Interconnexion et conception de réseaux

Cours de 24 h pour 3ième année
Ecole d'ingénieurs réseaux
2002

Jean-Luc Archimbaud CNRS/UREC

Interconnexion et conception de réseaux

- **Réseau :**
  - **Qu'est-ce ?**
  - **Plusieurs réseaux interconnectés ✍ 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 ✍ 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**
- **Eléments 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 »**
- **Etudes 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)
    - Emetteurs 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 ✍ plusieurs flux**
  - **Ex : câble télévision**
- **Bons débits (Gbits/s) et distances, bonne immunité**
- **Problème : cher**
  - **Equipements - encombrement (Ø = 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

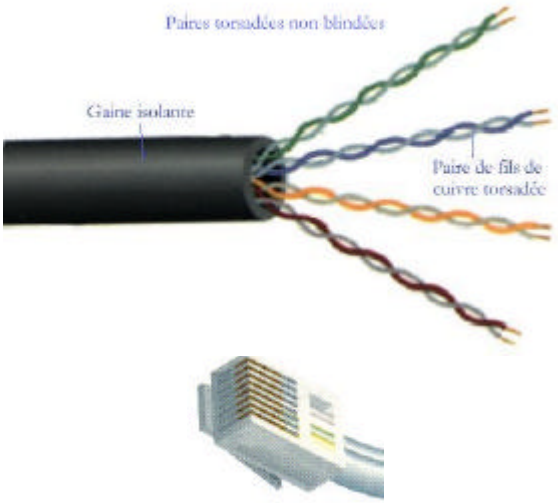
LAN : Liens physiques : TP

- **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**

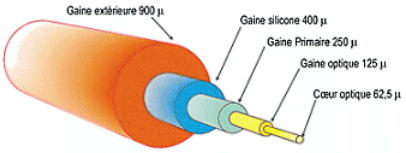
LAN : Liens physiques : FO

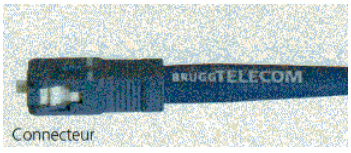
- **Budget optique :**
  - **Emetteur-récepteur : quelle « atténuation optique » maximale possible peut-on avoir ?**
    - Ex 12 dB
  - **Affaiblissements dans chaque liaison**
    - Distance : lg de fibre : 3.5 dB/km pour FO 62.5 - 850 nm
    - Connectique : épissure : 0.2 dB, connecteur : 2 dB, …
    - Détérioration des éléments
  - **Affaiblissement total de la liaison < budget optique**
- **Multiplexage optique**
  - **Multiples longueurs d'ondes sur une même fibre**
  - **Protocole DWDM (Dense Wavelengh Division Multiplexing)**
  - **Mutiplexeurs, 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 : rocades ou colonnes**
  - **Entre SR et prises stations : câblage horizontal**
  - **Structure étoilée**
- **Câbles - connecteurs – cordons - jarretières – baies de brassage**

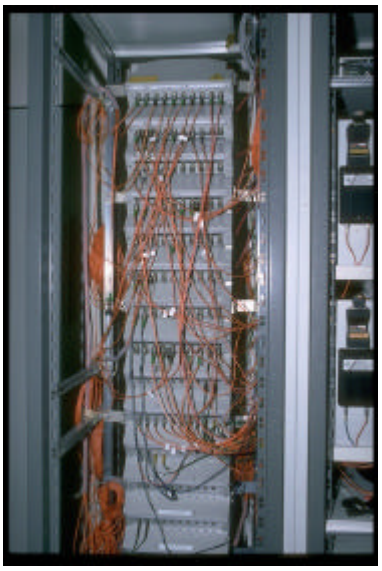
LAN : câblage de bâtiment (TP)

- **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

–

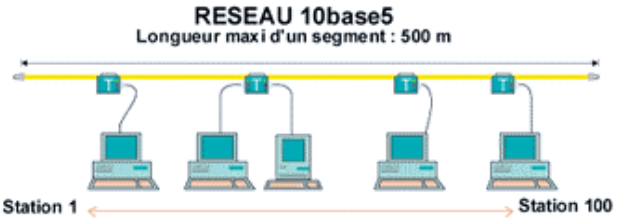


LAN : tous les Ethernets

- **Protocoles pour LAN (au départ)**
  - **Gigabit Eth : protocole différent (sauf trame) ✍ 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**

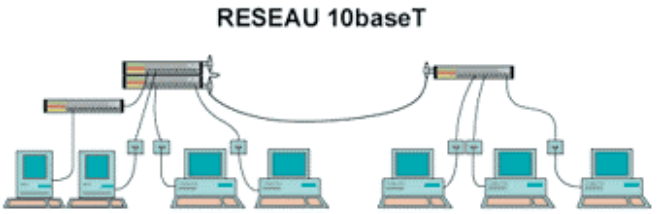


LAN : Ethernet 10 M - 10Base5

- **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 µs ✍ 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 ✍ 10BaseT**

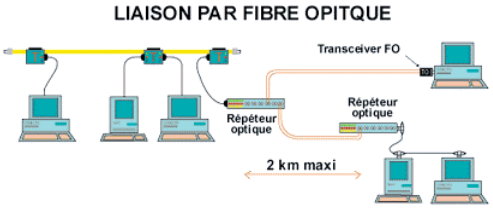
LAN : Ethernet 10 M - 10BaseT

- CSMA-CD, 10 Mbits/s, RTD < 51.2 µs
- 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
  - ✍ 10BaseF
- CSMA-CD, 10 Mbps, RTD < 51.2 µs
- 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 a 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

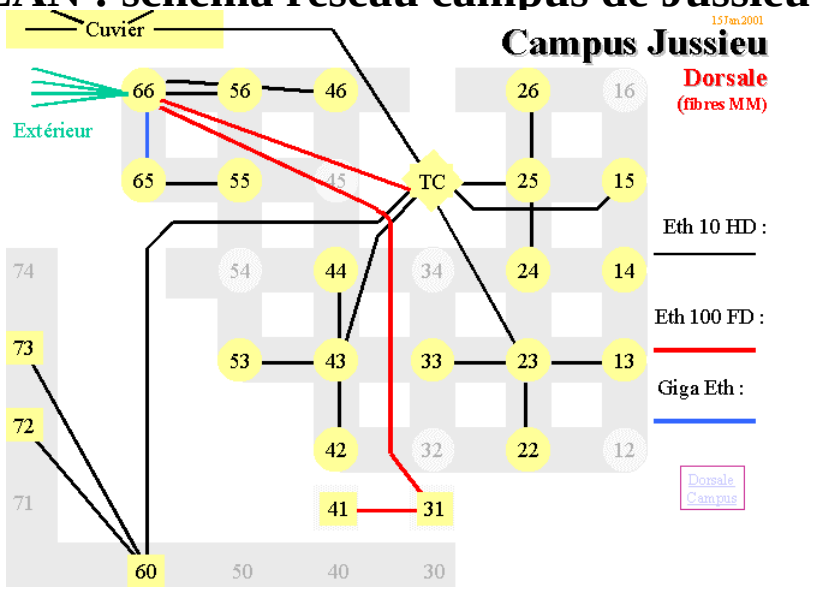
LAN : Ethernets

- **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

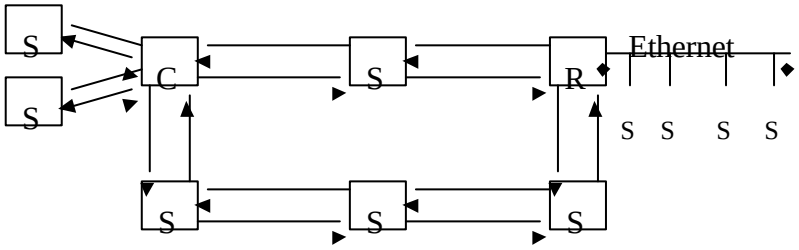
- **100 BaseFX**
  - **100 Mbits/s – 2 FO**
  - **412 m (HD) ou 2 km (FD) multimode 62.5**
  - **20 km monomode**
- **1000BaseSX (IEEE802.3z)**
  - **Sur 2 FO avec longueurs d'onde 850 nm**
  - **Lg max : multimode 50 550 m – 62.5 220 m**
- **1000BaseLX (IEEE802.3z)**
  - **Sur 2 FO avec longueurs d'onde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

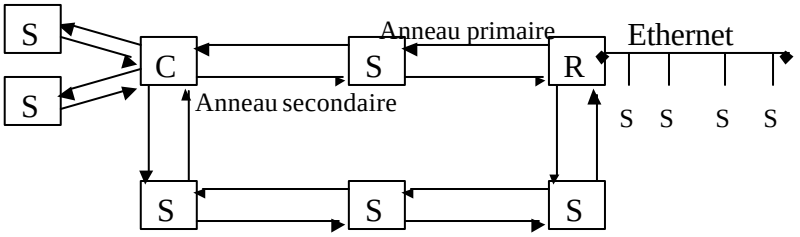
- **Accès au support par jeton (3 octets)**
- **Un jeton circule sur l'anneau**
- **Une station qui veut émettre**
  - **Capture le jeton**
  - **Envoie les trames de données**
  - **Libère le jeton**
  - **Retire ses trames au passage suivant**
- **Une station réceptrice**
  - **Lit les trames qui lui 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**

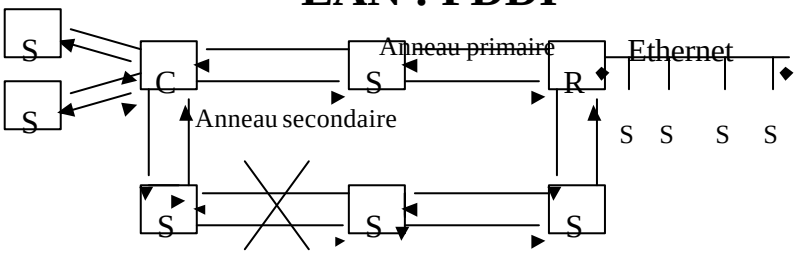
LAN : FDDI

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

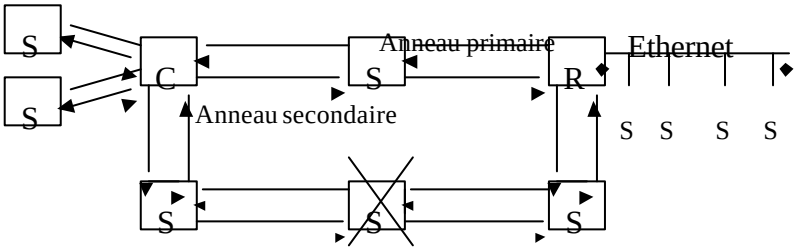


Fonctionnement normal →

LAN : FDDI

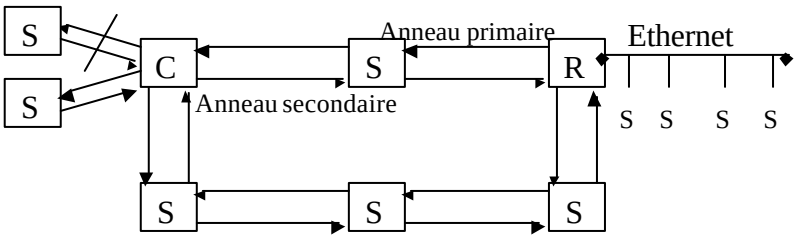


Coupure de lien



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 example de réseau anneau à jeton

Rappels : caractéristiques IPv4

- **Protocole réseau : couche 3**
- **Mode non connecté**
- **Eléments 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 ✍ 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'echo**
  - **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 ?

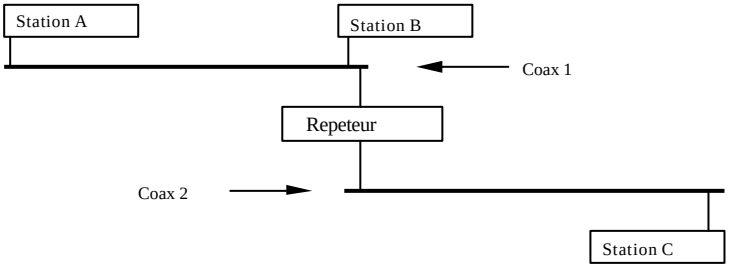
- **Restreindre le périmètre de la connectivité désirée**
  - **Extérieur ✍ Intérieur : protection contre attaques (sécurité)**
  - **Intérieur ✍ Extérieur : droits de connexion limités**
- **Segmenter le réseau :**
  - **Un sous-réseau / groupe d'utilisateurs : entreprises, directions, services, …)**
  - **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)**
  - **Boite 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 ✍ 1000 m

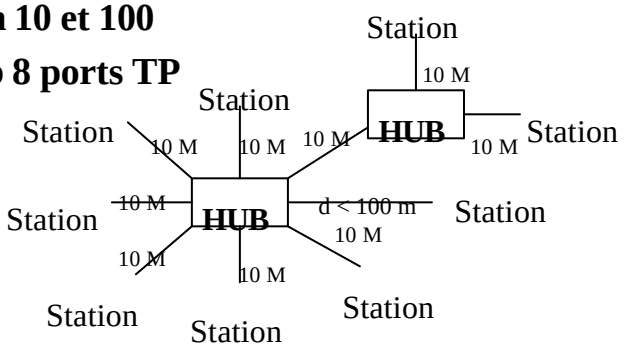


Eléments d'interconnexion : répéteur

- **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**

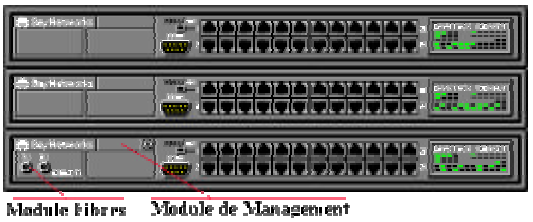


Eléments d'interconnexion : hub

- **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

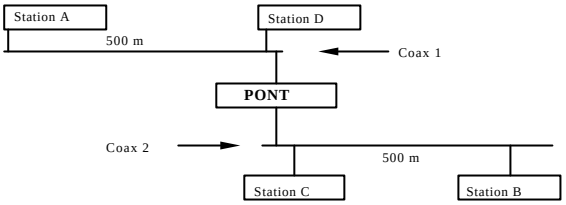
Eléments d'interconnexion :hub

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



Elts d'interconnexion : pont (Ethernet)

- **Aussi appelé répéteur filtrant ou "bridge"**



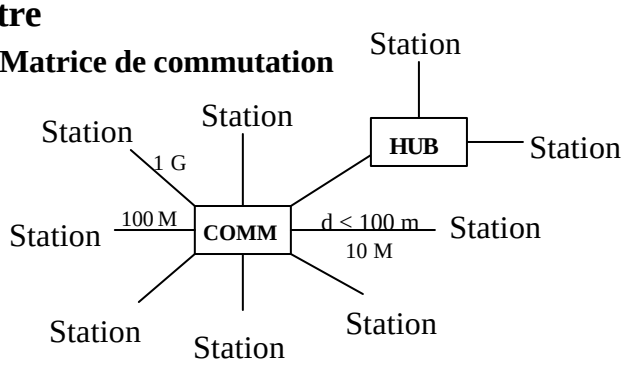
- **Niveau de la couche 2**
  - **Traitement : valeur @ MAC destinataire ✍ transmet ou non : trafic A-D ne va pas sur coax 2**
  - **Localisation des @ MAC des stations par écoute (auto-learning) ou fixée**
  - **Ignoré des stations (transparent)**

Elts 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 boitier**
  - **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**

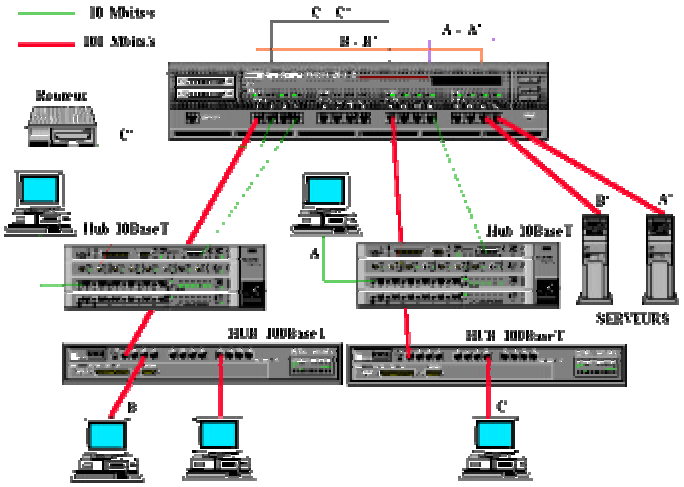
Elts d'interconnexion : commutateur

- **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

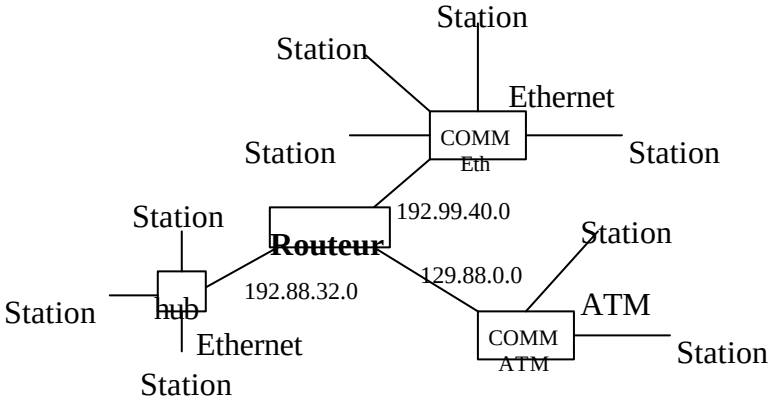
- **Limitations d'un réseau de commutateurs**
  - **Théoriquement pas de distance maximum**
  - **Broadcast et multicast diffusés partout**
  - **1 seul réseau IP possible**
- **Très répandu :**
  - **Local : workgroup switch**
  - **Campus : complété par le routeur (plus « lent » et plus cher)**
  -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

Elts interconnexion : commutateur et hubs



Elts 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 boitier**
  - **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)

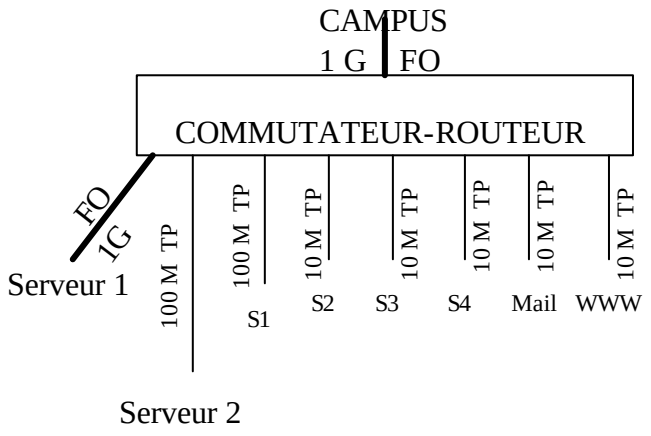
- **Logiciel – performances**
  - **Système d'exploitation**
    - IOS CISCO
  - **Configuration : avec telnet ou navigateur**
  - **Surveillance : SNMP**
  - **Performances :**
    - Nb de paquets routés/s
    - Routage : ASIC
  - **Un PC Linux avec 2 cartes Ethernet peut faire fonction de routeur**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

Elts interconnexion : Commutateur-routeur (IP)

- **Multilayers switch**
- **Réunion des fonctions commutateur et routeur dans une seule « boite »**
- **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**

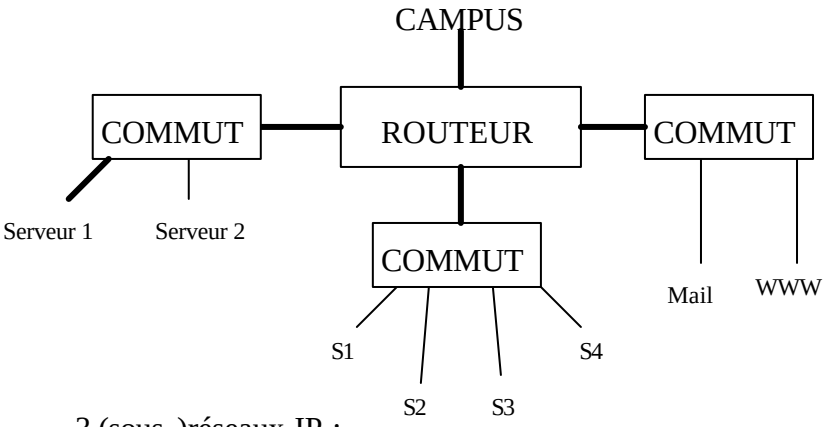
Elts interconnexion : commut-routeur

- **Exemple de réseau de laboratoire**



Elts interconnexion : commut-routeur

- **Peut-être équivalent à :**



3 (sous-)réseaux IP :
Serveur 1, Serveur2 – S1, S2, S3, S4 – Mail, WWW

Elts interconnexion : action /trame

Trame Ethernet contenant un datagramme TCP

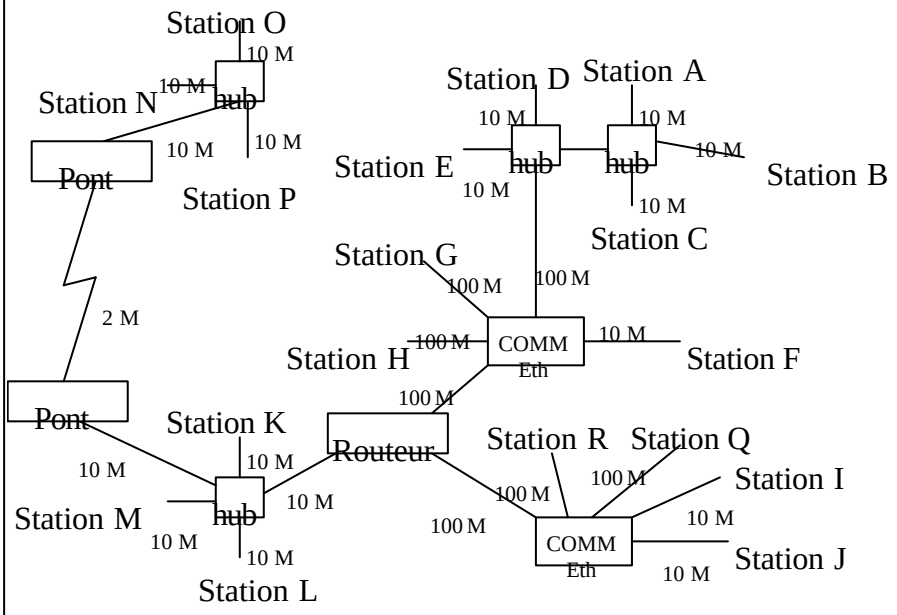
- **Entête Ethernet**
  - **@ Ethernet destination ✍ Pont - Commutateur**
  - **…**
- **Entête IP**
  - **…**
  - **@ IP destination ✍ Routeur**
  - **…**
- **Entête TCP**
  - **…**
  - **Numéro de port destination ✍ Station (choix du service)**
  - **…**
- **Données ✍ Application**

Elts 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 ✍ C. Arrive-t-elle à B ? E ? F ?**
- **Trame Eth P ✍ O. Arrive-t-elle à N ? M ?**
- **Trame Eth R ✍ Q. Arrive-t-elle à I ? J ?**
- **Trame Eth A ✍ L. Arrive-t-elle à K ?**
- **A -> Broadcast Eth. Arrive-t-il à B ? D ? G ? R ?**
- **L ✍ Broadcast Eth. Arrive-t-il à K ? O ? D ?**
- **Collision possible entre les 2 trames :**
  - **A ✍ B et D ✍ E ? O ✍ N et M ✍ L ?**
  - **G ✍ H et E ✍ F ?**
- **B a un coupleur défectueux (envoie des trames sans écoute ✍ 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

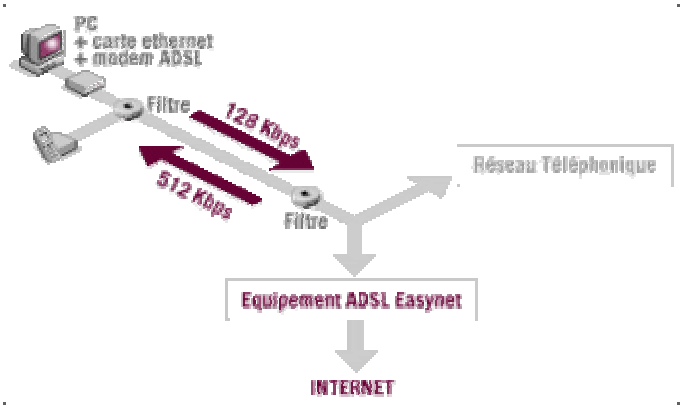
- **ISDN (surtout Europe et Japon)**
- **Réseau national de FT : Numéris**
- **Accès de base (particulier-agence) : 144 Kb/s**
  - **2 canaux B à 64 Kb/s : téléphone + Internet par exemple**
  - **1 canal D à 14 Kb/s : signalisation**
  - **Utilisation liaison téléphonique classique**
  - **25,5 E / 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 DEModulateur**
  - **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 sur-dimensionner :**
  - **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

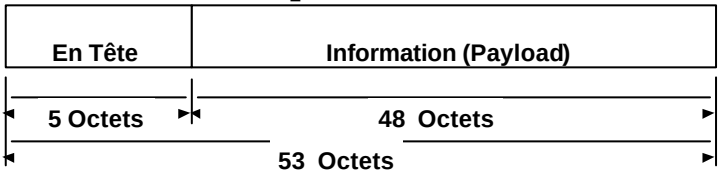
- **CBR – Constant Bit Rate**
  - **Pour supporter les flux à débit constant de données**
  - **Exemple d'application : téléphone**
  - **Services réseau : bande passante réservée, temps de latence fixe**
- **VBR – Variable Bit Rate**
  - **Pour supporter les applications à débit variable mais qui demandent 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

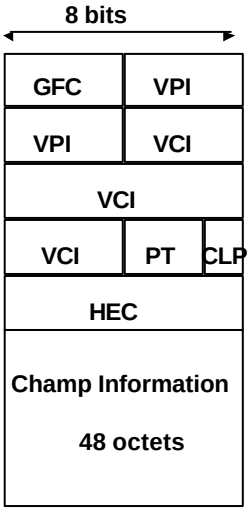
- **Problème : quand demande-t-on une (des) qualité(s) de service au réseau ?**
- **Statiquement : à l'abonnement**
  - **(Ou lors de la conception du réseau)**
- **A chaque session : mode connecté**
  - **Ouverture d'une connexion de bout en bout**
    - En indiquant ce dont on a besoin
  - **Transfert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



GFC Generic Flow Control

VPI Virtual Path Identifier (8 bits : 256)
VCI Virtual Channel Identifier
(16 bits : 64000 possibilités)

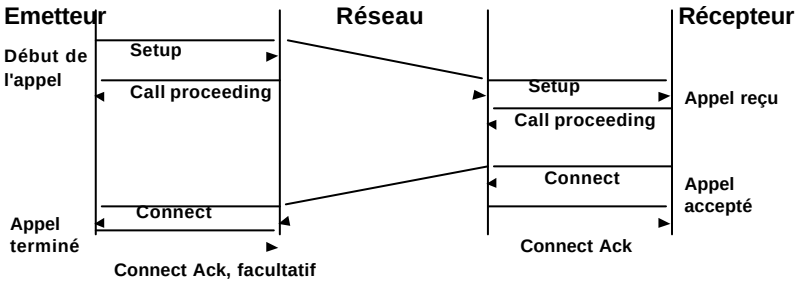
PT Payload Type
Message d'administration ou d'information
Etat de congestion
(MAJ par commutateur)

CLP Cell Loss Priority
"priorité" à la destruction si 1

HEC Header Error Check
sur l'en-tête de la cellule

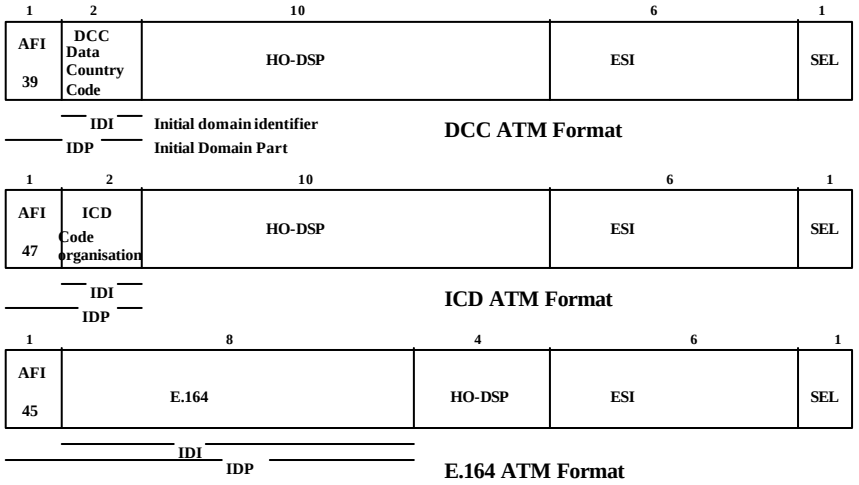
ATM 1-2 : UNI (standard)

- **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



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

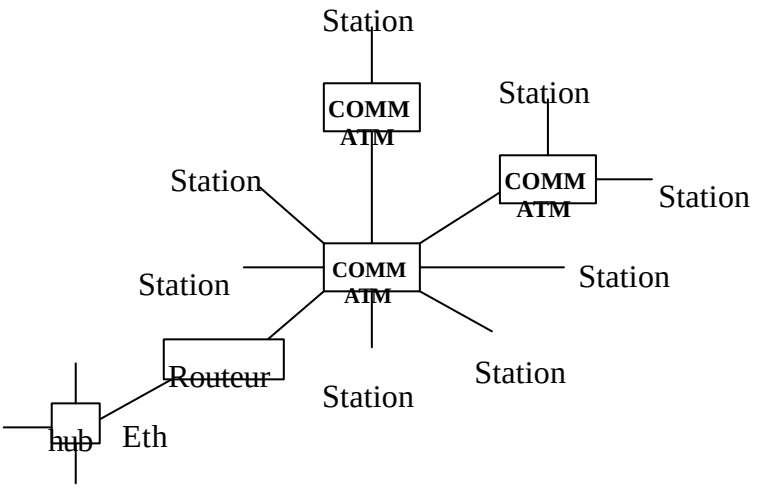
- **Point à point**
- **Liaisons spécialisées câble cuivre (longues distances)**
  - **E1 (2 Mbits/s), E2 (34 Mbits/s)**
  - **T1 (1.5 Mbits/s), T3 (45 Mbits/s)**
  - **….**
- **Liaisons FO**
  - **FO multimode 155 Mbits/s (OC 3)**
  - **FO multimode ou monomode 622 Mbits/s (OC12)**
  - **….**
- **Liaisons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

ATM : commutateurs ATM

- **Eléments 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

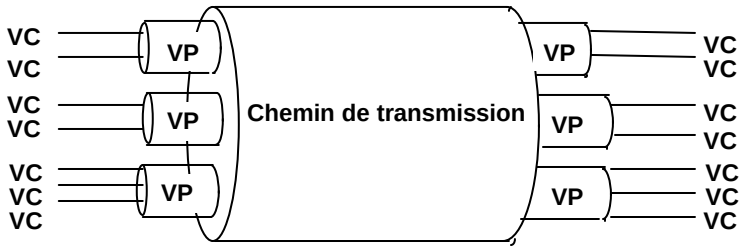
ATM : commutateurs ATM

- **Structure d'un réseau ATM**



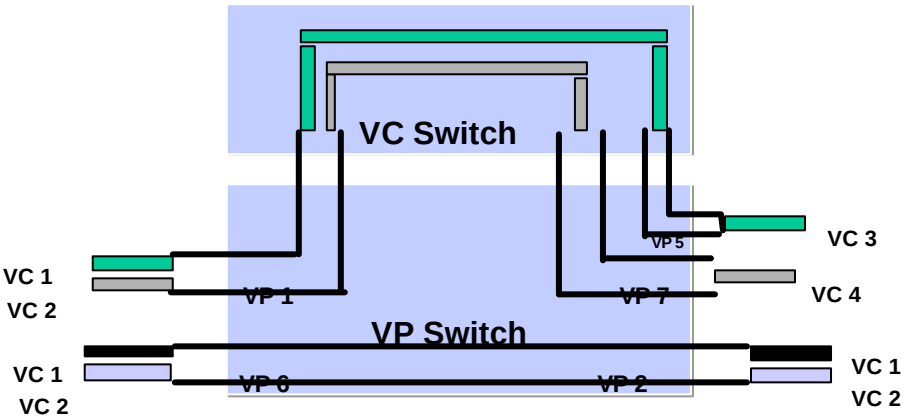
ATM : commutateurs

- **VP et VC**

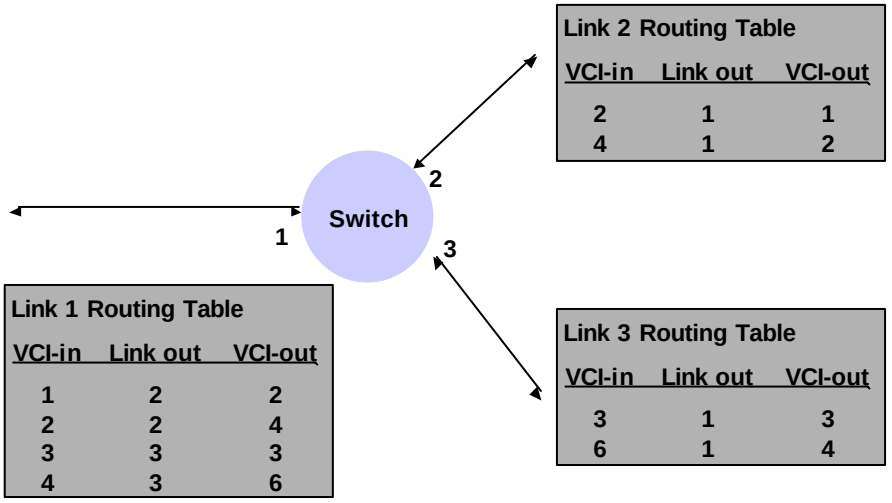


ATM : commutateurs

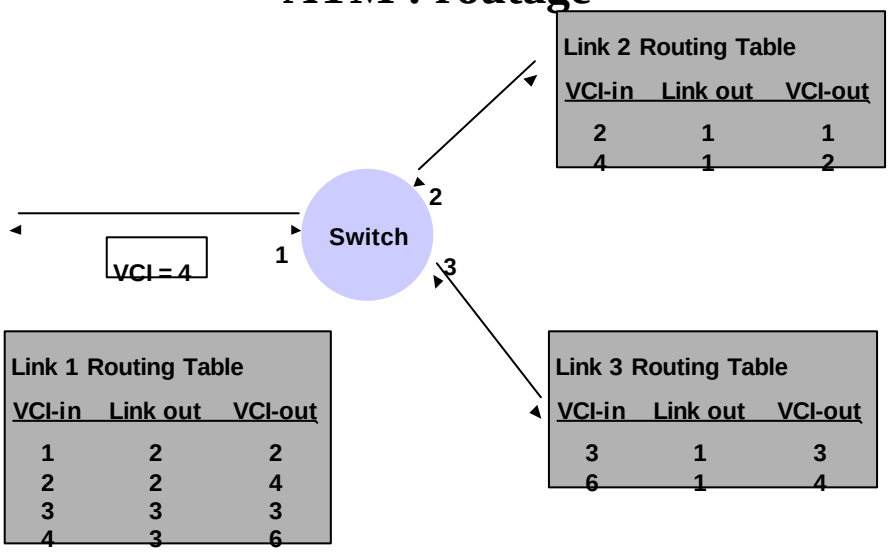
- **Commutateur de VP et de VC**



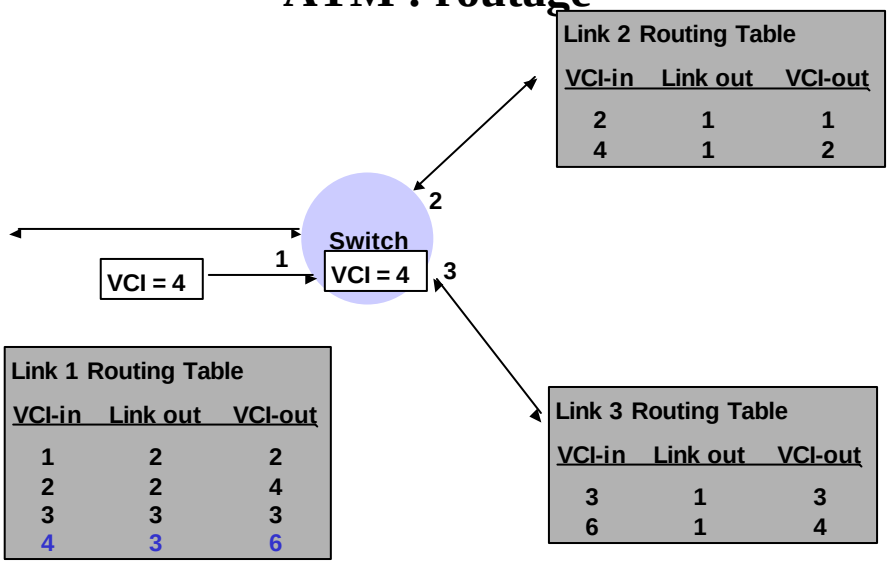
ATM : routage



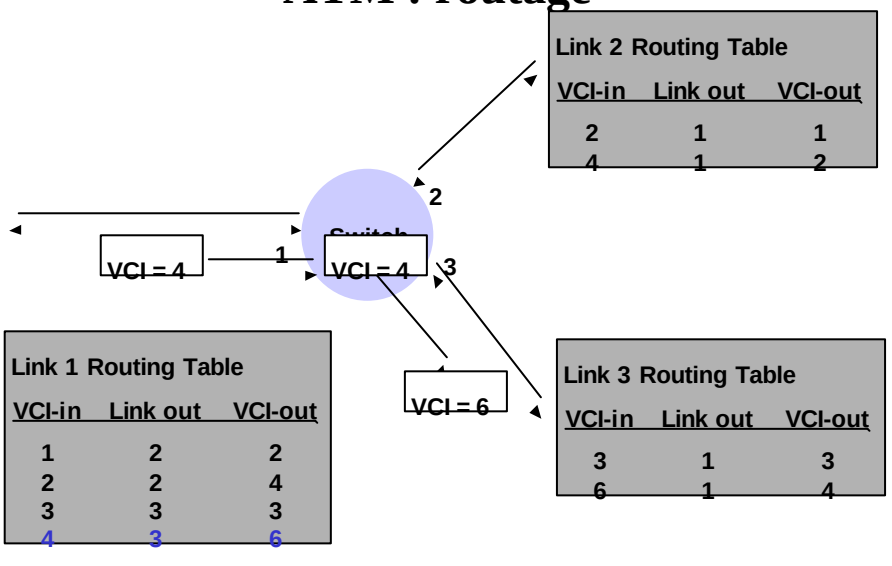
ATM : routage



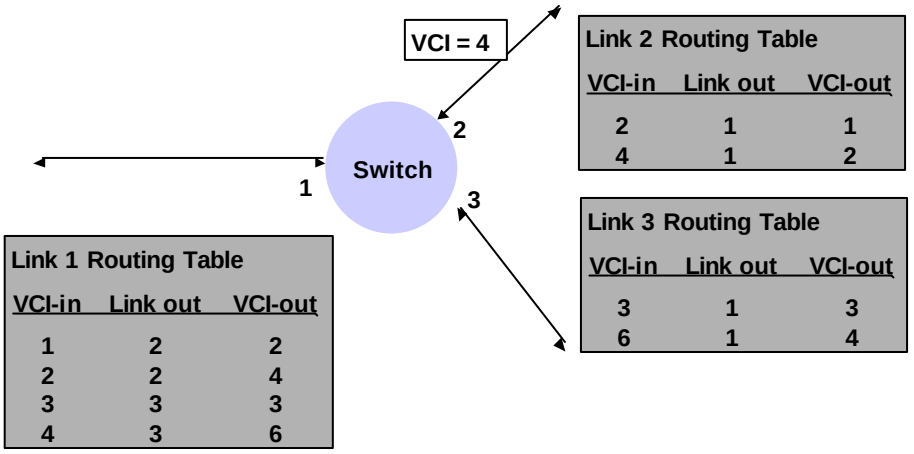
ATM : routage



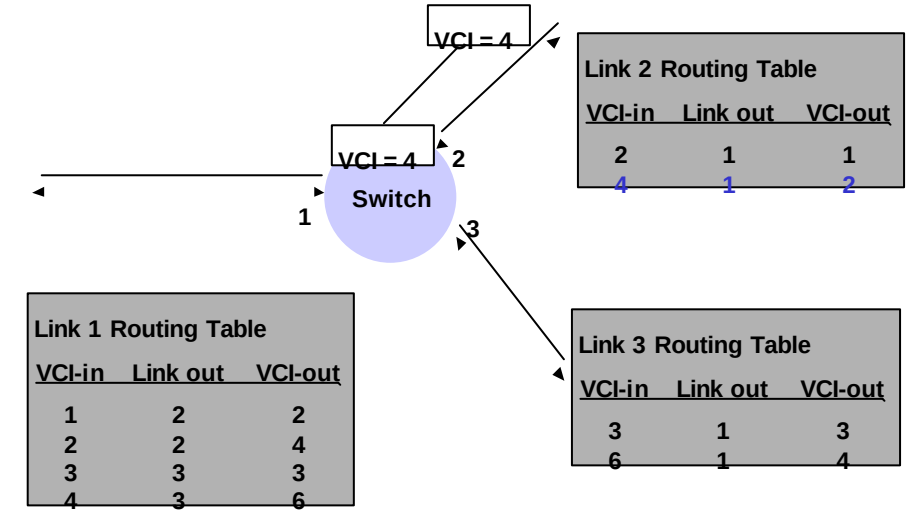
ATM : routage



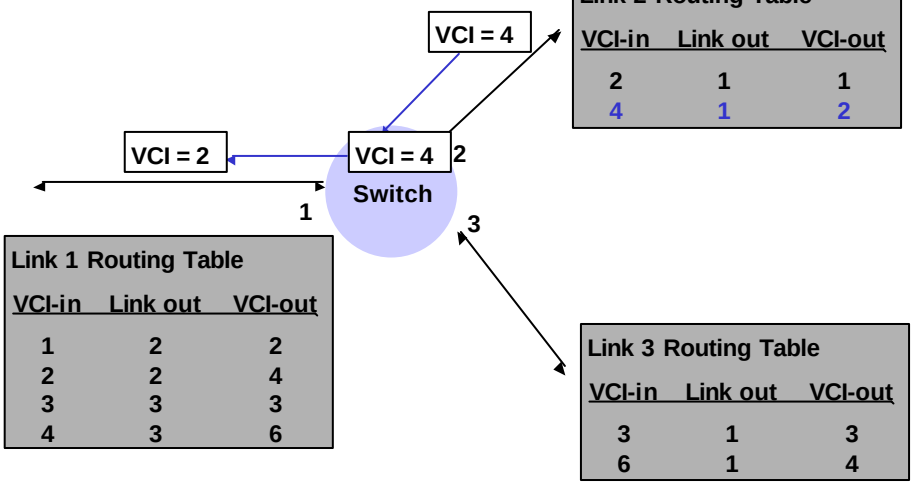
ATM : routage



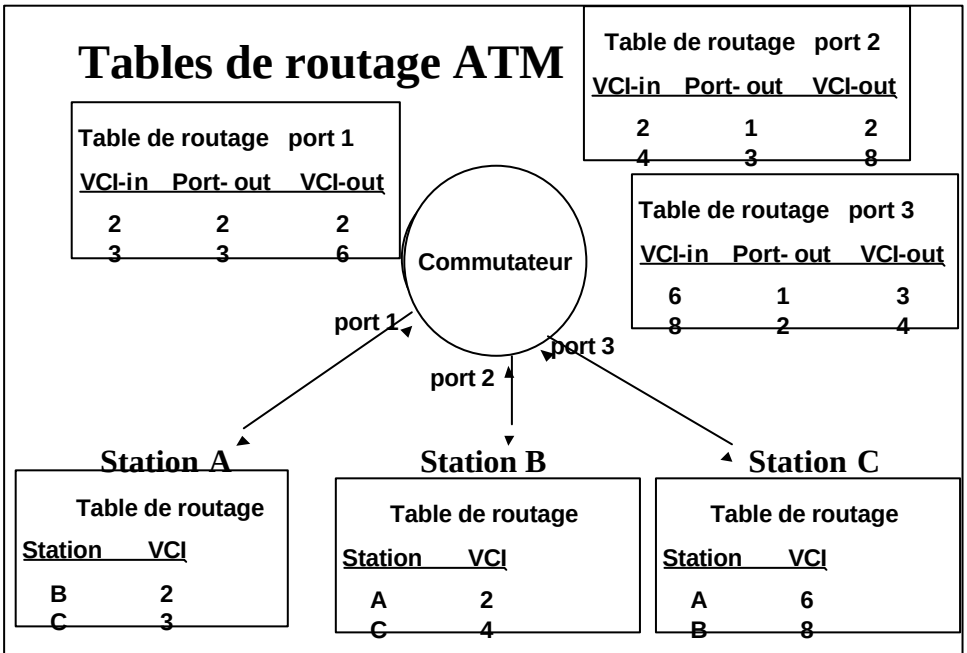
ATM : routage



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**

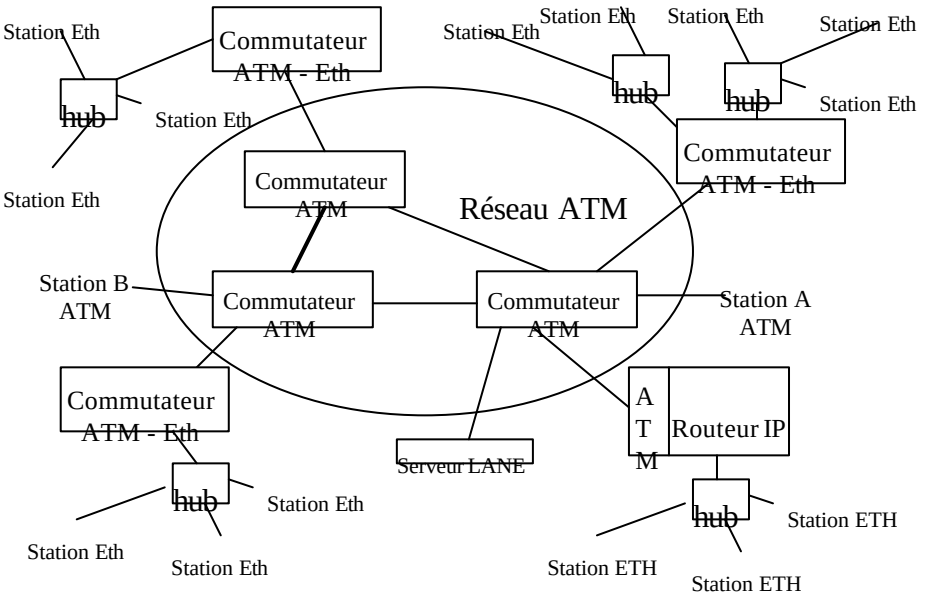
Architecture ATM : Liaison spécialisée

- **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 ✍✍ 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

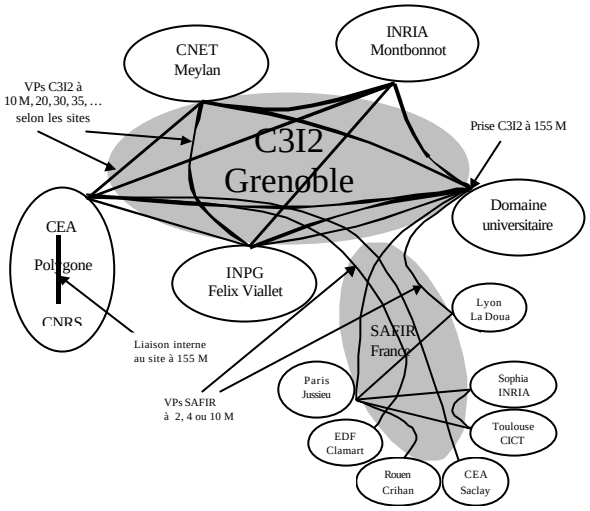
Broadcast Eth ✍ Réseau mode connecté ATM

- **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**

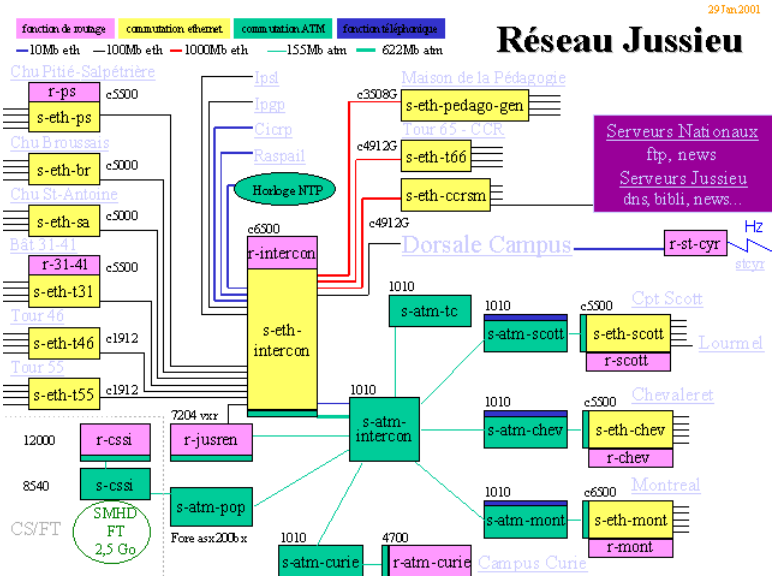
ATM : bilan

- **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**

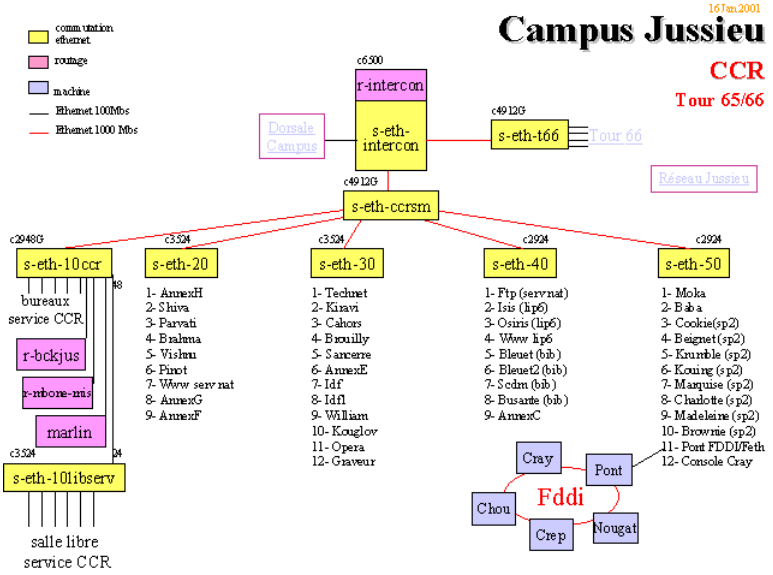
ATM exemple : réseau MAN (C3I2)



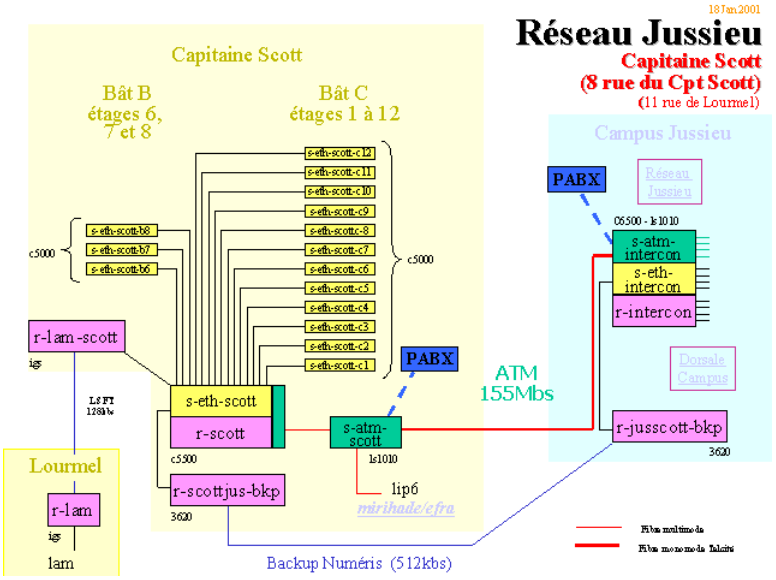
Ex d'architecture : dorsale Jussieu



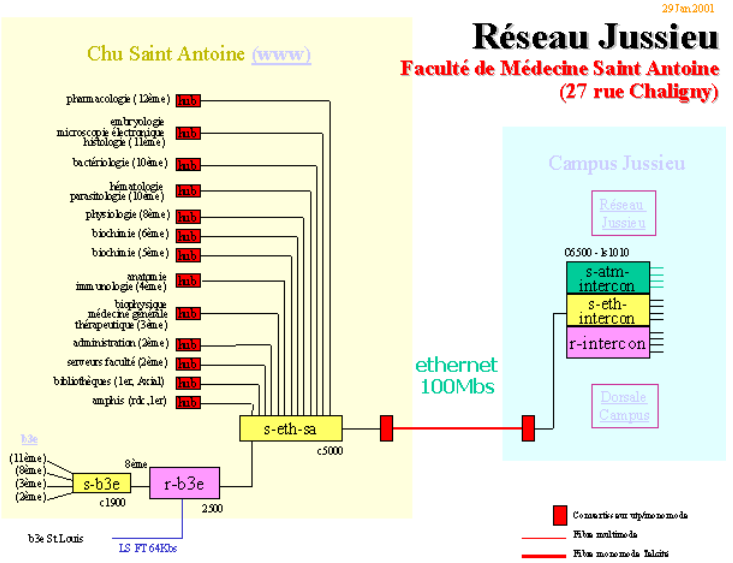
Ex d'architecture : tour



Ex d'archi : interco 2 bâtiments distants



Ex d'archi : interco 2 bâtiments distants



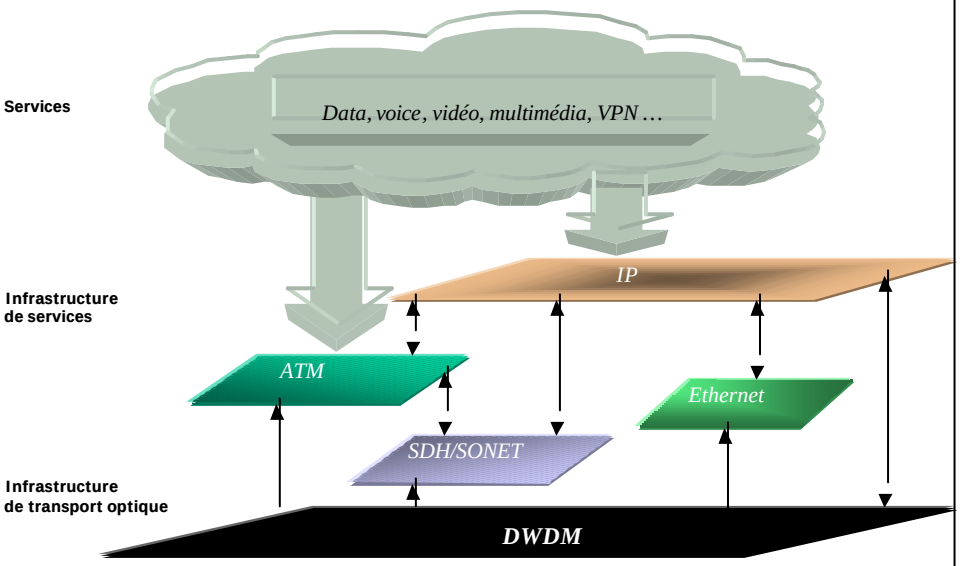
Ex d'archi : RAP : MAN

- 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

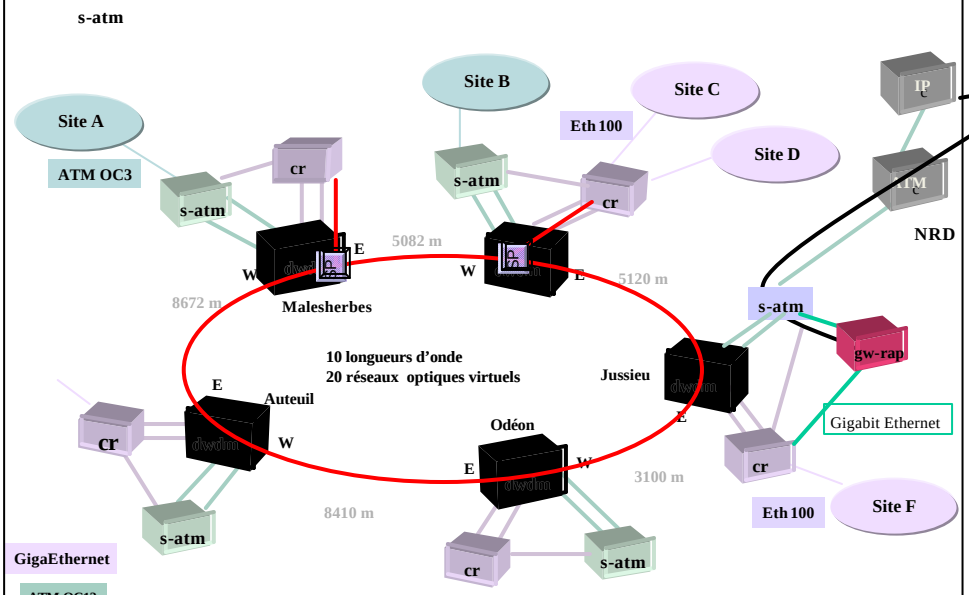
Ex d'archi : RAP : câbles

- **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

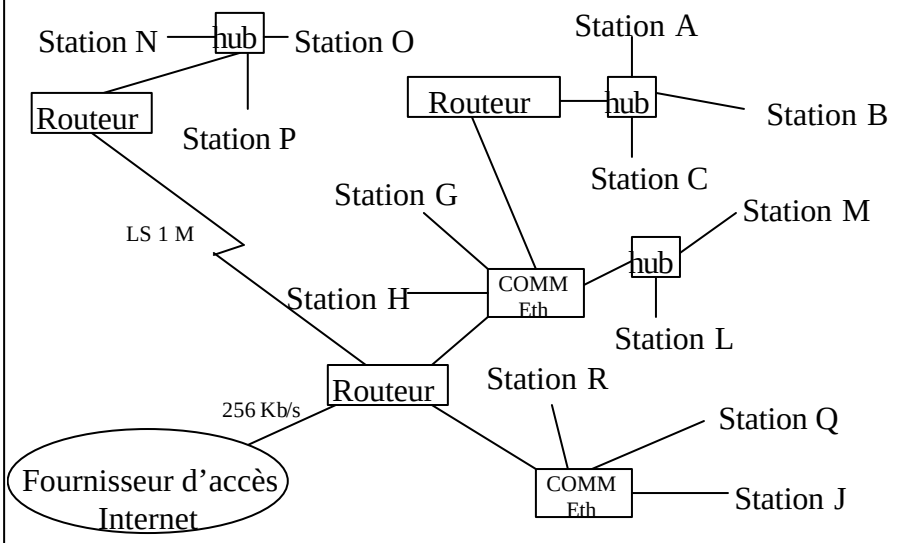


Architecture logique IP : plan

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



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**
- **Elément qui sépare 2 (ou +) réseaux ou sous-réseaux IP : routeur (ou commut-routeur)**

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**
    - 31x 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 ✍ Réseau 129.88/16**
  - **Réseau 192.33.181.0 ✍ 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 : ✍ 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 ?**

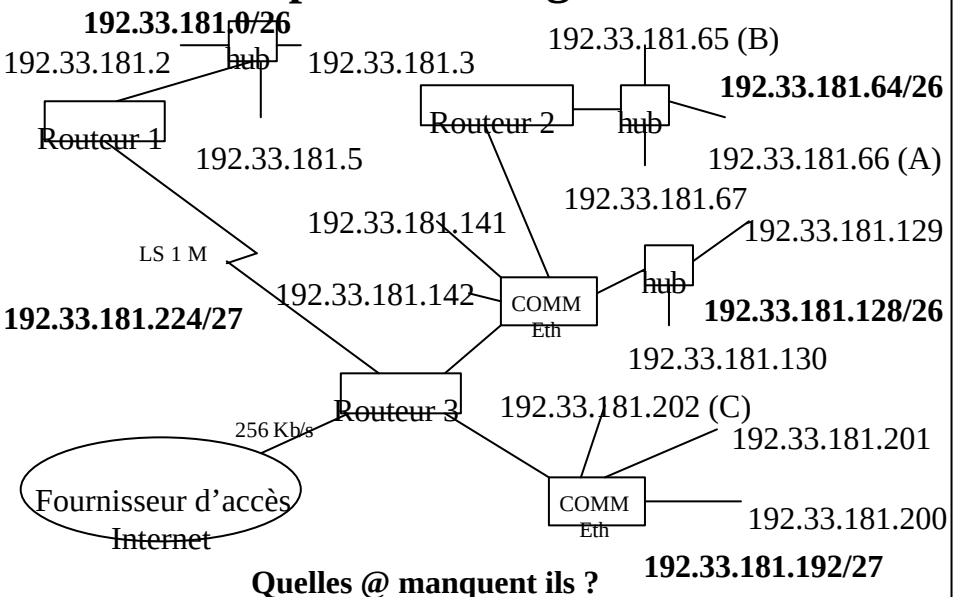
Archi IP : pbs adresses IP

- **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

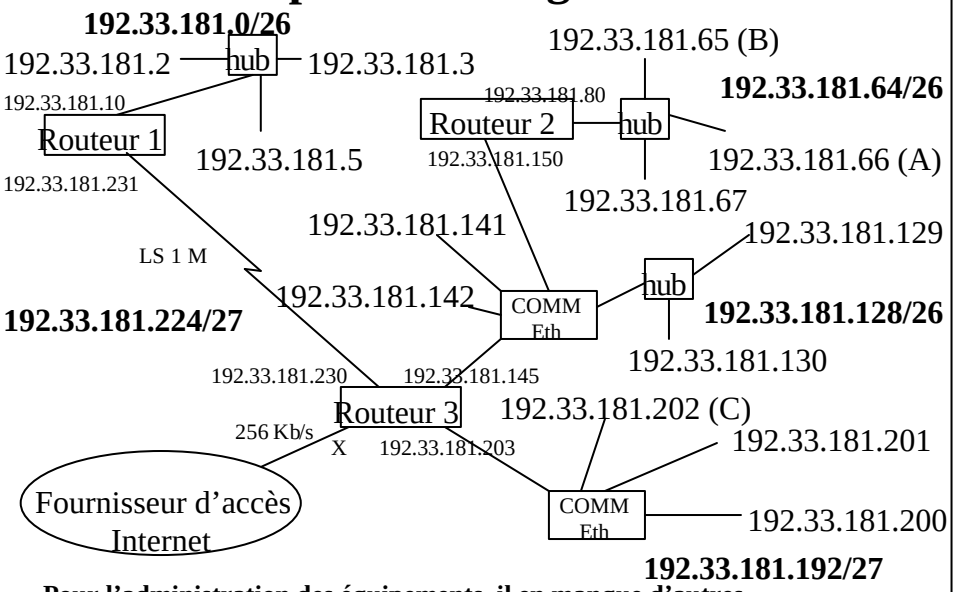
- **Un routeur sépare 2 (ou plus) réseaux ou sous-réseaux IP**
- **Il faut construire un plan d'adressage**
  - **Découper l'espace d'adressage dont on dispose en sous-réseaux et le répartir entre les stations**
- **Eléments à prendre en compte :**
  - **Les routeurs séparent les sous-réseaux**
    - 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



Quelles @ manquent ils ?

Archi IP : plan adressage 192.33.181/24



Pour l'administration des équipements, il en manque d'autres …

Archi IP : routage IP

- **A (192.33.181.66) veut envoyer un datagramme IP à B (192.33.181.65)**
  - **Pb : A doit envoyer une trame Ethernet mais ne connaît l'@ Eth B**
  - **Elle envoie un broadcast Ethernet sur le réseau qui demande : quelle est l'@ eth de B ? (l'@ Eth de A est spécifiée dans la trame Ethernet : @ Eth origine)**
  - **B répond à l'@ Eth A en disant : je suis 192.33.181.65 et mon adresse Ethernet est @ Eth B**
  - **A peut alors envoyer alors les datagrammes IP dans des trames Ethernet (elle connaît l'@ Eth de B)**
  - **Mécanisme : ARP – RARP**
- **A (192.33.181.66) veut envoyer un datagramme à C (192.33.181.202)**
  - **Elle doit envoyer une trame Eth au routeur 2 : 192.33.181.80**
  - **Il lui manque cette information ✍ Information de routage**

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

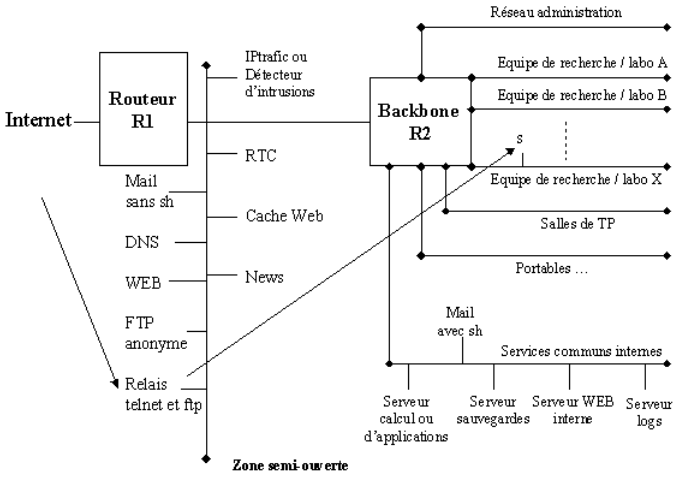
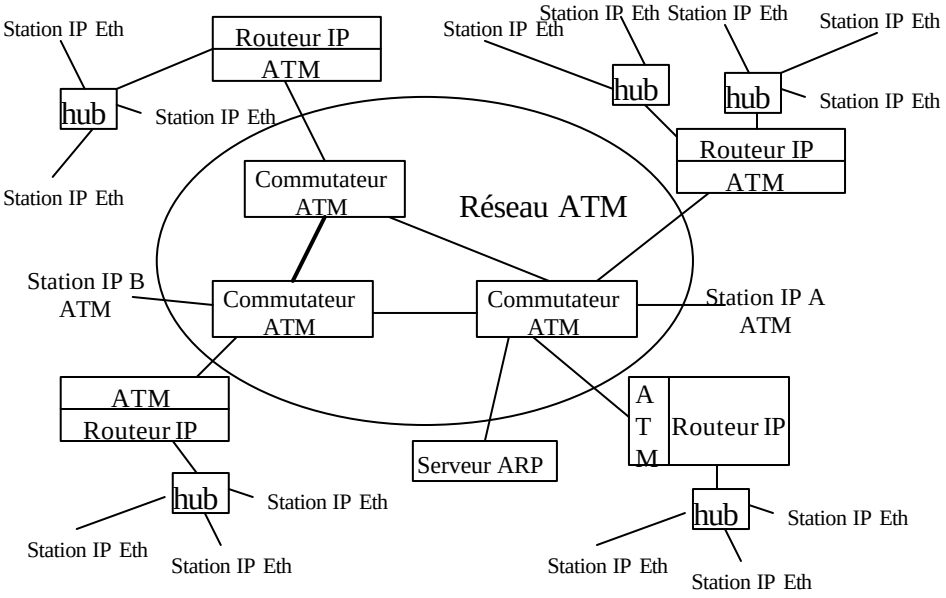


Fig 2 : architecture détaillée

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



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**
  - **…**

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, …**
  - **Réservation 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 ✍ mode de communication vocal (téléphonique)
  - **Evolution des services téléphoniques**
    - Communication téléphonique ✍ 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 ✍ 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

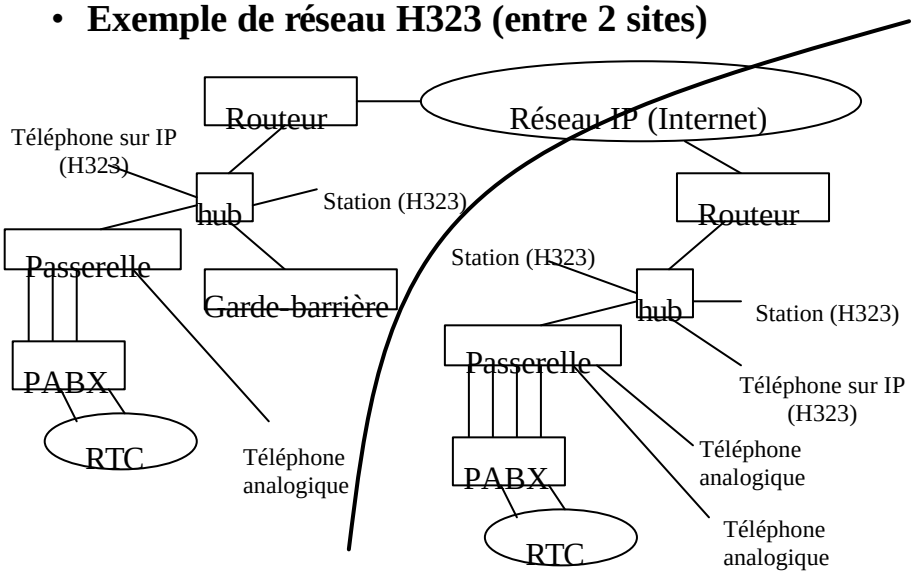
- **IP : RTCP**
  - **Real-time Transport Control Protocol**
  - **Permet d'avertir l'émetteur de la qualité de la transmission :**
    - Le taux de paquets perdus
    - La variation de la latence
    - …
  - **Informations sur l'identité des participants (applications multicast)**
- **Eléments (matériels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

Voix-Données : Tél / IP : H323

- **Eléments (matériels ou logiciels) suite**
  - **Passerelle : entre réseau IP et RTC (ou RNIS)**
    - Interfaces :
      - Ethernet ✍ réseau IP
      - Ports TP ✍ téléphones classiques ou PABX
    - Codage/décodage voix, mise en paquets, suppression d'écho, …
  - **Garde-barrière : administration**
    - Gestion des @adresses : IP ✍✍ 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 ✍ 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 travail**

  Utilisent 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 à 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 ✍ 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

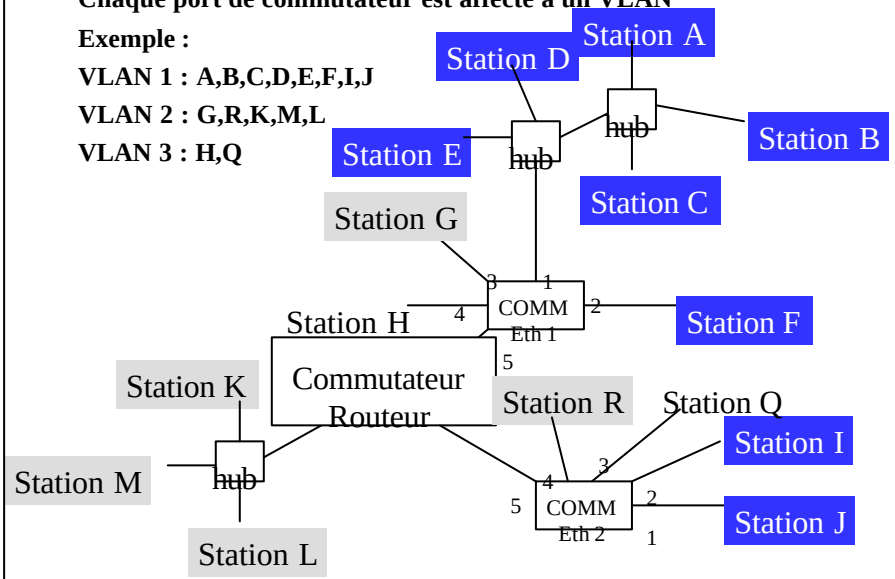
Chaque port de commutateur est affecté à un VLAN

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 Eth 1 : 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

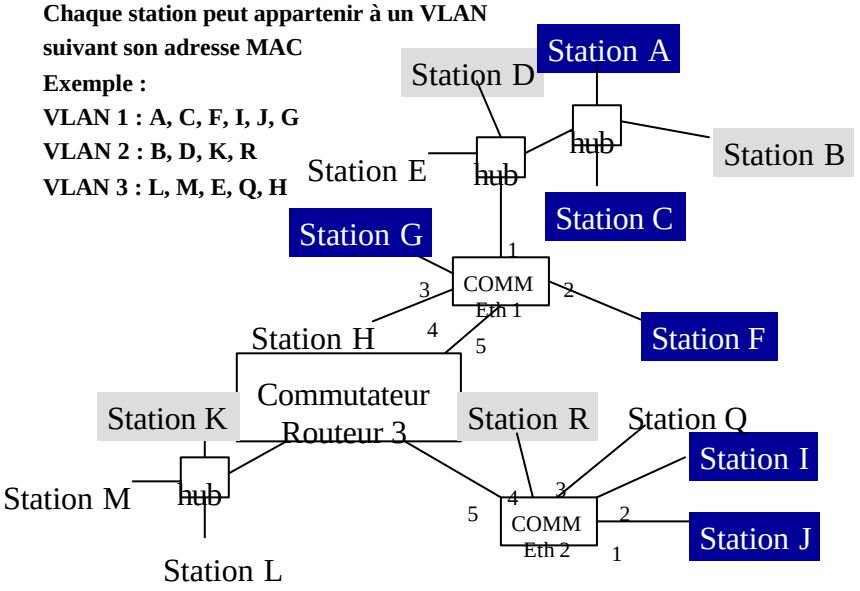
- **Diffusion**
  - **Les équipements Eth1, Eth2 et le commutateur-routeur font en sorte que :**
    - Quand A envoie un broadcast Ethernet ✍ A,B,C,D,E,F,I,J (VLAN1)
      mais pas vers les autres stations
- **Pour communiquer entre Eth1, Eth2, Eth3**
  - **Trame Ethernet F ✍ G impossible**
    - Datagramme IP : F ✍ Commutateur-routeur ✍ 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 truncks**
  - **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 (truncks) 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**
  - **Visiteurs**

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

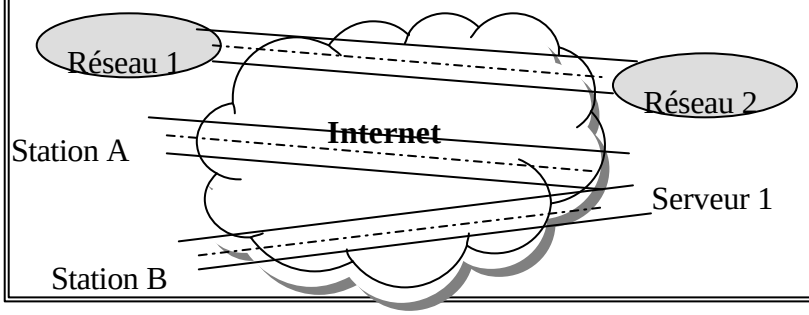
- **Interconnexion de réseaux Ethernet**
  - **ELAN : principe LANE (cf chapitre précédent)**
- **Utilisation de VPs ATM pour interconnecter des bâtiments (LAN) ou des sites (WAN) :**
  - **Réseaux Ethernet ou ATM**
  - **Réseaux IP**
  - **Fonctions :**
    - Sécurité : appelé aussi VPN ATM
    - Garantie 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 des 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 extrêmités : PAP ou CHAP
      - Avant tout transfert de données
    - Chiffrement des données (confidentialité et intégrité)
    - Adressage IP dynamique
    - Compression
    - …

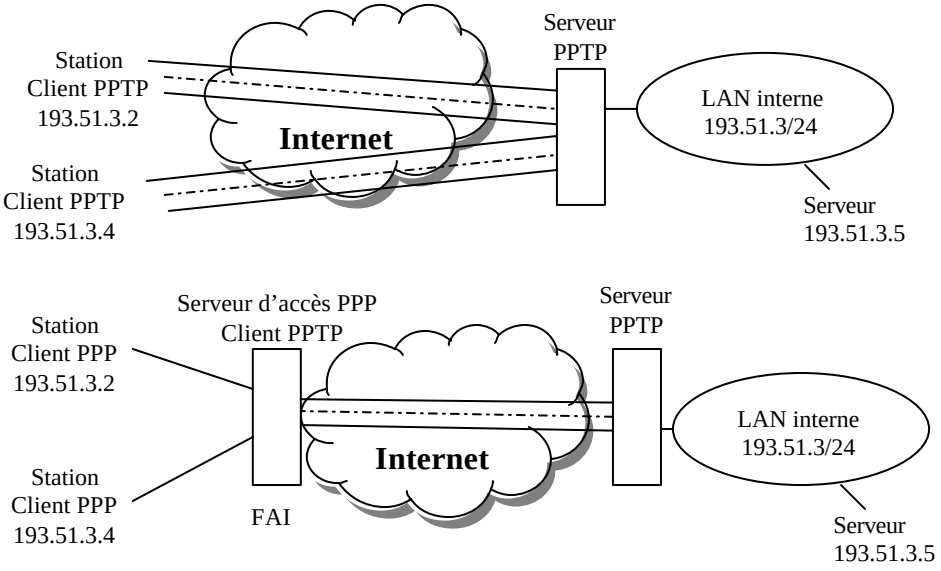
Réseaux virtuels : VPN : PPTP

- **PPTP : Point-to-Point Tunneling Protocol**
- **Origine Microsoft**
- **VPN surtout sur réseau commuté pour accès particulier**
  - **Station isolée ✍ 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

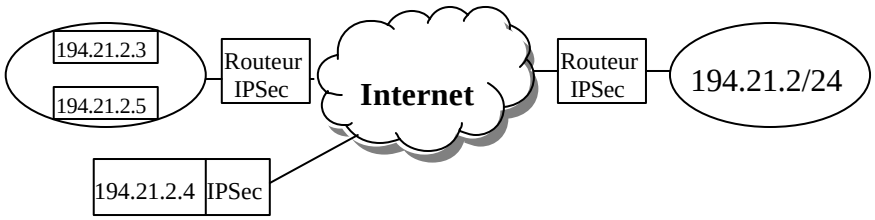
- **Datagramme avec ESP**
  - **Entête IP – Entête ESP – (Entête TCP/UDP – Données) chiffrés – [Authentication ESP]**
- **Entête ESP (Encapsulation Security Payload)**
  - **SPI : Security Parameter Index ✍ SA (Security Association)**
  - **Numéro de séquence**
- **Authentification ESP**
  - **Optionnelle**
  - **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 (numeris), 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 ✍ 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

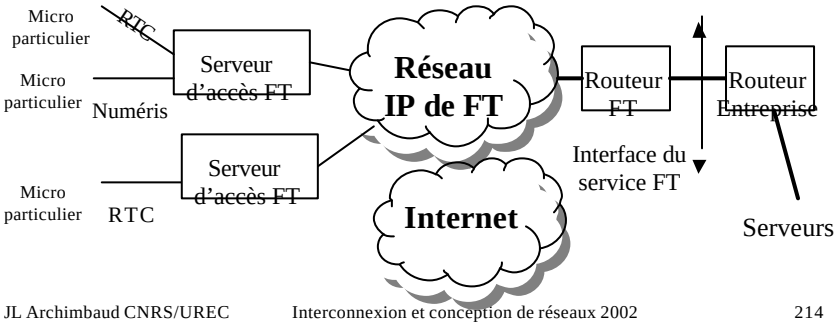
- **Connexion Entreprise à Internet**
- **Types de raccordement**
  - **Lien permanent avec possibilité de back-up Numeris**
  - **Connexion RTC, Numeris, GSM**
  - **ADSL**
- **Equipement de connexion**
  - **Routeur IP fourni ou non**
- **Services à valeur ajoutée**
  - **Adresses IP**
  - **Hébergement, gestion DNS, serveur Web**
  - **Boites 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 ≈ 2 Mb/s**
  - **Commuté : RTC, Numeris, GSM**
  - **ADSL**

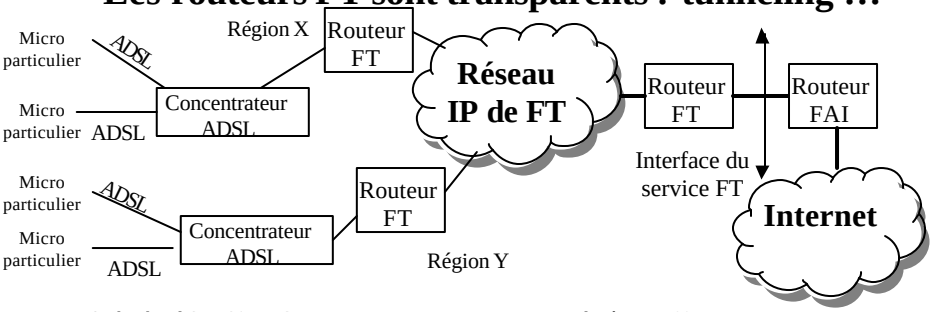
Services FT : IP : Global Extranet

- **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 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**
- **Annuaires**
- **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 ✍ changement de nom ?**

Services : messagerie

- **Messagerie Internet : protocole SMTP**
  - **Messagerie interne dans l'entreprise peut être différence : 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 boites 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 boites aux lettres**
- **Entrant : un seul serveur relais avec les boites aux lettres**
  - **Accessible depuis l'Internet**
  - **Avec machine back-up quand indisponible**
    - DNS : plusieurs MX records
  - **Problème de sécurité : attaque des boites aux lettres**
- **Entrant : un serveur relais sans boite 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
  - **Boites 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 relayage : @ 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 boites : 1 / labo**
  - **Table : @ d'une personne ✍ serveur de messagerie interne**
  - **Gestion idem DNS**

Services : messagerie : accès aux boites

- **Connexion interactive sur le serveur**
  - **Qui contient les boites aux lettres : commande Mail Unix …**
  - **Pb : il faut gérer autant de comptes interactifs que de boites**
- **POP - Post Office Protocol**
  - **Accès depuis une station personnelle avec outil (navigateur, …)**
  - **Les boites aux lettres sont transférées sur la station personnelle**
- **IMAP - Internet Message Access Protocol**
  - **Accès depuis une station personnelle (navigateur, …)**
  - **Les boites 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**

Annuaires : 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

Annuaires 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, …
    - ✍ 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 ✍ 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

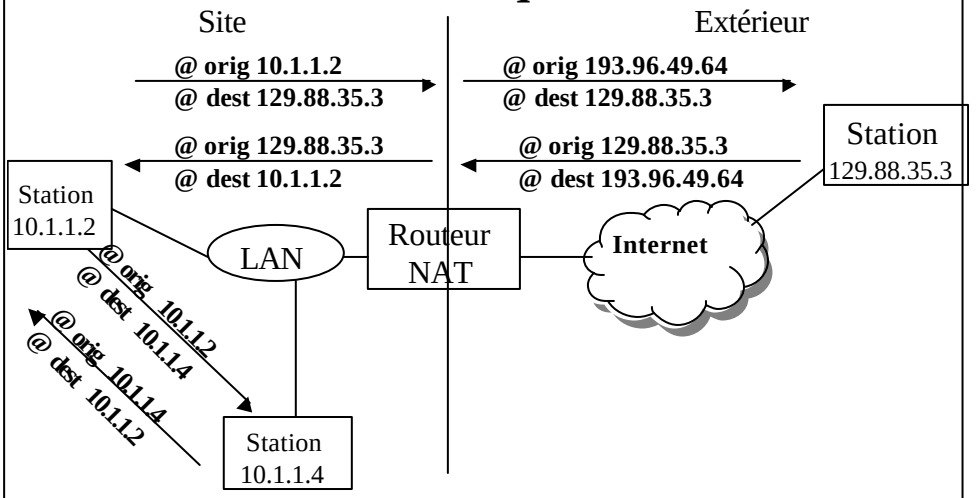


Table de traduction dans le routeur NAT
@ interne 10.1.1.2 ✍✍ @ externe 193.96.49.64

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 : PAT Port Address Translation

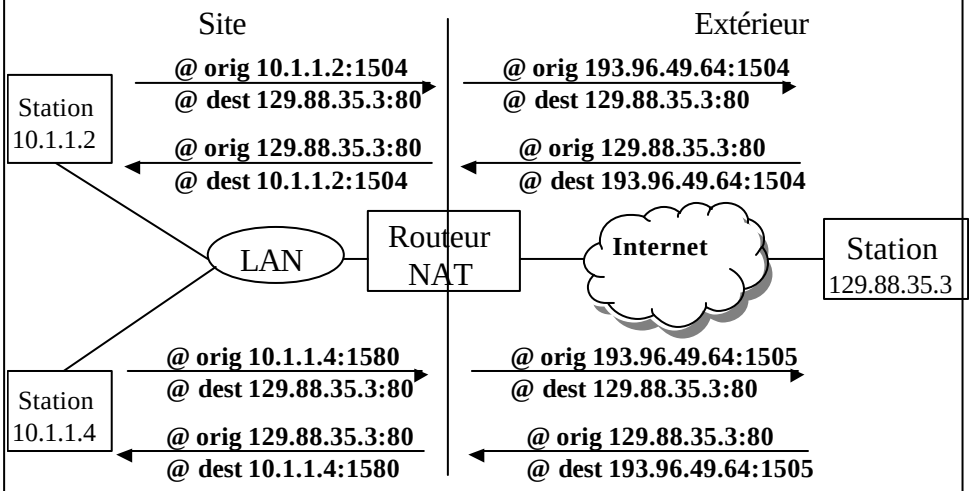


Table de traduction dans le routeur NAT (PAT)
@ interne 10.1.1.2:1504 ✍✍ @ externe 193.96.49.64:1504
@ interne 10.1.1.4:1580 ✍✍ @ externe 193.96.49.64:1505

Fcts «annexes » éqts actifs : NAT

- **Contenu de datagrammes (données) à modifier**
  - **Pour certains services :ICMP, FTP, H323, …**
- **Besoin de 2 serveurs DNS**
  - **Un interne : non accessible depuis l'extérieur**
    - Contient toutes les adresses internes
  - **Un externe : dans la DMZ**
    - Contient les adresses externes
  - **Les noms des stations clientes sont « aléatoires »**
- **Serveurs accédés depuis l'Internet**
  - **Adresses statiques**
- **L'adressage interne peut s'étendre sur n sites**
  - **Avec un VPN**
  - **Un routeur NAT pour communiquer avec l'extérieur**

NAT : pourquoi ?

- **On manque d'adresses officielles IP (4 bytes)**
  - **On ne peut plus numéroter 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 numéroter 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 numéroter
  - **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 procotoles 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

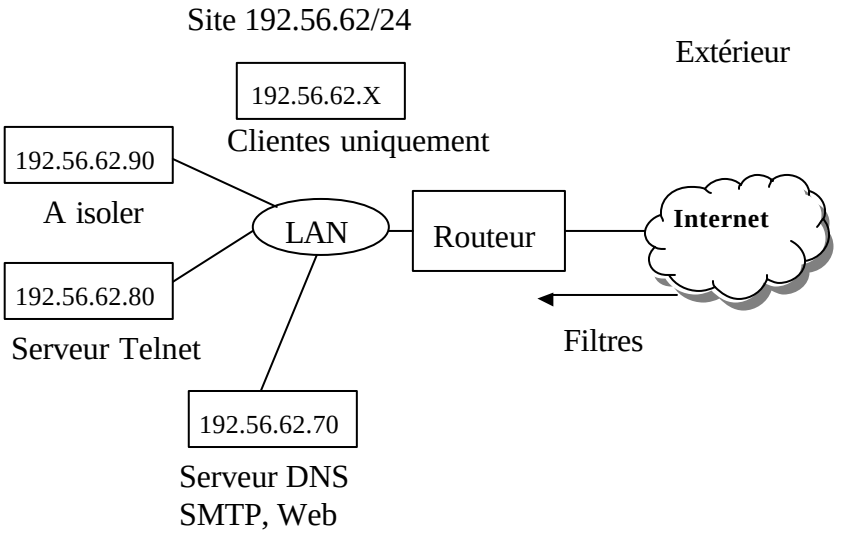
Filtrage : numéros de port

- **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 boité dédiée avec interface graphique …✍ Garde-barrière**
  - **Fonction appelé « filtrage statique » dans les gardes-barrières**

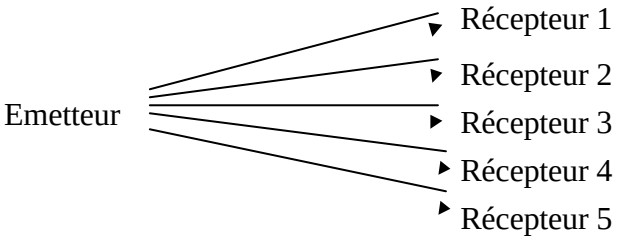
Filtrage : bilan

- **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

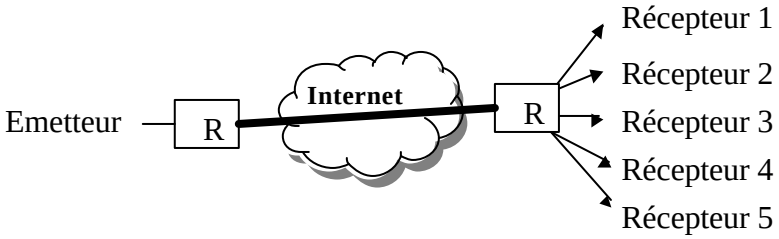
Multicast IP



- **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

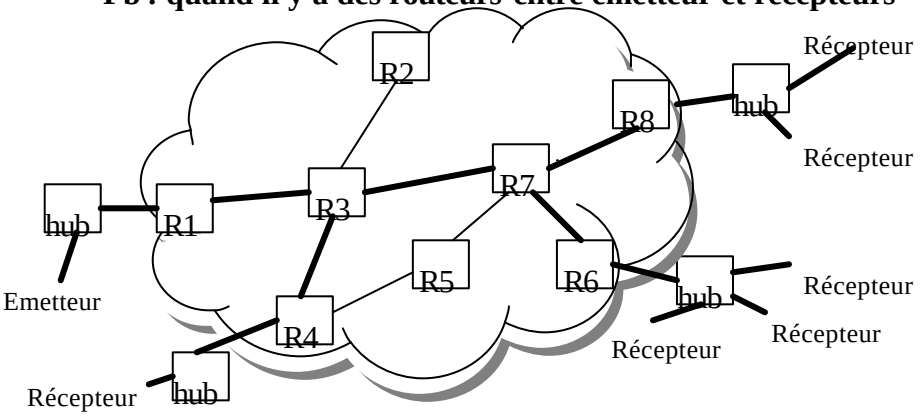
- **Participants à une appli multicast : groupe multicast**
- **Identification du groupe multicast : @ IP**
  - **Une adresse IP de classe D : 224.0.0.0 ✍ 239.255.255.255**
  - **Emetteur ✍ groupe : @ IP destination = @ IP multicast**
- **Choix d'une adresse multicast : statique**
- **Choix d'une adresse multicast : dynamique**
  - **Annuaire de groupes multicast en cours (ex : application SDR)**
  - **Responsable du groupe ✍ 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 ✍ 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**
- ✍ **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

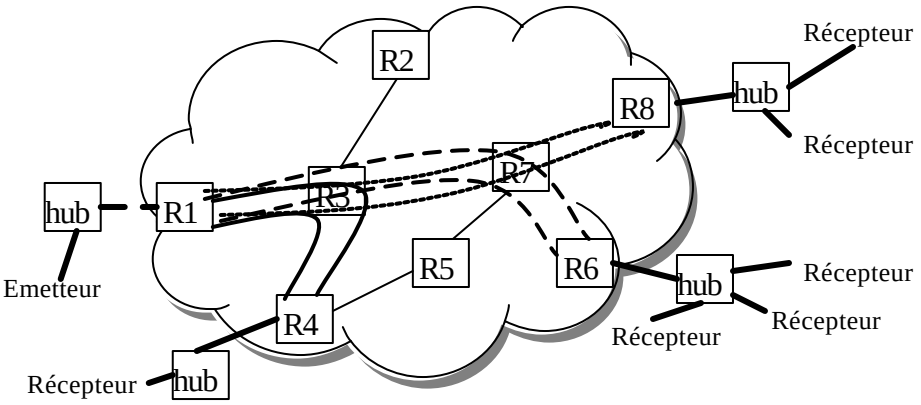
Protocole entre routeurs

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 ✍ 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 ma 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 ? ✍ Comptabilité**
  - **Performances ✍ 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**
- **Eléments 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 ✍ 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 arrêt 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) ✍ deny de service**
  - **…**
- **Organisation – coopération étroite entre responsable sécurité et administrateur réseau**
  - **Surveillance du réseau ✍ peut indiquer des problèmes de sécurité**
  - **Architecture de réseau ✍ 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 ? ✍ comptabilité si nécessaire**
  - **Y-a-t-il des goulots d'étranglement ? Des problèmes de performances ? ✍ Qualité de service**
  - **Quelle évolution ? ✍ Anticiper les besoins**
    - Commander l'augmentation de débit d'une liaison avant sa saturation
- **Ensemble de compteurs ✍ 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 ✍ 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 (✍ numéros de réseaux), ports (✍ 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 boite 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

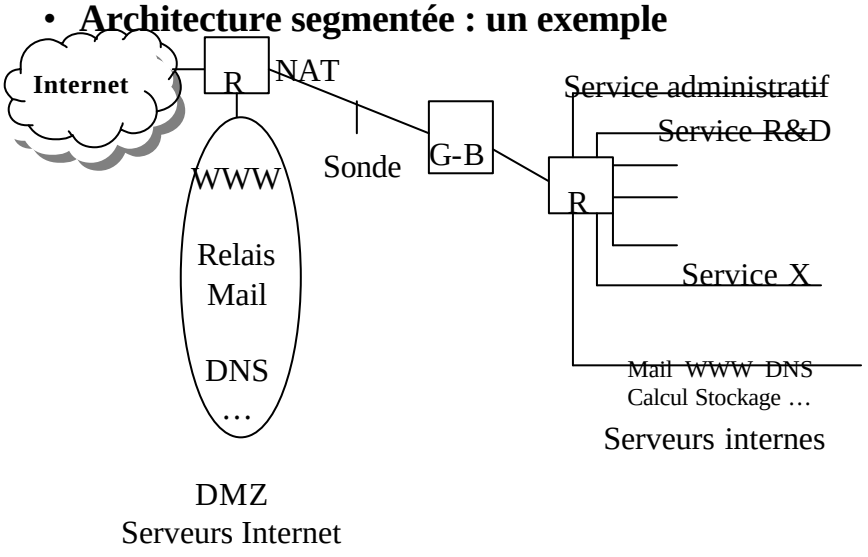
- **Outil de dépannage : tcpdump**
  - **Analyseur sur station Unix**
- **Outil de surveillance de liaison : MTR**
  - **Utilise ping et traceroute**
  - **Détecte rapidement une anomalie sur une liaison (coupure, engorgement). Sort des statistiques.**
- **Outil de surveillance de trafic : NTOP**
  - **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 : 3ième méthode > 2nde > 1ère**
- **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 boite 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 ✍ 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 ✍ catastrophe pour l'entreprise
  - **Forte évolution des technologies**
    - Remise à niveau continuel des connaissances
  - **Sens relationnel obligatoire**
    - Psychonet 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**

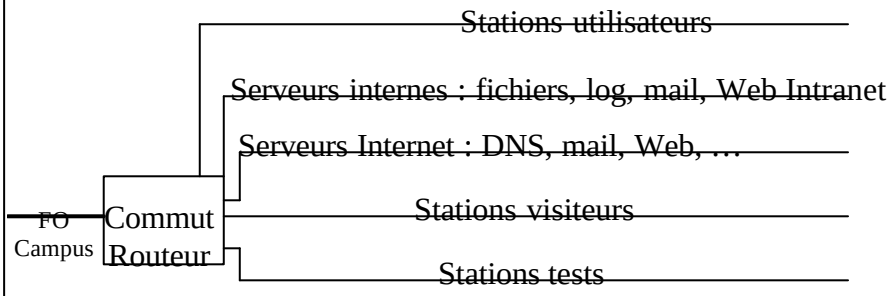
Réseaux UREC : câblage

- **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 boites 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 ✍ ✍ machines tests, serveurs internes**
  - **Extérieur ✍ machines utilisateurs**
  - **Machines tests ✍ machines utilisateurs**
  - **…**
- **Filtres IP : accès restreints :**
  - **Extérieur ✍ 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 ✍ 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) ✍ IP sur SDH**
  - **VPN : VC ATM ✍ IPSec**
- **NRDs : Nœuds de raccordement**
  - **Locaux techniques avec routeurs**
  - **Dans sites en région**