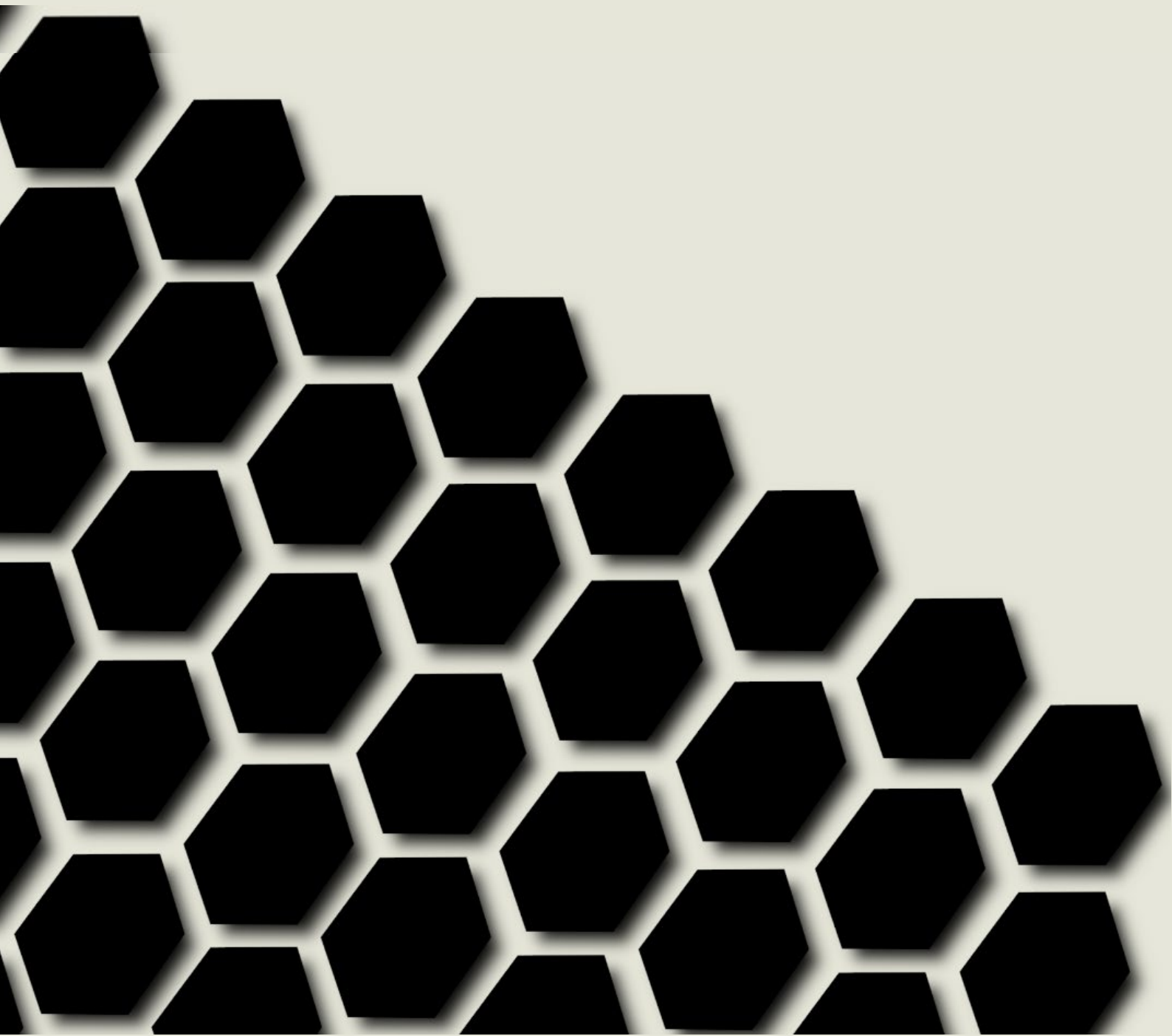




OBVIOUS CHOICE



CONCEVOIR UNE SOLUTION INFRASTRUCTURE RESEAU

Le routage

TABLE DES MATIERES

UN PEU D'HISTOIRE -----	4
Des USA au vieux continent ! -----	4
DEFINITION : ROUTAGE -----	6
LES TYPES DE ROUTAGE -----	6
Le routage statique -----	7
Le routage dynamique -----	8
LES TYPES DE CARDINALITE -----	9
Unicast -----	9
Broadcast -----	10
Multicast -----	11
Anycast -----	12
Géocast -----	12
LES PROTOCOLES DE ROUTAGE -----	13
Routage externe EGP -----	13
BGP -----	13
Routage interne IGP -----	14
OSPF -----	14
RIP -----	15
IGRP -----	15
LES TABLES DE ROUTAGE -----	15
MODELE OSI, COMMUTATION, ROUTAGE, WHERE IS WHO ? -----	16
Commutateur -----	16
Routeur -----	17
LES DIFFERENTES TOPOLOGIES DE RESEAU -----	17
Les réseaux en anneaux -----	18
Les réseaux hiérarchiques -----	19
Les réseaux en bus -----	19
Les réseaux en étoiles -----	20
Les réseaux maillés -----	21
ADRESSE MAC ET PROTOCOLE ARP -----	22
Les commandes ARP -----	23

Un peu d'histoire

Il peut sembler évident que le routage comme on l'entend aujourd'hui, soit une évidence pour tout le monde. Que ce soit dans un aspect de principe ou bien technique.

Mais il serait une erreur de croire que le routage a été, est et sera basé sur les mêmes protocoles, principes de fonctionnement, trames, etc...

Le routage est apparu « relativement vite » si l'on prend en compte l'échelle de temps dit « informatique » (dans l'idée où, 1 an dans le secteur vaudrait 10 ans « réel »).

C'est dans les années 70 que toute la réflexion du réseau informatique à un échelle de grande ampleur va alors émergé et c'est à cette même période que des choix techniques et opérationnels seront pris.

Des USA au vieux continent !

Il faut savoir, que les réseaux informatiques tels que nous les connaissons aujourd'hui descendent directement des progrès technologiques liés au domaine de la téléphonie.

En effet, pendant de nombreuses années et encore aujourd'hui, de nombreuses personnes physiques ou morales réceptionnent l'accès au réseau Internet via le réseau téléphonique ; des technologies comme l'ADSL par exemple, exploitent le réseau téléphonique dans le but de délivrer l'accès à Internet.

À l'heure du tout numérique ou autre « digitalisation » de masse de nos jours, les balbutiements du routage prennent racines à l'air de l'analogique !

Il faut donc s'intéresser à l'histoire de la téléphonie avant d'aller plus loin sur le routage.

C'est en 1876, qu'Alexander Graham Bell va développer les concepts et principes de base de la téléphonie analogique – encore jusqu'à hier, nombreux sont les foyer qui étaient équipé de téléphone fixe en leurs seins.

On parle alors, de réseau RTC (pour Réseau Téléphonique Commuté ou PSTN* en anglais).

Et qu'est-ce que le routage sans commutation ?! Nous reviendrons là-dessus plus tard.

Un problème à résoudre...

Aux prémices de la commutation et du routage, il existait des « centres ou central téléphoniques » où des opérateurs (bien que souvent des opératrices !) à qui la charge incombait d'intervenir physiquement sur des commutateurs en déplaçant manuellement des cordons sur un « tableaux ». Prenons un exemple hypothétique, imaginons la ville de Strasbourg. Nous aurions alors à cette époque un grand bâtiment quelque part dans la ville rassemblant de nombreux commutateurs manuels. Pour chaque commutateur, il y aurait un « tableau » représentant schématiquement les différents relais téléphoniques et les différents postes téléphoniques présents dans le quartier de la CCI Campus Strasbourg.

Dans notre idée, la CCI Campus présent à Illkirch souhaite contacter la CCI qui est présente place Gutenberg.

Il aurait fallu que ces-dits opérateurs branchent des cordons manuellement sur le tableau de la ville

de Strasbourg – poste téléphonique A, relais A aux relais B, poste téléphonique B – afin d’établir la connexion entre les deux entités.

C’est ce que l’on appelle la commutation manuelle.

Vous voyez donc facilement où se situe le problème évoqué dans le sous-titre de ce cours ! La tâche est rébarbative, peu pratique, la mise en communication est lente, la vie privée incertaine et les opérateurs pouvaient même écouter les conversations !

La question s’est donc vite posée : comment automatiser la commutation ?

De nombreux systèmes et de nombreuses technologies se sont succédé, en passant du système électromécanique (semi-automatique), électronique, et aujourd’hui entièrement numérique, informatisé.

Le premier commutateur entièrement automatisé est inventé en 1891 ! C’est à cette date qu’apparaissent les téléphone fixe à cadran composé de 10 digits et que la mise en relation entre deux personnes s’effectue automatiquement sans intervention humaine !

La mise en fonction de ces commutateurs commencera aux Etats-Unis d’Amérique entre la fin du XIX^{ème} et le début du XX^{ème} siècle.

De 1880 aux années 2000, les communications évolueront bien-sûr mais avec une même contrainte jusque-là : la continuité électrique de bout en bout. (Cf. Wikipédia)

Ce n’est « que » dans les années 2000 que va commencer la numérisation du réseau téléphonique vont commencer : la xDSL.

Sans entrer dans les détails techniques, les modems ne communiqueront pas directement d’un commutateur téléphonique d’une personne à une autre, ils vont transité par un relais : naissent alors les DSLAM.

À titre d’information, c’est encore aujourd’hui le cas et notamment sur la communication mobile ! Notamment pour la 4G.

Des changements interviennent sur les infrastructures depuis 2017 en France, mais je vous invite à réaliser vos propres recherches sur le sujet.

Et la France alors ?

C’est notamment en France, que le système aujourd’hui utilisé, à savoir : la Distributed System Architecture (DSA) sera prônée par le réseau Cyclades.

Les influences feront que le système ne sera pas adopté tout de suite en France, mais le DSA sera comme la norme lors de la création du modèle OSI !
modèle OSI qui introduira également le protocole TCP/IP.

Définition : Routage

« En informatique, le terme routage désigne le mécanisme par lequel les données d'un équipement expéditeur sont acheminées jusqu'à leur destinataire en examinant les informations situées au niveau 3 du modèle OSI (IP par exemple), même si aucun des deux ne connaît le chemin complet que les données devront suivre. Avoir une procédure de routage efficace est particulièrement important pour les réseaux décentralisés.

On distingue deux types de nœuds du réseau :

- Les hôtes qui ne peuvent être qu'expéditeur ou destinataire d'un message
- Les routeurs qui transmettent des messages entre au moins deux réseaux ou sous-réseaux d'une même autorité. Lorsqu'un tel élément de routage est utilisé entre deux réseaux dépendant d'autorités différentes (par exemple entre un réseau local et internet), on utilise alors un élément plus évolué : une passerelle. »

Source : <https://www.techno-science.net/definition/3796.html>

Les types de routage

Le routage est devenu très rapidement une nécessité en informatique. Imaginer notre monde actuel sans routage en maintenant les infrastructures telles qu'elles sont serait impensable !

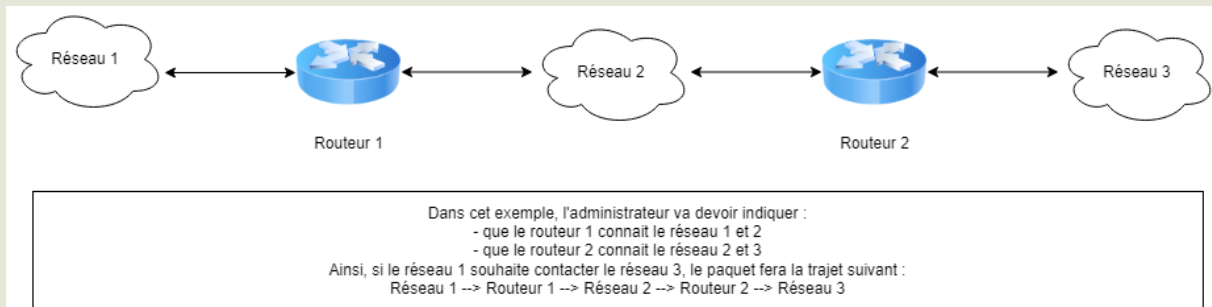
En soit, Internet n'est qu'un seul et même réseau, tout comme votre réseau LAN domestique finalement. La différence n'est autre que l'échelle du réseau (de quelques IP chez vous à plusieurs milliards aujourd'hui ! Pour vous donner un exemple, il y a de nos jours plus de 2 milliards de site internet en ligne !

Le routage est là pour nous sauver et définir les chemins que les paquets qui circulent afin d'arriver à leurs destinations au travers du réseau.

Le routage statique

Le routage statique est un routage nécessitant l'intervention manuelle d'un administrateur réseau afin d'être configuré.

L'administrateur va devoir renseigner à la main dans le routeur, les routes qu'emprunteront les paquets à travers le réseau.



Le routage statique offre certains avantages comme :

- Une consommation de bande passante faible, les routeurs ayant connaissance des routes, les trames envoyées ne contiendront pas d'informations de routage.
- Un routage sécurisé, puisque les informations de routage ne sont pas transmises dans la trame.
- Une maîtrise du réseau, comme l'administrateur à lui-même configurer les routes, il a donc une connaissance parfaite du chemin que réalisent les paquets.

Cela dit, ces avantages ont des revers évidemment.

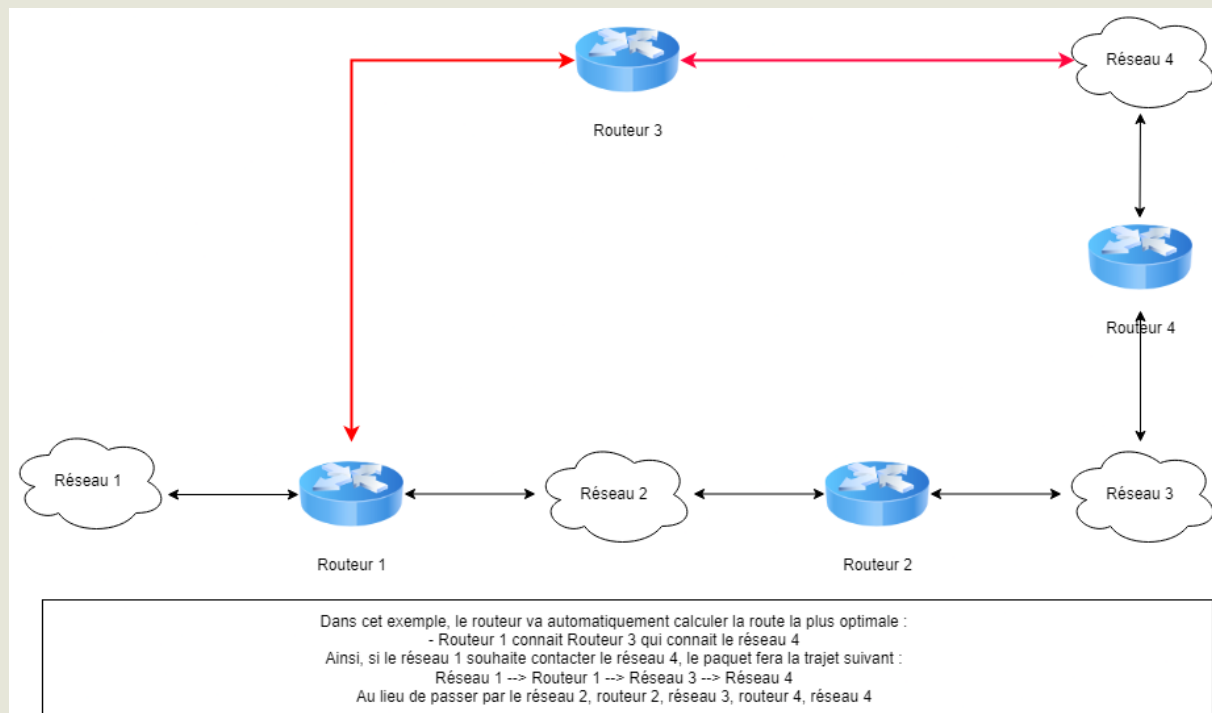
Vous pouvez parfaitement imaginer que sur des réseaux de tailles conséquentes, le routage statique va vite s'avérer compliquer en raison du nombre de manipulation à réaliser et au vu de la complexité que peuvent atteindre des réseaux d'une telle ampleur.

Le routage statique sera à privilégier sur des réseaux à la taille restreinte et dont la topologie n'évolue que très peu au fil du temps.

Le routage dynamique

À l'échelle d'Internet ou de tout autre réseau massif, le routage dynamique est un must have ! Et à raison ! Les routeurs vont pouvoir découvrir les chemins qui s'offrent à eux sur le réseau de manière entièrement automatisé.

C'est grâce à des standards (protocoles) que cela est possible. Ils définissent comment doit s'écrire la trame, comment est organiser la table, quelques informations sont nécessaires et dans quel ordre, etc...



Avantages du routage dynamique :

- Une automatisation totale du routage : pas d'intervention humaine.
- Une évolutivité du réseau flexible et simple, puisque les routeurs s'occupent de tout.
- Les performances du réseau ne varient pas en fonction de la taille du réseau.

Inconvénients du routage dynamique :

- Plus de complexe à l'installation au départ.
- Une consommation de bande passante accrue sur le réseau en raison des nombreuses requêtes que les routeurs réalisent pour actualiser et maintenir à jour les chemins disponibles.
- Des problématiques de sécurité que n'a pas le routage statique car des informations sensibles peuvent transiter sur le réseau.
- Consommation de ressources systèmes supplémentaires afin d'effectuer les calculs et de garder les chemins en mémoire.

Les types de cardinalité

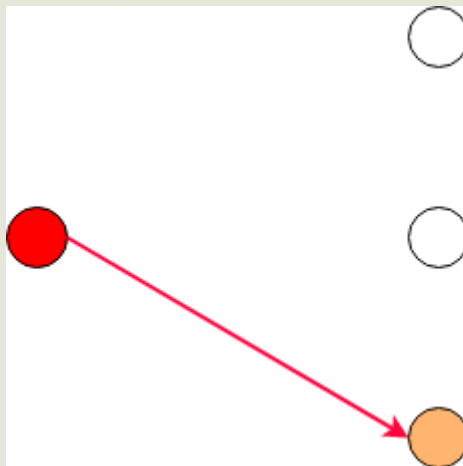
Il existe différentes façons de délivrer un paquet à travers un réseau, pour cela il existe ce que l'on appelle les « types de cardinalité » de la communication.

Leurs usages vont varier en fonction des besoins, des contraintes, de l'intérêt, des performances, etc.

Unicast

Le principe de l'Unicast est très simple : il s'agit d'une connexion point à point d'un hôte A à un hôte B. En théorie, seul l'hôte à qui la trame s'adresse ne peut décoder le paquet.

Dans la trame envoyée, on pourra trouver l'adresse IP de l'émetteur et du récepteur du paquet via leurs adresses IP respectives.



Broadcast

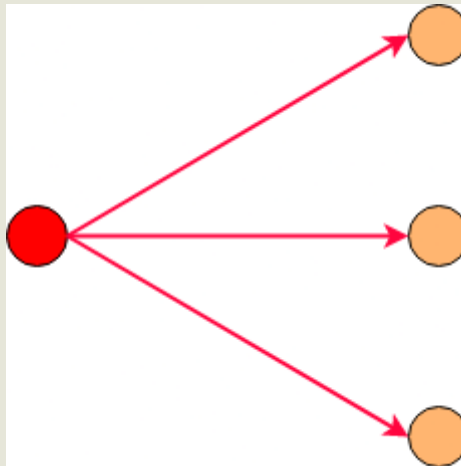
Le principe du Broadcast est tout aussi simple que l'Unicast : il s'agit d'une connexion d'un point à l'ensemble des points du réseau. D'un hôte A à tous les hôtes présent sur le réseau.

Dans la trame envoyé, on y trouvera l'adresse IP émettrices et l'adresse de broadcast du réseau (dernier adresse réseau)

Exemple : depuis le réseau 192.168.1.0/24, on envoi le broadcast avec l'adresse 192.168.1.255.

Toutes les adresses de broadcast ne se termine pas par 255 mais il est assez rare de se retrouver en face de cette situation.

Mais comme vous maîtrisé l'adressage IP à la perfection, je ne me fais pas de souci !



Multicast

Le multicast consiste à effectuer une connexion d'un hôte à plusieurs autres hôtes que l'on aura défini. On parle alors de multidiffusion.

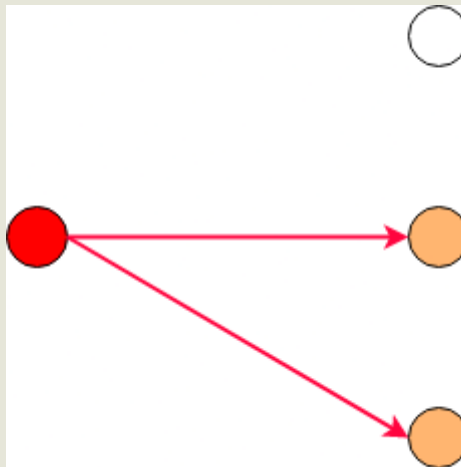
L'intérêt étant la possibilité d'envoyer des paquets à plusieurs récepteur, sans avoir à réaliser plusieurs envoi en Unicast (long et lent) et sans l'envoyer à tous les hôtes du réseau (broadcast, ralenti le trafic).

En applications, le multicast vous permet notamment de jouer en réseau, de faire des visioconférences, etc.

Attention toutefois ! Le multicast n'est pas pour autant si sécurisé que ça : c'est l'hôte qui « s'inscrit » à la diffusion multicast et non pas l'émetteur !

N'importe quel hôte peut alors « écouter » sur la diffusion. (D'où la nécessité de vous identifier sur un jeu en ligne notamment).

L'adresse de multicast via IPv4 est défini par la RFC 988 : 224.0.0.0 à 239.255.255.255

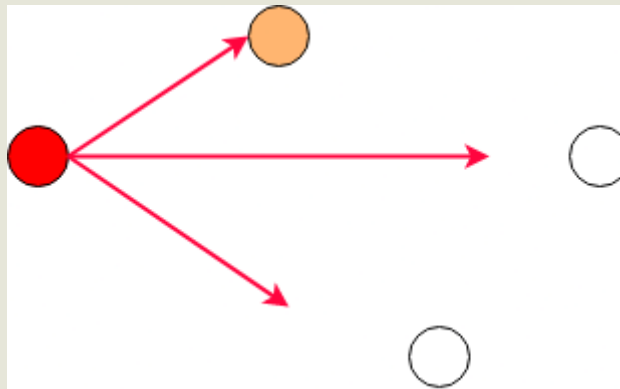


Anycast

L'anycast est une connexion qui permet de définir un ordre de priorité « more close » / « best ».

C'est-à-dire que les paquets partiront soit au serveur le plus proche géographiquement, soit au serveur le plus efficace. Cela reste à définir via des politiques.

Ce type particulier de cardinalité est majoritairement exploité pour l'usage de répartition de charge ou bien pour de la haute disponibilité de service.

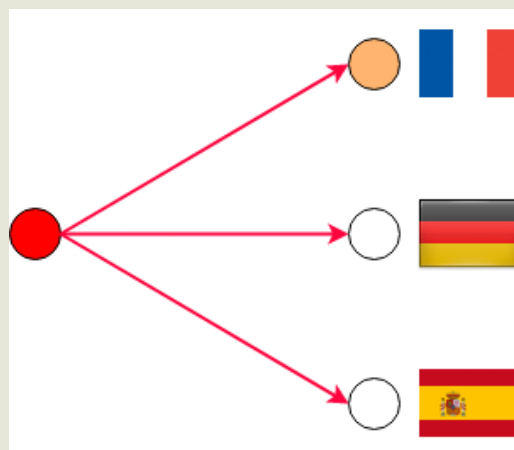


Géocast

Sans entrer dans les détails, le Géocast est une technique de diffusion passant par un réseau nommé MANET.

Sa spécificité est que l'hôte ne faut pas que s'y « inscrive », il doit simplement être présent dans la zone géographique du réseau.

Ce type de diffusion est majoritairement exploité par les secours, les forces de l'ordre ou les forces armées ou encore dans la publicité géolocalisée.



Les protocoles de routage

Le routage se divise en deux aspects principaux :

- Les datagrammes
- Les tables de routage

Les routeurs disposent d'une table de routage permettant le lien entre l'adresse réseau destinataire et la sortie locale.

Leur table se met à jour périodiquement ou bien si un événement se produit (ajout d'un périphérique par exemple).

Vous l'aurez compris, les routeurs apprennent des routes pour le transport de paquet. Il existe plusieurs façon technique de découvrir ces dites routes.

Routage externe EGP

EGP pour External Gateway Protocol est/était un protocole de routage externe qui est aujourd'hui obsolète. On a cependant gardé son nom pour désigner les protocoles du même type. les protocoles externes ont pu principal but de hiérarchiser les systèmes autonomes (router l'information entre chaque « grand » réseau).

BGP

BGP : Border Gateway Protocol

Il s'agit là du protocole de routage externe le plus utilisé aujourd'hui (BGP4).
Il circule sur TCP est se situe donc sur la couche Application du modèle OSI.

Son fonctionnement est basé sur le choix des routes et d'autres caractéristiques techniques.
On parle alors de protocole à vecteur de chemin.

Le principal intérêt de BGP est la capacité de traitement de celui-ci qui est relativement évolutif. Les tables notamment vont s'agréger entres-elles afin de limiter le nombre d'entrée redondante. Ce protocole permet également le routage sans classe d'adresse IP.

La connexion entre deux routeurs exploitants BGP passera donc via TCP sur le port 179.
À noter que BGP est le seul et unique protocole de routage à utiliser TCP comme protocole de transport. Les autres utilisant UDP.

On distinguera deux modes de fonctionnement de BGP : iBGP (interior) et eBGP (exterior).
L'un permettant la communication entre deux routeur à l'intérieur d'un même système autonome et le second entre deux systèmes autonomes différents.

Routage interne IGP

IGP : Interior gateway Protocol

IGP est un protocole de routage exploiter au sein des systèmes autonomes.

Son objectif sera d'établir la route la plus optimale possible entre le réseau et les différentes destinations. D'éviter toute boucle au sein du réseau ainsi que de prévenir toutes pannes pouvant empêcher la remise des paquets.

On notera 3 principaux types de protocoles de routage :

- Les protocoles à états de lien (qui listent les routeurs voisins) et qui utilisent un algorithme afin de déterminer la meilleure route possible. (Algorithme de Dijkstra)
- Les protocoles à vecteur de distance (qui calcul la distance entre les différents routeurs possibles) et qui exploitent les graphes mathématiques ainsi que l'ordonnancement afin de calculer la route la plus optimale.
- Les protocoles hybrides, utilisant la technique des deux premiers.

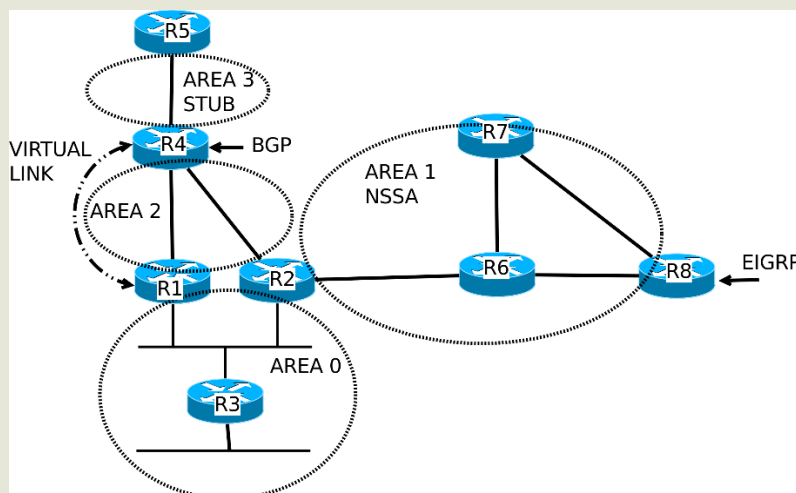
OSPF

OSPF pour Open Shortest Path First est un protocole utilisant le type « à état de liens ».

Son fonctionnement est basé sur l'envoi de petite requête sur les routeurs présent au sien du réseau afin d'établir une connexion entre eux et s'échangent leur table de routage.

Le protocole OSPF va fonctionner avec un système « d'aire » et de types de routeurs.

- Les routeurs internes, dont les interfaces se situent dans la même aire
- Les ABR (Area Border Router) dont les interfaces se situent dans plusieurs aires
- ASBR (Autonomous System Boundary Router) qui va permettre de faire le lien avec d'autres routeurs utilisant d'autres protocoles de routage qu'OSPF ou avec du routage statique.
- Les Backbone, dont l'aire appartient à l'aire 0.



RIP

RIP pour Routing Information Protocol qui lui exploite le type « vecteur de distances » à l'aide de l'algorithme Bellman-Ford.

La distance entre les routeurs sera déterminé via un procédé dit de « sauts » et c'est la route contenant le moins de sauts qui sera choisie comme route des paquets.

Le nombre de sauts maximum est cependant limité à 15 sauts.

Ce protocole est donc parfait pour de petites infrastructures locales.

IGRP

IGRP (interior gateway Routing Protocol) est un protocole proche de RIP.

il vient cependant corriger les limites de RIP en multipliant les métriques pour chaque route.

En plus du nombre de saut, IGRP prendra en compte la bande passante, la charge du réseau, les délais de réponse, la fiabilité et la taille des paquets.

le nombre de saut sur IGRP atteint au maximum 255.

On notera son successeur **EIGRP** (Enhanced interior Gateway Routing Protocol).

Les tables de routage

Les routeurs fonctionnent sur des tables de routage.

Celles-ci contiennent plusieurs informations :

- Les adresses du routeur
- Les adresses de sous-réseaux
- Les routes statiques
- Les routes dynamiques
- La route par défaut

Exemple d'une table de routage :

Réseau destination (format CIDR)	Masque	Passerelle	Interface	Métrique
0.0.0.0/0	0.0.0.0	192.168.0.1	192.168.0.100	1
127.0.0.0/8	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.0.0/24	255.255.255.0	192.168.0.100	192.168.0.100	1
192.168.0.100/32	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
192.168.0.1/32	255.255.255.255	192.168.0.100	192.168.0.100	1

Modèle OSI, commutation, routage, Where is who ?

Commutateur

Les commutateurs ou switch, sont des appareils ayant pour fonction la répartition des paquets au sein d'un même réseau local.

Les switches interviendront sur deux niveaux du modèle OSI :

- Layer 2 (ou couche 2 Liaison)
- Layer 3 (ou couche Réseau)

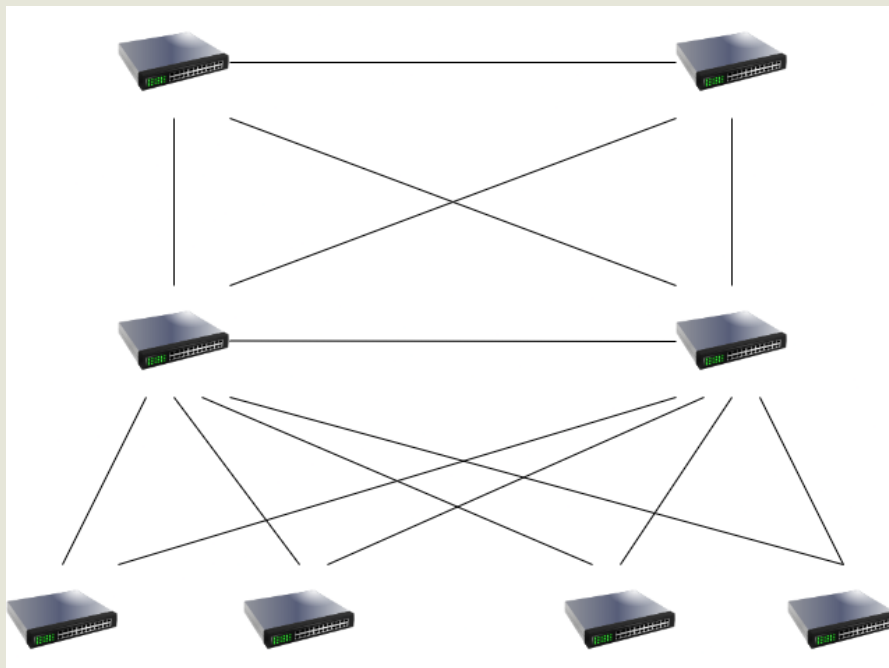
Un switch va se présenter sous la forme d'un boîtier (métallique ou plastique) composé de plusieurs ports RJ45 appelé Appliance.

Son rôle est donc de commuter les paquets virtuellement (depuis les nombreuses interconnexions physiques).

Il en existe des biens différents, allant de 4 ports RJ45 à plusieurs centaines.

Ils travaillent donc avec les adresses MAC et les adresses IP.

Ce sont les switches qui permettent ce que l'on appelle le « spanning tree » (le principe de maillage). On pourra alors retrouver des ports spécifiques permettant de réaliser des ponts.



Routeur

Les routeurs, sont des appareils ayant pour fonction la répartition des paquets entre différents réseaux.

Les routeurs interviendront sur un seul niveau du modèle OSI :

- Layer 2 (ou couche 2 Liaison)

Les différentes topologies de réseau

Les architectures informatiques sont établies via des liaisons physiques ou virtuelles afin de coordonner et structurer les échanges de flux de données.

Il existe plusieurs topologies de réseau :

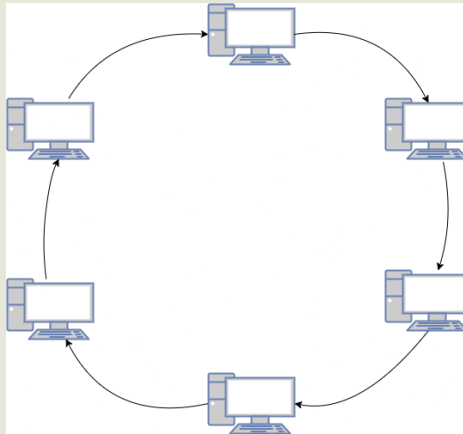
- Les réseaux en anneaux
- Les réseaux hiérarchiques
- Les réseaux en bus
- Les réseaux en étoile
- Les réseaux maillés

Il en existe d'autres plus spécifiques mais dans ce cours, nous nous concentrerons sur ceux-là.

Les réseaux en anneaux

L'on nomme ces réseaux dit « en anneaux » car schématiquement, on peut réellement les représenter sous la forme d'un anneau.

En effet, le principe de cette topologie de réseau est que chaque hôte est interconnecté à un autre à la chaîne.



Cela sous-entend son fonctionnement, si un réseau composé de 15 ordinateurs et que le 2 souhaite envoyer un flux au 9 -ème, alors ce même flux traversera chaque ordinateur intermédiaire entre eux.

2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7 → 8 → 9



0101010110101010101010101

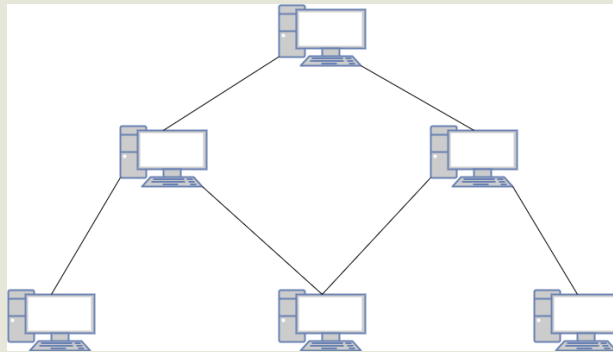
Il est possible d'avoir un réseau en anneau ne fonctionnant qu'à sens unique mais cela soulève de nombreux problèmes en cas de panne d'un des maillons de la chaîne.

En revanche il est tout à fait possible d'avoir un flux passant dans les deux sens.

Il existe également un système logique permettant la mise en œuvre d'une réseau en anneau : les MAU (Multistation Access Unit) fonctionnant un peu comme des HUB, ils vont transmettre l'informations au tour par tour dans le l'ordre d'arrivée des requêtes.

Les réseaux hiérarchiques

Un réseau « en arbre » fonctionne par un système de segmentation multi-niveau. Le niveau le plus haut de la hiérarchie est connecté à un des niveaux plus bas et ainsi de suite.

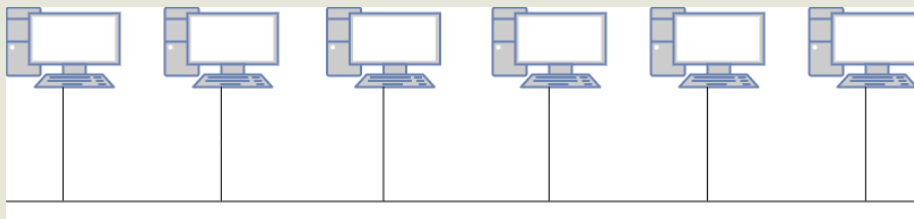


Le problème dans cette topologie, est bien évidemment que si l'un des nœuds plus haut dans la hiérarchie tombe, le réseau se retrouve coupé en deux sans connexion possible.

Les réseaux en bus

Il s'agit d'une topologie consistante à établir un flux principal émanant des plusieurs liens uniques provenant chacun de chaque nœud.

L'avantage étant la tolérance de panne, mais si le flux principal tombe, plus aucun ordinateur n'a d'accès.

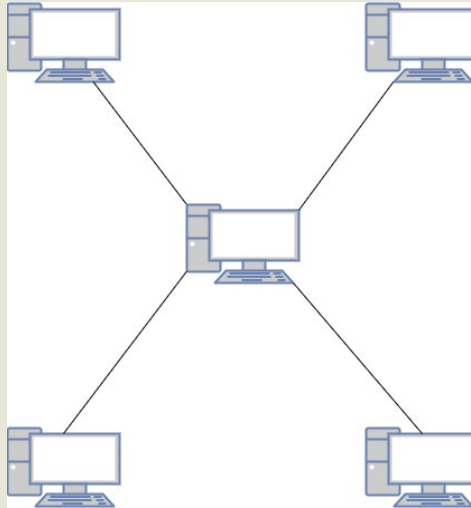


Les réseaux en étoiles

Ou autrement appelé « Hub and Spoke » est la topologie la plus couramment utilisé.

Son principal avantage étant la flexibilité du réseau face à la panne.

En effet, chacun des nœuds présent dans le réseau est isolé des autres mais peuvent tout de même communiquer entre eux via un intermédiaire : le switch.



Vous devinerez cependant le principal problème : si le switch tombe, le réseau tombe.

Les réseaux maillés

Il correspond à un fonctionnement point à point reliant chaque nœuds à l'ensemble des autres nœuds.

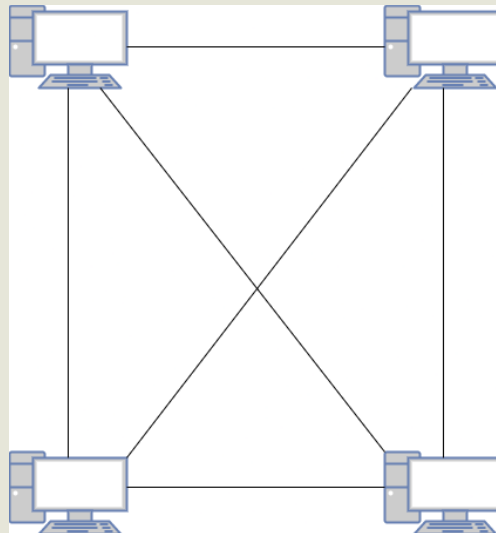
Son avantage est la très haute disponibilité de celui-ci.

En revanche, l'équation de cette topologie en termes de liaison est de n^2 (soit le nombre de nœuds multiplié par el nombre de nœuds).

C'est la topologie de fonctionnement d'Internet.

Cette technologie est également exploitable avec les réseaux wifi ; l'on nommera alors plutôt cette topologie de « réseau mesh »

C'est également la topologie exploitée dans des architectures locales avec la volonté d'une très haute disponibilités réseaux.



Adresse MAC et protocole ARP

Les adresses MAC (Media Access Control) ou encore Adresse Physique sont des identifiants matériel stocké dans une carte réseau. Elles sont attribuées par le constructeur des matériels et sont uniques*.

Les adresses MAC sont présentes sur la couche 2 du modèle OSI.

Ces adresses sont constituées de 6 octets (soit 48 bits) et se composent de caractères hexadécimaux (base 16)

Ces 48 bits sont répartis de la façon suivante :

- 1 bit I/G : indique si l'adresse est individuelle, auquel cas le bit sera à 0 (pour une machine unique, unicast) ou de groupe (multicast ou broadcast), en passant le bit à 1 ;
- 1 bit U/L : 0 indique si l'adresse est universelle (conforme au format de l'IEEE) ou locale, 1 pour une adresse administrée localement ;
- 22 bits réservés : tous les bits sont à zéro pour une adresse locale, sinon ils contiennent l'adresse du constructeur ;
- 24 bits : adresse unique (pour différencier les différentes cartes réseaux d'un même constructeur).

Cela donne 281 000 milliards de combinaisons possibles.

Si vous vous souvenez bien des cours de 1^{ère} année, sachez que la transmission d'une adresse MAC s'effectue du poids le plus faible vers le plus fort.

Cela signifie que vous lisez (par exemple) cette adresse : 02 : 1E : 33 : FF : 3B : 5A : 94

Son ordre de transmission sera alors 94 : 5A : FF : 33 : 1E : 02

Adresses particulières :

FF:FF:FF:FF:FF:FF	Adresse broadcast
01:00:0C:CC:CC:CC	Cisco Discovery Protocol
01:80:C2:00:00:00	Spanning Tree Protocol
33:33:xx:xx:xx:xx	Adresses multicast IPv6
01:00:5E:xx:xx:xx	Adresses multicast IPv4
00:00:0c:07:ac:xx	Adresses HSRP
00:00:5E:00:01:XX	Adresses VRRP

Il est possible de modifier une adresse MAC temporairement, cela se fait notamment via les commandes ARP.

ARP pour Address Resolution Protocol est le protocole utilisé pour associer une adresse IP à une adresse MAC.

Cela permet à un ordinateur d'interroger un switch par exemple : « à quelle adresse IP correspond à telle adresse MAC ? ».

À noter qu'une requête ARP s'effectue toujours en BroadCast.

Les commandes ARP

arp -a : affiche toutes les entrées dans le cache ARP.

arp -a @ip : dans le cas où il y a plusieurs cartes réseau, on peut faire l'affichage du cache associé à une seule @ip.

arp -s @ip @MAC : ajout manuel d'une entrée statique permanente dans le cache (ce besoin se manifeste si on appelle régulièrement des hôtes, pour réduire le trafic réseau).

Trame ARP

Préambule	SFD	Adresse MAC de destination	Adresse MAC source	Longueur/type	Données	FCS
-----------	-----	----------------------------	--------------------	---------------	---------	-----