

Caractéristiques physiques des réseaux

Table des matières

1. Introduction.....	2
2. Réseaux personnels (PAN).....	3
3. Réseaux locaux (LAN).....	3
4. Réseaux métropolitains (MAN).....	5
5. Réseaux étendus (WAN).....	6
6. Interréseaux.....	9

Les réseaux sont nés du besoin d'échanger des informations de manière simple et rapide entre des machines. En d'autres termes, les réseaux informatiques sont nés du besoin de relier des terminaux distants à un site central puis des ordinateurs entre eux, et enfin des machines terminales, telles que les stations de travail à leur serveur.



1. Introduction

D'un point de vue général, on distingue deux types de technologies de transmission largement répandues : la **diffusion** et le **point-à-point**.

Les liens point-à-point connectent des paires de machines individuelles. Pour aller de sa source à sa destination sur un réseau formé de tels liens, un court message, appelé paquet dans certains contextes, peut devoir transiter par une ou plusieurs machines intermédiaires. Comme plusieurs routes de longueur différente sont souvent possibles, il est important de pouvoir trouver les meilleures. La transmission point-à-point entre exactement un émetteur et un destinataire est appelée envoi individuel ou parfois diffusion individuelle (ou unicast).

En revanche, dans un réseau à diffusion (broadcast) un seul canal de transmission est partagé par tous les équipements : les paquets sont reçus par toutes les machines. Dans chaque paquet, un champ d'adresse permet d'identifier le destinataire réel. À réception d'un paquet, une machine lit ce champ et procède au traitement du paquet si elle reconnaît son adresse, ou l'ignore dans le cas contraire.

Un réseau sans fil est un exemple courant de réseau à diffusion, avec des communications partagées dans une zone de couverture qui dépend du canal sans fil et de la machine émettrice. Par analogie, imaginez qu'un responsable de service se tienne dans un couloir donnant sur de nombreux bureaux ouverts et appelle quelqu'un par son nom. Bien que toutes les personnes présentes l'entendent, une seule répondra à l'appel et les autres l'ignoreront.

Les systèmes à diffusion offrent généralement la possibilité d'adresser un paquet à toutes les destinations en utilisant une valeur spéciale dans le champ d'adresse. Dans ce cas, le paquet est non seulement reçu mais aussi traité par toutes les machines. Ce mode de transmission est appelé diffusion générale (ou broadcast).

Certains systèmes permettent aussi d'adresser un paquet à un sous-ensemble des machines du réseau. On parle alors de diffusion restreinte (ou multicast). L'autre critère de différenciation des réseaux est leur taille. La distance est une métrique de classification importante, car elle dicte l'emploi de technologies différentes.

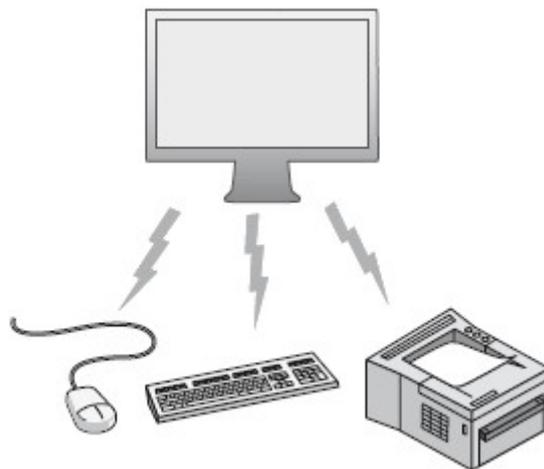
On trouve en premier le réseau personnel, ou **PAN** (Personal Area Network), destiné à une seule personne. Viennent ensuite les réseaux opérant sur de plus longues distances, qui se répartissent en trois catégories : les réseaux locaux ou **LAN** (Local Area Network), les réseaux métropolitains ou **MAN** (Metropolitan Area Network) et les réseaux étendus ou **WAN** (Wide Area Network), leur taille augmentant à chaque fois. Enfin, l'interconnexion de plusieurs réseaux s'appelle un interréseau. L'Internet, qui fonctionne à l'échelle mondiale, est l'exemple le plus connu, (mais non le seul) d'interréseau.

Distance entre processeurs	Emplacement des processeurs	Exemple
1 m	Un mètre carré	Réseau personnel
10 m	Une salle	Réseau local
100 m	Un immeuble	
1 km	Un campus	
10 km	Une ville	Réseau métropolitain
100 km	Un pays	Réseau longue distance
1 000 km	Un continent	
10 000 km	Une planète	Internet

2. Réseaux personnels (PAN)

Les réseaux personnels, ou PAN (**Personal Area Networks**), permettent aux équipements de communiquer à l'échelle individuelle. Un exemple courant est celui du réseau sans fil, qui relie un ordinateur à ses périphériques. Pratiquement tous les ordinateurs s'accompagnent d'un moniteur, d'un clavier, d'une souris et d'une imprimante. En l'absence de liaisons sans fil, les connexions doivent être câblées. Pour trouver les bons câbles et à les brancher au bon endroit (même s'ils sont de différentes couleurs), plusieurs sociétés se sont réunies pour mettre au point un réseau à courte portée nommé Bluetooth pour connecter ces équipements sans fil : s'ils sont équipés de Bluetooth, le câblage devient inutile. Il suffit de les poser sur son bureau et de les mettre sous tension pour que les connexions fonctionnent.

Sous leur forme la plus simple, les réseaux Bluetooth s'appuient sur le paradigme maître-esclave où le PC est normalement le maître, et la souris, le clavier, etc., sont les esclaves. Le maître indique aux esclaves les adresses à utiliser, le moment où ils peuvent diffuser, pendant combien de temps ils peuvent émettre, les fréquences qu'ils peuvent employer, et ainsi de suite.



Bluetooth peut également servir dans d'autres contextes, notamment pour connecter une oreillette à un téléphone mobile, ou un baladeur numérique à votre voiture en vous plaçant simplement à portée. Un type de réseau personnel complètement différent est formé lorsqu'un appareil médical implanté, comme un stimulateur cardiaque, une pompe à insuline ou une aide auditive, communique à distance avec l'utilisateur.

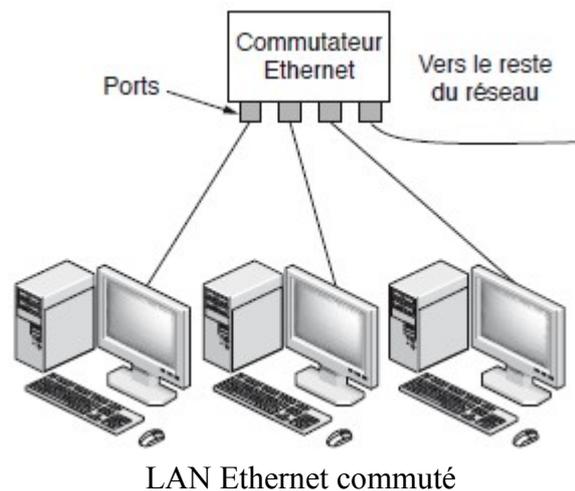
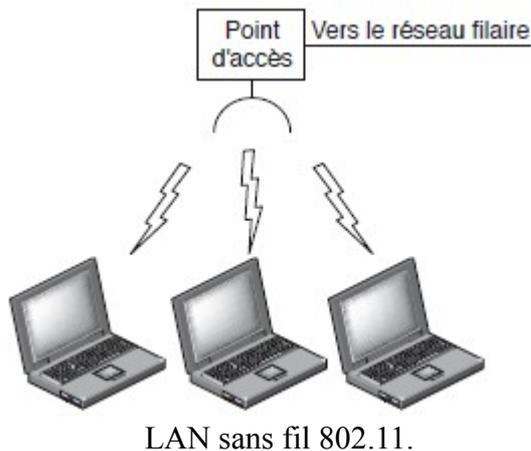
D'autres technologies de communication à courte portée, comme RFID pour les cartes sans contact et les livres de bibliothèque, permettent aussi de construire des PAN.

3. Réseaux locaux (LAN)

L'étape suivante est le réseau local, ou LAN (**Local Area Network**). Les LAN sont des réseaux privés, qui fonctionnent dans un seul bâtiment (ou à proximité), comme une maison, un immeuble de bureaux ou une usine. Ils sont fréquemment utilisés pour relier des ordinateurs personnels et des équipements électroniques grand public (par exemple des imprimantes) pour leur permettre de partager des ressources et d'échanger des informations. Quand ils sont employés par des organisations, on parle de réseaux d'entreprise.

Les LAN sans fil sont très répandus de nos jours, surtout dans les habitations, les immeubles de bureaux anciens, les cafétérias et autres lieux où l'installation de câbles poserait trop de problèmes.

Dans ces systèmes, chaque ordinateur dispose d'un modem radio et d'une antenne, au moyen desquels il communique avec les autres ordinateurs. Dans la plupart des cas, chaque machine communique avec un équipement installé dans le plafond. Cet équipement, appelé point d'accès (AP, Access Point), routeur sans fil ou station de base, relaie les paquets entre les ordinateurs sans fil, et entre ceux-ci et l'Internet. Toutefois, si les machines sont suffisamment proches, elles peuvent communiquer directement dans une configuration poste-à-poste.



Il existe pour les LAN sans fil une norme appelée **IEEE 802.11**, plus connue sous le nom de **Wi-Fi**, qui est maintenant très répandue. Elle permet des débits de un à plusieurs centaines de mégabits par seconde.

Les LAN filaires font appel à différentes technologies de transmission. La plupart d'entre elles utilisent du fil de cuivre, mais certaines sont à base de fibre optique. Les LAN sont limités en taille, ce qui veut dire que le temps de transmission le plus long est également limité et connu d'avance. Connaître ces restrictions est utile pour la conception des protocoles réseau.

Généralement, les LAN filaires offrent des débits de 100 Mbit/s à 1 Gbit/s, un faible délai (de l'ordre de quelques microsecondes ou nanosecondes) et connaissent très peu d'erreurs. Les plus récents peuvent atteindre 10 Gbit/s. Leurs performances sont supérieures en tout point à celles des réseaux sans fil : il est tout simplement plus facile de faire voyager des signaux sur du cuivre ou de la fibre que par voie aérienne. La topologie de nombreux LAN filaires est construite à partir de liens point-à-point.

La norme **IEEE 802.3**, plus connue sous le nom **d'Ethernet**, est de loin la plus courante pour les LAN filaires. Chaque ordinateur « parle » le protocole Ethernet et est connecté à un commutateur (d'où son nom) par un lien point-à-point. Un commutateur possède plusieurs ports, chacun d'eux pouvant être connecté à un ordinateur. Sa tâche consiste à relayer les paquets entre les ordinateurs auxquels il est relié, en se basant sur l'adresse présente dans chaque paquet pour déterminer auquel l'envoyer.

Pour construire des LAN de plus grande envergure, il est possible de connecter des commutateurs en utilisant leurs ports : c'est au protocole qu'il appartient de déterminer quel chemin les paquets doivent emprunter pour atteindre sans entraves l'ordinateur ciblé.

On peut également subdiviser un grand LAN physique en deux LAN logiques plus petits car il arrive que l'agencement de l'équipement réseau ne corresponde pas à la structure de l'organisation. Par exemple, il se peut que les ordinateurs du bureau d'études et de la comptabilité se trouvent sur le même LAN physique parce qu'ils résident dans la même aile du bâtiment, mais que le système

soit plus facile à gérer si chaque département dispose de son propre réseau logique, autrement dit un réseau virtuel ou VLAN (Virtual LAN). Dans ce cas, chaque port est marqué d'une « couleur » différente, par exemple vert pour le bureau d'études et rouge pour la comptabilité. Le commutateur transmet alors les paquets de telle sorte que les ordinateurs reliés aux ports verts soient séparés des ordinateurs reliés aux ports rouges. Les paquets de diffusion envoyés sur un port rouge ne seront pas reçus sur un port vert, exactement comme s'il s'agissait de deux réseaux différents.

Il existe également d'autres topologies de LAN filaires. En fait, l'Ethernet commuté est une version moderne de l'Ethernet d'origine, qui diffusait tous les paquets sur un seul câble linéaire : une seule machine pouvait émettre à la fois, et un mécanisme d'arbitrage servait à résoudre les conflits. Il s'appuyait sur un algorithme simple : les ordinateurs pouvaient émettre chaque fois que le câble était inoccupé. Si deux paquets ou plus entraient en collision, chaque ordinateur se contentait d'attendre un laps de temps aléatoire et réessyait plus tard.

Les réseaux à diffusion (tant filaires que sans fil) se répartissent aussi en systèmes statiques et systèmes dynamiques, selon la façon dont le canal est alloué. Une méthode d'allocation statique type consiste à diviser le temps en intervalles discrets et à utiliser un algorithme de tourniquet (round robin) : chaque machine émet à tour de rôle lorsque la tranche de temps qui lui a été accordée se présente. Ce fonctionnement gaspille toutefois la capacité du canal lorsqu'une machine n'a rien à transmettre, raison pour laquelle la plupart des systèmes tentent d'allouer le canal dynamiquement (c'est-à-dire à la demande).

L'allocation dynamique d'un canal partagé se fait de façon centralisée ou décentralisée.

Dans le premier cas, il n'existe qu'une seule entité, par exemple la station de base d'un réseau cellulaire, qui détermine la prochaine machine autorisée à émettre.

Pour cela, elle peut accepter des requêtes et un algorithme interne guide son choix. Dans le second cas, aucune entité n'assure l'arbitrage et chaque machine doit décider elle-même du moment à émettre. Cette technique ne mène pas au chaos comme on pourrait le penser de prime abord. De nombreux algorithmes, que nous étudierons plus loin, permettent de l'éviter.

4. Réseaux métropolitains (MAN)

Un réseau métropolitain, ou MAN (**Metropolitan Area Network**), couvre une ville.

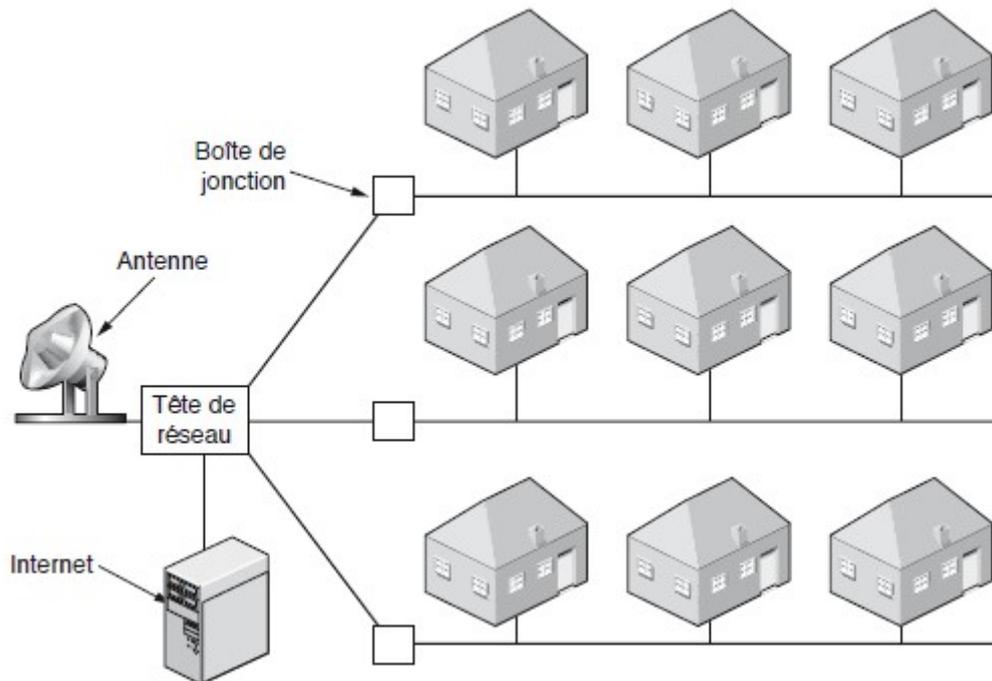
L'exemple le plus connu de MAN est le réseau de télévision par câble que l'on trouve dans nombre d'agglomérations. Celui-ci a évolué à partir de l'ancien système d'antenne collective qui était utilisé dans les zones souffrant d'une mauvaise réception : on plaçait une grosse antenne en haut d'une colline voisine pour conduire ensuite le signal par câble jusqu'au domicile des abonnés.

Il s'agissait au départ de systèmes ad hoc dont la conception ne répondait qu'à des besoins locaux. Lorsque les entreprises se sont attaquées au marché, elles ont obtenu des administrations locales des contrats leur permettant de câbler des villes entières. L'étape suivante a été la programmation d'émissions de télévision, et même des chaînes entières expressément conçues pour le câble. Celles-ci étaient souvent très spécialisées, ne diffusant que des actualités, des émissions sportives, des recettes de cuisine, des conseils en jardinage, etc. Toutefois, lors de son apparition à la fin des années 1990, le système ne servait qu'à la réception des signaux de télévision.

Lorsque l'Internet a attiré une audience de masse, les câblo-opérateurs ont commencé à se rendre compte qu'avec peu de changements ils pourraient offrir un service d'accès à l'Internet bidirectionnel dans certaines parties inutilisées du spectre. Le système de télévision a alors commencé à se transformer en réseau métropolitain. En première approximation, on peut dire qu'un

MAN ressemble à l'illustration de la figure ci-dessous. On y voit à la fois des signaux de télévision et le flux Internet qui transitent par la tête de réseau pour être distribués aux différentes habitations.

Toutefois, le réseau de télévision par câble n'est pas le seul réseau métropolitain. Les récents développements de l'accès à haut débit sans fil à l'Internet ont entraîné l'apparition d'un autre MAN, avec la norme **IEEE 802.16**, plus connue sous le nom de **WiMAX**.



5. Réseaux étendus (WAN)

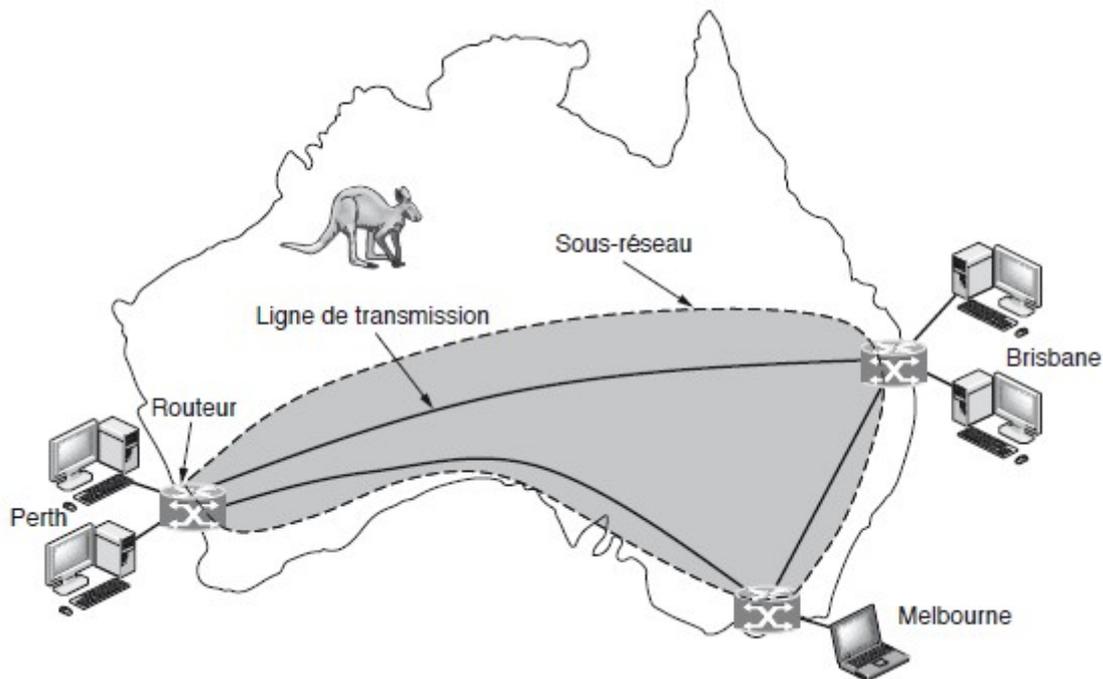
Un réseau étendu, ou WAN (Wide Area Network), s'étend sur une vaste zone géographique (un pays, voire un continent).

Le WAN de la figure suivante est un réseau qui connecte des bureaux situés à Perth, Melbourne et Brisbane. Chacun de ces bureaux contient des ordinateurs destinés à l'exécution de programmes utilisateur (autrement dit d'applications). Nous appellerons ces machines des hôtes. Le reste du réseau qui connecte ces hôtes s'appelle un sous-réseau de communication, souvent abrégé en sous-réseau. Celui-ci a pour tâche l'acheminement des messages d'un hôte à un autre, de la même manière que le système téléphonique transporte des paroles (des sons en réalité) d'un interlocuteur à un autre.

Dans la plupart des WAN, le sous-réseau se compose de deux types de composants : les lignes de transmission et les équipements de commutation. Les lignes de transmission transportent les bits d'une machine à une autre et peuvent être à base de fil de cuivre, de fibre optique ou même prendre la forme de liaisons radio. La plupart des entreprises ne possédant pas de lignes de transmission, elles en louent à un opérateur téléphonique. Les équipements de commutation, ou plus simplement commutateurs, sont des ordinateurs spécialisés qui servent à interconnecter trois lignes de transmission ou plus. Lorsque des données arrivent sur une ligne entrante, l'équipement de commutation doit choisir une ligne sortante vers laquelle les aiguiller. Par le passé, plusieurs termes ont désigné ces machines, le plus usité aujourd'hui étant routeur.

Le terme « sous-réseau » mérite un petit commentaire supplémentaire. Il avait au départ une seule

signification : l'ensemble des routeurs et des lignes de transmission chargés d'acheminer des paquets depuis un hôte source jusqu'à un hôte de destination.



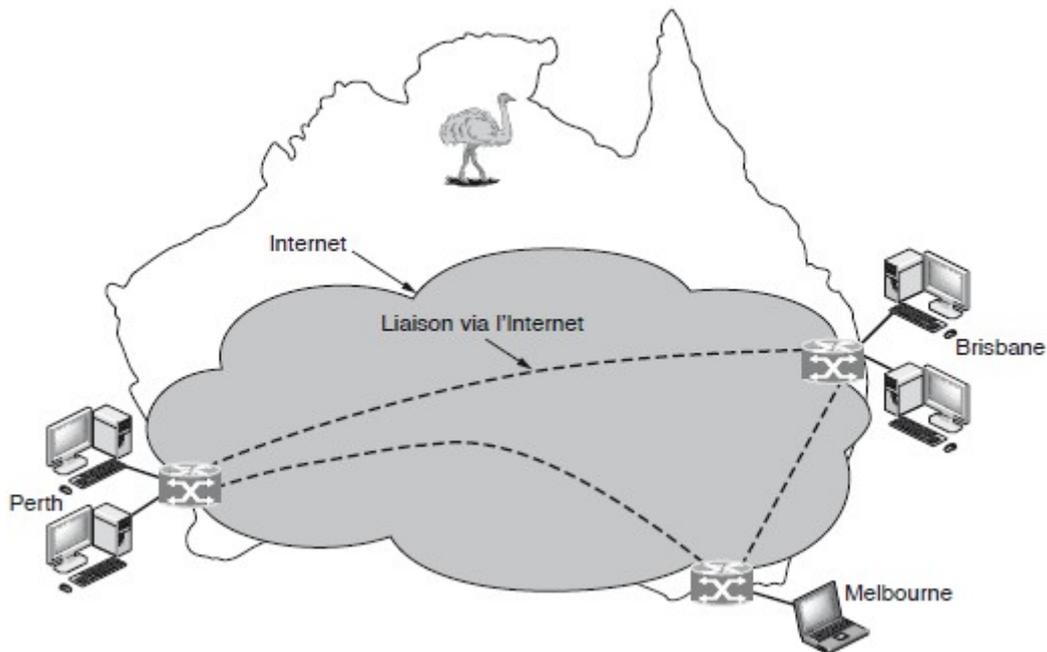
Le WAN tel que nous l'avons décrit peut sembler analogue à un grand LAN filaire, mais il présente des différences importantes qui dépassent la question de la longueur des câbles. Généralement, dans un WAN, des personnes différentes possèdent et gèrent les hôtes et le sous-réseau. Dans notre exemple, les employés pourraient être responsables de leurs ordinateurs, tandis que le service informatique de l'entreprise aurait la charge du reste du réseau. La séparation entre l'aspect communication pure (le sous-réseau) et l'aspect applications (les hôtes) simplifie grandement la conception globale du réseau.

Deuxième différence, les routeurs connecteront généralement des réseaux utilisant différents types de technologies. Des équipements doivent leur permettre de communiquer. Le lecteur attentif aura remarqué que cela dépasse notre définition d'un réseau. Autrement dit, de nombreux WAN seront des interréseaux, des réseaux composites formés de plusieurs réseaux.

Enfin, une dernière différence tient à la nature des éléments connectés. Il peut s'agir d'ordinateurs individuels, comme dans le cas des LAN, ou bien de LAN entiers. C'est ainsi que l'on construit des grands réseaux à partir de plus petits. En ce qui concerne les sous-réseaux, leur rôle est identique.

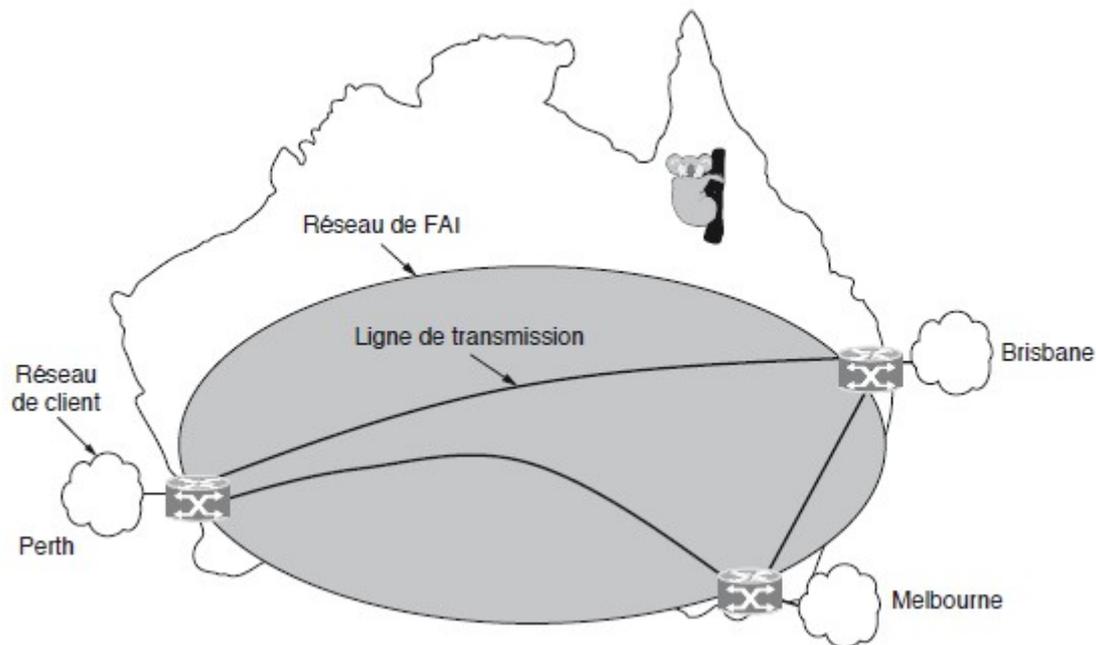
Nous sommes maintenant en mesure de voir deux autres variétés de WAN. Premièrement, au lieu de louer des lignes de transmission dédiées, une entreprise peut connecter ses filiales à l'Internet, ce qui lui permet de mettre en œuvre les connexions entre elles sous forme de liens virtuels. Cet agencement, représenté à la figure ci-dessous, s'appelle un réseau privé virtuel, ou **VPN** (Virtual Private Network).

Comparé à l'agencement dédié, un VPN offre l'avantage habituel de la virtualisation : la réutilisation facile d'une ressource (la connectivité à l'Internet). En revanche, il en présente aussi l'inconvénient habituel : l'absence de contrôle sur les ressources sous-jacentes. Avec une ligne dédiée, la capacité est claire. Avec un VPN, elle peut varier en fonction de votre service Internet.



Dans la seconde variante, le sous-réseau peut être géré par une société différente – le fournisseur de services réseau – et les filiales sont ses clients. Cette structure est représentée à la figure suivante. L'opérateur du sous-réseau sera également connecté à d'autres clients, tant qu'ils peuvent payer et qu'il peut fournir le service. Comme ce service serait bien décevant si les clients ne pouvaient que s'envoyer des paquets entre eux, cet opérateur les connectera aussi à d'autres réseaux qui font partie de l'Internet. Un tel opérateur se nomme un FAI (fournisseur d'accès à l'Internet), et le sous-réseau est un réseau de FAI. Les clients qui sont connectés au FAI reçoivent le service Internet.

La plupart des WAN contiennent plusieurs lignes de transmission, chacune reliant deux routeurs. Si deux routeurs qui ne partagent pas de ligne commune souhaitent communiquer, ils doivent le faire indirectement, en passant par d'autres routeurs. Or, plusieurs chemins peuvent connecter ces deux routeurs. La façon dont le réseau décide du chemin à emprunter s'appelle l'algorithme de routage. Il en existe de nombreux. La façon dont chaque routeur décide de l'endroit où envoyer un paquet s'appelle l'algorithme de transfert (forwarding). Il en existe aussi de nombreux.



D'autres types de WAN utilisent intensivement les technologies sans fil. Dans les systèmes satellitaires, tous les ordinateurs au sol sont équipés d'une antenne grâce à laquelle ils peuvent émettre des données vers un satellite en orbite et en recevoir. Tous entendent les émissions en provenance du satellite, et, dans certains cas, celles des ordinateurs voisins vers le satellite. Les réseaux satellitaires sont à diffusion générale par nature, et ce sont les plus adaptés lorsqu'il est important de pouvoir bénéficier de cette propriété.

Le réseau téléphonique cellulaire est un autre exemple de WAN qui s'appuie sur une technologie sans fil. Ce système a déjà connu trois générations, et une quatrième est à l'horizon. La première génération était analogique et ne transportait que la voix.

La deuxième était numérique, mais toujours dédiée uniquement à la voix. La troisième génération, numérique aussi, a ajouté le transport de données. Chaque station de base couvre une distance beaucoup plus importante qu'un LAN sans fil, avec une portée mesurée en kilomètres et non en dizaines de mètres. Les stations sont connectées entre elles par un réseau fédérateur (backbone). Les réseaux cellulaires ont un débit de l'ordre de 1 Mbit/s, donc très inférieur à celui d'un LAN sans fil qui peut atteindre 100 Mbit/s.

6. Interréseaux

Il existe beaucoup de réseaux dans le monde, souvent composés de matériels et de logiciels différents. Les personnes connectées à un réseau souhaitent fréquemment communiquer avec d'autres personnes reliées à d'autres réseaux. Pour satisfaire à cette demande, les divers réseaux, souvent incompatibles entre eux, doivent être interconnectés. Un ensemble de réseaux ainsi reliés s'appelle un interrésseau (internetwork), l'Internet en étant l'exemple le plus connu aujourd'hui. Il utilise des réseaux de FAI pour connecter des réseaux d'entreprise, des réseaux domestiques et bien d'autres réseaux.

Une certaine confusion règne quant à la signification des termes de sous-réseau, réseau et interrésseau. Le terme de sous-réseau prend tout son sens dans le contexte d'un réseau étendu, où il renvoie à l'ensemble des routeurs et des lignes de transmission qui appartiennent à l'opérateur du réseau. En procédant par analogie, prenez le système téléphonique qui se compose de centres de

commutation reliés entre eux par des lignes à haut débit et qui sont connectés aux habitations et aux entreprises par des lignes à faible débit. Ces lignes et ces équipements, appartenant à l'opérateur de télécommunications qui en assure la maintenance et le bon fonctionnement, forment le sous-réseau du système téléphonique. Les téléphones eux-mêmes (les hôtes dans notre analogie) n'en font pas partie.

Un réseau est formé par la combinaison d'un sous-réseau et de ses hôtes. Toutefois, le mot réseau est souvent employé dans un sens imprécis. On peut dire qu'un sous-réseau est un réseau, comme dans le cas du « réseau de FAI ». On peut également dire qu'un interréseau est un réseau, comme dans le cas du WAN.

Un interréseau est formé lorsque des réseaux distincts sont interconnectés. De notre point de vue, la connexion d'un LAN et d'un WAN ou de deux LAN est la façon habituelle de constituer un interréseau, mais il n'y a pas de consensus sur cette terminologie au sein de l'industrie.

Deux règles empiriques sont utiles. Premièrement, si différentes parties du réseau ont été financées par diverses organisations et que celles-ci assurent la maintenance de leurs composants respectifs, on est en présence d'un interréseau et non d'un réseau unique. Deuxièmement, si les technologies de communication sous-jacentes propres aux diverses parties diffèrent (par exemple à diffusion vs point-à-point, ou sans fil vs filaire), on a probablement affaire à un interréseau.

Pour aller plus loin, nous devons parler de la façon dont deux réseaux différents peuvent être connectés. Le nom générique d'un équipement qui établit une connexion entre deux réseaux ou plus, tant en termes de matériels que de logiciels, est une passerelle (gateway). On distingue les passerelles selon la couche au niveau de laquelle elles opèrent dans la hiérarchie de protocoles. Les couches supérieures sont plutôt liées aux applications, comme le Web, et les couches inférieures sont plutôt liées aux liens de transmission, comme Ethernet.

L'avantage d'un interréseau est qu'il permet de connecter des ordinateurs appartenant à des réseaux différents. En conséquence, on n'utilisera pas de passerelle de trop bas niveau, sous peine d'être incapable d'établir de connexions entre des réseaux de différents types. De même, avec une passerelle de trop haut niveau, la connexion ne fonctionnerait que pour des applications particulières. Le niveau intermédiaire, le « juste milieu », est souvent appelé la couche réseau, et un routeur est une passerelle qui commute des paquets à ce niveau. Nous pouvons maintenant repérer un interréseau au fait que c'est un réseau qui contient des routeurs.