
Premiers pas avec le logiciel de simulation Filius

Étude des réseaux

La simulation de réseaux constitue une approche simplifiée de l'apprentissage, de la compréhension et de l'étude d'un ensemble d'équipements informatiques interconnectés afin d'échanger des données ou de partager des ressources communes. La simulation revient alors à modéliser un réseau en reproduisant son architecture sans utilisation de machines physiques puis à exécuter le modèle défini à des fins d'expérimentation et d'analyse de son comportement. Le logiciel Filius¹ est un outil gratuit et simple d'utilisation permettant de modéliser et de simuler des réseaux. Il a été développé dans un cadre académique à l'université de Seigen en Allemagne.

Présentation de l'interface

L'interface du logiciel Filius est relativement dépouillée et simple à prendre en main. La figure 1 en montre l'aspect général.

Le bandeau supérieur concerne l'ensemble des opérations de gestion de fichiers, de conception et de simulation. La vitesse de simulation est notamment ajustable au moyen d'un curseur afin de permettre une plus grande visibilité des informations échangées entre les différents équipements.

Le bandeau latéral présente les différents types d'équipements disponibles. Les choix possibles sont

1. <https://www.lernsoftware-filius.de/>

les ordinateurs, les routeurs, les modems, les commutateurs et les connexions.

La sélection d'un équipement s'effectue simplement à l'aide d'un clic de souris suivi d'un glissement dans la zone d'édition du modèle de réseau.

1^{er} exemple d'application

Ce premier exemple d'application concerne un réseau réduit et simplifié constitué de trois ordinateurs portables, d'un serveur et d'un commutateur destiné à l'interconnexion des équipements. Le serveur fournit essentiellement un service DHCP² permettant d'allouer une adresse IP³ à chacun des ordinateurs portables. La figure 2 présente la configuration matérielle du réseau considéré.

L'adresse IP du réseau est 192.168.0.0 et le masque associé est 255.255.255.0 en notation décimale pointée, soit /24 en notation CIDR⁴. L'adresse du serveur est fixée en 192.168.0.10 et la plage d'adresses DHCP s'étale de 192.168.0.20 à 192.168.0.50.

L'objet de la configuration proposée relève avant tout de l'observation des requêtes DHCP échangées entre les ordinateurs portables et le serveur. Il s'agit également de montrer la simplicité des requêtes ICMP⁵.

2. Dynamic Host Configuration Protocol
3. Internet Protocol
4. Classless Inter-Domain Routing
5. Internet Control Message Protocol

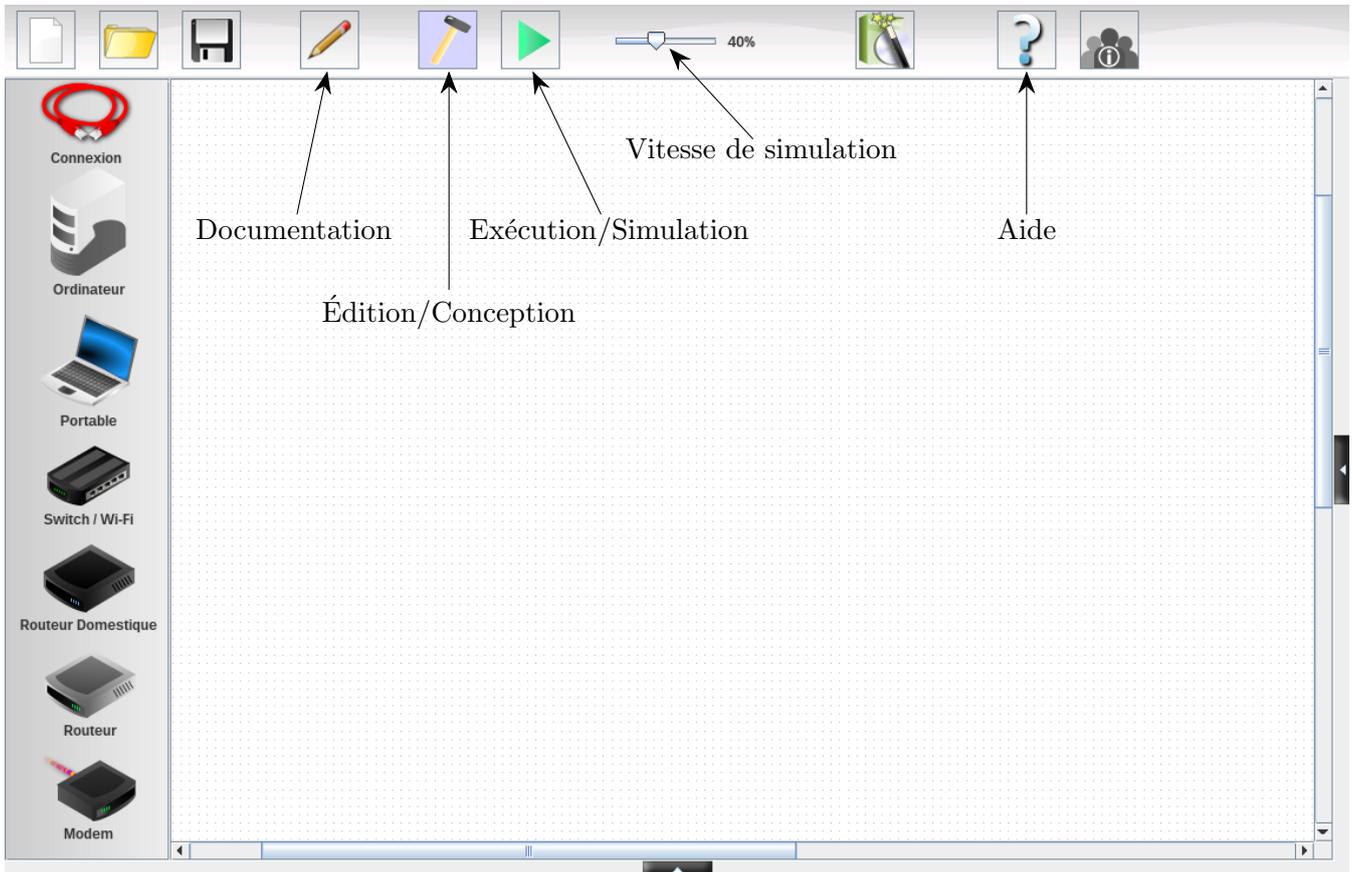


FIG. 1 – Écran principal

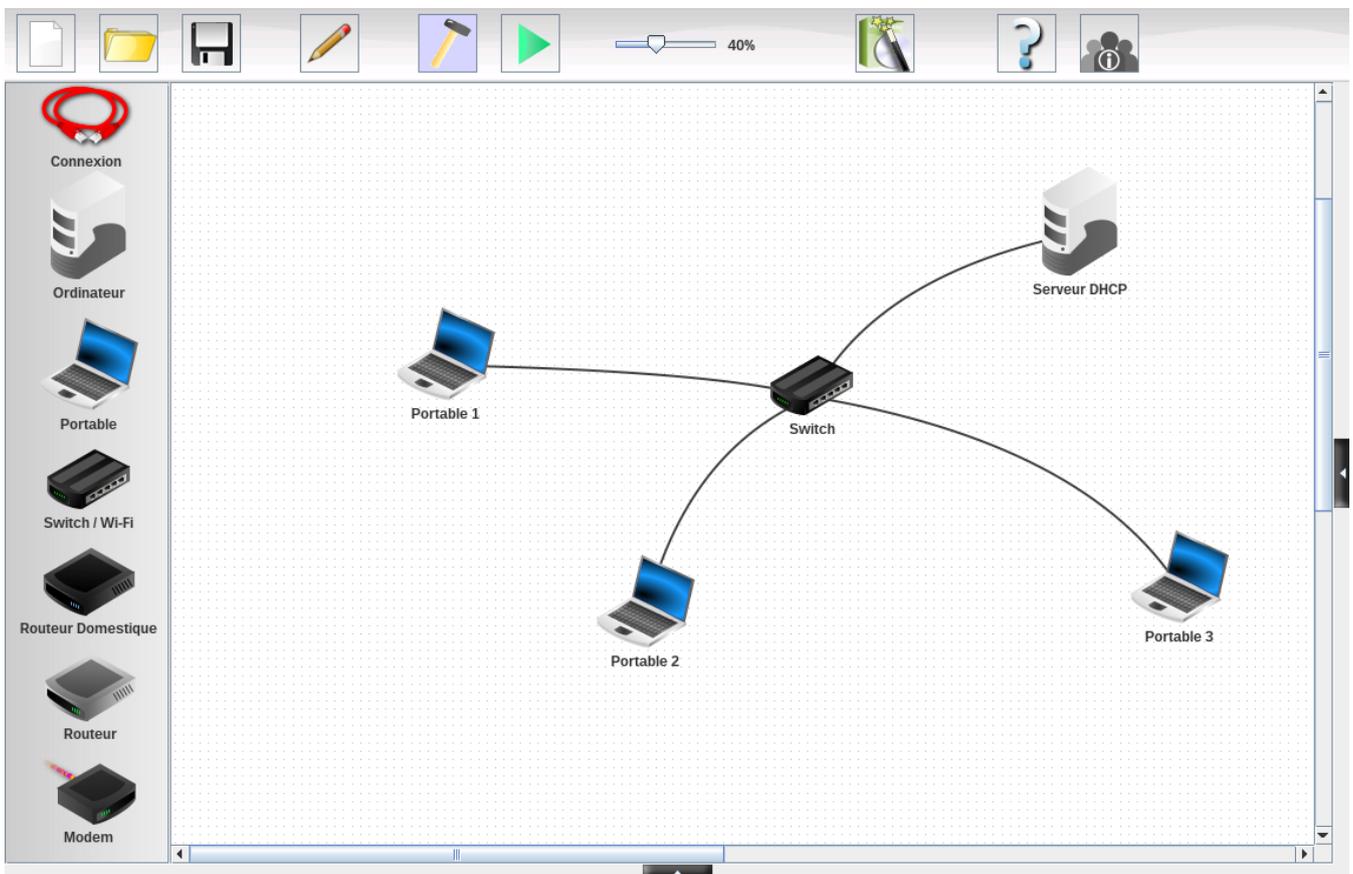


FIG. 2 – Configuration du 1^{er} exemple

No.	Date	Source	Destination	Protocole	Couche	Commentaire / Détail
1	10:31:09.172	0.0.0.0:68	255.255.255.255:67	DHCP	Application	DHCPDISCOVER yiaddr=0.0.0.0 chaddr=87:C0:FD:B5:DF:C5
2	10:31:09.173	192.168.0.10:67	255.255.255.255:68	DHCP	Application	DHCPOFFER yiaddr=192.168.0.20 chaddr=87:C0:FD:B5:DF:C5 router=0.0.0.0...
3	10:31:09.478	0.0.0.0:68	255.255.255.255:67	DHCP	Application	DHCPDISCOVER yiaddr=0.0.0.0 chaddr=BC:58:F7:86:44:36
4	10:31:09.479	192.168.0.10:67	255.255.255.255:68	DHCP	Application	DHCPOFFER yiaddr=192.168.0.21 chaddr=BC:58:F7:86:44:36 router=0.0.0.0...
5	10:31:09.784	0.0.0.0:68	255.255.255.255:67	DHCP	Application	DHCPDISCOVER yiaddr=0.0.0.0 chaddr=A2:BE:92:5A:14:0C
6	10:31:09.784	192.168.0.10:67	255.255.255.255:68	DHCP	Application	DHCPOFFER yiaddr=192.168.0.22 chaddr=A2:BE:92:5A:14:0C router=0.0.0.0...
7	10:31:10.701	0.0.0.0	192.168.0.21	ARP	Internet	Recherche de l'adresse MAC associée à 192.168.0.21 [op=REQUEST, sende...
8	10:31:11.008	0.0.0.0	192.168.0.20	ARP	Internet	Recherche de l'adresse MAC associée à 192.168.0.20 [op=REQUEST, sende...
9	10:31:11.313	0.0.0.0	192.168.0.22	ARP	Internet	Recherche de l'adresse MAC associée à 192.168.0.22 [op=REQUEST, sende...
10	10:31:25.952	0.0.0.0:68	255.255.255.255:67	DHCP	Application	DHCPREQUEST yiaddr=0.0.0.0 chaddr=BC:58:F7:86:44:36 requested=192.168...
11	10:31:25.953	192.168.0.10:67	255.255.255.255:68	DHCP	Application	DHCPACK yiaddr=192.168.0.21 chaddr=BC:58:F7:86:44:36 serverid=192...
12	10:31:26.258	0.0.0.0:68	255.255.255.255:67	DHCP	Application	DHCPREQUEST yiaddr=0.0.0.0 chaddr=87:C0:FD:B5:DF:C5 requested=192.168...
13	10:31:26.259	192.168.0.10:67	255.255.255.255:68	DHCP	Application	DHCPACK yiaddr=192.168.0.20 chaddr=87:C0:FD:B5:DF:C5 serverid=192...
14	10:31:26.563	0.0.0.0:68	255.255.255.255:67	DHCP	Application	DHCPREQUEST yiaddr=0.0.0.0 chaddr=A2:BE:92:5A:14:0C requested=192.168...
15	10:31:26.564	192.168.0.10:67	255.255.255.255:68	DHCP	Application	DHCPACK yiaddr=192.168.0.22 chaddr=A2:BE:92:5A:14:0C serverid=192...

FIG. 3 – Affichage des échanges de données pour l'attribution dynamique d'adresses IP

Lors de l'exécution, il est préférable de limiter la vitesse de simulation à 40 % voire même à un taux inférieur afin visualiser au mieux les animations en relation avec les échanges entre les différents équipements.

En mode d'exécution/simulation, un clic droit de la souris sur un équipement permet d'accéder à une fenêtre de visualisation des données échangées avec la machine concernée. La figure 3 montre l'aspect de cette fenêtre.

L'observation du trafic depuis le serveur DHCP montre les quatre différentes requêtes DHCP échangées avec chacun des ordinateurs portables afin qu'une adresse IP lui soit attribuée. Ces quatre requêtes sont les suivantes :

- DHCP Discover
- DHCP Offer
- DHCP Request
- DHCP Ack

Les douze requêtes DHCP nécessaires à l'attribution d'une adresse IP à chacun des trois ordinateurs portables sont aisément identifiables. Elles sont complétées par trois requêtes ARP⁶ permettant d'associer les adresses IP aux adresses MAC⁷.

Une option d'export au format texte des échanges de données est accessible par un clic droit sur la fenêtre de visualisation des données échangées. Il est également possible d'effacer les informations consignées.

Dès lors que la phase d'attribution dynamique des adresses IP est effective, il est possible de procéder

à une vérification de connexion et d'atteignabilité des différents équipements raccordés au réseau. La commande `ping` est alors souvent utilisée pour cette opération. Elle est aisément accessible par un clic droit de la souris sur l'équipement choisi afin d'activer le bureau et d'exécuter ensuite l'outil de ligne de commande.

L'exécution de la ligne de commande `ping 192.168.0.10` depuis le premier ordinateur portable provoque l'échange de huit requêtes ICMP avec le serveur. La commande est en effet exécutée à quatre reprises et deux requêtes sont générées à chaque exécution :

- ICMP Echo Request
- ICMP Echo Reply

La figure 4 montre le résultat d'exécution de la commande analysée depuis le serveur destinataire des requêtes ICMP au moyen de la fenêtre de visualisation des données échangées.

2^{ème} exemple d'application

Le deuxième exemple d'application présenté repose sur la mise en œuvre d'un routeur à deux interfaces autorisant l'interconnexion de deux réseaux distincts. Le premier réseau est identique à celui du premier exemple d'application. Le second réseau présente une configuration IP en 172.16.0.0/24. Il ne concerne qu'un unique serveur dont l'adresse est fixée statiquement à 172.16.0.10. La figure 5 expose la configuration matérielle prise en compte.

La configuration IP des interfaces du routeur est la suivante :

6. Address Resolution Protocol

7. Media Access Control

No.	Date	Source	Destination	Protocole	Couche	Commentaire / Détail
1	13:28:28.344	192.168.0.20	192.168.0.10	ICMP	Internet	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-No.: 1
2	13:28:29.568	192.168.0.10	192.168.0.20	ICMP	Internet	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-No.: 1
3	13:28:29.569	192.168.0.20	192.168.0.10	ICMP	Internet	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-No.: 2
4	13:28:30.793	192.168.0.10	192.168.0.20	ICMP	Internet	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-No.: 2
5	13:28:30.794	192.168.0.20	192.168.0.10	ICMP	Internet	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-No.: 3
6	13:28:32.018	192.168.0.10	192.168.0.20	ICMP	Internet	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-No.: 3
7	13:28:32.019	192.168.0.20	192.168.0.10	ICMP	Internet	ICMP Echo Request (ping), TTL: 64, Seq.-No.: 4
8	13:28:33.243	192.168.0.10	192.168.0.20	ICMP	Internet	ICMP Echo Reply (pong), TTL: 64, Seq.-No.: 4

FIG. 4 – Affichage des échanges de données pour le test d'atteignabilité

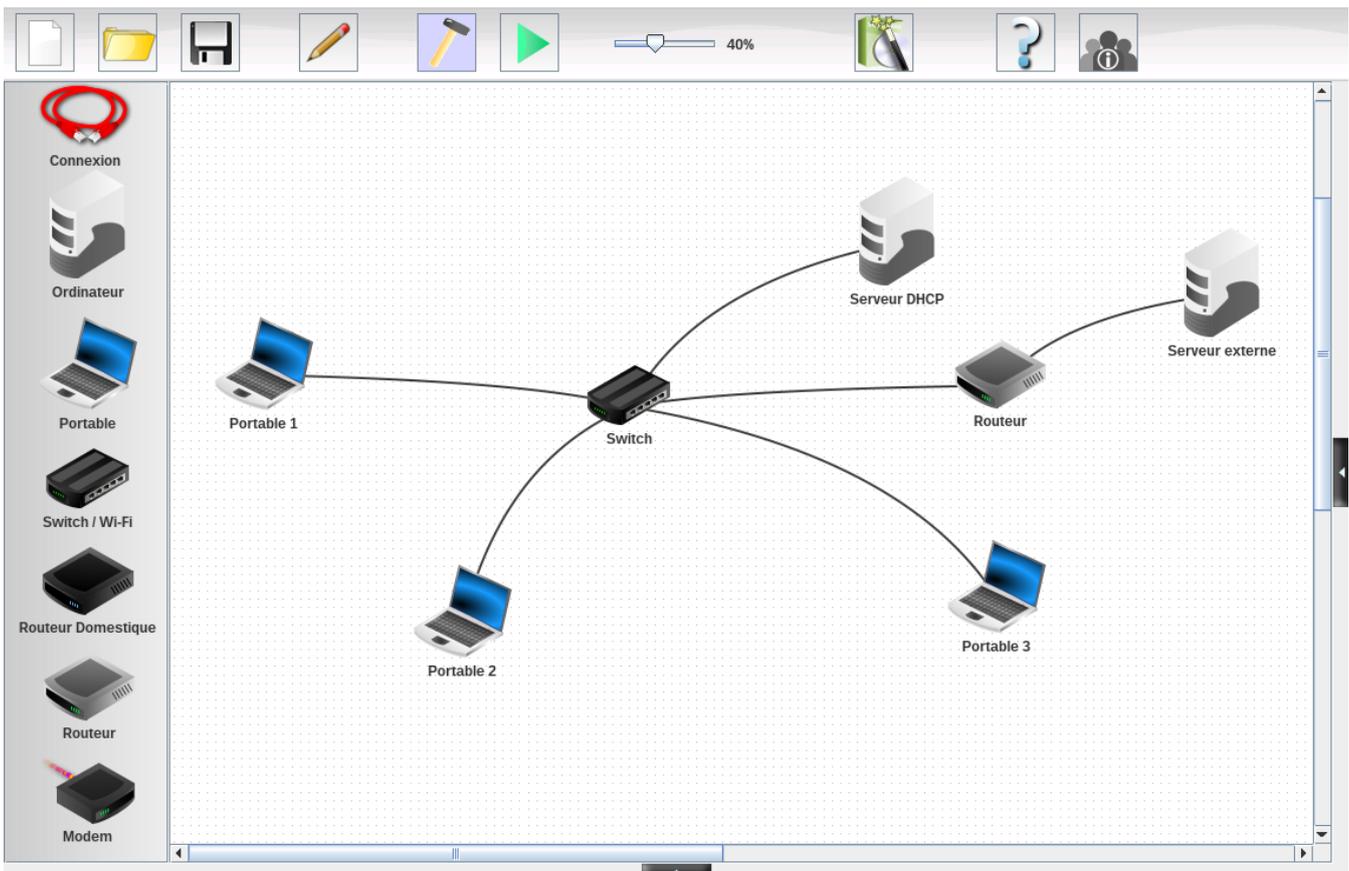


FIG. 5 – Configuration du 2^{ème} exemple

IP de destination	Masque	Passerelle suivante	Via l'interface
172.16.0.15	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1
192.168.0.15	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1
172.16.0.0	255.255.255.0	172.16.0.15	172.16.0.15
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.15	192.168.0.15
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.15	192.168.0.15

FIG. 6 – Table de routage

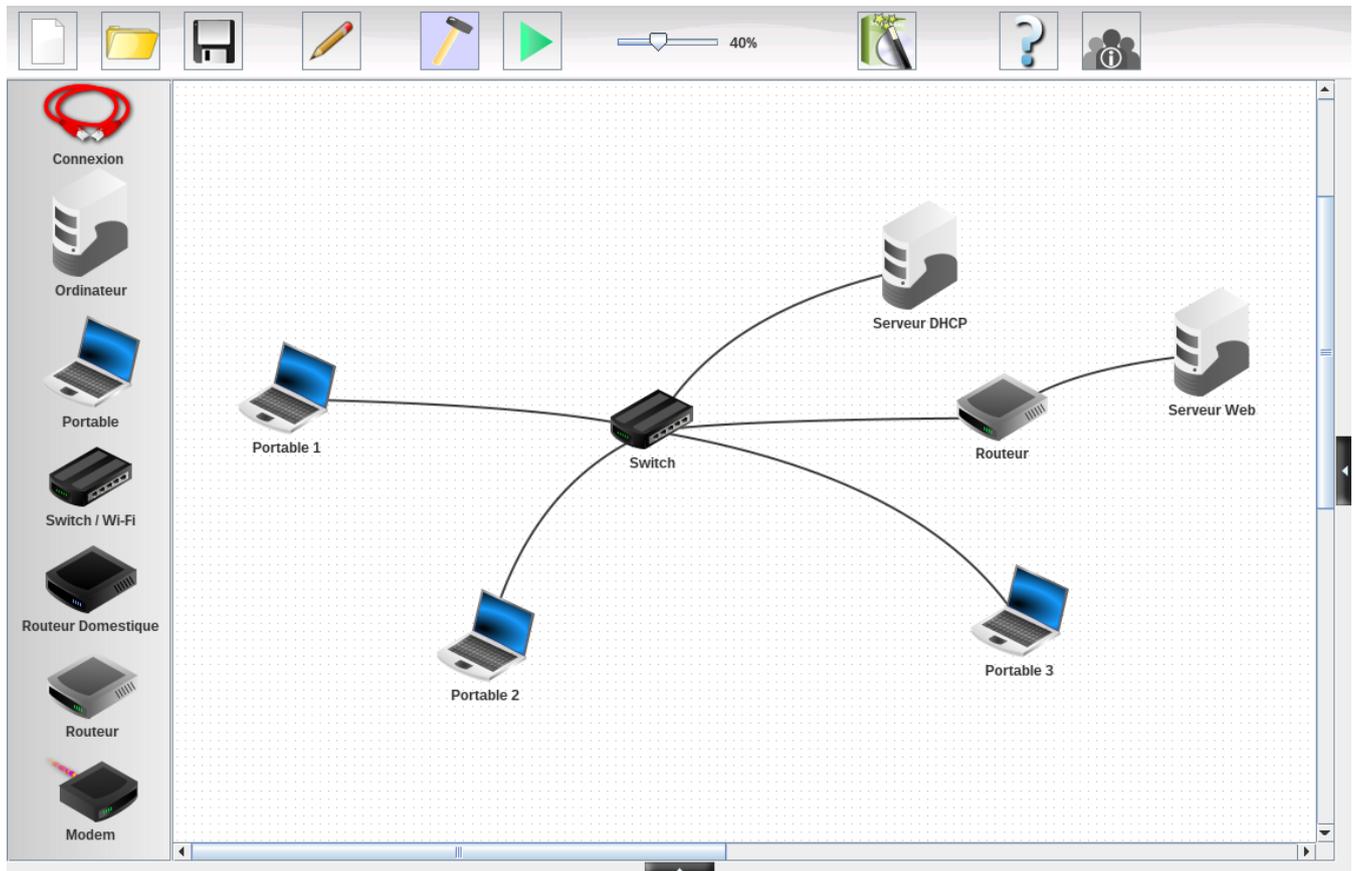


FIG. 7 – Configuration du 3^{ème} exemple

- LAN⁸ en 192.168.0.15
- WAN⁹ en 172.16.0.15

La configuration du serveur externe nécessite la déclaration d'une passerelle dont l'adresse IP correspond à l'interface WAN du routeur, c'est-à-dire 172.16.0.15. De manière similaire, le serveur DHCP interne au réseau 192.168.0.0 est configuré avec une passerelle relative à l'interface LAN du routeur, soit 192.168.0.15.

L'exécution de la ligne de commande `ping 192.168.0.15` lancée depuis l'un des ordinateurs portables permet de vérifier que le routeur est bien accessible par le biais de son interface LAN. Par ailleurs, la commande `ping 172.16.0.10` vers le serveur externe montre que l'interconnexion des réseaux est correctement configurée dès lors qu'aucune perte de paquets n'est constatée.

L'utilisation de la commande `tracert` est également possible pour déterminer et montrer le cheminement emprunté par les paquets réseau pour atteindre l'équipement destinataire. Ainsi, l'exécution de la ligne de commande `tracert 172.16.0.10` à partir de l'un des ordinateurs du réseau 192.168.0.0

confirme bien que les paquets vers le serveur externe sont bien acheminés via l'interface LAN du routeur.

La table de routage du routeur est affichable et configurable. La figure 6 montre les routes disponibles pour la configuration proposée. Dans le cas de cette configuration, la définition des routes est réalisée automatiquement. Il s'agit donc des routes par défaut.

3^{ème} exemple d'application

Le troisième exemple d'application présenté reprend la configuration matérielle de l'exemple précédent. Cependant, la configuration logicielle du serveur externe au réseau 192.168.0.0 est complétée par la déclaration d'un service Web. La figure 7 montre la configuration ajustée où seul le nom du second serveur est changé.

La déclaration d'un serveur Web nécessite d'activer la fenêtre du bureau par un clic droit de souris sur le symbole du serveur puis d'ouvrir celle destinée à l'installation de logiciels.

La configuration par défaut du serveur Web implique l'activation d'un site Web minimaliste. L'accès

8. Local Area Network

9. Wide Area Network



FIG. 8 – Aspect de la page Web du site

No.	Date	Source	Destination	Protocole	Couche	Commentaire / Détail
1	09:22:42.977	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	TCP	Transport	SYN, SEQ: 36 000 000
2	09:22:42.984	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	TCP	Transport	SYN, SEQ: 35 000 000, ACK: 36 000 001
3	09:22:44.821	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	TCP	Transport	SEQ: 36 000 001, ACK: 35 000 001
4	09:22:45.126	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	HTTP	Application	GET / HTTP/1.1 Host: 172.16.0.10
5	09:22:45.127	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	TCP	Transport	SEQ: 35 000 001, ACK: 36 000 034
6	09:22:45.434	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	HTTP	Application	HTTP/1.1 200 OK Content-type: text/html <html> <hea...
7	09:22:47.270	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	TCP	Transport	SEQ: 36 000 034, ACK: 35 000 616
8	09:22:47.577	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	HTTP	Application	GET splashscreen-mini.png HTTP/1.1 Host: 172.16.0.10
9	09:22:47.578	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	TCP	Transport	SEQ: 35 000 616, ACK: 36 000 087
10	09:22:47.885	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	HTTP	Application	HTTP/1.1 200 OK Content-type: image/png iVBORw0KGgoAA...
11	09:22:49.722	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	TCP	Transport	SEQ: 36 000 087, ACK: 35 002 076
12	09:22:49.723	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	HTTP	Application	J285HmH0qGH4aXrASU0RlBnxDMAwb58uashZSk0TKR8 8kGKILIJ89...
13	09:22:51.561	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	TCP	Transport	SEQ: 36 000 087, ACK: 35 003 536
14	09:22:51.563	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	HTTP	Application	SsqATIZhcoDx90PpgCn0GF/t4Wem0x1DEbnZEcvi+EF6yD Z0aXLX8...
15	09:22:53.401	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	TCP	Transport	SEQ: 36 000 087, ACK: 35 004 996
16	09:22:53.403	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	HTTP	Application	Mb9u2rWM+kgCQcCEewEKLbc85vM+kQAZAKG3Pvfcc248j94N gwnk...
17	09:22:55.242	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	TCP	Transport	SEQ: 36 000 087, ACK: 35 006 456
18	09:22:55.244	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	HTTP	Application	ck4FHwZZnSvmw50hH1rdMT9a/TvN9hy/3v4+eImV9Jtju3W+14Lm 1...
19	09:22:57.084	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	TCP	Transport	SEQ: 36 000 087, ACK: 35 007 916
20	09:22:57.086	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	HTTP	Application	VoyHM6E6aAaAZJuguRbHm11a1njxo3t2G0PdSd8YT1sgQ0l/ocvZSQ...
21	09:22:58.925	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	TCP	Transport	SEQ: 36 000 087, ACK: 35 009 054
22	09:22:59.231	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	TCP	Transport	FIN, SEQ: 36 000 087
23	09:22:59.233	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	TCP	Transport	SEQ: 35 009 054, ACK: 36 000 088
24	09:22:59.541	172.16.0.10:80	192.168.0.20:43052	TCP	Transport	FIN, SEQ: 35 009 054
25	09:23:01.378	192.168.0.20:43052	172.16.0.10:80	TCP	Transport	SEQ: 36 000 088, ACK: 35 009 055

FIG. 9 – Affichage des échanges de données pour l'accès à la page Web

à ce site se fait depuis les ordinateurs portables du réseau 192.168.0.0 sur lesquels le navigateur Web est activé. L'accès au site Web s'effectue alors en saisissant le lien `http ://172.16.0.10` dans la zone concernée. La figure 8 montre l'aspect de la page

Web par défaut accédée depuis le navigateur du premier ordinateur portable du réseau 192.168.0.0. Il est possible de modifier et de personnaliser le contenu de la page Web. L'installation de l'outil d'édition de texte sur le serveur Web est alors nécessaire.