

Interconnexion de réseaux IP

L'objectif de ce cours est de comprendre les mécanismes permettant d'interconnecter plusieurs réseaux IP.

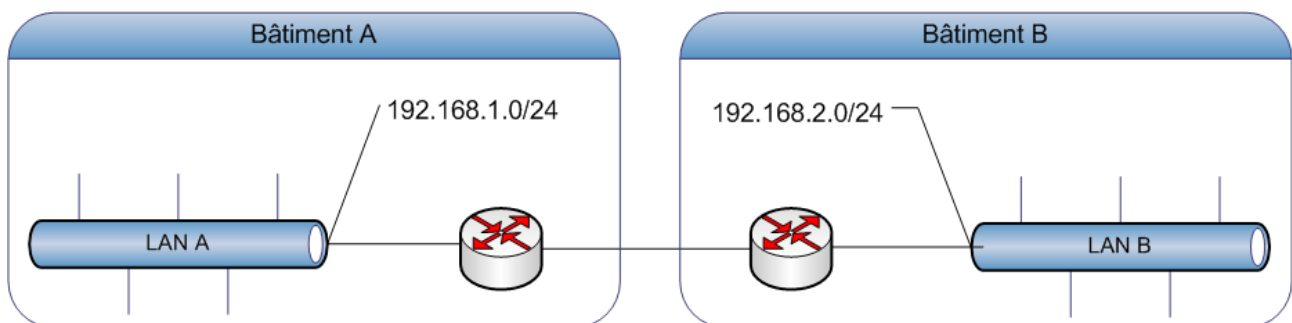
Le contexte

La SSII que vous accompagnez dans son développement a fusionné avec une autre entreprise, ce qui a fortement fait augmenter ses effectifs. Pour loger ses nouveaux employés, elle a loué un bâtiment adjacent à celui qu'elle occupe déjà. Ce bâtiment dispose d'un précablage Ethernet. L'objectif de la société est d'interconnecter les deux réseaux.

Une solution serait de créer un unique LAN et donc un seul réseau IP en utilisant des **commutateurs**. Cependant, cette solution présente plusieurs inconvénients :

- L'ensemble des deux bâtiments constituerait un unique domaine de **diffusion**. Avec l'augmentation du nombre d'hôtes, cela générerait un trafic important (trames de *broadcast*, requêtes ARP...) pouvant aller jusqu'à saturer le réseau.
- Des contraintes physiques (machines trop éloignées) peuvent empêcher la connexion de toutes les machines.
- Toute station reçoit l'intégralité du trafic IP du réseau, ce qui peut poser un problème de **sécurité**.

Pour ces raisons, il a été décidé que chaque bâtiment constituerait un réseau IP distinct et que l'interconnexion utiliserait des **routeurs**.



Le rôle de l'adressage IP

Pourquoi un système d'adressage ?

Comparons avec la Poste. Lorsque vous écrivez à un correspondant, vous devez connaître l'adresse de celui-ci, et l'écrire sur l'enveloppe. Pourquoi l'écrire ? Parce que ce courrier ce n'est pas vous qui allez le transporter. Vous allez le remettre à un service postal qui va se charger de son acheminement. Cet acheminement peut-être :

- **Direct** quand votre correspondant dépend du même bureau de poste.
- **Indirect** sinon.

Dans ce dernier cas, votre courrier passera successivement dans différents bureaux de postes. Chaque bureau de poste s'adressant au suivant jusqu'au bureau de poste dont dépend votre correspondant. Votre courrier peut aussi être transporté par différents moyens, du plus rapide (l'avion) au plus lent (le vélo du facteur). La suite des bureaux de postes qui ont traité votre courrier constitue la **route** empruntée par celui-ci. Cette route a été déterminée par l'adresse de départ mais en même temps, il a fallu déterminer toute une série d'adresses intermédiaires, les adresses des bureaux de postes traversés.

Entre vous et votre correspondant, il n'y avait pas de relation **physique**, sinon vous lui auriez parlé ou bien remis votre lettre en main propre. La relation physique s'est établie entre vous et la boîte aux lettres où vous avez remis votre courrier, puis entre les différents bureaux de postes, enfin entre le dernier bureau de poste et la boîte aux lettres de votre correspondant. Une fois la lettre remise par le dernier bureau de poste il n'y a pas pour autant de relation physique entre vous et votre correspondant, par contre celui-ci lira certainement votre courrier et donc, d'une certaine façon, que nous appellerons **logique**, vous êtes entré en communication avec lui.

Pour qu'une communication puisse s'établir à distance, il faut un système d'adressage.

Ce système doit permettre deux choses :

- Identifier de manière unique un correspondant.
- Déterminer la route pour l'atteindre physiquement.

L'adressage IP

Retournons maintenant au monde des réseaux. Imaginons trois machines, l'une située dans un réseau Ethernet, l'autre dans un réseau AppleTalk et la troisième dans un réseau Token Ring. Comment faire communiquer ces machines qui ne sont pas reliées directement ? Il faut un système d'adressage **logique** indépendant de la connexion physique entre les machines : c'est le rôle de l'adressage IP.

L'adressage IP permet la communication à distance entre machines situées physiquement dans des réseaux différents.

- Une adresse IP permet d'**identifier** une machine, indépendamment du type de réseau sous-jacent (filaire, sans fil...).
- Des machines situées dans le **même** réseau IP sont reliées au même support physique et capables de communiquer directement.
- Des machines situées dans des réseaux IP **différents** communiquent en passant par une succession de machines intermédiaires : les **routeurs** (également appelés *gateways* ou passerelles en terminologie IP).

Le réseau IP

Un réseau IP regroupe un ensemble d'hôtes capables de communiquer directement. Exemple : des machines situées dans le même réseau local Ethernet. Un réseau IP est identifiée par son **adresse de réseau**. Celle-ci s'obtient en faisant un **ET logique** entre l'adresse IP de la machine et son masque de sous-réseau. Cette opération consiste à écrire à 1 les bits qui sont à la fois à 1 dans l'adresse et dans le masque.

Exemple : trouvons l'adresse de réseau à partir de l'adresse IP 200.100.40.1/24.

L'adresse s'écrit en binaire 11001000.01100100.00101000.00000001

Le masque /24 s'écrit 11111111.11111111.11111111.00000000

Le ET logique donne 11001000.01100100.00101000.00000000

D'où l'adresse de réseau : 200.100.40.0.

Trouvez l'adresse de réseau correspondant à l'IP 200.100.40.33/27.

En binaire : 11001000.01100100.00101000.00100001
Masque /27 : 11111111.11111111.11111111.11100000
ET logique : 11001000.01100100.00101000.00100000
D'où l'adresse de réseau : 200.100.40.32.

Tous les hôtes d'un réseau IP partagent donc la même adresse de réseau. Lorsqu'une machine veut émettre à destination d'une autre machine, elle commence par vérifier si cette machine est située sur le même réseau IP qu'elle.

Comment faire cette vérification ?

Il suffit de faire un ET logique entre l'IP du destinataire et le masque de l'expéditeur. Si le résultat est différent de l'adresse de réseau de l'expéditeur, le destinataire est sur un autre réseau.

Exemple : La machine d'adresse IP 192.168.0.1/24 peut-elle communiquer directement avec la machine 192.168.1.1 ?

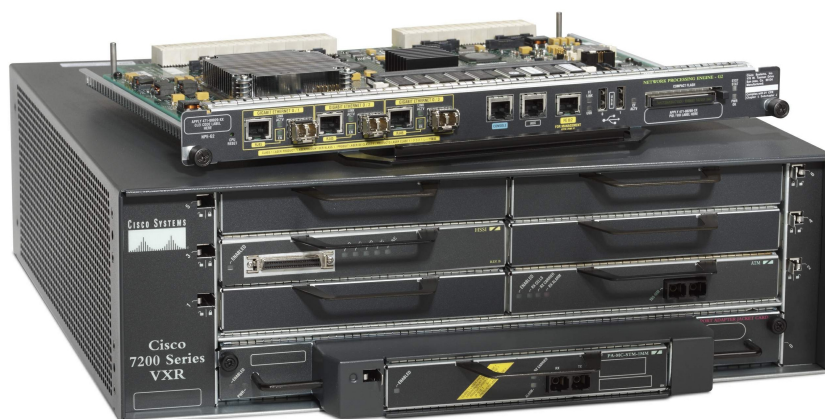
L'adresse de réseau de l'expéditeur est 192.168.0.0.

Le ET logique entre l'adresse du destinataire et le masque /24 donne 192.168.1.0.

Les machines sont donc situées sur des réseaux IP différents.

Les matériels d'interconnexion de réseaux

L'interconnexion entre plusieurs réseaux IP est assurée par un type de matériel particulier : le **routeur**. La terminologie IP utilise le terme de **passerelle** (gateway).



Un routeur dispose de plusieurs **interfaces** reliées chacune à un réseau IP différent. Il maintient une **table de routage** qui lui permet de choisir sur quelle interface transmettre un paquet reçu, afin s'assurer le **routage** des paquets de données. Il se base sur les adresses **logiques** (IP) des paquets reçus et travaille donc au niveau **3** du modèle OSI (couche **réseau**). Il peut également fournir des services annexes : contrôle du trafic, filtrage, translation d'adresses... Il existe des routeurs adaptés à différents usages, des *box* de connexion ADSL aux matériels professionnels très chers et très performants. Un routeur peut être un simple ordinateur muni de plusieurs interfaces réseau. Certains routeurs sont administrables au moyen du protocole **SNMP** (*Simple Network Management Protocol*).

Le routage IP

L'acheminement des paquets

Lorsque les machines expéditrice et destinataire sont situées sur le même réseau IP, les paquets IP sont directement encapsulés dans des trames (Ethernet par exemple). L'adresse physique de destination des trames est obtenue au moyen du protocole **ARP**. Dans ce cas, on parle de remise **directe** des paquets.

Quand les machines qui communiquent sont sur des réseaux IP différents, les paquets circulent par un certain nombre de routeurs intermédiaires pour aller de leur émetteur à leur destinataire. On parle alors de remise **indirecte**. Dans ce cas, les trames encapsulant les paquets sont envoyées à la **passerelle**.

Quel type de remise est utilisée lors de la remise d'un paquet entre le dernier routeur et le destinataire final ?

Une remise directe.

La table de routage

La table de routage constitue l'outil essentiel dans la prise de décision. Elle contient des **chemins** vers d'autres réseaux.

```
C:\Documents and Settings\Sosobaba>route PRINT
=====
Liste d'Interfaces
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x2 ...00 15 f2 3f 5f cc ..... NVIDIA nForce Networking Controller - Miniport d
'ordonnement de paquets
=====
Itinéraires actifs :
Destination réseau    Masque réseau    Adr. passerelle    Adr. interface    Métrique
0.0.0.0                0.0.0.0          192.168.1.254      192.168.1.79      20
127.0.0.0              255.0.0.0        127.0.0.1          127.0.0.1         1
192.168.1.0            255.255.255.0    192.168.1.79       192.168.1.79      20
192.168.1.79          255.255.255.255  127.0.0.1          127.0.0.1         20
192.168.1.255          255.255.255.255  192.168.1.79       192.168.1.79      20
224.0.0.0              240.0.0.0        192.168.1.79       192.168.1.79      20
255.255.255.255        255.255.255.255  192.168.1.79       192.168.1.79      1
Passerelle par défaut : 192.168.1.254
=====
Itinéraires persistants :
Aucun
```

Description des champs

Le tableau suivant présente la description des différents champs qui composent une table.

Champ	Description
<i>Destination réseau</i>	Adresse de destination. Il peut s'agir d'une adresse de réseau ou d'une adresse d'hôte.
<i>Masque réseau</i>	Masque de sous-réseau associé à l'adresse de destination.
<i>Adresse de passerelle</i>	Adresse IP de la machine vers laquelle les paquets sont envoyés.
<i>Adresse d'interface</i>	Adresse IP de l'interface réseau à utiliser pour transmettre les paquets.
<i>Métrique</i>	Coût associé au trajet par l'adresse de destination. Sa définition dépend du protocole de routage utilisé.

Chaque entrée dans une table de routage se lit ainsi : pour joindre la **destination** dont la partie réseau est donnée par le **masque**, il faut envoyer les paquets vers l'**adresse de passerelle** en utilisant l'**adresse d'interface**.

Description des entrées

La table plus haut contient les entrées suivantes :

- **0.0.0.0** : il s'agit de la **passerelle par défaut**. C'est l'adresse où sont envoyés tous les paquets pour lesquels il n'existe aucune autre entrée dans les tables. On l'appelle parfois adresse d'acheminement par défaut.
- **127.0.0.0** : c'est l'adresse de réseau de boucle, utilisée pour les diagnostics locaux.
- **192.168.1.0** : c'est le **réseau IP** de la machine.
- **192.168.1.79** : adresse IP de l'hôte local.
- **192.168.1.255** : adresse de diffusion dirigée (éventuellement routable vers un autre réseau IP).
- **224.0.0.0** : diffusion multipoint.
- **255.255.255.255** : adresse de diffusion limitée aux machines du réseau IP local.

Notion d'itinéraire persistant

Dans une table de routage, un itinéraire est dit **persistant** s'il est maintenu lors d'un redémarrage de l'hôte.

Utilisation d'une table de routage

Chaque machine d'un réseau TCP/IP consulte sa table de routage pour savoir quoi faire des adresses de destination locales ou distantes.

1. Si la destination se trouve sur le réseau local, la table de routage demande à IP d'envoyer les données vers la machine locale.
2. Si l'adresse de destination est distante, IP consulte alors la table de routage pour trouver une entrée correspondant au réseau distant. Si elle existe, le paquet est envoyé à l'interface de réseau identifiée par l'entrée de la table de routage.
3. Sinon, et si aucune passerelle par défaut n'est identifiée, le paquet est abandonné.

L'utilisation d'une table de routage obéit donc à un **algorithme de routage**.

PROCÉDURE ROUTAGEIP (données Dat : paquet, Tab : Table de routage)

Début

D := adresse IP de destination de Dat

N := identificateur du réseau de D

Si N est une adresse de réseau directement accessible

Alors

envoyer Dat vers l'adresse D sur ce réseau

Sinon

Pour chaque entrée de Tab faire

N:= résultat du **ET logique de D et du masque de réseau**

Si N = l'adresse réseau ou sous-réseau de la destination de l'entrée

Alors

router Dat vers cette destination

sortir

Finsi

Finpour

Si aucune correspondance n'est trouvée

Alors

remonter une erreur de routage

Finsi

Finsi

Fin

Mise à jour d'une table de routage

Les entrées dans les tables de routages des hôtes peuvent être définies manuellement par l'administrateur du réseau. C'est ce qu'on appelle le routage **statique**. Sous Windows et Linux, la commande **route** permet la gestion statique d'une table (visualisation et édition d'entrées).

Quels sont les avantages et les inconvénients du routage statique ?

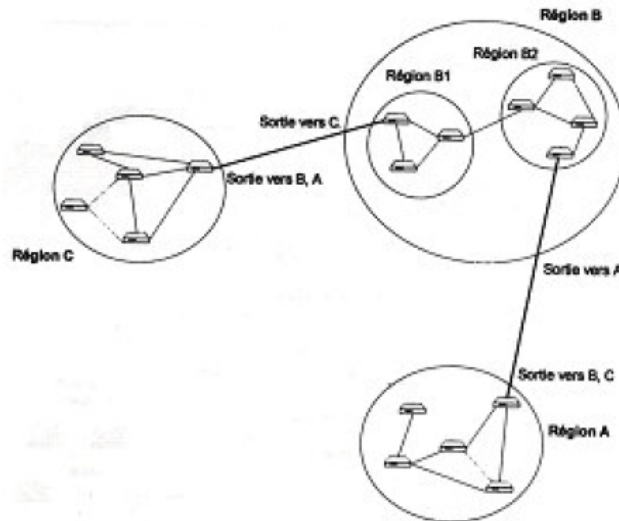
- **Avantages : il permet de contrôler précisément les échanges entre réseaux.**
- **Inconvénients : il ne tient pas compte de l'état des liaisons et devient trop lourd à gérer dans les grands réseaux.**

L'autre possibilité consiste à mettre à jour les tables en fonction de l'état du réseau : c'est la routage **dynamique**. Dans ce cas, la gestion est table est décentralisée au niveau des routeurs, qui s'échangent des informations de mise à jour des tables. Il existe plusieurs protocoles de routage dynamique que nous allons étudier dans le paragraphe suivant.

Les protocoles de routage

On classe les protocoles de routage en deux catégories :

- Les protocoles de type **IGP** (*Interior Gateway Protocol*). Ils sont mis en oeuvre dans des ensembles de réseaux sous administration centralisée (par exemple, les différents réseaux IP d'une entreprise), qu'on appelle aussi systèmes autonomes. Exemples : RIP, OSPF.
- Les protocoles qui sont chargés d'interconnecter les systèmes autonomes. Les plus utilisés sont **EGP** (*Exterior Gateway Protocol*) et **BGP** (*Border Gateway Protocol*).



RIP

RIP (***Routing Information Protocol***) est un protocole de routage dynamique toujours très utilisé dans le monde IP. La technique de routage associée porte le nom de routage par sauts successifs (*next-hop routing*). Elle spécifie qu'un hôte ne connaît pas le chemin complet que va prendre un paquet, mais seulement le routeur suivant à qui il va être transmis. Les messages échangés par les routeurs contiennent des informations de **distance**. La distance entre une source et une destination est égale au nombre de **sauts** nécessaires. Le nombre maximal de sauts est fixé à **15**. RIPv1 ne gère que les masques de réseau standard (/8, /16 et /24). RIPv2 a levé cette limitation.

Quels sont les inconvénients du protocole RIP ?

- Il se base uniquement sur la distance entre deux réseaux, sans tenir compte du type de liaison.
- Il est limité à de petits réseaux (15 sauts maxi).

OSPF

OSPF (*Open Shortest Path First*) est un autre protocole de routage dynamique destiné à remplacer RIP. Par rapport à celui-ci, OSPF donne un **coût** à chaque liaison afin de déterminer la route optimale. Ce coût est fonction du type et du débit de la liaison. De plus, les routeurs OSPF s'échangent des informations d'état de lien afin de se reconfigurer rapidement en cas de changement dans la topologie du réseau.

Application

Appliquons à présent nos nouvelles connaissances au réseau de la SSII.

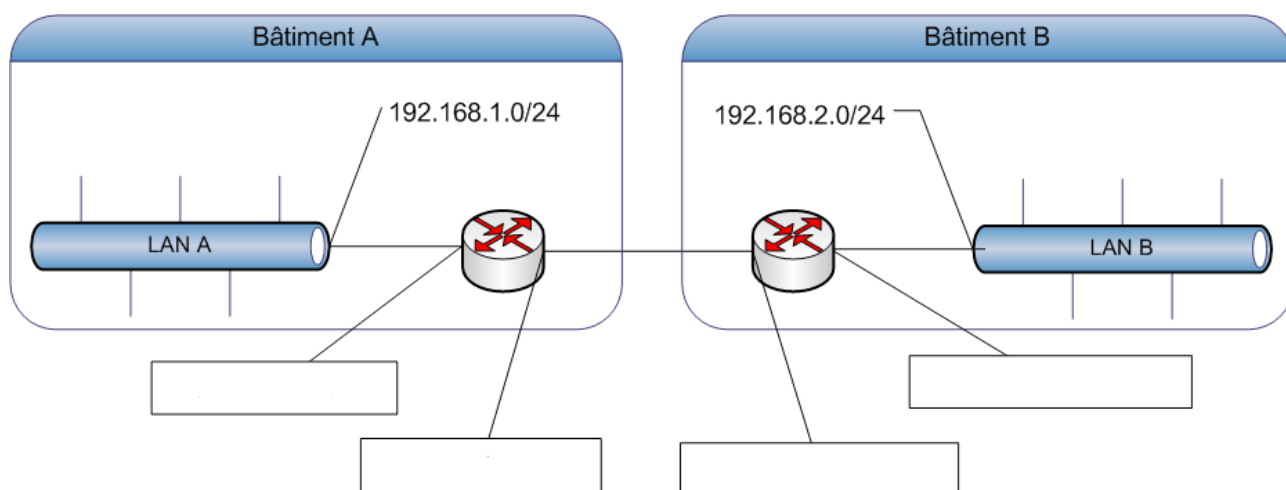
Combien de réseaux IP sont présents ?

3 réseaux IP : ceux des LAN de chaque bâtiment et celui de l'interconnexion entre les routeurs.

Proposez un plan d'adressage pour ces réseaux.

LAN A : 192.168.1.0/24
LAN B : 192.168.2.0/24
Lien entre les routeurs : 192.168.0.0/24

Complétez le schéma du réseau.



Complétez les tables de routage des deux routeurs (uniquement les lignes significatives).

Routeur_A :

Destination	Masque	Passerelle	Interface
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.254	192.168.1.254
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.1	192.168.0.1
192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.0.2	192.168.0.1

Routeur_B :

Destination	Masque	Passerelle	Interface
192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.2.254	192.168.2.254
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.2	192.168.0.2
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.0.1	192.168.0.2