

Chapitre 4

Réseaux locaux

Un réseau local est un ensemble de moyens autonomes de calcul (micro-ordinateurs, stations de travail ou autres) reliés entre eux pour s'échanger des informations et partager des ressources matérielles (imprimantes, espace disque...) ou logicielles (programmes, bases de données...). Ils utilisent des protocoles simples car les distances couvertes sont courtes (de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres) et les débits importants (jusqu'à plusieurs centaines de Mbit/s). Ces réseaux sont souvent appelés RLE (Réseaux Locaux d'entreprise), car ils répondent, le plus, aux besoins des entreprises

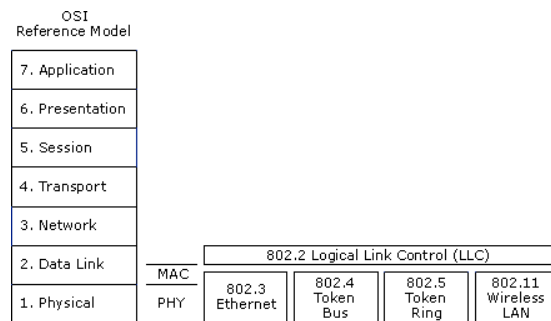
4.1 Standardisation

Le comité 802 de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), essentiellement constitué de représentants des constructeurs américains, s'est occupé de l'architecture des réseaux locaux. Plusieurs documents définissent l'architecture proposée :

- Le standard 802.1 définit le contexte général des réseaux locaux informatiques.
- Le standard 802.2 définit la couche Liaison de données.
- Les standards 802.3, 802.4, 802.5 et 802.6 définissent différents protocoles d'accès au support, pour plusieurs types de supports physiques : paire métallique, câble coaxial ou fibre optique.
- Le standard 802.11 définit un protocole d'accès pour les réseaux locaux sans fil (WLAN, Wireless LAN).

Par rapport au modèle OSI, l'architecture normalisée dans les réseaux locaux découpe la couche Liaison en deux sous-couches : MAC (Medium Access Control) et LLC (Logical Link Control). La première règle l'accès au support partagé. Elle filtre les trames reçues pour ne laisser passer que celles réellement destinées à l'équipement concerné. La seconde

gère l'envoi des trames entre équipements, quelle que soit la technique d'accès au support.



4.2 Topologies des réseaux locaux

La topologie d'un réseaux définit la manière selon laquelle sont reliés ses différents composants entre eux. Les réseaux locaux utilisent les topologies de base comme le bus, l'anneau et l'étoile ou des combinaisons de celles-ci (étoile de bus, grappe d'étoiles...). Il faut distinguer la topologie physique de la topologie logique. La première caractérise la manière dont est réalisé le câblage du réseau local (la structure des chemins de câbles, le type de raccordement...); la seconde décrit comment on attribue le droit à la parole entre toutes les stations. La topologie logique définit la méthode d'accès au support (ou niveau MAC) utilisée.

4.2.1 Topologies physiques

Il existe trois topologies physiques de base :

4.2.1.1 Topologie en bus

La topologie en bus consiste à utiliser un long câble, sur lequel les différents équipements se raccordent en série, pour qu'il n'y ait qu'un seul chemin sans boucle entre deux équipements du réseau local. Chaque station peut accéder à tout moment au support commun pour émettre. Les données sont diffusées à toutes les stations.



4.2.1.2 Topologie en anneau

Dans la topologie en anneau, chaque station est connectée au support par un port d'entrée et transmet les données à la station suivante par son port de sortie. Les différentes stations sont reliées en cascade et les données circulent d'une station à l'autre, toujours dans le même sens : chaque station traversée prend le message, l'analyse puis le retransmet sur son port de sortie.



L'anneau manque de fiabilité en cas de rupture du support. On le double parfois pour réaliser deux anneaux qui peuvent transmettre soit dans le même sens soit en sens inverse. La seconde solution est préférable car elle permet de reconstituer le réseau, même en cas de rupture des deux anneaux au même endroit.

4.2.1.3 Topologie en étoile

La topologie en étoile est, en fait, la généralisation des liaisons point à point : chaque équipement est relié par une liaison spécifique à un équipement central.

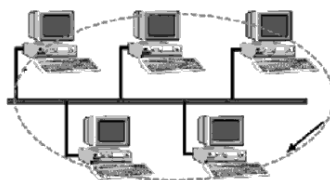


4.2.2 Topologie Logique

La topologie logique s'appuie sur la manière dont les équipements échangent leurs données sur le réseau local. Elle ne dépend que du niveau MAC choisi et non de la façon

de raccorder les équipements entre eux. Pratiquement, deux topologies logiques sont à considérer : le bus et l'anneau.

On peut en effet utiliser différentes topologies physiques pour réaliser une topologie logique donnée. Par exemple, une topologie logique en anneau peut utiliser un câblage physique en bus :



4.3 Constituants d'un réseau local

Architecture informatique dédiée à l'échange d'information et au partage de ressources physiques, un réseau local est essentiellement constitué par :

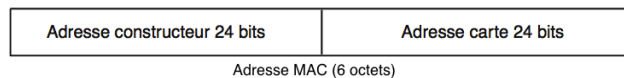
1. un câblage reliant les différents nœuds selon une certaine topologie ;
2. une méthode d'accès au support pour assurer son partage ;
3. une méthode d'adressage pour identifier chaque nœuds ;
4. un ensemble cohérent de protocoles(pile) pour permettre la communication ;
5. un système d'exploitation spécifique (NOS, Network Operating System) capable de prendre en charge les périphériques distants partagés et d'en contrôler l'utilisation (administration et sécurité) ;
6. un ensemble de programmes utilisant les ressources mises en commun.

4.4 Sous couche MAC

4.4.1 Adressage

Dans les réseaux locaux, l'adresse utilisée est une adresse physique qui se gère au niveau du matériel. Elle possède un format défini par l'IEEE sur 48 bits. Ce format constitue l'adressage universel des équipements : il correspond à un numéro de série dont un premier champ de 24 bits donne le constructeur de la carte (champ attribué par l'IEEE). Le second champ de 24 bits, librement choisi par le constructeur, est le numéro de la carte elle-même. De cette façon, toute carte réseau d'un ordinateur possède une adresse physique unique

dans le monde. Le format universel est généralement appelé adresse MAC, du nom de la couche.



L'adresse MAC est généralement représentée par six valeurs hexadécimales séparées par ":", par exemple : "52:54:05:fd:de:e5". Une adresse avec tous les bits à 1 est utilisée pour la diffusion vers toutes les stations du réseau.

L'adresse MAC est utilisée par les machines dans un LAN pour se reconnaître. Une machine qui trouve son adresse MAC dans un message, elle le récupère et l'utilise, sinon elle l'ignore.

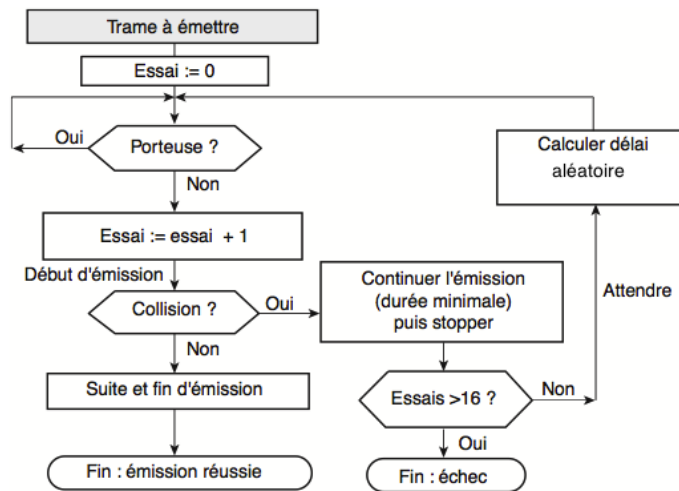
4.4.2 Techniques d'accès au support

Dans un réseau local, les machines partagent la même bande passante, ce qui nécessite une technique d'arbitrage pour résoudre les conflits. Les constructeurs informatiques ont proposé de nombreuses techniques d'accès :

4.4.3 CSMA/CD

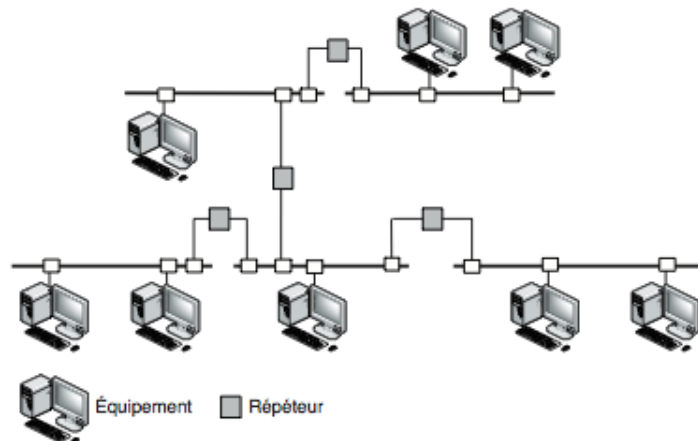
CSMA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), est une technique d'accès dite aléatoire. Le principe de base repose sur la diffusion des messages à toutes les stations (réseau à diffusion). Lorsqu'une station désire émettre, elle écoute le réseau, si aucun message n'est en cours de diffusion (silence) elle émet, sinon, elle diffère son émission jusqu'à ce que le support soit libre (attente active). Cette méthode ne peut garantir que deux stations n'émettront simultanément leur message. Dans ce cas, chaque message est pollué par l'autre (collision) et devient inexploitable.

Pour détecter les collisions, chaque station écoute le support durant son émission pour une durée égale au moins la durée d'aller retour du signal entre les deux stations les plus éloignées. Si elle détecte une perturbation de son message, elle arrête son émission et arme un temporisateur aléatoire. À l'échéance du temporisateur la station écoute le support, s'il est libre, elle retransmet le message tout en surveillant son émission (détection de collision). L'organigramme suivant illustre le principe de la méthode CSMA/CD :

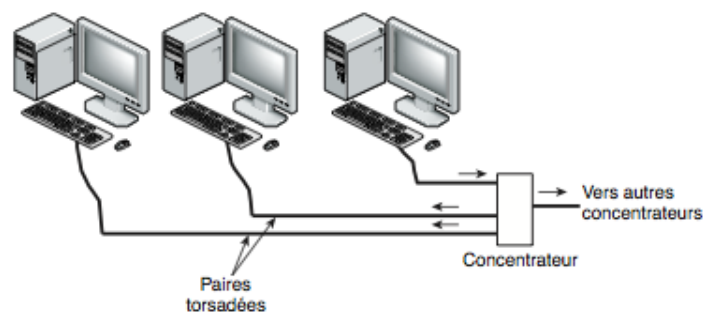


4.4.3.1 Réseaux Ethernet

Ethernet est d'une des applications réussies de la technique CSMA/CD. C'est un protocole de réseaux locaux développée par Xerox en 1976. Il a été normalisé par la suite par IEEE sous la norme 802.3 et représente aujourd'hui la technologie la plus utilisée. Un réseau Ethernet (IEEE 802.3) utilise une transmission en bande de base avec un code Manchester sur un bus physique en RJ45 ou câble coaxial, organisé en un ou plusieurs segments.



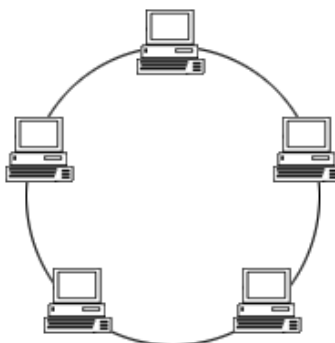
Afin que tous les équipements reçoivent un signal de puissance suffisante, la longueur de chaque segment est limitée. Pour des longueurs supérieures, il faut utiliser des répéteurs (hubs ou concentrateur), qui décodent et amplifient les signaux reçus sans les interpréter.



Le réseau Ethernet est une solution rapide et peu coûteuse, destinée principalement à la bureautique. La force de Ethernet est dans sa simplicité : il n'y a aucun équipement centralisant le contrôle du réseau. L'ajout et le retrait d'un équipement se font sans interruption de fonctionnement, que ce soit avec un câblage en bus ou en étoile sur le concentrateur. Si le trafic est faible, l'accès au support est quasiment immédiat. En revanche, le réseau supporte mal les fortes charges qui peuvent provoquer un effondrement du débit utile, car le temps d'accès au support n'est pas borné.

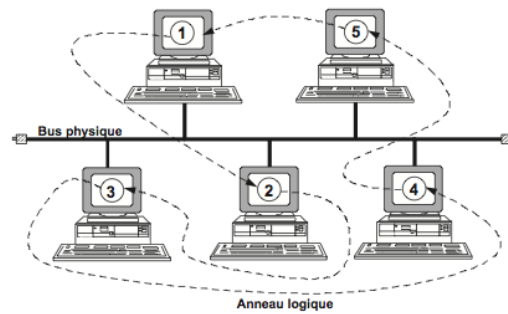
4.4.4 Token Ring

L'anneau à jeton (en anglais token ring) est une technologie d'accès au réseau basé sur le principe de la communication au tour à tour, c'est-à-dire que chaque ordinateur du réseau a la possibilité de parler à son tour. C'est un jeton (un paquet de données), circulant en boucle d'un ordinateur à un autre, qui détermine quel ordinateur a le droit d'émettre des informations. Lorsqu'un ordinateur est en possession du jeton il peut émettre pendant un temps déterminé, après lequel il remet le jeton à l'ordinateur suivant.



Cette technique est utilisée également sur un réseau en bus, le jeton, circule de la station de plus faible adresse à celle de plus forte adresse, formant ainsi un anneau virtuel sur le

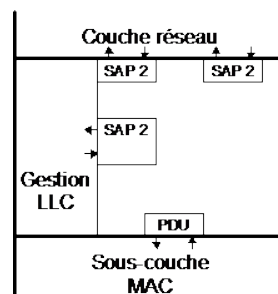
bus (anneau logique/bus physique).



Puisque le nombre de stations est connu, le temps d'accès d'une station au réseau peut être borné et la technique est dite déterministe. Généralement, cette technique est utilisée dans les réseaux industriels.

4.5 Sous couche LLC

La sous couche LLC (Logical Link Control) permet un ensemble de fonctions de services entre la sous couche MAC et les couches supérieures. Elle masque à la couche supérieure le type de réseau utilisé (Ethernet, Token Ring...). Les services de la sous-couche LLC sont accessibles à partir d'un point d'accès LSAP (Link Service Access Point ou point d'accès au service de liaison). Pour distinguer les deux extrémités de la relation, ces points sont respectivement appelés DSAP pour la machine destination (Destination Service Access Point) et SSAP pour la machine source (Source Service Access Point).



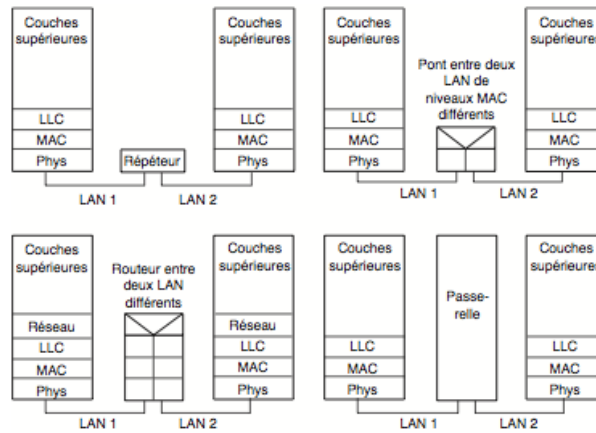
Les unités de données délivrées par ou à la couche supérieure forment des LSDU (Link Service Data Unit), celles-ci transmettent à la couche liaison les informations nécessaires à l'envoi des données (adresses MAC source et destination, niveau de priorité, données...). Les sous-couches LLC s'échangent des LPDU (Link Protocol Data Unit) dont le format est similaire à celui des trames d'HDLC

La sous couche LLC offre, selon les besoins, trois types de services : LLC1, LLC2 et LLC3.

1. **LLC1** fournit un service simple sans connexion ni contrôle, en point à point, en multipoint ou en diffusion. C'est le protocole le plus courant dans les réseaux locaux informatiques. Il se réduit pratiquement à une seule trame : UI (Unnumbered Information), trame d'information non numérotée, correspondant à la notion de datagramme. Le service rendu par le protocole LLC1 est minimal : il se contente de formater les messages à émettre et de leur ajouter un bloc de contrôle d'erreur. Le récepteur vérifie le bloc de contrôle et détruit les messages reçus erronés. Il n'y a aucun accusé de réception, ni aucune demande de retransmission. Un tel fonctionnement est acceptable dans l'environnement des réseaux locaux car les distances ainsi que les taux d'erreur sont très faibles. Les messages manquants sont éventuellement détectés puis réémis au niveau de la couche Transport.
2. **LLC2** assure un service avec connexion entre deux points d'accès et possède les fonctionnalités complètes du niveau Liaison du modèle OSI (contrôle de flux et contrôle d'erreur). C'est un protocole complet, analogue à la norme HDLC.
3. **LLC3**, adapté au monde des réseaux industriels, rend un service sans connexion avec acquittement. Il ajoute à LLC1 la notion d'accusé de réception. Dans les réseaux locaux industriels ou la commande de processus, il est important de garantir la fiabilité des transmissions, d'où l'idée d'un protocole sans connexion qui permette la bonne réception des messages sans la lourdeur imposée par la gestion des connexions.

4.6 Interconnexion des LANs

Physiquement, deux réseaux ne peuvent être reliés que par l'intermédiaire d'un équipement connecté à chacun d'eux, sachant acheminer des messages de l'un à l'autre. Plusieurs dispositifs d'interconnexion se mettent en place, selon le degré de similitude des réseaux. L'équipement d'interconnexion peut être selon les cas un répéteur (concentrateur), un pont (commutateur), un routeur ou une passerelle

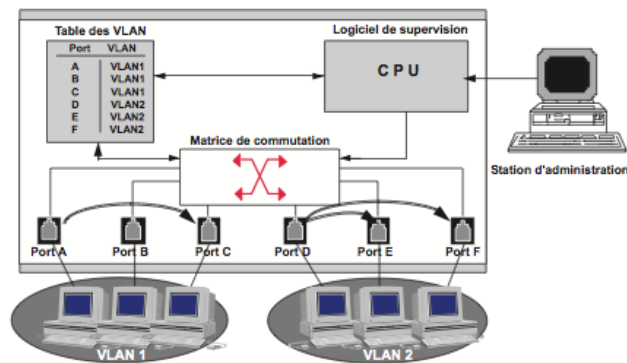


- **Répéteur** : réalise une connexion physique entre deux segments d'un même réseau logique. Agissant au niveau physique, les réseaux interconnectés doivent être homogènes. Un répéteur ne fait que retransmettre d'un côté les bits reçus sur l'autre, il agit par diffusion. Le nombre de répéteurs maximum dans un réseau est généralement limité à quelques répéteur lié au temps de transmission global de la trame. Le concentrateur (hub) est un répéteur multiport.
- **Pont** : (ou bridge) est un élément d'interconnexion de niveau 2. Ils permet d'interconnecter deux ou plusieurs réseaux (ponts multiports ou switch) dont les couches physiques sont dissemblables. Un pont stocke les trames et les analyse pour les envoyer à leurs destinations. Il permet de scinder un réseau local en deux et réduire ainsi le trafic dans chaque partie.
Des algorithmes très poussés sont implémentés dans les switchs basés sur l'apprentissage qui permettent de construire des tables de correspondances entre les adresses des stations et les différentes sorties du switch.
- **Routeur** : (routers) sont destinés à relier plusieurs réseaux de technologies différentes. Ils opèrent essentiellement au niveau de la couche 3 du modèle OSI, c'est-à-dire qu'ils assurent le routage des informations à travers l'ensemble des réseaux interconnectés. Le routeur possède au moins deux interfaces réseau et contient un logiciel très évolué, administrable à distance.
- **Passerelle** : (gateway) opère sur les sept couches du modèle OSI et effectue les conversions nécessaires pour interconnecter des réseaux totalement différents n'utilisant pas les mêmes protocoles de communications. Une passerelle est dans la majorité des cas constituée d'un ordinateur doté de deux cartes réseaux et un logiciel spécifique pour convertir les données entre les deux réseaux.

4.7 Réseaux locaux virtuels (VLAN)

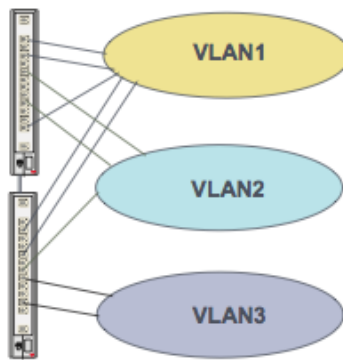
Les réseaux locaux virtuels ou VLAN (Virtual LAN) sont des réseaux logiques indépendants les uns des autres qui sont définis en fonction des centres d'intérêt de leurs utilisateurs, et non en fonction de la situation géographique des équipements.

Un réseau virtuel regroupe une communauté d'utilisateurs répartis dans toute l'entreprise, comme s'ils appartenaient au même réseau physique. Les échanges à l'intérieur d'un VLAN sont sécurisés et les communications entre VLAN contrôlées. Par exemple, le réseau virtuel réservé à la direction de l'entreprise fournit un espace de communication sécurisé à l'équipe directoriale. Ce réseau est logiquement distinct du réseau virtuel affecté aux services de production, même si les machines des deux départements sont reliées physiquement aux mêmes commutateurs.

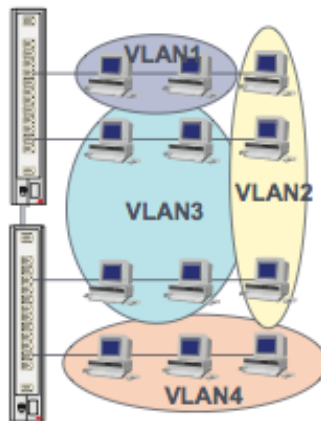


En définissant des domaines de diffusion (domaine de broadcast) indépendamment de la situation géographique des systèmes, les VLAN autorisent une répartition et un partage optimal des ressources de l'entreprise.

- On utilise plusieurs techniques de différenciation des équipements pour créer un VLAN.
- La première opère au niveau physique c-à-d niveau des ports du commutateur : un sous-ensemble des ports correspond à un VLAN donné. Cette solution a l'inconvénient de ne pas gérer la mobilité des utilisateurs.



- La deuxième opère au niveau MAC 2 : elle consiste à identifier les équipements d'un VLAN par leurs adresses MAC, quel que soit le port du commutateur sur lequel l'équipement est raccordé. Cette solution est plus souple que la précédente, mais elle lie encore l'appartenance à un VLAN particulier au matériel utilisé.



- La troisième opère au niveau Réseaux 3 en utilisant les adresses IP.

Le commutateur contient une table de correspondance entre les VLAN et la liste des ports associés. Pour gérer le VLAN avec un maximum de souplesse (quelle que soit la technique de différenciation), il faut qu'il soit étiqueté (tagged), c'est-à-dire que les trames portent un identificateur du VLAN auquel elles appartiennent. Cette étiquette se résume par deux octets ajoutés dans la trame, selon les recommandations du comité 802 (standard 802.1Q).

4.8 Réseaux locaux sans fil WLAN

Les WLANs sont des réseaux locaux qui utilisent les ondes radio pour échanger les données. Selon l'utilisation on distingue deux types :

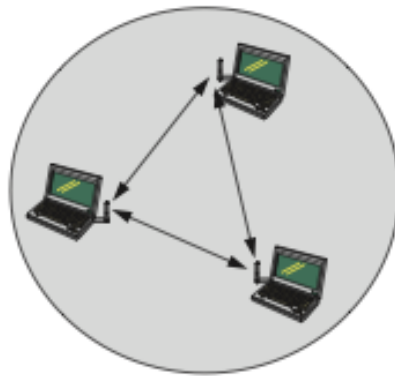
- réseaux sans fil (WPAN, Wireless Personal Area Network), reliant des téléphones, périphériques, etc. Standardisés par 802.15, ils sont plus connus sous le nom de Bluetooth.
- réseaux sans fil (WLAN) compatibles Ethernet, standardisés par 802.11 ;

Norme WLAN	Nom commercial	Débit théorique (Mbit/s)	Portée max
802.11a	Wi-Fi	54	40 m
802.11b	Wi-Fi	11	90 m
802.11g	Wi-Fi	54	70 m

4.8.1 Architecture des WLANs

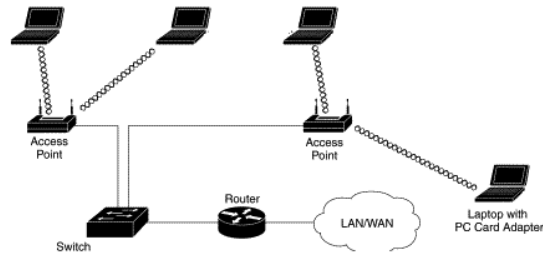
Deux modèles d'architecture sont à considérer : les réseaux ad-hoc et les réseaux à infrastructure.

- Dans les réseaux ad- hoc, les communications s'effectuent en point à point entre les stations. C'est le modèle de fonctionnement des WPAN. Les réseaux ad-hoc s'affranchissent de toute infrastructure. La communication à lieu directement de machine à machine. Une machine pouvant éventuellement servir de relais pour diffuser un message vers une station non vue (au sens électromagnétique du terme) par la station d'origine (routage).



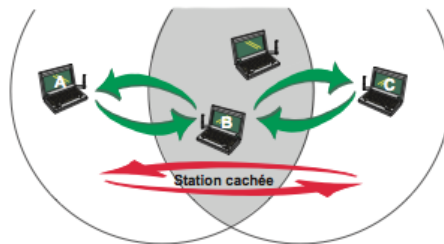
Actuellement, les réseaux ad-hoc ne fonctionnent qu'en mode point à point. Les protocoles de routage font l'objet de nombreuses recherches.

- Dans les réseaux à infrastructure, le réseau est géré par une ou plusieurs bases (ou bornes ou points d'accès). Lorsqu'un réseau comprend plusieurs bornes, celles-ci sont raccordées par un réseau Ethernet filaire. Les réseaux de la norme 802.11 en sont un exemple. Le réseau peut comporter une ou plusieurs cellules autonomes ou être le prolongement d'un réseau Ethernet traditionnel.



4.8.2 Technique d'accès

À l'instar d'Ethernet, les stations d'un réseau sans fil se partagent le même média. Le protocole CSMA utilisé dans les réseaux Ethernet n'est pas applicable tel quel, à cause du problème de la station cachée. Dans la figure suivante, un envoi de A vers B est en cours, si C veut émettre, il écoute le réseau et il le trouve libre. La station A est dite cachée par rapport à C.



La technique d'accès utilisé dans les WLANs est une version adaptée du CSMA, le CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, signifiant à prévention de collision). Une station qui veut émettre écoute le support (CSMA). Si le support est occupé, elle diffère son émission. Si le support est libre, elle émet un petit paquet (RTS, Request To Send) qui contient les adresses source et destination. Si le support est libre, la station destination répond (CTS, Clear To Send), le message comporte les mêmes informations que le RTS. Ainsi, la station C (station cachée de A) qui n'a pas reçu le message de A, reçoit celui de B qui comporte les mêmes informations, elle est donc informée de la demande de réservation de bande formulée par A. La probabilité de collision est d'autant plus faible que le message est court. À cet effet, la norme IEEE 802.11 introduit la segmentation au niveau MAC.