

## 4. Structuration en réseau

Bonjour à tous. Bienvenue dans cette 4ème et dernière séquence de la partie architecture des ordinateurs et des réseaux. Nous allons parler ici de structuration en réseau, donc de comment connecter les différentes machines au réseau et à Internet.

Au départ on connectait essentiellement les ordinateurs avec quelques périphériques, par exemple une imprimante. On a vu précédemment comment transférer des informations sur un câble entre un ordinateur et une imprimante par exemple, donc avec d'autres périphériques, le scanner etc., ça serait pareil. De nos jours, on essaie d'interconnecter beaucoup d'ordinateurs. Une des questions qui se pose rapidement quand on veut interconnecter tous les postes de travail dans un bureau, par exemple si on en a une centaine, comment on fait pour qu'ils puissent tous se parler sans qu'on mette de câbles entre toutes les paires d'ordinateurs ? Si on a une centaine, on va avoir 5500 câbles entre tous ces ordinateurs. Ce n'est pas du tout possible, donc on va essayer de trouver des technologies pour relier au réseau tous ces ordinateurs sans avoir trop de fils qui partent dans tous les sens dans le bâtiment. Donc on a créé assez rapidement des technologies en anneau. Un anneau ça va être tout simplement tous les ordinateurs qui sont connectés à 2 voisins, et donc si je veux parler à un ordinateur qui n'est pas un de mes voisins, je vais passer à travers d'autres voisins jusqu'à l'atteindre. On va également avoir des topologies sous forme de bus, où en fait tout le monde est connecté au même bus et tout le monde va pouvoir se parler à travers ce bus. Les problématiques qui se posent avec ces technologies, c'est qu'on va avoir potentiellement des collisions, parce que plusieurs personnes peuvent parler en même temps sur l'anneau ou sur le bus, et donc on pourra avoir une personne qui écrit et qui écrase en fait ce qu'une autre personne est en train d'écrire. Il va falloir faire attention à ça, donc on a créé des protocoles pour gérer ce genre de problèmes. On va aussi introduire la notion de paquets, qui va être en fait de la division des transmissions entre 2 personnes. C'est-à-dire que si je veux envoyer un méga-octet à un voisin en fait je vais le découper en petits paquets qui vont être de l'ordre de quelques kilo-octets ou de quelques milliers d'octets en gros. Je vais l'envoyer par petits bouts, et l'intérêt c'est que je vais pouvoir envoyer quelques petits bouts, ensuite laisser quelqu'un d'autre continuer à parler à ma place pendant quelque temps, et ensuite je vais envoyer les petits bouts suivants. Je vais en gros découper ma communication en paquets et les envoyer par morceaux quand j'aurai la possibilité d'envoyer sans gêner les autres.

Donc les réseaux locaux de nos jours c'est des technologies comme ça qui vont être utilisées. En général on a ce qu'on appelle un switch sur lequel tout le monde est connecté et ce switch peut être notamment implémenté dans la box Internet qu'on a à la maison ou alors sur des vrais systèmes de réseaux qui s'appellent des switch et qu'on a dans les bâtiments des entreprises par exemple. En pratique tous les postes vont être connectés avec un câble sur ce switch et vont pouvoir parler aux autres à travers ce switch. Et ça va être la chose que va utiliser tout le monde. Également en sans-fil on va pouvoir parler à travers cette box ou ce serveur qui va ensuite transférer les informations à d'autres postes, ou par sans-fil ou par filaire si jamais ils sont connectés en filaire uniquement. Donc on a en fait quelque part un cœur de réseau qui va permettre à tout le monde de se parler à l'intérieur du réseau local.

Ensuite est apparu Internet, ce qu'on a voulu faire c'est interconnecter différents réseaux locaux. Donc Internet ça vient de l'anglais InterNetworking qui signifie en fait la connexion entre différents réseaux. Donc Internet en pratique, c'est un grand graphe qui relie des

centres de fournisseurs d'accès Internet notamment, qui sont répartis partout sur la planète. Donc les fournisseurs d'accès Internet ont tiré des câbles ou plus récemment des fibres entre eux, qui permettent aux paquets de transiter depuis la France aux États-Unis ou ailleurs en passant par des endroits divers et éventuellement par différents chemins. Il y a plusieurs fibres optiques qui vont de l'Europe aux États-Unis et les paquets qu'on envoie ne sont pas obligés de passer tout le temps par la même fibre optique.

De nos jours grâce à Internet on a des milliards d'équipements qui sont interconnectés. La question qui va se poser c'est d'abord comment identifier de façon unique chacun des équipements qui sont connectés. Par exemple on va vouloir avoir notre smartphone qui parle à un serveur, pour aller regarder une page Web par exemple. Il va falloir être capable d'identifier notre smartphone et d'identifier l'équipement à l'autre bout, le serveur Web à qui on veut parler, de façon à ce que nous on puisse lui parler et que lui puisse nous répondre. Également il va falloir être capable de faire transiter les paquets, donc les communications entre mon smartphone et le serveur à l'autre bout du monde. Ça veut dire qu'il va falloir être capable de trouver un chemin à travers ce grand graphe Internet pour que les paquets arrivent au bon endroit. Pour faire ça on a un grand protocole qui a été conçu spécifiquement, qui s'appelle IP pour Internet Protocol, qui est conçu justement pour faire de l'adressage, c'est-à-dire trouver les bons équipements à qui on veut parler et router les paquets vers ces équipements. Alors IP a été développé historiquement il y a certain nombre d'années, la version actuelle s'appelle IPv4. On est en train de migrer progressivement vers la version IPv6 dont l'intérêt principal est de permettre à beaucoup plus d'équipements d'être connectés à Internet simultanément. En fait IPv4 est limité à quatre milliards d'adresses différentes, c'est-à-dire qu'on ne peut pas connecter plus de quatre milliards d'équipements en même temps, bon, grosso modo. Et donc c'est un problème actuellement parce qu'avec tous les ordinateurs et les smartphones on a déjà dépassé les quatre milliards. Donc on passe à IPv6 qui va permettre beaucoup plus d'adresses, sauf que la transition se fait progressivement pour éviter de tout casser Internet du jour au lendemain.

D'autres protocoles ont été rajoutés. IP permet de trouver les personnes à qui on veut parler et de leur envoyer les paquets à travers les différents équipements intermédiaires. Il y a aussi d'autres protocoles comme TCP pour Transmission Control Protocol qui permet notamment de faire des communications fiables vers une personne. C'est à dire, je veux envoyer un paquet vers un serveur Web, TCP qui va faire en sorte que tous mes paquets arrivent à cette personne parce que parfois on peut en perdre si jamais il y a un équipement qui tombe en panne. Parfois ils vont arriver dans le désordre aussi, donc TCP va les remettre dans l'ordre pour que le message reçu soit compréhensible par le serveur à l'autre bout. De la même façon les paquets que va me renvoyer le serveur quand je vais demander une page Web, TCP va également me les envoyer dans l'ordre.

Comment on fait pour identifier les équipements concrètement? On a besoin de savoir les adresses IP, c'est-à-dire un numéro unique qui permet d'identifier les équipements connectés à Internet. Il y a 2 cas en fait : notre adresse et l'adresse de la personne à qui on veut parler. Quand on est chez nous ou au bureau, on va se connecter à un réseau et les équipements vont automatiquement récupérer l'adresse IP. Donc ça c'est parce qu'il y a un protocole qui a été créé pour qui s'appelle DHCP, qui permet aux équipements de se connecter au réseau et de dire "je suis nouveau je veux une adresse, donne-moi une adresse". Et donc là il y a un serveur soit dans l'entreprise soit la box à la maison qui va donner une adresse en disant "bon bah toi

tu es nouveau maintenant voilà ton adresse". Donc là on est identifié, maintenant il faut savoir à qui on veut parler. On a des équipements qui sont au bout du monde on ne sait pas quelle est leur adresse au début. En fait on a des équipements qu'en général on veut manipuler par des adresses Web type `www.fun-mooc.fr` donc ça c'est une adresse Internet. C'est en fait un nom de domaine avec un nom de machine dans ce nom de domaine, et nous ce qu'on veut c'est l'adresse IP pour parler à cette machine. Donc il va falloir traduire pour récupérer l'adresse IP et ensuite pouvoir lui parler.

Pour traduire il y a un autre protocole qui existe qui s'appelle le DNS, Domain Name System, qui en fait est là justement pour traduire des noms de machines vers les adresses IP des machines. Donc en fait quand on va se connecter au site Web `fun-mooc.fr`, on va demander au système DNS "traduis-moi l'adresse de ce serveur en une adresse IP" et ensuite on va utiliser le protocole IP pour parler à ce serveur dont on a récupéré l'adresse IP. Concrètement on va envoyer les paquets à ce serveur distant, donc ils vont partir de notre smartphone par exemple, aller sur un réseau, par exemple si on est à la maison donc notre box, ensuite à travers Internet et donc simplement chaque intermédiaire va faire suivre le paquet jusqu'à arriver dans le réseau local qui contient le serveur et le serveur va recevoir notre requête, puis nous répondre et faire le chemin inverse.

Pour faire ce routage à travers Internet on va traverser un certain nombre d'intermédiaires, que ce soit la box ou alors des équipements intermédiaires chez les fournisseurs d'accès Internet qui sont ce qu'on appelle les routeurs. Chaque intermédiaire dispose de ce qu'on appelle une table de routage. Une table de routage c'est en fait un grand tableau qui dit "si tu veux parler à telle liste d'adresses alors tu passes par tel fil". Donc les routeurs ont un ensemble de fils qui les connectent un peu partout sur la planète et donc ils savent que, pour chaque fil il y a telle liste d'adresses qui est accessible par ce passage. Et donc chaque fois qu'un routeur va recevoir une demande de se connecter à tel service par exemple l'adresse IP de FUN il va regarder dans sa table et trouver un endroit qui va dire bien pour parler à FUN il faut aller par là. Et donc on va partir de chez nous, la box va envoyer le paquet au fournisseur d'accès Internet qui va regarder dans sa table et faire suivre à un autre fournisseur d'accès, etc. jusqu'à arriver au serveur de FUN. Donc c'est du routage de proche en proche en fait. Chaque paquet regarde en arrivant à chaque intermédiaire où est-ce qu'il doit aller et ensuite dans le suivant il regarde encore où est-ce qu'il doit aller. Alors ce qui est marrant là-dedans, c'est que le chemin n'est pas unique entre l'émetteur et le récepteur. Internet c'est un grand graphe avec des fibres optiques qui vont dans tous les sens à travers la planète, donc il y a énormément de chemins possibles entre les différents équipements, pour aller de mon smartphone à un serveur par exemple. Et en pratique ce chemin va pouvoir changer au fur et à mesure qu'on communique avec lui. Par exemple parce qu'il y a un équipement qui va tomber en panne, on va passer par un autre chemin automatiquement. Parfois il y aura aussi des ralentissements parce qu'il y a beaucoup de gens qui communiquent avec ce serveur, et donc peut-être qu'on va passer sur un autre, éventuellement pour des raisons de coût aussi. Donc on va avoir les protocoles qui vont sans qu'on s'en rende compte faire transiter les paquets par différents chemins, parfois changer, et tout ça va continuer à marcher parce que les protocoles s'assurent que les paquets finissent par arriver au bon endroit et sont remis dans l'ordre pour que ça soit compréhensible. Heureusement, ça ce fait d'une manière transparente et on n'a pas besoin de gérer sauf si bien sûr notre connexion à nous tombe en panne, parce que nous on n'a qu'une seule connexion en général.

Alors ce qu'il faut retenir : les ordinateurs, les smartphones, etc. ils sont connectés en général par des réseaux locaux qui sont ensuite connectés par Internet. Donc si on est connecté en connexion 3G ou 4G sur un smartphone, ce n'est pas vraiment un réseau local, mais quelque part c'est un réseau local connecté à l'antenne du fournisseur de téléphonie mobile. Et donc tout ça c'est interconnecté par un très grand graphe qui constitue Internet avec dessus des milliards d'équipements. Et donc il y a deux problèmes principaux sur ce grand graphe d'Internet qui sont : des protocoles pour identifier les équipements donc savoir qui je suis et qui est la personne à qui je veux parler et où est ce qu'elle se trouve, et ensuite trouver un chemin pour envoyer des paquets vers ces personnes et qu'elles puissent me répondre pour me renvoyer la réponse à la question que j'ai demandée, par exemple quand je fais une recherche sur un moteur de recherche.