

# TP4 : Liaison de données

Ce TP a pour objectif que vous maîtrisiez certains concepts et outils de base des réseaux informatiques.

Les concepts :

- modèle en couches
- encapsulation
- adressage (MAC / IPv4 / IPv6) et résolution d'adresses
- commutation / routage
- diffusion

Les outils :

- analyse de paquets
- configuration des interfaces
- configuration d'équipements réseau

Ce TP est prévu pour durer 3 séances de 2 heures :

- 1ère séance : parties « adressage » et « point\_à\_point »
- 2ème séance : parties « concentrateur » et « commutateur »
- 3ème séance : partie « routeur »

Ce TP se déroule dans la salle de TP réseau (B05). Avant de commencer, lisez le manuel d'utilisation de la salle situé sur le bureau de chaque ordinateur.

Pour répondre aux différentes questions, référez-vous aux commandes en annexe.

**Et surtout : faites appel à votre enseignant à la moindre occasion !**

## Adressage

1. Sur votre machine, quel est le nom de l'interface connectée au réseau de la salle de TP ? Quelle est son adresse IPv4 ? Quelle est son adresse IPv6 ? Quelle est son adresse MAC ?
2. Donnez les principales caractéristiques de cette interface : quelle est sa vitesse actuelle ? Est-ce la vitesse maximale supportée par l'interface ? Quel le mode de duplex ? Vérifiez que l'interface est bien connectée.
3. Quelle est la classe de l'adresse IPv4 ? Quel est son masque ? Quelle est l'adresse du réseau au format CIDR ? Quelle est l'adresse de broadcast ? Combien d'hôtes peut-on adresser sur ce réseau ? Cette adresse est-elle routable au sein d'un réseau local ? Est-elle routable sur internet ?
4. Écrivez les 16 octets de l'adresse IPv6 sans abréviation. Écrivez en dessous les 16 octets du masque. Combien d'hôtes peut-on adresser sur ce réseau ? Cette adresse est-elle routable au sein d'un réseau local ? Est-elle routable sur internet ? Quelle est l'étendue (scope) de cette adresse ?

Affichez la table de routage IPv4. Quelle est l'adresse IPv4 de la passerelle ?

5. Avec Wireshark, lancez une capture de trames sur l'interface connectée au réseau de la salle de TP. Testez la connectivité IPv4 et IPv6 avec votre voisin. L'adresse IPv6 étant une adresse de lien local (elle commence par FE80), vous devez spécifier à la commande ping le nom de l'interface ethernet à utiliser

pour envoyer la requête ICMP. Expliquez pourquoi en vous aidant de la table de routage IPv6.

6. Arrêtez la capture . La transmission qui nous intéresse est noyée parmi d'autres trames qui nous parasitent.  
Pour simplifier la lecture, filtrez la capture de manière à ce que soient affichées uniquement les trames émises par votre machine ou à destination de votre machine. Attention : les trames ethernet ne contiennent pas toujours un paquet IP.  
Pour savoir comment utiliser les filtres d'affichage, référez-vous à l'aide de Wireshark :  
[https://www.wireshark.org/docs/wsug\\_html\\_chunked/ChWorkDisplayFilterSection.html](https://www.wireshark.org/docs/wsug_html_chunked/ChWorkDisplayFilterSection.html)
7. Quel est le protocole utilisé pour tester la connectivité IP ? Ce protocole est le couteau suisse d'IP. Il ne sert pas seulement à tester la connectivité IP. Quel est le type et le code des messages de requête et de réponse ?
8. La plupart des protocoles réseau permettent, dans l'entête, de spécifier quel est le type du contenu véhiculé.  
Donnez le code du contenu de la trame ethernet.  
Donnez le code du contenu du paquet IP.

Les paquets IP transmis à votre voisin sont encapsulés dans des trames ethernet. Pour que ces trames parviennent à destination, il faut connaître l'adresse ethernet de votre voisin. Cette adresse est aussi appelée adresse matérielle ou adresse MAC (Media Access Control), ou encore adresse de couche liaison..

9. Avant l'envoi du ping IPv4, un échange de messages ARP (Address Resolution Protocol) a eu lieu. Quelle est l'adresse matérielle de destination de la requête ? Que signifie cette adresse ? Quelle est la question posée par la requête ?
10. Avant l'envoi du ping IPv6, un échange de messages ICMPv6 de type Neighbor Solicitation et Neighbor Advertisement a eu lieu. Quelle est l'adresse matérielle de destination de la requête ? Que signifie cette adresse ? Quelle est l'adresse IP de destination de la requête ? A quoi correspond cette adresse ?
11. Affichez la liste des correspondances entre adresses IP et adresses ethernet. Vérifiez que l'adresse IPv4 et l'adresse IPv6 de votre voisin y figurent, associées à son adresse MAC. Attention : les entrées de ce cache ont une durée de vie limitée à quelques minutes.
12. A quelles couches du modèle OSI appartiennent les protocoles ethernet, IP, ICMP ?
13. Selon vous, de manière générale, pourquoi utilise-t-on l'adresse IP et non uniquement l'adresse MAC pour les communications réseaux ?

## Point-à-point

Chaque machine de la salle dispose d'au moins 2 interfaces ethernet.

Laissez votre machine connectée à la prise EXT, qui vous permet d'atteindre internet ou votre homedir. Utilisez une autre interface ethernet pour la connecter à la machine de votre voisin, en point-à-point, via la baie de brassage.

1. Vous utilisez un câble droit ou un câble croisé ?
2. Quelle commande utilisez-vous pour vérifier que votre interface est bien connectée, et connaître la vitesse et le mode de duplex qui ont été négociés entre vos deux machines ?

3. Affectez une adresse IPv4 privée de classe A à l'interface ethernet. Notez qu'une adresse IPv6 est déjà associée à cette interface. Elle a été configurée automatiquement.  
Vous remarquerez qu'une même interface réseau peut très bien être associée à plusieurs adresses IP.
4. Affichez la table de routage. Que constatez-vous ?
5. Testez la connectivité avec votre voisin.

## Concentrateur (hub)

Brassez votre poste de travail sur le concentrateur (hub) situé dans la baie de brassage.

Assurez-vous que deux de vos voisins y sont connectés également.

Supprimez les filtres de capture et d'affichage préalablement configurés.

1. Lancez une capture de trames sur un poste, et transmettez un *ping* entre les deux autres postes. Que constatez-vous ? Déduisez-en la manière dont les données sont transmises par cet équipement. Les données émises par un poste sont-elles reçues par ce même poste ?
2. Recommencez la manipulation en désactivant le mode *promiscuous* de Wireshark. A quoi sert-il ?
3. Quel est le mode de duplex des interfaces connectées au hub ? Quelle en est la signification ?
4. Quelles sont les topologies physique et logique du réseau constitué par le concentrateur et les postes qui y sont connectés ?
5. Lancez la commande « `iperf -s` » sur un poste et « `iperf -c ip_du_serveur` » sur un autre poste pour lancer un test de bande passante. Notez le débit atteint et les valeurs du compteur de collisions (voir annexe) avant et après la manipulation.  
Connectez un poste supplémentaire sur le hub (soit au minimum 4 postes) et réalisez de nouveau la manip en parallèle sur les deux paires de postes.  
Notez le débit atteint et les nouvelles valeurs des compteurs de collisions. Déduisez-en la manière dont fonctionne un hub.

Les postes connectés entre eux via des concentrateurs forment un **domaine de collision**.

## Commutateur (switch)

Brassez votre poste de travail sur le commutateur (switch) situé dans la baie de brassage.

Assurez-vous que deux de vos voisins y sont connectés également.

Supprimez les filtres de capture et d'affichage préalablement configurés.

Réactivez le mode *promiscuous*.

1. Lancez une capture de trames sur un poste, et transmettez un *ping* entre les deux autres postes. Que constatez-vous ? Déduisez-en la manière dont les données sont transmises par cet équipement.
2. Quel est le mode de duplex des interfaces connectées au hub ? Quelle en est la signification ?
3. Quelles sont les topologies physique et logique du réseau constitué par le concentrateur et les postes qui y sont connectés ?
4. Lancez la commande « `iperf -s` » sur un poste et « `iperf -c ip_du_serveur` » sur un autre poste pour lancer un test de bande passante. Notez le débit atteint et les valeurs du compteur de collisions (voir annexe) avant et après la manipulation.  
Connectez un poste supplémentaire sur le switch (soit au minimum 4 postes) et réalisez de nouveau la

manip en parallèle sur les deux paires de postes.

Notez le débit atteint et les nouvelles valeurs des compteurs de collisions. Déduisez-en la manière dont fonctionne un switch.

Pour paramétrer les équipements réseau et obtenir des informations sur leur configuration, il faut établir une liaison série entre votre poste de travail et le port console de l'équipement en question.

Cette liaison permet d'établir une connexion dite « hors bande », c'est-à-dire en dehors de la bande passante du réseau ethernet.

Connectez-vous sur le port console d'un switch, noté Sx-C (avec x=R,J,B ou V selon votre baie de brassage). Utilisez pour cela un câble série DB9-RJ45 (câble bleu et plat) et lancez le programme « minicom ».

Une fois connecté, tapez sur la touche « entrée » pour afficher le prompt. Si la question « voulez-vous lancer le setup du switch ? » vous est posée, répondez « non ».

Vous êtes actuellement en mode USER EXEC (prompt >), qui ne permet de lancer qu'un nombre réduit de commandes, que vous pouvez lister en tapant « ? ». Passez en mode privilégié (prompt #), puis affichez la table de commutation..

5. Comparez les adresses MAC listées avec celles de vos postes et les ports du switch sur lesquels ils sont connectés. Comment le switch a-t-il obtenu ces adresses ? Quel est le rôle de la table de commutation (appelée aussi table d'adresses MAC) ?
6. Pour fonctionner correctement, le switch a-t-il besoin de connaître les adresses mac des trames ? les adresses IP des paquets ? Déduisez-en à quels niveaux du modèle OSI interviennent un switch et un hub et quelles sont les unités de données sur lesquelles ils agissent.
7. Concluez sur les avantages du switch par rapport au hub.
8. Selon vous, en fonctionnement normal, une interface d'un commutateur peut-elle être associée au même moment à plusieurs adresses ethernet ? Une même adresse ethernet peut-elle être associée au même moment à plusieurs interfaces d'un commutateur ?
9. Lancez maintenant une capture de trames sur plusieurs postes connectés au switch et transmettez un ping vers l'adresse IP 255.255.255.255. Que constatez-vous ? Comment s'appelle ce type de transfert ? Quelle est l'adresse ethernet de destination des trames reçues ?
10. Envoyez un ping vers l'adresse ff02::1. Que constatez-vous ? Comment s'appelle ce type de transfert ? Quelle est l'adresse ethernet de destination des trames reçues ?

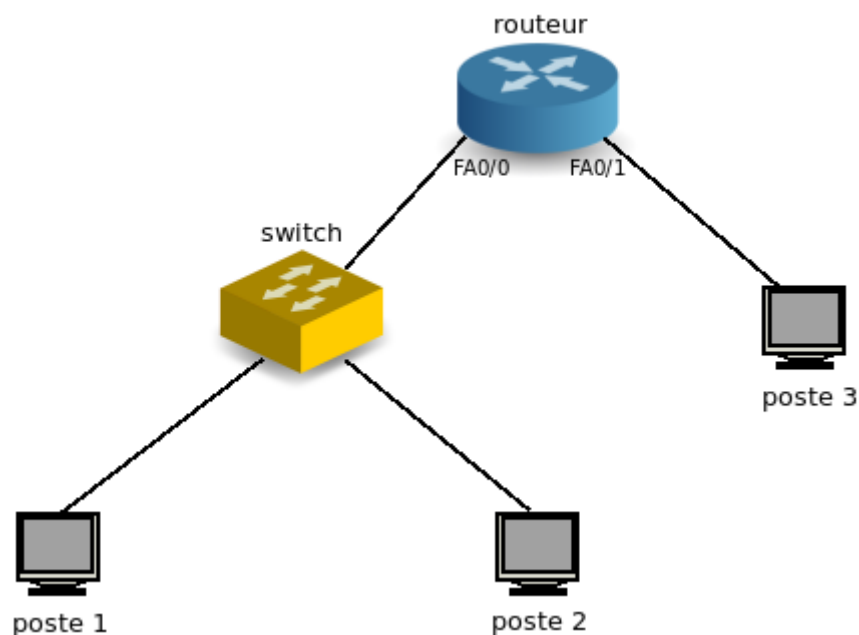
Un commutateur permet de segmenter les domaines de collisions.

Les postes connectés par l'intermédiaire de commutateurs constituent un **domaine de broadcast**.

## Routeur

Choisissez 2 sous-réseaux IPv4 de classe B. Veillez à ce qu'ils soient différents du groupe voisin.

Complétez le schéma suivant en affectant une adresse IP aux interfaces, l'objectif étant que les postes puissent communiquer ensemble.



Connectez 3 postes, 1 switch et 1 routeur en suivant ce schéma.

1. Configurez les adresses IP sur les interfaces en vous référant à l'annexe.
2. Ajoutez une route sur les postes de manière à ce que les postes 1 et 2 puissent communiquer avec le 3.
3. Après avoir lancé une capture de trames sur les postes 2 et 3, lancez un ping depuis le poste 1 vers le poste 2, puis vers le poste 3 (voir schéma). Il s'agit d'un transfert unicast. Comparez les valeurs du champ TTL de l'entête IP des paquets reçus sur les postes 2 et 3. Pourquoi sont-elles différentes ? Quelle est l'utilité de ce champ ?
4. Quelle devrait être la valeur du TTL pour que le poste 1 puisse communiquer avec le poste 2, mais pas avec le poste 3 ? Vérifiez votre réponse en envoyant, depuis le poste 1, un ping avec ce TTL vers les postes 2 et 3 (voir « man ping »).  
Lancez une capture sur le poste 1 et envoyez un ping du poste 1 vers le poste 3 en conservant le TTL que vous avez choisi. Que se passe-t-il ?
5. Lancez de nouveau un ping depuis le poste 1 vers le poste 3. Quelles sont l'adresse MAC source de la trame reçue (sur le poste 3) et l'adresse MAC de destination de la trame envoyée (à partir du poste 1) ? Selon vous, à quelles interfaces ethernet correspondent ces adresses ? Pour vous aider, lancez la commande « *show interface fastethernet* » sur le routeur.
6. Comment le poste 1 a-t-il su que la trame ethernet contenant le paquet IP à destination du poste 3 devait être envoyée au routeur ?
7. Dessinez un schéma des couches OSI utilisées dans chaque équipement mis en jeu dans le transfert unicast (2 postes, 1 switch et 1 routeur), et tracez une ligne représentant le flux de données passant d'un équipement à l'autre (communication horizontale) en traversant les couches (communication verticale).
8. Lancez une capture de trames sur les 3 postes et lancez un ping depuis le poste 1 vers l'adresse 255.255.255.255. Il s'agit d'un transfert en diffusion limitée (broadcast). Que constatez-vous ?
9. Lancez une capture de trames sur les 3 postes et lancez un ping depuis le poste 3 vers l'adresse de broadcast du réseau sur lequel se trouvent les postes 1 et 2. Que constatez-vous ?

Exécutez les commandes suivantes sur le routeur :

*Router(config)#interface fastEthernet 0/0*

*Router(config-if)#ip directed-broadcast*

10. Recommencez la manipulation précédente. Il s'agit d'un transfert en diffusion dirigée. Que constatez-vous ? Quelle est l'adresse IP de destination des paquets reçus ? Selon vous, pourquoi ce mode de transfert est-il désactivé par défaut ?

11. Quelle est la différence entre diffusion limitée, diffusion dirigée et unicast.

12. Comment un routeur réagit à ces différents types de paquets ? Concluez sur la différence entre un routeur et un switch vis-à-vis de la diffusion IP.

13. Reliez votre routeur à celui de votre voisin de manière à ce que tous les machines puissent communiquer ensemble.

## Annexe : commandes utiles

Vous pouvez avoir de l'aide en ligne sur les commandes qui suivent. Exemple :

`ip address help` (pour une aide succincte)

`man ip-address` (pour le manuel)

- Lister les interfaces réseau et les adresses qui leur sont assignées :

`ip address`

- Ajouter/supprimer une adresse IP sur une interface réseau :

`sudo ip address { add | del } <adresse_IP_CIDR> dev <nom_interface>`

- Afficher la table de routage :

`ip route`

- Ajouter/supprimer une route :

`sudo ip route { add | del } <adr_reseau> via <adr_passerelle> dev <nom_interface>`

Remarque : pour définir la route par défaut, remplacer <adr\_reseau> par 0.0.0.0/0

- Afficher les paramètres « physiques » d'une interface réseau :

`sudo ethtool <nom_interface>`

- Tester la connectivité IP (vérifier que les couches physique, liaison, et réseau fonctionnent correctement) :

`ping <-4|-6> <adresse_IP>`

<-4|-6> : IPv4 ou IPv6

<adresse\_IP> : adresse IP à tester

- Afficher le cache ARP :

`ip neigh`

- Supprimer une entrée du cache ARP :

```
sudo ip neigh del <adresse_IP> <adresse_MAC>
```

- afficher les statistiques d'une interface réseau (nombre de collisions, etc.) :

```
ip -0 link afstats dev <nom_interface>
```

### Sur le switch :

- passer en mode privilégié :

```
Switch>enable
```

- afficher la table de commutation :

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

OU

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

### Configurer un routeur :

- Connectez-vous sur le port console d'un routeur, noté Rx-C (avec x=R,B,V ou J selon votre baie de brassage).

- Tapez sur « entrée » pour afficher le prompt (Routeur>).

- Tapez ensuite les commandes suivantes (**à tout moment vous pouvez taper « ? » pour afficher les commandes ou les arguments utilisables**) :

- passez en mode privilégié :

```
Router>enable
```

- entrez dans le mode de configuration globale :

```
Router#configure terminal
```

- entrez dans le mode de configuration de l'interface que vous souhaitez configurer (x étant le numéro de cette interface) :

```
Router(config)#interface {ethernet|fastEthernet|gigabitEthernet} 0/x
```

Pour connaître le type des interfaces de votre routeur, tapez :

```
Router(config)#interface ?
```

- configurez l'adresse IP et le masque :

```
Router(config-if)#ip address <adresse_IP> <masque>
```

- activez cette interface :

```
Router(config-if)#no shutdown
```

- quittez le mode de configuration de l'interface :

```
Router(config-if)#exit
```

- activez le routage :

```
Router(config)#ip routing
```