

Avant de commencer ce TP, consultez **obligatoirement, et dans son intégralité**, le tutoriel mis à votre disposition sur le site du cours Moodle du module.

Installation : exécutez le script

```
~/Bibliotheque/M3102-reseaux/installer-tp-routage.sh
```

(cela a pour effet de copier le fichier tp-routage.tgz dans votre répertoire ~/QS)

Simulation : exécutez la commande

qs-run tp-routage

(cela a pour effet de créer une session de travail dans le répertoire /tmp de la machine locale, et de lancer le réseau de machines virtuelles)

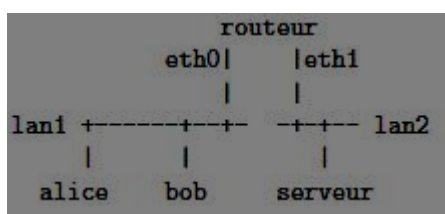
Objectifs du TP

Durant cette séance, vous allez apprendre à configurer sous linux le routage IP d'un réseau de machines. Vous allez revoir :

- les notions de base : adresses IP, masques, routage,
- comment configurer manuellement des machines sur un réseau,
- comment rédiger les fichiers de configuration pour une configuration pérenne.

1. Topologie du réseau

Le réseau est composé de deux réseaux locaux LAN1 et LAN2 interconnectés par un routeur, l'un avec des postes de travail (alice et bob), l'autre avec des serveurs.



- Sur le LAN1, les adresses IP vont de 10.1.1.0 à 10.1.1.254. Ce sont respectivement 10.1.1.11 pour la machine alicé, 10.1.1.22 pour le client 2 (bob), et 10.1.1.254 pour l'interface eth0 du routeur.
- Sur le LAN2, les adresses IP vont de 10.1.3.0 à 10.1.3.254. Ce sont 10.1.3.33 pour la machine serveur, et 10.1.3.254 pour l'interface eth1 du routeur.

Question : quelle est la valeur du masque de sous-réseau à utiliser sur LAN1 ? Sur LAN2 ?

```
Le masque de sous-réseaux de :   LAN1 est 255.255.255.0
                                   LAN2 est 255.255.255.0
```

2. Commandes de configuration (rappels)

Voici des exemples de commandes de base pour configurer un réseau.

<code>ifconfig eth2 11.22.33.44 netmask 255.255.0.0</code>
donne l'adresse 11.22.33.44 à l'interface eth2. Le masque indique que tous les paquets IP qui sont destinés à une adresse commençant par 11.22 doivent être envoyés sur le réseau local relié à eth2. Autrement dit il s'agit d'une livraison locale : les paquets seront dans des trames dont l'adresse MAC de destination sera celle du destinataire réel.
<code>route add -net 22.33.44.0 netmask 255.255.255.0 gw 11.22.33.55</code>
indique que les paquets qui sont destinés aux numéros IP qui commencent par 22.33.44 doivent être remis à la passerelle 11.22.33.55, qui se charge de les faire suivre. Les trames sont aussi placées sur le réseau local, mais avec l'adresse MAC de la passerelle.
<code>route add -net default gw 11.22.33.254</code>
définit une passerelle par défaut, pour les adresses qui ne sont pas locales, et ne font pas l'objet de routes explicites.
<code>sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1</code>
indique à une machine qui a plusieurs cartes réseau qu'elle doit agir comme un routeur, c'est-à-dire retransmettre les paquets qui lui arrivent avec son adresse MAC mais qui ne lui sont pas destinés (adresse IP qui ne lui appartient pas).

Travail

1. Quelles commandes pour configurer les adresses IP :

➔ sur alice ?

```
ifconfig eth0 10.1.1.11 netmask 255.255.255.0
```

➔ sur bob ?

```
ifconfig eth0 10.1.1.22 netmask 255.255.255.0
```

2. Pour vérifier que ça fonctionne :

➔ sur alice, faites un « ping » vers bob. Quelle est la commande ?

```
ping 10.1.1.22
```

➔ sur bob, faites un « ping » vers alice. Quelle est la commande ?

```
ping 10.1.1.11
```

3. Sur le routeur, faites le `sysctl`, et configurez l'interface réseau eth0

➔ Commandes ?

```
Sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1  
  
ifconfig eth0 10.1.1.254 netmask 255.255.255.0  
ifconfig eth1 10.1.3.254 netmask 255.255.255.0
```

➔ Vérification de la communication avec alice et bob ?

```
ping 10.1.1.11
ping 10.1.1.22
```

4. Etablissez de même la communication entre le routeur et le serveur.

→ Commandes ?

```
ifconfig eth0 10.1.3.33 netmask 255.255.255.0
ping 10.1.3.254
```

5. Quelle(s) commande(s) faut-il lancer pour que les postes de travail (alice et bob) puissent communiquer avec le serveur, et inversement ?

```
route add -net 10.1.3.0 netmask 255.255.255.0 gw 10.1.1.254
route add -net 10.1.1.0 netmask 255.255.255.0 gw 10.1.3.254
```

3. Configuration pérenne

Il est assez naturel de vouloir que la configuration soit faite automatiquement à chaque démarrage de la machine. Sur la distribution Debian, les informations de configuration sont dans le fichier `/etc/network/interfaces`.

Exemple de fichier `/etc/network/interfaces`

<pre>auto eth0 eth1 iface eth0 inet dhcp iface eth1 inet static address 11.22.33.44 netmask 255.255.255.0 gateway 11.22.33.200</pre>	<p>Les deux interfaces <code>eth0</code> et <code>eth1</code> sont activées automatiquement (<code>auto</code>).</p> <p>Elles fonctionnent avec IPv4 (<code>inet</code>).</p> <p>La première (<code>eth0</code>) se configure automatiquement par DHCP (voir TD suivant).</p> <p>La seconde (<code>eth1</code>) a une adresse, un masque et une passerelle par défaut.</p>
--	--

Les interfaces ainsi décrites peuvent être arrêtées et relancées manuellement grâce aux commandes `ifdown` et `ifup`.

Ex : `ifdown eth0`
 `ifup eth0`

Enfin, la directive `up` permet d'indiquer des commandes à lancer quand l'interface est activée, par exemple :

```
iface eth0 inet static
    address 11.22.33.44
    netmask 255.255.0.0
    gateway 11.22.33.254
    up sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1
    up route add -net 20.30.40.0 netmask 255.255.255.0 gw 11.22.33.200
```

Travail

Rédigez la configuration des 4 machines. A chaque fois, redémarrez la machine concernée (reboot) pour vérifier que le routage fonctionne.

Fichiers / `etc/network/interfaces` :

➔ **alice**

```
auto eth0
iface eth0 inet static
    address 10.1.1.11
    netmask 255.255.255.0
    gateway 10.1.1.254
up route add -net 10.1.3.0 netmask 255.255.255.0 gw 10.1.1.254
```

➔ **bob**

```
auto eth0
iface eth0 inet static
    address 10.1.1.22
    netmask 255.255.255.0
    gateway 10.1.1.254
up route add -net 10.1.3.0 netmask 255.255.255.0 gw 10.1.1.254
```

➔ **routeur**

```
auto eth0 eth1
iface eth0 inet static
    address 10.1.1.254
    netmask 255.255.255.0
iface eth1 inet static
    address 10.1.3.254
    netmask 255.255.255.0
up sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1
```

➔ **serveur**

```
auto eth0
iface eth0 inet static
    address 10.1.3.33
    netmask 255.255.255.0
    gateway 10.1.3.254
up route add -net 10.1.1.0 netmask 255.255.255.0 gw 10.1.3.254
```

4. Analyses du trafic avec wireshark

Grâce au logiciel **wireshark** qui permet de « sniffer » les trames qui passent sur un réseau, vous allez revoir et compléter vos connaissances sur le routage et l'envoi effectif des trames sur le réseau. Pour cela vous allez étudier deux situations : l'utilisation de la commande **ping** pour joindre une machine dans le même sous-réseau, puis une machine à l'extérieur du sous-réseau.

Au sein du même sous-réseau

Vous allez analyser le trafic occasionné par un **ping** de **alice** vers **bob**.

1. Sur **alice**, lancez le sniffeur **wireshark** et démarrez la capture de l'interface **eth0**.

2. Sur alicia, ouvrez également une console (Xterm) pour pouvoir taper la commande :
ping -c1 10.1.1.22

3. Observez les trames échangées et reportez les dans le tableau ci-dessous :

Nom émetteur	Nom destinat.	Adr. MAC émetteur	Adr. MAC destinataire	Adr. IP émetteur (si présente)	Adr. IP destinataire (si présente)	Type de paquet (ARP, ICMP)
alice	Broadcast	42:54:00:00:00:13	Ff:ff:ff:ff:f:f	10.1.1.11	10.1.1.255	ARP
Bob	Alice	42:54:00:00:00:14	42:54:00:00:00:13	10.1.1.22	10.1.1.11	ARP
Alice	Bob	42:54:00:00:00:13	42:54:00:00:00:14	10.1.1.11	10.1.1.22	ICMP
Bob	Alice	42:54:00:00:00:14	42:54:00:00:00:13	10.1.1.22	10.1.1.11	ICMP
Alice	Bob	42:54:00:00:00:13	42:54:00:00:00:14	10.1.1.11	10.1.1.22	ARP
Bob	Alice	42:54:00:00:00:14	42:54:00:00:00:13	10.1.1.22	10.1.1.11	ARP

4. Expliquez en 2-3 phrases le rôle des protocoles en présence et celui des trames effectivement échangées.

Le protocole ARP (Address Resolution Protocol) permet d'obtenir une adresse MAC (une adresse physique) grâce à une adresse IP (une adresse réseau). Le protocole ICMP (Internet Control Message Protocol) envoie et reçoit puis vérifie s'il est bien reçu.

D'abord, Alice demande à toutes les machines du réseau (donc en broadcast) où elle se trouve à qui appartient l'adresse IP 10.1.1.22
Bob lui répond en lui indiquant son adresse MAC.
Maintenant qu'Alice connaît le destinataire (Bob) elle lui envoie un paquet.
Et Bob répond en retour qu'il a bien reçu son paquet.

1. Quelle est la ligne de la table de routage d'alice qui a permis de déterminer l'emplacement du destinataire du ping (bob, 10.1.1.22) ?

```
address 10.1.1.11
```

A l'extérieur du sous-réseau

Vous allez cette fois analyser le trafic occasionné par un ping de alice vers serveur, à la fois sur le LAN1 en conservant le sniffeur sur alice, et sur LAN2 en lançant un sniffeur sur routeur.

1. Sur routeur, lancez le sniffeur **wireshark** et démarrez la capture de l'interface **eth1 seulement**, afin de voir uniquement le trafic sur LAN2 (vous verrez celui de LAN1 avec le sniffeur d'alice)

2. Sur alice, tapez la commande :
`ping -c1 10.1.3.33`

3. Observez les trames échangées et reportez les dans les tableaux ci-dessous :

LAN1 : wireshark d'alice

Nom émetteur	Nom destinat.	Adr. MAC émetteur	Adr. MAC destinataire	Adr. IP émetteur (si présente)	Adr. IP destinataire (si présente)	Type de paquet (ARP, ICMP)
alice	broadcast	42:54:00:00:00:13	Ff:ff:ff:ff:f:f	10.1.1.11	10.1.1.255	ARP
routeur (eth0)	alice	42:54:00:00:00:10	42:54:00:00:00:13	10.1.1.254	10.1.1.11	ARP
alice	serveur	42:54:00:00:00:13	42:54:00:00:00:15	10.1.1.11	10.1.3.33	ICMP
serveur	alice	42:54:00:00:00:15	42:54:00:00:00:13	10.1.3.33	10.1.1.11	ICMP

LAN2 : wireshark de routeur

Nom émetteur	Nom destinat.	Adr. MAC émetteur	Adr. MAC destinataire	Adr. IP émetteur (si présente)	Adr. IP destinataire (si présente)	Type de paquet (ARP, ICMP)
routeur (eth1)	broadcast	42:54:00:00:00:11	ff:ff:ff:ff:f:f	10.1.3.254	10.1.3.255	ARP

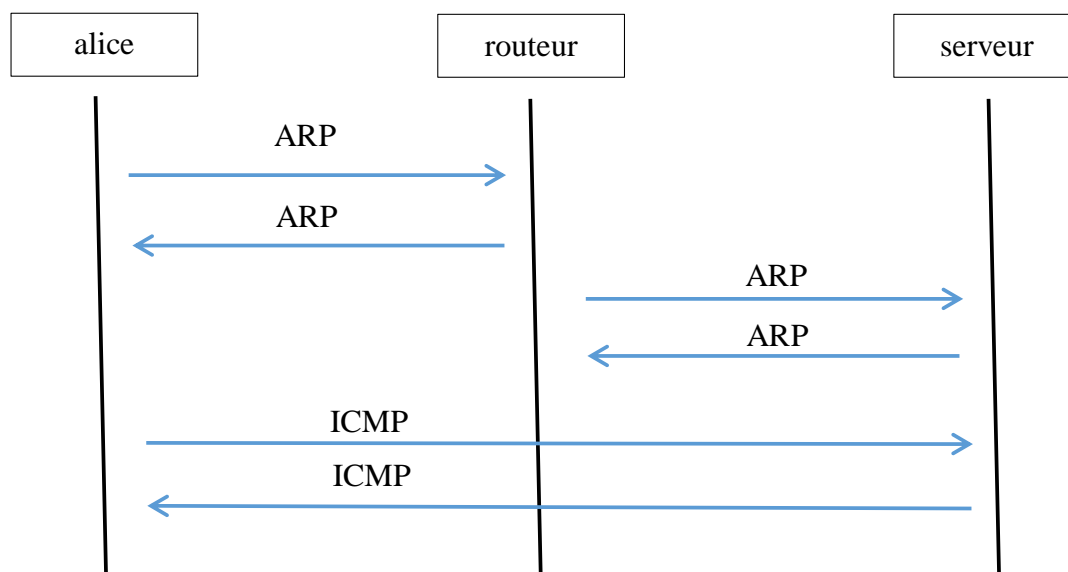
serveur	alice	42:54:00:00:00:15	42:54:00:00:00:11	10.1.3.255	10.1.3.254	ARP
alice	serveur	42:54:00:00:00:13	42:54:00:00:00:15	10.1.1.11	10.1.1.33	ICMP
serveur	alice	42:54:00:00:00:15	42:54:00:00:00:13	10.1.1.33	10.1.1.11	ICMP

4. Expliquez en 2-3 phrases le rôle des protocoles en présence et celui des trames effectivement échangées sur chacun des réseaux.

Le protocole ARP (Address Resolution Protocol) permet d'obtenir une adresse MAC (une adresse physique) grâce à une adresse IP (une adresse réseau). Le protocole ICMP (Internet Control Message Protocol) envoie un paquet puis vérifie s'il est bien reçu.

Alice envoie une requête ARP sur son réseau en broadcast pour connaître l'adresse physique (adresse MAC) du routeur. Ensuite le routeur envoie une requête ARP sur eth1 en broadcast pour connaître l'adresse physique du serveur. Ainsi, Alice envoie une requête ICMP au serveur par le biais du routeur.

5. Pour assurer votre bonne compréhension, dessinez le diagramme temporel de cet échange de trames entre alice, routeur et serveur. Pour rappel, reportez le nom du protocole sur les flèches.



2. Quelle est la ligne de la table de routage d'Alice qui a permis de déterminer l'emplacement du destinataire du ping (serveur, 10.1.3.33) ?

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Ref	Use	Iface
10.1.3.0	10.1.1.254	255.255.255.0	UG	0	0	0	eth0

5. Compléments sur le routage

Dans cette partie, on va étudier l'impact de l'évolution du réseau sur la configuration des machines déjà présentes. Vous répondrez aux questions sans faire de manipulation, car on ne peut pas ajouter dynamiquement des machines au réseau de machines virtuelles.

Rajout d'une machine dans un des sous-réseaux

On rajoute une nouvelle machine serveur2 dans le sous-réseau LAN2 avec serveur et routeur. On lui attribue le numéro 10.1.3.44.

1. Quelles sont les commandes pour configurer serveur2 ?

```
ifconfig eth0 10.1.3.44 netmask 255.255.255.0
route add -net 10.1.1.0 netmask 255.255.255.0 gw 10.1.3.254
```

2. Doit-on changer/ajouter quelque chose à la configuration des 4 autres machines ? Si oui lesquelles et quoi ? Et sinon, pourquoi ?

On ne doit rien ajouter parce que les chemins vers le routeur sont déjà configurés et en réseau local, les machines se trouvent toutes seules.

Rajout d'un sous-réseau à partir de serveur2

La machine serveur2 est maintenant reliée par sa 2^{ème} interface (eth1) à un sous-réseau de numéro 172.16.90.0 et de masque 255.255.255.0. La machine serveur2 porte le numéro 172.16.90.254 dans ce sous-réseau.

1. Quelles commandes pour compléter la configuration de serveur2 ?

```
ifconfig eth1 172.16.90.254 netmask 255.255.255.0
route add -net 10.1.1.0 netmask 255.255.255.0 gw 10.1.3.254
```

2. Doit-on changer/ajouter quelque chose à la configuration des 4 autres machines ? Si oui lesquelles et quoi ? Et sinon, pourquoi ?

Non car elles n'ont aucun moyen de communiquer avec ce nouveau sous-réseau puisqu'il n'est pas dit que ce nouveau réseau possède un routeur lié au réseau déjà existant.