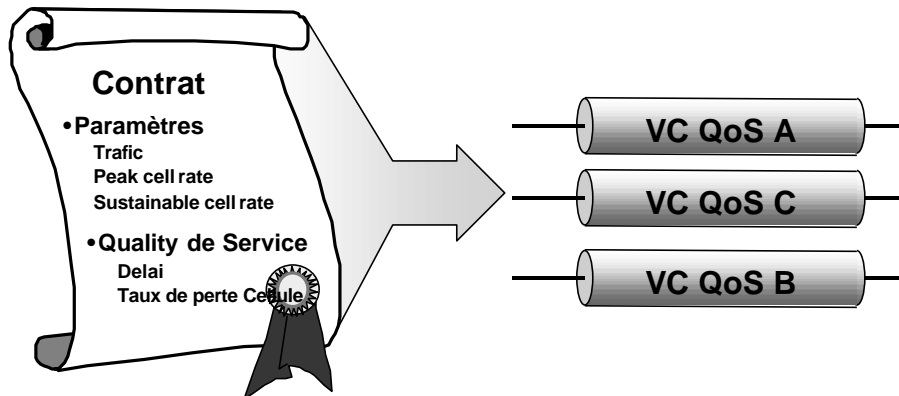
## Etablissement d'une connexion SVC



- **Routage de la signalisation : établissement du chemin**
- **Connexion acceptée/rejetée**
- **Mise à jour de la table de traduction dans chaque commutateur**
- **Les données suivent le chemin établi**

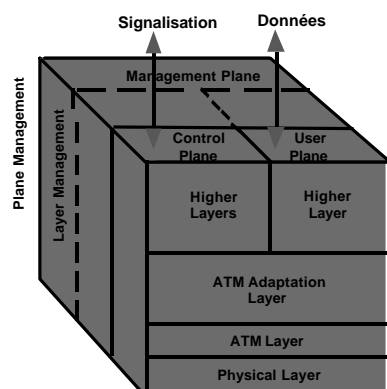
8

## Contrats de QoS



9

## ATM : le Modèle de Référence

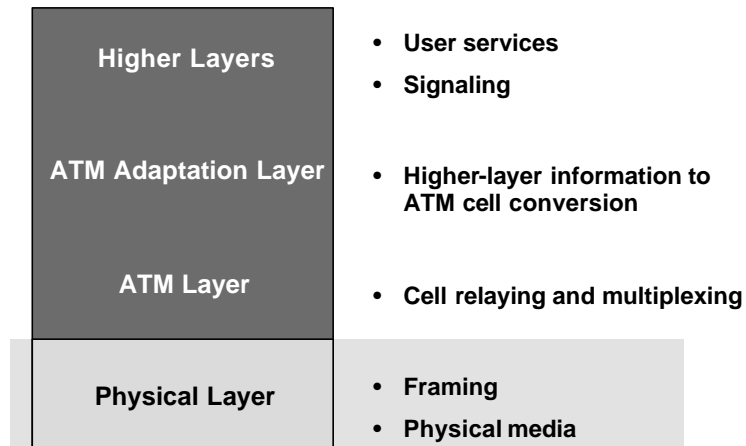


- Données, Voix, video
- Signalisation
- information des couches hautes pour la conversion en cellules
- relayage and multiplexage des cellules
- Tramage
- Adaptation au medium Physique

10

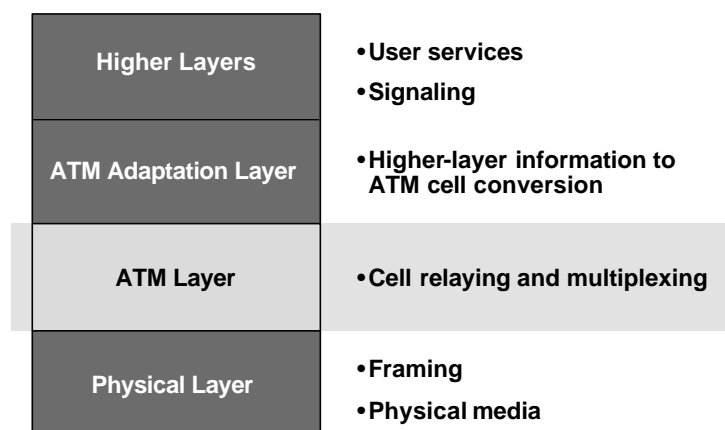


## Technologie: Architecture des Protocoles



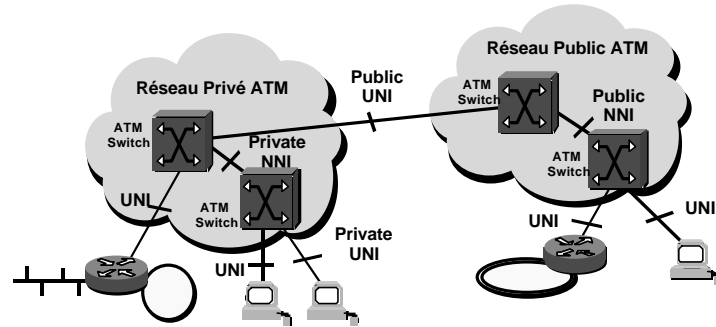
11

## Technologie: Architecture des Protocoles



12

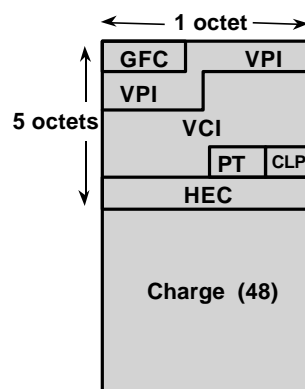
## La couche ATM : Interfaces Réseau



- User-Network Interface (UNI)
- Network-Network Interface (NNI)

13

## Couche ATM : Format Cellule



### • UNI

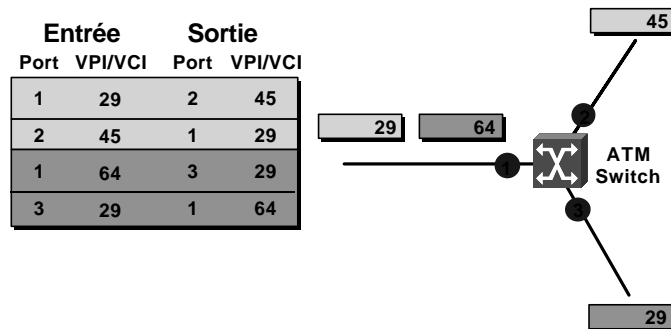
- Generic Flow Control (GFC)
- Virtual Path/Channel Identifier (VPI/VCI)
- Charge Type (PT)
- Données utilisateur ou flux maintenance
- Congestion rencontrée
- End of message (AAL 5)
- Cell Loss Priority (CLP)
- Header Error Control (HEC)

### • NNI

- Pas de champ GFC
- Champ VPI plus large (trunking)

14

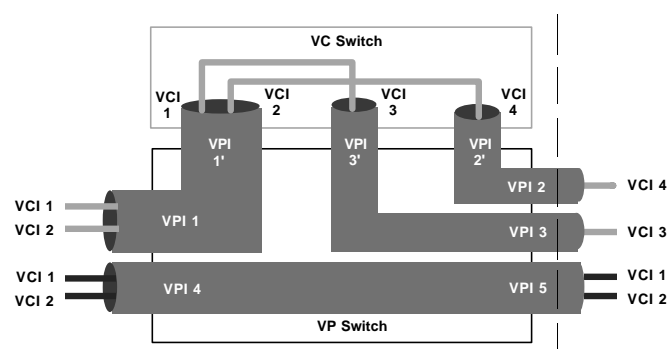
## Couche ATM : Relayage de Cellule



- **Connections Virtuelles VPI/VCIs sur les differents ports**
- **Chaque commutateur change la valeur des VPI/VCI**
- **la valeur des VPI/VCI est unique sur chaque interface**

15

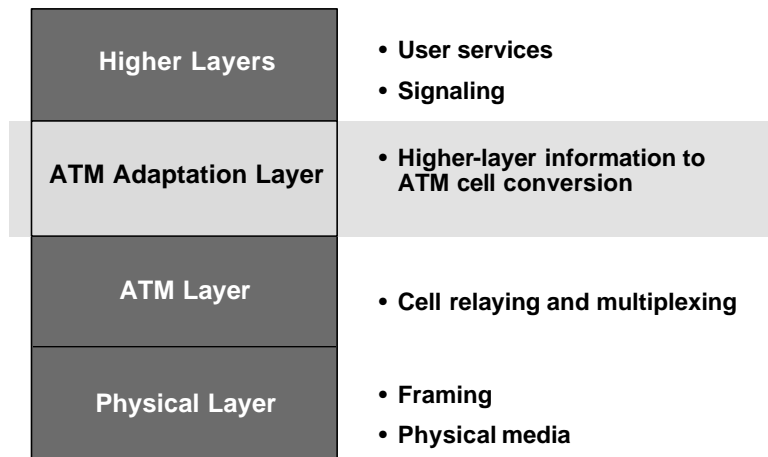
## Virtual Paths et Virtual Channels



- **Les conduits virtuels (Virtual paths) regroupent plusieurs circuits virtuels (virtual channels)**
- **Les cellules vides sont marquées par VPI/VCI=0**

16

## ATM Protocol Architecture



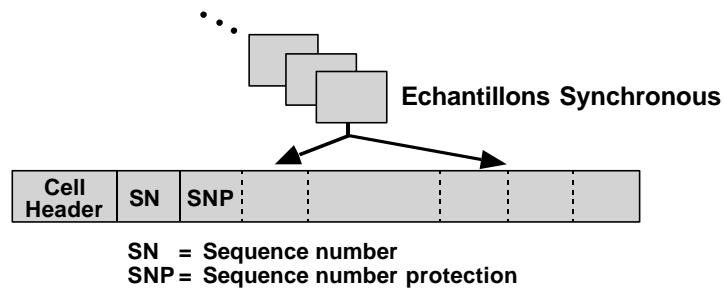
17

## ATM Adaptation Layer (AAL) B-ISDN Classes of Services

Class:	A	B	C	D
Exemples	Voix / Video	Paquet Video	Données IP, X.25	Données SMDS
Connection Mode	Connection-Oriented			Connec-tionless
Débit	Constant	Variable		
ATM Adaptation Layer	AAL 1	AAL 2	AAL 3/4 AAL 5	AAL 3/4

18

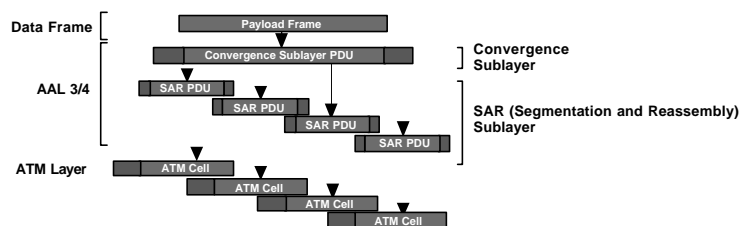
## AAL 1



- Cellules envoyées à intervalles réguliers
- Données synchrones  
délai de paquetisation
- Normalisation de récupération d'horloge nécessaire

19

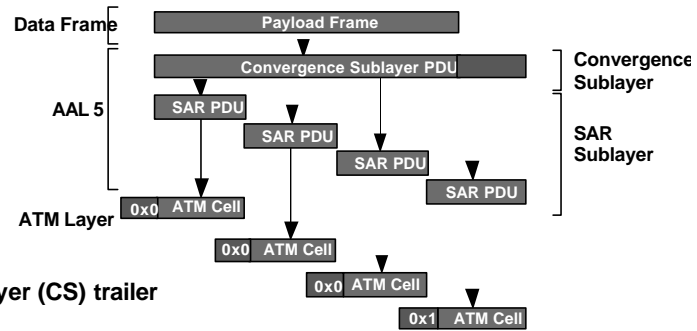
## AAL 3/4



- Convergence Sublayer (CS) header/trailer  
Marquage de début/fin  
Longueur
- Segmentation And Reassembly (SAR) header/trailer  
Type: BOM, COM, EOM, SSM  
Sequence number  
Message Identifier (MID)  
CRC-10
- Charge : 44 octets
- Used for SMDS/CBDS services

20

# AAL 5



- **Convergence Sublayer (CS) trailer**  
Longueur, CRC-32
- **En tête de Cellule**  
Type: empty, not EOM, EOM
- **Charge : 48 bytes**
- **AAL la plus courante pour les Données (IRLE)**

21

# Le Relais de trames

## Position du problème

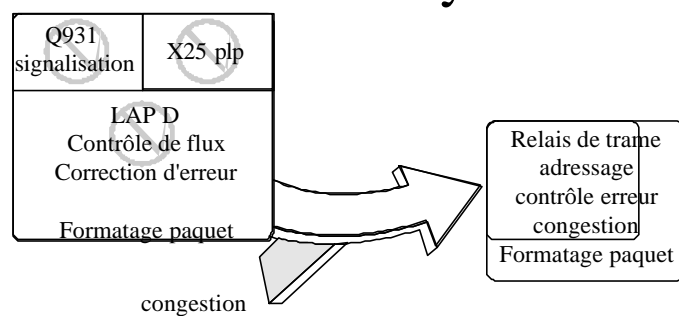
- Autrefois les lignes étaient non fiables
- **X.25:** Une technique destinée à travailler sur les lignes de manière efficace
- Mais
  - overhead de traitement
- "Aujourd'hui": Amélioration des techniques de transmission (fibre, numérisation...)
- Amélioration de la commutation de paquet :
  - Réduction des fonctionnalités offertes
  - 2 couches au lieu de 3
  - Routage dans la couche 2
  - Contrôle de bout en bout

**FRAME RELAY**

## La nouvelle génération des protocoles de liaison

- Robustesse ou simplicité
- La robustesse garantit la fiabilité de bout en bout
  - utilisation sur les lignes analogiques bruitées
- La simplicité sera visée sur les lignes numériques fiables
- La fiabilité sera obtenue par les protocoles de niveau supérieur

## Frame Relay



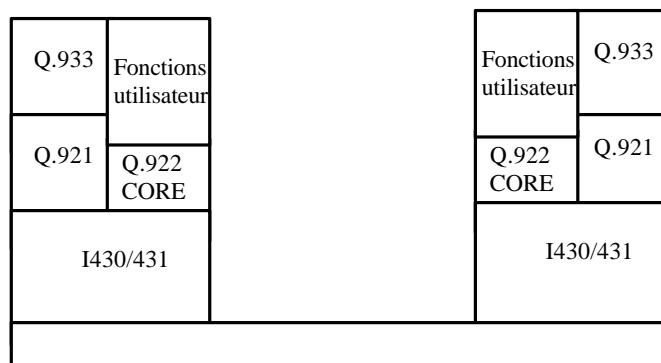
- Diminution des coûts d'accès
- Augmentation de l'efficacité
- Accroissement des performances vues des applications



## Relais de trames : principes

- Réseau de niveau 2
  - ajout de fonctions de niveau 3 : adressage, routage, contrôle de flux
- Norme Q922
  - Délimitation, alignement et transparence
  - Multiplexage et démultiplexage
  - Vérifications de vraisemblance (longueur, erreurs...)
  - Contrôle de flux de bout en bout

## Environnement du FR

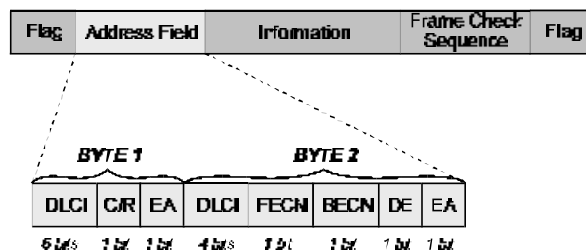


Implantations industrielles sur ISDN ou T1/E1

# Les normes

- ANSI
  - T1.606: Architecture and service
  - T1.606A: Congestion management
  - T1.617: Signalling specification
  - T1.618: Core aspects of protocol
- CCITT:
  - 1.122: Framework for frame relay
  - 1.233: Frame relay bearer service
  - Q.922: Core protocol
  - Q.933: Access signalling

# Les PDU



**FLAG** packet delimiter

**Address Field** adressage et contrôle de la congestion

**EA** Extension d'Adresse

**C/R** Command/Response (non normalisé)

**DLCI** Data Link Connection Identifier

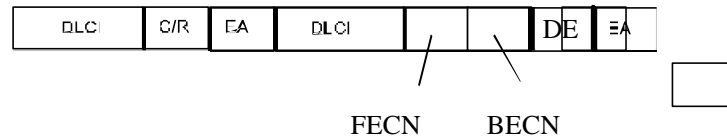
**DE** Discard Eligibility

**BECN** Backward Explicit Congestion Notification

**FECN** Forward Explicit Congestion Notification

**Information** longueur variable, < 4000 octets, FCS 16 bit CRC

## Frame Relay (I.122)



**FECN: Forward explicit congestion notification** bit positionné par le réseau pour indiquer la congestion du réseau au dispositif appelé

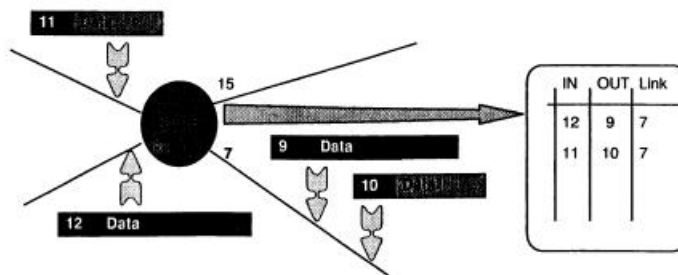
**BECN: Backward explicit congestion notification** bit positionné par le réseau pour indiquer la congestion du réseau au dispositif appelant

**DE:** Discard Eligibility bit  
Positionné par le dispositif connecté au réseau pour indiquer au réseau les trames à purger en cas de congestion

## Format de la trame FR

0	1	1	1	1	1	1	0
DLCI (msb)						CR	EA
DLCI (lsb)				FECN	BECN	DE	EA
Données utilisateur							
FCS							
0	1	1	1	1	1	1	0

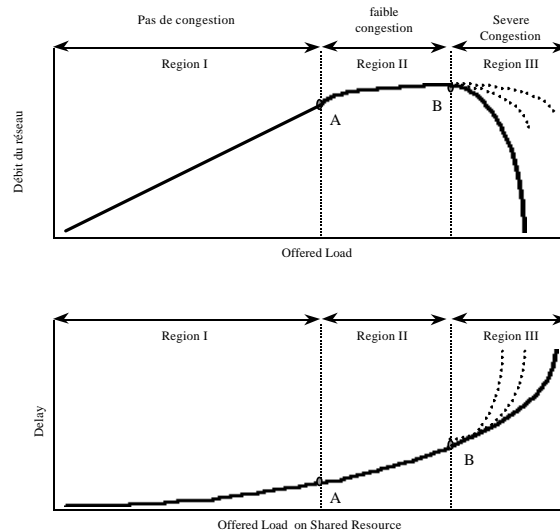
## Le routage dans frame relay



## Contrôle d'erreur

- Principe de base : en cas de problème avec une trame, la détruire!
- Les protocoles de bout en bout au niveau supérieur sont responsables de la détection des trames manquantes et demandent leur réémission
- La détection d'erreur étant effectuée de bout en bout et non de noeud à noeud une erreur bit peut causer un retard important
  - acceptable uniquement sur un réseau fiable
- Causes de rejet:
  - Erreurs bit : Relativement rare
  - Encombrement réseau : Plus vraisemblable (bouffées de trafic)

## Relation entre retard et charge réseau

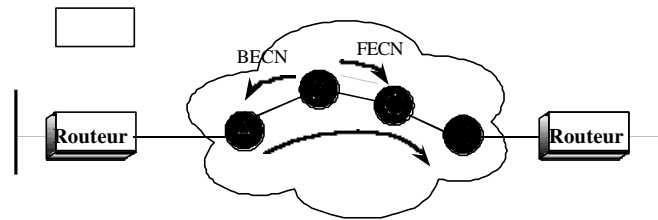


## Congestion

- La congestion survient quand le réseau ne peut plus acheminer le trafic offert
- Pendant les périodes non congestionnées le réseau achemine un trafic égal à la charge offerte
- En A, "congestion faible" ; seules quelques trames sont rejetées (congestion locale)
- En B, "congestion sévère" ; les demandes de retransmission s'ajoutent au trafic offert
- La stratégie : Une fois en A, ralentir le trafic et ne jamais arriver en B

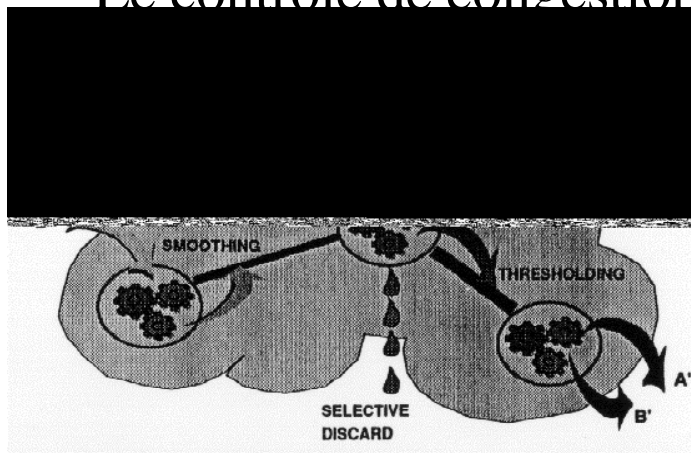
## La notification explicite de Congestion

- Les bits de congestion sont positionnés par le réseau
  - Les spécifications donnent des suggestions de réponse aux bits ECN mais aucune action spécifique n'est exigée ...

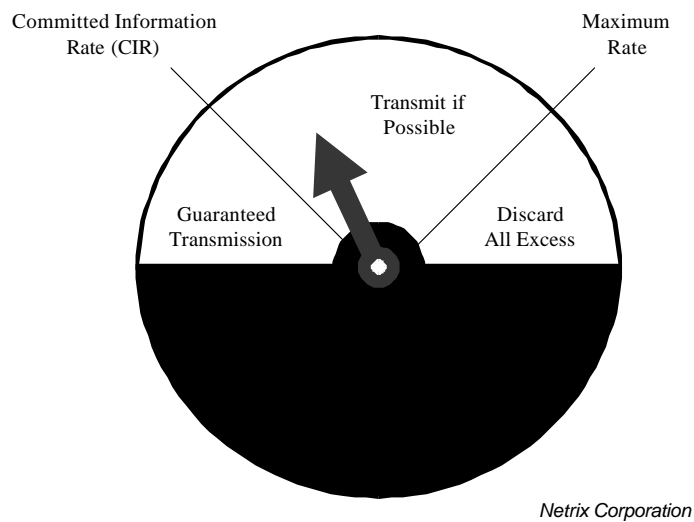


Risque d'incohérence : destinataire niv 3 essaie de ralentir le réseau  
 émetteur niv 4 continue à émettre : augmentation congestion  
 Appletalk vs decnet

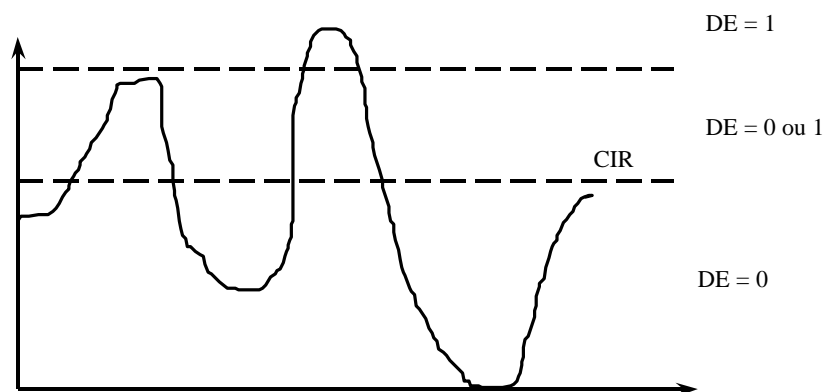
## Le contrôle de congestion



## Frame Relay CIR



## FR : le contrôle de congestion



## Le DE-bit

- Discard Eligibility bit : il assure l'équité d'accès au réseau
- Les terminaux demandent des bouffées de bande passante qui varient en durée et en fréquence (terminal point de vente vs. CAD/CAM workstation). Le réseau doit assurer que les utilisateurs qui ont des besoins importants en débits ne bloquent pas les autres.
- L'équipement utilisateur ou le réseau peuvent positionner le DE-bit:
  - 1: priorité basse, détruire si nécessaire
  - 0: haute priorité
- Le réseau peut changer le DE et le mettre à 1 en fonction du CIR
  - le CIR est Défini à l'abonnement (PVC) ou à l'établissement (SVC)

## CLLM

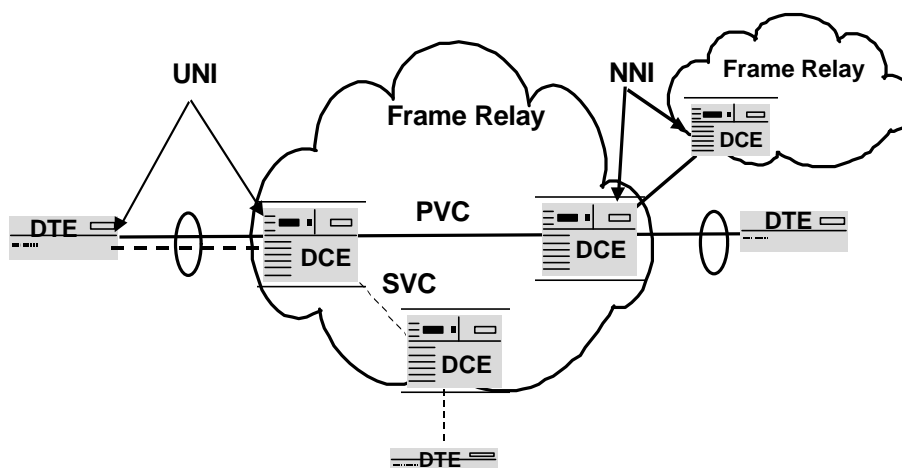
- Consolidated Link Layer Management
- Le problème
  - liaisons unidirectionnelles donc risque de retard dans la transmission du BECN
- Signalisation entre noeuds
  - DLCI = 1023
  - envoi à tous les voisins des DLCI congestionnés



## L'architecture

- Réseaux privés
- Réseaux publics
- Mélange réseaux privés/publics
- Interface
  - UNI
  - NNI
- Nécessité d'une signalisation
  - mécanisme minimal : LMI

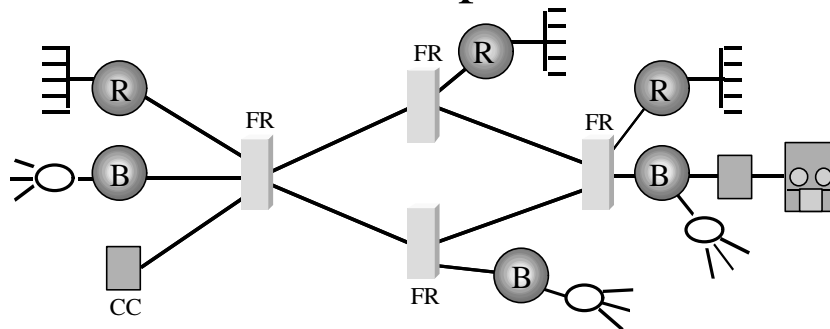
## Architecture et normes



## Les questions à évaluer

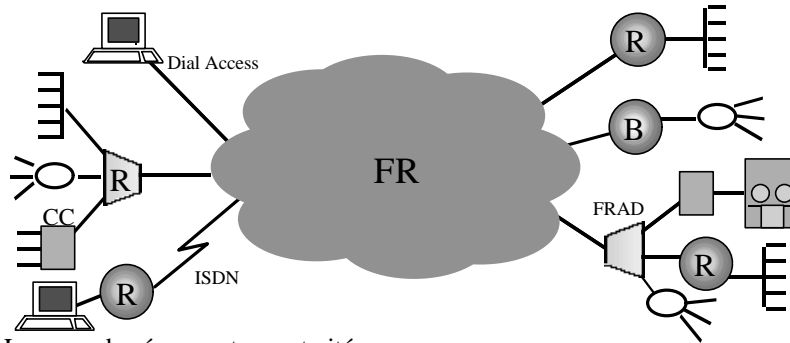
- Le contrôle de congestion et de débit
- Les connexions : permanentes vs commutées
- Tarifs et facturation
- La continuité de services entre les réseaux
- Les fournisseurs
- Les opérateurs de réseau
- La disponibilité internationale
- Les compromis publics/privés
- Les coûts

## Réseau privé



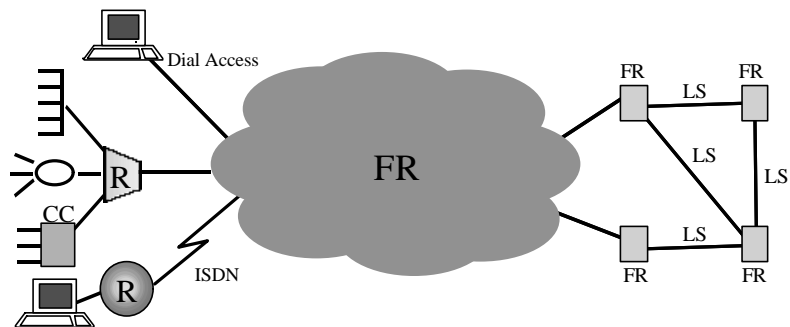
- Améliore l'utilisation des moyens télécom
- Récupération de l'existant
- Sécurité (et coût) d'exploitation du réseau

## Réseau public (opérateur)



- Le cœur du réseau est sous-traité
  - Gestion par l'opérateur
  - Diminution des coûts de possession (Management and Equipment)
- Un seul accès au réseau (multiplexage)
- Le maintien du mode connecté protège la confidentialité et la sécurité

## Réseau Hybride



- Contrôle des liens critiques
- Analyse site par site

## Comparaison avec LS (PDH)

LS

Frame Relay

Dimensionnement au trafic de pointe

Un point d'accès par ligne et par site

TDM

Redondance des liens à construire

Dimensionnement au trafic moyen

Un point d'accès par porte

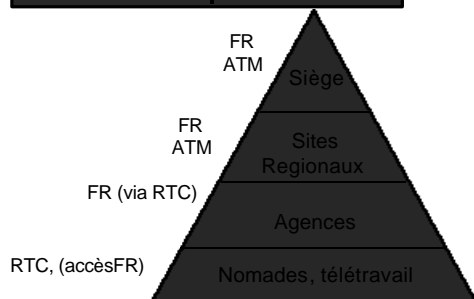
Multiplexage statistique et

Redondance des liens interne au réseau

## Positionnement

Application	Technologie
LAN	FR, ATM
LAN & SNA	FR, ATM
VDI	FR, ATM

Vitesse	Technologie
< 1.5 MBPS	FR
1.5 - 45 MBPS	FR, ATM
>45 MBPS	ATM



Interfonctionnement	Agreement
FR - ATM	FRF.5 and FRF.8
FR - SMDS	SIP

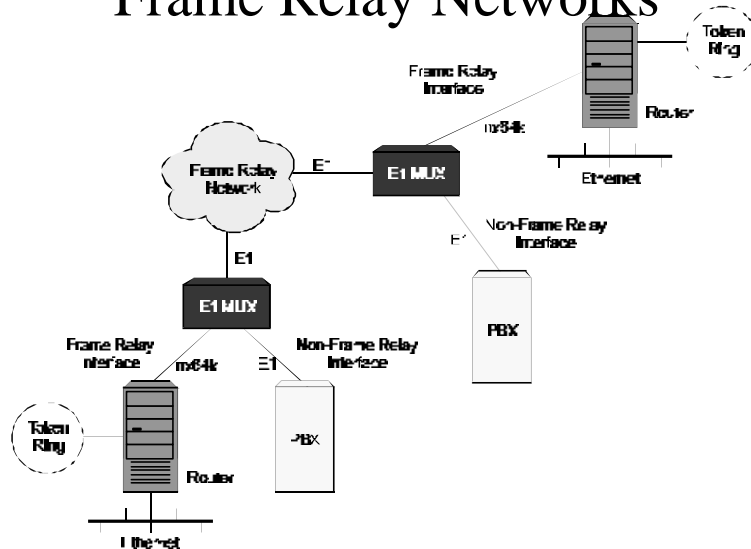
## Local Management Interface

- $DLCI = 0$
- Informations sur l'état des CVP
  - ajout, disparition ou présence d'un CVP
  - Notification de la disponibilité d'un CVP préconfiguré
  - Scrutation de la continuité de service

## Mécanisme du LMI

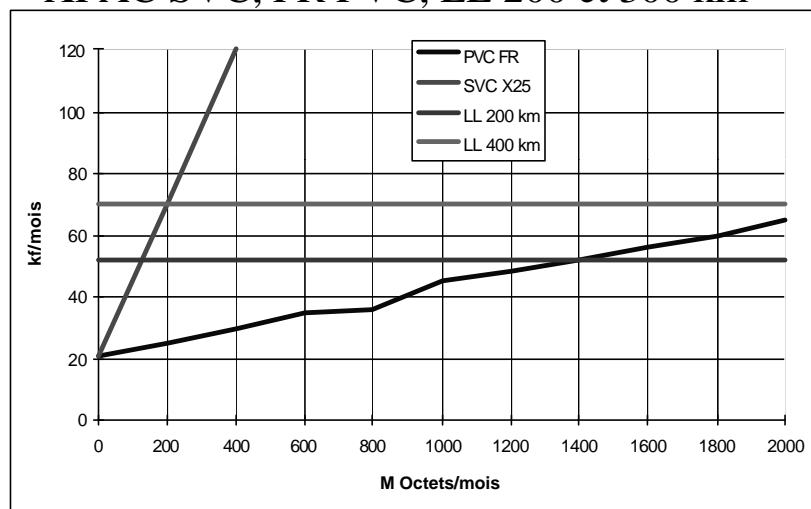
- Périodiquement
  - demande de statut (tous les CVP, un seul CVP)
  - réponse du réseau
- Sur dépassement d'un compteur
  - demande sur tous les CVP

# Frame Relay Networks



## Comparaison tarifaire

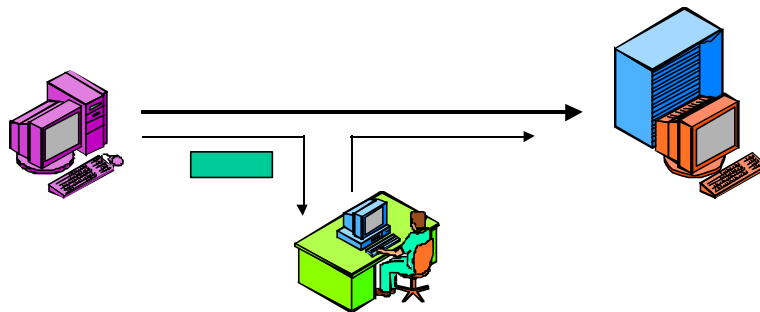
- XPAC SVC, FR PVC, LL 200 et 300 km



# Sécurité

## Menace : interception

- confidentialité : l'intercepteur ne peut lire les données
- intégrité : les données ne peuvent être modifiées sans que cela ne soit détecté



## Menace : imposture

- L'imposteur prétend être une personne autorisée
- réponse : authentification





## Menace : les applicatifs

- Problèmes liés aux applicatifs
  - Virus
  - Ce sont aujourd'hui les plus dangereux
- Accès à une application non protégée, puis envoi de messages à des applications non autorisées
- Nécessite un examen de la PDU application

## La politique de sécurité

### Acces

Connectivité  
Performance  
Transparence

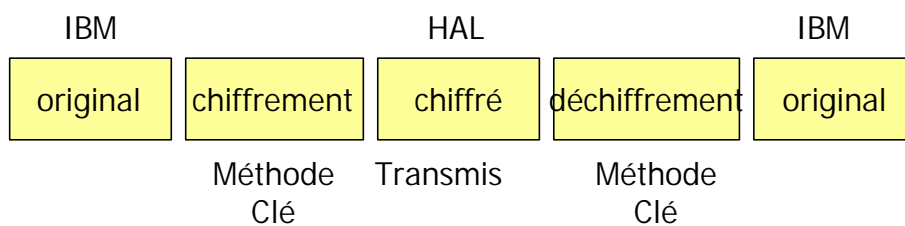
### Sécurité

Fiabilité  
Confidentialité  
Intégrité



## Chiffrement

- Chiffrement : brouillage du message le rendant illisible lorsqu'il est intercepté
  - Méthode : algorithme ne peut être tenu secret
  - la clé doit être tenue secrète



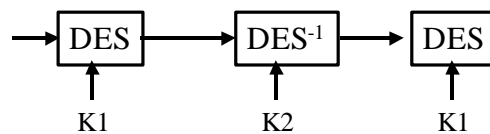
## Méthodes à clé secrète

- La même clé est utilisée des deux côtés pour le chiffrement et le déchiffrement
- La clé unique doit être secrète
  - Toute personne connaissant la clé peut lire le message
- La protection est proportionnelle à la longueur de la clé
  - n bits peuvent être découverts en  $2^n$  essais
  - sécurité faible 40 bits, forte 128 bits



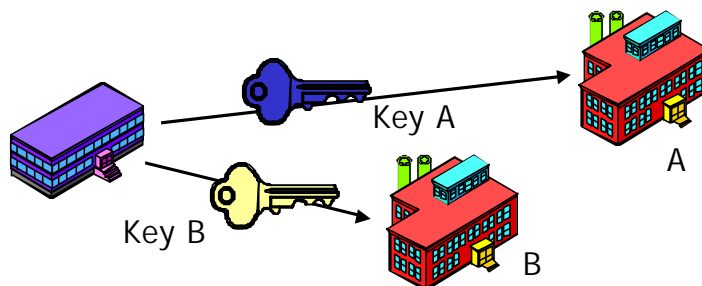
## DES

- Norme la plus utilisée (origine IBM)
  - devenue norme ANSI X3.92 (DEA)
- Clés de 56 bits
  - Peuvent être cassées par des ordinateurs puissants (objectif du gouvernement US)
- Utilisation du tripe DES
  - 2 clés, trois chiffrement



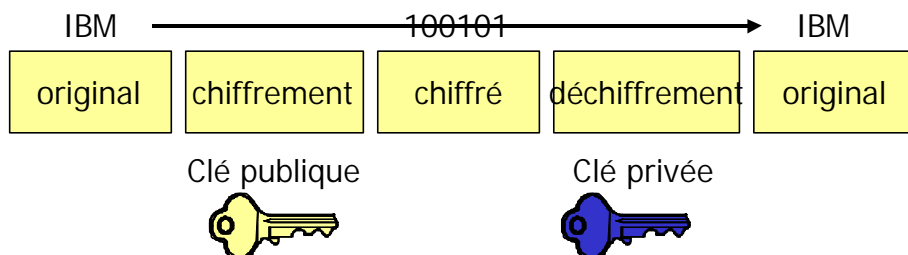
## Le problème de la distribution

- La distribution des clés doit être secrète
- Les clés doivent être différentes pour chaque partenaire



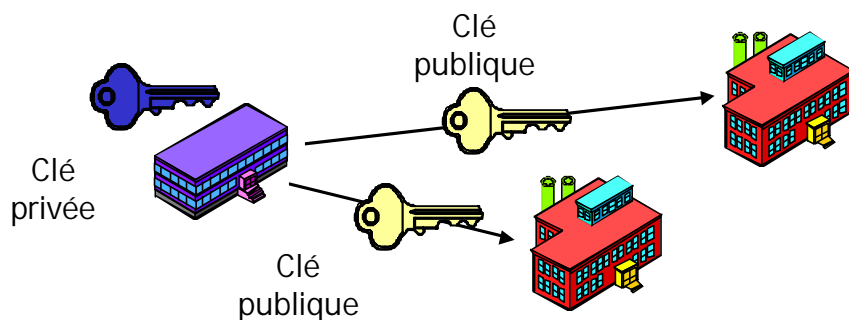
## Méthodes à clés publiques

- Des clés différentes sont utilisées pour le chiffrement et le déchiffrement
  - Chiffrement par la clé publique du récepteur
  - Déchiffrement par la clé privée du récepteur
  - Seule la clé publique (res : privée) peut décrypter un message cryptée avec la clé privée (publique) correspondante



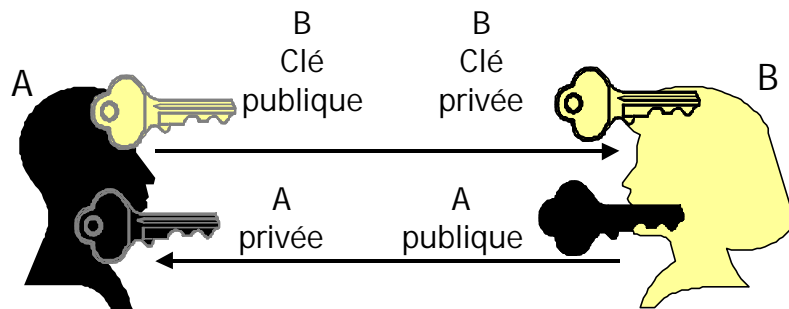
## Distribution des clés asymétriques

- Chacun possède deux clés
  - la clé privée est gardée secrète
  - Les clés publiques peuvent être distribuées librement



## Usage des clés

- Le système complet nécessite quatre clés
  - Chiffrement avec la clé publique du destinataire
  - Déchiffrement avec la clé privée par le destinataire



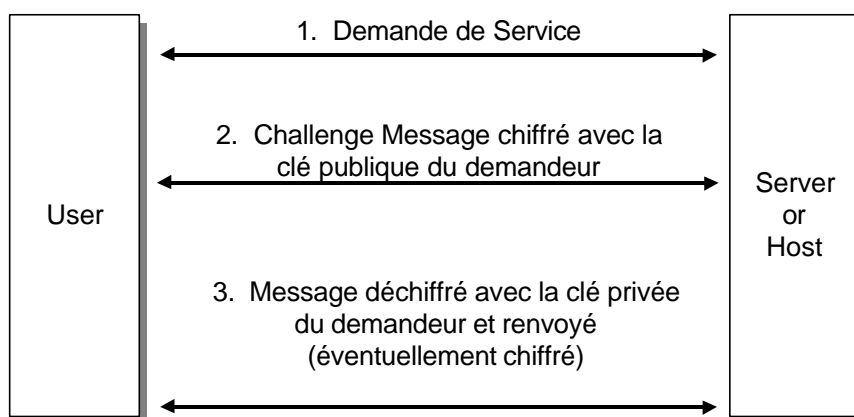
## Clé publique ou clé privée?

- Clé privée
  - Calcul rapide, distribution complexe
- Clé publique
  - calculs complexes, distribution simple
- Fréquemment utilisées conjointement
  - début avec clé publique (authentification)
  - un côté génère une clé privée aléatoire
    - chiffrée avec la clé publique et envoyée au destinataire
  - La communication continue avec la clé privée
    - utilisée pour une seule session (clé de session)

## Authentification

- Objectif : prouver l'identité de l'émetteur
- Méthodes
  - Mot de passe: faible
  - Biométrie
    - Emprunte digitale, analyse de l'iris : contraignant
  - *Clé publique*
    - L'émetteur prouve qu'il détient sa clé privée : seule la clé publique permet le décodage
- Permet la non-répudiation
  - l'émetteur ne peut nier avoir émis le message

## Authentification par Challenge et Réponse



## Authentication

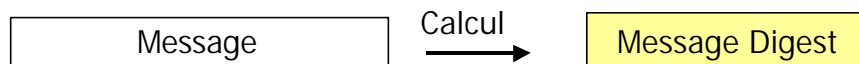
- Digital Certificate
  - Trusted third party gives you a digital certificate, saying you are who you say you are.
  - You append this digital certificate to your messages



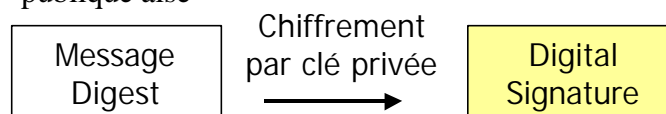
41

## Authentification à clé publique (1)

- Envoi d'une signature numérique sur chaque paquet
  - Création d'un "digest" du message (MD)
    - message raccourci calculé par fonction de hachage

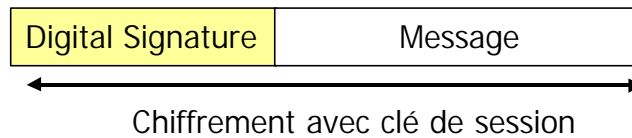


- Création de la signature
  - Chiffrement du digest avec la clé privée de l'émetteur
  - Le message est court et le déchiffrement par la clé publique aisé

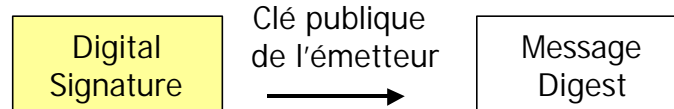


## Authentification à clé publique (2)

- Envoi de l'ensemble signature+message crypté avec une clé unique de session

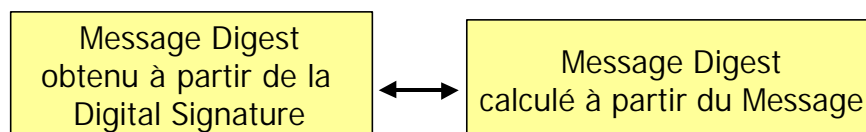


- Le récepteur déchiffre le message avec la clé unique de session et la signature avec la clé publique de l'émetteur de façon à obtenir le digest.



## Authentification à clé publique (3)

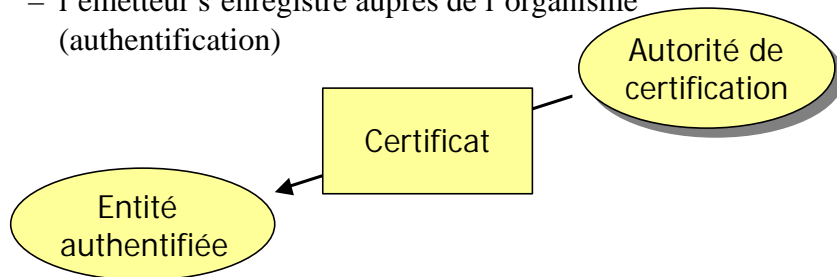
- Le récepteur recalcule le digest.
- Si concordance :
  - l'émetteur est authentifié
  - le message est bien celui qu'a envoyé l'émetteur



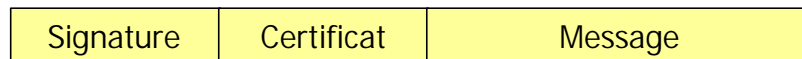


## Les certificats

- Créés et gérés par une organisation indépendante
  - l'émetteur s'enregistre auprès de l'organisme (authentification)

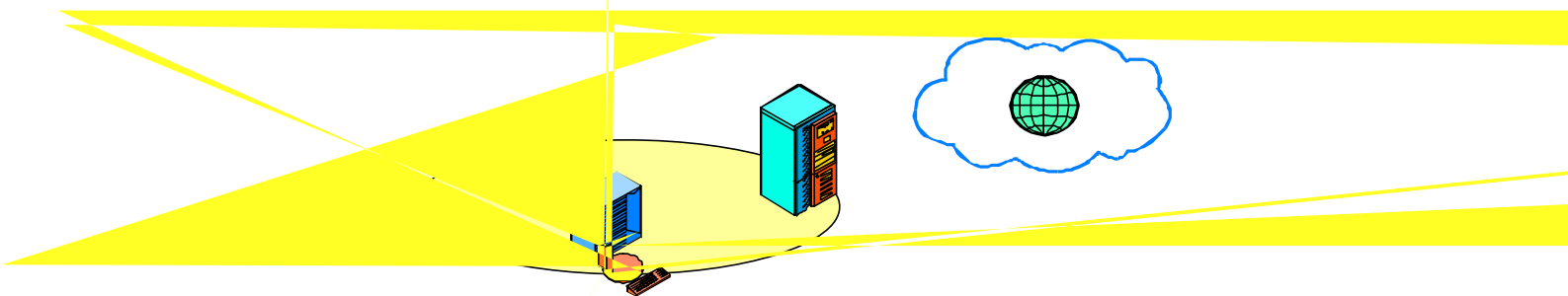
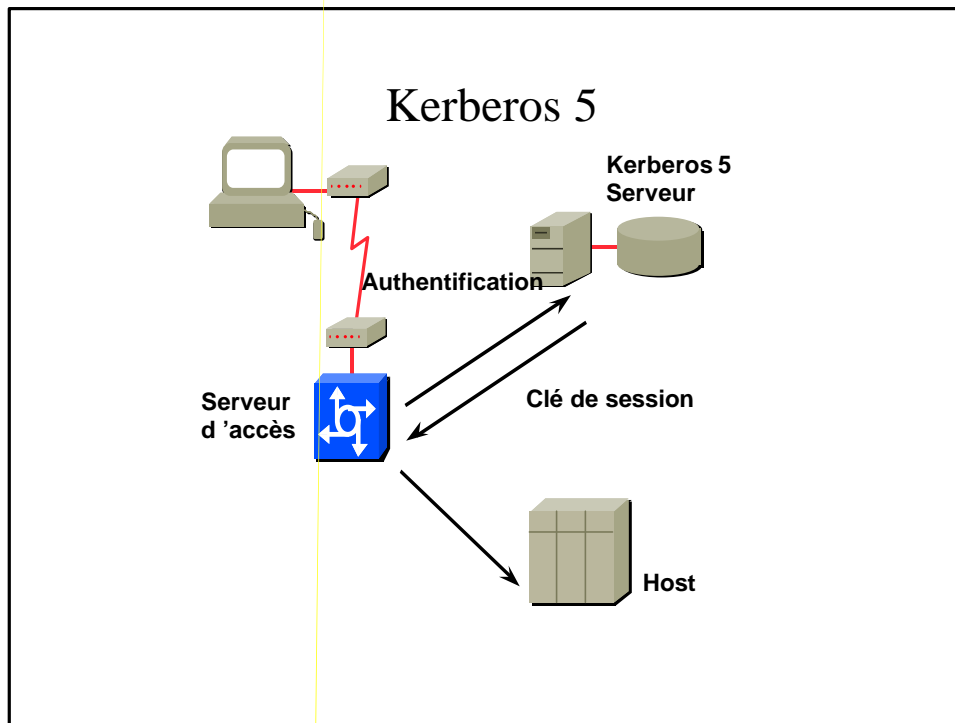


- Le certificat est ajouté à l'ensemble message+signature



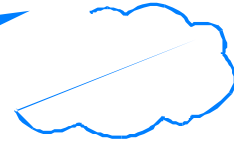
## Un processus sécurité

- Mise en communication ...
  - géré par les pilotes de communication
  - Négociation des méthodes employées
    - Authentification
    - Chifrement
  - Authentification mutuelle
  - Echange des clés de session
  - Mise en relation



# Firewalls

- Filtrage de paquets
  - Examine les adresses IP des paquets entrants
  - Autorise les paquets provenant des machines autorisées
  - Peuvent être contournés en modifiant le champ adresse du paquet IP (spoofing)



## Masquage de

- Proxy
  - Le client envoie une r
  - Le proxy remplace l'z conventionnelle
  - La réponse est envoye transmise par le garde
  - Le proxy remplace le

