

Conception d'un réseau

1. Problèmes de planification des réseaux

Les évolutions de l'Internet conduisent à une multiplication des **services offerts** par les réseaux et à une croissance du nombre d'utilisateurs et des volumes de trafics qu'ils génèrent.

Dans une société où l'information et la communication ont pris une telle importance, **l'interruption des services** offerts par le réseau, ou même une dégradation significative de la **QoS** sont de moins en moins acceptables.

Les problèmes de planification des réseaux :

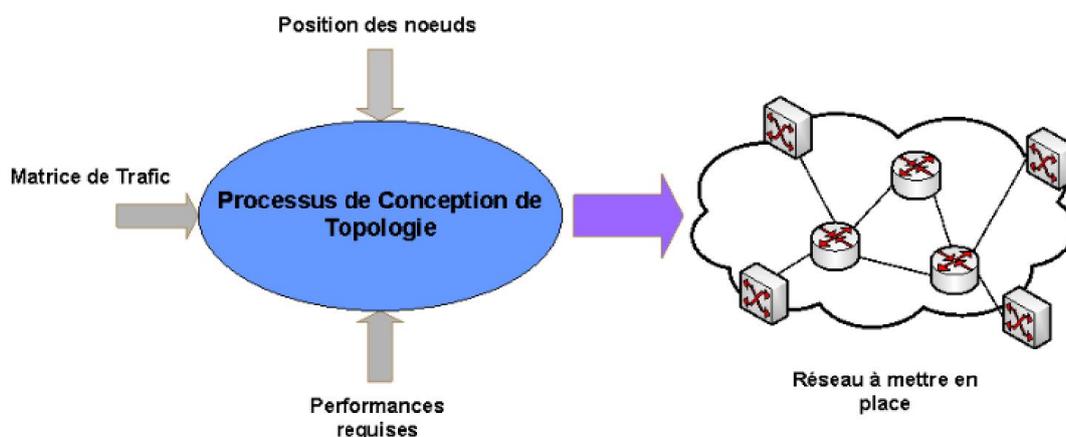
1. les problèmes de conception de réseaux,
2. les problèmes de dimensionnement de réseaux (capacity planning),
3. les problèmes d'allocation de ressources (planification du routage) ; il suppose que le réseau soit construit et dimensionné

1.1. Le problème de conception de réseaux (Network Design)

La mise en place de nouvelles infrastructures de communication

Le remplacement de celles existantes afin de pouvoir répondre aux nouvelles exigences des utilisateurs (communications intranet, extranet, internet,...).

Ce problème consiste, étant donné un ensemble de sites prédéfini pour l'installation d'équipements ainsi que des caractéristiques (le plus souvent, estimées) des flux inter-sites, à sélectionner un sous-ensemble des sites à activer et à trouver un plan pour les connecter à moindre coût. Ce coût est constitué de couts d'installation des équipements et de connexion des sites.

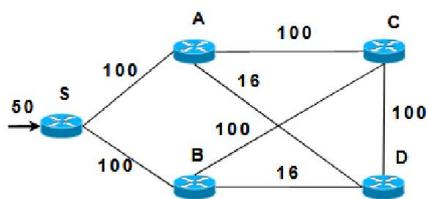


- **Cas spécial** : extension de la topologie d'un réseau. **On suppose ici que le réseau est connu, mais on cherche à modifier sa topologie.** Par exemple, on peut

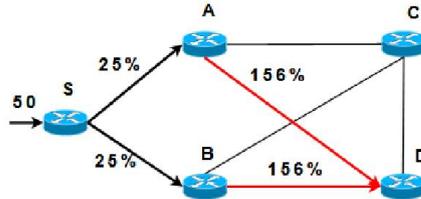
ajouter de nouveaux nœuds pour desservir de nouveaux points de présence. On peut également vouloir supprimer certains liens et en ajouter d'autres pour faire face à l'évolution de la demande.

1.2. Planification du routage

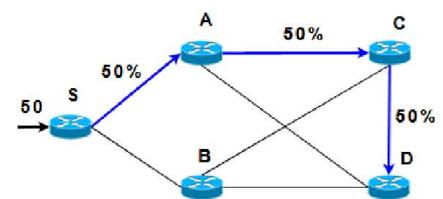
L'approche la plus simple pour effectuer le routage d'un flot donné entre une source et une destination consiste à choisir le plus court chemin. Le problème d'optimisation du routage consiste à établir un schéma d'acheminement des flux permettant d'éviter la congestion des équipements et de répartir au mieux les flux dans le réseau.



(a) Réseau de départ avec les capacités en Kbps



(b) Routage avec les métriques égales à 1



(c) Optimisation du routage

Exemples d'instances du problème d'optimisation de routage

1.3. Dimensionnement de réseaux

- Amélioration des ressources existantes sans surcoût supplémentaire.
- amélioration de **QoS** sur le réseau sans avoir à modifier les équipements même de ce réseau.
- Faire évoluer le réseau lorsque l'optimisation du routage ne permet plus d'atteindre le niveau de performance cible.
- Le dimensionnement de réseaux (capacity planning) est affecter à chaque équipement du réseau une capacité pour que le réseau puisse atteindre le niveau de performance cible à moindre coût.

Autres équipements à dimensionner : serveurs, câblage, disques dur, RAM....

Contraintes opérationnelles

- Les problèmes de planification de réseaux doivent tenir compte de contraintes opérationnelles souvent exigées par les opérateurs.
- Gestion des pannes
- Certains services proposés par les opérateurs de télécom ne nécessitent pas une **disponibilité permanente** du réseau.
- Les interruptions non prévues de ces services peuvent contribuer à la diminution de la fidélité des clients.
- Intégrer la notion de panne dans le processus de planification du réseau pour garantir **des performances acceptables** si le réseau est dans un état de panne.

- Anticiper par la mise en place de scénarii de secours pour chaque panne possible.

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

Architecture, architecte

un architecte, c'est avant tout le dépositaire d'une **méthode et d'une vision**.

- **La méthode** permet d'analyser un système selon tous ses axes et surtout de poser les bonnes questions.
- **La vision** est le fruit d'une **réflexion en commun entre les experts** des différents composants et l'architecte. Elle constitue la façon optimale d'organiser les composants entre eux afin d'en obtenir la meilleure efficacité globale : c'est l'**architecture cible**

Un architecte confirmé doit avoir un « **profil en T** » : la barre verticale représentant une **expertise** sur laquelle s'appuyer, la barre horizontale la **variété des sujets** qu'il doit savoir aborder. L'expertise peut être très variée : développement web, stockage SAN, virtualisation, cloud privé... Cette **compétence fondamentale** doit permettre **d'asseoir** sa réflexion et sa compréhension sur une base solide, qui permettra de découvrir l'ensemble du SI de façon concrète.

Une **communication sans faille** est absolument indispensable aussi bien à l'écrit qu'à l'oral

En effet, les documents produits doivent être **clairs** et **synthétiques** et servir de base d'échanges et de réflexions. A l'oral, c'est la force de **conviction** qui fait la différence, permettant de **défendre** et **d'expliquer** ses **choix**, et surtout de porter la vision qui est au centre du métier.

Découvrir architecture

Maintenant que vous avez une idée du métier de l'architecte, prenons un peu de temps ensemble pour comprendre ce qu'est une « **bonne** » **architecture**, c'est-à-dire les caractéristiques principales auxquelles elle doit répondre : la **sécurité** (au sens large), l'**élasticité**, le **couplage faible** et surtout : la **simplicité**.

Réseaux locaux

LAN–Liens physiques -câblage : Coax-TP –FO –sans fil–Câblage de bâtiment–
Protocoles niveau 1-2 : Ethernets–FDDI

- Répéteurs
- hubs (Ethernet)
- Ponts (Ethernet)
- Commutateurs Ethernet
- Routeurs (IP)

•Liaisons longues distances

–Liaisons physiques

•Commutées RTC, RNIS, ADSL, X25, louées LS–Modems

Services à assurer –couche 7– Noms–Messagerie–Annuaire–Services Web

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)

LAN : Liens physiques : TP

TP : TwistedPair : 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

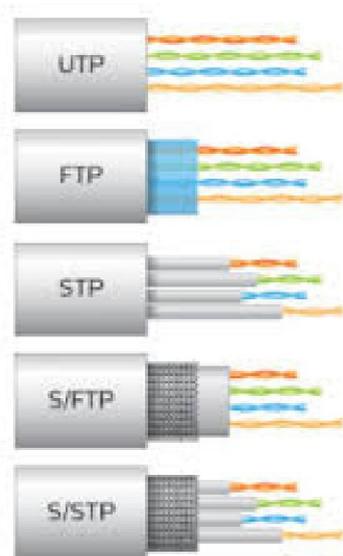
- Câbles 4 paires avec des pas de torsades différents–5E : amélioration du câblage 5 (GigabitEthernet)–6 : jusqu'à 250 Mhz–7 : jusqu'à 600 Mhz

- Blindage des câbles :

UTP :Unshielded: pas de blindage

STP : Shielded : Blindage de chacune des 4 paires par un écran en aluminium, mais la gaine n'est pas blindée. blindage avec tresse métallique

FTP :Foiled: entourée d'un feuillard d'aluminium



- 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 peu chers
- **Désavantages** : – Très sensibles aux perturbations (électromagnétiques, ...)
- Courtes distances –
- C'est le media le plus utilisé à l'intérieur des bâtiments

LAN : photos TP et RJ45



LAN : Liens physiques :

FO : Fibre Optique

2 types :

Multimode: rayons lumineux avec réflexions : dispersion

Multimode 50 ou 62.5 (le plus courant aujourd'hui)

Monomode (single mode) : rayons lumineux «en ligne droite»

Monomode pour de plus longues distances et plus haut débits

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

Avantages-

Débits possibles très élevés (potentiellement immenses)

Longues distances (dizaines voir centaines de km)

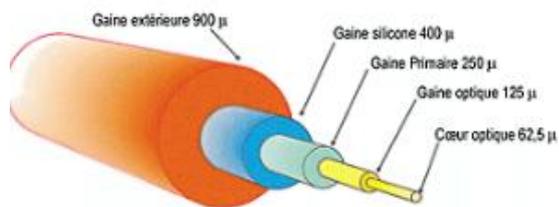
Insensible aux perturbations électromagnétiques

–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 : 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

Faisceaux hertziens : de 2.4 à 40 GHz

Demande une licence à l'ART

Maxima de débit : de l'ordre de 2 -34 voir 155Mbits/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

Satellite : pas en LAN !

–Service d'opérateur

–Quand FO non disponible

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,

«Limiter» la diffusion (Ethernet)

Diminuer la charge globale

Limiter lesbroadcast-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

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 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

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

Attention : le choix est un compromis entre les fonctions désirées et le coût

Éléments d'interconnexion :

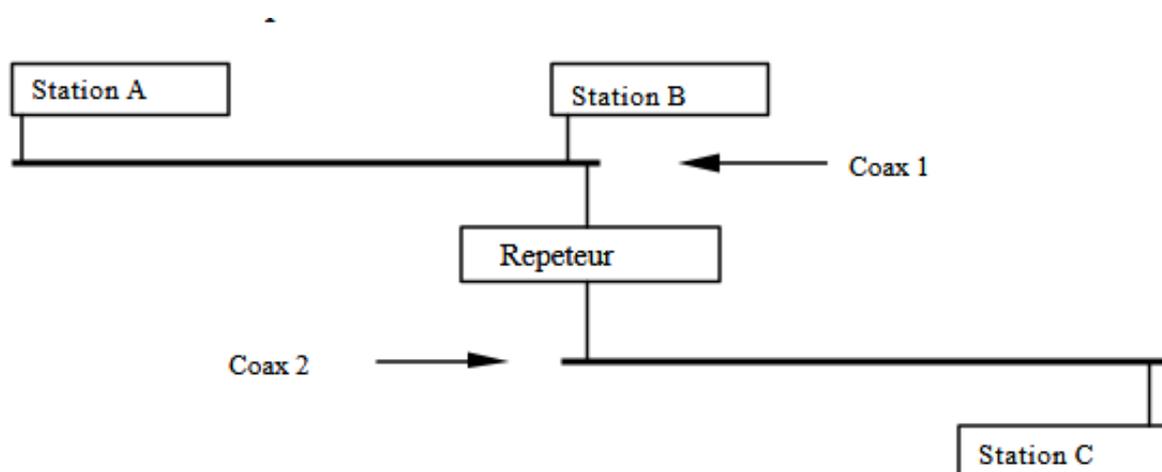
Répéteur

Répéteur (Ethernet)–Boîte noire dédiée

–Remise en forme, ré-amplification des signaux (électroniques ou optiques)

–**But** augmenter la taille du réseau (au sens Ethernet)

•Exemple : distance max entre stations A -C : 500 m >> 1000 m



Répéteur

Travaille au niveau de la couche

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

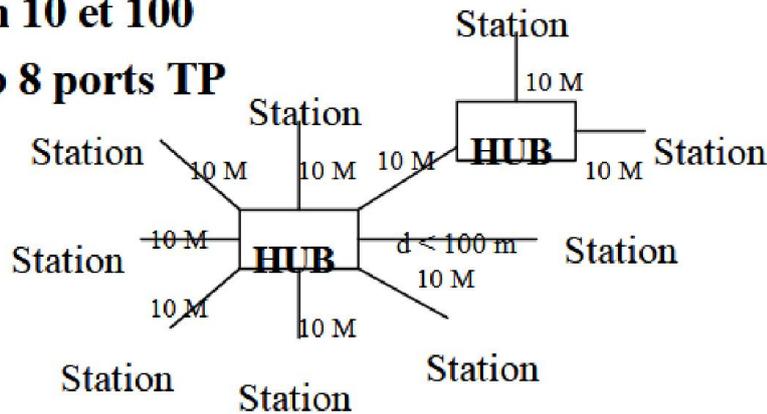
–N'augmente pas la bande passante

–Pas de possibilité de réseau virtuel (VLAN).

Hub: muti-répéteur : étoile (obligatoire TP)

Idem répéteur pour :–Fonctions, avantages, désavantages

- **Pour Eth 10 et 100**
- **Ex : Hub 8 ports TP**



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

- **Face arrière hub stackable**

- **3 x 24 ports TP (prises RJ45)**

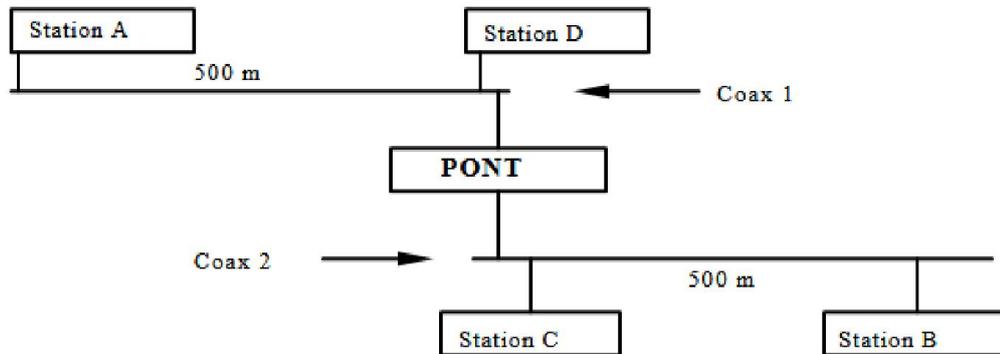
- **1 port FO (2 FO)**



Module Fibres Module de Management

Pont (Ethernet)

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



La fonction de pont peut être réalisée Soit par un matériel prévu à cet effet, soit par une machine (PC ou autre) équipée de 2 équipements réseaux (un par réseau) et d'un logiciel réalisant cette fonction.

2.2.2 Principe de fonctionnement

Un pont assure en général les fonctions suivantes :

- **Répéteur** du signal pour augmenter la distance maximale du réseau
- **Détection** d'erreurs assurant le contrôle des trames (le pont stocke la trame avant de l'analyser et de la réémettre – *store and forward* – le temps pendant lequel la trame est immobilisée dans le pont est appelé temps de latence)
- **Filtre** entre les 2 segments du réseau en limitant le trafic sur chaque partie du réseau

Un pont dispose d'au moins 2 interfaces (un port pour chaque segment).

Traitement : valeur @ MAC destinataire ? transmet ou non : trafic A-D ne va pas sur coax 2

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 Coax2
- Remplacés en LAN par les commutateurs
- Fonctions supplémentaires :cfcommutateurs

- Ponts distants–Ethernet –Liaison spécialisée (cuivre ou hertzienne ou laser)
- Encore utilisés

Commutateur –Switch Ethernet de niveau 2

–10, 100, 1000 Mb/s TP ou FO

•Fonction : multi-ponts, cœur d'étoile

•Commute les trames Ethernet

Permet : Ethernet Full duplex (TP ou FO)

–Emission et réception en même temps : 2x10 ou 2x100

•Fonctions supplémentaires

–Affectation statique d'@ MAC et filtrage au niveau 2–

–Réseaux virtuels : VLAN–Port d'écoute qui reçoit tout le trafic des autres ports

•Analyseur

Limitations d'un réseau de commutateurs

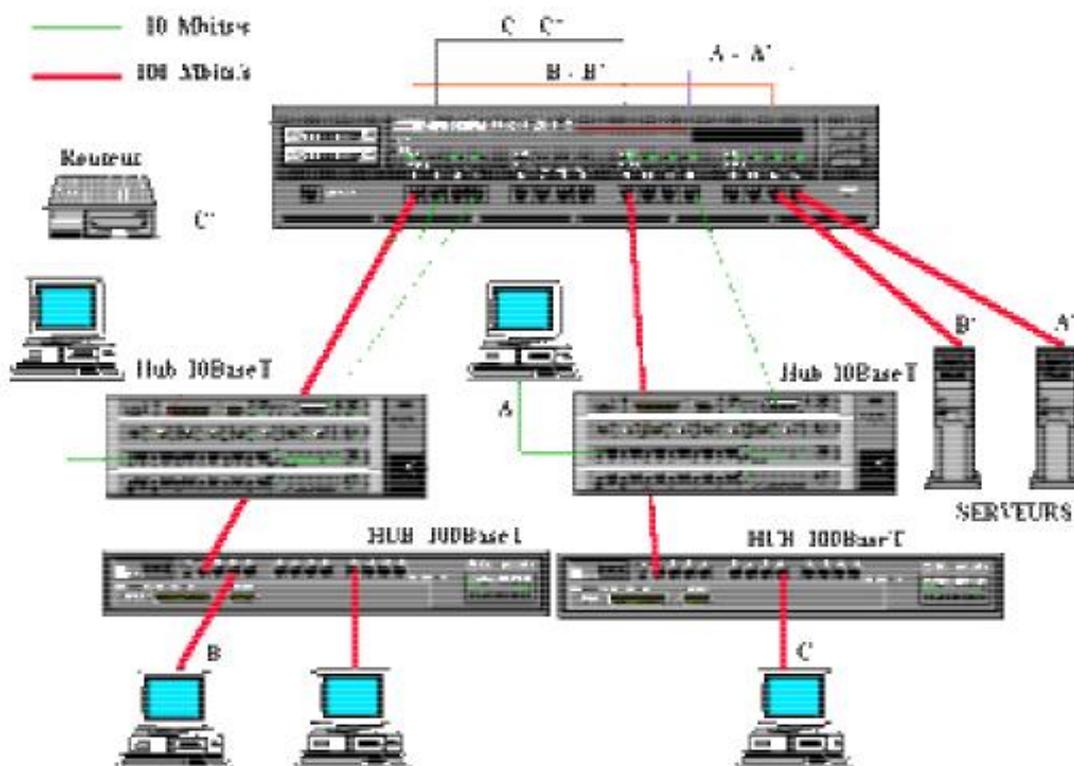
–Théoriquement pas de distance maximum

–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

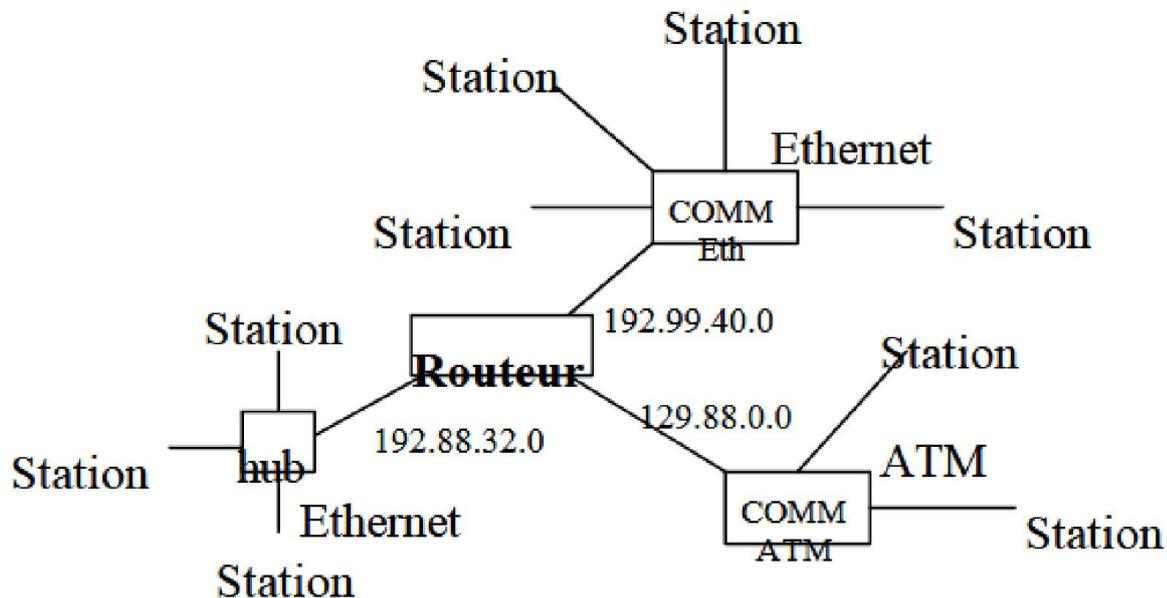
commutateur et hubs



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



Configuration : avec telnet ou navigateur

Commutateur-routeur(IP)

Réunion des fonctions commutateur et routeur dans une seule «boite»

On peut configurer certains ports en commutation, d'autres en routage

Dans une entreprise

Entre stations utilisateurs d'un service >> Hubs ou commutateurs

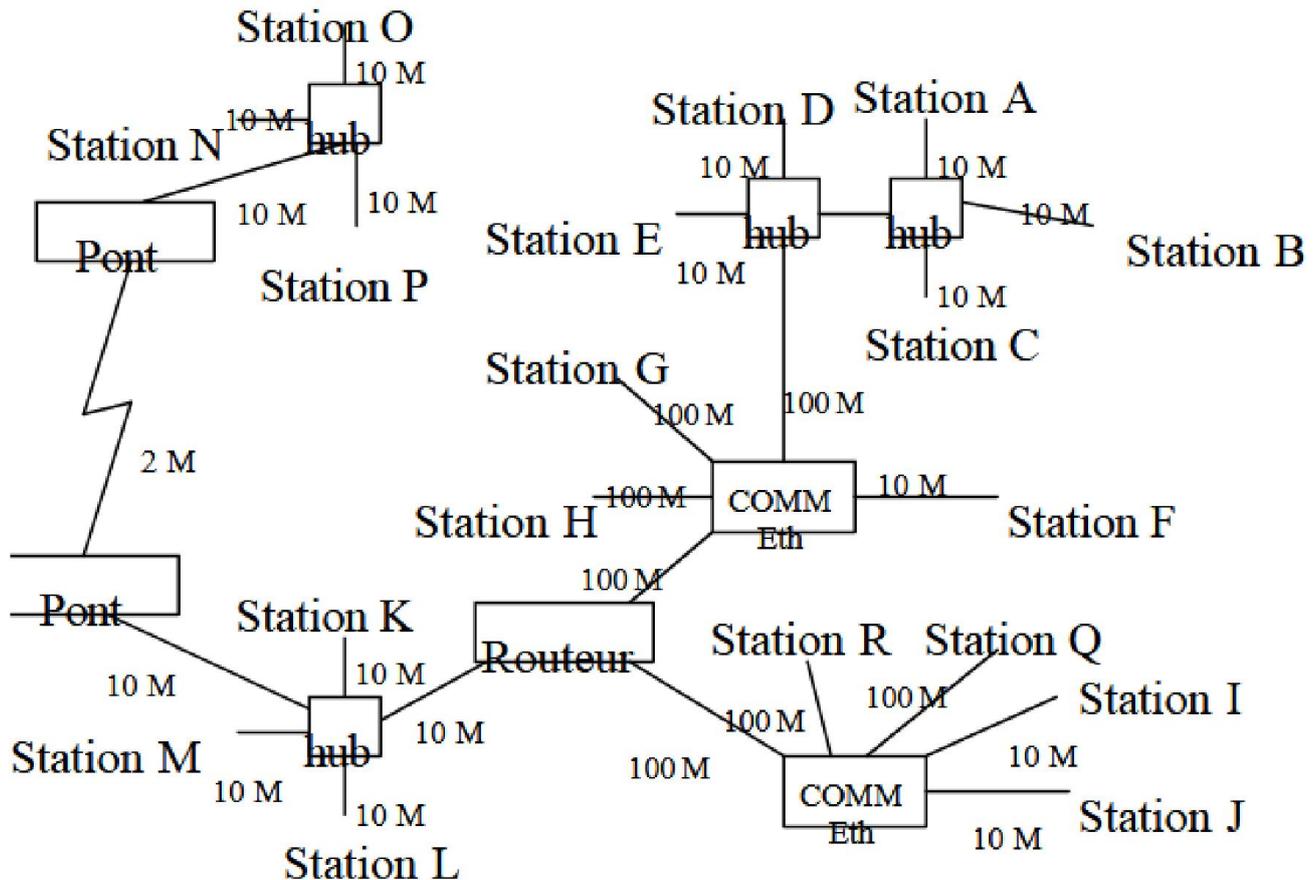
Entre serveurs ou stations demandant du débit (graphiques, ...) d'un service

>> Commutateurs

Entre services > Commutateurs ou routeurs

Entre l'entreprise et l'extérieur (Internet) >> Routeurs

Ex interconnexion de réseaux Ethernet



Trame Eth A > C. Arrive-t-elle à B ? E ? F ?

Trame Eth P > O. Arrive-t-elle à N ? M ?

Trame Eth R vers 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 ?

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 :

Liaisons : FO, câbles cuivre, liaisons hertziennes, ...

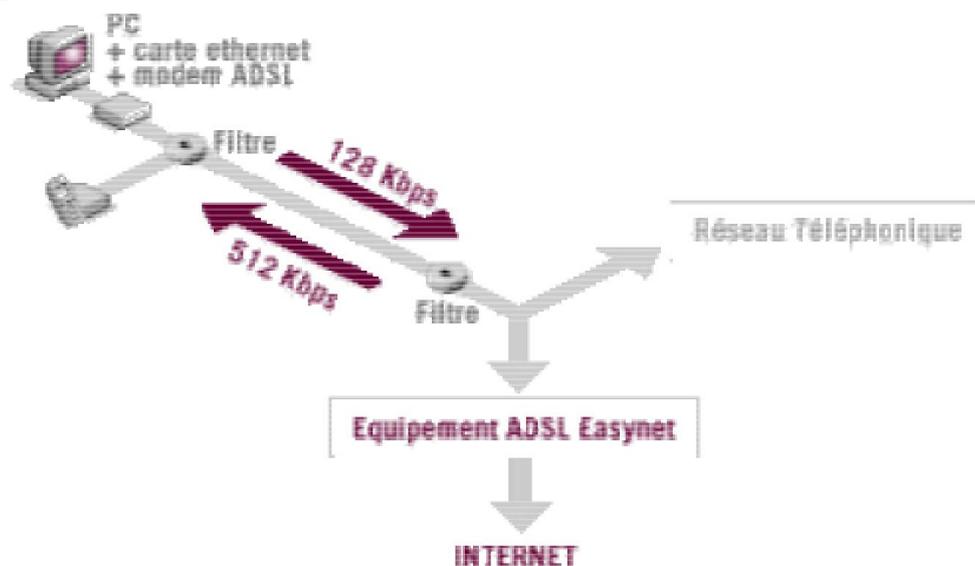
–Equipements : (dé)multiplexeur, commutateurs (en tous genres), ...

–Offres «sur mesure»

-contrats spécifiques–Offres «catalogue»

Liaisons longues distance : ADSL

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



2.8 Les solutions sans fil

2.8.1 Transmission radio

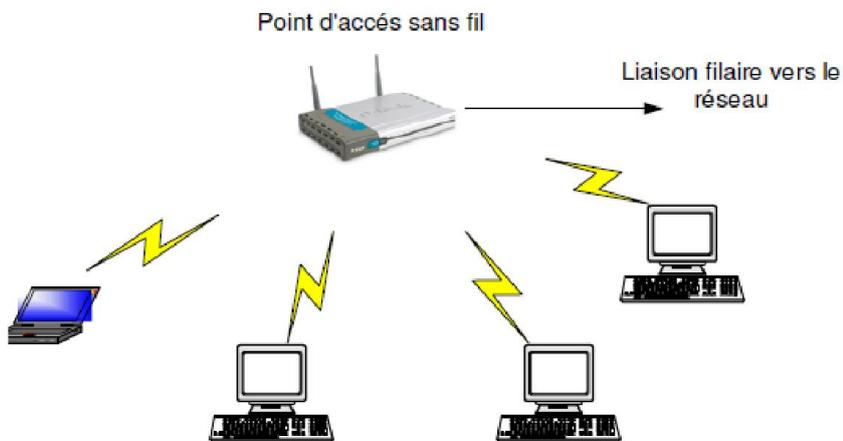
Egalement appelé WiFi (Wireless Fidelity), ce type de transmission porte également comme référence la norme 802.11. En lieu et place des fils pour transmettre les données, la transmission se fait par onde radio à l'aide de matériel adapté. Pour connecter des matériels en liaison radio, il est nécessaire d'équiper les stations de carte réseau sans fil et de mettre en place un point d'accès radio qui gère la communication des équipements sans fil et permet l'interconnexion avec le réseau filaire.

La distance sans antenne additionnelle est de 100 mètres en champs libre et de 30 à 50 mètres en intérieur.

Certains équipements grâce à des antennes externes peuvent porter à plusieurs kilomètres.

Cette technologie est très intéressante d'une part parce qu'elle ne nécessite pas de tirage de câble mais surtout pour les portables qui par nature sont amenés à se déplacer.

Topologie Sans Fil



Un des inconvénient majeur de la radio est que celle-ci est très sensible à l'environnement physique (présence de métal, bâtiments en béton armé ...) mais également à tout ce qui est perturbation radio ou électrique (machines, télécommandes, GSM ...). Du fait de ces paramètres, il est difficile d'obtenir la vitesse maximale donnée par les produits.

La transmission des données

Quand une application doit envoyer des données sur le réseau, c'est une succession de bits qui correspondront à des impulsions sur le réseau électrique qui transiteront.

Il existe plusieurs méthodes permettant de transférer des données d'un nœud émetteur à un nœud récepteur :

- **La commutation de circuits** est une méthode de transfert de données consistant à établir un circuit dédié au sein d'un réseau entre l'émetteur et le récepteur. Dans ce type de scénario, la ligne de communication peut être assimilée à un tuyau ! C'est la méthode utilisée dans le réseau téléphonique.
- **La commutation de message** consiste à transmettre le message séquentiellement d'un nœud à un autre. Chaque nœud attend d'avoir reçu l'intégralité du message avant de le transmettre au suivant.
- **La commutation de paquets** consiste à découper l'information en morceaux plus petits, d'une longueur de n bits : les **paquets**.

La commutation de paquets

Dans la commutation de paquets, les nœuds du réseau sont libres de déterminer la route de chaque paquet individuellement. Les paquets ainsi émis peuvent emprunter des routes différentes et sont réassemblés à l'arrivée par le nœud destinataire.

Dans ce type de scénario, les paquets peuvent arriver dans un ordre différent de l'ordre d'envoi et peuvent éventuellement se perdre. Des mécanismes sont ainsi intégrés dans les paquets pour permettre un réassemblage ordonné et une réémission en cas de perte de paquets.

Il s'agit du mode de transfert utilisé sur internet. C'est un mode qui résiste bien aux pannes des nœuds intermédiaires et permet d'utiliser efficacement les lignes de transmission.

Le débit d'un réseau

Le débit d'un réseau mesure la quantité d'information que le réseau peut transmettre par unité de temps. Il est exprimé en bits par seconde (b/s), ou plus habituellement aujourd'hui, en Mb/s.

Les délais

Le calcul du délai de bout en bout d'un message (délai de transfert) dans un réseau se compose de 4 parties :

Le délai de traitement

C'est le temps requis pour analyser un en-tête de paquets et décider où l'envoyer. Ceci peut inclure la vérification d'erreurs.

Le délai de la file d'attente

C'est le temps écoulé entre la mise en file d'attente d'un paquet et sa transmission

Le délai de transmission

C'est le temps requis pour faire passer tous les bits d'un paquet sur le support de transmission utilisé

Pour N le débit de la liaison, T la taille du paquet :

$$d_{\text{transmission}} = T/N$$

Le délai de propagation

Une fois un bit émis sur le support de transmission, c'est le temps requis pour qu'il se propage jusqu'à la fin de sa trajectoire physique. La vitesse de propagation du circuit dépend principalement de la longueur du circuit physique.

Dans la majorité des cas, cette vitesse est proche de celle de la lumière.

Pour d la distance, v la vitesse de propagation :

$$d_{\text{propagation}} = d/v$$

Exemple

- Un terminal envoie un fichier MP3 de 30 Mbits à destination d'un autre terminal.
- Tous les liens sur le chemin des paquets ont un débit de transmission N de 10 Mbps.
- Nous supposons que la vitesse de propagation est de 2×10^8 m/s et que la distance entre les deux terminaux est de 10 km.

En supposant que nous disposons d'un lien unique entre la source et la destination et que le fichier est envoyé en un seul paquet, sans délai de traitement et d'attente :

$$d_{\text{transmission}} = T/N$$

$$d_{\text{transmission}} = 30 / 100$$

$$d_{\text{transmission}} = 3 \text{ secondes}$$

$$d_{\text{propagation}} = d/v$$

$$d_{\text{propagation}} = 10 \times 10^3 / (2 \times 10^8)$$

$$d_{\text{propagation}} = 0,00005 \text{ secondes}$$

$$d_{\text{total}} = d_{\text{transmission}} + d_{\text{propagation}}$$

$$d_{\text{total}} = 3 + 0,00005$$

$$d_{\text{total}} = 3,00005 \text{ secondes}$$