

TP 1 — Réalisation et configuration de base d'un réseau

Le TP est à faire en trinôme. Chaque group rendra à l'enseignant un compte-rendu dans lequel seront notées les réponses aux questions, les observations éventuelles ainsi que les commandes exécutées en recopiant, si nécessaire, les sorties de ces commandes (ce que la commande affiche dans le terminal).

L'objectif de ce TP est de créer un petit réseau puis réaliser quelques opérations de configuration et de test : attribution d'adresses IP, configuration des interfaces, test d'accessibilité entre machines... Le TP montre également comment utiliser SSH (Secure SHell) pour se connecter à distance sur une machine et copier des fichiers entre machines.

Quelques indications avant de commencer :

- Vous utiliserez l'image Debian 12. Votre machine dispose de 2 interfaces réseaux, l'une intégrée à la carte mère (à proximité des ports USB) et l'autre appartenant à la carte réseau (qui est branchée à la carte mère via un bus). Veillez à ce que l'interface intégrée à la carte mère soit connectée (via un câble droit) à la prise réseau IUT avant de démarrer l'ordinateur. Vous allez installer une nouvelle image en début de cette séance. Lors de l'installation du système, on vous demandera de choisir un identifiant et un mot de passe. Il vous est libre de choisir l'identifiant et le mot de passe. Si, au démarrage, l'écran de sélection d'image n'apparaît pas, redémarrez le système et appuyez sur F12. Sélectionnez ensuite "Onboard NIC (IPv4)". Sur l'écran suivant, choisissez "Debian 12".
- Pensez à consulter le manuel (`man <nom-commande>`) ou Internet pour avoir une description plus complète des commandes utilisées.
- La plupart des commandes que nous utiliserons ne peuvent être exécutées que par l'utilisateur root (l'administrateur du système). De même, les fichiers de configuration que nous modifierons. La commande `su -` (pour *switch user*) permet d'ouvrir une session sous l'identité root. Le mot de passe de l'utilisateur root est celui que vous avez choisi lors de l'installation du système.
- Dans tout le TP on travaillera uniquement sur l'interface réseau connectée à la baie de brassage de la salle de TP. C'est normalement l'interface `eth1`. L'autre interface, `eth0`, est celle connectée au réseau de l'IUT et qui vous permet d'accéder à Internet. Cependant, les deux interfaces pourront être inversées lors de la configuration de l'image système. On utilisera plus tard la commande `ip addr` pour vérifier l'adresse de l'interface qui sera connectée à la baie de brassage.

Exercice 1 — Câblage des machines

Prendre un switch et y connecter les trois câbles Ethernet sortant de la baie de brassage et reliés aux trois machines du groupe.

Exercice 2 — Conception du réseau

Les trois machines du groupe reliées au switch via leurs interfaces `eth1` formeront un réseau IP.

- Q.2.1** *Calcul du masque* On souhaite que le masque de ce réseau soit le plus long possible (c'est-à-dire contenant le plus de bits à 1) en laissant pour le host-id juste assez de bits pour coder les identifiants des trois machines du réseau. Quel sera alors le masque du réseau ?
- Q.2.2** *Choix de l'adresse de réseau* : Choisir une adresse du réseau (pas de postes) de la forme $10.N.0.X$ où N est un numéro attribué au groupe par l'enseignant et X un octet que vous choisirez telque $10 \cdot N < x \leq (10 \cdot N) + 8$. Justifier le choix de la valeur de X . Quelle est l'adresse de diffusion de votre réseau ?
- Q.2.3** *Choix des adresses IP* Choisir trois adresses IP pour les machines du réseau. Justifier ces choix.

Exercice 3 — Configuration des interfaces

Il y (au moins) deux façons de configurer une interface réseau : soit à l'aide de la commande `ip addr`, soit en modifiant les fichiers de configuration `/etc/network/interfaces` puis en utilisant la commande `systemctl restart networking` pour valider la configuration. Nous utiliserons les deux possibilités pour comprendre la différence.

Cet exercice est à réaliser sur les trois machines du groupe.

- Q.3.1** *Vérification de l'interface du réseau IUT et de l'interface du réseau local*. Tapez la commande `ip addr` pour afficher les détails concernant les différentes interfaces Ethernet installées sur vos machines. Donnez les noms de deux interfaces réseau Ethernet et spécifiez celle connectée au réseau de l'IUT (qui a probablement une adresse

IPv4 en 192.168.A.B) ainsi que la deuxième qui sera connectée à la baie de brassage. Pour les commandes qui vont suivre, remplacez <eth> par le nom cette deuxième interface.

Q. 3.2 *La commande ip addr* utiliser la commande `ip addr` pour que l'adresse IP et le masque associés à cette interface `eth` soient ceux choisis à l'exercice précédent ; voir le lien suivant pour plus de détails

Q. 3.3 *Activation de l'interface* Désactiver puis réactiver l'interface à l'aide des commandes `ip link set <eth> down` et `ip link set <eth> up`. Vérifier ensuite à l'aide de la commande `ip addr` que l'interface a bien été configurée.

Q. 3.4 *Redémarrez l'ordinateur (ne recharger pas une nouvelle image et utiliser le système local (ne rien toucher au démarrage))* et vérifiez ensuite à l'aide de la commande `ip addr` l'adresse IP de l'interface. Que constatez-vous

Q. 3.5 **Fichier de configuration** : Nous allons maintenant attribuer à l'interface `eth0` une nouvelle adresse IP différente de celle configurée avec la commande `ip addr`. Choisissez trois nouvelles adresses IP pour les trois machines.

(a) Il est recommandé de ne pas modifier directement le fichier de configuration principal situé dans `/etc/network/interfaces` mais plutôt de créer un fichier spécifique pour chaque interface réseau dans le répertoire `/etc/network/interfaces.d/`.

Par défaut, le fichier `/etc/network/interfaces` inclut automatiquement tous les fichiers de configuration présents dans le répertoire `/etc/network/interfaces.d/`. (Sinon, vous pouvez supprimer le contenu actuel du fichier de configuration situé dans `/etc/network/interfaces` pour l'interface réseau `eth`, puis ajouter les configurations indiquées ci-dessous, bien que cela ne soit pas recommandé).

(b) Dans ce nouveau fichier, assurez-vous que :

— Le masque de sous-réseau pour cette interface soit celui défini dans l'exercice précédent, et que l'adresse IP soit différente de celle définie dans la question Q2.3, mais appartenant au même réseau que celui défini dans la question Q2.2 ;

— L'adresse IP soit configurée de manière statique.

Vous pouvez trouver des détails supplémentaires sur la configuration de ce fichier en suivant ce lien : <https://www.malekal.com/etc-network-interfaces-configurer-le-reseau-sur-debian/>.

Donnez ensuite le contenu du fichier de configuration que vous avez créé pour l'une des trois machines.

Q. 3.6 *Activation de l'interface* : Désactiver puis réactiver l'interface à l'aide des commandes `ip link set <eth> down` et `ip link set <eth> up`. Vérifier ensuite à l'aide de la commande `ip addr` que l'interface a bien été configurée.

Q. 3.7 *La commande ip addr à nouveau* : utiliser à nouveau la commande `ip addr` pour que l'adresse IP et le masque associés à cette interface `eth` soient ceux choisis à l'exercice Q.3.2 . Désactiver puis réactiver l'interface à l'aide des commandes `ip link` . vérifier ensuite à l'aide de la commande `ip addr` l'adresse IP de l'interface `eth`. Qu'observez-vous ? Quelle adresse IP est actuellement utilisée par `eth` (celle définie dans le fichier de configuration ou celle définie par la commande `ip addr`) ? Commentez

Q. 3.8 *Redémarrage de l'ordinateur* : Redémarrez l'ordinateur et vérifiez à l'aide de la commande `ip addr` l'adresse IP utilisée pour l'interface `eth`. Commentez

Q. 3.9 *Test de la connexion* Pour indiquer qu'une machine accepte de répondre aux demandes d'écho envoyées par la commande `ping`, il est nécessaire que les fichiers

— `/proc/sys/net/ipv4/icmp_echo_ignore_all` et

— `/proc/sys/net/ipv4/icmp_echo_ignore_broadcasts`

contiennent tous les deux la valeur 0 (s'ils contiennent une valeur différente de 0 les demandes d'écho seront ignorées).

Utiliser la commande `echo` combinée avec une redirection pour que ces deux fichiers contiennent 0. À l'aide de la commande `ping`, vérifier ensuite que chaque machine peut être jointe par les autres machines du groupe.

Q. 3.10 *Options de la commande ping* Effectuer les tests suivants pour essayer les différentes options de `ping` :

(a) Envoi d'une demande d'écho aux deux autres machines simultanément (sans préciser les adresses des destinataires une à une).

(b) Envoi de 10 demandes d'écho.

(c) Envoi de 5 demandes d'écho à une fréquence de 1 paquet toutes les 2 secondes.

Exercice 4 — Connexion et envoi de fichiers à distance

Dans cet exercice, nous allons utiliser les commandes `ssh` et `scp` qui permettent de se connecter à distance sur une autre machine et de copier des fichiers d'une machine à l'autre. Une machine du trinôme doit jouer le rôle du serveur. C'est sur celle-ci que les deux autres machines (les clients) se connecteront et copieront des fichiers.

Q. 4.1 *Démarrage du service ssh* Pour pouvoir utiliser `ssh` et `scp` il faut que le service `ssh` qui traite les connexions des clients soit lancé sur la machine serveur. Démarrer ce service avec la commande `systemctl` puis vérifier qu'il est bien lancé.

Q. 4.2 *Visualisation des processus* Lancer, toujours sur la machine serveur, la commande `ps aux`. Celle-ci affiche la liste des processus en cours d'exécution avec leurs pids, leurs consommations en mémoire, leurs heures de lancement,

.... Proposer une commande combinant `ps aux` avec un tube (pipe) et la commande `grep` afin de n'afficher que les lignes contenant le mot `ssh`. Quel est son pid ? Dans quel état est le processus ? Pourquoi ?

- Q.4.3** *Copie à distance* Sur les machines clientes, créer un fichier vide ou contenant une suite de caractères quelconque. Copier ensuite, sous l'identité étudiant, ce fichier dans le répertoire `/tmp` de la machine serveur. Vérifier ensuite, sur la machine serveur, que ce fichier a bien été créé.
- Q.4.4** *Connexion à distance* Depuis les machines clientes, ouvrir une connexion `ssh` sur le serveur sous l'identité étudiant. Quel est le répertoire courant à l'ouverture de la session sur la machine serveur ? Effectuer ensuite ces deux tests dans la session ouverte par `ssh` :
- (a) Utiliser la commande `wall` suivie d'une phrase quelconque (ex : `wall salut à toi`) sur le terminal de la machine cliente et vérifier dans le terminal de l'autre machine cliente que cette phrase a bien été affichée.
 - (b) Toujours depuis la machine cliente, créer un fichier quelconque dans le répertoire `/tmp` de la machine serveur. Vérifier ensuite depuis le terminal de la machine serveur que le fichier a bien été créé.
- Q.4.5** *Affichage des connexions ouvertes* : Associer à nouveau la commande combinant `ps aux` avec un tube afin de n'afficher que les lignes contenant le mot `ssh`. Exécuter cette commande sur la machine serveur. Pour chaque connexion ouverte, on devrait voir un processus dont la commande est `ssh: étudiant@pts/XXX`. Ce processus est le terminal ouvert chez le client. Proposer puis exécuter une commande, en utilisant `kill`, permettant d'interrompre une des deux connexions ouvertes. Vérifier sur la machine cliente correspondant que la connexion a bien été interrompue.
- Q.4.6** *Fermeture de la session SSH* Fermer la session `ssh` ouverte sur l'autre machine cliente en utilisant la commande `exit` ou en tapant `Ctrl+D`.

TP 2 — NFS

Le TP est à faire en binôme. Chaque binôme rendra à l'enseignant un compte-rendu dans lequel seront notées les réponses aux questions, les observations éventuelles ainsi que les commandes exécutées en recopiant, si nécessaire, les sorties de ces commandes (ce que la commande affiche dans le terminal).

L'objectif de ce TP est de configurer un serveur NFS. Nous allons dans un premier temps configurer le serveur sur lequel des fichiers seront accessibles à des clients. Nous allons ensuite configurer un client pour qu'il puisse accéder à ces données.

Vous utiliserez l'image `Debian11-reseaux`. Votre machine dispose de deux interfaces réseau : l'une est intégrée à la carte mère (située à proximité des ports USB) et l'autre est une carte réseau dédiée, branchée à la carte mère via un bus.

Veillez à ce que l'interface intégrée à la carte mère soit connectée (via un câble droit) à la prise réseau de l'IUT avant de démarrer l'ordinateur.

Au début de cette séance, vous allez installer une nouvelle image. Si l'écran de sélection d'image n'apparaît pas au démarrage, redémarrez le système et appuyez sur `F12`. Dans le menu qui s'affiche, sélectionnez `Onboard NIC (IPv4)`. Sur l'écran suivant, choisissez `Debian11-reseaux`.

Après la restauration et le redémarrage, vous devrez créer un compte utilisateur avec un identifiant (login) et un mot de passe. Ce compte aura les privilèges d'administration (*sudoer*), vous permettant par exemple de passer en mode super-utilisateur (*root*) en lançant la commande `sudo su` – dans un terminal, puis en entrant le mot de passe choisi.

Dans ce TP, nous n'utiliserons que l'interface réseau (`eth0` ou `eth1`) qui connecte les machines aux réseaux de l'IUT. Vous pouvez vérifier le nom de cette interface en utilisant la commande `ip addr`. Cette interface ne doit pas avoir d'adresse IP. Par défaut, il s'agit de l'interface `eth0`, mais dans certains cas, il pourrait y avoir une inversion des interfaces, et l'interface à utiliser dans ce TP serait alors `eth1` au lieu de `eth0`.

Exercice 1 — Nommage des machines

Q.1.1 Associations nom↔adresse IP Dans quel fichier trouve-t-on les correspondances entre adresses IP et noms de machine déjà connus ? Modifier ce fichier sur les deux machines afin que le serveur associe le nom `client-nfs` à l'adresse IP de la machine cliente et que le client associe le nom `serveur-nfs` à l'adresse IP de la machine serveur.

Dans la suite du TP, nous n'utiliserons plus les adresses IP des machines, mais uniquement leurs noms.

Q.1.2 Vérification des associations Effectuer des ping entre les deux machines pour vérifier que les associations nom↔adresse IP faites à la question précédente sont effectives.

Exercice 2 — Configuration du serveur

Q.2.1 Le service NFS Pour utiliser NFS, côté serveur, il existe un service `nfs-server` qui traite les requêtes NFS. À chaque action possible sur un fichier/répertoire stocké sur le serveur correspond une requête NFS spécifique (lecture, suppression, ...).

Installer le service NFS sur le serveur en exécutant les commandes suivantes :

Commandes serveur

```
sudo apt update
sudo apt install nfs-kernel-server
```

Démarrer ce service en tant que `root`, puis vérifier qu'il est actif.

Sur la machine cliente, installez le paquet NFS avec les commandes suivantes :

Commandes client

```
sudo apt update
sudo apt install nfs-common
```

Q.2.2 Création des répertoires exportés : Créez un compte étudiant sur les deux machines (serveur et client) avec pour identifiant `'etudiant'` et pour mot de passe `'etudiant'` :

Commandes serveur

```
sudo adduser etudiant
```

Si un répertoire sur le serveur peut être accédé à distance par un client on dit qu'il est *exporté*. Créer, en tant qu'administrateur, les répertoires suivants :

```
/nfs
/nfs/etudiant
/nfs/etudiant/perso
/nfs/etudiant/public
```

Attribuer ensuite à l'utilisateur `etudiant` le répertoire `/nfs/etudiant` ainsi que le contenu de ce répertoire.

Q.2.3 *Export des répertoires* Le fichier `/etc/exports` placé sur le serveur contient la liste des répertoires exportés avec un répertoire par ligne. La syntaxe de chaque ligne est la suivante :

répertoire machine(options)

où

- `répertoire` est le chemin absolu (commençant par '/') sur le serveur du répertoire exporté.
- `machine` est le nom ou l'adresse IP de la machine à partir de laquelle le répertoire peut être accédé. On peut utiliser le caractère `*` pour désigner toutes les machines, ou un nom de la forme `*.domaine.fr` pour désigner toutes les machines du domaine `domaine.fr`. Enfin, on peut désigner les machines d'un réseau IP en donnant l'adresse du réseau et son masque en notation '/' (p.ex., 10.0.0.0/24).
- `options` sont les options de montage du répertoire, c'est-à-dire la manière dont le client accède au répertoire (en lecture/écriture, en lecture uniquement, ...).

Modifier ce fichier afin que les répertoires soient exportés avec les options suivantes :

- `/nfs/etudiant/public` accessible par toutes les machines de votre réseau en lecture seulement.
- `/nfs/etudiant/perso` accessible en lecture/écriture par la machine cliente uniquement.

Consulter le manuel du fichier `exports` (paragraphe *General Options*) pour connaître les options de montage à utiliser. Utiliser ensuite la commande `exportfs -a` pour que l'export soit effectif. Tester enfin si l'export est effectif avec la commande `showmount -e`.

Remarque. Après chaque modification de ce fichier, il faudra relancer la commande `exportfs -a` pour que les modifications soient prises en compte.

Exercice 3 — Configuration du client

Sur la machine cliente, l'accès aux répertoires placés sur le serveur se fait en associant un répertoire local à un répertoire sur le serveur. On dit que le répertoire sur le serveur est *monté* sur le répertoire local appelé *point de montage*.

Q.3.1 *Création des points de montage* Créer deux répertoires `nfs-public` et `nfs-perso` dans le répertoire du travail de `etudiant`.

Q.3.2 *Montage des répertoires du serveur* La commande `mount` permet de monter un répertoire via NFS. Elle doit être utilisée comme ceci :

`mount -t type serveur:répertoire point`

où

- `type` est le type de système de fichiers monté (`nfs` dans notre cas).
- `serveur` est le serveur NFS depuis lequel on monte le répertoire.
- `répertoire` est le répertoire exporté (sur le serveur).
- `point` est le point de montage (sur le client).

Effectuer les deux montages suivants :

- `/nfs/etudiant/public` monté en lecture seule sur le répertoire `nfs-public` du répertoire de travail de `etudiant`
- `/nfs/etudiant/perso` monté en lecture/écriture sur le répertoire `nfs-perso` du répertoire de travail de `etudiant`

Q.3.3 *Vérification du montage* Vérifier à l'aide de la commande `df` que le montage fonctionne. Quelles sont les informations affichées par cette commande ?

Exercice 4 — Test de l'export

Q.4.1 *Création de fichiers sur le serveur* Sur la machine serveur, créer, en tant que `etudiant` :

- le fichier `/nfs/etudiant/public/info.txt` contenant le texte `répertoire public de etudiant`
- et le fichier `/nfs/etudiant/perso/donnees.txt` contenant le texte `privé`.

- Q.4.2** *Vérification de l'accès par le client* Sur la machine cliente, essayer en tant qu'étudiant les opérations suivantes et commenter :
- (a) afficher le contenu du répertoire `~/nfs-public`
 - (b) lire le fichier `~/nfs-public/info.txt`
 - (c) créer un fichier `~/nfs-public/test.txt`
 - (d) créer un fichier `~/nfs-perso/test.txt`
 - (e) supprimer le fichier `~/nfs-perso/donnees.txt`

Exercice 5 — Démontage et montage automatique

- Q.5.1** *Démontage des répertoires* À l'aide de la commande `umount`, démonter en tant que root, sur la machine cliente, les répertoires montés. Afficher ensuite le contenu de ces répertoires, que constate-t-on ?
- Q.5.2** *Montage automatique au démarrage* Le fichier `/etc/fstab` contient la liste des points de montage possibles. Il est analysé au démarrage du système pour monter des répertoires. Modifier ce fichier à l'aide de la page de manuel de `fstab`, pour que le montage des deux répertoires soit automatique au démarrage. On peut ensuite utiliser la commande `mount` plus simplement en précisant uniquement le point de montage : `mount point`. Remonter le répertoire `/nfs/etudiant/public` en utilisant `mount` de cette façon. Redémarrer (en fin de séance) la machine pour vérifier que les deux répertoires sont montés.

Exercice 6 — Accès au serveur en tant que root

On veut maintenant que le répertoire `/nfs/etudiant/perso` du serveur puisse être modifiable par l'utilisateur root de la machine cliente, autrement dit qu'un utilisateur connecté en tant que root sur le client soit également considéré comme root sur le serveur quand il monte le répertoire `/nfs/etudiant/perso`. On va voir dans un premier temps que ce n'est pas possible avec la configuration actuelle.

- Q.6.1** *Accès par l'utilisateur root depuis le client* Sur la machine cliente, créer, en tant que root, un répertoire `/root/etudiant`. Monter ensuite en lecture/écriture le répertoire `/nfs/etudiant/perso` du serveur sur ce nouveau répertoire. Enfin, essayer de supprimer le fichier `test.txt` se trouvant dans le répertoire `perso` du serveur. Que constate-t-on ? Démonter ensuite le répertoire.
- Q.6.2** *L'option `root_squash`* Consulter la page de manuel de `exports` (section *User ID Mapping*) pour obtenir de l'aide sur l'option `root_squash`. Cette option est utilisée par défaut lors de l'export d'un répertoire. Que signifie-t-elle ? Expliquer pourquoi la suppression de la question précédente n'a pas marché.
- Q.6.3** *Activation de l'accès à root* Sur le serveur, ajouter dans le fichier d'export l'option `no_root_squash` aux options de montage du répertoire `/nfs/etudiant/perso`. Refaire ensuite le test de la question Q. 6.1. Expliquer en quoi l'ajout de cette option a résolu le problème observé précédemment.

TP 3 — Routage et DHCP

Le TP est à faire par groupe de 3. Chaque trinôme rendra à l'enseignant un compte-rendu dans lequel seront notées les réponses aux questions, les observations éventuelles ainsi que les commandes exécutées en recopiant, si nécessaire, les sorties de ces commandes (ce que la commande affiche dans le terminal).

L'objectif de ce TP est de réaliser le réseau de la Figure 1 composé de trois machines. R jouera le rôle de routeur entre M1 et M2. *N* est à remplacer par le numéro du groupe qui vous sera donné par l'enseignant. Dans un premier temps, les interfaces et les tables de routage seront configurées statiquement. Dans un second temps le routeur R jouera également le rôle de serveur DHCP pour configurer automatiquement les interfaces et les tables de routage de M1 et M2.

Vous utiliserez l'image *Debian11-reseaux*. Votre machine dispose de deux interfaces réseau : l'une est intégrée à la carte mère (située à proximité des ports USB) et l'autre est une carte réseau dédiée, branchée à la carte mère via un bus.

Veillez à ce que l'interface intégrée à la carte mère soit connectée (via un câble droit) à la prise réseau de l'IUT avant de démarrer l'ordinateur.

Au début de cette séance, vous allez installer une nouvelle image. Si l'écran de sélection d'image n'apparaît pas au démarrage, redémarrez le système et appuyez sur F12. Dans le menu qui s'affiche, sélectionnez Onboard NIC (IPv4). Sur l'écran suivant, choisissez *Debian11-reseaux*.

Après la restauration et le redémarrage, vous devrez créer un compte utilisateur avec un identifiant (login) et un mot de passe. Ce compte aura les privilèges d'administration (*sudoer*), vous permettant par exemple de passer en mode super-utilisateur (*root*) en lançant la commande `sudo su` – dans un terminal, puis en entrant le mot de passe choisi.

Dans ce TP, nous n'utiliserons que l'interface réseau (*eth0* ou *eth1*) qui connecte les machines aux réseaux de l'IUT. Vous pouvez vérifier le nom de cette interface en utilisant la commande `ip addr`. Cette interface ne doit pas avoir d'adresse IP. Par défaut, il s'agit de l'interface *eth0*, mais dans certains cas, il pourrait y avoir une inversion des interfaces, et l'interface à utiliser dans ce TP serait alors *eth1* au lieu de *eth0*.

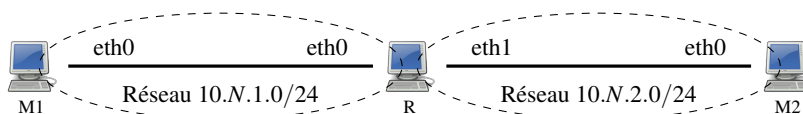


FIGURE 1 – Le réseau à réaliser

Exercice 1 — Configuration statique du réseau

- Q.1.1 Installation du service DHCP** Installer le service DHCP sur l'une de trois machines (le routeur). `sudo apt-get update` suivi `sudo apt-get install isc-dhcp-server`
- Q.1.2 Désactivation des interfaces** Désactiver les deux interfaces sur les trois ordinateurs puis vérifier que les tables de routage sont vides.
- Q.1.3 Câblage** Réaliser le câblage de la Figure 1. Quel type de câble faut-il utiliser pour connecter deux ordinateurs ?
- Q.1.4 Configuration des interfaces** Choisir des adresses IP pour les quatre interfaces utilisées dans notre réseau. Configurer ensuite les interfaces en modifiant leurs fichiers de configuration pour leur attribuer les adresses IP choisies.
- Q.1.5 Activation des interfaces** Activer toutes les interfaces utilisées sur la Figure 1 en redémarrant le service networking `sudo systemctl restart networking` et en démarrant les interfaces par `sudo ip link set eth1 up` et `sudo ip link set eth0 up`. Vérifier ensuite que les adresses IP et les masques ont été correctement attribués.
- Q.1.6 Test de la connexion** Vérifier que les deux connexions ($M1 \leftrightarrow R$ et $M2 \leftrightarrow R$) sont actives.
- Q.1.7 Tables de routage** Que contiennent les tables de routage des trois machines après l'activation des interfaces ? M1 peut-il pinguer M2 ? Pourquoi ?
- Q.1.8 Configuration de R comme routeur** La commande `sysctl` permet de visualiser ou de modifier certains paramètres réseau (et d'autres). Voici deux façons de l'utiliser :
- pour voir la valeur d'un paramètre : `sysctl <nom-du-parametre>`
 - pour modifier la valeur d'un paramètre : `sysctl <nom-du-parametre>=<valeur>`
- Le paramètre `net.ipv4.ip_forward` indique ce que la machine doit faire lorsqu'elle reçoit un paquet qui ne lui est pas destiné. S'il vaut 1 alors elle essaiera de le router. S'il vaut 0 le paquet sera ignoré. Changer ce paramètre afin que R accepte de router les paquets.
- Q.1.9 Ajout de routes** Proposer et ajouter dans la table de routage de M1 une route qui lui permette d'envoyer des paquets à M2. Réaliser l'opération symétrique sur M1.

Q. 1.10 *Test de la connexion* Vérifier que M1 est maintenant accessible depuis M2 et vice versa.

Q. 1.11 *Désactivation des interfaces* Désactiver eth0 sur M1 et M2. Vérifier que les interfaces eth0 de M1 et M2 n'ont plus adresses IP associées et que leurs tables de routages sont vides.

Exercice 2 — Configuration du réseau via DHCP

On souhaite maintenant que les interfaces eth0 et les tables de routage de M1 et M2 soient configurées grâce au protocole DHCP. C'est R qui jouera le rôle du serveur DHCP et accordera des *baux* aux clients M1 et M2. Un bail (lease en anglais) est une adresse IP attribuée pour une certaine durée au client. Ce délai passé, le client ne peut plus utiliser l'adresse.

Q. 2.1 *Création du fichier de configuration du serveur* Le fichier `/etc/dhcp/dhcpd.conf` permet de configurer le service dhcpd pour indiquer les réponses qu'il fera aux clients DHCP. Le fichier ci-dessous est un exemple simple de fichier `/etc/dhcp/dhcpd.conf`. Le caractère `#` permet de commencer un commentaire qui se termine à la fin de la ligne.

```
# Ecoute sur les interfaces eth0 et eth1

subnet 1.2.0.0 netmask 255.255.0.0 { # l'adresse du réseau et son masque
    max-lease-time 60;                # durée des baux en secondes
    option routers 1.2.255.254;        # l'adresse du routeur sur le réseau qui mène à l'extérieur
    range 1.2.0.1 1.2.255.253;        # la plage des adresses que le serveur
}                                     # peut attribuer aux clients
```

Une section **subnet** permet de configurer les réponses que fera le serveur DHCP aux machines d'un réseau particulier. Pour qu'une section soit correcte il faut qu'une interface du serveur DHCP soit associée à une adresse IP de ce réseau. Dans notre exemple, il faut donc que le serveur DHCP ait une interface avec une adresse IP de la forme 1.2.X.Y.

Créer, à partir de cet exemple, le fichier `/etc/dhcp/dhcpd.conf` de R en supprimant au préalable le fichier existant. Le fichier devra contenir deux sections **subnet** : une par réseau auquel R est connecté. On considérera que les deux réseaux ont des caractéristiques différentes :

	Réseau 10.N.1.0	Réseau 10.N.2.0
Nombre max. de clients pouvant se connecter	5	100
Durée des baux	1 journée	1 heure

Le fichier `/etc/default/isc-dhcp-server` contient des variables qui définissent par exemple les interfaces à utiliser pour le service DHCP. Pour ajouter des interfaces sur lesquelles le serveur DHCP doit écouter, modifier la variable d'environnement `INTERFACESv4` ou `INTERFACESv6` dans ce fichier : `INTERFACESv4="eth0 eth1"`

Q. 2.2 *Lancement du service* Lancer le service dhcpd sur R. En cas d'erreur ou de modification dans le fichier de configuration, le service devra être relancé avec la commande `sudo systemctl restart isc-dhcp-server`. Parfois, le service DHCP ne peut pas être redémarré correctement. Dans ce cas, arrêtez le service en utilisant `sudo systemctl stop isc-dhcp-server` et vérifiez que le fichier `/var/run/dhcpd.pid` n'existe pas (a bien été effacé). Si ce n'est pas le cas, supprimez ce fichier avec `sudo rm /var/run/dhcpd.pid` avant de démarrer à nouveau le service en utilisant `sudo systemctl start isc-dhcp-server`. Si des erreurs persistent, vous pouvez consulter le journal du service DHCP en tapant : `sudo journalctl -u isc-dhcp-server.service`

Q. 2.3 *Configuration des interfaces de M1 et M2* Changer le fichier de configuration de l'interface eth0 sur M1 et M2 afin que l'interface soit maintenant configurée via DHCP. Quels paramètres sont maintenant inutiles dans ces fichiers ?

Q. 2.4 *Activation des interfaces* Activer eth0 sur M1 et M2 (En redémarrant le service networking et en réactivant l'interface avec la commande "ip link set eth up"). Taper sur M1 et sur M2 la commande `sudo dhclient -v` pour demander au serveur DHCP une adresse IP (la commande `sudo dhclient -r` permet de libérer l'adresse ip fournie par le serveur DHCP) Vérifier que les adresses IP et les tables de routage de M1 et M2 ont bien été configurées par le serveur. Vérifier également que toutes les informations envoyées par le serveur ont bien été sauvegardées par le client dans le fichier

`/var/lib/dhclient/dhclient.eth0.leases.`

Q. 2.5 *Test de la connexion* Vérifier que M1 est toujours accessible depuis M2 et vice versa.

Q. 2.6 *Analyse du journal* Le fichier `/var/log/messages`, appelé fichier de journal, est utilisé par le système d'exploitation pour enregistrer des événements importants, et particulièrement les événements en rapport avec les services. Après l'activation des interfaces il devrait contenir les messages DHCP échangés entre le serveur et les clients. Quels sont-ils ?

Exercice 3 — Renouvellement du bail

L'objectif de cet exercice est d'analyser le fonctionnement du renouvellement du bail.

- Q.3.1** *Modification de la durée des baux* Modifier le fichier de configuration du serveur pour que la durée des baux soit de 1 minute seulement sur le réseau 10.N.2.0.
- Q.3.2** *Analyse du renouvellement* Désactiver puis réactiver eth0 sur M2. Consulter le fichier `/var/log/messages` du serveur après une minute.
- (a) Par quels échanges de messages DHCP se fait le renouvellement du bail ?
 - (b) À quel intervalle ces messages sont-ils échangés ?
 - (c) Sachant que le serveur peut refuser le renouvellement, pourquoi envoyer la demande avant l'expiration du bail ?
 - (d) Quel est l'inconvénient d'accorder des baux trop courts ?

Exercice 4 — Attribution d'adresses IP fixes

On imagine que M1 est un serveur NFS et on voudrait par commodité que son interface eth0 ait toujours la même adresse IP. Or, dans la configuration actuelle, rien ne garantit que ce sera le cas. Il existe un moyen de préciser dans le fichier `/etc/dhcp/dhcpd.conf` qu'une interface particulière aura une adresse IP fixe. Consulter la page de manuel de *dhcpd.conf* (en cherchant les déclarations *host* ou *fixed-address*) ou rechercher sur Internet (en réactivant temporairement eth1 sur M1 ou M2) pour trouver comment faire. Choisir ensuite une adresse IP fixe pour M1 et mettre en œuvre cette solution puis tester.