



Travaux Pratiques - La couche réseau

Année 2025-2026

Enseignants :

Gilles Guette gilles.guette@imt-atlantique.fr



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

1 Prise en main du simulateur réseau Filius : deux ordinateurs reliés par un commutateur

Filius est un logiciel de simulation réseau simple développé initialement par l'université de Siegen en Allemagne. Le simulateur est disponible ici : <https://www.lernsoftware-filius.de/Herunterladen> (si tout va bien vous l'avez déjà installé) et la documentation est ici : https://www.lernsoftware-filius.de/downloads/Introduction_Filius.pdf. Lancez Filius. Au lancement le simulateur ressemble à la figure 1.

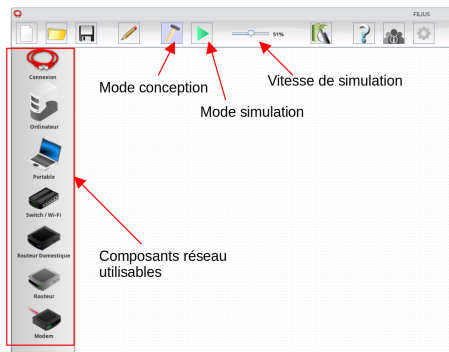


Figure 1: Affichage bureau

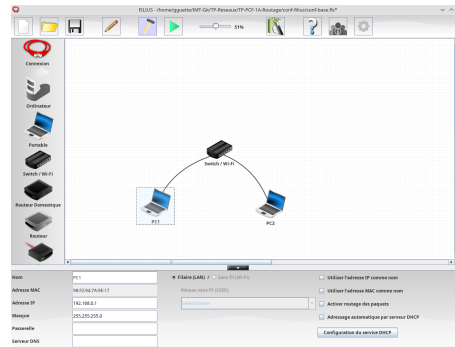


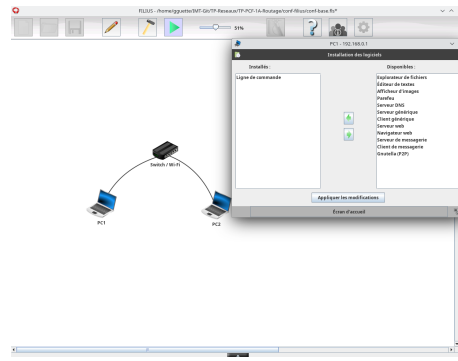
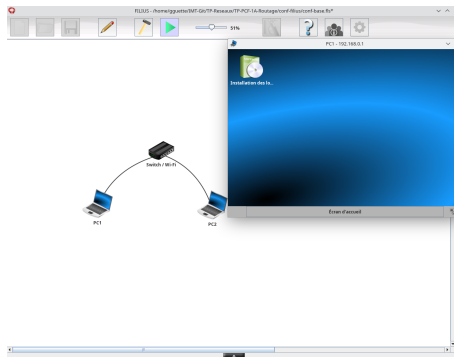
Figure 2: Ajout ligne de commande

Utilisez le fichier nommé : `conf-base.flc` disponible sur la page Web de l'UE. Récupérez-le et chargez-le dans le simulateur. Vous obtenez une configuration avec deux PCs reliés par un switch (fig. 2). Les deux PCs ont été configurés avec les adresses IP suivantes : 192.168.0.1/24 et 192.168.0.2/24.

Afin de regarder la configuration réseau puis tester la connectivité entre les 2 PC, nous avons besoin de lancer dans un terminal plusieurs commandes de configuration ainsi que la commande `ping`. La commande `ping` a pour effet d'envoyer depuis la machine sur laquelle on effectue la commande, un paquet *ICMP echo Request* à la destination souhaitée. Le comportement de la machine réceptrice de ce paquet doit être selon la spécification du protocole de renvoyer en retour un paquet *ICMP echo Reply* appelé aussi pong. Les paquets ayant fait un aller-retour, cela prouve que les 2 machines peuvent se joindre. La commande `ping` est l'une des plus courantes pour tester la connectivité réseau.

Pour pouvoir utiliser `ping` dans Filius, il suffit simplement d'ajouter le service *ligne de commande* dans PC1. Passez en mode *simulation* (triangle vert) et faites un clic droit sur PC1 puis "Afficher le bureau" (fig. 3) puis cliquez sur "Installation des logiciels" et ajoutez "ligne de commande" (fig. 4).

Une fois la ligne de commande installée, vous pouvez l'utiliser pour vérifier la configuration réseau de PC1 avec la commande `ipconfig`. Après avoir lancé cette commande, répondez aux questions suivantes. Pour vous aider, vous pouvez vous référer au cours ou aux rappels donnés en début de cours.



Question

Quelle est l'adresse IPv4 de PC1? Quel est le masque utilisé ? Déduisez-en quelle est l'adresse du réseau auquel PC1 appartient.

Question

Combien d'adresses IP unicast peuvent être attribuées dans ce réseau ? Quelles sont les adresses (la plage d'adresse) qui peuvent être attribuées ? Quelle est l'adresse de diffusion que PC1 peut utiliser pour envoyer un message à tous les ordinateurs de son réseau ? Les adresses IP unicast sont-elles privées ?

--

Pour information, PC2 a pour adresse 192.168.0.2. Maintenant, lancez depuis PC1 la commande `ping 192.168.0.2` (fig. 5). Le résultat de la commande vous indique comme sur un vrai système le succès ou l'échec. Pour accéder au trafic réseau échangé par PC1 et PC2, il suffit de faire un clic droit sur l'une ou l'autre des machines et de cliquer sur "Afficher les échanges de données" (fig.6). Vous constaterez en affichant les échanges que des paquets ARP ont été échangés entre PC1 et PC2.

Question

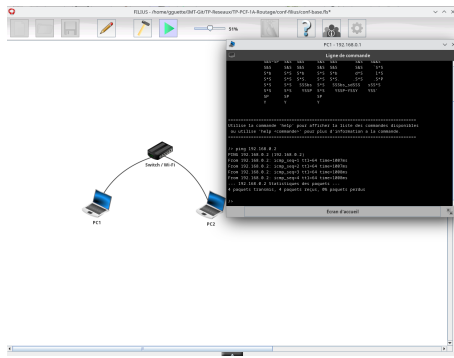


Figure 5: Ping

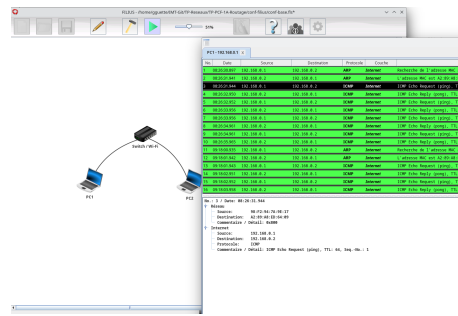


Figure 6: Capture

En vous basant sur vos connaissances, le cours précédent et votre capture, expliquer pourquoi un échange ARP à eu lieu.

Voici le contenu d'une trame ethernet:

Préambule	SFD	MAC destination	MAC source	Type	Données	FCS
7o	1o	6o	6o	2o	46o à 1500o	4o

Figure 7: Trame ethernet

Voici paquet ARP (qui est inclu le champ données d'une trame Ethernet):

HTYPE	PTYPE	HLEN	PLEN	OPCODE	@Hw source	@net source	@Hw destination	@net destination
2o	2o	2o	2o	2o	6o pour MAC	4o pour IPv4	6o pour MAC	4o pour ipv4

Figure 8: Requête ou réponse ARP

Question

En vous aidant de la capture que vous faites du trafic, explicitez les valeurs que vous trouvez dans **la requête et la réponse** ARP ainsi que dans les trames ethernet correspondantes. En particulier, notez quelles sont les valeurs prises par les différents champs (et notamment de quelles adresses s'agit-il?).

La **commande arp** affiche et le cas échéant permet de modifier la table ARP disponible sur un PC.

Question

Sur PC1 au moyen de la commande arp, déterminez quelles informations sont contenues dans la table ARP ?

Question

Vous connaissez maintenant le mode opératoire d'ARP. Imaginez qu'un autre PC (disons PC3) se trouve sur le réseau et soit un attaquant. Imaginez des stratégies que PC3 pourrait mettre en place pour attaquer PC1. Pour vous aider, voici quelques pistes/intentions. Que peut faire PC3 pour que : la table ARP de PC1 contienne des informations erronées ? le trafic IP à destination de PC2 lui soit redirigé ?

Question

Proposez une solution pour détecter et le cas échéant se prémunir des attaques que vous avez proposées

Question

Pour acheminer les trames, un switch consulte sa table de commutation et choisit l'interface de sortie. Pour visualiser la table de commutation, il suffit de passer en mode simulation et de cliquer sur le switch. Suite à votre précédent ping (s'il date d'un moment, refaites le ping), qu'est censée contenir la table de commutation ? Que voyez-vous dans la table de commutation de votre switch ? S'agit-il d'adresse IP ou MAC. Est-ce normal ? Attendez une minute ou deux, que se passe-t-il avec la table de commutation ? Pourquoi ?

Et voilà, vous disposez de tous les éléments pour la suite du TP. Remarque :

- En ligne de commande, si vous tapez la commande help, vous pourrez obtenir la liste de toutes les commandes accessibles.
- Vous pouvez par exemple utiliser les commandes traceroute, netstat, route...

2 Routage statique

Si ce n'est pas déjà fait, repassez en mode configuration. Ajoutez à votre topologie un "routeur" disposant de 3 interfaces (fig. 9. Comme vous pouvez le constater par défaut toutes les interfaces ont la même adresse IP (et c'est mal !). Reliez votre switch et votre routeur.

Question

Configurez correctement l'interface du routeur reliée au switch. Donnez aux 2 autres interfaces les adresses IP 1.1.1.1/24 et 2.2.2.2/24 (nous nous en occuperons plus tard).

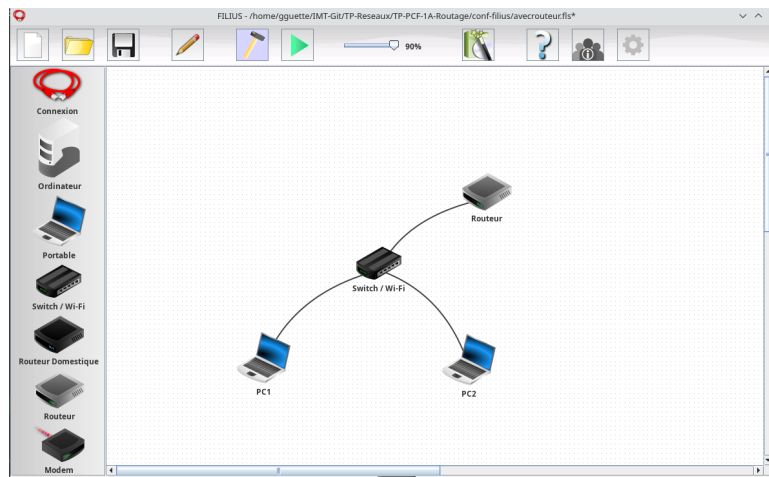


Figure 9: Avec le routeur

Question

Depuis PC1, pingez PC2. Le ping fonctionne-t-il ? L'ajout d'un routeur a-t-il changé quelque chose ? Le routeur reçoit-il des paquets (faite une capture au niveau du routeur). Justifiez.

Nous allons maintenant ajouter un second réseau contenant 2 machines (fig. 10).

Question

Dans votre topologie, ajoutez PC3 et PC4 reliés par un switch, puis reliez le switch à votre routeur. Configurez les adresses (à votre convenance du moment que c'est cohérent) de PC3 et PC4 ainsi que celle de l'interface concernée de votre routeur. Regarder la Section pour aller plus loin et plutôt que de choisir n'importe quelle adresse, choisissez une adresse se trouvant en Australie ou aux USA...

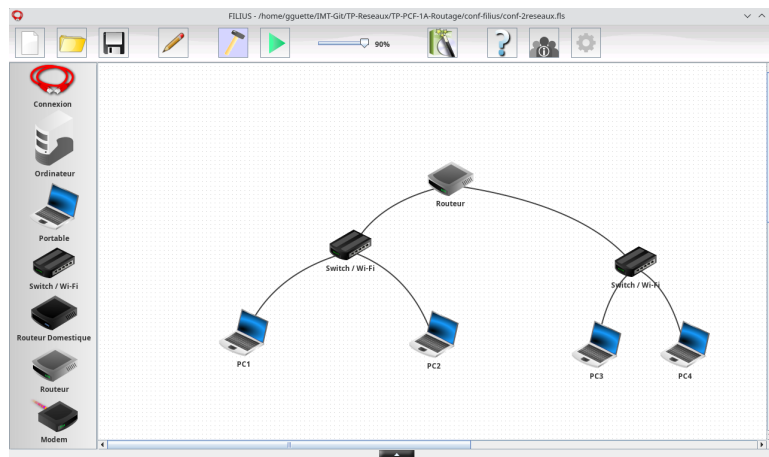
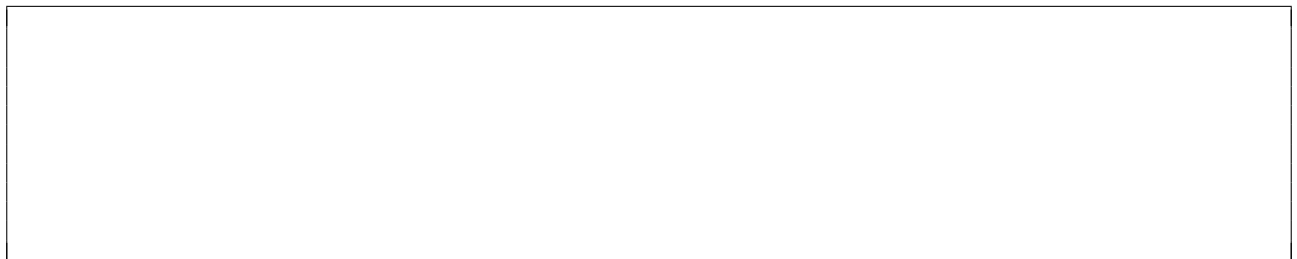
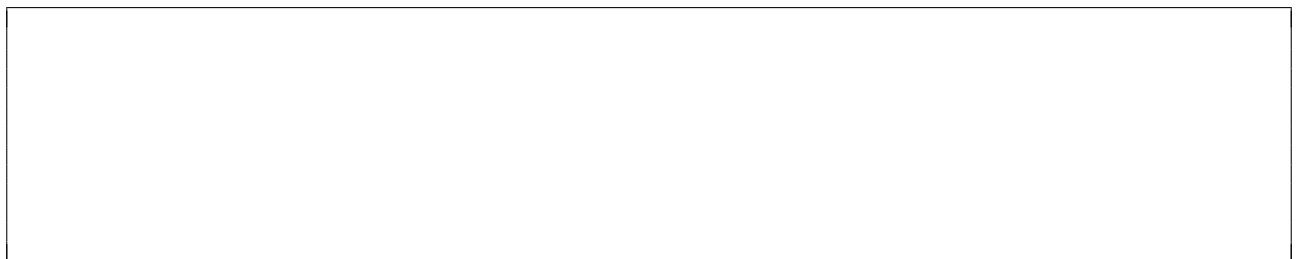


Figure 10: Avec deux réseaux



Question

Vérifiez la connectivité entre vos équipements. Pour cela, vous pouvez exécuter la commande `ping` ou la commande `route` : entre PC1 et le routeur, entre PC3 et le routeur et enfin entre PC1 et PC3. Si cela ne fonctionne pas, où s'arrêtent les paquets et pourquoi ? Remarque : utilisez le mode simulation, les tables de routage et l'affichage de trafic pour analyser la situation.



Question

Comment résoudre le problème évoqué dans la question précédente ? Que faut-il ajouter à PC1 pour qu'il puisse envoyer ses paquets dans un autre réseau ? Faites l'ajout sur PC1.

Question

Depuis PC1, pinguez les deux interfaces de votre routeur. Cela fonctionne-t-il ? Pourquoi ?

Question

Depuis PC1, pinguez PC3. Cela fonctionne-t-il ? Pourquoi ? Si ça ne fonctionne pas, où s'arrêtent les paquets et pourquoi ? Corrigez.

Voilà, vous avez normalement maintenant un réseau parfaitement fonctionnel.

3 Cas particuliers et analyse de configuration

Vous venez de voir un aspect de configuration courant des machines qu'on qualifie généralement de "*end user*" ou "machine terminale". Sur ces machines qui n'ont pas vocation à faire du routage, on utilise une passerelle par défaut, c'est-à-dire qu'on leur dit : "quand tu ne sais pas quoi faire d'un paquet, balance à machin, il se débrouillera avec". Ce cas fonctionne parfaitement quand "machin" est un équipement spécialisé et effectivement configuré correctement pour savoir quoi faire avec ce paquet. Le "quoi faire" se résumant à transmettre le paquet un saut plus loin dans "la bonne direction".

Nous allons voir que cette "solution" n'est malheureusement pas une solution générique (dommage...).

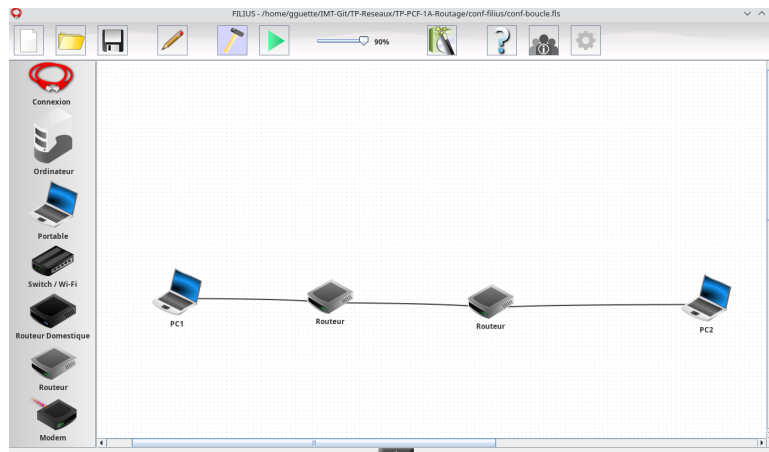


Figure 11: Boucle de routage

Question

Chargez dans Filius le fichier `conf-boucle.fls` (fig. 11). Depuis PC1 faites un ping vers PC2. Est-ce que tout fonctionne normalement ? Faites un ping vers une adresse IP n'existant pas dans votre topologie. Que s'est-il passé ? Que raconte la capture de trafic ? Analysez la configuration des routeurs pour expliquer le problème et potentiellement ses conséquences.

Vous venez de voir pourquoi on ne met des routes par défaut dans les routeurs que dans des cas très particuliers.