

Les réseaux locaux d'entreprise

L'objectif de ce cours est de d'approfondir notre connaissance des réseaux locaux à travers l'étude de l'architecture des LAN d'entreprise.

Le contexte

La SSII qui vous avait précédemment contacté(e) fait de nouveau appel à vos services. Sa croissance rapide a poussé la société à louer trois étages de l'immeuble chacun contenant trois pièces hébergeant des stations, ainsi qu'une salle serveurs. Le nombre d'utilisateurs augmente, ainsi que la quantité d'informations échangées. Le réseau de l'entreprise devient un élément stratégique de son système d'information.

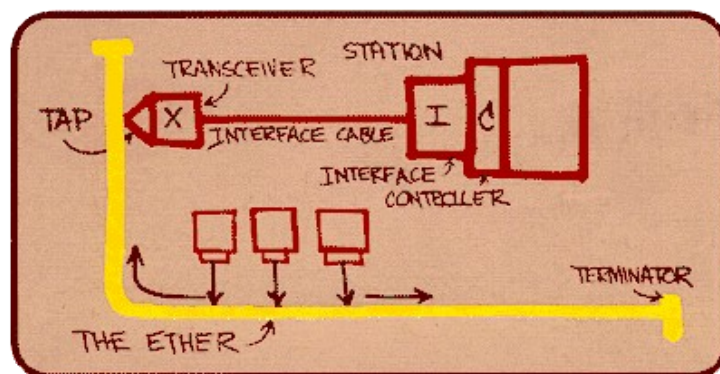
Aussi, la société vous demande d'étudier les technologies permettant d'assurer à son réseau local un niveau optimal de performance et de fiabilité.

Le protocole Ethernet

Il existe plusieurs normes concurrentes en matière de LAN, le standard étant de loin le protocole **Ethernet**.

Un peu d'histoire

L'histoire d'Ethernet commence au début des années 1970 dans un archipel hawaïen. Privés de tout réseau téléphonique, des chercheurs y ont créé un système de communication à base d'ondes radio de faible portée baptisé ALOHANET. Un jeune chercheur américain nommé Bob Metcalfe (futur fondateur de la société 3Com) a transposé les principes de ALOHANET pour créer le protocole réseau **Ethernet**. Ce nom vient de l'*éther luminifère*, à travers lequel les scientifiques pensaient à une époque que les ondes se propageaient.



Dessin du premier système Ethernet

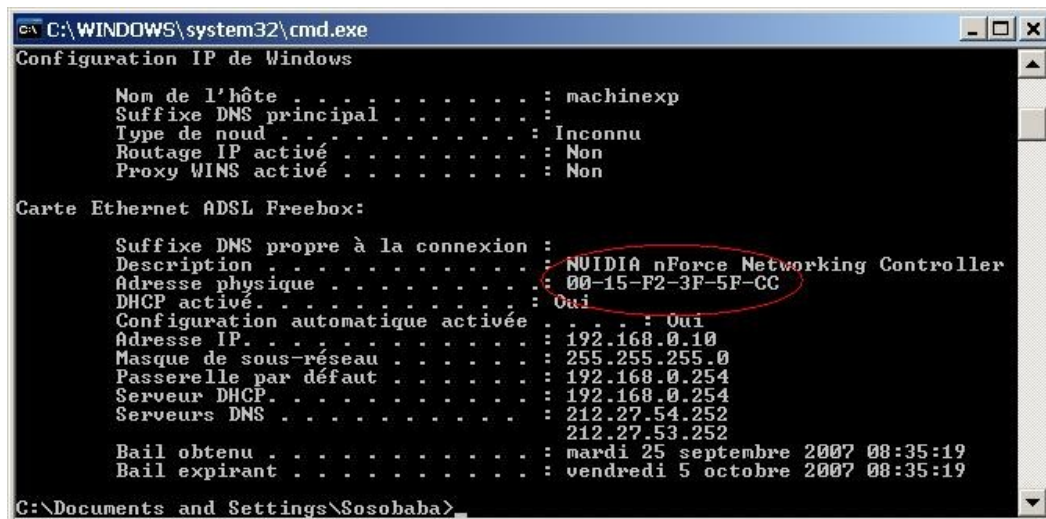
Le succès rapide de ce protocole a conduit à l'élaboration en 1978 d'un standard Ethernet à 10Mbit/s nommé **DIX** (du nom des entreprises partenaires : DEC, Intel, Xerox). Après cinq ans et des modifications mineures, il a été normalisé par l'IEEE sous le nom **IEEE 802.3**.

Principe de fonctionnement

Dans un LAN Ethernet, chaque station connectée reçoit l'intégralité du trafic : c'est le principe de la **diffusion**. Le canal de communication est partagé entre toutes les machines.

Adressage des stations

Au sein d'un réseau Ethernet, chaque station est identifiée par l'adresse de sa carte réseau, appelée **adresse MAC** (*Medium Access Control*) ou parfois adresse physique. Chaque adresse MAC est mondialement unique. Elles sont attribuées aux fabricants de matériel par l'IEEE.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Configuration IP de Windows

Nom de l'hôte . . . . . : machinexp
Suffixe DNS principal . . . . . :
Type de noud . . . . . : Inconnu
Routage IP activé . . . . . : Non
Proxy WINS activé . . . . . : Non

Carte Ethernet ADSL Freebox:

Suffixe DNS propre à la connexion :
Description . . . . . : NVIDIA nForce Networking Controller
Adresse physique . . . . . : 00-15-F2-3F-5F-CC
DHCP activé . . . . . : Oui
Configuration automatique activée . . . . . : Oui
Adresse IP . . . . . : 192.168.0.10
Masque de sous-réseau . . . . . : 255.255.255.0
Passerelle par défaut . . . . . : 192.168.0.254
Serveur DHCP . . . . . : 192.168.0.254
Serveurs DNS . . . . . : 212.27.54.252
                        212.27.53.252

Bail obtenu . . . . . : mardi 25 septembre 2007 08:35:19
Bail expirant . . . . . : vendredi 5 octobre 2007 08:35:19

C:\Documents and Settings\Sosobaba>
```

Visualisation de l'adresse MAC sous Windows avec la commande `ipconfig /all`

Une adresse MAC est constituée de 6 octets variant de 0 à 255. Elle est souvent donnée sous sa forme hexadécimale. Dans l'exemple ci-dessus, l'adresse MAC de la carte réseau est **00:15:F2:3F:5F:CC**. L'adresse de *broadcast* est **FF:FF:FF:FF:FF:FF**.

En théorie, combien existe-t-il d'adresses MAC différentes ?

Une adresse est codée sur 6 octets, soit 48 bits. Il existe potentiellement 2^{48} adresses possibles, soit environ 281 000 milliards d'adresses.

Remarque : d'autres protocoles réseau comme Wifi ou Token Ring utilisent également des adresses MAC.

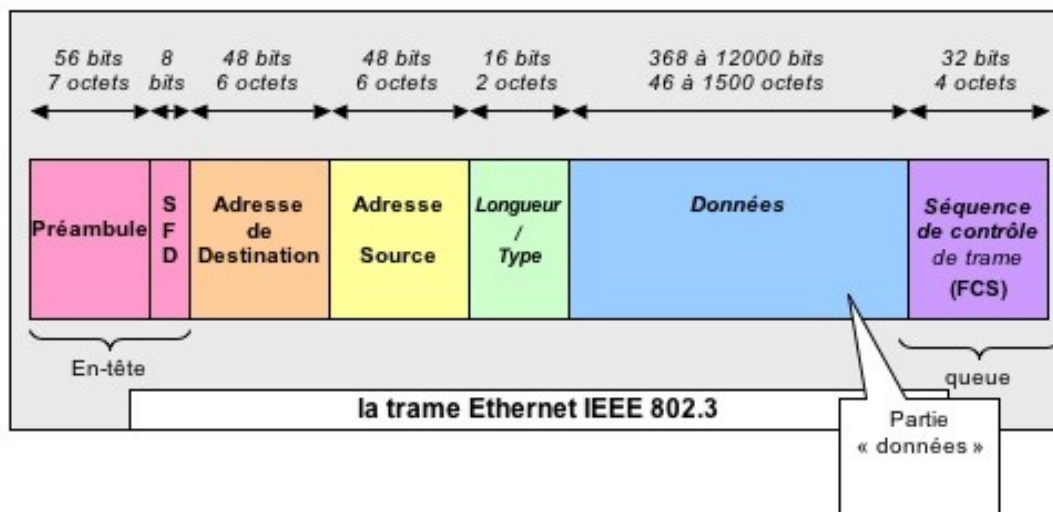
La trame Ethernet

Les informations échangées sur un réseau Ethernet circulent sous la forme de **trames** (*frames*). Une trame est un bloc d'information véhiculé au travers d'un support physique (cuivre, fibre optique...). Toute information à transmettre (par exemple, un fichier de plusieurs mégaoctets) est scindée en une multitude d'éléments insérés dans des trames. Ces trames circulent sur le réseau de l'expéditeur au destinataire, qui doit reconstruire l'information à partir des trames reçues.

Quels sont les intérêts du découpage en trames ?

- Cela évite de monopoliser le réseau en cas de transmission d'informations volumineuses.
- En cas d'incident réseau, seules les trames perdues sont à retransmettre.

Une trame Ethernet possède une structure précise constituée de plusieurs **champs**.



Nom du champ	Taille en octets	Rôle
Préambule	7	Synchronisation temporelle entre émetteur et récepteur
SFD (<i>Start Frame Delimiter</i>)	1	Repérage du début de la trame
Adresse de destination	6	Identification du destinataire
Adresse source	6	Identification de l'émetteur
Longueur/Type (*)	2	Type ou longueur du champ Données
Données	Entre 46 et 1500	Données transportées par la trame
FCS (<i>Frame Check Sequence</i>)	4	Contrôle de la validité de la trame

(*) Il existe deux formats de trame Ethernet. A l'origine (Ethernet DIX), le champ Type identifiait le type de donnée véhiculée. Depuis la normalisation 802.3, le champ Longueur précise la longueur de la partie données de la trame. Les deux formats cohabitent toujours : une valeur du champ supérieure à 1500 permet d'identifier une trame au format DIX.

Architectures Ethernet

Au fur et à mesure et son évolution, la norme Ethernet a été mise en oeuvre au travers de différentes architectures. Leur point commun : Ethernet étant basé sur le partage du canal de transmission entre toutes les stations, le problème des accès simultanés à ce canal doit être résolu..

Architecture en bus

Les premières techniques de câblage reposaient sur l'utilisation d'un câble coaxial épais (**10Base5** ou *Thick Ethernet*), puis d'un câble Ethernet fin (**10Base2** ou *Thin Ethernet*). Dans les deux cas, un transceiver (appelé parfois MAU, Medium Access Unit) était intercalé entre la machine et le support d'émission/réception. Ces versions emploient une topologie de type bus.



Depuis ses origines, Ethernet dispose d'un mécanisme permettant de gérer les collisions de trames : c'est le protocole **CSMA/CD** (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*). Son fonctionnement est assez simple et s'inspire d'une discussion ordinaire, par exemple une réunion entre plusieurs personnes ou un repas de famille.

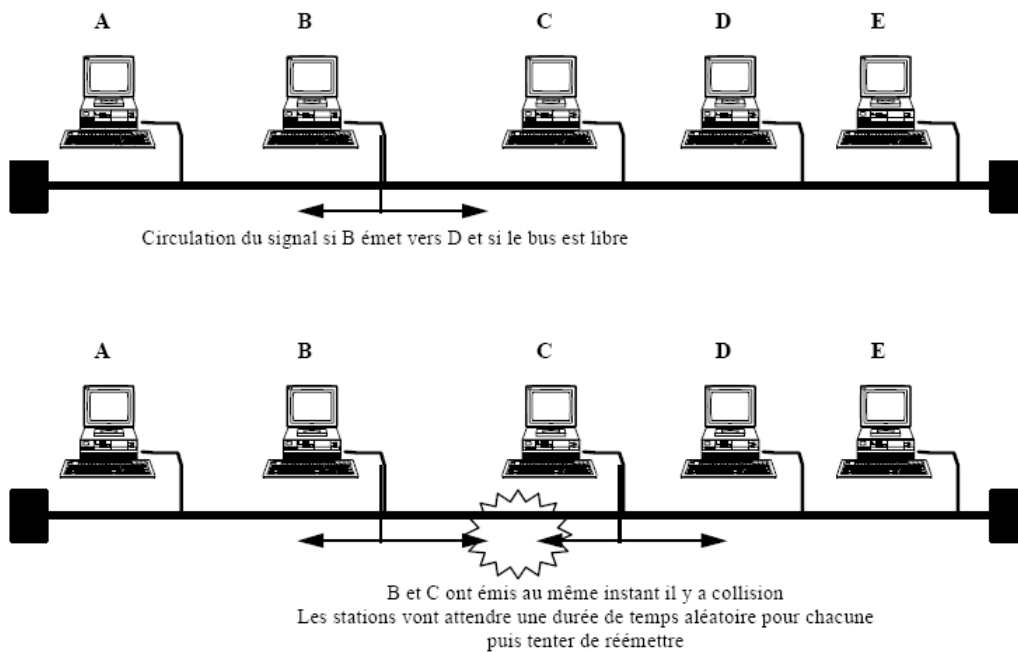
Comment s'organise la discussion dans une réunion ou un repas ?

Avant de parler, chaque personne attend que plus personne ne parle. Si deux personnes commencent à parler en même temps, elles s'arrêtent et attendent un court temps aléatoire avant de tenter de reprendre la parole.

L'algorithme de CSMA/CD est le suivant :

1. Si le média n'est pas utilisé, commencer la transmission, sinon aller à l'étape 4
2. *[transmission de l'information]* Si une collision est détectée, émettre une trame de bourrage (*jam frame*) pour s'assurer que tous les postes détectent la collision, puis aller à l'étape 4
3. *[fin d'une transmission réussie]* Indiquer la réussite et sortir du mode de transfert.
4. *[câble occupé]* Attendre jusqu'à ce que le fil soit inutilisé.
5. *[le câble est redevenu libre]* Attendre pendant un temps aléatoire, puis retourner à l'étape 1, sauf si le nombre maximal d'essais de transmission a été dépassé.
6. *[nombre maximal d'essais de transmission dépassé]* Annoncer l'échec et sortir du mode de transmission.

Chaque station "écoute" donc le câble en permanence, même en émettant.



Que se passe-t-il en cas d'accroissement du volume de trafic sur le réseau ?

Plus il y a de communications sur le réseau, plus le risque de collisions augmente et plus le ralentissement des transmissions est sensible.

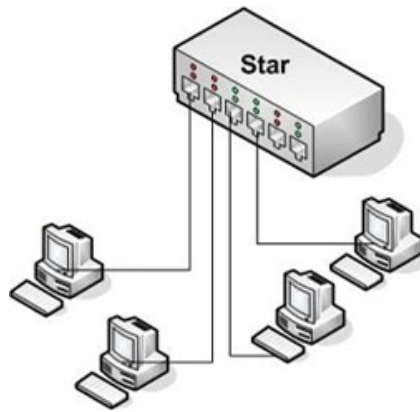
Un réseau Ethernet en bus forme un unique domaine de **collision**.

Qu'est-ce qu'un domaine de collision ?

Il désigne une partie du réseau où des collisions peuvent se produire.

Architecture en étoile avec un concentrateur

Les limites de l'Ethernet en bus (difficulté de détection des ruptures de câble...) ont conduit à la création d'une autre méthode d'interconnexion en **étoile**.



Cette topologie est basée sur l'utilisation d'un élément central, un **concentrateur** (*hub*) ou un **commutateur** (*switch*). Chaque station y est relié par l'intermédiaire d'un câble à paires de cuivre torsadées. C'est la topologie utilisée par les normes **10BaseT**, **100BaseT** et **1000BaseT**.

Le fonctionnement d'un concentrateur est simple : tout signal reçu sur l'un de ses ports est envoyé sur tous les autres ports. Un concentrateur est donc un **répéteur multiport**. Sa bande passante (10 ou 100 Mbits/s) est partagée entre tous ses ports.

Un concentrateur gère-t-il différemment une trame unicast d'une trame de broadcast ?

Aucune différence, une trame *unicast* est traitée comme une trame de *broadcast*.

Conséquence : un réseau utilisant un concentrateur a une **topologie physique** (disposition du matériel) en étoile, mais sa **topologie logique** (circulation des informations) est en **bus**.

Lorsqu'une collision se produit, le concentrateur la **diffuse** sur tous ses ports. Toutes les stations reliées à un concentrateur forment donc **un** domaine de collision identique au domaine de diffusion. Le problème s'aggrave lorsque plusieurs concentrateurs sont reliés en cascade, à l'aide d'un câble croisé ou d'un port spécial appelé port **uplink**. Le nombre de collisions diffusées augmente jusqu'à saturer le réseau. On considère qu'un maximum de **quatre** concentrateurs peuvent être cascades.

Qu'est-ce qu'un domaine de diffusion ?

C'est la partie d'un réseau parcourue par une trame de diffusion (*broadcast*).

Architecture en étoile avec un commutateur

Cette architecture repose sur la même topologie que la précédente, avec cette fois l'utilisation d'un **commutateur** comme élément central. Tout comme un concentrateur, un commutateur permet de relier plusieurs stations entre elles. Son fonctionnement est cependant très différent. Il maintient en mémoire interne une table d'association entre **adresses MAC** et **ports**, ce qui lui permet de découvrir petit à petit la topologie du réseau. Il utilise cette table pour commuter toute trame reçue sur le port correspondant à l'adresse MAC de son destinataire. Un commutateur est

également appelé **pont multiport**.



Exemple de commutateur

Que fait un commutateur d'une trame dont l'adresse de destination ne figure pas dans sa table ?

Ne sachant pas où l'envoyer, il la diffuse sur tous ses autres ports.

Toute adresse MAC non "vue" par le commutateur (aucune trame reçue avec cette adresse d'expéditeur) depuis plus d'un certain temps (15 à 30 secondes) est effacée de la table d'association.

Quelle est l'utilité de ce mécanisme ?

Il permet une gestion dynamique du réseau. Il est possible de rajouter ou de déplacer des machines, le commutateur mettra automatiquement sa table à jour avec la nouvelle topologie.

La transmission des trames peut s'opérer de plusieurs manières.

- En mode **on the fly** (ou *cut through*), la trame est transmise dès lecture de son adresse de destination sans détection d'erreur. Ce type de commutateur est plus rapide mais propage les trames erronées.
- En mode **store and forward**, la trame est mise en tampon et vérifiée (champ FCS) avant commutation.

Contrairement à un concentrateur, un commutateur offre une bande passante dédiée (10, 100 ou 1000 Mbit/s) pour chacun de ses ports. Une autre différence est que le commutateur (même en mode *on the fly*) vérifie que le câble est libre avant de réémettre une trame. Un commutateur ne propage pas les collisions et délimite **un** domaine de **collision** par port. On parle de **segmentation** du réseau.

Une station directement reliée à un port de commutateur forme un micro-segment où aucune collision ne peut se produire. Dans ce cas, l'écoute pendant l'émission (pour détecter une éventuelle collision) n'est plus nécessaire. On peut donc envoyer et recevoir simultanément : c'est le mode **full duplex**.

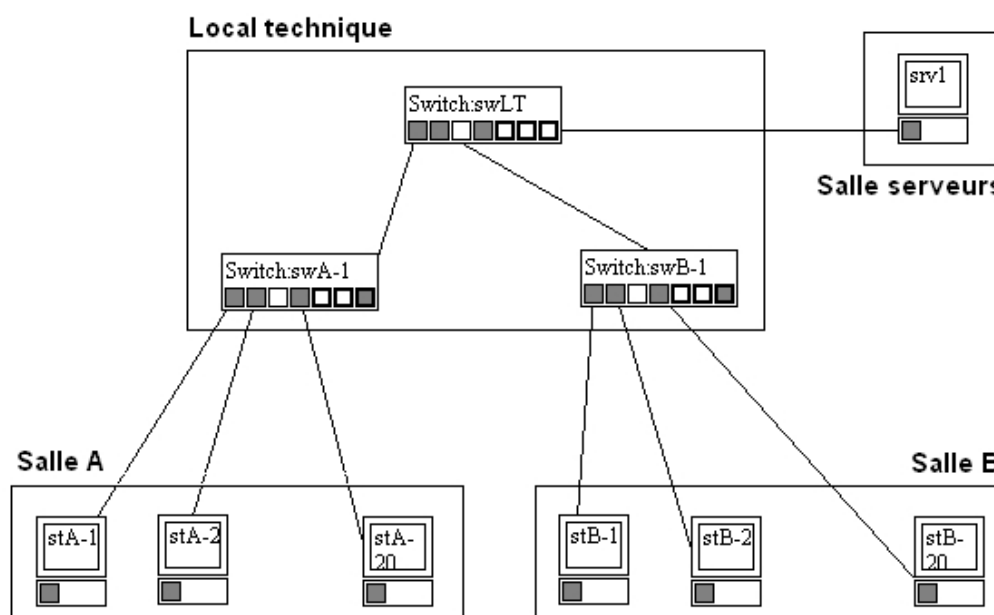
Construction d'un LAN d'entreprise avec Ethernet

Un réseau local d'entreprise est rarement aussi simple que les exemples précédents. Par exemple, la SSII souhaite interconnecter trois étages, chacun contenant trois pièces hébergeant des stations, ainsi qu'une salle serveurs. Les besoins en bande passante peuvent donc varier d'un matériel à l'autre.

Mise en place d'un réseau fédérateur

L'architecture à mettre en place dépend de nombreux facteurs : existant, évolutions prévues... La solution qui s'impose à l'heure actuelle consiste à mettre en place un **réseau fédérateur** (*backbone*) basée sur une **architecture entièrement commutée**.

Un réseau fédérateur repose sur une topologie en étoile à plusieurs niveaux. On parle de topologie en **arbre**.

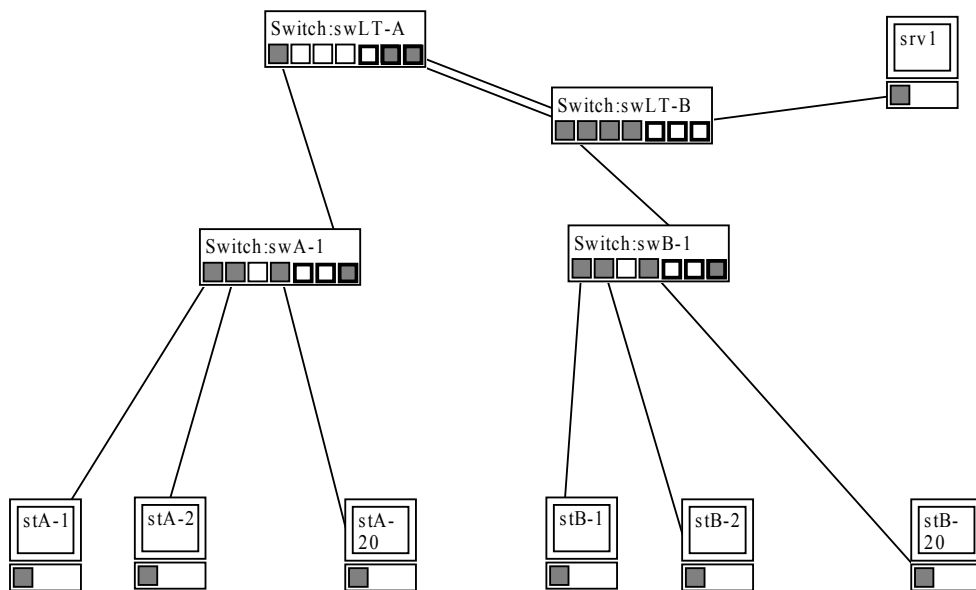


Exemple de topologie en arbre

Quels sont les avantages de l'architecture entièrement basée sur des commutateurs ?

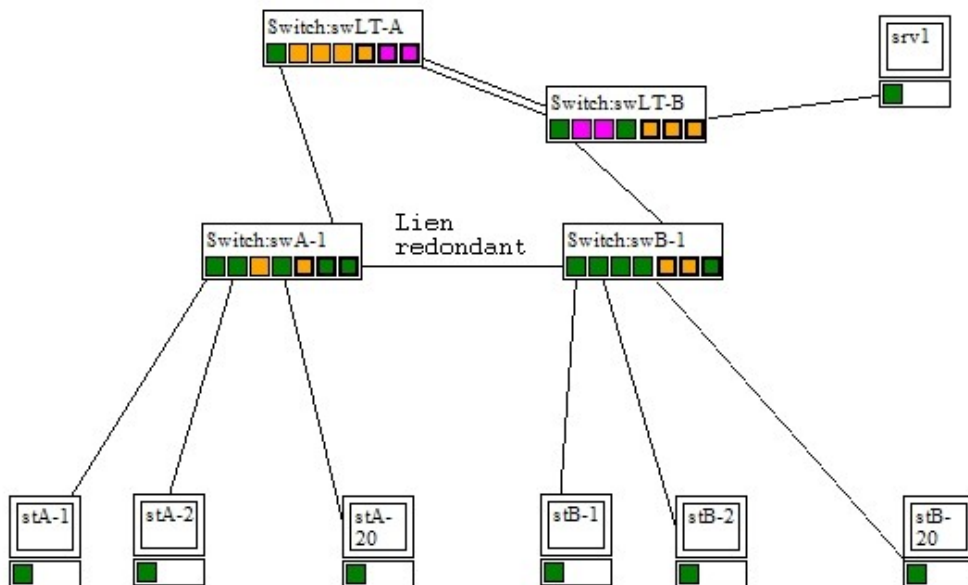
- **absence de collisions**
- **segmentation du réseau**
- **optimisation du trafic**
- **mode full duplex possible**

Pour améliorer les performances, il est possible d'agréger plusieurs ports pour relier les commutateurs afin d'augmenter le débit sur ce segment : c'est le **port trunking**.



Gestion de la continuité de service

Afin de parer aux éventuelles pannes (coupure électrique, débranchement intempestif d'un câble...), il est possible de construire une architecture **redondante** avec des équipements de secours.



Un réseau redondant comporte nécessairement des boucles. Chaque commutateur va alors élire un seul chemin parmi ceux possibles pour faire circuler les trames. Cet algorithme porte le nom de **spanning tree** ("arbre recouvrant"), normalisé sous le nom **802.1d**. Il est basé sur l'affectation de **coûts** à chacun des ports et l'échange de trames BPDU (*Bridge Protocol Data Unit*) entre les commutateurs. Grâce à ce mécanisme, les liaisons redondantes sont invalidées quand

elles ne sont pas utiles et validées en cas de rupture d'une liaison.

Le mécanisme du *spanning tree* est illustré en détail à l'adresse suivante :

http://www.cisco.com/warp/public/473/spanning_tree1.swf

Conclusion

Ethernet existe depuis bientôt 30 ans et n'a à l'heure actuelle aucun concurrent sérieux. Il est donc fort probable que son exploitation se prolonge encore longtemps. Dans un monde informatique en perpétuelle (r)évolution, peu de standards ont connu un succès aussi durable.