

Interconnexion et conception de réseaux

**Cours de 24 h pour 3^{ème} année
Ecole d'ingénieurs réseaux
2002**

Jean-Luc Archimbaud CNRS/UREC

Interconnexion et conception de réseaux

- **Réseau :**
 - Qu'est-ce ?
 - Plusieurs réseaux interconnectés \approx réseau
 - Dans le cours : réseau informatique d'entreprise – de campus
- **Concevoir un réseau c'est actuellement :**
 - Faire évoluer l'existant
 - Réfléchir à toutes les couches
 - Tranchées \approx Applications
 - Utiliser les services des opérateurs – sous-traitance
 - Travail de puzzle : assemblage de briques
 - Matériel - logiciel

Concevoir un réseau c'est définir

- **L'architecture physique (réseau = câble)**
 - Carte des sites – bâtiments – salles à connecter
 - Les supports physiques
 - Les équipements actifs
- **L'architecture logique (réseau = réseau IP)**
 - Les protocoles
 - Plan adressage – Routage
- **L'administration des équipements - surveillance**
- **Les services réseaux**
 - DNS (nommage), Messagerie, Web, ...
- **Les outils de sécurité**
- **Les connexions avec l'extérieur : Internet, ...**

Adaptée aux équipements - besoins des utilisateurs

Stations – Serveurs – Applications

Plan du cours

- **Réseaux locaux - LAN**
 - Liens physiques - câblage : Coax - TP – FO – sans fil
 - Câblage de bâtiment
 - Protocoles niveau 1-2 : Ethernets – FDDI
- **Rappels : caractéristiques du protocole IP**
- **Éléments actifs d'interconnexion Eth-IP**
 - Répéteurs – hubs (Ethernet)
 - Ponts (Ethernet)
 - Commutateurs Ethernet
 - Routeurs (IP)
 - Commutateurs-routeurs (Ethernet-IP)

Plan du cours

- **Liaisons longues distances**
 - **Liaisons physiques**
 - Commutées RTC, RNIS, ADSL, X25, louées LS
 - **Modems**
- **ATM**
 - **Objectifs**
 - **QoS : Qualité de Service**
 - **Couches 1 et 2**
 - **Commutateurs et routage**
 - **Architectures LS et LANE**
 - **Bilan**
- **Exemples d'architecture**

Plan du cours

- **Architecture logique IP**
 - **Adresses IP**
 - **Plan adressage IP**
 - **Routage IP**
 - **Exemples de répartition d'utilisateurs et de services**
 - **Architecture ATM : classical IP**
- **MPLS**
- **Intégration voix-données (téléphonie – informatique)**
 - **Pourquoi ?**
 - **Différents niveaux d'intégration**
 - **Téléphonie sur IP**
 - Services rendus
 - H323
 - SIP
 - **Bilan aujourd'hui**

Plan du cours

- **Réseaux virtuels**
 - Pourquoi ?
 - VLAN
 - Avec ATM
 - VPN (PPTP, L2TP, IPsec)
- **Services d'interconnexion de France Télécom**
 - Interconnexion niveau 2 moyen débit
 - Interconnexion niveau 2 haut-débit
 - Services (entreprises)
- **Services à assurer – couche 7**
 - Noms
 - Messagerie
 - Annuaire
 - Services Web

Plan de cours

- **Qualité de service IP – rappels**
 - RSVP
 - DiffServ
- **Fonctions « annexes » de certains équipements actifs**
 - Rappels
 - NAT
 - Filtrage
 - Multicast
 - Gestion des files d'attente
- **Administration de réseau**
- **Quoi ?**
 - Equipes, standards
 - Configuration, surveillance, dépannage
 - Stations d'administration
 - Métrologie

Plan du cours

- **Quelques éléments de sécurité**
- **Accès à l'Internet**
- **Accès depuis l'Internet**
 - A l'Intranet
 - Aux serveurs Internet
- **Construction d'un réseau « solide »**
- **Études de cas**
 - Réseau de petit laboratoire éclaté
 - Réseau de campus
 - Gros site d'une entreprise
 - Réseau Renater (national)
 - Entreprise multi-sites

Bibliographie

- **Computer Networks 3rd edition (Tanenbaum)**
- **TCP/IP Illustrated, Vol 1 - W. Richard Stevens**
- **Constructeurs (white papers)**
 - CISCO : <http://www.cisco.com>
 - ...
- **Elements d'interconnexion Ethernet**
 - <http://www.unige.ch/dinf/jfl/elem/index.htm>
- **Pointeurs cours, mémoires**
 - <http://reseau.plisson.org/>
- **Cours UREC**
 - <http://www.urec.cnrs.fr/cours/>
- **Moteurs de recherche**

LAN : dimension

- **LAN : Local Area Network**
 - Un étage
 - Un bâtiment
 - Diamètre < 2 km
 - Un site géographique : domaine privé
 - Plusieurs bâtiments (site-campus)
 - Interconnexion de LAN
- **MAN : Metropolitan Area Network**
 - Dimension d'une ville
 - Diamètre < 10 km
 - Domaine public : service d'opérateurs locaux
- **WAN : Wide Area Network**
 - Très longues distances : opérateurs (inter)nationaux

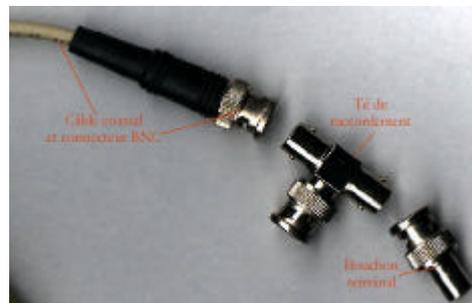
LAN : Liens physiques : critères choix

- **En théorie : propriétés physiques**
- **En pratique :**
 - **Coût**
 - Câble (media)
 - Connecteurs (connectique)
 - Émetteurs et récepteurs
 - Installation : pose (tirer des câbles)
 - **Immunité aux perturbations**
 - Foudre, électromagnétiques, ...
 - **Longueur maximum possible entre deux équipements actifs (↗ minimiser le nb)**
 - Coût équipement
 - Besoin alimentation électrique, ...
 - **Débits possibles (surtout débit max) : bps**

LAN : liens physiques : câble coaxial

- **Bande de base : Baseband**
 - 50 ohm – transmissions numériques – quelques kms
 - Ex : Ethernet câble jaune – bus - prises vampires - 10base5 (500 m)
- **Large bande : Broadband (LAN, MAN, WAN)**
 - 75 ohm – transmissions analogiques – 100 kms
 - Plusieurs bandes de fréquences \approx plusieurs flux
 - Ex : câble télévision
- **Bons débits (Gbits/s) et distances, bonne immunité**
- **Problème : cher**
 - Equipements - encombrement ($\varnothing = 1$ cm) – difficulté de la pose
- **N'est plus utilisé pour le LAN informatique**
 - Il peut rester quelques câbles coaxiaux jaunes Ethernet et Ethernet fin (Bande de base) : 10base2 (185 m) - Prises en T
- **Utilisé dans le réseau câble des villes**
 - Connexion ordinateur : Carte 10BaseT – Modem – Câble (TV)

LAN : câble coaxial fin et prise en T



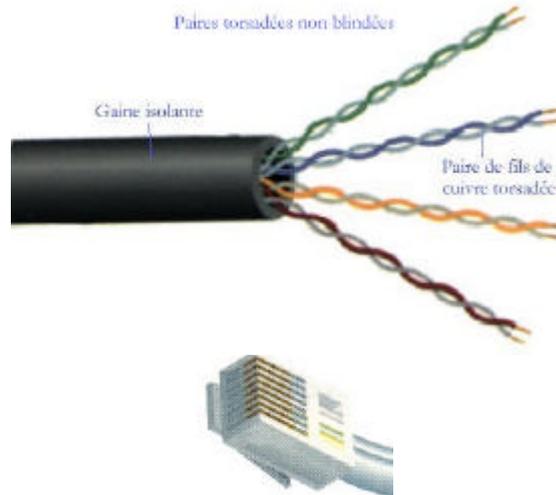
LAN : Liens physiques : TP

- **TP : Twisted Pair : Paire torsadée**
- **Fil de cuivre isolé de diamètre 1 mm**
- **Utilisé depuis très longtemps pour le téléphone**
- **TP catégorie (type de TP mais aussi composants)**
 - **3 : jusqu'à 16 Mhz : très répandu aux USA**
 - **4 : jusqu'à 20 Mhz : peu utilisé**
 - **5 : jusqu'à 125 Mhz : le plus répandu actuellement**
 - Câbles 4 paires avec des pas de torsades différents
 - **5E : amélioration du câblage 5 (Gigabit Ethernet)**
 - **6 : jusqu'à 250 Mhz**
 - **7 : jusqu'à 600 Mhz**
- **Blindage des câbles :**
 - **UTP : Unshielded : pas de blindage**
 - **STP : Shielded : blindage avec tresse métallique**
 - **FTP : Foiled : entourée d'un feuillard d'aluminium**

LAN : Liens physiques : TP

- **Nombre de paires utilisées : 2 à 4 suivant l'utilisation**
- **Connexions point à point : architecture en étoile**
- **Connecteurs RJ45 : 4 paires**
- **Avantages :**
 - **Câblage universel : informatique et téléphone**
 - **Débit : plusieurs Mbits/s et Gbits/s sur 100 m (jusqu'à quelques centaines)**
 - **Câble et pose peu chers**
- **Désavantages :**
 - **Très sensibles aux perturbations (électromagnétiques, ...)**
 - **Courtes distances**
 - **Beaucoup de câbles : pose par professionnels**
- **C'est le media le plus utilisé à l'intérieur des bâtiments**

LAN : photos TP et RJ45



LAN : Liens physiques : FO

- **FO : Fiber Optic : Fibre Optique**
- **2 types : multimode - monomode**
 - **Multimode : rayons lumineux avec réflexions : dispersion**
 - Cœur optique : diamètre 50 ou 62.5 microns
 - Gaine optique : 125 microns
 - Multimode 50 ou 62.5 (le plus courant aujourd'hui)
 - **Monomode (single mode) : rayons lumineux « en ligne droite »**
 - Cœur optique avec un diamètre plus petit : 9 microns
 - Gaine optique : 125 microns
 - **Monomode pour de plus longues distances et plus haut débits**
- **Plusieurs fenêtres de longueurs d'onde possibles pour le faisceau lumineux émis**
 - Fenêtres d'émission centrées sur : 850, 1300 et 1550 nm

LAN : Liens physiques : FO

- **Connectique :**
 - Epissures (définitif) ~ soudures
 - Connecteurs : les plus répandus : SC (encliquetage) et ST (baionnette)
- **Emetteurs :**
 - Photodiodes (LED) : multimode, débits moyens, distances courtes-moyennes, peu chers
 - Lasers : multi ou monomode, très hauts débits, longues distances, plus chers
 - Plus faciles à installer sur de la fibre multimode
- **Unidirectionnel : 2 FO pour une liaison**
- **Câbles généralement de 2 à 40 fibres**

LAN : Liens physiques : FO

- **Budget optique :**
 - Emetteur-récepteur : quelle « atténuation optique » maximale possible peut-on avoir ?
 - Ex 12 dB
 - Affaiblissements dans chaque liaison
 - Distance : lg de fibre : 3.5 dB/km pour FO 62.5 - 850 nm
 - Connectique : épissure : 0.2 dB, connecteur : 2 dB, ...
 - Détérioration des éléments
 - Affaiblissement total de la liaison < budget optique
- **Multiplexage optique**
 - Multiples longueurs d'ondes sur une même fibre
 - Protocole DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)
 - Multiplexeurs, démultiplexeurs, commutateurs optiques
 - Choix n fibres ou multiplexage optique : coût

LAN : Liens physiques : FO

- **Avantages-inconvénients**
 - Débits possibles très élevés (potentiellement immenses)
 - Longues distances (dizaines voir centaines de km)
 - Insensible aux perturbations électromagnétiques
 - ... confidentialité
- **Utilisation**
 - C'est le support maintenant le plus utilisé en interconnexion de bâtiments, en MAN et WAN
 - Quelques fois en câblage de stations : cher

LAN : photos de FO et connecteurs



Connecteur SC



Connecteur ST

LAN : sans fil

Liaisons radio LAN (R-LAN - WIFI) : 2.4 GHz

- **Architecture étoile**
 - Carte sur stations (PC, ...) avec antenne
 - Concentrateur avec antenne : borne
 - Connecté au réseau câblé : borne
- **Normes IEEE 802.11**
 - Même rôle que 802.3 pour Ethernet
- **Distance max station-borne : entre 50 et 200 m**
- **Débits max**
 - 11 Mbits/s partagés (802.11b) : 10 M à 10 m, 1 M à 50 m
 - Evolutions : Jusqu'à 54 Mbps (802.11a), 20 Mbps et + (802.11g)

LAN : R-LAN

- **Utilisation : intérieur de bâtiment (en R-LAN)**
 - Liaisons provisoires : portables, conférences, ...
 - Locaux anciens et protégés (impossible d'effectuer un câblage)
- **Problèmes**
 - Débit limité
 - Sécurité : diffusion
 - Contrôle de l'espace de diffusion
 - WEP (Wired Equivalent Privacy)
 - Fixe les adresses Ethernet
 - Considère comme « externe » : ajout IPSec, ...
- **Se déploie très fortement actuellement**
- **MAN aussi : boucle locale radio (BLR 8M)**

LAN : sans fil

Liaisons laser

- **Depuis de nombreuses années**
- **Point à point : interconnexion de réseaux**
- **Distance : 1 ou 2 km sans obstacle**
- **Débits : plusieurs Mbits/s**
- **Utilisation :**
 - **Quand coût tranchées trop élevé ou domaine public**
 - **Liaison provisoire**
- **Problème : réglage de la direction du faisceau**

LAN-MAN : sans fil

- **Faisceaux hertziens : de 2.4 à 40 GHz**
 - **Pas les mêmes fréquences que R-LAN**
 - **Demande une licence à l'ART et une redevance**
 - **Maxima de débit : de l'ordre de**
 - 2 - 34 voir 155 Mbits/s jusqu'à plusieurs km
 - **Interconnexion de réseaux (et téléphone)**
 - **Utilisation :**
 - Plutôt en MAN
 - Demande une solide étude préalable (obstacles ...)
 - Interconnexion de sites distants sans besoin d'opérateur
 - Utilisé par les opérateurs (France Télécom ...)
- **Satellite : pas en LAN !**
 - **Service d'opérateur**
 - **Quand FO non disponible**

LAN : câblage de bâtiment (TP)

(vocabulaire)

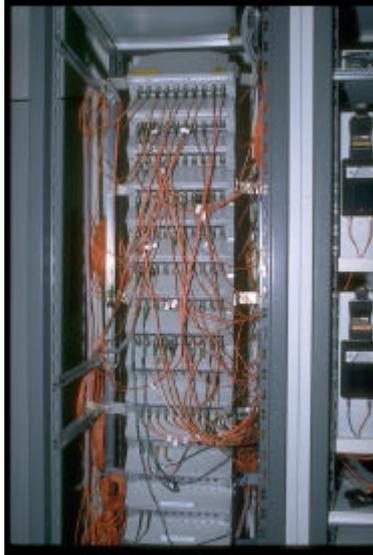
- **Construction d'un bâtiment : pré-câblage**
- **TP : câblage courants faibles : informatique et téléphone**
- **Répartiteur : local technique**
 - Nœud de concentration et de brassage
 - Arrivées-départ des liaisons, équipements actifs
- **Dans un grand bâtiment**
 - 1 répartiteur général : RG
 - n sous-répartiteurs : SR
 - Entre RG et SR : câblage primaire : rocares ou colonnes
 - Entre SR et prises stations : câblage horizontal
 - Structure étoilée
- **Câbles - connecteurs – cordons - jarretières – baies de brassage**

LAN : câblage de bâtiment (TP)

- **Chemins de câbles :**
 - gaines techniques
 - faux plafond
 - goulottes, ...
- **Bureaux :**
 - Prises murales
 - Recommandation CNRS : 3 prises (tél + info) par personne
- **Tests après installation : cahier de recette**
 - Certification (classe d'installation : classe D)
 - Réflectométrie
 - Etiquetage – plans : obligatoire
 - Base de données pour le système de câblage ?
- **Travail de spécialistes**

**Sans bon câblage, pas de bons services
Câblage : fondations du réseau**

LAN : Photo baie de brassage optique

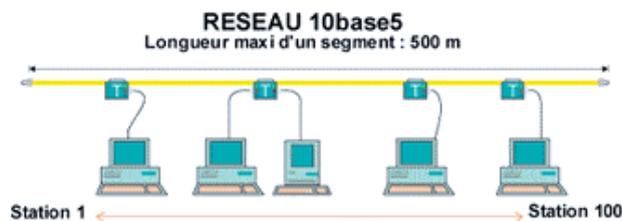


LAN : tous les Ethernets

- **Protocoles pour LAN (au départ)**
 - Gigabit Eth : protocole différent (sauf trame) \neq MAN
- **Trame**
 - Adresse destination (MAC address) : 6 octets 08:00:20:06:D4:E8
 - Adresse origine (MAC address) : 6 octets
 - Type (IP = 0800) ou longueur (IEEE 802.3) : 2 octets
 - Données : taille variable < 1500 octets
- **Adresses (6 bytes) – MAC address**
 - **Station : unique**
 - 3 premiers octets : constructeur
 - CISCO 00:00:0C
 - Sun 08:00:20
 - HP 08:00:09
 - 3 octets suivants : coupleur
 - **Broadcast : FF:FF:FF:FF:FF:FF**
 - **Multicast : 1er octet impair**

LAN : Ethernet 10 M - 10Base5

- **Protocole : Ethernet – IEEE802.3**
- **Début 1980**
- **Conçu pour 10Base5 : bus : coaxial : diffusion**
- **Méthode d'accès : CSMA-CD**
 - Carrier Sense Multiple Access-Collision Detection
 - Accès multiple et écoute de porteuse – Détection de collision



JL Archimbaud CNRS/UREC

Interconnexion et conception de réseaux 2002

31

LAN : Ethernet 10 M - 10Base5

- **10 Mbits/s (partagés)**
- **CSMA-CD :**
 - Emet quand le media est libre
 - Si autre signal sur le media durant émission : arrête l'émission
- **RTD : round trip delay $< 51.2 \mu s$ \approx lg max réseau**
- **Taille minimum trame envoyée (correcte) : 64 bytes**
- **Quand trame taille < 64 bytes : collision**
- **10Base5 : 5 câbles 500 m avec répéteurs : 2.5 km**
- **Problèmes 10Base5**
 - Coût : câble et connectique
 - Sensibilité aux perturbations électromagnétiques
 - Besoin d'une même terre
- **Solution bas prix : 10Base2**
 - Thin Ethernet - 185 m - stations en coupure
- **10Base5 et 10Base2 \approx 10BaseT**

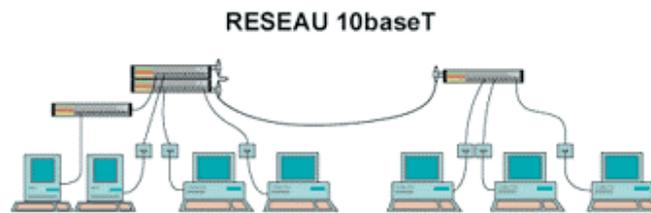
JL Archimbaud CNRS/UREC

Interconnexion et conception de réseaux 2002

32

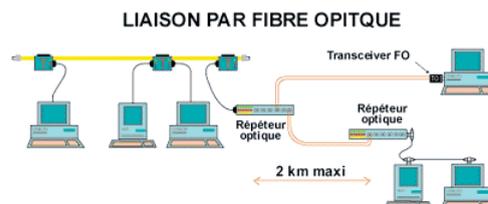
LAN : Ethernet 10 M - 10BaseT

- CSMA-CD, 10 Mbits/s, RTD < 51.2 μ s
- Câble : paire torsadée : UTP 5 – RJ45
- Architecture étoile : centre : hub (multi-répéteur)
- Distance max hub-station ou hub-hub : 100 m
- 4 hubs max entre 2 stations : 500 m lg max



LAN : Ethernet 10 M : 10BaseF

- Pbs 10BaseT : perturbations – distance
 - \neq 10BaseF
- CSMA-CD, 10 Mbps, RTD < 51.2 μ s
- Liaison : 2 FO multimode 50 ou 62.5
- Connecteurs SC ou ST
- Station – Répéteur : 1 km
- Répéteur



LAN : Ethernet 10 M

- Réseau au sens Ethernet : domaine de broadcast
- Avantage : protocole simple
- Problèmes :
 - Débit limité (10 M partagé)
 - Distances limitées
 - Dépendance vis à vis de son voisin (collisions, charge)
 - Broadcast : charge
 - Pas de confidentialité (diffusion)

LAN : Ethernet 100 M – 1000 M

- 100BaseT (IEEE802.3U) – Fast Ethernet 1995
 - Idem 10BaseT (CSMA/CD, RJ45, ...)
avec débit x 10 et taille réseau / 10
 - TP (100BaseT) ou FO (100BaseF)
 - Distance max : Hub – Station : 100 m (TP) - 412 m (FO)
 - Lg max réseau 100BaseTX : 250 m
 - Utilisation : serveurs ≠ stations
 - Auto-négociation débit : 10 ou 100
- 1000Base – Gigabit Ethernet
 - Idem 100Base avec débit x 10 – Taille min trame : 512 bytes
 - Câblage FO ou TP de très bonne qualité
 - Point à point, pas de diffusion
 - Full duplex possible
 - Utilisation : Serveurs - Backbone Campus – MAN

**ATTENTION : toutes les distances max Ethernet citées :
réseau uniquement avec répéteurs-hubs**

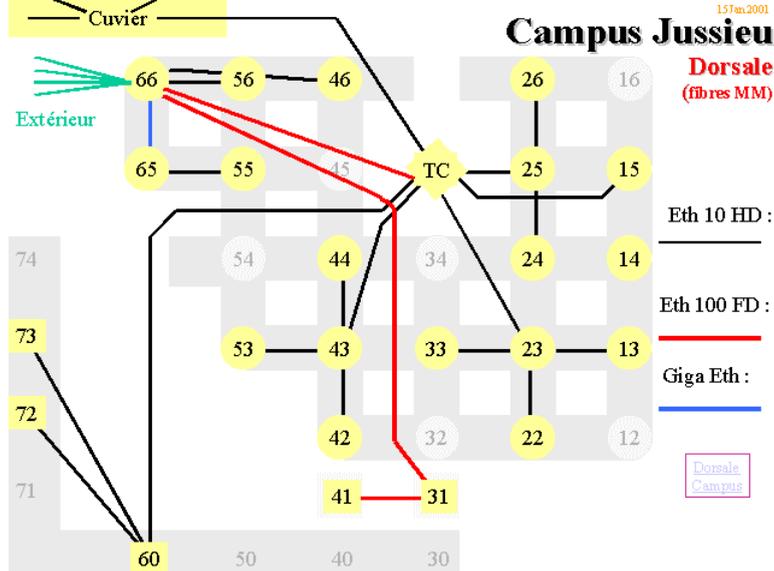
LAN : Ethernets

- **10Base5**
 - 10 Mbits/s - Coax jaune - Lg max rép – station : 500 m
- **10Base2**
 - 10 Mbits/s – Coax fin – Lg max rép – station : 185 m
- **10BaseT (IEEE802.3 – 1990)**
 - 10 Mbits/s – 2 paires UTP – Lg max hub-station : 100 m
 - 1 paire pour chaque sens de transmission
- **10BaseFL**
 - 10 Mbits/s – 2 FO (1 pour chaque sens)
 - Lg max rép et/ou stations : 2 km avec multimode 62.5
- **100BaseTX**
 - 100Mbits/s - 2 paires UTP catégorie 5
 - Lg max hub-station : 100 m (réseau 250 m)
- **100BaseT4 (peu utilisé)**
 - 100Mbits/s - 4 paires UTP Catégorie 3 ou 4
 - Lg max hub-station : 100 m (réseau 250 m)

LAN : Ethernets

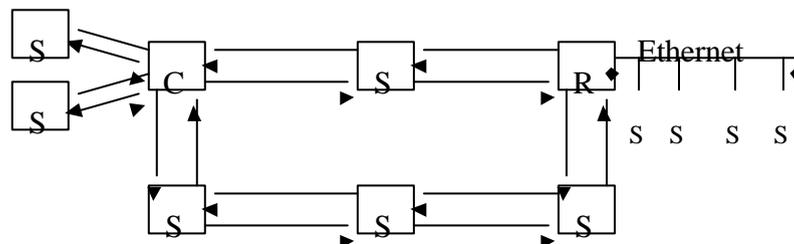
- **100 BaseFX**
 - 100 Mbits/s – 2 FO
 - 412 m (HD) ou 2 km (FD) multimode 62.5
 - 20 km monomode
- **1000BaseSX (IEEE802.3z)**
 - Sur 2 FO avec longueurs d'onde 850 nm
 - Lg max : multimode 50 550 m – 62.5 220 m
- **1000BaseLX (IEEE802.3z)**
 - Sur 2 FO avec longueurs d'onde 1300 nm
 - Lg max : multimode 50 550 m - monomode 5 km et plus
- **1000BaseT (IEEE802.3ab – 1999)**
 - Sur 4 paires UTP Cat 5E
 - Longueur max 100 m

LAN : schéma réseau campus de Jussieu



LAN : FDDI

- **FDDI : Fiber Distributed Data Interface**
- **Protocole pour réseau local informatique**
- **Débit 100 Mbits/s (partagé)**
- **Anneau 2 FO multimode**
- **Nœud : station (SA/ DA)-concentrateur-routeur**
- **Réseau max : taille 100 km, 500 stations**



LAN : FDDI

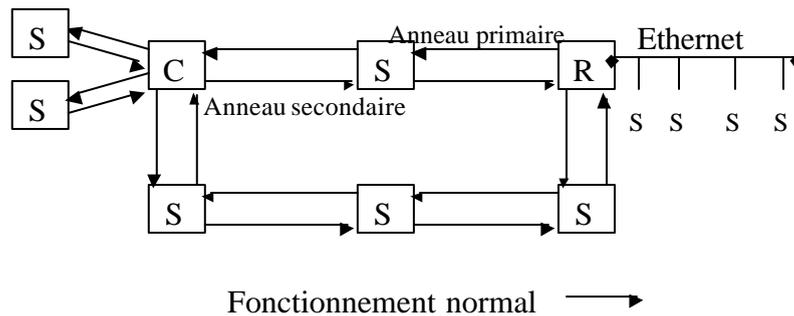
- **Accès au support par jeton (3 octets)**
- **Un jeton circule sur l'anneau**
- **Une station qui veut émettre**
 - Capture le jeton
 - Envoie les trames de données
 - Libère le jeton
 - Retire ses trames au passage suivant
- **Une station réceptrice**
 - Lit les trames qui lui sont adressées
 - Modifie un champ des trames (FS) pour indiquer qu'elle a lu la trame

LAN : FDDI

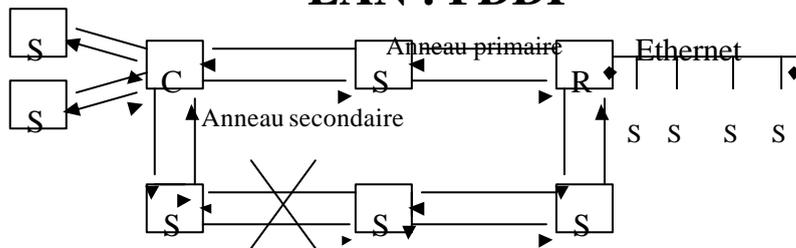
- **Trame**
 - Adresse destination (6 octets idem Ethernet)
 - Adresse source
 - FS (Frame Status)
 - Erreur
 - Adresse reconnue
 - Trame lue
 - ...
 - Données : lg max 4500 octets
- **Pb : station FDDI ↗ station Ethernet**
 - Taille des trames FDDI jusqu'à 4500 bytes alors que max Ethernet est 1500
 - Solution pour IP : fragmentation IP

LAN : FDDI

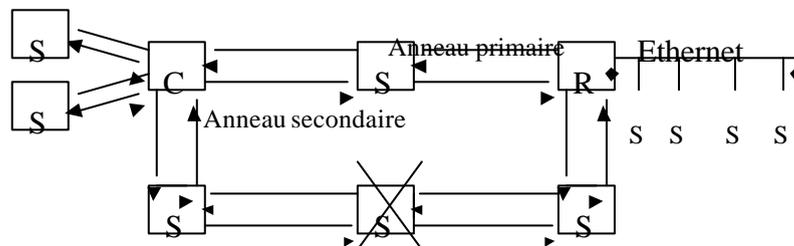
- **Circulation normale : anneau primaire**
- **Coupure anneau**
 - **Rebouclage de l'anneau**
 - **Mise en fonction : anneau secondaire**



LAN : FDDI

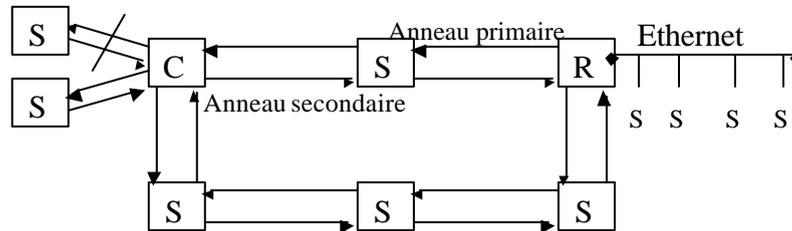


Coupure de lien



Arrêt de station

LAN : FDDI



Coupure lien station simple attachement
Possibilité d'avoir des stations prioritaires
CDDI : FDDI sur paire torsadée

Bilan :

- FDDI trop cher – pas assez de débit**
- Maintenant remplacé par Ethernet 100 ou Giga**
- Bon exemple de réseau anneau à jeton**

Rappels : caractéristiques IPv4

- **Protocole réseau : couche 3**
- **Mode non connecté**
- **Éléments d'un réseau IP :**
 - Stations, réseaux (sens niv2), routeurs
- **Informations : datagrammes (paquets)**
- **Entête datagramme :**
 - Version (4)
 - TOS Type of Service : qualité de service
 - TTL Time To Live : $60 \geq 0$ (-1 à chaque routeur)
 - Identification protocole de transport (TCP, UDP, ICMP, ...)
 - Adresse IP de la station origine
 - Adresse IP de la station destinataire
 - ...
- **Taille datagramme < 64 Koctets**
Souvent de taille d'environ 512 ou 576 bytes

IPv4 : couche 4

- **Couche 4 : protocole entre stations (pas entre routeurs)**
- **TCP : Transmission Control Protocol**
 - Paquet TCP = segment
 - Mode connecté
 - Transport fiable (contrôle d'erreurs, accusés de réception, retransmission, ...)
 - Spécification des applications : numéros de port (origine, destination) dans le segment
 - Fenêtrage – Slow start : s'adapte à tous les débits
- **UDP : User Datagramm Protocol**
 - Pas de contrôle
 - Mode non connecté
 - Spécification de l'application : numéros de port (orig, dest)
 - Protocole léger, permet multicast-broadcast facilement

IPv4 : ICMP

- **ICMP : Internet Control Message Protocol**
- **RFC792**
- **Messages 'de contrôle' émis par les stations ou les routeurs**
- **Messages :**
 - Ralentir le débit d'émission
 - Destination inaccessible
 - Demande d'écho
 - Réponse echo
 - « Time To Live » exceeded
 - Redirection
 -

IPv4 : couche 2

- **IP / couche 2 : les datagrammes IP peuvent être transportés par tous les types de réseaux :**
 - Ethernet RFC894 et RFC1042
 - Liaison série : point à point (PPP RFC1331-1332)
 - ATM (RFC1577)
 - FDDI
 - X25
 - ...
- **@ IP ↗ @ couche 2 ?**
 - Ethernet, FDDI : broadcast : ARP, RARP
 - ATM : serveur ARP

IPv4 : exemple trame Ethernet (TCP)

Une trame Ethernet avec un segment TCP a la forme :

- **Entête Ethernet**
 - @ Ethernet destination
 - @ Ethernet origine
 - Type = 800
- **Entête IP**
 - ...
 - Indication TCP
 - @ IP origine
 - @ IP destination
 - ...
- **Entête TCP**
 - Numéro de port source
 - Numéro de port destination
 - ...
- **Données**

IPv4 : adresses

- **4 bytes 194.220.156.3**
- **Chaque coupleur de station ou de routeur a une adresse**
- **Partie réseau (IP) : 194.220.156**
- **Partie station (IP) : 3**
- **Routeur : sépare (interconnecte) 2 réseaux IP**
- **Adresses (IP) de broadcast et de multicast**
 - **194.220.157.255 : broadcast sur réseau IP**
 - 194.220.157.0**
- **Détails dans les cours suivants**

Eléments d'interconnexion

Ethernet - IP

- **Pourquoi ? – Problèmes**
- **Répéteurs – Hubs (Ethernet)**
- **Ponts (Ethernet)**
- **Commutateurs Ethernet**
- **Routeurs (IP)**
- **Commutateurs-Routeurs (Ethernet-IP)**

Eléments d'interconnexion : pourquoi ?

- **Ré-amplifier les signaux**
 - Electriques - optiques
 - ≍ Augmenter la distance maximale entre 2 stations
- **Connecter des réseaux différents**
 - Supports : Coax, TP, FO, Radio, Hertzien, ...
 - Protocoles niveau 2 : Ethernet, FDDI, ATM, ... rieur
- **« Limiter » la diffusion (Ethernet)**
 - **Diminuer la charge globale**
 - Limiter les broadcast-multicast Ethernet (inutiles)
 - **Diminuer la charge entre stations**
 - Limiter la dépendance / charge des voisins
 - Objectif in fine : garantir une bande passante disponible (une qualité de service) entre 2 stations
 - **Limiter les problèmes de sécurité**
 - Diffusion ≍ écoute possible : pas de confidentialité

Eléments d'interconnexion : pourquoi ?

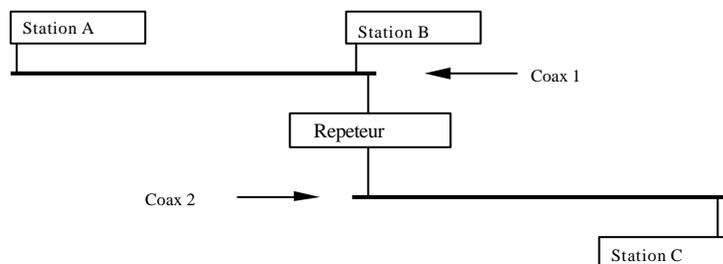
- **Restreindre le périmètre de la connectivité désirée**
 - Extérieur ≍ Intérieur : protection contre attaques (sécurité)
 - Intérieur ≍ Extérieur : droits de connexion limités
- **Segmenter le réseau :**
 - Un sous-réseau / groupe d'utilisateurs : entreprises, directions, services, ...)
 - Séparer l'administration de chaque réseau
 - Créer des réseaux réseaux virtuels
 - S'affranchir de la contrainte géographique
- **Pouvoir choisir des chemins différents dans le transport des données entre 2 points**
 - Autoriser ou interdire d'emprunter certains réseaux ou liaisons à certains trafic

Eléments d'interconnexion : problèmes

- **Eléments conçus pour répondre a des besoins :**
 - **Qui ont évolué au cours du temps**
 - Durée de vie courte des équipements
 - Toujours mieux et moins cher
 - **Rapidement à moindre coût : pragmatique**
 - Chaque élément offre certaines fonctions les « prioritaires » du marché de l'époque
- **Problèmes :**
 - **Classification, frontières sont un peu complexes**
 - **Terminologie imprécise (dépend du contexte)**
 - Commerciaux rarement techniciens
- **Attention : le choix est un compromis entre les fonctions désirées et le coût**

Eléments d'interconnexion : répéteur

- **Répéteur (Ethernet)**
 - **Boîte noire dédiée**
 - **Remise en forme, ré-amplification des signaux (électroniques ou optiques)**
 - **But augmenter la taille du réseau (au sens Ethernet)**
 - Exemple : distance max entre stations A - C : 500 m \approx 1000 m

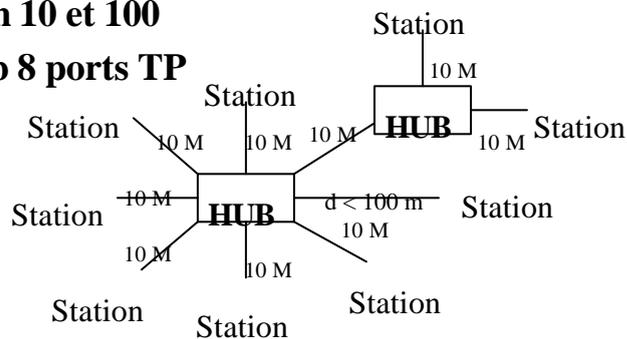


Eléments d'interconnexion : répéteur

- **Travaille au niveau de la couche 1**
- **Ne regarde pas le contenu de la trame**
- **Il n'a pas d'adresse Ethernet**
 - Transparent pour les stations Ethernet
- **Entre supports coaxiaux, TP et FO**
- **Avantages**
 - débit 10 Mb/s
 - pas (ou très peu) d'administration
- **Désavantages**
 - Ne diminue pas la charge
 - Ne filtre pas les collisions
 - N'augmente pas la bande passante
 - Pas de possibilité de réseau virtuel (VLAN)

Eléments d'interconnexion : hub

- **Hub : muti-répéteur : étoile (obligatoire TP)**
- **Idem répéteur pour :**
 - Fonctions, avantages, désavantages
- **Pour Eth 10 et 100**
- **Ex : Hub 8 ports TP**



Eléments d'interconnexion : hub

- **Fonction annexes :**
 - Affectation d'une @ MAC (@ Eth) à chaque brin : sécurité
 - « Auto-negotiation » débit hub 10-100 (IEEE 802.3u)
 - Surveillance SNMP
- **Nombre maximum sur réseau Ethernet**
 - 10Base5 : 4 répéteurs
 - 10BaseT : 4 hubs
 - Distance max entre 2 stations : 500 m
 - 100BaseT : 4 hubs
 - Mais distance max entre 2 stations : 250 m
 - 1000BaseX : utilise des commutateurs
- **Utilisation actuelle**
 - En « extrémité » de réseau (stations utilisateurs)
 - Remplacés par des commutateurs Ethernet
 - En cœur de réseau, pour serveurs, et même pour stations

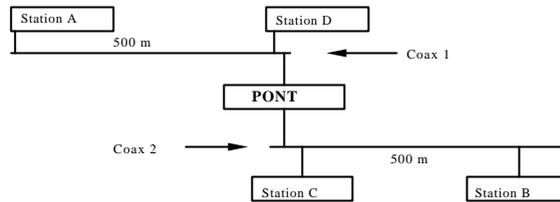
Eléments d'interconnexion :hub

- **Remarque : borne sans fil 802.11b = hub**
- **Face arrière hub stackable**
 - 3 x 24 ports TP (prises RJ45)
 - 1 port FO (2 FO)



Els d'interconnexion : pont (Ethernet)

- Aussi appelé répéteur filtrant ou "bridge"



- Niveau de la couche 2
 - Traitement : valeur @ MAC destinataire \neq transmet ou non : trafic A-D ne va pas sur coax 2
 - Localisation des @ MAC des stations par écoute (auto-learning) ou fixée
 - Ignoré des stations (transparent)

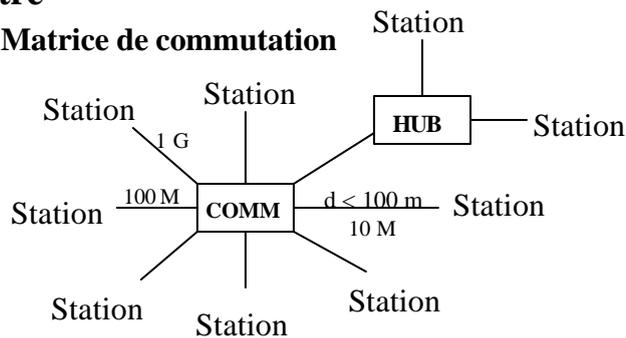
Els d'interconnexion : pont

- Avantages
 - Augmente la distance max entre 2 stations Ethernet
 - Diminue la charge des réseaux et limite les collisions
 - Le trafic entre A et D ne va pas sur Coax 2
- Remplacés en LAN par les commutateurs
- Fonctions supplémentaires : cf commutateurs
- Ponts distants
 - Ethernet – Liaison spécialisée (cuivre ou hertzienne ou laser)
 - Encore utilisés

Elts d'interconnexion : commutateur

- **Commutateur – Switch Ethernet de niveau 2**
 - 10, 100, 1000 Mb/s TP ou FO
- **Fonction : multi-ponts, cœur d'étoile**
- **Commute les trames Ethernet sur un port ou un autre**

- **Matrice de commutation**



Elts d'interconnexion : commutateur

- **Mêmes fonctions et avantages que le pont + augmentation de la bande passante disponible**
- **Matériels - logiciel**
 - Chassis ou boîtier
 - Cartes : 2 ports FO, 8 ports TP ... avec débits 10, 100, 1000 Mb/s
 - Système d'exploitation
 - Configuration : telnet, client Web
 - Surveillance : SNMP
- **Quelques critères de choix techniques (performances)**
 - Bus interne avec un débit max : 10 Gb/s
 - Vitesse de commutation nb de trames / s
 - Bande passante « annoncée » : 24 Gb/s
 - Nb d'adresses MAC mémorisable / interface

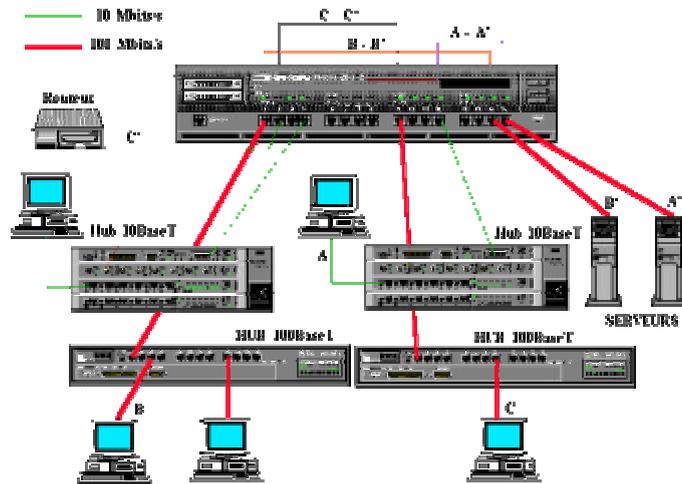
Elts d'interconnexion : commutateur

- **Permet : Ethernet Full duplex (TP ou FO)**
 - Emission et réception en même temps : 2x10 ou 2x100
 - « Auto-negotiation » possible (IEEE 802.3u)
- **Fonctions supplémentaires**
 - Auto-sensing débit (IEEE 802.3u)
 - Affectation statique d'@ MAC et filtrage au niveau 2
 - **Spanning Tree : évite les boucles**
 - Construction d'un arbre
 - A un instant : un seul chemin utilisé
 - **Réseaux virtuels : VLAN**
 - **Port d'écoute qui reçoit tout le trafic des autres ports**
 - Analyseur

Elts d'interconnexion : commutateur

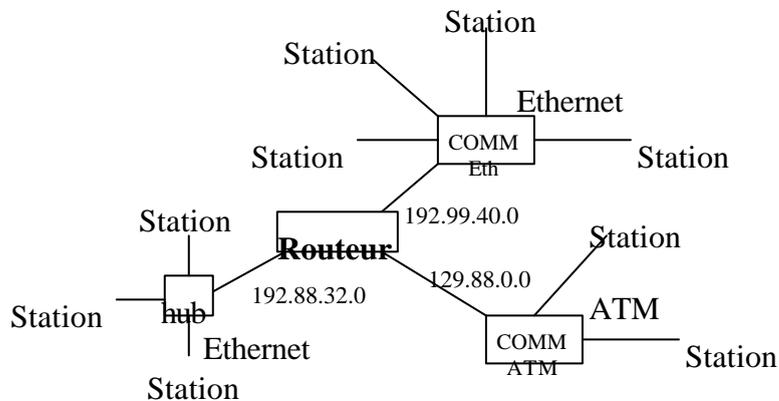
- **Limitations d'un réseau de commutateurs**
 - Théoriquement pas de distance maximum
 - Broadcast et multicast diffusés partout
 - 1 seul réseau IP possible
- **Très répandu :**
 - Local : workgroup switch
 - Campus : complété par le routeur (plus « lent » et plus cher)
 - Remplacé par le commutateur-routeur (plus cher) quand besoin

Els interconnexion : commutateur et hubs



Els interconnexion : routeur (IP)

- **Niveau 3 : aussi appelé commutateur niveau 3**
 - Il y a des routeurs multi-protocoles
 - On ne parlera que de IP
 - **Interconnecte 2 ou plus réseaux (ou sous-réseaux) IP**



Elts interconnexion : routeur (IP)

- **Table de routage / @ IP destination**
- **N'est pas transparent pour les stations**
 - Chaque station doit connaître l'@ IP du coupleur du routeur pour « le traverser »
- **Pour le protocole Ethernet**
 - C'est une station Ethernet
 - Chaque port possède une adresse Ethernet
- **Matériels**
 - Chassis ou boîtier
 - Cartes : 2 ports FO, 8/16/24/32/48/64 ports TP ... avec débits 10, 100, 1000 Mb/s, LS, ATM, FDDI ...

Elts interconnexion : routeur (IP)

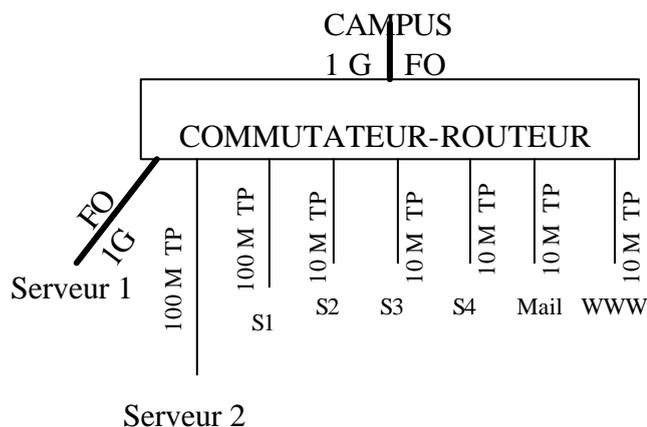
- **Logiciel – performances**
 - Système d'exploitation
 - IOS CISCO
 - Configuration : avec telnet ou navigateur
 - Surveillance : SNMP
 - Performances :
 - Nb de paquets routés/s
 - Routage : ASIC
 - Un PC Linux avec 2 cartes Ethernet peut faire fonction de routeur
- **Fonctions annexes : chapitre ultérieur du cours**

Elts interconnexion : Commutateur-routeur (IP)

- **Multilayers switch**
- **Réunion des fonctions commutateur et routeur dans une seule « boîte »**
- **On peut configurer certains ports en commutation, d'autres en routage**
- **L'équipement à tout faire**
 - Mais pour le configurer il est nécessaire d'avoir défini l'architecture que l'on veut mettre en place
- **Maintenant très performant avec des prix très compétitifs**
 - Remplace les routeurs et les commutateurs

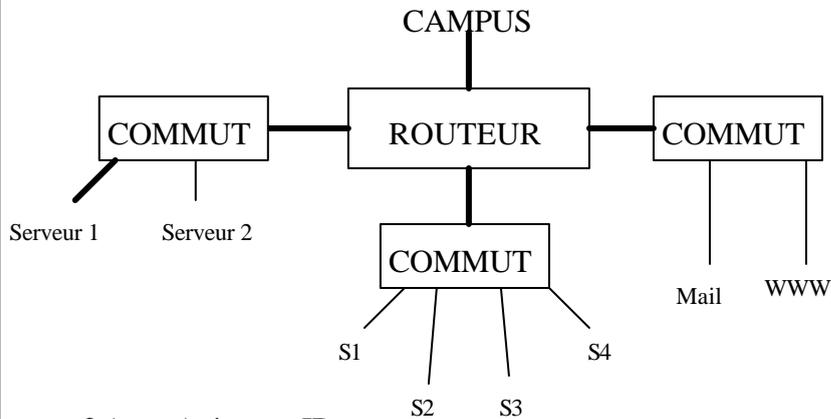
Elts interconnexion : commut-routeur

- **Exemple de réseau de laboratoire**



Ets interconnexion : commut-routeur

- Peut-être équivalent à :



3 (sous-)réseaux IP :

Serveur 1, Serveur2 – S1, S2, S3, S4 – Mail, WWW

Ets interconnexion : action /trame

Trame Ethernet contenant un datagramme TCP

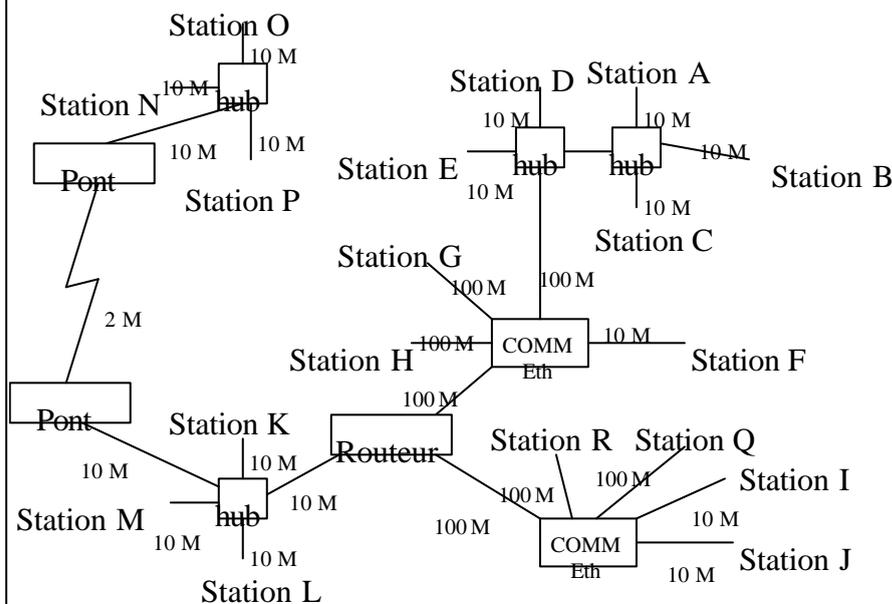
- **Entête Ethernet**
 - @ Ethernet destination \approx Pont - Commutateur
 - ...
- **Entête IP**
 - ...
 - @ IP destination \approx Routeur
 - ...
- **Entête TCP**
 - ...
 - Numéro de port destination \approx Station (choix du service)
 - ...
- **Données \approx Application**

Ets interco : Architecture Eth - IP

Dans une entreprise

- **Entre stations utilisateurs d'un service**
 - Hubs ou commutateurs
- **Entre serveurs ou stations demandant du débit (graphiques, ...) d'un service**
 - Commutateurs
- **Entre services**
 - Commutateurs ou routeurs
- **Entre l'entreprise et l'extérieur (Internet)**
 - Routeurs

Ex interconnexion de réseaux Ethernet



Ex interconnexion de réseaux Ethernet

- Trame Eth A $\not\rightarrow$ C. Arrive-t-elle à B ? E ? F ?
- Trame Eth P $\not\rightarrow$ O. Arrive-t-elle à N ? M ?
- Trame Eth R $\not\rightarrow$ Q. Arrive-t-elle à I ? J ?
- Trame Eth A $\not\rightarrow$ L. Arrive-t-elle à K ?
- A \rightarrow Broadcast Eth. Arrive-t-il à B ? D ? G ? R ?
- L $\not\rightarrow$ Broadcast Eth. Arrive-t-il à K ? O ? D ?
- Collision possible entre les 2 trames :
 - A $\not\rightarrow$ B et D $\not\rightarrow$ E ? O $\not\rightarrow$ N et M $\not\rightarrow$ L ?
 - G $\not\rightarrow$ H et E $\not\rightarrow$ F ?
- B a un coupleur défectueux (envoi des trames sans écoute $\not\rightarrow$ collisions). Cette station perturbe-t-elle A ? E ? G ? R ?
- F dans le même cas. G est-elle perturbée ?
- O dans le même cas. M est-elle perturbée ?

Ex interconnexion de réseaux Ethernet

- B émet un flot de données de 5 M b/s vers A en continu. Quelle bande passante (théorique) reste-t-il à A ? C ? E ? F ? R ?
- G émet un flot de données de 5 M b/s vers H en continu. Quelle bande passante (théorique) reste-t-il à F ? E ?
- G émet un flot continu de broadcast à 20 Mbps. Quelle bande passante (théorique) reste-t-il à H ? E ? B ? R ?
- O émet un flot de broadcast à 2 Mbps. Quelle bande passante reste-t-il entre N et M ?
- Les flots de données en parallèle suivants sont ils possibles ?
 - 10 Mb/s A-B et 10 Mbps D-E ?
 - 100 Mb/s R-Q et 10 Mbps I-J ?
 - 10 Mb/s O-N et 10 Mb/s L-M ?
 - 10 Mb/s F-G et 10 Mb/s F-H ?

Liaisons longues distances - opérateurs

- **Liaisons**
 - **Commutées = temporaires** ≠ **partagées**
 - Pb : phase (+ ou - longue) d'établissement de connexion et de déconnexion ≠ difficile pour un serveur
 - **Permanentes : entre 2 points fixes**
 - LS : Liaisons Spécialisées – Lignes Louées
- **Opérateurs**
 - **Opérateurs Telecom traditionnels : FT, Cegetel, ...**
Mais aussi SNCF, sociétés d'autoroutes, ...
 - **Liaisons : FO, câbles cuivre, liaisons hertziennes, ...**
 - **Equipements : (dé)multiplexeur, commutateurs (en tous genres), ...**
 - **Offres « sur mesure » - contrats spécifiques**
 - **Offres « catalogue » : étudiées ici**
 - **Les services « à valeur ajoutée » (d'interconnexion) seront étudiés dans un chapitre ultérieur**

Liaisons longues distances : utilisations

- **Entreprises :**
 - **Liaisons inter-sites**
 - **Louent des liaisons spécialisées aux opérateurs**
 - **Coût d'installation + coût de location**
- **Particuliers ou petites agences :**
 - **Particulier - domicile** ≠ **entreprise**
 - **Agence** ≠ **siège**
 - **Utilisent les réseaux commutés**
 - **Généralement : coût d'installation + location + utilisation**

Liaisons commutées : RTC

Réseau Téléphonique Commuté

- **Equipement : modem V90 56.6 Kb/s (réception)**
 - Emission à 33.6 Kb/s
- **Modem micro : interne, externe sur port série ...**
- **Particulier/agence ↗ LAN Entreprise**
 - **Micro - Modem – RTC – Serveur d'accès RTC (pool de modems – Concentrateur - Routeur) – LAN (Ethernet) entreprise**
 - Fonction de ré-appel : coût et sécurité
 - Authentification des utilisateurs : protocole – serveur RADIUS
 - **Micro – Modem – RTC – Fournisseur d'accès Internet – Connexion Internet –Routeur – (Garde-barrière) - LAN entreprise**

Liaisons commutées : RTC

- **IP**
 - Protocole niveau 2
 - SLIP ↗ PPP (Point to Point Protocol)**
 - Micro : @ IP statique ou dynamique (DHCP)
- **Liaison non permanente**
 - Le micro ne peut pas être serveur
- **Toujours très utilisé**
 - Réseau RTC partout
 - Toujours plus de débit possible sur la paire torsadée

Liaisons commutées : RNIS

Réseau Numérique à Intégration de Service

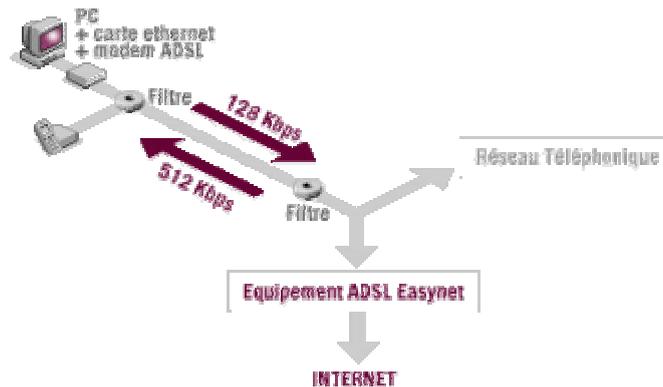
- **ISDN (surtout Europe et Japon)**
- **Réseau national de FT : Numéris**
- **Accès de base (particulier-agence) : 144 Kb/s**
 - 2 canaux B à 64 Kb/s : téléphone + Internet par exemple
 - 1 canal D à 14 Kb/s : signalisation
 - Utilisation liaison téléphonique classique
 - 25,5 E / mois en oct 02 (Numeris Itoo)
- **Accès primaire (Entreprise : PABX) : ~ 2 Mb/s**
 - 30 canaux B à 64 Kb/s + 1 canal D à 64 Kb/s

Liaisons commutées : RNIS

- **Connexion micro (particulier-agence)**
 - « Modem » RNIS : carte micro ou « modem » externe sur port série
 - Modem RTC - Boitier RNIS avec 2 prises téléphoniques
 - Chemin : Micro – Modem RNIS – Réseau Numéris – (Modem RNIS) – Serveur d'accès RTC ou PABX - Entreprise
- **Interconnexion de sites : routeurs RNIS (2B + D)**
- **IP : idem RTC : PPP**
- **L'utilisation n'a jamais vraiment décollé**
 - Européen, surtout français : pas USA - Cher
 - Encore utilisé en back-up ou pour liaisons provisoires

Liaisons longues distance : ADSL

- ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line
- xDSL : technologie pour transmission à haut débit sur le RTC



Liaisons longues distances : ADSL

- **Modems :**
 - 512 Kb/s réception - 128 Kb/s émission
 - 1 M b/s réception – 256 Kb/s émission (ADSL Pro)
- **La liaison reste libre pour le téléphone**
 - Bande de fréquences utilisée # fréquences vocales
 - Filtres : chez particulier et au répartiteur FT
- **Contraintes :**
 - Poste téléphonique < 5 km d'un répartiteur FT
 - Le cas de 80 % des foyers français
 - Que le répartiteur FT soit connecté à un réseau ADSL
 - **Abonnement**
 - ADSL chez FT ou ailleurs
 - Chez un fournisseur accès Internet
 - Pack qui inclut les 2

Liaisons longues distances : ADSL

- **Liaison particulier – entreprise :**
 - Micro – coupleur Ethernet ou port USB – Modem ADSL – RTC
 - FAI ADSL – Internet – Routeur – LAN Entreprise
- **IP : idem Ethernet**
- **Connexion permanente :**
 - Coût installation et mensuel (pas à la consommation)
 - Possibilité de connecter un routeur côté particulier ou agence mais fournisseur d'accès obligatoire
- **Offre FT :**
 - Sans Internet : 30 E / mois ou 107 E / mois (ADSL Pro) en oct 02
- **De plus en plus utilisé**
 - Pbs : monopole de FT, disponibilité selon le lieu
 - Devrait devenir l'accès standard

Liaisons longues distances : X25

- **Réseau à commutation de paquets :**
 - Couches 2-3
 - Circuits virtuels
 - Adresses X25
- **Opérateur historique : Transpac**
- **Accès jusqu'à 64 Kb/s (ou guère plus)**
- **Les serveurs vidéotex (minitel) ont une connexion X25**
- **Remplacé par IP sous toutes ses formes**

Liaisons spécialisées FT

- **Transfix (nationales)**
 - 2.4 K b/s à 34 Mb/s
 - STAS : Spécifications Techniques d'Accès au Service
 - 2.4 K à 19.2 K : interfaces : V24, V28
 - 64 K à 34 M : interfaces : X24/V11 ou G703-G704
 - Modems fournis par opérateur
 - Liaisons internationales : idem nationales mais plus difficiles à mettre en place de bout en bout : sur-mesure
- **Connexions :**
 - Routeurs
 - Ponts (distants)
 - Commutateurs ATM
 - PABX Téléphoniques

Liaisons longues distances : modems

- **MODulateur DEModuleur**
 - Convertisseur digital/analogique ou adaptateur digital/digital destiné à transporter des données sur des lignes point à point
- **Plusieurs types de modems :**
 - RTC : Liaisons commutées : asynchrones historiquement
 - LS : Liaisons permanentes : synchrones
 - RNIS
 - Câble
 - ADSL
 - TV
 - ...

Modems RTC

- **Programmation :**
 - **Commandes AT (origine Hayes)**
- **Fonctions :**
 - **Contrôle de flux XON/XOFF ou RTS-CTS**
 - **Correction d'erreur (MNP 34, V42, ARQ)**
 - **Compression (MNP5, MNP7, V42Bis)**
 - **Adaptation automatique débits et fonctions**

ATM : plan

- **Objectifs**
- **QoS : Qualité de Service**
- **Couches 1 et 2**
- **Commutateurs**
- **Routage**
- **Architectures LS et LANE**
- **Bilan**
- **Exemple**

ATM : objectifs

- **ATM : Asynchronous Transfert Mode**
- **Origine : CNET (FT R&D)**
 - Opérateur téléphone à l'origine
- **Supporter tout type de communication**
Voix – Vidéo - Données informatiques
- **Mieux utiliser la bande passante**
 - Téléphonie longue distance
- **Fonctionner à très hauts débits : Gbits/s**
- **Garantir une qualité de service (QoS) à chaque utilisateur (application) de bout en bout**
- **Démarche très théorique**

ATM : objectifs

- **Mêmes protocoles et technologies en LAN, MAN et WAN**
- **Caractéristiques des réseaux / services attendus**
 - **Bande passante (bps) partagée : garantie si possible**
 - **Temps de latence (délai de transmission) : minimum et constant si possible**
 - Dépend distance, éléments actifs, charge (files d'attente)
 - **Jitter (variation temps de latence) : min si possible**
 - **Taux de pertes : min si possible**
 - ...

ATM veut fournir ces services

✍ Protocoles et technologies complexes

ATM : Exemple de QoS : Téléphonie

- **Entendre tous les mots**
 - **Faible taux de pertes**
 - Contrainte : bit error rate $< 10^{-2}$
 - **Débit constant garanti**
 - Contrainte : 64 Kbits/s sans compression ---> 5 Kbits/s avec
- **Recevoir au même rythme que l'émission**
 - **Temps de latence fixe : contrainte : jitter < 400 ms**
- **Dialogue possible**
 - **Temps de latence faible**
 - **Poste avec annulation d'echo**
- **Retransmissions : inutiles**
- **Mode connecté bien adapté**
- **Exemple d'incompatibilité (théorique)
Téléphone et Ethernet**

ATM QoS : classes de service

- **Problème : pour supporter toutes les qualités de service sur tous les réseaux ATM il faudrait surdimensionner :**
 - **Les liaisons : bande passante et caractéristiques**
 - **Les équipements : performances et fonctionnalités**
- **Solution ATM :**
 - **On regroupe les applications qui demandent des qualités de service similaires ↗ 4 groupes**
 - **On définit 4 classes de services que peuvent offrir les réseaux (liens et équipements) ATM qui correspondent aux 4 groupes : UBR, ABR, CBR, VBR**

ATM QoS : classes de services

- **UBR – Unspecified Bit Rate**
 - Les applications peuvent émettre un flux variable jusqu'à un débit maximum
 - Réseau : aucune garantie – pas de contrôle de flux
 - Service très dégradé
- **ABR – Available Bit Rate**
 - Pour supporter des applications qui peuvent utiliser toute la bande passante disponible, avec un service « Best Effort » de type IP
 - Exemples : applications qui utilisent TCP (FTP, HTTP, ...), interconnexion d'Ethernets
 - Services réseau
 - Aucune garantie (bande passante, temps de latence, ...)
 - Mais mécanisme de contrôle de flux

ATM QoS : classes de services

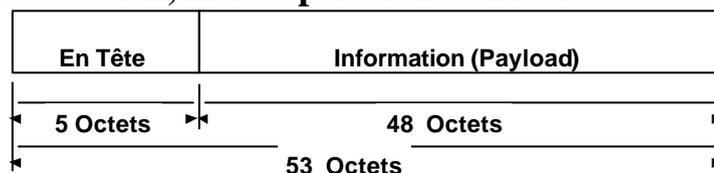
- **CBR – Constant Bit Rate**
 - Pour supporter les flux à débit constant de données
 - Exemple d'application : téléphone
 - Services réseau : bande passante réservée, temps de latence fixe
- **VBR – Variable Bit Rate**
 - Pour supporter les applications à débit variable mais qui demandent certaines garanties (par exemple une bande passante minimum garantie à tous les instants)
 - Exemple : multimédia : vidéo compressée à débit variable ...
 - Services réseau :
 - Bande passante minimum garantie
 - Bande passante maximum garantie pendant un temps maximum fixé
 - Temps de latence
 -
 - ✎ Très complexe à réaliser

ATM 1-2 : mode connecté

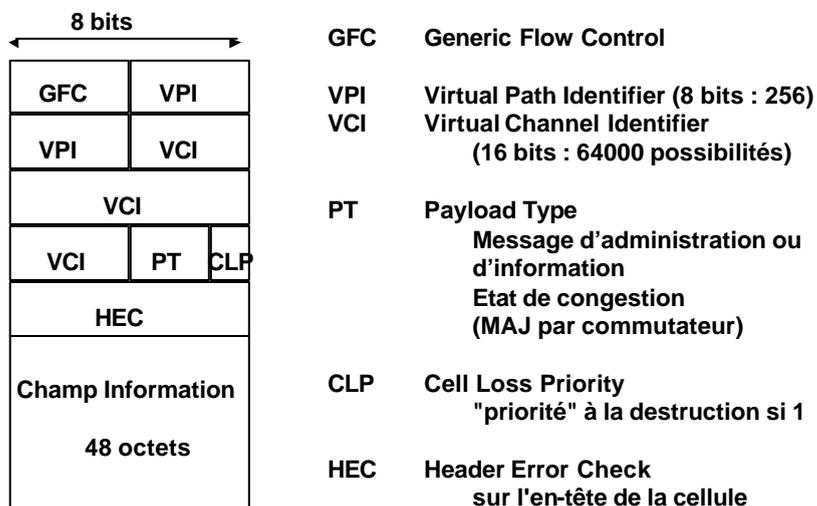
- **Problème : quand demande-t-on une (des) qualité(s) de service au réseau ?**
- **Statiquement : à l'abonnement**
 - (Ou lors de la conception du réseau)
- **A chaque session : mode connecté**
 - **Ouverture d'une connexion de bout en bout**
 - En indiquant ce dont on a besoin
 - **Transfert d'informations**
 - **Fermeture d'une connexion**
- **Appel destinataire (ouverture connexion)**
 - **Adresse destinataire** ↗ **Numéro de VP et de VC**

ATM 1-2 : les cellules

- **Données dans des cellules**
- **Taille fixe : 53 octets**
 - **Compromis**
 - Petite (avantage : faible temps de propagation, ...)
 - Grande (avantage : moins de traitements, ...)
 - **Facilite les implémentations hardware**
 - **Facilite l'allocation de bande passante**
- **Ni détection, ni récupération d'erreur**

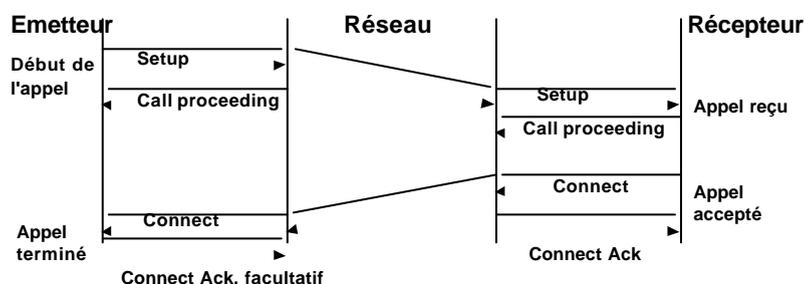


ATM 1-2 : structure de la cellule



ATM 1-2 : UNI (standard)

- **UNI : User to Network Interface**
 - Comment établir une connexion
 - Comment la rompre
 - Format des paramètres de qualité de service
 - Débit, taux d'erreur, temps de latence, ...
 - Format d'adresse : 20 octets



Etablissement connexion

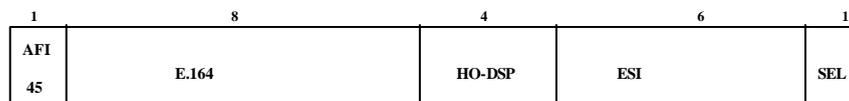
ATM 1-2 : adresses : 3 types



— IDI — Initial domain identifier
DCC ATM Format
— IDP — Initial Domain Part



— IDI —
ICD ATM Format
— IDP —



— IDI —
E.164 ATM Format
— IDP —

AFI : Identificateur de l'autorité et du format

HO-DSP : High Order Domain Specific Part, utilisé pour supporter des protocoles de routages hiérarchiques.

ESI : End System Identifier, en fait la MAC adresse (idem Ethernet)

ATM 1-2 : liaisons

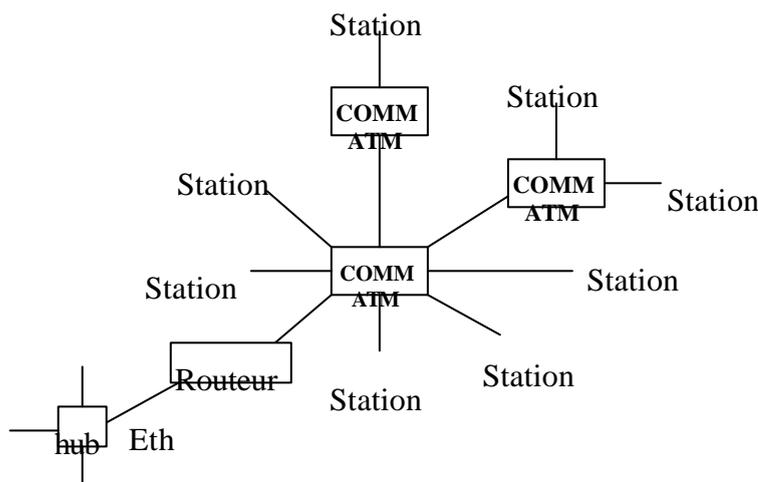
- **Point à point**
- **Liaisons spécialisées câble cuivre (longues distances)**
 - E1 (2 Mbits/s), E2 (34 Mbits/s)
 - T1 (1.5 Mbits/s), T3 (45 Mbits/s)
 -
- **Liaisons FO**
 - FO multimode 155 Mbits/s (OC 3)
 - FO multimode ou monomode 622 Mbits/s (OC12)
 -
- **Liaisons TP**
 - 155 Mbps UTP cat5
 - 52 Mbps UTP cat3
 -

ATM : commutateurs ATM

- **Éléments d'interconnexion de niveau 2**
- **Commutateur ATM**
 - Interconnecte des liaisons ATM (point à point)
 - Commute les cellules sur une liaison ou une autre / table de routage
- **Cellule contient les numéros de VP et de VC**
 - **Etablissement des VP et VC**
 - Statiquement
 - Dynamiquement lors de l'ouverture de la connexion

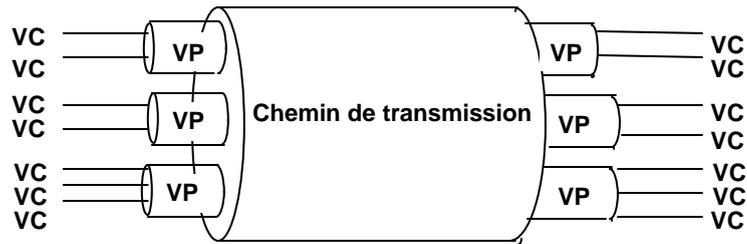
ATM : commutateurs ATM

- **Structure d'un réseau ATM**



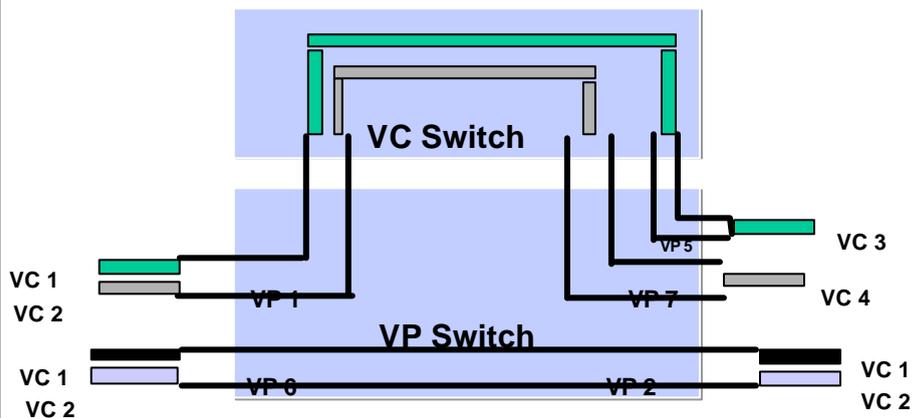
ATM : commutateurs

- VP et VC

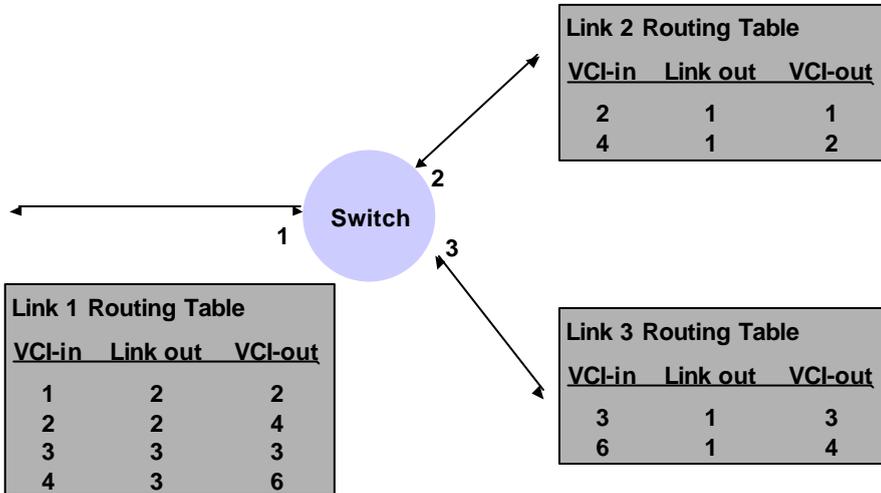


ATM : commutateurs

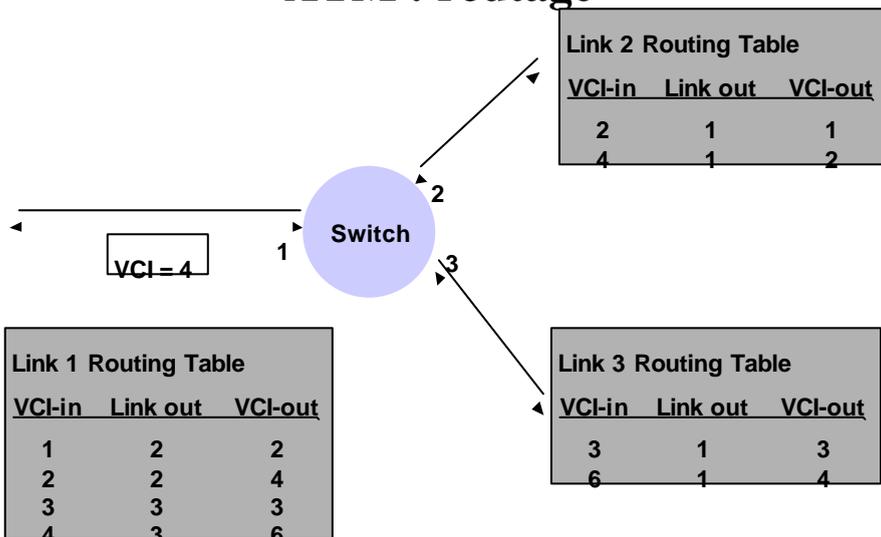
- Commutateur de VP et de VC



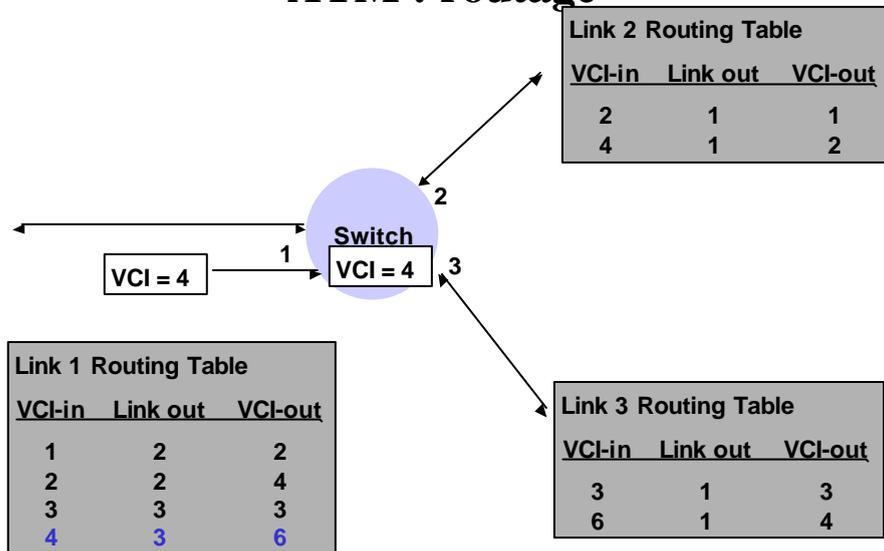
ATM : routage



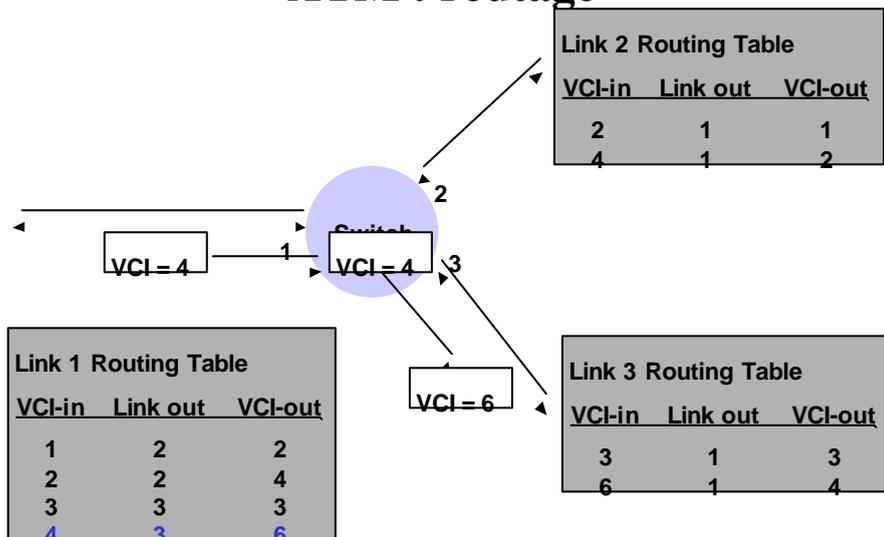
ATM : routage



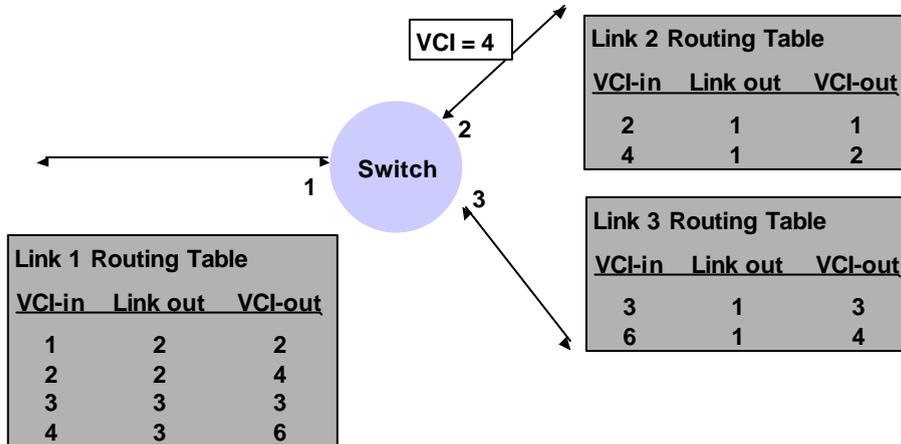
ATM : routage



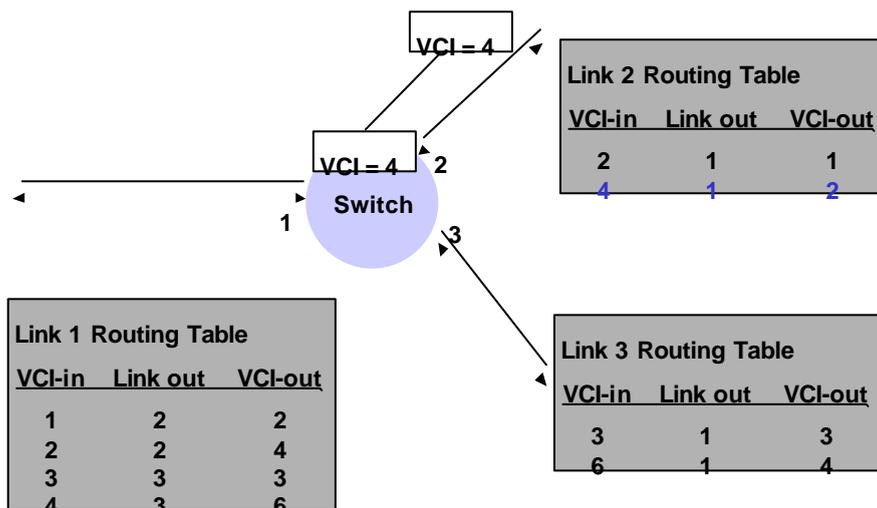
ATM : routage



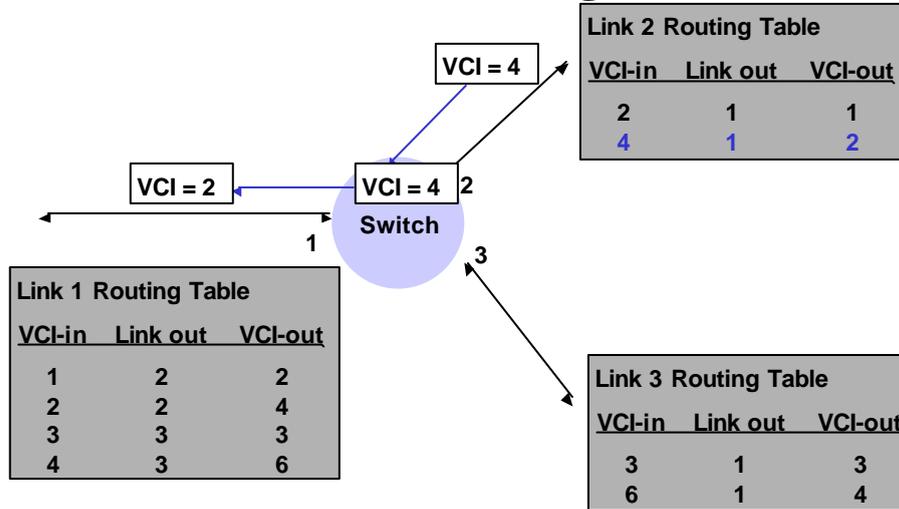
ATM : routage



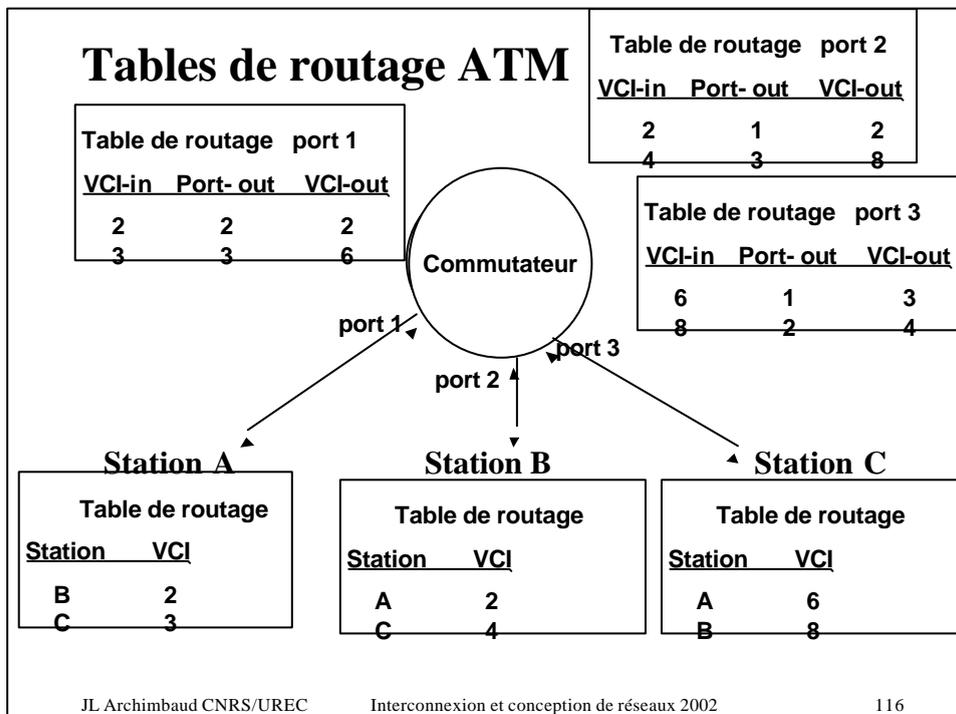
ATM : routage



ATM : routage



Tables de routage ATM



Architectures ATM

- **On peut bâtir plusieurs types d'architecture sur un réseau ATM**
 - Liaisons spécialisées point à point
 - Des réseaux LANE : émulation de LAN
 - Des réseaux classical IP : architecture IP
 - Traité dans la partie « Architecture IP »
- **Et on peut mixer l'ensemble**
 - Ce que font les opérateurs

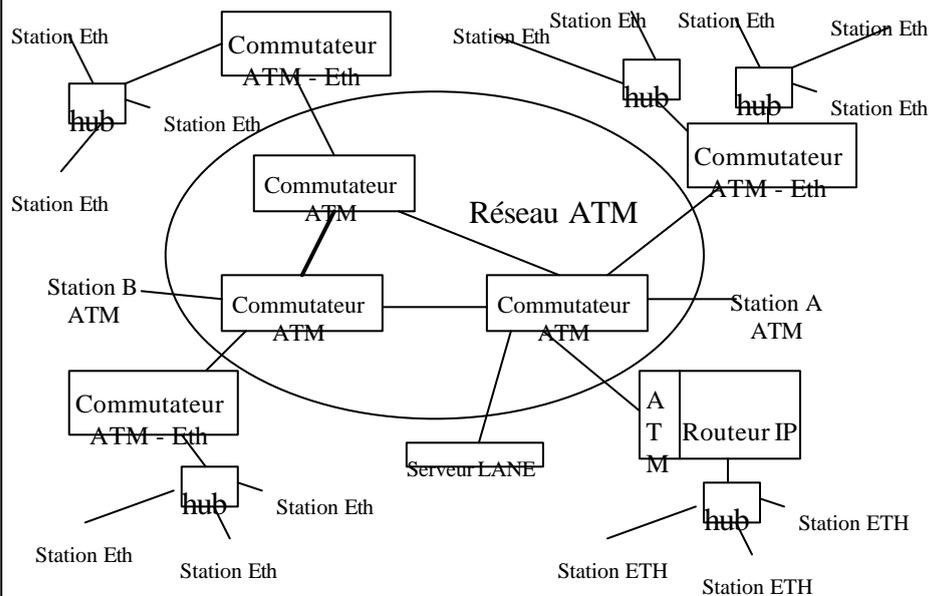
Architecture ATM : Liaison spécialisée

- **Utilisation courante : location de VC ou de VP entre 2 sites à un opérateur qui possède un réseau ATM**
 - WAN
 - Débit demandé pour la liaison
 - Certaines qualités de service assurées : ABR, CBR, ...
- **Connexion des sites aux extrémités :**
 - **Commutateur ATM**
 - S'il y a un réseau ATM sur le site, permet de garantir certaines qualités de service jusqu'à l'intérieur du site.
 - **Routeur IP (fourni par le site) avec une carte ATM**
 - Sur le site : réseaux Ethernets par exemple
 - Routeur fourni ou non par l'opérateur
 - **Commutateur ou routeur Ethernet**
 - L'opérateur fournit l'équipement ATM \neq Ethernet
 - ATM est « invisible » pour le site

Architecture ATM : LANE : buts

- **LANE : LAN Emulation**
 - ELAN : Emulated LAN
- **Objectifs :**
 - Interconnexions (niveau 2) de réseaux locaux comme Ethernet à travers un réseau ATM
 - Intégration de stations ATM comme « stations Ethernet »
 - But : rendre « invisible » les commutateurs ATM aux réseaux Ethernet ≅ LAN emulation
- **En LAN mais aussi en MAN**

Architecture ATM : LANE : schéma



Architecture ATM : LANE

- **Emule un réseau Ethernet (de commutateurs) :**
 - Stations Eth + Stations ATM A et B
 - Stations ETH ne font pas partie de ce réseau
- **Sur LANE : interconnexion de niveau 2**
 - On peut utiliser d'autres protocoles que IP
- **Logiciels :**
 - Stations Eth : pas de logiciel spécifique
 - ATM « transparent »
 - Stations ATM, routeur IP, Commut ATM-Eth : LEC
 - LAN Emulation Client
 - Sur réseau ATM : « serveur » LANE
 - LECS (Configuration Server)
 - LES (LAN Emulation Server)
 - BUS (Broadcast and Unknown Server)

Architecture LANE : pbs à résoudre

Transformation @ Eth ↔ @ ATM

- **Lorsqu'une station ATM se connecte sur le réseau (A, B, commutateur ATM-Eth, routeur ATM IP)**
 - Elle connaît l'adresse ATM du Serveur LANE (config manuelle)
 - Elle s'enregistre auprès du Serveur LANE :
 - J'ai telle @ ATM
 - J'ai, ou je connais les @ Ethernet suivantes ...
- **Lorsqu'une station ATM veut envoyer une trame Ethernet à une station X**
 - Interroge le Serveur LANE : qu'elle est l'adresse ATM de la station Ethernet X ?
 - Le Serveur lui indique l'adresse ATM
 - La station ouvre une connexion ATM avec la station ATM
 -

Architecture LANE : pbs à résoudre

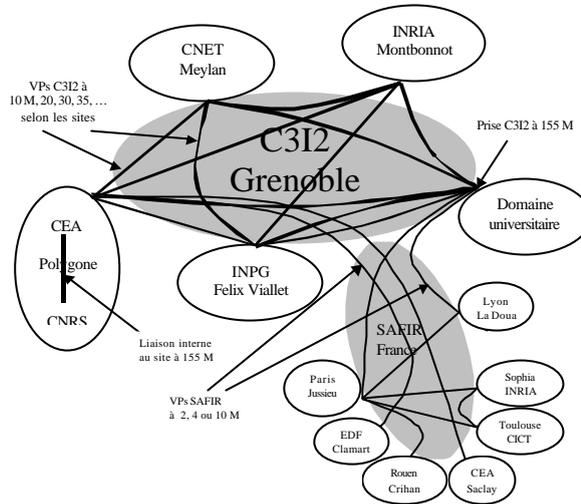
Broadcast Eth ↗ Réseau mode connecté ATM

- **Lorsqu'une station ATM veut envoyer un broadcast Ethernet**
 - Elle envoie la trame vers le Serveur LANE
 - Celui-ci ouvre autant de connexions que de stations ATM sur le LANE
 - Il envoie la trame à toutes les stations ATM
- **Ouverture-fermeture de connexion ATM**
 - Mécanismes de time-out pour ne pas trop ouvrir ou fermer de connexions ATM
- **On peut avoir plusieurs ELAN sur un réseau ATM**

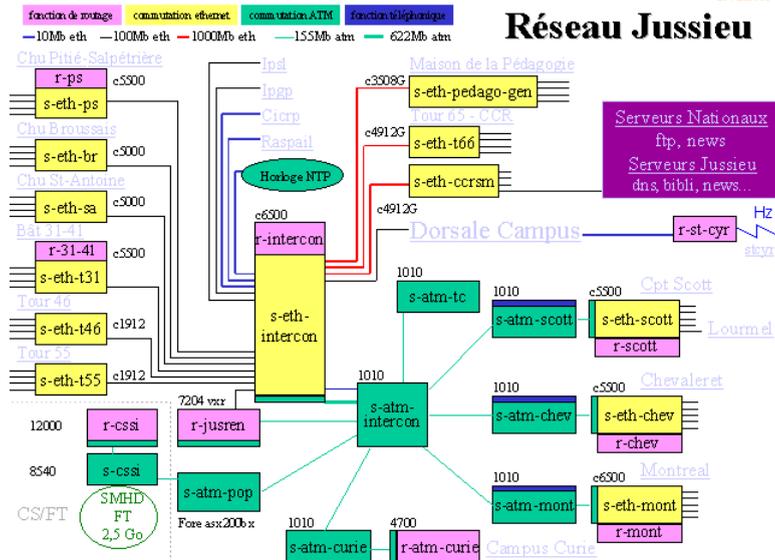
ATM : bilan

- **Très complexe :**
 - Cher
 - Très délicat à faire fonctionner
- **Utilisé en MAN et WAN par opérateur :**
 - Location de VC statiques entre 2 points (équivalent de LS)
 - Reconfiguration lorsque location de nouvelles liaisons
 - Garantit de bande passante
 - Création de réseaux virtuels ELAN
- **Utilisation en LAN**
 - Années 1995-2000
 - Remplacé par Gigabit Ethernet maintenant
 - Avantage restant : peut intégrer le téléphone (PABX)
- **Utilisation en MAN et WAN**
 - Encore très utilisé
 - Remplacé par DWDM, IP directement sur FO, ...
- **Bon exemple de réseau multiservices en mode connecté**

ATM exemple : réseau MAN (C3I2)



Ex d'architecture : dorsale Jussieu



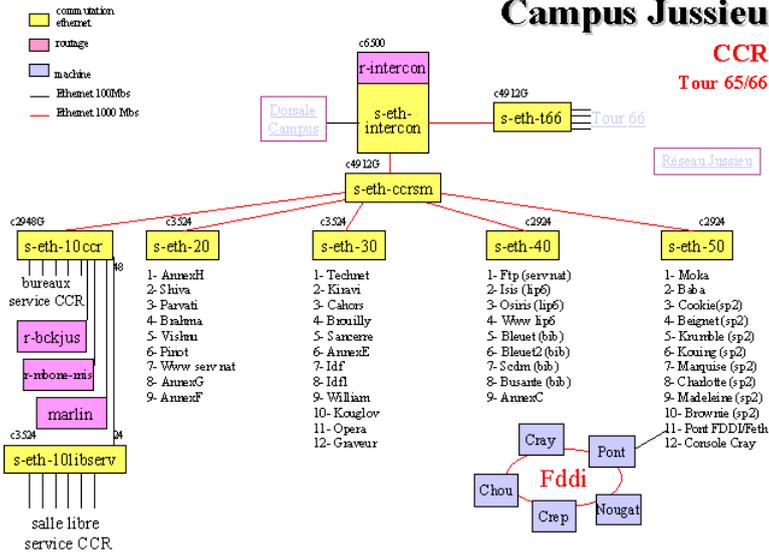
Ex d'architecture : tour

Campus Jussieu

16 Jan 2001

CCR

Tour 65/66



JL Archimbaud CNRS/UREC

Interconnexion et conception de réseaux 2002

127

Ex d'archi : interco 2 bâtiments distants

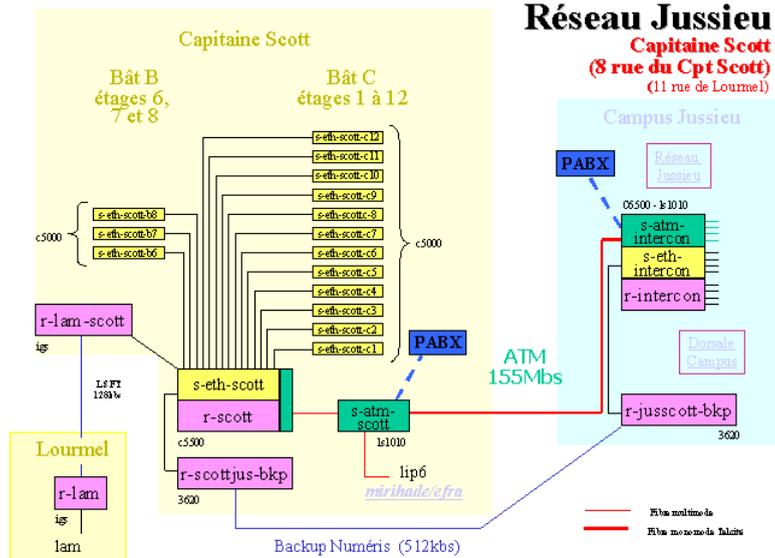
Réseau Jussieu

18 Jan 2001

Capitaine Scott

(8 rue du Cpt Scott)

(11 rue de Loumel)

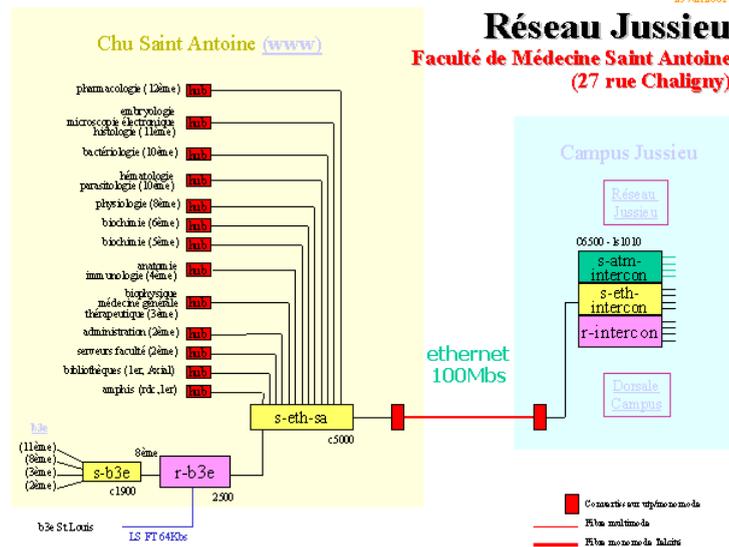


JL Archimbaud CNRS/UREC

Interconnexion et conception de réseaux 2002

128

Ex d'archi : interco 2 bâtiments distants



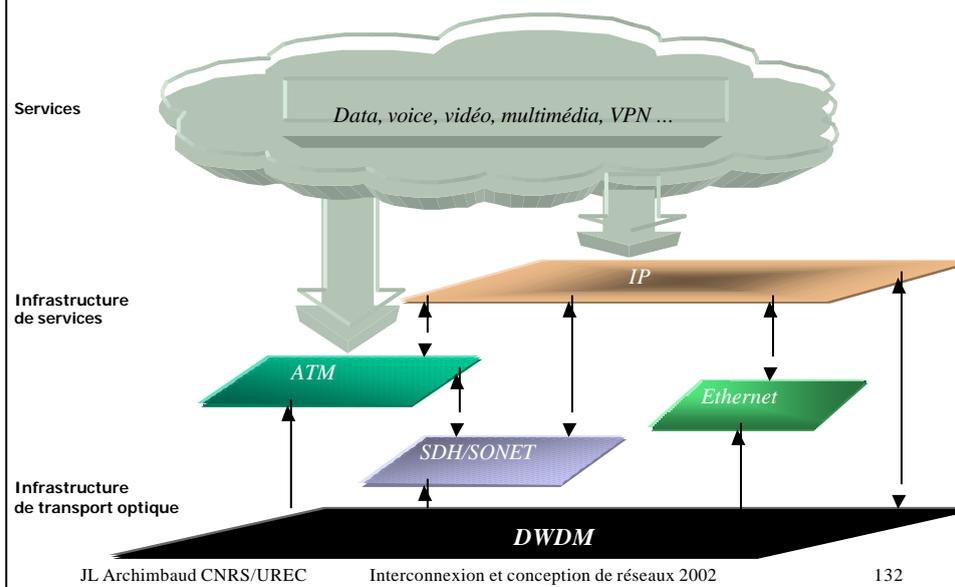
Ex d'archi : RAP : MAN

- Réseau Académique Parisien
- Universités, CNRS, INSERM, ...
 - 300 000 étudiants – 40 000 personnels
 - 99 sites Paris intra-muros
- Réseau privé : ART ...
- 5 POP (Point Of Presence)
 - Jussieu (27 sites)
 - Odéon (34 sites)
 - Auteuil (15 sites)
 - Malesherbes (10 sites)
 - CNAM (13 sites)
- Ouverture: été 2002

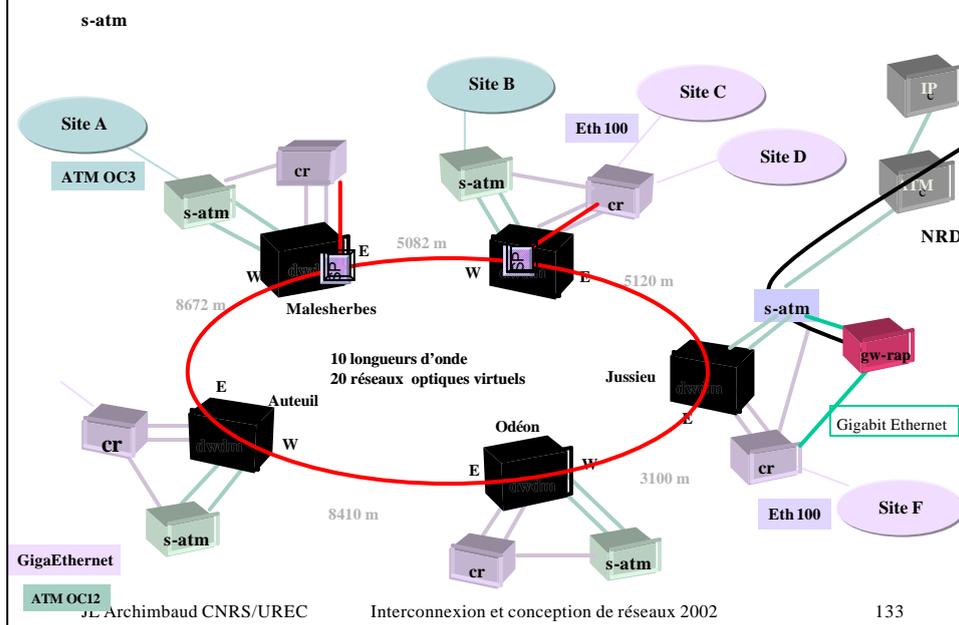
Ex d'archi : RAP : câbles

- **Fibre noire : Single Mode G652**
 - 69 sites
 - Lg totale (liaison) : 356.1 km
 - Métro : 312 km
 - Egouts : 33 km
 - Génie civil : 0.3 km
 - Plus petite liaison : 1 km, plus grande : 9.6 km
- **BLR (Boucle locale radio)/ S-HDSL (« ADSL » particulier)**
 - 23 sites à 2 Mbits/s
- **Faisceaux hertziens**
 - 2 sites proches de Paris

Ex d'archi : RAP : services réseau



Ex d'archi : RAP : Architecture

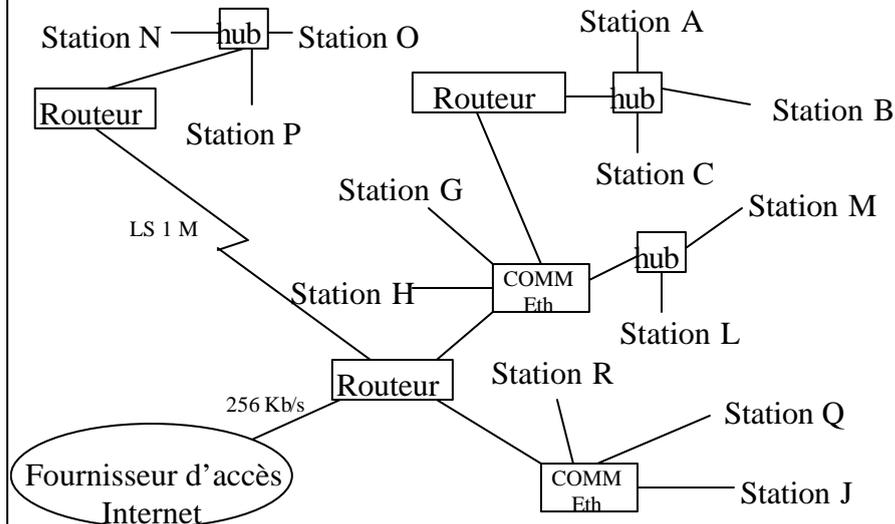


Architecture logique IP : plan

Dans ce chapitre : réseau = réseau IP

- Adresses IP
- Affectation statique ou dynamique (DHCP)
- Plan adressage IP
- Routage IP
- Exemple de répartition d'utilisateurs et de services
- Architecture ATM : classical IP

Architecture IP : réseaux IP



JL Archimbaud CNRS/UREC

Interconnexion et conception de réseaux 2002

135

Architecture IP : adresses

- **Une adresse IP par coupleur (machine, routeur)**
- **Format : 4 octets notation décimale A.B.C.D**
 - Ex : 130.190.5.3 193.32.30.150
- **Une adresse doit être unique au monde**
 - Pour l'accès depuis l'Internet
 - ☞ Surtout pour les serveurs
 - Pas obligatoire pour les stations clientes Internet
 - ☞ Intervalles d'adresses locales
- **2 ou 3 parties dans une adresse IP :**
 - @ de réseau – (@ sous-réseau) - @ machine
- **Élément qui sépare 2 (ou +) réseaux ou sous-réseaux IP : routeur (ou commut-routeur)**

JL Archimbaud CNRS/UREC

Interconnexion et conception de réseaux 2002

136

Archi IP : @ (ancienne classification)

- **Classe A : A.B.C.D avec A ? 127**
 - 1er octet : @ de réseau : 126 réseaux possibles
 - Reste : 254 x 254 x 254 (16 M) machines adressables
 - Ex : DEC : 16.0.0.0 MIT : 18.0.0.0
- **Classe B : 128 ? A ? 191**
 - 2 premiers octets : @ de réseau
 - 64 x 254 : 16 000 réseaux possibles
 - Reste : 254 x 254 (64 000) machines adressables
 - Ex : IMAG : 129.88.0.0 Jussieu : 134.157.0.0
- **Classe C : 192 ? A ? 223**
 - 3 premiers octets : @ de réseau
 - 31 x 254 x 254 (2 M) de réseaux possibles)
 - Dernier octet : 254 adresses de machines
 - IBP : 192.33.181.0 CITI2 : 192.70.89.0

Archi IP : sous-réseaux (subnets)

- **Sous-réseaux : découpage d'un réseau IP (classe A, B, C)**
- **Les sous-réseaux d'un même réseau (subnetté) devaient avoir une taille identique (contrainte routeurs) :**
 - Masque de subnet spécifiait le découpage
 - Bits qui désignent la partie réseau + sous-réseau = 1
 - **192.33.181.0** découpé en 4 sous-réseaux
 - Masque 255.255.255.192
 - 192.33.181.0-192.33.181.63
 - 192.33.181.64-192.33.181.127
 - 192.33.181.128-192.33.181.191
 - 192.33.181.192-192.33.181.255
- **Les routeurs permettent maintenant de créer des sous-réseaux de tailles différentes**
- **Les sous-réseaux sont connexes**
 - Non séparés par un autre réseau IP
 - Découpage en sous-réseaux n'est connu que du propriétaire du réseau (site, entreprise, provider, ...), pas de l'Internet

Archi IP : classless

- **Pour obtenir une adresse de réseau (unique)**
 - Auprès de son fournisseur d'accès à l'Internet
 - AFNIC (France) – RIPE (Europe)
 - Classe A : impossible
 - Classe B : presque impossible (épuisé)
 - Classe C ou partie de Classe C : OK
- **Nouvelle notation et découpage : classless**
 - Réseau 129.88.0.0 \approx Réseau 129.88/16
 - Réseau 192.33.181.0 \approx Réseau 192.33.181/24
 - Réseaux (sous-réseaux avant)
 - 192.33.181.0/26 : 192.33.181.0-192.33.181.63
 - 192.33.181.64/26 : 192.33.181.64-192.33.181.127
 - 192.33.181.128/26 : 192.33.181.128-192.33.181.191
 - 192.33.181.192/27 : 192.33.181.192-192.33.181.223
 - 192.33.181.224/27 : 192.33.181.224-192.33.181.255

Archi IP : @ particulières

- **Classe D : 224? A ? 239 : multicast**
 - 224.10.15.3 : \approx groupe de stations sur l'Internet (n'importe où)
- **Classe E : 240 ? A ? 254 : utilisation ultérieure**
- **Adresses locales (ne doivent pas sortir sur l'Internet)**
 - 10.0.0.0 à 10.255.255.255 : 10/8
 - 172.16.0.0 à 172.31.255.255 : 172.16/12
 - 192.168.0.0 à 192.168.255.255 : 192.168/16
- **Loopback (soi-même) : 127.0.0.1**
- **0.0.0.0 : quand station ne connaît pas son adresse**
- **130.190.0.0 : le réseau 130.190/16**
- **130.190.255.255 : broadcast**
 - Toutes les machines du réseau 130.190/16

Archi IP : Affection @ IP à une station

- **Configuration statique**
 - Unix : commande ifconfig
 - Windows (2000 pro) : panneau de conf – connexion réseau – TCP/IP
- **Configuration dynamique : DHCP**
 - Serveur DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) dans un réseau IP avec une plage d'adresses à attribuer
 - Station sans adresse IP fait une demande DHCPDISCOVER
 - @ IP source 0000 @IP dest 255.255.255.255
 - Contient @ Ethernet et nom de la station
 - **Serveur DHCP répond :**
 - Adresse IP - Masque de sous-réseau – informations de routage
 - Adresses DNS – Nom de domaine
 - Durée du bail
 - **Explication simplifiée (plusieurs serveurs DHCP possibles, ...)**
 - **Avantage : pas de conf sur stations, portables, économie d'@**
 - **Désavantage : qui est qui ?**

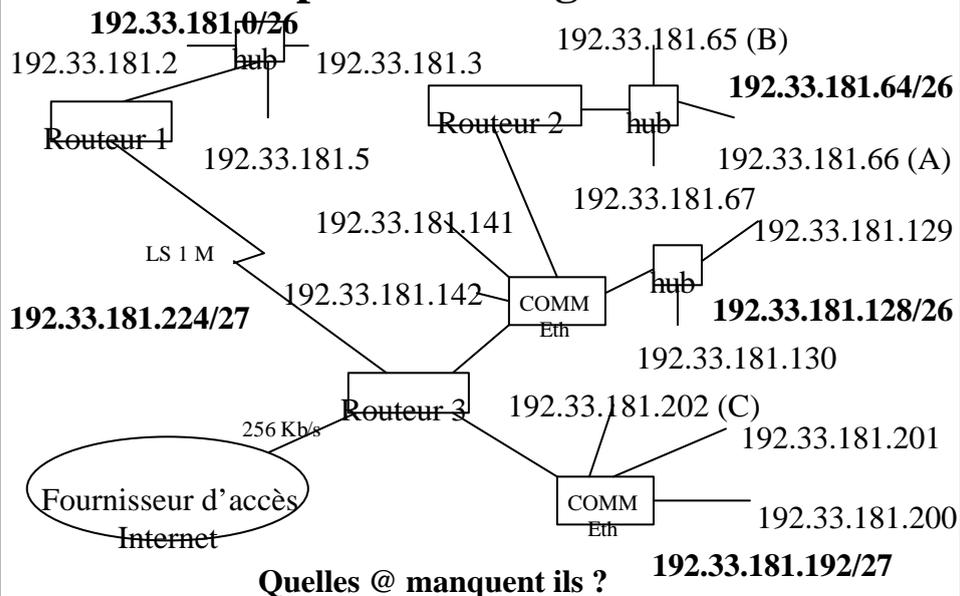
Archi IP : pbs adresses IP

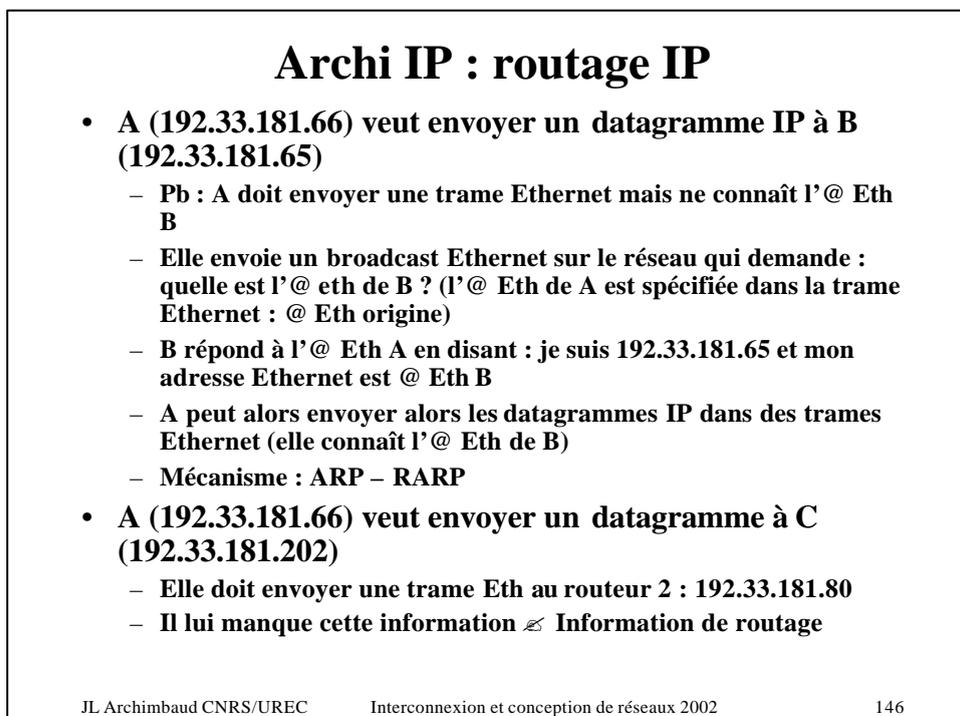
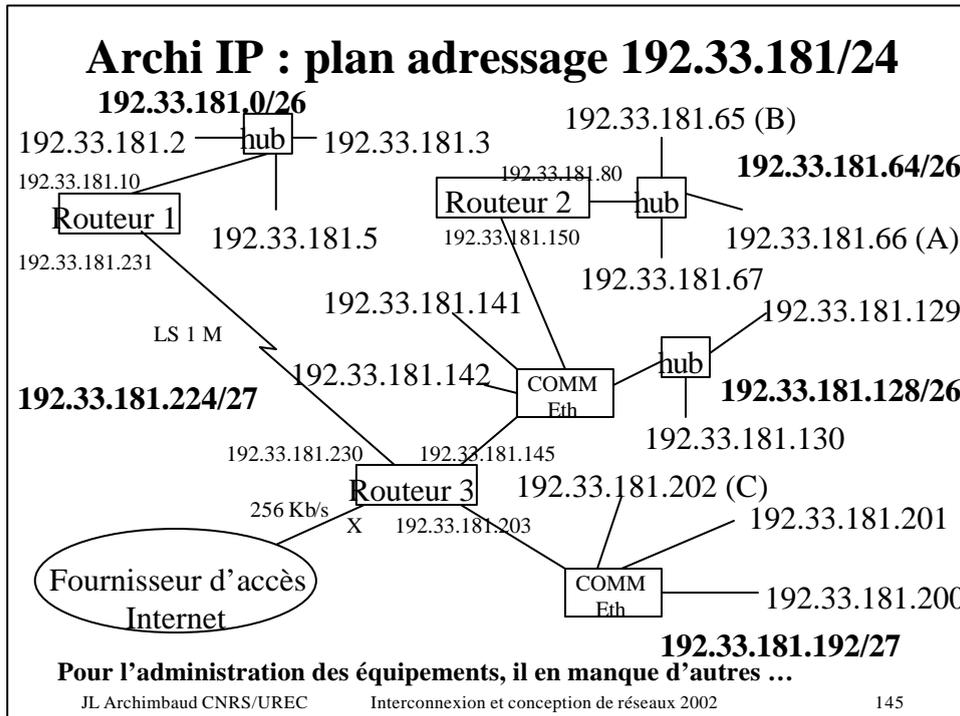
- **Adressage ni hiérarchique, ni géographique**
 - Tables de routages énormes au cœur de l'Internet
 - **Distribution des adresses**
 - Au compte-goutte (maintenant bataille commerciale)
- **Uniquement 4 bytes (et certaines plages vides)**
 - ✍ **Pénurie d'adresses**
 - **FAI : adresses dynamiques aux clients**
 - **Entreprises – FAI :**
 - Adresses locales sur réseau privé
 - NAT : Network Address Translation
 - Et PAT : Port Address Translation
 - **IPv6**

Archi IP : plan d'adressage

- **Un routeur sépare 2 (ou plus) réseaux ou sous-réseaux IP**
- **Il faut construire un plan d'adressage**
 - Découper l'espace d'adressage dont on dispose en sous-réseaux et le répartir entre les stations
- **Éléments à prendre en compte :**
 - **Les routeurs séparent les sous-réseaux**
 - Proximité géographique des stations
 - Ou non si VLAN
 - **Dans un sous-réseau on est dépendant de son voisin**
 - Broadcast Ethernet par exemple
 - **On regroupe dans un même sous-réseau les stations qui travaillent entre elles (d'un service par exemple)**
 - La majorité du trafic reste local au sous-réseau (évite de charger les autres sous-réseaux)
 - Profils de connexion et de sécurité identiques

Archi IP : plan adressage 192.33.181/24





Archi IP : routage IP

- **Chaque station doit être configurée pour spécifier**
 - Son adresse IP (Commande Unix ifconfig)
 - L'adresse du sous-réseau sur laquelle elle est (Commande Unix ifconfig)
 - Une table (de routage) qui indique comment atteindre les autres réseaux (Commande Unix route add)
- **Exemple A**
 - @ IP : 192.33.181.66 - @ Réseau : 192.33.181.64/26
 - Routes (numéro IP du prochain routeur destinataire) :
 - 192.33.181.128/26 ↗ 192.33.181.80
 - 192.33.181.224/27 ↗ 192.33.181.80
 - 192.33.181.192/27 ↗ 192.33.181.80
 - 192.33.181.0/26 ↗ 192.33.181.80
 - Reste du monde (default route) ↗ 192.33.181.80
 - La route par défaut (default route - default gateway) suffit
- **Toutes les stations doivent être configurées**
 - Ex : mon PC dans panneau de configuration ...

Archi IP : routage IP

- **Les routeurs aussi doivent être configurés**
 - Par port : @ IP, @ Réseau (ou sous-réseau)
 - Table routage
- **Exemple routeur 3 :**
 - Port 1 : 192.33.181.230 - réseau 192.33.181.224/27
 - Port 2 : 192.33.181.145 – réseau 192.33.181.128/26
 - Port 3 : 192.33.181.203 – réseau 192.33.181.192/27
 - Port 4 : X – réseau Y
 - Table routage
 - Route 192.33.181.64/26 ↗ Port 2 : 192.33.181.150
 - Route 192.33.181.0/26 ↗ Port 1 : 192.33.181.231
 - Route default ↗ Port 4 : routeur du fournisseur d'accès
- **Exemple : envoi datagramme B ↗ C**

Archi IP : routage IP

- **Routage statique**
 - Mise à jour tables de routage : manuelle
 - ICMP redirect : Ce n'est pas ici c'est ailleurs
 - Problème : intervention manuelle
 - Quand le réseau évolue : modification manuel des tables
 - Quand plusieurs chemins possibles et coupures
 - Utilisé généralement au niveau des stations, dans certains routeurs d'extrémités
- **Routage dynamique**
 - Protocoles entre routeurs et entre routeurs et stations pour mettre à jour automatiquement les tables de routages : annonces de routes
 - Ex : RIP, OSPF, BGP
 - Cf cours sur le routage

Archi IP : routage IP

- **L'Internet ne fonctionnerait pas sans bons protocoles de routage et sans experts pour les faire fonctionner**
- **C'est une problématique surtout d'opérateurs Internet**
 - A laquelle s'ajoutent les accords de peering
- **Routeurs doivent être très rapides**
 - Traitement du routage directement en ASIC
- **Routeurs au cœur de l'Internet : doivent connaître toutes les routes : impossible ✍**
Agrégation de plages d'adresses de réseaux IP
- **On n'est pas obligé d'avoir une route par défaut sur tous les équipements : sécurité**

Archi IP : répartition d'utilisateurs

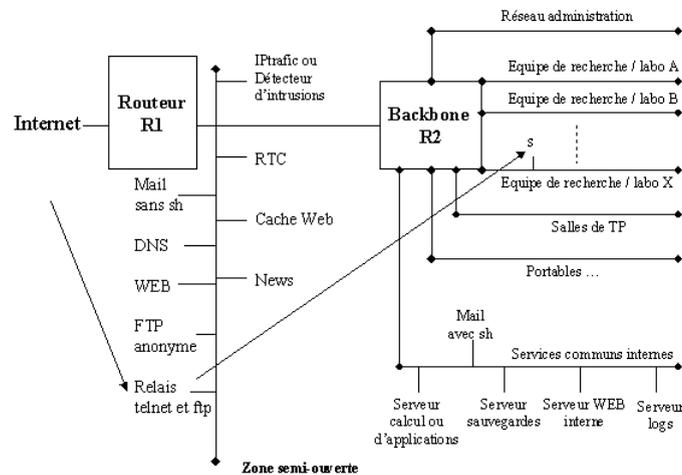
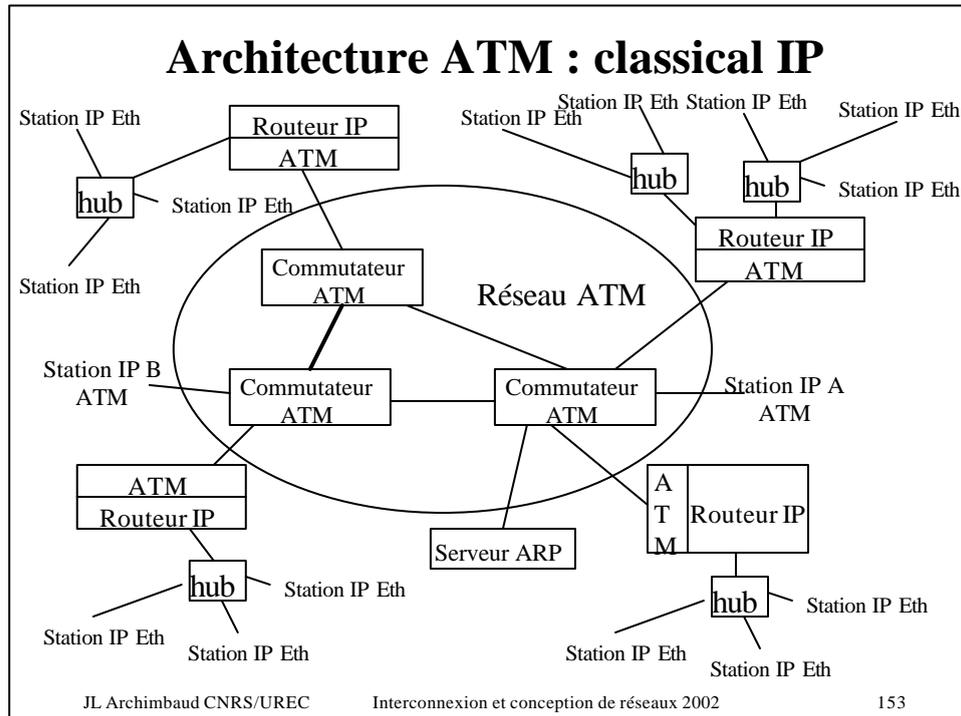


Fig 2 : architecture détaillée

Architecture ATM : classical IP

- **Objectif :**
 - Utiliser un réseau ATM pour transporter des datagrammes IP
- **RFC 1483**
 - Comment encapsuler (transporter) les datagrammes IP dans des cellules ATM
- **RFC 1577**
 - Comment construire un réseau IP sur un réseau ATM
 - Pb ARP par exemple



- ## Architecture ATM : classical IP
- **Un sous-réseau IP dans un réseau ATM**
 - Un serveur ARP
 - Gère une table @ IP ↔ @ ATM
 - **Lorsqu'une station ATM IP se connecte**
 - Elle connaît l'@ ATM du serveur ARP
 - Configuration manuelle
 - Elle s'enregistre auprès du serveur ARP
 - Indique son adresse ATM et son adresse IP
 - **Lorsqu'une station ATM-IP veut émettre un datagramme IP vers une autre station ATM-IP**
 - Demande au ARP Serveur l'@ ATM de la station IP
 - Ouvre un VC avec cette station ATM
 - ...
- JL Archimbaud CNRS/UREC Interconnexion et conception de réseaux 2002 154

Architecture ATM : classical IP

- **Lacunes :**
 - Pas de broadcast ou multicast IP
 - Un seul serveur ARP : pas de redondance : pb si panne
- **On peut avoir plusieurs sous-réseaux IP sur un réseau ATM :**
 - Passe par un routeur ATM-IP pour communiquer
- **ATM complexe avec IP :**
 - Mode non connecté (IP) avec techno en mode connecté (ATM)
- **Rq : sur un même réseau ATM on peut avoir :**
 - Des VC ou VP permanents (ouverts en permanence) :
 - LS informatique : interconnexions LANs
 - Interconnexions PABX
 - Des ELAN (plusieurs LANE)
 - Des sous-réseaux IP

MPLS : buts

- **MPLS : Multi Protocol Label Switching**
- **Protocole pour opérateurs de WAN IP**
- **Lacunes d'un réseau WAN IP « classique »**
 - **Travail d'un routeur important**
 - Il doit étudier chaque datagramme
 - Il doit extraire l'@ IP destinatrice du datagramme IP, consulter sa table de routage et agir en conséquence
 - **Pas de partage de charge entre plusieurs liaisons**
 - Il n'y a qu'une route par destination
 - **Pas de routage qui tiendrait compte de qualités de service demandées**

MPLS

- **Les routeurs en bordure de réseau ajoutent (et enlèvent) une étiquette aux datagrammes selon :**
 - La route que devra emprunter le datagramme
 - La classification du datagramme
 - Prioritaire ou non, pour application avec QoS, ...
- **Les routeurs au cœur du réseau routent selon cette étiquette**
 - Rapide (plutôt de la commutation que du routage)
- **Protocole pour mettre à jour les tables de routage des routeurs au cœur du réseau :**
 - Une fois par « flot »
 - Choix de route / étiquette donc / origine, QoS, ...
 - Réserve de bande passante possible

Intégration téléphonie – informatique

- **Intégration voix - données**
- **Intégration possible car :**
 - **Téléphone et informatique utilisent :**
 - Mêmes câbles (FO, TP) et ondes (hertziennes ou radio)
 - Eléments actifs similaires : les téléphones sont maintenant numériques
 - **Ordinateurs :**
 - Equipés de microphone et hauts-parleurs
 - Pourraient remplacer les postes téléphoniques : poste « unique »
- **Pourquoi intégrer ? : faire des économies**
 - **En réseau d'entreprise**
 - Infrastructure et matériel : même réseau (plusieurs sens à réseau)
 - Même équipe d'administration
 - **Dans les réseaux des opérateurs : mêmes économies**
 - **Au niveau des utilisateurs : économies sur les communications téléphoniques longues distances**
 - Le coût d'une communication téléphonique dépend de la distance
 - Le coût d'une « communication » Internet est indépendante de la distance

Intégration voix-données

- **Pourquoi intégrer ? : apporter des nouveaux services**
 - **Evolution des services informatiques**
 - Chat, mail \approx mode de communication vocal (téléphonique)
 - **Evolution des services téléphoniques**
 - Communication téléphonique \approx transfert de documents, vidéo, ...
 - **Intégration des services**
 - Annuaires : « téléphoniques » et informatiques (LDAP)
 - Messageries : vocales et électroniques
- **Comment intégrer ?**
 - Normes existent : H323, SIP
 - Solutions techniques (matériels) existent
 - Législation s'assouplit : dérégulation du téléphone
 - Différents niveaux d'intégration : tranchées \approx réseau et services
- **Rappel : contraintes téléphone :**
 - QoS (voir chapitre ATM précédent) difficiles sur réseau IP
 - Existant qui fonctionne parfaitement : PABX à faire évoluer

Voix-Données : niveaux d'intégration

- **Mêmes tranchées, fourreaux, goulottes ... (chemins de câbles) sur un site**
 - 2 câblages (et équipements actifs) différents**
 - 2 réseaux physiques donc logiques différents
 - 2 administrations différentes
 - Fait depuis plusieurs années entre les bâtiments
 - Maintenant en pré-câblage de bâtiment
 - Câblage courants faibles
- **LS longue distance partagée entre 2 sites**
 - Interconnexion de PABX
 - Interconnexion de LAN (routeurs, commutateurs, ponts)
 - Ex : LS 2 Mb/s (MIC) ou hertzienne ou laser éclatée (multiplexeur et dé-multiplexeur)
 - 1 M (16 voix téléphoniques) pour PABX
 - 1 Mb/s pour interconnexion de LAN

Voix-Données : niveaux d'intégration

- **Partage d'un réseau ATM**
 - VP pour PABX
 - VP pour informatique (routeurs, commutateurs)
 - FT et les autres opérateurs le font
- **Utilisation du réseau téléphonique pour les données**
 - Externe (RTC national) ou interne à l'entreprise
 - Ordinateur (ou routeur) – Modem – Réseau téléphonique – Modem – Ordinateur (ou concentrateur ou routeur ou ...)
 - V90 (56.6 Kb/s), RNIS (2x64 Kb/s), ADSL (... 1 Mb/s)
- **Utilisation du réseau IP pour la voix**
 - Téléphonie sur IP

Voix-Données : Tél / IP : services rendus

- **Connexion ordinateur – ordinateur (application voix)**
 - Ordinateur – Réseau IP (Eth, PPP) – Ordinateur
 - Netmeeting par exemple
 - Un réseau logique différent du réseau téléphonique
 - Pas de communication possible avec postes téléphoniques classiques
 - Intéressant pour longues distances
 - Economies en coût de communication
- **Connexion PABX – PABX**
 - Téléphones – PABX – passerelle – Réseau IP (Eth, ATM, PPP) – passerelle – PABX – Téléphones
 - Pas de communication téléphonique possible avec ordinateur connecté dans le mode précédent
 - Intéressant si bonne infrastructure IP (beaucoup de débit)
- **Intégration totale : « le tout IP »**
 - Communications postes téléphoniques - ordinateurs possibles

Voix-Données : Tél / IP : H323

- **Origine : monde des téléphonistes ITU**
- **Ensemble complet de standards**
 - Architecture et fonctions d'un système de vidéo-conférence
 - Sur réseaux en mode paquet (sans connexion), sans garantie de QoS comme IP (mais pas uniquement pour IP)
- **IP : RTP**
 - Real-time Transport Protocol
 - Transport flux temps réel : vidéo, audio, ... dans UDP
 - Ajoute des informations pour que le récepteur compense : variation latence, arrivée de datagrammes dans le désordre, ...
 - Type de données transportées
 - Horodatage
 - Numéro de séquence

Voix-Données : Tél / IP : H323

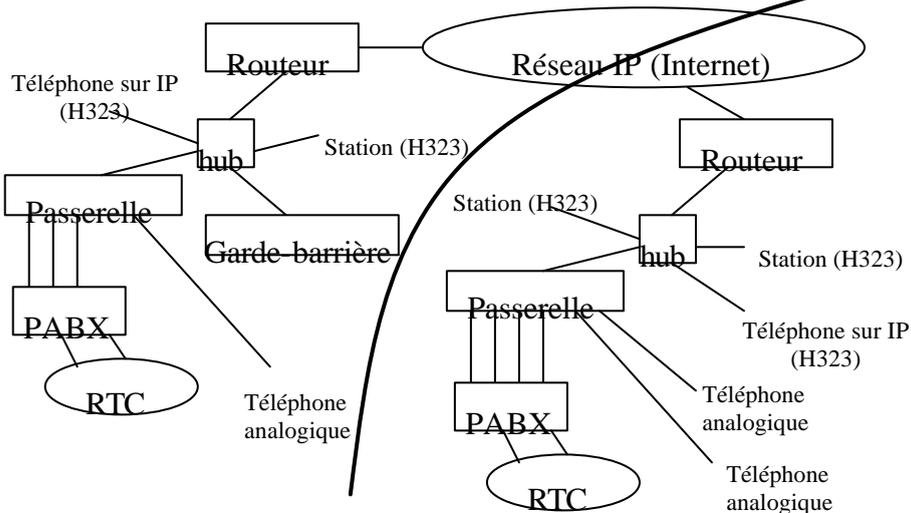
- **IP : RTCP**
 - Real-time Transport Control Protocol
 - Permet d'avertir l'émetteur de la qualité de la transmission :
 - Le taux de paquets perdus
 - La variation de la latence
 - ...
 - Informations sur l'identité des participants (applications multicast)
- **Éléments (matériels ou logiciels)**
 - Terminal H323 :
 - Ordinateur avec netmeeting
 - Téléphone sur IP (H323)
 - ...

Voix-Données : Tél / IP : H323

- **Éléments (matériels ou logiciels) suite**
 - **Passerelle : entre réseau IP et RTC (ou RNIS)**
 - Interfaces :
 - Ethernet \rightleftharpoons réseau IP
 - Ports TP \rightleftharpoons téléphones classiques ou PABX
 - Codage/décodage voix, mise en paquets, suppression d'écho, ...
 - **Garde-barrière : administration**
 - Gestion des @adresses : IP \rightleftharpoons E164 (téléphoniques)
 - Contrôle les accès
 - Peut refuser des appels si bande passante insuffisante
 - Contrôle une zone (H323)
 - **MCU-Pont : Multicast Control Unit : téléconférence**
 - Gère Multicast
 - Transmet avec adresse IP multicast si le réseau le permet
 - Ouvre n « connexions » point à point

Voix-Données : Tél / IP : H323

- **Exemple de réseau H323 (entre 2 sites)**



Voix-Données : Tél / IP : SIP

- **SIP : Session Invitation Protocol**
- **Origine : IETF : Informatique**
- **Gestion de sessions multimedia avec 1 ou n participants**
- **Adresses : sip:bob@193.10.3.1**
- **Utilise RTP au-dessus de UDP ou TCP**
- **Station IP ✍ ✍ Station IP : le protocole définit**
 - Appel – Négociation des paramètres
 - Communication
 - Fermeture de connexion

Voix-Données : Tél / IP : SIP

- **Autres services**
 - **Location server (registrar)**
 - Pour qu'un client puisse s'enregistrer quand il change d'adresse IP (mobile, ISP avec adresse dynamique par exemple)
 - **Proxy server**
 - Serveur d'un côté (reçoit les appels)
 - Client de l'autre (émet des appels)
 - Pourquoi ? : Point de contrôle, de facturation
 - **Redirect server**
 - Reçoit des appels
 - Indique la bonne destination à laquelle s'adresser : proxy, ...
 - Peut permettre de gérer la répartition de charge entre plusieurs serveurs
- **SIP beaucoup plus basique que H323**

Voix-Données : bilan aujourd'hui

- **Constat : la téléphonie ce n'est pas simple**
 - **Besoin de QoS et habitude de bonne qualité**
 - **Fonctionnalités des PABX et postes téléphoniques sont maintenant complexes : numéros abrégés, transfert d'appel, téléconférence, messagerie vocale, ...**
 - **2 équipes d'exploitation avec des cultures différentes**
 - Téléphonistes - informaticiens
- **✍ Intégration prudente**
 - **Années 1999-2000 : on va tout mettre sur IP**
 - **Aujourd'hui : on peut basculer certaines parties**
- **Elt nouveau : arrivée massive du téléphone portable**
 - **Habitude de communications de moins bonne qualité**
 - Comme le transport de la voix sur un réseau « Best Effort » IP
 - **Portabilité sans comparaison avec ordinateur portable**
 - Ne va pas dans le sens d'un terminal unique : téléphone-ordinateur

Voix-Données : bilan aujourd'hui

- **Dans entreprise :**
 - **Dépend de l'historique et de la culture**
 - **Intégration des 2 équipes d'exploitation ?**
- **Généralement :**
 - **L'utilisateur conserve 2 équipements : téléphone et ordinateur**
 - **Les infrastructures réseaux d'extrémité (câblage horizontal) sont différentes mais chemins identiques**
 - Poste téléphonique : câblage téléphonique ✍ PABX
 - Ordinateur : câblage informatique ✍ hubs, commutateurs, ...
 - **Interconnexion de PABX sur IP : solution de + en + déployée**
 - Car débits du réseau données >> réseau téléphonique
 - Avec back-up RNIS par exemple

Voix - Video : n participants

- **N vers n : réunions avec participants distants :**
 - **Téléconférence (voix uniquement)**
 - Service FT (équivalent d'un MCU)
 - Poste téléphonique habituel ou matériel dédié
 - **Matériel de visio-conférence (voix + image)**
 - H323 sur RNIS \neq H323 sur IP
 - Matériel dédié
 - Netmeeting + Webcam
 - **Multicast IP :**
 - V IC-RAT + Webcam
 - Réseau multicast
 - Académique surtout
- **1 vers n : Visio-conférence (sans question de la salle)**
 - **Idem ci-dessus**
 - **Streaming : realplayer**
 - Unicast ou multicast IP

Réseaux virtuels : plan

- **Pourquoi ?**
- **VLAN : Virtual LAN**
- **Avec ATM**
- **VPN : Virtual Private Network**
 - **PPTP**
 - **L2TP**
 - **IPSEC**

Réseaux virtuels : pourquoi ?

On regroupe dans un même réseau (Ethernet commuté ou IP) les stations qui travaillent ensemble (groupe de travail - workgroup). Conséquences :

- **Les applications « groupe de travail » :**
 - Qui ont besoin de découvrir les serveurs (contrôleur de domaine, voisinage réseau, imprimantes, serveur DHCP, zone Mac, ...)
 - Et ces serveurs qui ont besoin d'émettre des messages vers toutes les stations du groupe de travailUtilisent les broadcasts Ethernet ou IP
- **Le groupe qui a les mêmes besoins de sécurité :**
 - Contrôle l'accès entrant sur le réseau à la frontière du réseau (routeur d'accès)
 - Est assuré de la confidentialité par rapport à l'extérieur du groupe car il n'y a pas diffusion à l'extérieur du réseau

Réseaux virtuels : pourquoi ?

- **Le groupe qui a les mêmes besoins de connectivité depuis et vers l'extérieur :**
 - Effectue un contrôle d'accès sortant à la frontière du réseau (sur le routeur d'accès)
 - Peut mettre en place une limitation de la bande passante utilisée vers l'extérieur au point de sortie
- **Le groupe peut avoir le même adressage IP et des noms de stations dans le même domaine :**
 - Réalisé de fait dans un réseau IP
- **Problème : comment peut on avoir les mêmes services avec un groupe géographiquement dispersé ?**
- **Solution : avec des réseaux virtuels**

Réseaux virtuels : pourquoi ?

- **Exemples de groupes dispersés**
 - **Université UJF sur plusieurs sites à Grenoble et un à Valence**
 - Besoin de regrouper les sites dans un seul réseau logique
 - **Entreprise multi sites interconnectés par Internet :**
 - Même besoin
 - **Formation d'ingénieurs sur 2 sites ENSIMAG-ENSERG**
 - Même besoin
 - **Unité CNRS (UREC) sur 4 villes**
 - Même besoin
- **Exemples de services dispersés**
 - **Services administratifs (DR) du CNRS**
 - **Services comptabilité d'une entreprise multi-sites**
- **Mais aussi des groupes mobiles**
 - **Ordinateurs mobiles**
 - **Déménagements, réorganisations \neq éclatements géographiques des équipes**

Réseaux virtuels : principes

- **Regrouper « logiquement » un groupe de stations dispersées géographiquement**
 - Dans un même réseau : Ethernet ou IP ou ...
- **Buts :**
 - Utilisation d'applications « groupe de travail »
 - Sécurité
 - Contrôle de bande passante
 - Noms et adresses IP
 - Mobilité
- **Plusieurs techniques suivant les buts, WAN/LAN, ...**
 - VLAN
 - ELAN
 - VPN

Réseaux virtuels : VLAN

- **Virtual LAN**
- **But : créer un réseau virtuel de niveau 2**
 - Un domaine de broadcast (Ethernet)
- **Possible avec des commutateurs Ethernet**
 - Pas avec des hubs
 - Intelligence dans les commutateurs (et routeurs)
- **Différents types de VLANs**
 - Par ports (de commutateur) : niveau 1
 - Par adresse MAC (Ethernet) : niveau 2
 - Suivant la valeur d'autres champs : niveau 3
 - Protocole, @ IP, ...

Réseaux virtuels : VLAN par ports

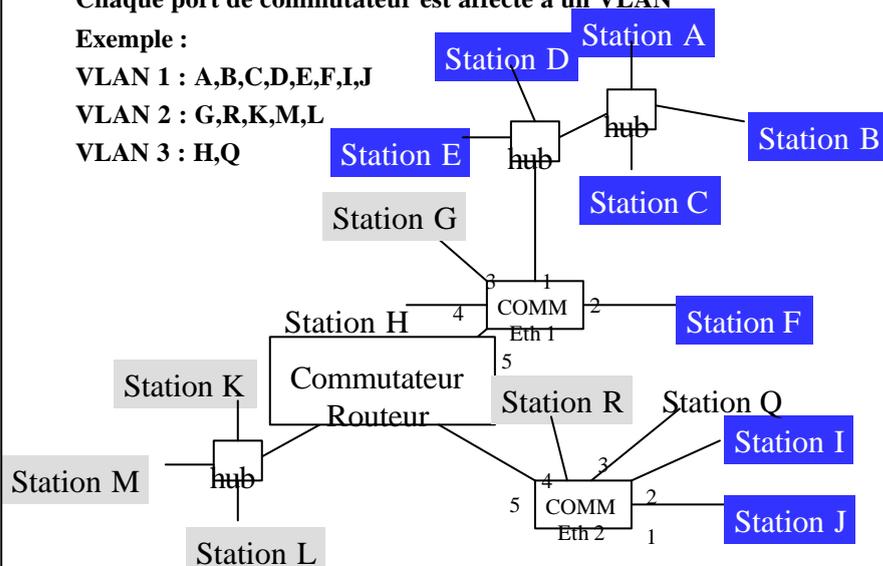
Chaque port de commutateur est affecté à un VLAN

Exemple :

VLAN 1 : A,B,C,D,E,F,I,J

VLAN 2 : G,R,K,M,L

VLAN 3 : H,Q



Réseaux virtuels : VLAN par ports

- **Configuration VLAN de Eth1 : 3 VLANS 1-2-3**
 - Port 1 = VLAN 1 Port 4 = VLAN 3
 - Port 2 = VLAN 1 Port 3 = VLAN 2
 - Port 5 = Voir après
 - Quand Eth1 reçoit une trame de A (VLAN 1) :
 - Envoie vers port 2 (et port 5 : cf après)
- **Configuration VLAN de Eth 2 : 3 VLANS 1-2- »**
 - Port 1 = VLAN 1 Port 3 = VLAN 3
 - Port 2 = VLAN 1 Port 4 = VLAN 2
 - Port 5 = Voir après
 - Quand Eth1 reçoit une trame de I (VLAN 1) :
 - Envoie vers port 1 (et port 5, cf après)
- **Configuration commutateur de Eth1 (idem Eth2) :**
 - Port 1 : @ MAC A, B, C, D, E
 - ...

Réseaux virtuels : VLAN par port

- **Diffusion**
 - Les équipements Eth1, Eth2 et le commutateur-routeur font en sorte que :
 - Quand A envoie un broadcast Ethernet $\not\approx$ A,B,C,D,E,F,I,J (VLAN1) mais pas vers les autres stations
- **Pour communiquer entre Eth1, Eth2, Eth3**
 - Trame Ethernet F $\not\approx$ G impossible
 - Datagramme IP : F $\not\approx$ Commutateur-routeur $\not\approx$ G
 - Passe par routeur ou commutateur-routeur
- **Remarque**
 - Cette segmentation peut aussi être réalisée par brassage manuel dans le local technique où sont les commutateurs : dans certains cas

Réseaux virtuels : VLAN 802.1Q

- **Problème : numéro de VLAN sur les trunks**
 - Schéma précédent : lorsque le commutateur Eth 2 reçoit une trame Ethernet venant de A, pour savoir vers quelles stations il doit la rediffuser il faut qu'il sache le numéro de VLAN dont A est membre
 - ~~Il faut qu'il trouve cette information dans la trame~~
- **Il faut que sur chaque lien entre les commutateurs (trunks) les trames soient marquées (taggées)**
 - Protocoles propriétaires : ISL (CISCO)
 - IEEE802.1Q
 - Champ type Eth : 8100
 - Champ numéro de VLAN : 12 bits (4096)
 - Niveau de priorité : 3 bits ~~QoS~~
 -
 - Informations de la trame initiale
- **Schéma précédent : 802.1Q est activé entre Eth 1 – Commut-Routeur – Eth 2**

Réseaux virtuels : VLAN par @ MAC

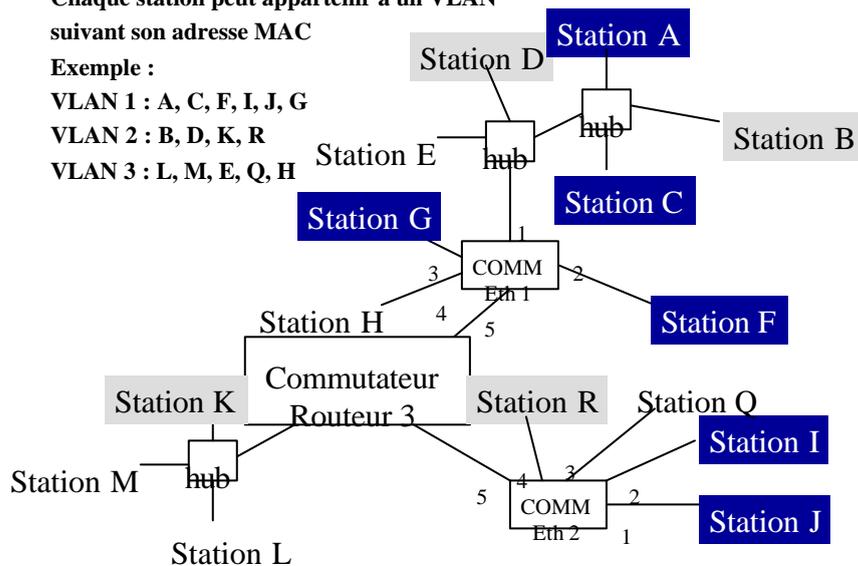
Chaque station peut appartenir à un VLAN suivant son adresse MAC

Exemple :

VLAN 1 : A, C, F, I, J, G

VLAN 2 : B, D, K, R

VLAN 3 : L, M, E, Q, H



Réseaux virtuels : VLAN par @ MAC

- **Configuration VLAN de Eth 1 : 3 VLANS 1-2-3**
 - VLAN 1 : @ MAC de A, C, F, G
 - VLAN 2 : @ MAC de B, D, Q, R
 - VLAN 3 : @ MAC de E, H
 - **Quand Eth1 reçoit une trame de A (VLAN 1) :**
 - Envoie vers port 2 (et port 5 : cf après)
- **Configuration VLAN de Eth 2 : 3 VLANS 1-2- »**
 - Port 1 = VLAN 1 Port 3 = VLAN 3
 - Port 2 = VLAN 1 Port 4 = VLAN 2
 - Port 5 = Voir après
 - **Quand Eth1 reçoit une trame de I (VLAN 1) :**
 - Envoie vers port 1 (et port 5, cf après)
- **Configuration commutateur de Eth1 (idem Eth2) :**
 - Port 1 : @ MAC A, B, C, D, E
 - ...

VLAN par port ou par @ MAC

- **Avantages VLAN @MAC / port**
 - **Des stations sur des hubs peuvent appartenir à différents VLANs**
 - Mais la diffusion n'est pas sélective selon les branches des hubs
 - **On peut avoir des stations qui sont déplacées (déménagement ou mobiles) sans besoin de reconfiguration**
 - **On peut identifier chaque station avec son numéro de carte Ethernet**
 - Sécurité accrue
 - Si adresse MAC inconnue : appartient au VLAN « visiteurs »
- **Désavantages VLAN par @ Mac**
 - **Administration plus lourde**
 - Répertorier et tenir à jour des tables avec toutes les adresses MAC
 - **Si utilisateur change sa carte Ethernet : modification de configuration**

Réseaux virtuels : VLAN niveau 3

- **Affecter les trames Ethernet dans un VLAN différent selon des champs que l'on trouve dans la trame :**
 - **Champ type Ethernet : protocole : IP, IPX, Appletalk, ...**
 - **L'adresse IP origine : sous-réseau**
 - mais ce n'est pas du routage
 - ...
- **Peut être utile quand de nombreux protocoles sont utilisés sur un même réseau**
 - **Support des « anciennes applications »**
 - **De moins en moins utile**

Réseaux virtuels : VLAN

- **Commutateurs :**
 - Ils conservent leur fonction de base : commutation, sans diffusion inutile
 - Certains peuvent ne pas avoir de fonctionnalité VLAN
 - Dans les exemples précédents les commutateurs ont la fonctionnalité d'accepter plusieurs adresses Ethernet et VLAN par port : ce n'est pas toujours le cas
- **Routeurs :**
 - Peuvent supporter 802.1Q. Si non, il faut autant de cartes Ethernet que de VLAN pour que le routeur route les VLAN
- **Ex de VLANs dans un laboratoire**
 - 1 / par équipe de recherche pour stations de travail individuelles
 - Administration (peut inclure la station de chaque secrétaire d'équipe de recherche)
 - Test : toutes les machines de test des différentes équipes
 - Serveurs locaux
 - Serveurs Internet

Réseaux virtuels : VLAN

- **Le travail d'administration de VLAN n'est pas négligeable !**
 - Il faut bien connaître le réseau (et être plusieurs à le connaître : pb absence)
 - Il faut un outil d'administration
- **Théorie : on peut utiliser des commutateurs de différents constructeurs : IEEE802.1Q**
- **En pratique : commutateurs homogènes**
 - Avec un outil d'administration fourni par le constructeur
- **Les VLAN sont des réseaux virtuels pour LAN**
 - Pas pour MAN ou WAN

Réseaux virtuels : ATM

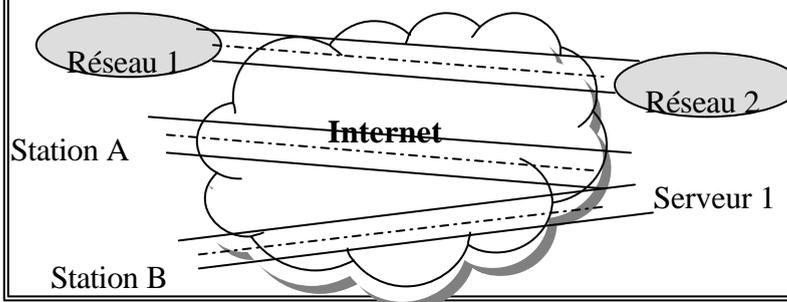
- **Interconnexion de réseaux Ethernet**
 - ELAN : principe LANE (cf chapitre précédent)
- **Utilisation de VPs ATM pour interconnecter des bâtiments (LAN) ou des sites (WAN) :**
 - Réseaux Ethernet ou ATM
 - Réseaux IP
 - Fonctions :
 - Sécurité : appelé aussi VPN ATM
 - Garantie de qualité de service (débit / VP)
 - Exemple : service ATM de Renater

Réseaux virtuels : VPN : but

- **VPN : Virtual Private Network**
 - Terme générique qui regroupe plusieurs techniques
- **Relier 2 réseaux distants (ou une station et un réseau) via un réseau ouvert (Internet) en garantissant :**
 - **Les services de VLAN pour IP : même réseau logique IP**
 - Etendre le réseau interne
 - **Des services de sécurité :**
 - Confidentialité des informations transmises
 - Intégrité des données (données non modifiées par un tiers)
 - Authentification de l'émetteur et du destinataire (au sens station ou routeur)
 - **Sans rechercher une qualité de service particulière (débit ...)**
- **Eviter des infrastructures dédiées à base de LS**
 - Réduction de coût en utilisant un réseau partagé
- **Utilisation du tunneling (tunnelisation)**

Réseaux virtuels : VPN : tunnels

- **Un tunnel transporte des données entre 2 points sans que les éléments entre les points « perturbent » ce transport**
 - Réseau de transport : transparent
- **Entre 2 réseaux ou entre station-serveur**



Réseaux virtuels : VPN : tunnels

- **Encapsulation**
 - **En entrée de tunnel : données insérées (encapsulées) dans un paquet du protocole de tunnelisation**
 - **En sortie : données extraites : retrouvent leur forme initiale**
 - **Tunnel IP véhiculant des datagrammes IP**
 - Entête
 - @ IP Origine : @ IP entrée du tunnel
 - @ IP Destinatrice : @ IP sortie du tunnel
 - Protocole : tunnel : par ex : GRE
 - Données : datagramme initial IP
 - Entête : @ IP station origine - @ IP station destinatrice
 - Données
- **Plusieurs méthodes et protocoles**
 - **PPTP (RFC2637)**
 - **L2F (RFC2341)**
 - **L2TP (RFC2661)**
 - **IPSEC**

Réseaux virtuels : VPN : PPP

- **PPP : Point to Point Protocol**
 - **Permet de transporter des datagrammes IP sur une liaison point à point (RTC, LS par exemple)**
 - **Mais aussi d'autres protocoles que IP**
 - **Fonctionnalités supplémentaires :**
 - Authentification des extrémités : PAP ou CHAP
 - Avant tout transfert de données
 - Chiffrement des données (confidentialité et intégrité)
 - Adressage IP dynamique
 - Compression
 - ...

Réseaux virtuels : VPN : PPTP

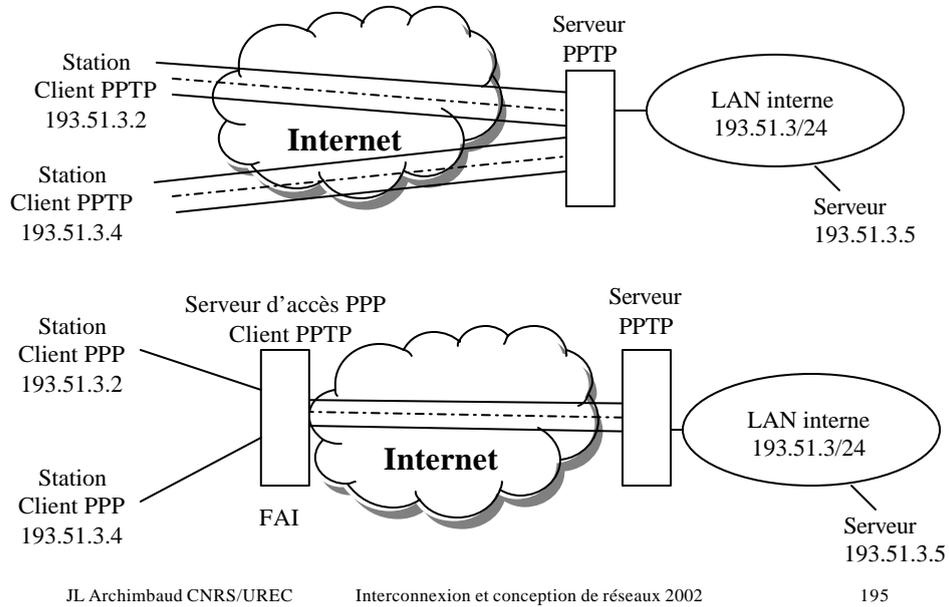
- **PPTP : Point-to-Point Tunneling Protocol**
- **Origine Microsoft**
- **VPN surtout sur réseau commuté pour accès particulier**
 - Station isolée \approx LAN entreprise
- **Encapsulation IP, IPX, ... ? PPP ? GRE ? IP**
 - Pas uniquement IP
- **La station isolée semble appartenir au LAN de l'entreprise**
 - Elle peut avoir une adresse IP dans le sous-réseau IP du LAN, comme si elle était une station du réseau interne
 - Elle voit les autres stations du LAN comme si elle était connectée sur le LAN
 - Elle a les mêmes droits d'accès aux ressources du LAN qu'une station du LAN (serveurs de fichiers, imprimantes, ...)
 - Elle utilisera la sortie Internet de l'entreprise pour accéder à l'Internet

Réseaux virtuels : VPN : PPTP

- **Le chemin entre la station et le LAN est sécurisé**
 - En utilisant les fonctions optionnelles de PPP
 - Authentification
 - Chiffrement
- **Mais il faut bien configurer le serveur PPTP pour que des stations pirates ne puissent pas se connecter sur le LAN**
- **Serveur PPTP**
 - Serveur NT, Linux, ...
 - Serveur d'accès PPTP - Routeur
- **Client PPTP**
 - Windows NT, 95/98 ..., Linux, Mac, ...

Réseaux virtuels : VPN : PPTP

2 utilisations



Réseaux virtuels : VPN : L2TP

- **L2TP : Layer 2 Tunneling Protocol**
 - Réunion de PPTP et L2F (CISCO)
- **Devrait remplacer PPTP**
- **3 cas de configuration possibles :**
 - **Tunnels L2TP : clients L2TP et serveur L2TP (idem PPTP)**
 - **PPP : clients PPP et FAI - Tunnels L2TP : FAI et serveur L2TP (idem PPTP)**
 - **LAN – Serveur L2TP – Tunnels L2TP – Serveur L2TP - LAN**
- **Sécurité**
 - **Utilisation possible des fonctions de PPP**
 - **Pour protéger le tunnel : IPSec**

Réseaux virtuels : VPN : IPSec

- **IPSec : IP Security Protocol**
- **IETF : Pour mettre un peu d'ordre dans les différentes méthodes de tunneling et de sécurisation**
- **Sécurisation des échanges au niveau IP**
 - Chaque datagramme est authentifié et/ou chiffré
- **Inclus dans IPv6 (intégré dans toutes les piles IPv6)**
- **Optionnel dans IPv4**
- **Evolution majeure de IP**
- **Peut-être mis en œuvre sur tout équipement IP**
 - Routeur, serveur, station de travail, ...
- **Peut-être mis en œuvre de bout en bout ou sur un tronçon du chemin**

Réseaux virtuels : VPN : IPSec

- **Entêtes ajoutés :**
 - **AH : Authentication Header**
 - **ESP : Encapsulation Security Payload**
- **Datagramme avec AH**
 - Entête IP – AH – (Entête TCP/UDP – Données) en clair
- **AH (Authentication Header)**
 - **SPI : Security Parameter Index** ↗ SA (Security Association)
 - Index d'une table qui pointe sur tout ce qui est nécessaire au récepteur pour interpréter cette entête : algorithmes de crypto utilisés ...
 - **Numéro de séquence**
 - Evite le rejeu du datagramme
 - **Signature électronique du contenu du datagramme (? entête IP)**
 - Checksum chiffré
 - Garantit intégrité et authentifie l'origine

Réseaux virtuels : VPN : IPSec

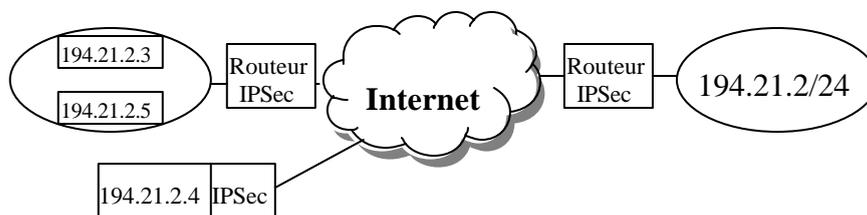
- **Datagramme avec ESP**
 - Entête IP – Entête ESP – (Entête TCP/UDP – Données) chiffrés – [Authentication ESP]
- **Entête ESP (Encapsulation Security Payload)**
 - SPI : Security Parameter Index \approx SA (Security Association)
 - Numéro de séquence
- **Authentication ESP**
 - Optionnelle
 - Signature – authentification : checksum chiffré : similaire AH
 - AH inclut l'entête IP pas ESP
 - Utilisé en mode tunnel pour la signature (pas AH)
- **2 Modes d'utilisation**
 - Mode transport
 - Mode tunnel

Réseaux virtuels : VPN : modes IPSec

- **Mode transport**
 - L'entête IP d'origine n'est pas contenue dans l'encapsulation
 - Entête IP – AH – Entête TCP – Données
 - Entête IP – ESP – (Entête TCP – Données) chiffrées
 - Entête IP – AH – ESP – (Entête TCP – Données) chiffrés
- **Mode tunnel**
 - Entête IP (nouveau) – AH – Entête IP (origine) - Entête TCP – Données
 - Entête IP (nouveau) - ESP - (Entête IP (origine) - Entête TCP - Données) chiffrées - [Authen ESP]

Réseaux virtuels : VPN : IPSec tunnel

- **Le mode tunnel permet les fonctionnalités des VPN que l'on a vues :**
 - Stations distantes ou sous-réseau distant considérés comme une partie du LAN (avec le même adressage)
 - Sécurité dans le transport



Réseaux virtuels : VPN : IPSec-Sécurité

Security associations : SA

- **IPSec permet d'utiliser différents algorithmes, clés, ... de cryptographie**
 - Les 2 extrémités doivent se mettre d'accord
- **Pour chaque connexion IPSec : 1 ou 2 SA**
 - Une SA pour AH
 - Une SA pour ESP
- **SA**
 - Algo d'authentification (MD5, ...)
 - Algo de chiffrement (DES, ...)
 - Clés de chiffrement
 - Clés d'authentification
 - Durée de vie des clés
 - ...

Réseaux virtuels : VPN : IPSec

- **Gestion des clés**
 - **Manuelle**
 - **IKE Internet Key Exchange (ancien nom : ISAKMP)**
 - Procédure pour que les 2 extrémités se mettent d'accord : protocoles, algorithmes, clés
 - Management des clés : fourniture de clés de manière sécurisée ...
- **IPSec**
 - **Très solide, bien conçu et intégré dans toutes les piles IPv6**
 - **Devrait beaucoup se répandre**
 - **Distinction Auth / Chiff : OK pour les législations**
 - **Mais attention : sécurité IP (pas utilisateur ...)**

Services de FT : plan

- **LS (transfix), RNIS (numéris), ADSL : cf avant**
- **Interconnexion niveau 2 « traditionnelle » moyen débit**
 - **Frame Relay**
 - **Transrel**
- **Interconnexion niveau 2 haut-débit**
 - **Turbo DSL**
 - **Intra-Cité**
 - **Inter LAN**
 - **SMHD**
 - **SMHD - Giga**
 - **MultiLAN**
- **Services IP (pour entreprises)**
 - **Les Classiques Oléane**
 - **Global Intranet**
 - **Global Extranet**
 - **Collecte IP/ADSL**

Services FT : interconnexion

« traditionnelle » moyen débit

- **Frame Relay**
 - Remplacement de X25 : réseau commuté commuté avec circuits virtuels
 - Débits de 19.2 Kb/s à 8 Mb/s
 - Connexion réseaux FR d'entreprise
 - Réseau international
- **Transrel**
 - Service point à point
 - Interconnexion de réseaux Ethernet, Token Ring
 - Interfaces (équipements : ponts)
 - Ethernet 10 ou 100 Mb/s
 - Token Ring 4 ou 16 Mb/s

Services FT : interco HD : Turbo DSL

- **Même zone (géographique)**
- **Agences ou particuliers ↗ **Site central****
- **Liaisons permanentes**
- **Raccordement site central**
 - ATM 30, 60, 90 ou 120 Mb/s
- **Raccordement extrémités**
 - ADSL jusqu'à 2 Mb/s – 320 Kb/s

Services FT : interco HD : Intra-Cité

- **MAN : Voix et données**
- **Boucle locale FT**
- **Connexions point à point (LS virtuelles) de 2 sites équivalents à 2 Mb/s, 10 Mb/s ou 100 Mb/s**
- **Interfaces**
 - G703 : PABX : 2 Mb/s
 - Ethernet 10 ou 100BaseT : 2 Mb/s, 10 Mb/s, 100 Mb/s
- **Connexion entreprise**
 - PABX, routeur IP, commutateur Ethernet

Services FT : interco HD : Inter LAN

- **MAN : données**
- **Client : PME (petit budget)**
- **Connexions point à point (LS virtuelles) ou multipoint de sites équivalents à 2, 4, 20, 40, 60, 100 Mb/s**
- **Interfaces**
 - Ethernet 10 ou 100BaseT ou GigaEthernet
 - ATM
- **Différents niveaux de « qualité de débit »**
 - Débit minimum garanti (on peut avoir plus si réseau peu chargé)
 - Débit permanent garanti
 - Débit non garanti (?)
- **Connexion entreprise**
 - Routeur IP, commutateur Ethernet, commutateur ATM

Services FT : interco HD : SMHD

- **MAN : n sites**
- **SMHD : Service Multisites Haut-débit**
 - Protocole SMDH
 - Boucle FO MAN dédiée à 155, 622 ou 2.5 Gb/s
 - Sécurisation : chaque site est raccordé avec 2 parcours différents
- **Les sites se partagent la bande passante de la boucle**
- **Liaisons permanentes ou temporaires entre sites**
 - 2, n x 2, 34, 45 ou 155 Mb/s
- **Interfaces**
 - G703, Ethernet 10 et 100 Mb/s

Services FT : interco HD : SMHD Giga

- **Nouveau**
- **MAN – 3 sites minimum**
- **Technologie DWDM**
 - Multiplexage optique
 - Ce n'est donc pas le protocole SMHD
- **Liaisons (jusqu'à 32 par lien)**
 - 622 Mbps \approx 2.5 Gigabit/s
 - Très hauts débits
- **Interfaces d'accès**
 - Fast Eth, Giga Eth, Fiber Channel, ..
- **Bientôt 10 Gigabit/s**

Services FT : interco HD : MultiLAN

- **WAN** : 92 villes françaises et aussi international
- **Raccordements (physiques)** : 2, 34 ou 155 Mb/s
- **Connexions point à point (LS virtuelles)** de débits de 256 Kb/s à 100 Mb/s
- **Interfaces**
 - ATM
 - Ethernet 10 ou 100BaseT
 - ...
- **Infrastructure de réseau FT** : ATM
- **Connexion entreprise** : PABX, commutateur ATM, équipement vidéo, routeur IP, commutateur Ethernet
- **Applications** : voix (PABX), données (LAN), vidéo

Services FT : IP : Classiques Oleane

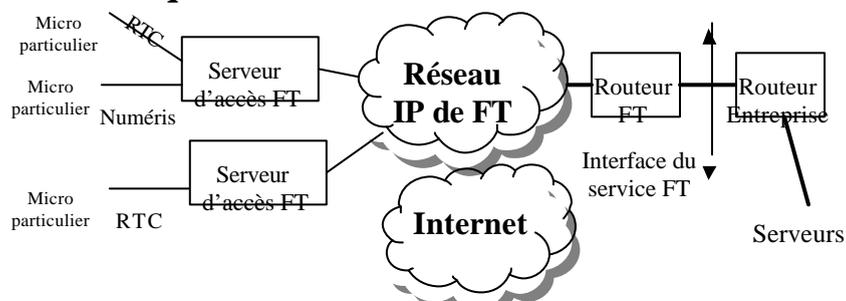
- **Connexion Entreprise à Internet**
- **Types de raccordement**
 - Lien permanent avec possibilité de back-up Numeris
 - Connexion RTC, Numeris, GSM
 - ADSL
- **Equipement de connexion**
 - Routeur IP fourni ou non
- **Services à valeur ajoutée**
 - Adresses IP
 - Hébergement, gestion DNS, serveur Web
 - Boîtes aux lettres (anti-virus possible)
 - Proxy Web
 -

Services FT : IP : Global Intranet

- **Créer un réseau privé virtuel pour l'entreprise**
 - Sites : moyen débit
 - Postes utilisateurs fixes ou mobiles : bas débit
- **Techniques**
 - CV ATM
 - Filtrage adresses IP
 - Tunelling IP
 - Authentification des utilisateurs
- **Equipements de connexion**
 - Routeur fourni ou non
 - Poste utilisateur
- **Accès**
 - Permanent 64 Kb/s \approx 2 Mb/s
 - Commuté : RTC, Numeris, GSM
 - ADSL

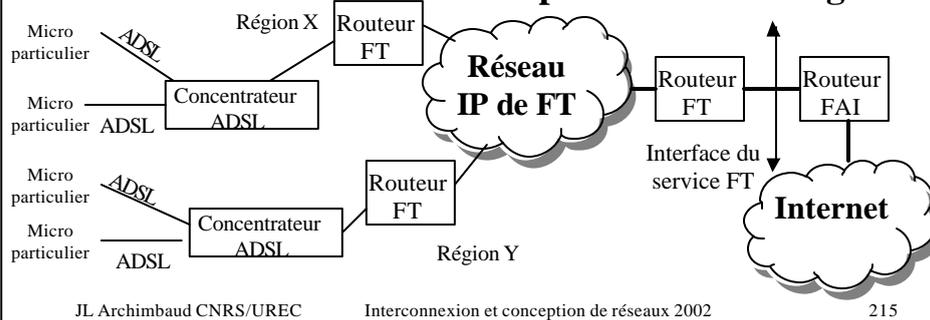
Services FT : IP : Global Extranet

- **Service d'information de l'entreprise (Extranet) accessible par RTC ou Internet**
 - Clients, Partenaires, Fournisseurs
- **Facture : téléphone particulier**
 - Numéros d'appel réservés
- **Technique : tunnels IP**



Services FT : IP : collecte IP/ADSL

- Pour les fournisseurs d'accès Internet (FAI)
- Pour collecter le trafic des abonnés ADSL
- **Routeur FT chez le FAI**
 - Interfaces Ethernet 10, 100 ou 1000 Mb/s
 - Débits : 10 Mb/s \approx 4 Gb/s
- **Les routeurs FT sont transparents : tunneling ...**



Services à assurer : plan

Services « obligatoires » à assurer (couche 7)

Uniquement aspect architecture – choix - stratégie

- **Noms (machines)**
 - Principes
 - Plan de nommage
- **Messagerie**
- **Annuaire**
- **Services Web**

Services : noms

- **Buts techniques**
 - **Traduction : nom de machine ↔ adresse IP**
 - **<http://www.inpg.fr> ↔ datagramme IP :**
 - Ouverture connexion TCP sur port 80
 - Adresse IP destinataire : ?
 - Comment : www.inpg.fr ↔ 195.83.76.58 ?
 - **Ping www.inpg.fr**
 - Datagramme ICMP - @ destination 195.83.76.58
 - **Dans l'autre sens aussi : @ IP ↔ nom de machine**
 - Configurations, contrôles d'accès, fichiers de trace, ... explicités avec des noms
 - **Mais aussi messagerie électronique**
 - jla@urec.cnrs.fr ↔ serveur messagerie SMTP mail.urec.cnrs.fr

Services : noms

- **Pour que cela fonctionne dans l'Internet**
 - Noms uniques
 - Système très solide : des serveurs DNS « direct » et « reverse »
 - Dynamique : ajout de noms décentralisé dans les serveurs DNS
- **Unicité**
 - Nommage hiérarchique arborescent avec des domaines
 - .com, .edu, .org, ..., .fr, .de, .uk, ...
 - Plan de nommage dans les organismes-entreprises
- **Solidité – Dynamique**
 - N serveurs de noms administrés localement
 - Un serveur primaire par zone
 - Plusieurs serveurs secondaires
 - Copies régulières des informations primaire ↔ secondaires
 - Caches
 - Postes de travail
 - Serveurs (primaires – secondaires)
 - **Serveurs DNS : machines dédiées, aux bons emplacements**

Services : plan de nommage

- **Choix du nom de domaine (pour une entreprise)**
 - **Pas technique : image de l'entreprise**
 - Serveurs Web, ...
 - Adresses électroniques
 - Un nom a maintenant une valeur commerciale
 - **Sous .com**
 - Quelques \$
 - Pas de vérification
 - **Sous .fr**
 - Plusieurs dizaines (centaines) d'euros
 - Vérifications
 - AFNIC : association ↗ système « sain »
 - **Dérives**
 - Réservation de noms tels que cnrs.com pour revente
 - Certains pays (en voie de développement) :
 - Société à but uniquement lucratif qui gère le top level domain du pays

Services : plan de nommage machines

- **Choix de sous-domaines : technique**
 - **Un sous-domaine**
 - ↗ un serveur DNS « direct »
 - ↗ un administrateur
 - **Un serveur DNS « reverse »**
 - ↗ un sous-réseau IP
 - ↗ un administrateur
 - **On regroupe souvent serveur « direct » et « reverse »**
 - Quand ajout de machine : MAJ des 2 nécessaire
 - **En cas de problèmes : facilité de localisation**
 - Nom ↗ Où ?
 - **Possibilité d'alias sur les noms**
 - Très souple

Services : plan de nommage machines

Exemple : UREC (Paris, Grenoble, Lyon, Marseille)

- **Domaine urec.cnrs.fr**
 - Sous-domaines grenoble.urec.cnrs.fr et paris.urec.cnrs.fr
- **Un serveur DNS Paris (un administrateur)**
 - Primaire : urec.cnrs.fr, paris.urec.cnrs.fr, reverse réseau IP Paris
 - Secondaire : grenoble.urec.cnrs.fr, reverse réseau IP Grenoble
- **Un serveur DNS Grenoble (un autre administrateur)**
 - Primaire pour grenoble.urec.cnrs.fr, reverse réseau IP grenoble
 - Secondaire : urec.cnrs.fr, paris.urec.cnrs.fr, reverse réseau IP Paris
- **Lyon, Marseille : nommage machines laboratoires locaux**
- **Alias dans DNS urec.cnrs.fr, ...**
 - www.urec.cnrs.fr ↗ www.paris.urec.cnrs.fr : visibilité
 - Idem autres services : mail, ...
 - Autres services dans domaine services.cnrs.fr ↗ urec.cnrs.fr

Services : plan de nommage machines

- **Exemple : IMAG (fédération de 8 laboratoires)**
 - **Domaine imag.fr - pas de sous-domaine**
 - **Un serveur DNS primaire imag.fr**
 - **N serveurs DNS secondaires imag.fr**
 - Pour l'extérieur (authoritative) : 3
 - En interne, au moins un par laboratoire
 - **Equipe d'administrateurs soudée**
 - Choix des noms de toutes les machines centralisé
 - Bases de données mise à jour par chaque administrateur de labo
 - Script de mise à jour automatique du DNS primaire
 - **Serveurs Web de labo : nom du labo le nom : image**
 - www.imag.fr, www-id.imag.fr, www-clips.imag.fr, ...
 - **Choix pas de ss-domaine ↗ visibilité de la fédération**
 - Une autre possibilité aurait été : un sous domaine par laboratoire

Services : plan nommage machines

- **Choix**
 - Divers : image, organisation entreprise, organisation des administrateurs, histoire, ...
 - Qu'ils soient clairs : document de référence :
 - Comment est-ce organisé ?
 - Qui fait quoi ?
- **Visibilité / extérieur**
 - Pour les noms des serveurs
 - Pour le nom des stations clientes : intérieur : choix technique
- **Adressage privé - NAT**
 - 2 nommages : 2 DNS : interne – externe
 - Les noms de stations internes ne sont plus visibles de l'extérieur
 - Mais il faut néanmoins que les stations internes communiquent entre elles : document de référence toujours utile
- **Les FAI offrent des services de DNS**
- **Pb : quand rachat ... entreprise \neq changement de nom ?**

Services : messagerie

- **Messagerie Internet : protocole SMTP**
 - Messagerie interne dans l'entreprise peut être différente : passerelle nécessaire
 - Dans ce chapitre : messagerie interne SMTP, logiciel Sendmail ou Postfix
- **Plan**
 - Choix de la forme des adresses
 - Répartition des serveurs
 - Méthodes d'accès aux boîtes aux lettres
 - Format des messages

Services : messagerie : adresses

Adresses de messagerie : quelle stratégie ?

- **De préférence forme canonique : Prénom.Nom@ ...**
 - Exemple : Jean-Luc.Archimbaud@urec.cnrs.fr
 - Avantages
 - Adresse unique (sauf homonymes)
 - Adresse « parlante » : peut éviter un annuaire
- **Faire apparaître sous-domaines ou non ?**
 - Pierre.Durant@etudes.edf.fr ou Pierre.Durant@edf.fr ?
 - Pérennité de l'adresse et forme simple / centralisation
- **Utiliser des adresses génériques**
 - webmaster@..., postmaster@..., info@..., ...
 - Peut-être pour des fonctions : direction@..., secrétariat@..., ...
 - Avantage : pérennité quand la personne change de fonction

Services : messagerie : adresses

- **« Transformation » d'adresses - redirection**
 - Différents mécanismes peuvent modifier les champs « To » et « From » sur les messages arrivants ou partants
 - Serveurs-relais de messagerie : messages arrivants
 - To : Francis.Duval@edf.fr ↗ Francis.Duval@der.edf.fr
 - Serveurs-relais de messagerie : messages partants
 - From : jla ↗ From : Jean-Luc.Archimbaud@urec.cnrs.fr
 - Comptes utilisateurs : .forward (messages arrivants)
 - To : jla@imag.fr ↗ To : Jean-Luc.Archimbaud@urec.cnrs.fr
 - Ne pas en abuser
 - Doit simplement résoudre les cas particuliers
- **Différencier adresse professionnelle et personnelle ? (au travail)**
 - Problème : correspondance privée : débat non tranché
- **« Cacher » les adresses pour limiter les SPAM ?**

Services : messagerie : serveurs

- **2 services à assurer :**
 - Relais de messages et hébergement de boîtes aux lettres
- **Entrant : un seul serveur relais avec les boîtes aux lettres**
 - Accessible depuis l'Internet
 - Avec machine back-up quand indisponible
 - DNS : plusieurs MX records
 - Problème de sécurité : attaque des boîtes aux lettres
- **Entrant : un serveur relais sans boîte aux lettres**
 - Accessible depuis l'Internet
 - Redirige vers 1 ou plusieurs serveurs internes suivant l'adresse du destinataire :
 - Si adresses avec sous-domaine ↯ le serveur interne du sous-domaine
 - Sinon, base de données : une adresse ↯ son serveur interne
 - Boîtes aux lettres sur serveurs internes
 - Serveurs internes non accessibles depuis l'Internet
- **Sortant : préférable de passer par un seul serveur relais**
 - Canonisation des adresses, surveillance, traces, ...

Services : messagerie : serveurs relais

- **Service à surveiller de près**
 - Très souvent attaqué
 - Trace des abus
- **Interdire le relaiage : @ externe ↯ @ externes**
 - Problème SPAM : obligatoire
- **Installer un anti-virus**
 - Evite MAJ sur chaque poste interne
- **Lutter contre le SPAM**
 - Outils avec mots clés et/ou black lists (pas de solution miracle)
 - La solution est la signature électronique
- **Lutte anti-virus - SPAM : accord du personnel nécessaire**
- **Exemple IMAG**
 - Un relais de messagerie externe (reçoit To : X@imag.fr)
 - N serveurs de messagerie internes avec boîtes : 1 / labo
 - Table : @ d'une personne ↯ serveur de messagerie interne
 - Gestion idem DNS

Services : messagerie : accès aux boîtes

- **Connexion interactive sur le serveur**
 - Qui contient les boîtes aux lettres : commande Mail Unix ...
 - Pb : il faut gérer autant de comptes interactifs que de boîtes
- **POP - Post Office Protocol**
 - Accès depuis une station personnelle avec outil (navigateur, ...)
 - Les boîtes aux lettres sont transférées sur la station personnelle
- **IMAP - Internet Message Access Protocol**
 - Accès depuis une station personnelle (navigateur, ...)
 - Les boîtes aux lettres restent sur le serveur
- **IMAP/POP ?**
 - De plus en plus de IMAP
 - Dépend de l'utilisation :
 - Veut-on garder sur le serveur les messages (place, sauvegarde, ...)?
 - Les utilisateurs sont-ils connectés lorsqu'ils utilisent la messagerie?
 - Versions sécurisées : POPS – IMAPS
 - Authentification ou non des clients

Service : messagerie : formats messages

- **MIME - Multipurpose Internet Mail Extensions**
 - Standard pour format de messages contenant tous types de données : texte, video, voix, ...
- **S/MIME – Security ...**
 - Version sécurisée de MIME
 - Certificats électroniques
 - Signature électronique
 - Authentification
 - Intégrité
 - Chiffrement
 - Concurrent : PGP
- **Principal pb messagerie : pas authentification expéditeur**
 - SPAM, Virus, pas de valeur juridique, ...
- **Messagerie : service externalisable**

Annuaire : un standard

- **LDAP - Lightweight Directory Access Protocol**
 - **Communications client-serveur (sécurisées si voulu)**
 - **Modèle de données**
 - Arborescence hiérarchique
 - Classes d'objets
 - Nommage
 - **Modèle fonctionnel**
 - Recherche, comparaison, ajout, ...
 - **API**
 - **Réplication**
 - ...
- **Un annuaire LDAP**
 - **Peut utiliser un logiciel de base de données : oracle ...**
 - LDAP : Interface standard d'accès

Annuaire LDAP : utilisations

- **Classique de personnes : adresses électroniques**
 - Accès avec navigateur – complétion d'adresse
 - Gestionnaire de liste de diffusion, ...
- **De certificats électroniques**
- **De droits d'accès**
 - A des systèmes, des applications, ...
 - Remplacement de NIS, NIS+
- **De ressources**
 - Grilles de calcul
 - Equipements (réseau)
- **Besoin d'avoir une réflexion sur l'architecture**
 - Un seul annuaire ou n / utilisation ou groupe
 - Séparer LDAPs publics et privés (internes)
 - Sécurisation de l'annuaire, pb de SPAM (limitation du nb d'accès), ...

Services Web

- **Accès aux serveurs Web externes (Internet)**
 - **Autorisation ou non ?**
 - Décision de direction, pas d'administrateur réseau
 - **Proxy ou non ?**
 - **Attention aux problèmes de sécurité**
 - Virus dans documents récupérés
 - Exécution de code localement : javascript, ...
 - \neq Proxy utile
- **Serveurs Web de l'entreprise**
 - **Différencier administration technique / contenu**
 - **Définir les droits d'accès et une méthode de mise à jour**
 - **Pour Intranet**
 - Informations internes
 - Serveurs dans un sous-réseau non accessible depuis l'extérieur
 - **Pour Extranet – Internet**
 - Information publiques
 - Serveurs dans un sous-réseau public

Fonctions «annexes » équipements actifs

PLAN

- **Administration**
- **Tunnels**
- **IPSec**
- **NAT**
- **Filtrage**
- **Multicast**
- **Gestion files d'attente**

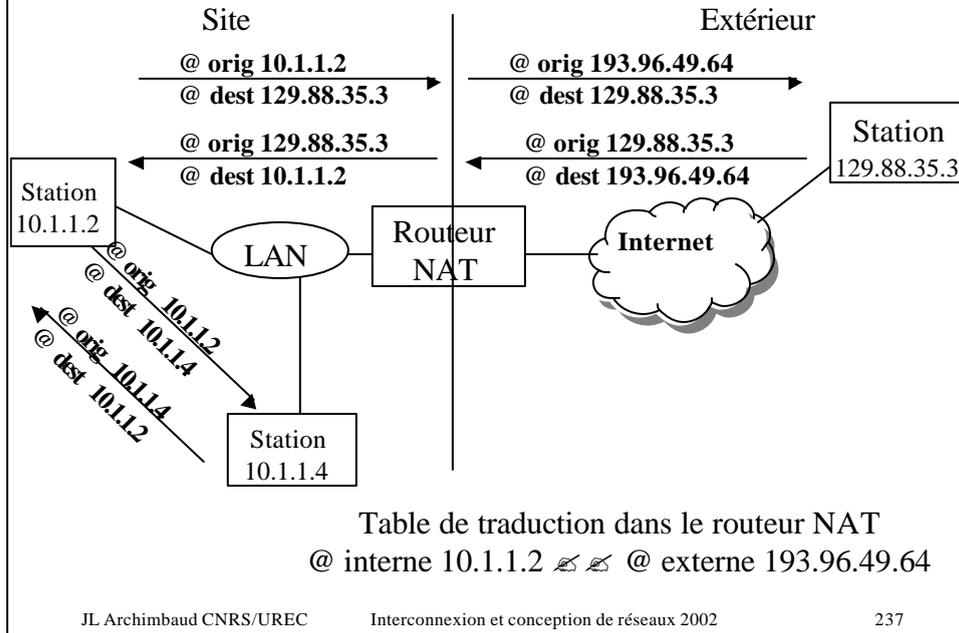
Fonctions «annexes » équipements actifs

- **Administration**
 - Agent SNMP
 - Traces \neq syslog
 - Compteurs : charge, nb de datagrammes, de bytes, ...
- **Tunneling**
 - Cf chapitre sur les réseaux virtuels : VPN
 - Dans les routeurs, stations IP
 - Pour sécurité mais aussi IPv6 dans IPv4, multicast dans unicast, ...
- **IPSec**
 - Cf chapitre sur les réseaux virtuels
 - Dans les routeurs, stations IP

Fcts «annexes » éqts actifs : NAT

- **NAT – Network Address Translation (traduction)**
- **Fonction dans routeur d'accès (entre site et Internet)**
- **Traduit les adresses IP**
 - Modifie l'entête des datagrammes IP échangés avec l'extérieur
 - Dans les sens sortant et entrant
- **Une station du site**
 - Possède une adresse interne 10.1.1.2
 - Elle est configurée avec cette adresse
 - Les machines internes communiquent avec elle avec cette adresse
 - Connue de l'extérieur avec l'adresse 193.96.49.64 (@ externe)
 - Les machines de l'Internet communiquent avec elle avec cette adresse
 - Le système est transparent pour les stations
 - Le routeur entre le site et l'Internet fait la traduction

Fcts «annexes» éqts actifs : NAT



Fcts «annexes» éqts actifs : NAT

- **Traduction statique**
 - 10.1.1.2 ↔ 193.96.49.64
 - 10.1.1.3 ↔ 193.96.49.66
 - ...
 - **Besoin autant d'adresses IP officielles que de stations**
- **Traduction dynamique**
 - **Pool d'adresses officielles (externes) pouvant être attribués**
 - Ex : 193.96.49.0/24
 - **Attribution d'une adresse externe lors du premier datagramme reçu par le routeur**
 - **Adresse libérée au bout d'un temps d'inactivité**
 - Ex : pas de datagramme avec cette adresse reçu depuis 3 heures
 - **On peut avoir plus de stations que d'adresses IP officielles**
- **On mixte : serveurs : statique - clients : dynamique**

NAT : pourquoi ?

- **On manque d'adresses officielles IP (4 bytes)**
 - On ne peut plus numéroté toutes les stations IP de la planète de manière unique
 - En interne, sur les sites, numérote les stations avec les @ privées
 - 10/8, 172.16/12, 192.168/16
 - Plusieurs sites peuvent utiliser les mêmes adresses
- **Exemple : site avec une @ réseau officielle 193.96.49.0/24**
 - 5000 machines internes
 - Numérote ses stations avec une adresse réseau privée : 10/8
 - Peut numéroté des millions de machines
 - Quelques adresses 193.96.49.0/24 réservées aux serveurs
 - Accédés depuis l'Internet : DNS externe 193.96.49.1, Web externe 193.96.49.2, Mail 193.96.49.3 (avec PAT ce peut être le même numéro)
 - Pool d'adresses 193.96.49.[4,254] disponibles (NAT)
 - Attribuées dynamiquement aux stations locales quand elles communiquent avec l'Internet
 - 250 machines internes peuvent communiquer avec l'Internet simultanément : beaucoup plus si on utilise PAT

NAT : plus et moins

- **Avantages**
 - On dispose d'un espace d'adresses énorme en interne
 - Pas de limitation dans l'architecture des sous-réseaux
 - Pas de problème quand nouvelles stations à numéroté
 - Les stations clientes ont des @ IP dynamiques
 - Plus difficiles à attaquer : meilleure sécurité
- **Désavantages**
 - Sécurité : les stations clientes sont « anonymes »
 - Difficile de savoir quelle station interne a attaqué un site externe
 - Contrôle d'accès / @ IP effectué sur certains serveurs
 - Impossible sauf si traduction statique
 - Rompt le principe IP de connectivité de bout en bout
 - Peut avoir des effets de bord sur certaines applications
 - Retarde l'arrivée de IPv6

NAT : conclusion

- **De très nombreux sites l'utilisent**
 - **Peu universitaires car premiers venus sur Internet, ils disposent de beaucoup d'adresses officielles**
 - **Système très bien huilé maintenant**
- **NAT / DHCP**
 - **DHCP : autre manière d'économiser des adresses**
 - **Mais beaucoup moins d'économie que NAT**
 - DHCP : une station a besoin d'une adresse officielle dès qu'elle communique avec l'extérieur mais aussi avec l'intérieur
 - Pas de possibilité de PAT
 - **On peut faire les 2**
 - DHCP : pour ses fonctions de configuration dynamique
 - NAT : pour ses fonctions de traduction d'adresse

Fcts «annexes » éqts actifs : filtrage

- **Consiste à laisser passer ou non certains flux selon les informations trouvées dans**
 - **Les entêtes des trames Ethernet**
 - **Les entêtes des datagrammes IP**
 - **Les entêtes des segments TCP, UDP**
- **Ponts, Commutateurs**
 - **Filtrage de niveau 2**
 - **Sur le contenu des entêtes des trames Ethernet**
- **Routeurs**
 - **Filtrage de niveau 3**
 - **Sur les entêtes IP, TCP, UDP**

Filtrage : rappel trame Ethernet – IP

- **Entête Ethernet**
 - @ Ethernet destination
 - @ Ethernet origine
 - Champ type : protocole : 0800 IP, 0806 ARP, ...
- **Entête IP**
 - @ IP origine
 - @ IP destination
 - Protocole : 1 ICMP, 6 TCP, 17 UDP, ...
- **Entête TCP ou UDP**
 - Numéro de port source (application station source)
 - Numéro de port destination (application station destination)

Filtrage : niveau 2

- **Ponts – commutateurs / port**
 - Sur les entêtes Ethernet
- **Exemple : filtrer sur un port**
 - **Certains protocoles : Appletalk, IPX, ...**
 - Car il n'y a pas de stations qui utilisent ces protocoles sur ce port
 - Diminue la charge du côté du port
 - Filtre les trames multicast ou broadcast de ces protocoles
 - Evite les erreurs
 - Des utilisateurs sans compétence qui pourraient lancer ces protocoles sur leur station et perturber les autres stations
 - **Certaines adresses Ethernet origine**
 - Stations trop bavardes, polluantes
 - **Certaines adresses Ethernet destination multicast, broadcast**
- **But principal : diminuer la charge**

Filtrage : niveau 3

- **Dans les routeurs**
 - Sur les entêtes IP, TCP, UDP
- **But principal**
 - Sécurité (protection de stations, de services, de serveur)
 - Limitation des flux applicatifs (pas de chat, P2P, ...)
- **Deux politiques :**
 - Par défaut : tout est autorisé (P1)
 - On interdit ce que l'on ne veut pas
 - Par défaut : tout est interdit (P2)
 - On autorise ce que l'on veut
- **Deux types de filtrages**
 - Sur les adresses IP (de stations ou de (ss-)réseaux)
 - Sur les numéros de ports (applications)

Filtrage : niveau 3

- **Filtrage sur @ IP de station ou de (ss-)réseau**
 - Sens entrant (Internet ↗ Site) / @ IP destination
 - P1 : interdit l'accès à des stations « à protéger »
 - P2 : autorise uniquement l'accès à certains serveurs (publics)
 - Sens entrant / @ IP origine
 - P1 : interdit l'entrée de datagrammes de stations dangereuses (black-list)
 - P2 : autorise l'accès que depuis certaines stations
 - Sens sortant (Site ↘ Internet) / @ IP origine
 - P1 : interdit à certaines stations de sortir (sur l'Internet, ...)
 - P2 : autorise uniquement certaines stations à sortir
 - Sens sortant / @ IP destination
 - P1 : interdit l'accès à des serveurs à contenu peu recommandable
 - P2 : n'autorise l'accès que vers des serveurs répertoriés

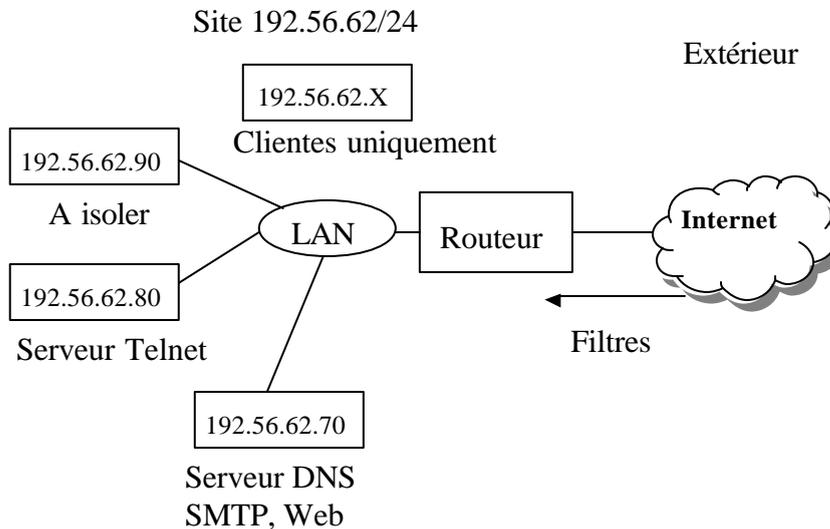
Filtrage : numéros de port

- **Applications IP : mode client –serveur**
 - **Serveur : wellknown ports**
 - HTTP : 80, Telnet : 23, SMTP : 25, ...
 - **Client**
 - 1024, 1025, 1026, ... pour FTP, Telnet, ...
 - 1023, 1022, 1021 ... pour rexec, rlogin, rsh, rcp, ...
- **Exemples de filtre sens entrant (Internet ↗ Site)**
 - **P2 : Laisse passer uniquement les datagrammes avec port destination = 80 vers @IP destination 194.33.2.5**
 - Autorise uniquement l'accès HTTP sur le serveur Web 194.33.2.5
 - Si un autre utilisateur interne installe un serveur Web, il ne sera pas accessible depuis l'extérieur
 - **P1 : Filtre tous les datagrammes avec port destination = 23**
 - Interdit l'accès en telnet sur toutes les machines internes depuis l'extérieur

Filtrage : numéros de port

- **Exemple de filtre sens sortant (Site ↘ Internet)**
 - **P2 : laisse passer tous les datagrammes avec numéros de ports source > 980**
 - ↘ **Autorise toutes les stations à être cliente sur des serveurs Internet**
 - **P2 : laisse passer les datagrammes avec port dest=25 uniquement vers station 129.88.32.2**
 - ↘ **Oblige toutes les stations interne à passer par le relais de messagerie 129.88.32.2 pour envoyer du courrier**

Filtrage : exemple de politique



Filtrage : ex (simplifié) de politique 2

- **Les filtres sont exécutés en séquence (ACL CISCO)**
 - Pour chaque datagramme
 - Si condition remplie : action - exit
 - Sinon : continue les filtres
- **Si @ IP dest = 192.56.62.90 : filtre**
 - Isole 192.56.62.90
- **Si @ IP dest = 192.56.62.80 et port dest = 23 : laisse passer**
 - Ouvre accès au serveur telnet : 192.56.62.80
- **Si @ IP dest = 192.56.62.70 et port dest = (53 ou 25 ou 80) : laisse passer**
 - Ouvre accès au serveur DNS, SMTP, Web 192.56.62.70
- **Si port dest > 980 : laisse passer**
 - Laisse passer le trafic vers stations clientes internes
- **Reste : filtre**
 - Interdit tous les autres trafics

Filtrage : bilan

- **Les filtres peuvent être installés à l'intérieur du site**
 - Sur les routeurs entre services, équipes, ... par exemple
 - Entre sous-réseaux ou VLAN
- **Avec l'Internet : politique 2 recommandée**
 - On interdit tout sauf ...
 - Si P1 : nouvelle vulnérabilité découverte ↗ MAJ des filtres
- **Si fonction dans une boîte dédiée avec interface graphique ... ↗ Garde-barrière**
 - Fonction appelé « filtrage statique » dans les gardes-barrières

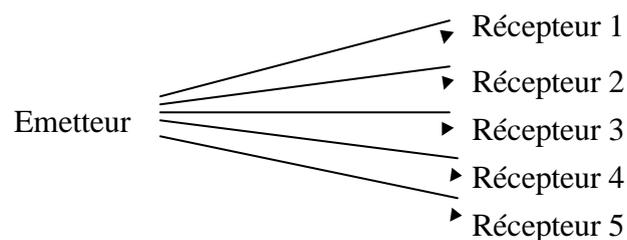
Filtrage : bilan

- **Filtrage dans les routeurs**
 - Beaucoup utilisé en entrée de campus, laboratoires
 - En entreprise plutôt entre sous-réseaux internes
 - En entrée (site-Internet) : garde-barrière
- **Limitations techniques**
 - Basé sur des numéros de port : les applications peuvent utiliser d'autres numéros que les wellknown port (pb cheval de Troie)
 - Rebonds applicatifs indétectables
 - Tunnels applicatifs non détectable (HTTP par exemple)
 - ↗ filtrage statefull dans garde-barrière nécessaire

Fcts «annexes » éqts actifs : multicast IP

- **Applications habituelles : unicast**
 - **Point à point**
 - **1 émetteur ↗ 1 récepteur**
 - Le récepteur devenant ensuite émetteur
 - **Adresses Ethernet et IP unicast**
- **Applications multicast**
 - **1 émetteur ↗ n récepteurs (diffusion ciblée)**
 - **Radio (plutôt broadcast)**
 - **Télévision**
 - Non cryptée : broadcast
 - Cryptée (Canal + ...) : multicast
 - **Télé-séminaire, télé-réunion, vidéo-conférence, ...**
 - Dans ce cas un récepteur peut aussi devenir émetteur

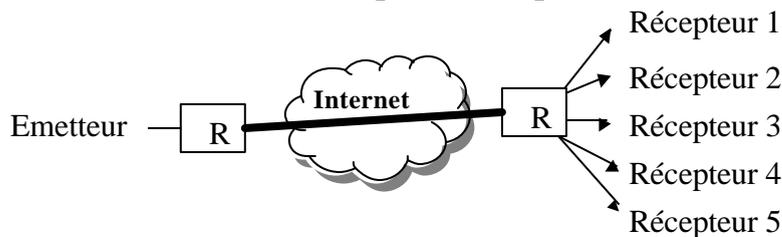
Multicast IP



- **Media idéal de transport : air**
 - **Ondes radio avec émetteurs terrestres, satellites, ...**
 - **Pas de problème sauf partage des fréquences**

Multicast IP

- **Réseau filaire IP avec technique classique**
 - On transporte n fois les mêmes données
 - On utilise beaucoup de bande passante



- **Pour ne transporter qu'une fois les données :**
 - Adresses, protocoles, routages, ... multicast

Multicast IP

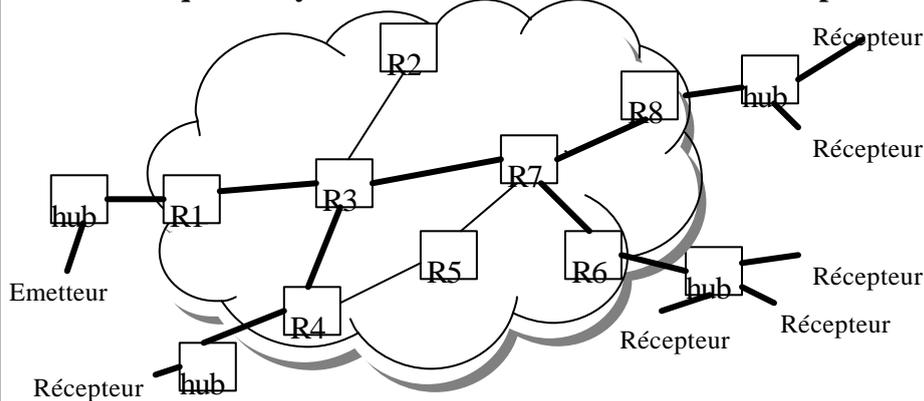
- **Participants à une appli multicast : groupe multicast**
- **Identification du groupe multicast : @ IP**
 - Une adresse IP de classe D : 224.0.0.0 \leq 239.255.255.255
 - Emetteur \neq groupe : @ IP destination = @ IP multicast
- **Choix d'une adresse multicast : statique**
- **Choix d'une adresse multicast : dynamique**
 - Annuaire de groupes multicast en cours (ex : application SDR)
 - Responsable du groupe \neq annuaire
 - Je veux ouvrir une session « cours ARR » pour tel créneau horaire
 - Fournis moi une adresse multicast
 - Annuaire
 - Donne une adresse multicast au responsable : 224.2.0.1
 - Publie : « cours ARR » a telle @ multicast
 - Participants au groupe
 - Consultent annuaire et récupère l'adresse multicast du groupe

Multicast IP

- **Protocoles : UDP, RTP, RTCP (cf H323), ...**
- **L'émetteur émettra ses données**
 - Avec @ IP destination multicast : 224.2.0.1
 - @ IP origine : son @ IP (unicast)
- **Les récepteurs se mettront à l'écoute**
 - Pour recevoir les datagrammes avec cette @ dest
- **Emetteur-récepteurs sur même réseau Ethernet**
 - **Utilisation du multicast Ethernet**
 - Premier octet de l'@ impair
 - IEEE a attribué 01.00.5E.X.Y.Z pour applications multicast IP
 - **@ Destination Ethernet : 01.00.5E.X.Y.Z**
 - IP : 224.2.0.1 \approx Ethernet 01.00.5E.02.00.01

Multicast IP : routeurs

- **Pb : quand il y a des routeurs entre émetteur et récepteurs**



- **Les routeurs : @ dest 224.2.0.1 : que faire ?**
 - R3 doit les renvoyer vers R4 et R7 mais pas vers R2
- \approx **tables de routages et protocoles de routage spécifiques**

Multicast IP : protocoles de routage

Protocole entre stations et premier routeur

- **Principe : stations : je veux m'abonner**
 - Je veux recevoir le flux multicast 224.2.0.1
 - R4, R6, R8 vont recevoir ce message
 - R2 ne va pas le recevoir
- **Exemple : IGMP**
 - Internet Group Management Protocol
 - Le routeur émet un datagramme toutes les minutes
 - Qui veut s'abonner à des groupes multicast ?
 - Les stations intéressées répondent
 - Le routeur le redemande régulièrement
 - Pour savoir si de nouvelles stations sont intéressées
 - Pour savoir si les anciennes abonnées sont toujours intéressées

Multicast IP: protocoles de routage

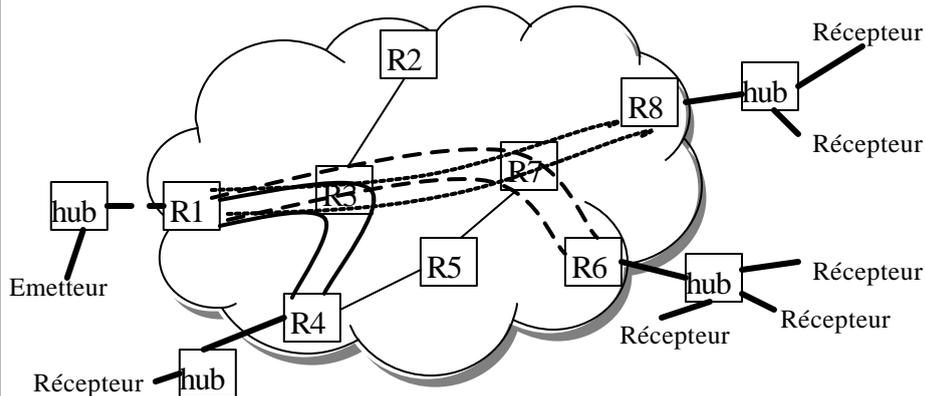
Protocole entre routeurs

Exemple PIM Protocol Independant Multicast

- **But : arriver à un arbre de diffusion : 2 principes**
- **Dense mode**
 - Les routeurs envoient à tous les routeurs tous les flux multicast
 - Au départ. Exemple : R3 vers R4, R7, R2
 - Les routeurs non intéressés demandent d'arrêter l'émission
 - R2 indique à R3 : il y a personne chez moi d'intéressé par 224.2.0.1
 - R3 arrêtera d'émettre vers R2 ce flux : pruning
- **Sparse mode**
 - Le routeur émetteur s'enregistre auprès du RP
 - RP : Rendez vous Point
 - Je vais diffuser vers 224.2.0.1
 - Aucun routeur n'émet encore à ce stade
 - Quand station intéressée : s'enregistre auprès du RP
 - Celui-ci « avertit » les routeurs concernés d'émettre

Multicast IP

- **Quand partie du réseau non multicast : tunnels**
 - Ex : uniquement les routeurs de sites R1, R4, R6 et R8 supporte le multicast (au cœur réseau d'opérateur)



Multicast IP

- **Réseaux (routeurs) : complexe**
- **Travail d'opérateur : très important**
 - En France uniquement Renater offre réellement ce service
 - On peut faire des tunnels
- **Aujourd'hui**
 - Beaucoup d'expérimentations autour du multicast
 - Réseau MBONE (opérationnel)
 - Télévision sur Internet : idée abandonnée
 - Radio sur Internet : pas multicast
 - Vidéoconférence : 3 solutions
 - Multicast IP
 - H323
 - RNIS

Fcts «annexes » éqts actifs : gestion des files d'attente

- **Dans les routeurs : files d'attente**
 - **En entrée : généralement gérées basiquement**
 - **En sortie, pour chaque interface, choix :**
 - Taille de la file d'attente
 - Important car quand elle est pleine le routeur jette les datagrammes
 - La classification
 - Permet de faire passer en priorité certains datagrammes (voix / FTP par exemple)
- **Gestion des files d'attente : fondamental dans un réseau en mode non connecté (IP)**
- **Différentes techniques implémentées**
 - FIFO
 - WFQ
 - PQ
 - CQ

Gestion des files d'attente : FIFO

- **FIFO – First In First Out**
 - **Mécanisme simple :**
 - Une file d'attente / interface de sortie
 - Emission par ordre d'arrivée
 - **Plus : simple donc logiciels performants**
 - **Pas de problème quand réseau peu chargé et files d'attente de taille suffisante**
 - Pas de perte de datagramme
 - Temps de traitement (latence) court
 - **Dans le cas contraire**
 - Temps de traitement peut-être trop long pour certaines sessions TCP ou autre (par exemple s'il y a un gros transfert FTP en cours, il va bloquer le flux H323 d'une communication voix)
 - Perte de datagrammes (file d'attente pleine)
 - Latence trop grande
 - TCP $\not\approx$ retransmission, slow start, ... : service très dégradé

Gestion des files d'attente : PQ

- **PQ : Priority Queuing**
- **Plusieurs files d'attente / interface de sortie**
 - Une file par priorité
 - La file la plus prioritaire est envoyée avant les autres
 - Le routeur peut déterminer la priorité selon
 - Le protocole niveau 3 : IP/IPX
 - Le protocole niveau 4 : TCP/UDP
 - Les applications : Telnet/FTP/H323/...
 - ...
- **Pb : certains types de trafic (priorité trop basse) peuvent ne jamais être émis**
 - Coupures de session, ... : catastrophe

Gestion des files d'attente : CBQ

- **CBQ : Class Based Queuing**
 - Ou CQ - Custom Queuing
 - Amélioration du PQ
- **Exemple : 3 files d'attente / interface de sortie**
 - Haute, moyenne et basse priorité
 - A chaque « rotation » le routeur envoie 10 datagrammes de la file haute, 6 de la moyenne, 3 de la basse.
- **Evite que la basse priorité ne soit jamais émise**
- **Peut être une méthode pour partager une bande passante (entre classes de services)**
- **Pb : nécessite du CPU pour du très haut débit**

Gestion des files d'attente

- **WFQ : Weighted Fair Queuing**
 - Modification du CBQ en prenant en compte le volume de données (nb de bytes) dans la répartition
 - Evite que les flux avec des gros datagrammes d'écrasent ceux avec des petits datagrammes
- **Exemple d'efficacité de ces mécanismes**
 - Expérience CISCO sur une liaison surchargée
 - Flux Telnet, FTP, Voix combinés sur un routeur
 - Sans ces mécanismes : occupation bande passante 57 %
 - Avec ces mécanismes : occupation bande passante 98 %
- **Pb : réglage de ces mécanismes**
 - Le constructeur fournit des exemples
 - Mais ça dépend de l'environnement : flux, ...

Fcts «annexes» éqts actifs : bilan

- **Les routeurs peuvent être très simples à configurer et administrer**
 - Entre 2 Ethernet, avec uniquement la fonction de routage pour connecter un réseau de classe C avec l'extérieur
 - Une dizaine de lignes de configuration
- **Mais aussi très complexes**
 - Si on rajoute : comptabilité, tunnels, IPSec, routage dynamique, filtrage, NAT, multicast, files d'attente, ...
 - Plusieurs centaines, voire milliers de lignes de configuration
 - Demande des experts : chaque ligne de configuration est importante
- **Choix lors de l'achat d'un nouveau matériel**
 - Tendance à prendre toujours le même constructeur
 - Expérience, habitude des ingénieurs
 - Attention au monopole
 - Des « Clones » d'OS de routeurs connus existent

Qualité de service QoS (IP)

- **Internet (IP) de base : best effort**
 - Le réseau peut avoir une mauvaise qualité (pertes, ...) voire devenir inutilisable
- **La QoS repose sur quelques paramètres techniques**
 - Débit (bande passante)
 - Pertes
 - Latence (délai de transmission)
 - Variation de la latence : gigue ou jitter

Mais impossibles à garantir dans l'Internet entre 2 utilisateurs
- **QoS pour l'utilisateur : le réseau doit être transparent**
- **QoS où ?**
 - Entre deux sites
 - Entre deux utilisateurs
 - Pour un type d'application ?
 - ...
- **2 standards (principes) pour Internet : RSVP et DiffServ**

Qualité de service (IP) : RSVP

- **RSVP : Resource Reservation Protocol**
- **Protocole en // de TCP, UDP**
 - Comme ICMP et les protocoles de routage
- **Principes**
 - La station (réceptrice) demande une QoS au réseau (bande passante, ...)
 - Tous les routeurs le long du chemin
 - Prennent en compte cette demande et réservent les ressources nécessaires : CPU, mémoire, ... (ils peuvent refuser)
 - Tiennent à jour une table avec toutes les réservations effectuées
- **Problème : (trop) complexe**
 - Adapté au mode connecté, pas à IP
 - Que se passe-t-il quand le routage est dissymétrique ou change ? ...
 - Flux multicast ?

Qualité de service (IP) : Diffserv

- **Diffserv : Differentiated Services**
- **Les datagrammes sont marqués / contenu**
 - Champ TOS dans IPv4, Traffic Class dans IPv6
 - Par la station / routeur d « entrée »
- **Chaque routeur traite différemment les datagrammes**
 - Mécanismes dans routeur : gestion files d'attente adaptée au champ TOS ou Traffic Class
- **Simple mais peu précis**
 - Peut être facilement implémenté
 - Là ou cela peut être utile (sur une partie du chemin)
 - Liaisons à moyen, bas débits
 - Pour certaines applications

Qualité de service (IP)

- **Quand bande passante « à profusion » : QoS inutile**
 - Le cas généralement des LAN
 - La bande passante disponible sur FO devient énorme
- **Problème**
 - Besoin de QoS quand la bande passante est limitée car chère c'est à dire dans les WAN
 - Or c'est le plus difficile car présence d'un opérateur et souvent même de plusieurs opérateurs
- **Comment vérifier que le client respecte le contrat ?**
 - Non traité dans ce cours : policy
- **On ne pourra pas implémenter un mécanisme de qualité de service global dans tout l'Internet**
- **Les opérateurs utilisent plutôt des mécanismes « légers »**
 - Sur certaines portions, pour certains clients/applications
- **Entreprises : choisissent des équipements qui supportent DiffServ, au cas où ...**

Administration de réseau : plan

- **Que faut il administrer ?**
- **Les hommes**
 - Administrateurs et utilisateurs
- **Les standards**
 - SNMP ...
- **La configuration des équipements**
- **La surveillance**
 - Détection des anomalies
- **Le dépannage**
- **Les stations d'administration**
- **La sécurité**
- **La métrologie**
 - Qui consomme quoi ? \approx Comptabilité
 - Performances \approx Evolution (anticiper)
- **Remarques**

Administration de réseau : quoi ?

- **Que faut il administrer ?**
 - Tout ce que l'on a vu, en particulier :
- **Le câblage**
 - Disposer des plans A JOUR
 - Garder les cahiers de recette
 - Disposer de valises de tests pour les grands réseaux
- **Éléments d'interconnexion**
 - Hubs, ponts, commutateurs, routeurs
 - Configuration, surveillance, métrologie
- **Services (couche 7)**
 - DNS
 - Configurer, mettre à jour
 - Relais et serveurs de messagerie
 - Configurer, mettre à jour, surveiller (spool), métrologie
 - ...
- **Sécurité**

Administration de réseau : les hommes

- **Constituer une équipe d'administrateurs**
 - **Qui fait quoi ? Sur quoi ?**
 - **Opérateurs – Techniciens – Ingénieurs – Gourous**
 - Faut il séparer très strictement les niveaux ?
 - Difficile car évolution des réseaux très rapide
 - Selon les stades d'installation : besoins différents de compétences
 - **Exemple entreprise : 3 équipes**
 - Infrastructure : câblage
 - Ingénierie : configuration équipements d'interco, services, routage
 - Supervision : surveillance, métrologie, sécurité
 - **Exemple opérateur Internet**
 - NOC : Network Operation Center : fait marcher
 - Configuration, surveillance, ...
 - Procédures en cas d'incidents : tickets d'incidents, base de données, ...
 - NIC : Network Information Center : interface avec les utilisateurs
 - Nommage, informations aux utilisateurs, hot line, ...

Administration de réseau : les hommes

- **Où s'arrête le service d'administration réseau ?**
 - Administration des serveurs Web ?
 - Installation des clients de messagerie sur les postes utilisateurs ?
 -
- **Astreinte ?**
 - Selon les besoins de l'entreprise : cela coûte cher
 - Peut être externalisée
- **Assistance (hot line) pour les utilisateurs**
 - Ca ne marche pas !
 - Obligatoire
 - Centrale puis dispatching
 - Locale puis appel à l'assistance centrale si besoin
 - Difficile pour un utilisateur de séparer réseau / application
- **Il faut une très bonne organisation humaine**
 - Ne pas hésiter à décentraliser (noms, adresses, ...)
 - Compétences : formation continue obligatoire

Administration de réseau : standards

- **ICMP**
 - Echo, TTL exceeded, Dest unreachable, redirect, ...
 - Utilisé par les outils ping, traceroute par exemple
 - Avantage : supporté par toute station IP (ordi, routeur, ...)
 - Peut sembler anodin mais en fait très utilisé
- **SNMP - Simple Network Management Protocol**
 - Agent (serveur) dans hub, commut, routeur, station, ...
 - Manager depuis station d'administration
 - MIB : informations (@, ...) – standard ou constructeur
 - Fonctions : GET – SET – TRAP sur UDP
 - Sécurité embryonnaire ≠ config ne se fait pas avec SNMP
- **RMON – RMON2 : MIBs pour sondes**
- **Les standards permettent d'avoir un même outil pour administrer des matériels hétérogènes**

Administration de réseau : configuration des équipements

- **Avec telnet ou interface Web**
 - Pas SNMP
 - Telnet est souvent plus précis (pour les spécialistes)
 - Attention aux mots de passe : ajouter filtrage / @ IP
- **Perte de la configuration quand arrêt de l'équipement ?**
- **Stockage des différentes configurations**
 - **Généralement : TFTP**
 - Permet de sauvegarder une configuration sur un serveur
 - Inversement de charger cette configuration depuis ce serveur dans l'équipement actif
 - **Attention : pas de mot de passe dans TFTP**
- **Outils de constructeurs qui permettent de gérer plusieurs versions de configuration et d'OS ...**

Administration de réseau : surveillance

- **But : détecter (rapidement) des anomalies**
- **2 types d'informations utiles**
 - Alarmes : lien coupé, élément arrêté, daemon/service inactif, ...
 - Relevés (courbes, tableaux, ...) sur une courte période indiquant des charges, utilisations anormales (inhabituelles)
 - Longue période \approx métrologie
- **Transport : liens, équipements actifs**
 - Traps SNMP émis par les équipements
 - Outils à base de ping et/ou traceroute depuis un point
 - Lors récupération de compteurs SNMP, sondes : courbes inhabituelles
- **Services : messagerie, ...**
 - Daemon (service) inactif, spool plein, ...
 - Ex d'outil : Big Brother
 - Depuis une station interroge un daemon spécifique sur chaque machine de service
 - Détecte si service inactif, remonte des alarmes sur des seuils, ...

Administration de réseau : surveillance

- **Alarmes et relevés**
 - Arrivent sur ou partent de la station d'administration
 - Alarmes peuvent générer des mails ... aux admins
- **Des éléments de charges, activités anormales permettent de détecter des problèmes de sécurité**
 - Brusque trafic vers une station, d'une application, ...
- **Les construire avec l'expérience**
 - On peut récupérer énormément d'informations
 - Lesquelles sont pertinentes ?
- **Les utilisateurs sont souvent plus rapides que les outils**
 - Pour avertir : ça ne marche pas !

Administration de réseau : dépannage

- **Où se situe le problème ? Quand localisé : réponse simple**
- **Faire preuve de logique**
 - Première question : qu'est-ce qui a changé ?
 - Procéder par élimination
- **Ex de démarche : telnet www.inpg.fr ne marche pas**
 - Est-ce que la machine est accessible : ping www.inpg.fr ?
 - Si non, où s'arrête l'accès : traceroute www.inpg.fr ?
 - Tout de suite : problème très local
 - Ping machine locale ≠ pb sur routeur sortant ou sur réseau local
 - Câblage ? Essai d'une prise voisine ...
 - Si arrêté à un routeur : lequel ?
 - Sur le site distant : téléphone à l'administrateur distant ...
 - Sur le site local
 - » Est-ce uniquement vers ce site : essaie d'atteindre un autre site de l'Internet
 - » ...
 - ...
 - Si oui, service arrêté ? Problème de filtrage ?
 - ...

Administration de réseau : dépannage

- **Demande de connaître**
 - La théorie : protocoles, fonctions des équipements, ...
 - Son réseau, ses utilisateurs et leurs applications
- **Analyseurs de protocoles**
 - Quand vraiment on ne peut pas faire autrement
 - Ex de logiciel du domaine public : TcpDump
 - Station portable avec logiciel commercial
 - Il faut bien connaître les protocoles
- **Problèmes logiciels : d'autres ont eu le même pb**
 - Ne pas hésiter à utiliser les moteurs de recherche, news, ...

Admin réseau : station d'administration

- **Objectif : disposer d'UNE station qui**
 - Permette de configurer tous les équipements et de stocker toutes les configurations
 - Reçoive toutes les alarmes (Traps SNMP, ...)
 - Permette d'exécuter des scripts de surveillance développés, ...
 - Dessine (automatiquement) la carte du réseau : liens, stations, équipements actifs, services
 - Affiche en rouge ce qui ne marche pas
 - Récupère des données de métrologie, les stocke, les affiche ...
- **Trois types**
 - Stations « générales » (Sun, HP, IBM, ...)
 - Beaucoup de temps pour les maîtriser
 - Stations de constructeurs d'équipements (CISCO)
 - Stations « artisanales » avec outils du domaine public
- **Actuellement personne vise l'unicité (LA station)**
 - Les grands sites ont les 3 types de stations précédentes

Administration de réseau : sécurité

- **De plus en plus de problèmes de sécurité liés au réseau**
 - Intrusion depuis l'Internet sur des machines internes
 - Attaque de serveurs Internet : Web, messagerie, DNS
 - Virus dans les messages électroniques, SPAM
 - Vers se propageant par le réseau
 - Spoofing d'@ IP, d'@ de messagerie
 - Charge de liens (trafic parasite) \approx deny de service
 - ...
- **Organisation – coopération étroite entre responsable sécurité et administrateur réseau**
 - Surveillance du réseau \approx peut indiquer des problèmes de sécurité
 - Architecture de réseau \approx permet d'appliquer facilement une politique de sécurité
- **Maintenant la sécurité est un critère de choix important dans l'architecture et les équipements**

Administration de réseau : métrologie

- **But : répondre aux questions**
 - A quoi sert le réseau ? A quelles applications ? A qui ? Quand ?
 - Qui l'utilise ? \approx comptabilité si nécessaire
 - Y-a-t-il des goulots d'étranglement ? Des problèmes de performances ? \approx Qualité de service
 - Quelle évolution ? \approx Anticiper les besoins
 - Commander l'augmentation de débit d'une liaison avant sa saturation
- **Ensemble de compteurs \approx tableaux, courbes, ...**
- **Qui fournit les informations ?**
 - **Equipements en écoute passive sur le réseau**
 - Sondes RMON, RMON2
 - Logiciel IPTrafic
 - Pb : nb d'équipements nécessaires, où les mettre (pb commutation)
 - **Equipements actifs du réseau : commutateurs, routeurs**
 - Comptent différentes choses \approx compteurs spécifiques ou MIBs
 - Sont interrogés « par telnet » ou SNMP
 - Peuvent ne plus compter correctement quand d'autres urgences (charge)

Administration de réseau : métrologie

- **Quelles informations ?**
 - Charge et taux de collisions / interface
 - Issues de comptage de différents champs des datagrammes
 - @ IP (\approx numéros de réseaux), ports (\approx applications)
- **Exemples d'informations fournies**
 - Le graphe journalier, hebdomadaire ... de la charge de chaque brin Ethernet, de chaque liaison, du taux de collision
 - La répartition entre HTTP, MAIL, FTP, ... sur chaque liaison
 - Les 20 stations les plus consommatrices
 - Le pourcentage de trafic intra-entreprise et extra-entreprise
 - Le pourcentage de bande passante de l'accès Internet consommé par chaque service de l'entreprise
- **MRTG : logiciel graphique**
 - Visualise le trafic sur les interfaces des commutateurs, routeurs, stations
 - Informations dans MIBs, obtenues par SNMP

Administration de réseau : remarques

- **Fondamentale** quand réseau d'envergure
- **Surveillance :**
 - Confidentialité des relevés
 - Respect de la vie privée
- **Constats**
 - Les équipements et les liaisons fonctionnent bien
 - IP est très solide
 - ≈ Conséquence négative sur le besoin d'administration
- **Il faut se construire soi-même sa boîte à outils**
 - Pas une seule solution avec un seul produit
 - Difficile de conduire une approche théorique globale
- **Beaucoup d'outils du domaine public existent**
 - Mais chaque outil a un but particulier
 - Un administrateur doit bien savoir ce qu'il veut obtenir

Administration de réseau : remarques

Exemple de choix de logiciels du domaine public

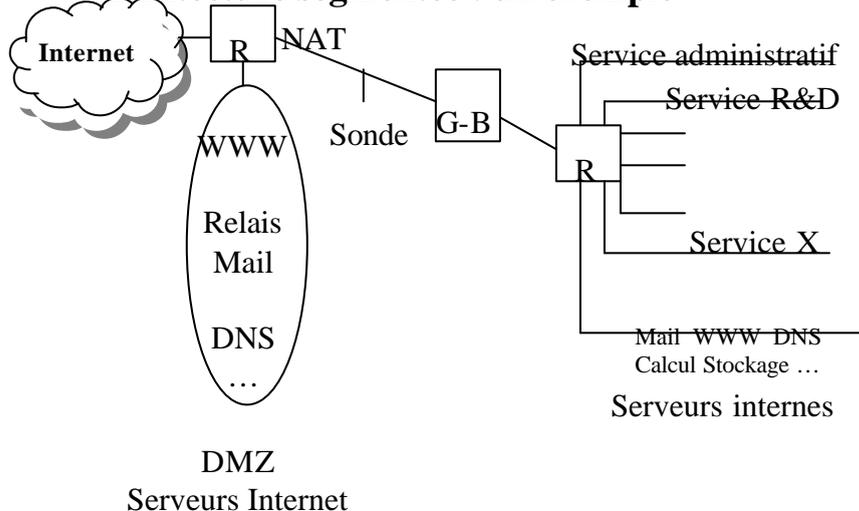
- **Outil de dépannage : tcpdump**
 - Analyseur sur station Unix
- **Outil de surveillance de liaison : MTR**
 - Utilise ping et traceroute
 - Détecte rapidement une anomalie sur une liaison (coupure, engorgement). Sort des statistiques.
- **Outil de surveillance de trafic : NTOP**
 - Sonde
 - Indique à quoi est utilisé le réseau : charge, stations les plus bavardes, qui dialogue avec qui, avec quels protocoles, ...
 - Sur une courte période
- **Outil de surveillance de services : Mon**
 - Services surveillés : messagerie, Web, FTP, SMTP, POP, IMAP, ...
 - Alerte (mail) quand indisponibles
- **Outil de métrologie : Cricket basé sur MRTG**
 - Interroge des routeurs, commutateurs en SNMP
 - Charge, trafic sur une longue période
- **Outil de métrologie orienté comptabilité : acct-cisco**
 - Comptabilité (et répartition de charge) sur un routeur CISCO

Eléments de sécurité

- **De protection contre les agressions externes en provenance de l'Internet (donc via le réseau)**
- **Garde-barrière**
 - **Equipement entre l'extérieur (hostile) et l'intérieur (de confiance) : routeur, équipement spécifique**
 - **3 ensembles principaux de contrôle**
 - Filtrage IP « de base » : cf cours sur les fonctions annexes des routeurs
 - Filtrage IP statefull : analyse des sessions applicatives
 - Relais applicatifs
 - Ex telnet : login sur garde-barrière puis login sur machine interne
 - Permet de concentrer les contrôles sur une machine
 - Difficile d'avoir des débits très élevés (Gigabits : non)
 - **Fiabilité : prévoir un équipement de secours**
 - **Entre réseau interne de l'entreprise et l'Internet**

Eléments de sécurité

- **Architecture segmentée : un exemple**



Eléments de sécurité

- **Un pb de cette architecture : travail à distance**
 - Comment consulter son courrier à distance ?
 - Comment accéder à l’Intranet à distance ?
 - Solutions : cf connexion depuis l’Internet
- **Un autre pb : portables**
 - Où les connecter en interne (peuvent transporter des virus ou vers) ?
- **Garde-barrière**
 - Ne pas se reposer uniquement sur sa protection
- **Sonde de détection d’intrusions**
 - Sonde avec bibliothèque de signatures d’attaques
- **Logiciel de simulation d’intrusions**
 - Test de vulnérabilités à travers le réseau
- **Rq : jamais de sécurité à 100 % (ne pas connecter ?)**

Accès à l’Internet (Web)

- **Station interne – LAN entreprise ↯ Internet**
- **Connexion directe (sans NAT)**
 - @ IP officielle station ↯ @ IP serveur Web
- **Connexion directe avec NAT**
 - @ IP privée station ↯ @ IP serveur Web
 - NAT
 - @ IP officielle ↯ @ IP serveur Web
- **Proxy-cache Web : serveur dans DMZ**
 - @ IP station ↯ @ IP proxy Web
 - @ IP proxy Web ↯ @ IP serveur Web
 - 2 sessions TCP (HTTP) : Station–Proxy et Proxy– Serveur Web
 - Cache, gain bande passante, filtrage, traces, anti-virus
- **Sécurisé : 3^{ème} méthode > 2^{nde} > 1^{ère}**
- **Accès à l’Internet : autorisation ou non aux salariés ?**

Accès depuis l'Internet

Serveurs Internet – Extranet de l'entreprise

- **Où les mettre ?**
 - **Dans la DMZ**
 - Zone Démilitarisée, semi-ouverte
 - **Chez un fournisseur d'accès ou hébergeur**
- **Stations dédiées**
- **Serveurs aux CNRS**
 - **Plutôt apache et Linux**
 - **Un peu IIS et Win-NT : bcq trop de pbs de sécurité**
- **Prévoir un mécanisme de MAJ**
- **Bien les sécuriser**

Accès depuis l'Internet

au réseau de l'entreprise

- **Comment travailler à distance ?**
 - **Consulter sa messagerie et émettre des messages**
 - **Accéder (interactif) aux stations internes**
 - **Transférer des fichiers**
 - **Accéder globalement à toutes les ressources de l'Intranet (réseau interne)**
De manière sécurisée (pas de mot de passe en clair sur le réseau)
- **Consulter sa boîte aux lettres**
 - **Accès interactif, POP, IMAP trop dangereux**
 - **SSL : POPS, IMAPS, Passerelle Web (HTTPS)**
 - Chiffrement uniquement
 - Chiffrement et authentification du client : certificat client
- **Emettre des messages**
 - **Relais « public » ou Sendmail-TLS**

Accès depuis l'Internet

au réseau de l'entreprise

- **Accès interactif et transfert de fichiers**
 - Sécurisation niveau application : SSH par exemple
 - Garde-barrière
- **Accéder à toutes les ressources internes**
 - VPN
 - PPT, L2TP, IPSec
- **Tous ces mécanismes demandent des compétences pointues pour ne pas créer des trous de sécurité**
- **Personnel très mobile : tout sur le portable ?**
 - Attention aux vols
 - Prévoir sauvegardes

Construire un réseau « solide »

Fiabilité, disponibilité, tolérance aux pannes, ...

- **Faire une architecture (physique et logique) simple**
 - IP est très souple : ne pas abuser des possibilités pointues
- **Faire des cahiers des charges (pour chaque évolution)**
 - Qu'est-ce qu'on veut comme fonctionnalités ?
 - Laisser répondre les intégrateurs
- **Choisir des équipements spécialisés**
 - Un PC avec Linux n'est pas un routeur
- **Ne pas hésiter à multiplier les machines dédiées /services**
 - Web – FTP – Mail - DNS - ...
- **Services réseaux**
 - Sous Unix ou sous NT ?
 - Selon compétences – habitudes – schéma directeur

Construire un réseau « solide »

- **Faire en fonction des moyens dont on dispose**
 - **Identifier ce qui est vital et non**
 - Cela va dépendre des applications
- **L'expérience est très utile**
 - **De chaque incident on tire une leçon**
 - **Il est difficile de travailler uniquement en théorie**
 - Ex de question : les équipements et les liaisons sont ils fiables ?
 - Comment le savoir sans expérience ?
 - Les routeurs par exemple sont jusqu'à présent très fiables
- **Faire appel aux entreprises du métier**
 - **Ne pas faire son câblage soi-même**
 - **Utiliser les services des opérateurs**
 - ...
 - **Mais comprendre et contrôler (le domaine évolue vite)**

Réseau « solide » : disponibilité

- **Des liaisons**
 - **Chaque contrat avec opérateur garantit :**
 - Délai d'intervention
 - Délai de rétablissement : 4 h par exemple
 - ...
 - **Etablir le même principe en interne**
 - Pb bien connu : « coup de pelleteuse »
- **Des équipements d'interconnexion (matériel)**
 - **Spare**
 - **Contrats de maintenance**
 - **Garantie : souvent à vie maintenant**
 - **Dans locaux réservés et protégés (accès, feu, climatisation ?, ...)**
- **Des serveurs**
 - **Classique informatique**
- **Ces aspects sont très important (pbs engendrés graves)**
 - **Les informaticiens peuvent avoir tendance à le sous-estimé**

Réseau « solide » : tolérance aux pannes

- **Pannes**
 - Rupture de liens
 - Arrêt d'équipements actifs et de services
- **Liaisons (niveau 1)**
 - Réseau maillé sur site
 - Câbles mais aussi tranchées
 - Bâtiment : deux accès différents ?
 - Liaisons externes LS
 - 2 LS différentes ? : rare
 - Opérateurs : assurent le maillage
 - Back up par réseaux commutés : souvent
 - Débits inférieurs : est-ce que les applications fonctionnent toujours ?
? ≠ Est-ce utile ?
 - 2 points d'arrivées des liaisons externes différents ?

Réseau « solide » : tolérance aux pannes

Niveau 2 : difficulté : Ethernet = bus (≠ étoile)

- **Pas de structure d'anneau ou de maillage : pas de maillage possible en extrémité**
 - (dans réseau capillaire : stations)
 - Sauf manipulation (changement de prise ...)
- **Au cœur : réseau maillé de commutateurs possible**
 - Algorithme de Spanning Tree
 - Mais construction d'un arbre
 - Un seul chemin utilisé à un moment
 - L'autre inutilisé : « gaspillage »

Réseau « solide » : tolérance aux pannes

Niveau 3 IP :

Routage dynamique sur réseau maillé de routeurs

- **Fonctionne très bien : permet de basculer d'un chemin à un autre sans intervention manuelle**
- **Pb (similaire à Eth) : à un instant une seule route vers une destination**
 - **On peut avoir 2 chemins différents pour une destination mais avec des poids différents**
 - Quand tout va bien : utilise le chemin avec le poids le plus fort
 - Bascule sur l'autre quand le premier chemin est coupé
 - Pas de répartition de charge / destination
 - **Mais on peut répartir plusieurs destinations entre des chemins différents**
 - Avec des poids différents permettant de basculer tout le trafic sur un chemin ou l'autre en cas de rupture d'un des chemins

Réseau « solide » : tolérance aux pannes

Services : serveurs secondaires

- **DNS : ce service doit être très fiable**
 - **Bien répartir les serveurs secondaires**
 - **Au moins un sur le même site**
 - Pas à côté du primaire (en cas de coupure de lien, ...)
 - **2 autres ailleurs**
- **Messagerie (relais) : serveurs secondaires**
 - **DNS : MX records / domaine avec poids différents**
 - **Mécanisme supplémentaire de file d'attente sur serveur émetteur**
 - Reste 4 j par défaut si serveur distant ne répond pas
 - Mais c'est moins que la durée des périodes de fermeture des entreprises
- **Serveurs Web de l'entreprise**
 - **Si service important : image de marque, source de revenue, outil de travail (B2B) avec fournisseur/client ...**
 - **Réplication de serveurs ... : solutions commerciales disponibles**

Réseau « solide » : sécurité

- **Problème sécurité souvent très coûteux**
 - Serveurs indisponibles, réseau bloqué, vols d'information, ...
 - Or attaques viennent maintenant du réseau
- **Outils imparfaits**
 - Disparates (un peu à tous les niveaux ...)
 - Ne colmatent qu'une partie des trous : toujours de nouveaux
- **IP et Internet : conçus sans souci de sécurité**
 - Principe d'un réseau global, égalitaire, sans frontière
 - Pas conçu pour modèle réaliste : réseaux internes (entreprises) et un réseau d'interconnexion
 - Pas de limitation de débit / station ou application
 - Transport en clair des informations (mot de passe donc)
 - Pas garantie émetteur dans messagerie électronique
 - ...
- **Actuellement la sécurité est une partie très importante du travail d'un administrateur de réseaux**

Réseau « solide » : qualité de service

- **Le réseau est vital pour toutes les activités**
 - On « demande plus » au réseau
 - Et à ses administrateurs
 - Pas uniquement de garantir la connectivité
 - Que le ping marche ne suffit plus
 - Mais que les applications fonctionnent correctement
- ✍ **Qualité de service**
 - Savoir réserver des bandes passantes (avec certaines qualités) à
 - Des utilisateurs (fonctionnellement à des sous-réseaux IP)
 - Des applications (fonctionnellement à des numéros de ports)
 - Mécanismes
 - Cf chapitres : files d'attente routeurs et QoS

La conception de réseaux

- **Assemblage de briques un peu disparates**
- **Mais l'architecte doit avoir une vision globale**
 - Câbles \neq applications
 - Connaissances dans des domaines très divers
- **Le réseau demande un budget conséquent**
 - Difficile à faire accepter à la direction
 - Arguments trop techniques
- **Métier difficile**
 - **A risques**
 - Si le réseau ne marche pas \neq catastrophe pour l'entreprise
 - **Forte évolution des technologies**
 - Remise à niveau continu des connaissances
 - **Sens relationnel obligatoire**
 - Psychonnet parfois
- **Mais intéressant ...**

Etudes de cas : plan

- **Réseau de petit laboratoire éclaté : UREC**
 - Réseau d'une PME sur 2 sites
- **Réseau de campus**
 - Réseau d'un gros site d'une entreprise
- **Réseau Renater (national)**
 - Réseau opérateur télécom
 - Réseau grande entreprise multi-sites

Réseau UREC : stations Paris-Grenoble

- **Paris**
 - 7 personnes
 - 5 bureaux, salle machines (climatisée)
- **Grenoble**
 - 4 personnes + stagiaires
 - 6 bureaux, salle machines (climatisée), local technique
- **Choix OS**
 - Stations personnelles : bureautique ↗ Windows
 - Serveur fichiers interne et sauvegarde ↗ Windows
 - Serveurs Internet (DNS, Mail, Web, ...) ↗ Linux
 - Développement, tests ↗ Cela dépend

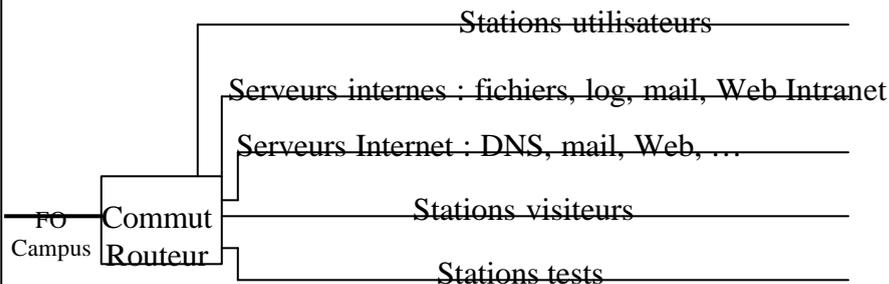
Réseaux UREC : câblage

- **Câblages effectués par 2 sociétés spécialisées**
 - Cahier de recette : plans, repérage des prises, résultats tests
- **TP catégorie 5 : 100 Mbps OK**
 - Post-câblage à Grenoble
 - Pré-câblage à Paris (nouveaux bureaux)
 - Lors du déménagement Paris : abandon de la FO
 - 3 prises par personne : 2 informatiques, 1 téléphone
- **Cœur étoiles**
 - Local technique à Grenoble, salle machine à Paris
 - Armoires de brassage
- **Chemins de câble**
 - Goulottes dans les bureaux et faux plafonds ailleurs
- **Evolution à court terme**
 - Bornes sans fil : portables, visiteurs

Réseaux UREC

- **Equipements actifs**
 - Paris et Grenoble : un commutateur routeur
 - 2 ports FO Gbps Ethernet
 - 48 ports TP 10-100 Mbps Ethernet
 - Contrat de maintenance
 - Avant : routeurs, commutateurs Ethernet et ATM, Hub Ethernet, Stations Eth et/ou ATM
 - Connexion extérieure : prise Giga Eth réseau de campus
- **Plan d'adressage**
 - 1 numéro de classe C officiel à Paris
 - 1 numéro de classe C officiel à Grenoble
 - Sous-réseaux sur les sites : utilisation des VLAN

Réseaux UREC sur 2 sites : VLAN



- Autre possibilité : faire des VLAN étendus sur 2 sites
 - Pas vraiment de besoin (serveurs mail ... dupliqués)
 - Trop de dépendance d'un site / l'autre (pb si coupure Renater par exemple)

Réseau UREC : noms machines (Rappel : déjà expliqué avant)

- **Domaine urec.cnrs.fr**
 - Ss-domaine grenoble.urec.cnrs.fr : toutes machines de Grenoble
 - Ss-domaine paris.urec.cnrs.fr : toutes les machines de Paris
- **Alias**
 - www.urec.fr ≅ elea.paris.urec.cnrs.fr
 - mail.urec.cnrs.fr ≅ thinos.paris.urec.cnrs.fr
 - ...
 - services.cnrs.fr ≅ kaki.grenoble.urec.cnrs.fr
- **Serveur DNS serveur Paris**
 - Primaire urec.cnrs.fr et paris.urec.cnrs.fr
 - Secondaire grenoble.urec.cnrs.fr
- **Serveur DNS Grenoble**
 - Primaire grenoble.urec.cnrs.fr
 - Secondaire paris.urec.cnrs.fr et urec.cnrs.fr
- **Serveurs DNS secondaires : Jussieu, Grenoble, ...**

UREC : messagerie

- **Objectifs architecture**
 - Adresses standards : Prénom.Nom@urec.cnrs.fr
 - Utiliser 2 serveurs (back up) : Paris et Grenoble
- **MX urec.cnrs.fr ≅ Serveurs :**
 - Mail.paris.urec.cnrs.fr (prioritaire)
 - Mail.grenoble.urec.cnrs.fr
- **Alias par personne :**
 - Jean-Luc.Archimbaud@urec.cnrs.fr ≅ Jean-Luc.Archimbaud@grenoble.urec.cnrs.fr
- **Service accès aux boîtes aux lettres :**
 - IMAP en local
 - IMAPS avec certificats électroniques à distance

UREC : autres services (pour l'UREC)

- **Web Intranet :**
 - Contrôle d'accès par certificat
- **Annuaire LDAP : interne**
- **Service listes de diffusion : SYMPA**
- **Multicast : routeurs configurés pour le recevoir**
- **NAT : pas utilisé**
- **Videoconf (actuellement téléconférence)**
 - Etude pour l'achat d'un matériel H323 dédié (écran ...)
- **Administration**
 - Un administrateur à Paris, un à Grenoble
 - Utilisation de BigBrother

UREC : sécurité

- **Basée sur la segmentation et le filtrage**
- **Connexion vers l'extérieur**
 - Tout est possible pour toutes les stations du personnel
 - Pour les autres (serveurs, machines tests, ...) : limitée au maximum
- **Connexion depuis l'extérieur**
 - Vers certains serveurs locaux, depuis certains réseaux
- **Filtres IP : aucun accès possible :**
 - Extérieur $\not\leftrightarrow$ machines tests, serveurs internes
 - Extérieur $\not\leftrightarrow$ machines utilisateurs
 - Machines tests $\not\leftrightarrow$ machines utilisateurs
 - ...
- **Filtres IP : accès restreints :**
 - Extérieur $\not\leftrightarrow$ serveur Web : uniquement Web
 - ...

UREC : sécurisation accès distants

- **Actuellement : n applications**
 - **Telnet, FTP, IMAP, HTTP vers Intranet**
 - **Sécurisation**
 - Filtrage : uniquement depuis certaines stations
 - Mot de passe \approx SSL des applications (telnets, ftps, imps, https) avec utilisation des certificats électroniques
- **A l'étude : IPSec avec certificats électroniques**
 - **Station distante considérée comme station locale**
 - **Problèmes :**
 - Paramétrage de IPSec (fragmentation UDP)
 - Plus de débit nécessaire sur la liaison
 - Montages en tous sens demande bande passante
 - **LA STATION NOMADE DOIT ETRE DE CONFIANCE**
 - Pas d'autres connexions à l'Internet possible depuis cette station

Réseau de campus

- **CNRS Meudon : 10 bâtiments**
- **Câblage :**
 - **Interconnexion FO**
 - **Intérieur des bâtiments TP Cat5**
- **Niveau 2-3**
 - **Cœur de réseau : commutateur 100 et GigaEth**
 - **A l'entrée de chaque bâtiment : routeur**
 - **A l'intérieur des bâtiments : commutateurs – hubs**
 - **Sortie vers Renater : routeur**
- **Adressage IP**
 - **3 classes C**

Réseau de campus : services

- **Messagerie**
- **Serveur Web**
 - Internet
 - Intranet : contrôle d'accès par numéro IP
- **Sécurité**
 - Filtres sur les routeurs
 - Contrôle d'accès et traces sur les serveurs (tcp-wrapper)
- **Equipe**
 - 2 ingénieurs
 - Groupe des correspondants de laboratoire

RENATER : services

- **REseau National de la Technologie, de l'Enseignement et de la Recherche**
 - GIP : Min Ens Sup, CNRS, INRIA, CEA, ...
- **Service interconnexion IP**
 - Réseaux région
 - Réseaux métropolitains (MAN)
 - Gros sites
 - Autres opérateurs français : GIX : SPHINX
 - Connexion internationale
- **Autres services**
 - IPv6
 - Multicast
 - VPN
 - CERT

RENATER : architecture

- **Opérateurs**
 - N opérateurs pour les liaisons (FO)
 - Principaux : TD et FT
 - Un opérateur pour l'administration des équipements actifs (routeurs) : CS
- **Architecture**
 - ATM (VC avec IP) \simeq IP sur SDH
 - VPN : VC ATM \simeq IPSec
- **NRDs : Nœuds de raccordement**
 - Locaux techniques avec routeurs
 - Dans sites en région

LE RESEAU RENATER-3

