

Étude de solutions de simulation de topologies réseau

Philippe Arnould

Résumé — Dans cet article, nous étudierons trois solutions pour simuler les topologies réseaux afin de réaliser des TP réseaux. Ces solutions permettent de simuler des ensembles de machines connectées au réseau : PC, commutateurs et routeurs ainsi les étudiants peuvent appréhender plus facilement les protocoles réseau associés. L'avantage évident de ce type de solution est que l'élève peut facilement refaire chez lui les TP sans le matériel et comprendre ainsi les différents protocoles. Je présenterais trois solutions : la première basée sur les logiciels libres Linux avec l'utilisation de logiciels de virtualisation de type Xen qui permet d'avoir plusieurs machines avec des systèmes d'exploitations différents qui s'exécutent sur le même ordinateur. La seconde est le logiciel fourni par la société Cisco dans le cadre du programme Cisco Networking Academy : le logiciel Packet Tracer. La troisième est une solution à base d'un logiciel d'émulation de routeur Cisco. Cette solution utilise le logiciel d'émulation Dynamips développé par Christophe Fillot de l'université Technologique de Compiègne. Pour chaque solution, je présenterais les caractéristiques, l'environnement de travail, l'installation et la réalisation d'un Tp réseau. Nous terminerons par un tableau récapitulatif comparant les trois solutions.

I. INTRODUCTION

Les trois solutions que nous allons étudier permettent de simuler des ensembles de machines connectées au réseau : PC, commutateurs et routeurs ainsi les étudiants peuvent appréhender plus facilement les protocoles réseau associés.

L'avantage évident de ce type de solution est que l'élève peut facilement refaire chez lui les TP sans le matériel et comprendre ainsi les différents protocoles. L'inconvénient majeur est l'absence des câblages physiques, donc ces solutions de simulation sont complémentaires aux « vrais » TP car l'apprentissage du câblage est obligatoire pour résoudre les incidents réseaux.

Nous présenterons trois solutions : la première est basée sur les logiciels libres Linux avec l'utilisation de logiciels de virtualisation de type Xen qui permet d'avoir plusieurs machines avec des systèmes d'exploitations différents qui s'exécutent sur le même ordinateur. Cette solution permet de construire facilement des maquettes de TP car il permet grâce à la suite de logiciels Quagga d'implanter RIP, OSPF, BGP sur les systèmes d'exploitations de type U**X (Linux, Openbsd, Solaris,...). Cette solution est facilement utilisable car elle est disponible sous la forme d'un live-CD qui évite toute installation sur le poste client.

La deuxième est le logiciel fourni par Cisco dans le

cadre du programme Cisco Networking Academy : le logiciel Packet Tracer. Ce logiciel permet de simuler des topologies mais il est limité en protocoles réseau : seulement les protocoles EIGRP et RIP sont disponibles. Mais il intègre des outils d'inspection de paquets et un outil pour réaliser des tests qui vérifie si la configuration de la topologie a été bien programmée. Autre avantage, est qu'avec la nouvelle version du CCNA (> 4.0), l'étudiant peut directement télécharger la topologie du cours en ligne sur son PC pour faire le TP demandé.

La troisième est une solution à base d'un logiciel d'émulation de routeur Cisco. Cette solution utilise le logiciel d'émulation Dynamips développé par Christophe Fillot de l'Université Technologique de Compiègne. Ce logiciel permet de simuler matériellement des routeurs 7200, 3600 et 2600 en utilisant l'IOS de Cisco. Ce logiciel fonctionne avec un outil de supervision des routeurs émulsés : Dynagen. Ces outils fonctionnent sous Linux et Windows et permettent de simuler des topologies incluant tous les protocoles de l'IOS (RIP, EIGRP, OSPF) et les interfaces associées au routeur (Frame Relay, ATM,...). Le principal inconvénient, pour que cette solution fonctionne, il est nécessaire de disposer officiellement de l'IOS d'un routeur donc pour un étudiant voulant l'utiliser à la maison, la seule solution est de fournir un accès à distance de type X11 ou terminal server.

Pour chaque solution, nous présenterons les caractéristiques, l'environnement de travail, l'installation et la réalisation d'un Tp réseau.

II. EINAR

A. Présentation

Le projet Einar[1] se présente sous la forme d'un Live CD qui permet de simuler une topologie réseau constituée de machines sous linux Debian et de routeurs utilisant le logiciel Quagga dont la syntaxe de configuration est proche de l'IOS des routeurs Cisco. Un LiveCD est un Cdrom qui contient un système d'exploitation exécutable sans installation, qui se lance au démarrage de l'ordinateur.

Einar a été développée au Royal Institute of Technology de Suède lors d'un projet de fin d'étude. Elle utilise une distribution Knoppix[2] qui intègre le logiciel de virtualisation Xen[3] qui permet de lancer les deux types de machines virtuelles : les machines sous Linux Debian et les routeurs sous le logiciel Quagga. Pour pouvoir bien l'utiliser, je vais présenter Xen et Quagga, ensuite nous verrons comment créer un TP.

B. Xen

Xen est un logiciel libre de virtualisation, c'est-à-dire

Philippe Arnould est actuellement maître de conférence à l'université de Pau et des pays de l'Adour au département R&T de l'IUT des Pays de l'Adour 371, rue du ruisseau 40000 Mont-de-Marsan France et est membre du laboratoire LIUPPA/CSysec (e-mail: Philippe.Arnould@univ-pau.fr).

qu'il permet de faire fonctionner sur une seule machine plusieurs systèmes d'exploitation et/ou plusieurs applications, séparément les uns des autres, comme s'ils fonctionnaient sur des machines physiques distinctes. Xen est appelé hyperviseur car il s'intercale entre le matériel et les machines virtuelles et utilise un logiciel de contrôle appelé Dom0 (Figure n° 1).

Logiciel de contrôle Dom0	Espace utilisateur DomU	Espace utilisateur DomU : Quagga	Espace utilisateur DomU
Linux Xen	Linux	Linux	Windows*
Drivers Xen	Drivers Xen	Drivers Xen	Drivers Xen
Hyperviseur			
Matériel			

Figure n°1. Architecture de Xen.

Dom0 permet en outre :

- d'accéder à la machine physique et de configurer les réseaux entre les différentes machines virtuelles en créant des bridges Ethernet.
- Il permet aussi de contrôler le démarrage et l'arrêt des machines virtuelles.

Pour faciliter la création des topologies réseaux sous Xen, Einar propose une interface « web » qui permet de configurer le nombre de machines et de routeurs ainsi que les caractéristiques de la topologie réseau, c'est-à-dire le nombre des interfaces réseaux de chaque machine virtuelle et celui des bridges réseaux inter connectant les machines virtuelles sur le même réseau local ethernet.

Ensuite quand l'architecture est configurée, on peut la démarrer, l'arrêter et la sauvegarder.

C. Présentation de Quagga

Quagga [4] est une suite de logiciels de routage open source basé sur le routeur Zebra dont le développement fut arrêté en 2003. Il supporte les principaux protocoles de routage standardisés comme RIP(v1, v2 & v3), OSPF(v2 & v3) et BGP(v4) et peut être installé sur n'importe quel système Unix ainsi que tout Linux muni d'un noyau 2.4 ou supérieur.

Quagga ne possède "que" des capacités de routage ainsi que des fonctionnalités associées telles que des listes d'accès (access lists) ou des routes map (route maps) dédiées au routage. Il ne fournit pas de fonctionnalités hors routage comme un serveur DHCP, un client/serveur NTP ou un accès ssh. Cependant, il est tout de même souvent possible de les activer sur le système d'exploitation supportant votre routeur Quagga. Grâce à une interface unique dénommée vtysh, utilisant une syntaxe proche de l'IOS Cisco on peut configurer les routeurs. Einar utilise cette interface pour configurer ses routeurs. La figure n°2 présente, la configuration de l'adresse ip de deux interfaces ainsi que la déclaration du protocole de routage.

```
Hello, this is Quagga (version 0.99.3).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.
```

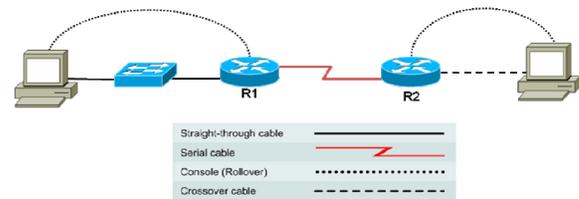
```
router1# configure terminal
router1(config)# interface eth0
router1(config-if)# ip address 192.168.0.1/24
router1(config-if)# exit
router1(config)# in eth1
router1(config-if)# ip add 192.168.1.1/24
router1(config)#router ospf
router1(config-router)# network 192.168.0.0/24 area 0
```

Figure n°2. Configuration de Quagga.

D. Exemple de création d'un TP avec Einar

Le TP que nous allons effectuer sous Einar est le TP n° 6.1.5 du cours CCNA Discovery-Working at Small-to-Medium Business or ISP [5]. Le TP consiste à la configuration de routeurs inter connectés par une liaison série et qui échange leur route à l'aide du protocole RIP.

Lab 6.1.5 Configure and Verify RIP



Router Designation	Router Name	Fast Ethernet 0 Address	Serial 0 Address	Interface Type	Subnet mask for both interfaces
Router 1	R1	172.16.0.1	172.17.0.1	DCE	255.255.0.0
Router 2	R2	172.18.0.1	172.17.0.2	DTE	255.255.0.0

Objective

- Implement RIP routing and verify that network routes are being exchanged dynamically.

Figure n°3 : Topologie du TP.

Nous allons détailler pas à pas la création de cette topologie, pour cela nous utiliserons une version francisée d'Einar [6]. Après avoir gravé le CD et démarré l'ordinateur sur le CD, une page sous Firefox apparaît (Figure n°4).

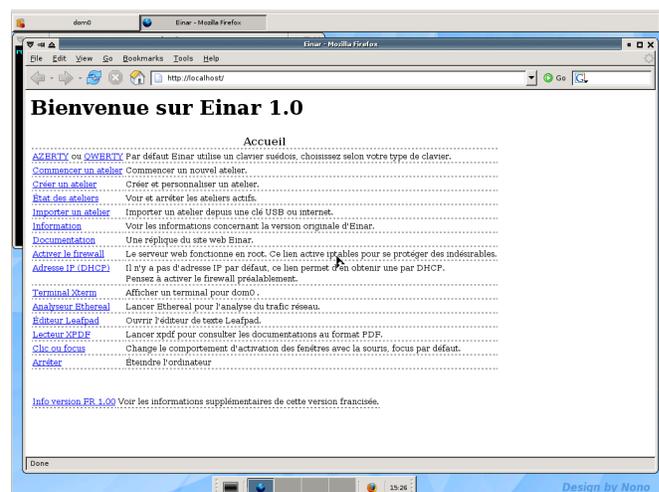


Figure n°4 : Page d'accueil du logiciel d'Einar

Cette page propose différents menus dont celui de la création d'un atelier qui va nous permettre de créer la topologie de la figure n°3 :

- a) En premier lieu on va rentrer le nombre de machines,

de routeurs et de réseaux. Dans notre cas, nous avons 2 machines, 2 routeurs et 3 switches pour nos trois réseaux : les deux réseaux locaux cotés des interfaces ethernet des routeurs et le réseau de la liaison série connectant les deux routeurs (figure n°5),

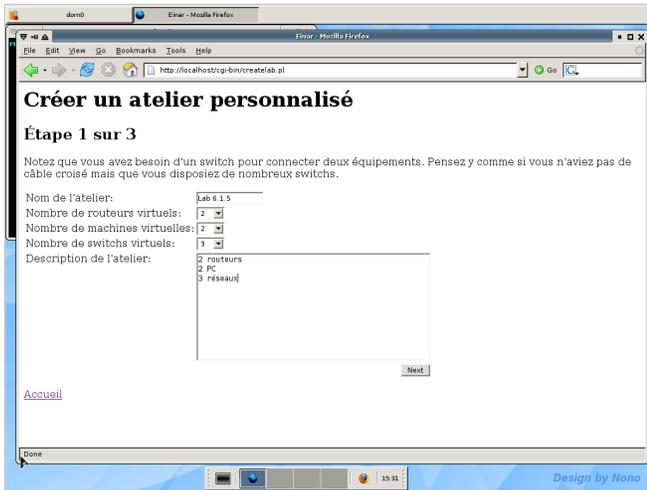


Figure n°5 : Création d'un atelier.

b) Ensuite, nous assignons le nombre d'interface réseau de chaque machine, ainsi que leur nom des machines et des réseaux (figure n°6)

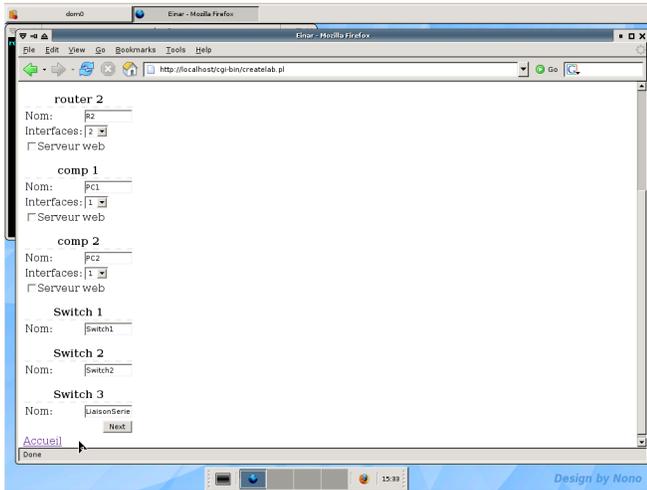


Figure n°6 : Définition des noms et du nombre d'interfaces réseaux.

c) L'écran suivant permet de configurer les adresses IP des machines virtuelles ainsi que les connections aux réseaux créés ou au monde extérieur via la carte réseau (eth0) (figure n°7)

d) Maintenant l'atelier est créé et sauvé dans les ateliers à la rubrique « others », pour l'utiliser, il suffit de le démarrer (Figure n°8)

e) La distribution a intégré Ethereal (ancien nom de de Wireshark) pour analyser les trames des ateliers. Pour « sniffer » un réseau de l'atelier, il suffit de configurer Ethereal avec le nom du réseau crée sur la figure n°10, nous analysons le réseau appelé « LiaisonSerie ».

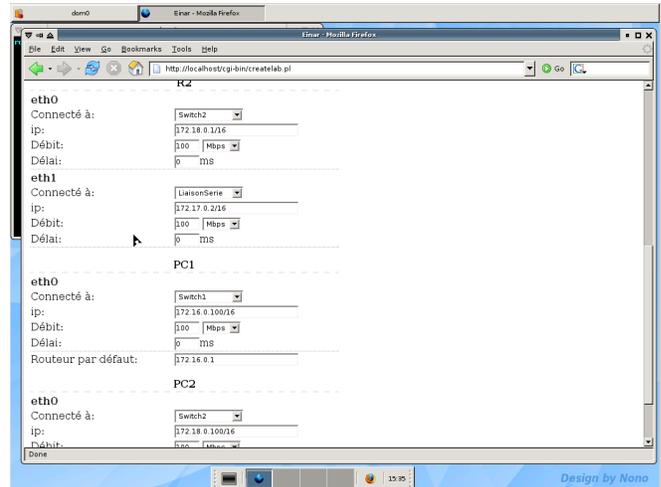


Figure n°7 : Adresse IP et connections réseaux.

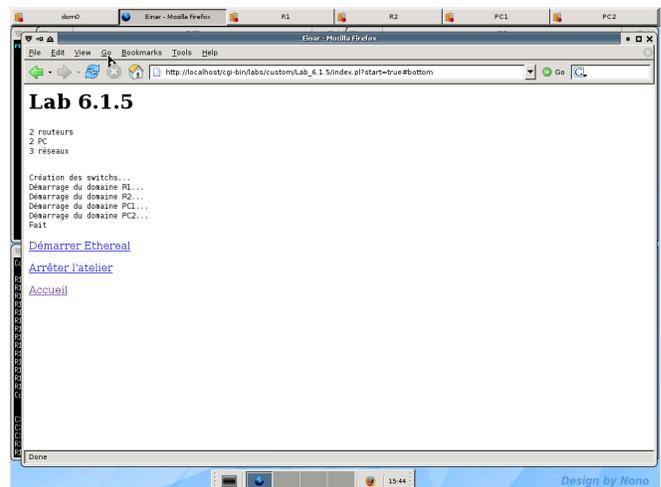


Figure n°8 : Démarrage de l'atelier.

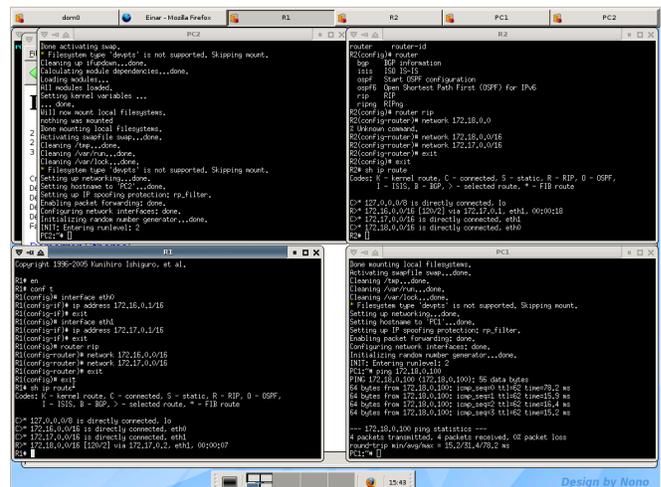


Figure n°9 : Configuration de la topologie

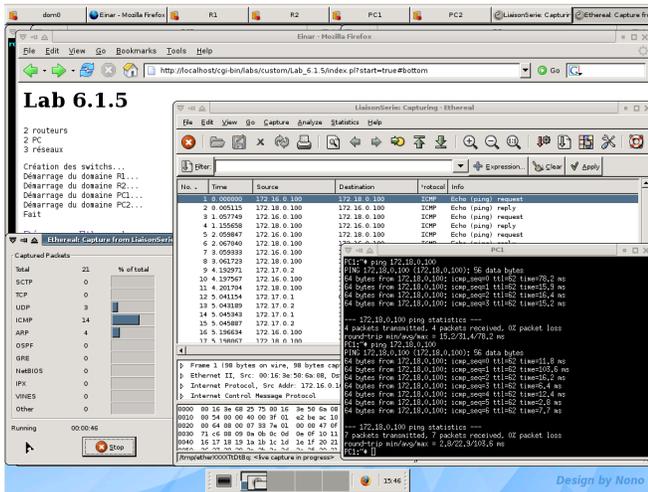


Figure n°10 : Analyse du réseau avec Ethereal

Les avantages de la distribution Einar :

- sa simplicité pour créer/sauver des topologies
- la possibilité de créer son propre CD avec ses ateliers (TP) pré configurés

Les inconvénients :

- la lenteur due au liveCD qui peut être réduite en plaçant les fichiers « images » des machines virtuelles sur un disque dur.
- Le manque d'interfaces à configurer : seulement de l'éthernet, il n'y a pas de Frame Relay, Liaison série,...

III. PACKET TRACER

A. Présentation

Packet Tracer est un logiciel fourni par Cisco dans le cadre du programme « Cisco Networking Academy ». Ce logiciel fonctionnant sous Microsoft Windows (et sous Linux avec le logiciel Wine) permet de simuler facilement des topologies réseaux constituées :

- de PC (desktop/serveurs), de switches, de bornes Wireless (Linksys) et de routeurs (18xx et 26xx) dont les cartes qui les constituent peuvent être configurés graphiquement
- de liaisons constituées de câble cuivre (droit/croisé) série ou fibre optique avec la possibilité d'émuler un nuage Wan disposant des technologies Frame Relay, DSL ou Câble.

Il fournit aussi un outil permettant de créer et de visualiser des Protocoles Data Unit entre les machines de la topologie.

L'intérêt majeur de ce logiciel est le respect rigoureux des manipulations lors de la configuration comme si l'étudiant se trouvait dans le laboratoire de TP, voici quelques exemples :

- on ne peut pas rajouter de cartes d'extensions dans le routeur quand celui-ci est sous tension
- le câblage peut ne pas être automatique : choix du type de câble ethernet : droit/croisé, choix du DCE/DTE pour une liaison série,...

Un autre intérêt est la présence d'un double affichage graphique et interpréteur IOS très utiles pour ceux qui découvre la configuration des routeurs Cisco.

B. Création d'un TP

Nous allons montrer comment créer le TP de la figure n°3, il est à noter que dans le nouveau programme CCNA, l'étudiant peut directement télécharger le TP pré-configuré sur le site en ligne de l'académie en ligne et vérifier si sa configuration est juste.

Pour configurer la topologie de la figure n°3 :

- 1) il suffit de placer deux routeurs 1841 (figure n°11), de les arrêter et de rajouter une carte série de type « wic-2T » (figure n°12) et de redémarrer le routeur (clic sur le bouton Marche/arrêt !)

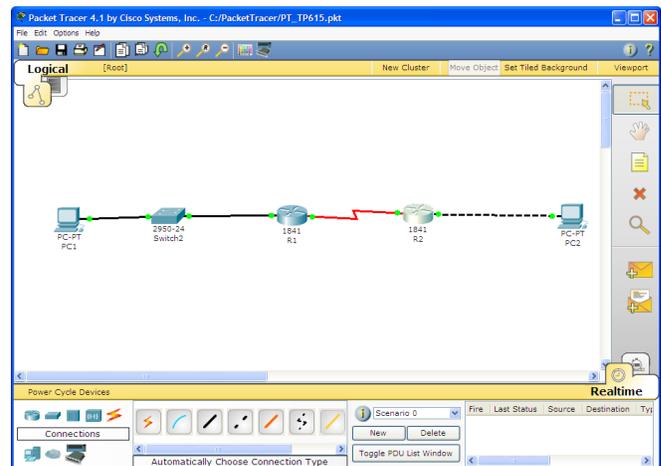


Figure n°11 : Fenêtre principale de Packet tracer

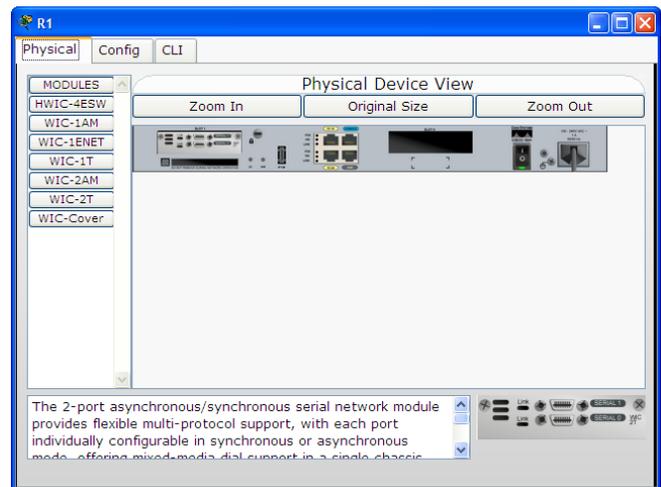


Figure n°12 : Configuration matérielle du routeur

- 2) Pour configurer le routeur IP, protocole de routage, soit on configure graphiquement alors apparaît la commande IOS en dessous ou soit par la ligne de commande IOS directement. Il est à noter que lorsqu'on configure graphiquement (figure n°13) une copie de la commande est lancée dans la fenêtre de l'IOS (figure n° 14)

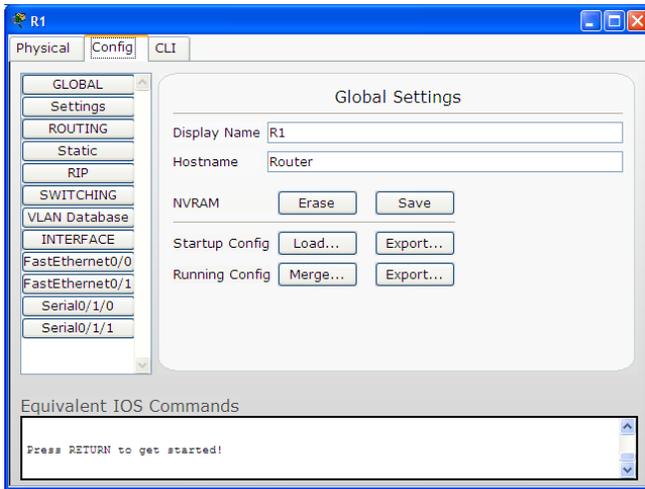


Figure n°13 : Configuration graphique du routeur

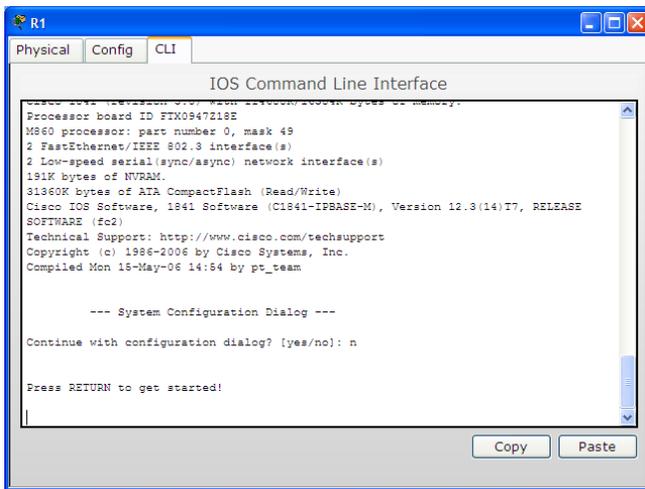


Figure n°14 : Configuration par l'interpréteur IOS

3) On peut effectuer les différentes commandes permettant de visualiser les tables de routage (figure n° 15)

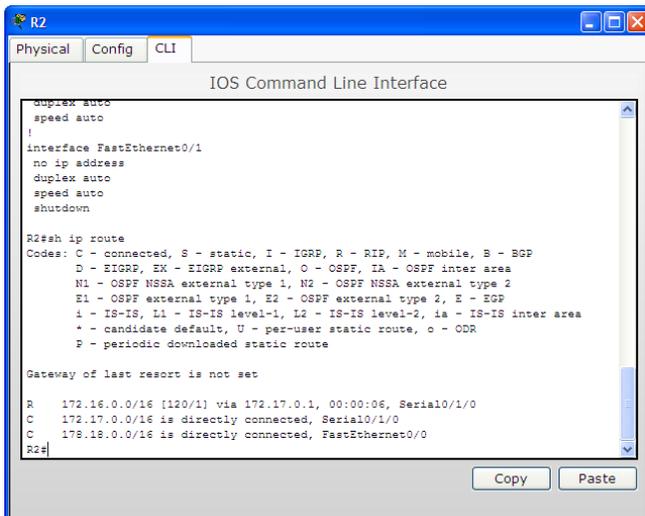
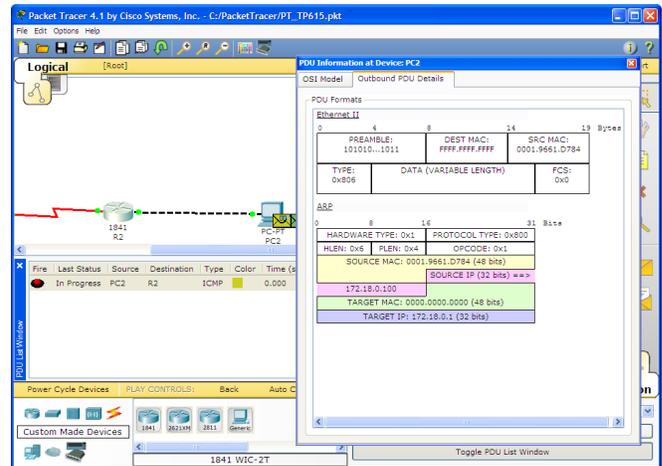


Figure n°15 : Résultat d'une commande IOS

4) Si on veut analyser les trames, on clique sur l'origine de la machine et la destination et on visualiser le détail des trames au niveau des protocoles (figure n°16).



Outre la partie simulation, Packet Tracer intègre un outil qui permet de vérifier si la configuration d'une topologie a été bien réalisée. Cet outil est très pratique pour faire passer des examens car à l'issue d'un temps programmable, l'étudiant ou l'enseignant voit directement si la configuration a été faite correctement.

Il permet aussi de mettre en place des règles de filtrage avec les listes d'accès (« access list ») simples et étendues.

Comme nous pouvons le voir ce logiciel est très bien fait et permet de couvrir l'ensemble du programme du CCNA et du programme R&T mais il ne peut pas simuler les fonctionnalités plus complexe des routeurs Cisco (VPN, QOS,..). Il fournit aussi un outil permettant de créer et de visualiser des Protocoles Data Unit entre les machines de la topologie.

L'intérêt majeur de ce logiciel est le respect rigoureux des manipulations lors de la configuration comme si l'étudiant se trouvait dans le laboratoire de TP, voici quelques exemples :

on ne peut pas rajouter de cartes d'extensions dans le routeur quand celui-ci est sous tension

IV.DYNAMIPS

A.Présentation

Dynamips est un logiciel d'émulation de routeurs Cisco développé par Christophe Fillot de l'université de Technologie de Compiègne [7]. Il permet d'émuler la partie matérielle des routeurs 7200, 3600, 2600 et 1700 sous Linux et Windows. Pour fonctionner, Dynamips a besoin d'une copie de l'IOS des routeurs sur votre machine et permet ainsi de bénéficier sur votre machine de l'ensemble des fonctionnalités de l'IOS contrairement aux solutions précédentes. Ce logiciel fonctionne avec un outil de supervision des routeurs émulsés : Dynagen [8] (lancement, arrêt, ...)

L'installation de ces deux logiciels est assez simple (copie de fichiers...). Mais il faut récupérer chez Cisco, l'image de l'IOS que l'on veut émuler et la copier sur son disque dur. La configuration de la topologie réseau se fera à travers d'un fichier texte où on décrit les éléments de la topologie et le type de connexion (ethernet, liaison série, Frame Relay)

B. Création d'un TP

La configuration de la topologie de notre TP type de la figure n°3 est présenté sur le fichier de la figure n°14 :

- [[localhost]] indique que l'émulateur se trouve sur la machine
- [[7200]] indique le type de routeur émulé matériel et logiciel, c'est ici que l'on indique le répertoire où se trouve l'image de l'IOS du routeur
- [[ROUTER R1]] désigne la configuration du premier routeur avec son nom, sous cette rubrique nous allons définir aussi les interfaces et leur connexions :
 - f0/0 = LAN 1 -> indique le routeur va utiliser l'interface FastEthernet 0/0 et sera connectée au réseau LAN (mot clé désignant un bridge de niveau 2) n°1
 - s1/0 = R2 s1/0 -> indique l'interface série s1/0 sera connectée au routeur R2 par la carte série s1/0
- [[router R2]] désigne la configuration du deuxième routeur R2 :
 - f0/0 = LAN 2 -> la carte FastEthernet 0/0 sera connectée au réseau bridgé n°2

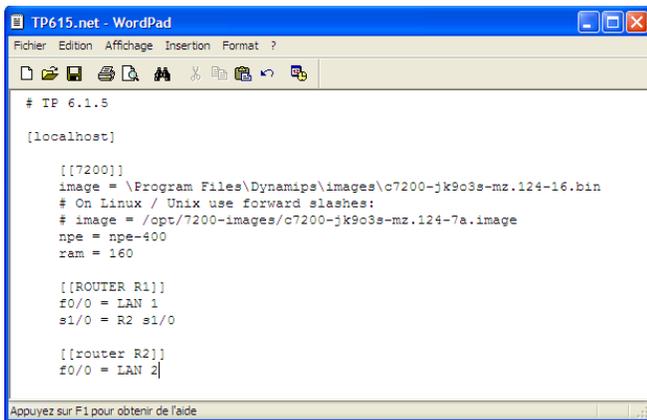
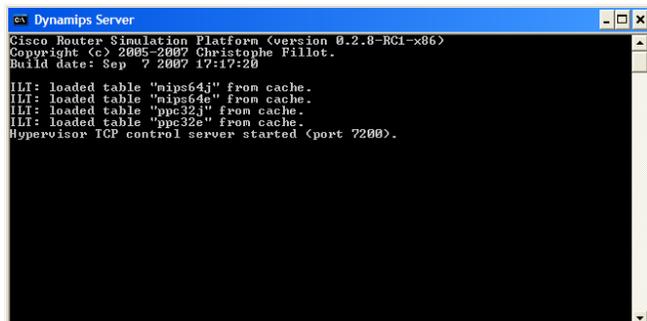


Figure n°17 : Fichier de configuration de la topologie du TP étudié.

Pour lancer l'émulation, il faut lancer Dynamips (figure n° 18) et ensuite, il faut exécuter le fichier de configuration (dans notre exemple celui de la figure n°17) qui doit lancer le programme de supervision Dynagen (figure n°19).

Sous l'interface de Dynagen, nous disposons d'un interpréteur de commandes qui permet de contrôler les



routeurs (démarrage/arrêt), de lancer une capture d'une connexion vers un fichier .cap lisible par wireshark. Figure n°18 : Fenêtre de lancement de Dynamips.

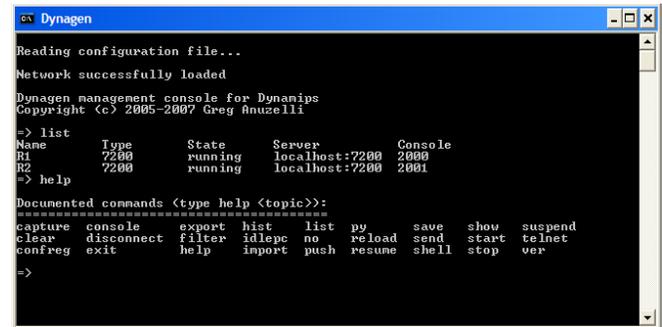


Figure n°19 : Fenêtre de l'outil de supervision de Dynagen.

Pour accéder à la configuration du routeur R1, il suffit de taper =>telnet R1, ainsi on dispose d'un accès telnet au routeur R1 et on peut commencer la configuration.

Sur la figure n°20 et 21, on peut voir une copie des routeurs R1 et R2 après configuration.

Sur la figure n°22, le résultat d'une capture d'une trame sur la liaison série.

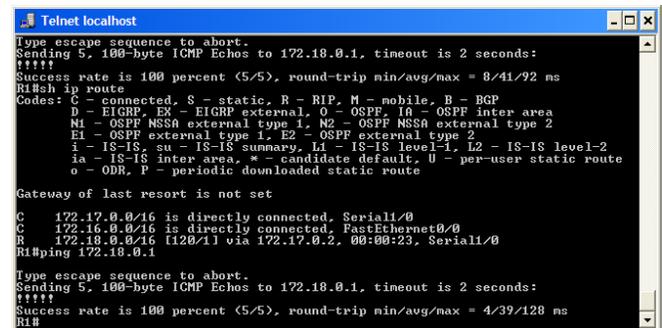


Figure n°17 : configuration du routeur R1.

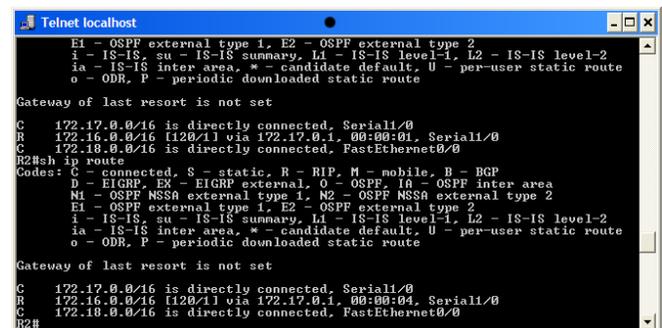
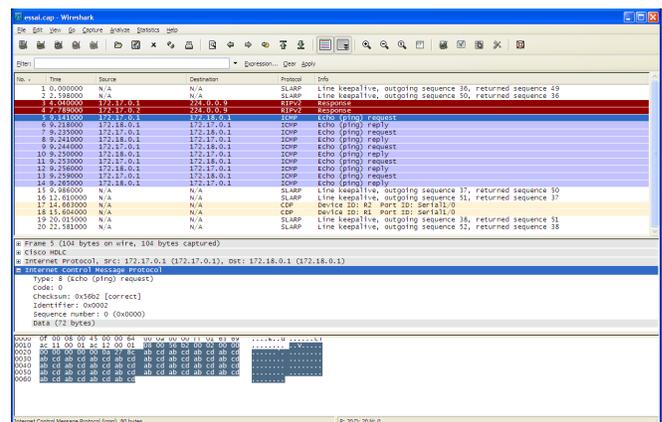


Figure n°18 : configuration du routeur R2.



QOS,...). Il fournit aussi un outil permettant de créer et de visualiser des Protocoles Data Unit entre les machines de la topologie.

Les avantages principaux sont de disposer de toutes les fonctions disponibles dans l'IOS, donc des fonctions avancées telle que les VPN, QOS,... et de pouvoir simuler des interfaces « Wan » (Frame relay, srie, ATM)

L'inconvénient majeur est la nécessité de disposer d'une image IOS officielle pour lancer la simulation (les étudiants ne pouvant pas en disposer chez eux !).

V.TABLEAU COMPARATIF

Nous avons regroupés sous le tableau de figure n°23, un comparatif non exhaustif des fonctionnalités des trois projets que nous venons de présenter.

Fonctionnalités	Einar/ Quagga	Packet Tracer	Dynamips IOS
Opensource	Oui	Non	Oui/Non
Rip	Oui	Oui	Oui
OSPF	Oui	Oui	Oui
BGP	Oui	Non	Oui
NAT	Non	Oui	Oui
DHCP serveur	Non	Oui	Oui
DHCP relay	Non	Non	Oui
VPN	Non	Non	Oui
Frame Relay	Non	Oui	Oui
Liaison Série	Non	Oui	Oui
Filtrage de paquets	Non	Oui	Oui

Figure n°23 : Comparatifs des fonctionnalités des trois solutions.

VI.CONCLUSION

Dans ce document, nous avons présenté trois solutions permettant de simuler des topologies réseaux.

La première Einar qui est une distribution opensource à base de l'hyperviseur Xen et du logiciel de routage Quagga. Malgré l'absence de fonctionnalités avancées et d'interfaces « wan », cette solution permet aux étudiants de s'initier aux protocoles de routage facilement.

La deuxième solution, Packet Tracer de la société Cisco est un logiciel graphique de simulation qui permet de construire graphiquement des topologies avec PC, routeurs, et différents type de liaisons (série, frame relay, cuivre,...) tout en fournissant pour les routeurs des fonctionnalités proche d'un IOS classique. Ce logiciel permet de couvrir l'ensemble du programme R&T en réseau mais n'est disponible que pour les étudiants du programme Cisco Networking Academy.

La troisième solution, Dynamips, est un émulateur de routeur Cisco qui permet de construire des topologies avec différentes liaisons (série, Frame Relay, ATM) tout en disposant de l'ensemble des fonctionnalités de l'IOS installé. En effet, cet émulateur nécessite de disposer d'une

image IOS donc de disposer d'un contrat de maintenance chez Cisco pour pouvoir la télécharger ce qui interdit l'utilisation de ce produit par nos étudiant en dehors des salles de TP.

REFERENCES

- [1] <http://www.isk.kth.se/proj/einar/index.html>
- [2] <http://www.knoppix.org/>
- [3] <http://www.cl.cam.ac.uk/research/srg/netos/xen/>
- [4] <http://www.quagga.net/>
- [5] <http://www.cisco.com/web/learning/netacad/index.html>
- [6] <http://www.linux-france.org/~jcnoel/>
- [7] http://www.ipflow.utc.fr/index.php/Cisco_7200_Simulator
- [8] <http://www.dynagen.org/>