

Bases de réseaux – v3.6



Bases de réseaux de [Dr Michaël GUEDJ](#) est mis à disposition selon les termes de la [licence Creative Commons Attribution 4.0 International](#).

Fondé(e) sur une œuvre à https://github.com/michaelguedj/ens_bases_de_reseaux.

Table des matières

Types de réseaux.....	4
LAN (Local Area Network).....	4
MAN (Metropolitan Area Network).....	4
WAN (Wide Area Network).....	4
Topologie de réseau.....	4
Le réseau en anneau.....	4
Le réseau en bus.....	4
Le réseau en étoile.....	5
Le réseau maillé.....	5
Note :.....	5
Matériel d'interconnexion.....	6
Hub (répétiteur).....	6
Switch (commutateur).....	6
Routeur.....	6
Câble croisé / câble droit.....	6
Conversions.....	6
Tableau de correspondance des numérations décimale, hexadécimale et binaire.....	6
Décimal / Binaire.....	7
Binaire / Décimal.....	7
Hexadécimal / Binaire.....	7
Binaire / Hexadécimal.....	8
Opérations logiques.....	9
Tables des opérateurs NON, OU et ET.....	9
Opérations bit à bit.....	9
Adresse IP V4.....	10
Adresses IP privées.....	10
Adresse IP : Exceptions de la classe A.....	10
Adresses IP publiques.....	10
Remarque.....	10
Calcul du nombre d'adresses IP utilisables sur un réseau (pour les postes connectés).....	11
Masque /24.....	11
Masque /27.....	11
Adresse MAC (<i>Media Access Control</i>) ou « adresse physique ».....	11
localhost.....	11
Modèle OSI.....	12
Encapsulation/Décapsulation.....	13
Exemple : encapsulation UDP.....	13
Exemple : sous Packet Tracer.....	13
Notion de port logiciel.....	14
Protocoles de la couche Application (niveau 7).....	14
Protocoles de la couche Transport (niveau 4).....	15
UDP (User Datagram Protocol).....	15
TCP (Transmission Control Protocol).....	15
Protocoles de la couche Réseau (niveau 3).....	15

ARP (Address Resolution Protocol).....	15
ICMP (Internet Control Message Protocol).....	15
IP (Internet Protocol).....	16
Protocoles de la couche Liaison (niveau 2).....	16
Ethernet.....	16
Modèle TCP/IP.....	18
Tables de routage.....	19
VLAN (<i>Virtual LAN</i>) de niveau 1 – VLAN par port.....	23
Notes :.....	23
<i>Network Address Translation</i> (NAT) Dynamique.....	24
Redirection de port (<i>Port Forwarding</i>).....	24
DMZ (<i>Demilitarized Zone</i>) – Zone démilitarisée.....	25
VPN (<i>Virtual Private Network</i>).....	25
Commandes de base d'un terminal de commande sous Windows.....	26
help.....	26
ping.....	26
tracert.....	26
ipconfig.....	26
netstat.....	26
ftp.....	26
nslookup.....	26
hostname.....	26
arp.....	26
Note :.....	26
Commandes de base des routeurs Cisco.....	27
Affichage des commandes disponibles.....	27
Passer en mode privilège.....	27
Entrer dans le mode de configuration global.....	27
Adressage IP d'une interface.....	27
Suppression de l'adresse ip d'une interface.....	27
Activation et désactivation d'une interface.....	27
Afficher la table de routage.....	27
Affiche la configuration courante.....	27
Affiche un résumé des informations clés pour toutes les interfaces réseau d'un routeur.....	27
Commandes de base des switch Cisco.....	28
Affichage des commandes disponibles.....	28
Passer en mode privilège.....	28
Affiche la table d'adresse MAC.....	28

Types de réseaux

LAN (Local Area Network)

De 2 à plusieurs centaines de machines à l'intérieur d'une même enceinte.

MAN (Metropolitan Area Network)

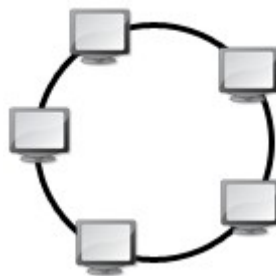
Relie des réseaux LAN entre eux à l'échelle d'une ville.

WAN (Wide Area Network)

Relie des réseaux LAN et WAN à l'échelle d'un pays, d'un continent, ou de la planète entière.

Topologie de réseau

Le réseau en anneau



Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Topologie_de_r%C3%A9seau

- Chaque station joue le rôle de station intermédiaire.
- La défaillance d'un hôte rompt la structure d'un réseau en anneau si la communication est unidirectionnelle.

Le réseau en bus



Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Topologie_de_r%C3%A9seau

- La défaillance d'un nœud (ordinateur) ne scinde pas le réseau en deux sous-réseaux.
- Lorsque le support est en panne (rupture du câble), c'est l'ensemble du réseau qui ne fonctionne plus.

Le réseau en étoile



Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Topologie_de_r%C3%A9seau

- Topologie courante : cas des réseaux Ethernet.
- La panne d'un nœud ne perturbe pas le fonctionnement global du réseau.
- L'équipement central (souvent un switch) reliant tous les nœuds constitue un point unique de défaillance : une panne à ce niveau rend le réseau totalement inutilisable.

Le réseau maillé



Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Topologie_de_r%C3%A9seau

- Une topologie maillée correspond à plusieurs liaisons point à point : chaque terminal peut être relié à tous les autres.
- Cette topologie se rencontre dans les grands réseaux de distribution (exemple : Internet).
- Différents chemins pour accéder d'un nœud à un autre.

Note :

- D'autres topologies existent.
- Une topologie est dite *hybride*, lorsqu'elle regroupe plusieurs topologies différentes.

Matériel d'interconnexion

Hub (répétiteur)

Répète l'information sur tous les autres ports (ports matériels).

Switch (commutateur)

Intègre une mémoire dans laquelle il enregistre une table de correspondance : adresse MAC / port Ethernet.

Routeur

Son rôle est de faire transiter des paquets d'une interface réseau vers une autre en utilisant une table de routage.

Câble croisé / câble droit

On utilisera soit du câble croisé soit du câble droit selon le type de matériel que l'on connecte :

Câbles droits (entre matériels de types différents) :

- PC à Hub ;
- PC à Switch ;
- Switch à Routeur.

Câbles croisés (entre matériels de même type) :

- Switch à Switch ;
- Hub à Hub ;
- Routeur à Routeur ;
- PC à PC ;
- Hub à Switch ;
- PC à Routeur.

Conversions

Tableau de correspondance des numérations décimale, hexadécimale et binaire

Décimal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hexadécimal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Binaire	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

Décimal / Binaire

Exemple de la conversion de 156 en binaire.

Entier	Diviseur	Reste
156	2	0
78	2	0
39	2	1
19	2	1
9	2	1
4	2	0
2	2	0
1	2	1

En lisant les restes en partant « du bas », on obtient : $156 = 10011100$ en base 2.

Binaire / Décimal

Exemple de la conversion de 10011100 en décimal.

7	6	5	4	3	2	1	0
2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
128	64	32	16	8	4	2	1
1	0	0	1	1	1	0	0
128			16	8	4		

On obtient : 10011100 en base 2 = $128 + 16 + 8 + 4 = 156$.

Hexadécimal / Binaire

Exemple de la conversion de 3C1A en binaire.

<p>3 = 0011</p> <p>C = 1100</p> <p>1 = 0001</p> <p>A = 1010</p>	3 C 1 A
	0011 1100 0001 1010
	<u>0011110000011010</u>

On obtient : 3C1A en base 16 = 0011110000011010 en base 2.

Binaire / Hexadécimal

Exemple de la conversion de 110110111101100 en hexadécimal.

110110111101100	
110110111101100	1100 = C
110110111101100	1110 = E
110110111101100	1101 = D
0110 D E C	0110 = 6
6 D E C	
<u>6DEC</u>	

On obtient : 110110111101100 en base 2 = 6DEC en base 16.

Opérations logiques

Tables des opérateurs NON, OU et ET

X	NON X
1	0
0	1

X	Y	X OU Y	X ET Y
1	1	1	1
1	0	1	0
0	1	1	0
0	0	0	0

Opérations bit à bit

X	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1
Y	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
X OU Y	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1

X	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1
Y	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
X ET Y	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1

Adresse IP V4

Classe	Début	Fin	Masques usuels	
A	0.0.0.0	127.255.255.255	/8	255.0.0.0
B	128.0.0.0	191.255.255.255	/16	255.255.0.0
C	192.0.0.0	223.255.255.255	/24	255.255.255.0

Adresses IP privées

Utilisée dans un réseau local (LAN).

Adresses privées		
Classe	Début	Fin
A	10.0.0.0	10.255.255.255
B	172.16.0.0	172.31.255.255
C	192.168.1.0	192.168.255.255

Adresse IP : Exceptions de la classe A

- Le réseau 127.0.0.0 est réservé pour les tests de boucle locale (127.0.0.1 est l'adresse « localhost »)
- Le réseau 0.0.0.0 est lui aussi réservé (et utilisé notamment pour définir une route par défaut sur un routeur).

Adresses IP publiques

- Utilisées sur internet.
- Une adresse IP publique est unique dans le monde, ce qui n'est pas le cas des adresses privées.
- Les adresses IP publiques représentent toutes les adresses IP des classes A, B et C qui ne font pas partie des adresses privées (ou des exceptions de la classe A).

Remarque

Les adresses IP de masque /24 se terminant par .255 sont des adresses de diffusion : elles seront interceptées par tous les hôtes du réseau.

Calcul du nombre d'adresses IP utilisables sur un réseau (pour les postes connectés)

Masque /24

- 24 bits pour le réseau.
- $32 - 24 = 8$ bits pour les hôtes.
- Une adresse réservée pour l'adresse réseau.
- Une adresse réservée pour la diffusion.
- D'où : $2^8 - 2 = 254$ adresses IP pour les hôtes.

Masque /27

- 27 bits pour le réseau.
- $32 - 27 = 5$ bits pour les hôtes.
- Une adresse réservée pour l'adresse réseau.
- Une adresse réservée pour la diffusion.
- D'où : $2^5 - 2 = 30$ adresses IP pour les hôtes.

Adresse MAC (*Media Access Control*) ou « adresse physique »

- Identifiant de chaque interface réseau.
- Unique au monde (sauf modification par l'utilisateur).

localhost

- Le nom *localhost* est associé à l'adresse IPv6 `::1` et à la plage d'adresses IPv4 `127.0.0.0/8` (toutes les adresses IPv4 comprises entre `127.0.0.1` et `127.255.255.255` dont la plus utilisée est `127.0.0.1`).
- L'interface réseau virtuelle utilisée dans cette situation se nomme l'interface de *loopback* (abrégée par `lo` sous Unix) ou boucle locale.

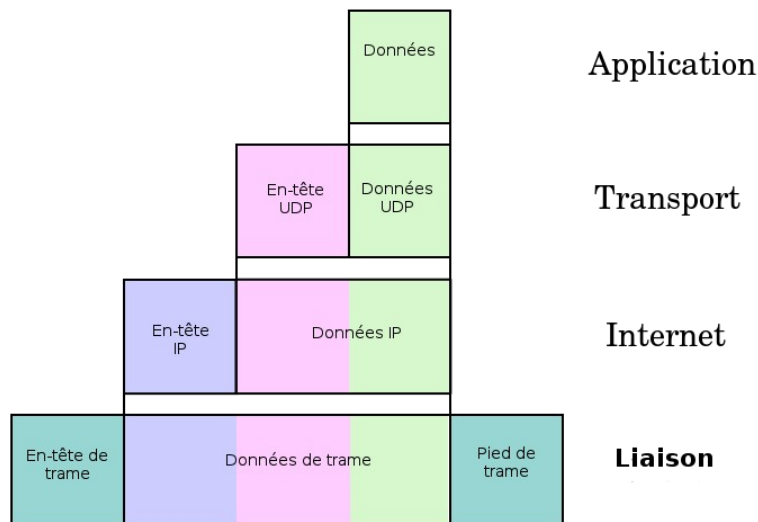
Modèle OSI

Pour Le Réseau, Tout Se Passe Automatiquement.

Numéro	Nom	PDU (<i>Protocol Data Unit</i>)	Protocoles	Assuré par
7	Application	Donnée	DHCP, DNS, FTP, HTTP, POP3, SMTP, SSH, ...	Exécutables
6	Présentation		...	
5	Session		...	
4	Transport	Datagramme UDP / Segment TCP	TCP, UDP, ...	O.S.
3	Réseau	Paquet	IP, ICMP, ARP, ...	
2	Liaison	Trame	Ethernet, Wi-Fi, ...	Carte réseau et son contrôleur
1	Physique	Bit	ADSL, Bluetooth, ...	

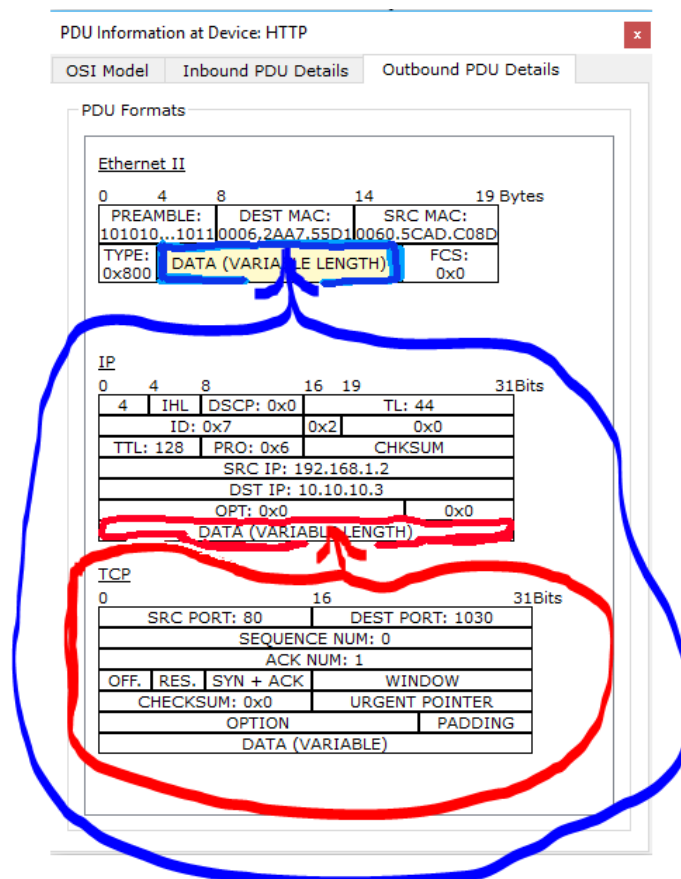
Encapsulation/Décapsulation

Exemple : encapsulation UDP



Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UDP_encapsulation-fr.png

Exemple : sous Packet Tracer



Notion de port logiciel

- Correspondant à la couche Transport du modèle OSI ;
- Permet, sur un ordinateur donné, de distinguer différents interlocuteurs ; permet d'exécuter plusieurs logiciels serveurs sur une même machine, et même simultanément des logiciels clients et des serveurs – voir la commande `netstat -a` ;
- Un port est distingué par son numéro.
- Côté serveur : les ports sont généralement compris entre 0 et 1023.
- Côté du client : le port est choisi aléatoirement parmi ceux disponibles par le système d'exploitation.

Protocoles de la couche Application (niveau 7)

Nom	N° port	Type	Description
DHCP	546	UDP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> . Configuration dynamique des hôtes.
DNS	53	UDP/TCP	<i>Domain Name System</i> . Permet d'effectuer la résolution de noms, c-à-d d'associer une adresse IP à un nom et inversement.

HTTP	80	TCP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i> . Permet le transfert de fichiers (notamment au format HTML) entre un navigateur (le client) et un serveur Web.
HTTPS	443	TCP	<i>Hypertext Transfer Protocol Secured</i> .
FTP	20/21	TCP	<i>File Transfer Protocol</i> . Transfert des fichiers. Deux ports pour les connexions FTP : le port 21 pour les commandes et le port 20 pour les données.
SMTP	25	TCP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i> . Utilisé pour transférer le courrier électronique vers les serveurs de messagerie électronique.
SSH	22	TCP	<i>Secure Shell</i> . Permet d'effectuer des connexions sécurisées (chiffrées) entre un serveur et un client SSH.
POP3	110	TCP	<i>Post Office Protocol</i> . Protocole qui permet de récupérer les courriers électroniques situés sur un serveur de messagerie électronique.

Protocoles de la couche Transport (niveau 4)

UDP (User Datagram Protocol)

Protocole de **transmission en mode non connecté** :

- Pas de connexion préalable à l'envoi des données ;
- Pas de garantie de bonne livraison ;
- Exemple : DHCP ;
- Comparaison : l'envoi d'une lettre ; une fois la lettre insérée dans la boîte aux lettres, on ne sait pas généralement si la lettre sera reçue.

TCP (Transmission Control Protocol)

Protocole de **transmission en mode connecté** :

- Connexion préalable à l'envoi des données ;
- Garantie de bonne livraison ;
- Exemple : HTTP, FTP, SMTP, POP3 ;
- Comparaison : communication téléphonique.

Protocoles de la couche Réseau (niveau 3)

ARP (Address Resolution Protocol)

Effectue la traduction d'une adresse IP en une adresse MAC.

ICMP (Internet Control Message Protocol)

- Permet le contrôle des erreurs de transmission.

- La commande *ping* utilise une requête ICMP *Request* et attend une réponse ICMP *Reply*.

IP (Internet Protocol)

Gère l'acheminement des paquets d'une machine à une autre, ainsi que l'adressage.

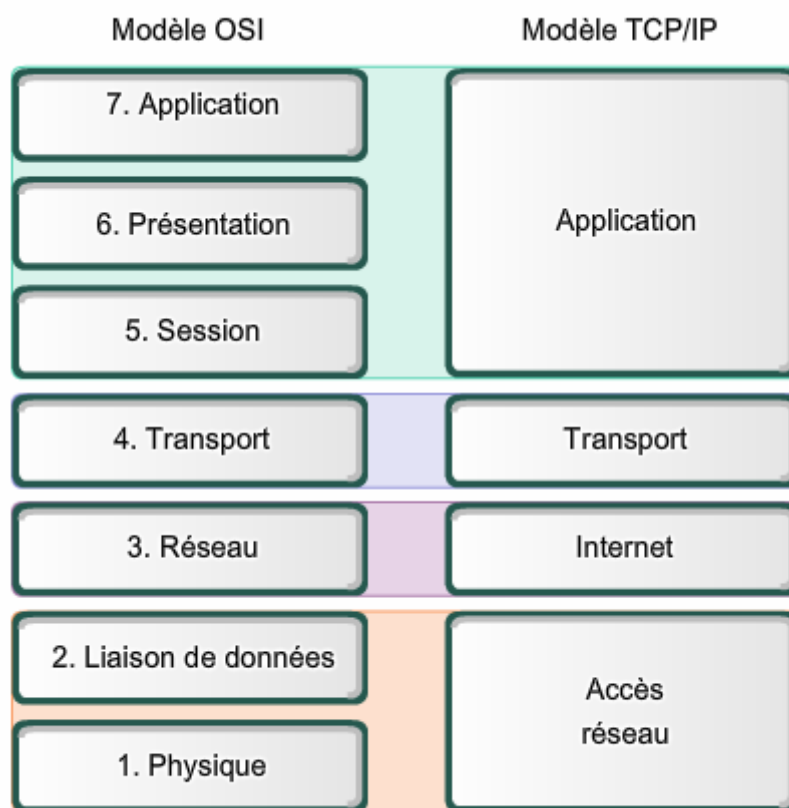
Protocoles de la couche Liaison (niveau 2)

Ethernet

- Pour une liaison à l'aide d'un câble réseau.
- Constitue les trames.
 - Contenant l'adresse MAC de l'émetteur et du destinataire.
 - Pour communiquer à toutes les machines du réseau physique, on utilise comme adresse de destinataire l'adresse de broadcast MAC FF:FF:FF:FF:FF:FF (tous les bits à 1).

Ethernet II

0	4	8	14	19 Bytes
PREAMBLE:	DEST MAC:	SRC MAC:		
101010...1011	00D0.D368.0CA3	0000.0C7C.3C68		
TYPE:	DATA (VARIABLE LENGTH)	FCS:		
0x800		0x0		

*Composition d'une trame Ethernet***Modèle TCP/IP**

Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Comparaison_des_mod%C3%A8les_OSI_et_TCP_IP.png

→ Modèle utilisé pour Internet.

Tables de routage

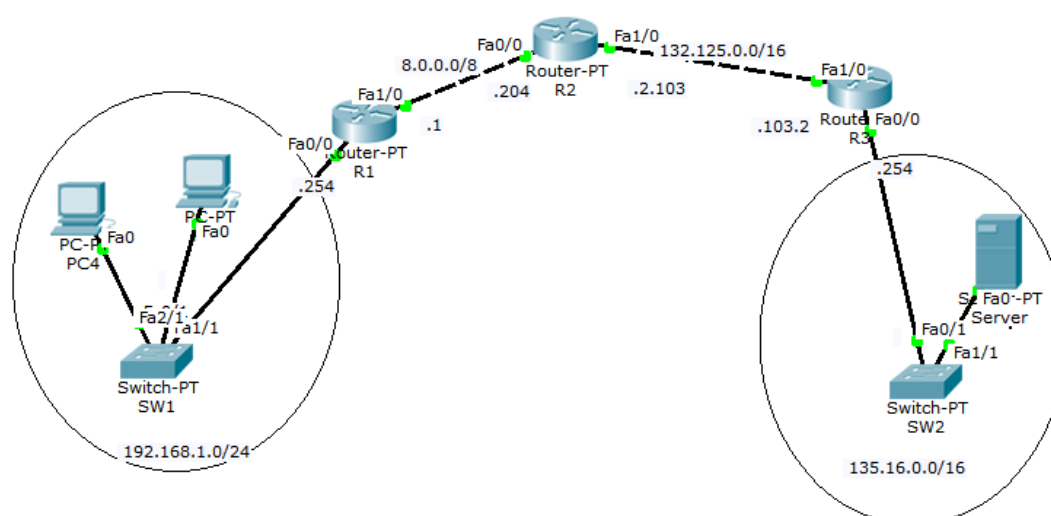


Table de routage de R1

Destination	Passerelle	Interface
192.168.1.0/24	<i>directly connected</i>	FastEthernet0/0
8.0.0.0/8	<i>directly connected</i>	FastEthernet1/0
0.0.0.0	8.0.0.204	FastEthernet1/0

Table de routage de R2

Destination	Passerelle	Interface
8.0.0.0/8	<i>directly connected</i>	FastEthernet0/0
132.125.0.0/16	<i>directly connected</i>	FastEthernet1/0
135.16.0.0/16	132.125.103.2	FastEthernet1/0

0.0.0.0	8.0.0.1	FastEthernet0/0
---------	---------	-----------------

Table de routage de R3		
Destination	Passerelle	Interface
135.16.0.0/16	<i>directly connected</i>	FastEthernet0/0
132.125.0.0/16	<i>directly connected</i>	FastEthernet1/0
0.0.0.0	132.125.2.103	FastEthernet1/0
Table de routage de R1		

```

Router>sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile,
B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter
area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external
type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E -
EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia -
IS-IS inter area
        * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
        P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 8.0.0.204 to network 0.0.0.0

C    8.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet1/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 8.0.0.204

Router>

```

Table de routage de R2

```

Router>sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile,
B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter
area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external
type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E -
EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia -
IS-IS inter area
        * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
        P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 8.0.0.1 to network 0.0.0.0

C    8.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
C    132.125.0.0/16 is directly connected, FastEthernet1/0
S    135.16.0.0/16 [1/0] via 132.125.103.2
S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 8.0.0.1

Router>

```

Table de routage de R3

```

Router>sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile,
B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter
area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external
type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E -
EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia -
IS-IS inter area
        * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
        P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 132.125.2.103 to network 0.0.0.0

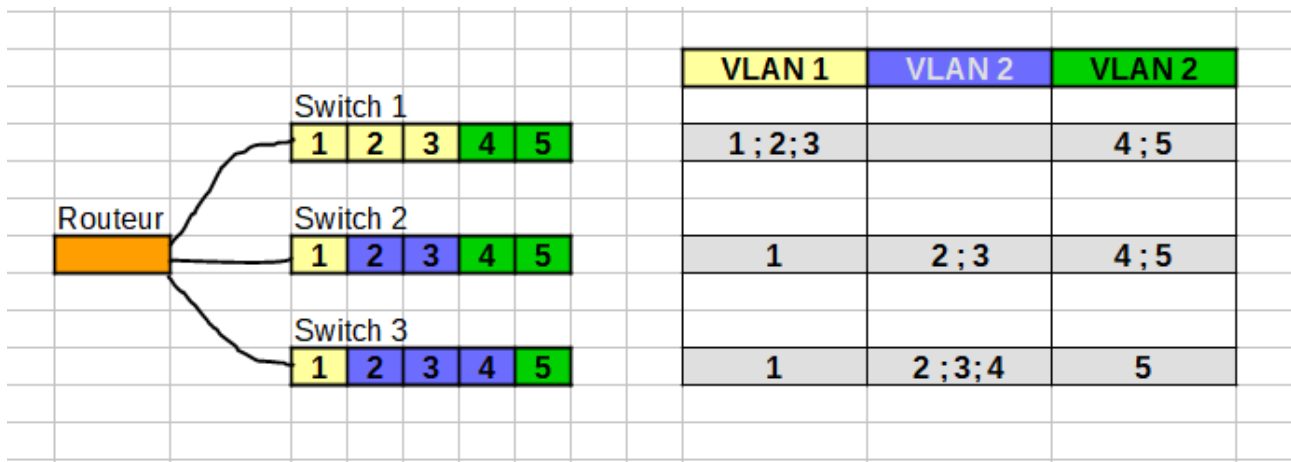
C    132.125.0.0/16 is directly connected, FastEthernet1/0
C    135.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0
S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 132.125.2.103

Router>

```

VLAN (*Virtual LAN*) de niveau 1 – VLAN par port

L'appartenance d'une machine à un VLAN est définie par le port auquel elle est connectée. Le switch est équipé d'une table port/VLAN, remplie par l'administrateur, qui précise le VLAN affecté à chaque port.

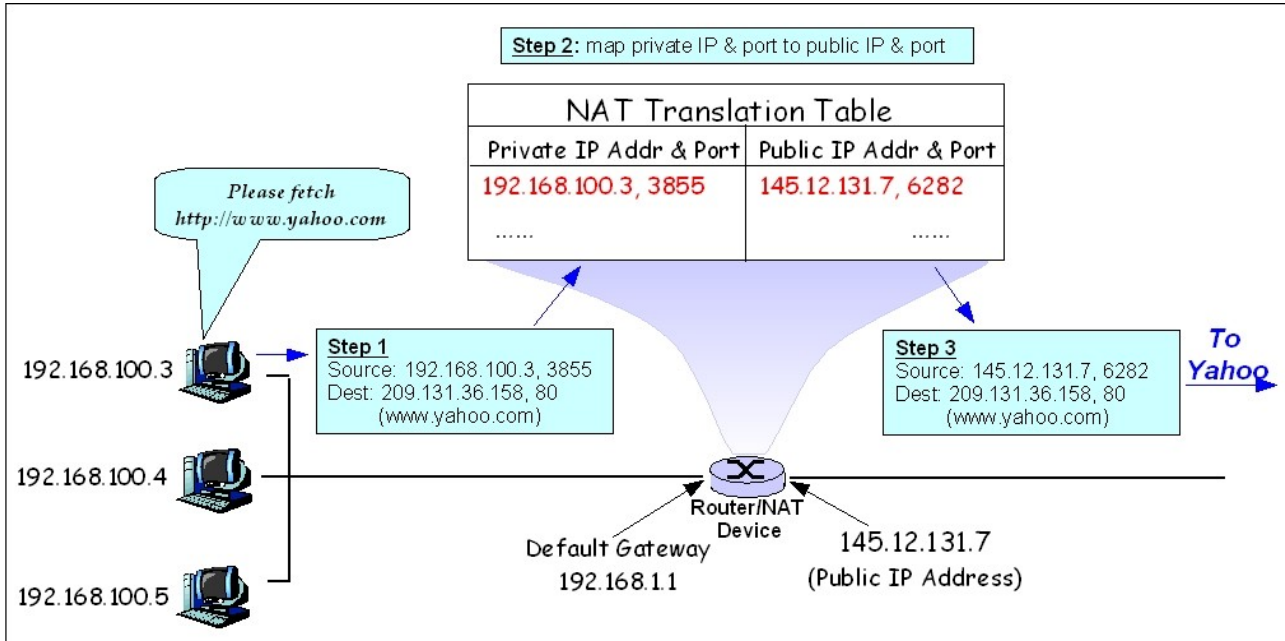


Notes :

- Un domaine de diffusion désigne la partie du réseau dans laquelle les trames de « broadcast » sont vues par tous les équipements. Il est constitué notamment par les switches, et est limité par les routeurs.
- Un VLAN redéfinit les domaines de diffusion.

Network Address Translation (NAT) Dynamique

Le NAT dynamique permet de partager une adresse IP routable entre plusieurs machines en adressage privé. Ainsi, toutes les machines du réseau interne possèdent virtuellement, vu de l'extérieur, la même adresse IP.



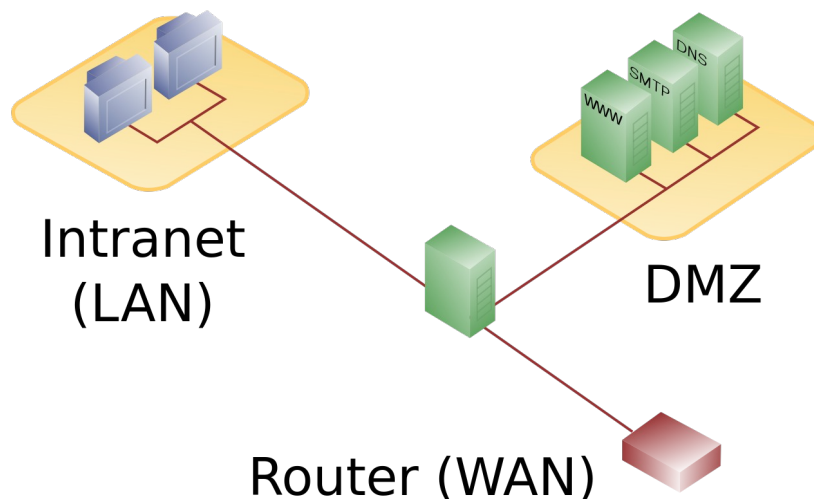
Source : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Network_Address_Translation_\(file2\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Network_Address_Translation_(file2).jpg)

Redirection de port (Port Forwarding)

Le réacheminement de port (*port forwarding*) consiste à rediriger des paquets réseaux reçus sur un port donné d'un ordinateur ou un équipement réseau vers un autre ordinateur ou équipement réseau sur un port donné. Cela permet entre autres de proposer à des ordinateurs extérieurs à un réseau d'accéder à des services répartis sur plusieurs ordinateurs de ce réseau.

DMZ (Demilitarized Zone) – Zone démilitarisée

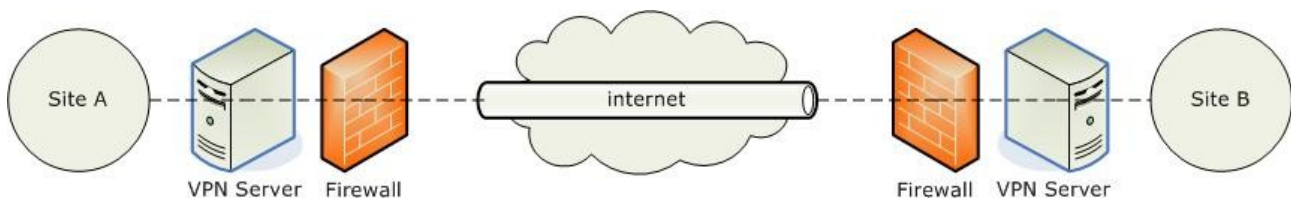
- Sous-réseau ne faisant partie ni du réseau interne, ni de l'Internet.
- Ce sous-réseau contient les machines étant susceptibles d'être accédées depuis Internet (par exemple un serveur HTTP).
- En cas de compromission d'un des services dans la DMZ, le pirate n'aura accès qu'aux machines de la DMZ et non au réseau interne.



Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DMZ_network_diagram_1_firewall.svg

VPN (Virtual Private Network)

- Un VPN est un tunnel (on parle aussi de liaison virtuelle) sécurisé permettant la communication entre deux entités, au travers d'une infrastructure partagée telle qu'Internet.
- Les ordinateurs connectés au VPN sont ainsi sur le même réseau local (virtuel).
- Le VPN assure la confidentialité des données échangées, prise en charge par le chiffrement des données.



Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VPN_site-to-site.jpg

Commandes de base d'un terminal de commande sous Windows

help

- Affiche une description brève de certaines commandes.

ping

- Teste la connexion réseau avec une IP distante.

tracert

- Permet de déterminer l'itinéraire menant vers une destination.

ipconfig

- `ipconfig` → Affiche ou rafraîchit la configuration réseau.
- `ipconfig /all` → affichage complet (y compris les adresses MAC et le serveur DNS).

netstat

- `netstat -a` → affiche les connexions et ports d'écoute.

ftp

- Client FTP.
- Exemple : `ftp ftp.ens.fr`

nslookup

- Teste la résolution des noms d'hôtes en adresses IP et inversement.

hostname

- Affiche le nom de la machine.

arp

- `arp -a` → Affiche les tables en cours du cache ARP¹ de toutes les interfaces.

Note :

- La commande `ping` peut notamment être utilisée sur les routeurs.
- Sur les routeurs Cisco, on utilisera `traceroute` à la place de `tracert`.

¹ ARP pour : *Address Resolution Protocol*

Commandes de base des routeurs Cisco

Affichage des commandes disponibles

```
Router>?
```

Passer en mode privilège

```
Router>enable
```

Entrer dans le mode de configuration global.

```
Router#configure terminal
```

Adressage IP d'une interface

```
Router(config)#interface fastEthernet 0/0  
Router(config-if)#ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
```

Suppression de l'adresse ip d'une interface.

```
Router(config)#interface fastEthernet 0/0  
Router(config-if)#no ip address
```

Activation et désactivation d'une interface

(Par défaut, les interfaces sont désactivées.)

```
Router(config)#int fa0/0  
Router(config-if)#no shutdown  
  
Router(config)#int fa0/0  
Router(config-if)#shutdown
```

Afficher la table de routage

```
Router#show ip route
```

Affiche la configuration courante.

```
Router#show running-config
```

Affiche un résumé des informations clés pour toutes les interfaces réseau d'un routeur

```
Router#show ip interface brief
```

Commandes de base des switch Cisco

Affichage des commandes disponibles

```
Switch>?
```

Passer en mode privilège

```
Switch>enable
```

Affiche la table d'adresse MAC

```
Switch#show mac-address-table
```