



MOOC

# Objectif IPv6 !

vers l'internet nouvelle génération

**Travaux Pratiques**

**Manuel Apprenant**

Le contenu de ce document d'accompagnement du MOOC IPv6 est publié sous  
Licence Creative Commons **CC BY-SA 4.0 International**. 

# Licence Creative Commons CC BY-SA 4.0 International



## Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

**Avertissement** Ce résumé n'indique que certaines des dispositions clé de la licence. Ce n'est pas une licence, il n'a pas de valeur juridique. Vous devez lire attentivement tous les termes et conditions de la licence avant d'utiliser le matériel licencié.

Creative Commons n'est pas un cabinet d'avocat et n'est pas un service de conseil juridique. Distribuer, afficher et faire un lien vers le résumé ou la licence ne constitue pas une relation client-avocat ou tout autre type de relation entre vous et Creative Commons.

**Clause C'est un résumé (et non pas un substitut) de la licence.**

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>

**Vous êtes autorisé à :**

- **Partager** — copier, distribuer et communiquer le matériel par tous moyens et sous tous formats
- **Adapter** — remixer, transformer et créer à partir du matériel
- pour toute utilisation, y compris commerciale.

L'Offrant ne peut retirer les autorisations concédées par la licence tant que vous appliquez les termes de cette licence.

**Selon les conditions suivantes :**

**Attribution** — You must give **appropriate credit**, provide a link to the license, and **indicate if changes were made**. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.

**Partage dans les Mêmes Conditions** — Dans le cas où vous effectuez un remix, que vous transformez, ou créez à partir du matériel composant l'Oeuvre originale, vous devez diffuser l'Oeuvre modifiée dans les même conditions, c'est à dire avec **la même licence** avec laquelle l'Oeuvre originale a été diffusée.

**No additional restrictions** — Vous n'êtes pas autorisé à appliquer des conditions légales ou des **mesures techniques** qui restreindraient légalement autrui à utiliser l'Oeuvre dans les conditions décrites par la licence.

**Notes:** Vous n'êtes pas dans l'obligation de respecter la licence pour les éléments ou matériel appartenant au domaine public ou dans le cas où l'utilisation que vous souhaitez faire est couverte par une **exception**.

Aucune garantie n'est donnée. Il se peut que la licence ne vous donne pas toutes les permissions nécessaires pour votre utilisation. Par exemple, certains droits comme **les droits moraux, le droit des données personnelles et le droit à l'image** sont susceptibles de limiter votre utilisation.

Les informations détaillées sont disponibles aux URL suivantes :

- <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fr>
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Creative\\_Commons](http://fr.wikipedia.org/wiki/Creative_Commons)

# Les auteurs



## Bruno Stévant

Bruno STEVANT est enseignant chercheur à l'IMT Atlantique. Il intervient dans l'enseignement et sur les projets de recherche autour d'IPv6 depuis plus de 10 ans. Il est secrétaire et responsable des activités de formation de l'association G6, association pour la promotion et le déploiement d'IPv6 en France.



## Jacques Landru

Enseignant chercheur au département Informatique et Réseaux à l'IMT Lille Douai, Jacques est responsable de l'UV de spécialisation ARES (Architecture des RESeaux) à la fois dans le mode traditionnel présentiel que dans sa forme à distance dans le cadre du cursus diplômant TutTelNet.



## Jean-Pierre Rioual

Ingénieur Conseil Réseaux – EURÉKOM. Fort de 30 années d'expérience dans le domaine des réseaux, il intervient auprès des entreprises pour des missions d'expertise sur leurs réseaux de transmission de données (intégration, mesures, optimisation, administration), conçoit et anime des actions de formation "réseaux".



### **Pascal Anelli**

Pascal ANELLI est enseignant-chercheur à l'Université de la Réunion. Il enseigne les réseaux depuis plus de 20 ans. Il est membre du G6 depuis sa création. A ce titre, il est un des contributeurs du livre IPv6. En 1996, il a participé au développement d'une version de la pile IPv6 pour Linux.



### **Joël Grouffaud**

Joël GROUFFAUD est professeur agrégé de mathématiques. Il est chef du département Réseaux et Télécommunications de l'IUT de la Réunion, une composante de l'université de La Réunion. Au sein du département, il enseigne les réseaux et IPv6. Il anime l'académie Cisco (formations CCNA) de La Réunion.



### **Pierre Ugo TOURNOUX**

Pierre Ugo TOURNOUX est enseignant chercheur à l'Université de la Réunion. Il est responsable des enseignements d'administration réseau, de routage et des réseaux sans fil dans lesquels il intègre IPv6 depuis de nombreuses années.

### **Remerciements à :**

- Vincent Lerouvillois, pour son travail de relecture attentive ;
- Bruno Di Gennaro (Association G6) ;
- Bruno Joachim (Association G6) pour sa contribution à l'activité « Contrôler la configuration réseau par DHCPv6 » ;
- Richard Lorion (Université de la Réunion) pour sa contribution à l'activité « Etablir la connectivité IPv6 tunnels pour IPv6 ».

# Tables des activités

<b>Les auteurs</b> .....	<b>5</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>9</b>
<b>Installation de la plateforme</b> .....	<b>9</b>
Avant l'installation.....	9
Etape 1 de l'installation.....	9
Etape 2 de l'installation.....	9
<b>Utilisation de GNS3</b> .....	<b>10</b>
<b>Déroulement d'une activité pratique</b> .....	<b>11</b>
Démarrage d'une activité.....	11
Mise en pause et reprise.....	12
Retour arrière.....	12
<b>Outils fournis par la plateforme</b> .....	<b>12</b>
Console / Ligne de commande.....	13
Edition de fichier.....	13
Capture réseau.....	14
Démarrer une capture réseau.....	14
Arrêter une capture réseau.....	15
<b>Synthèse des commandes des systèmes</b> .....	<b>15</b>
A propos des modes VyOS.....	15
Commandes pour les paramètres des interfaces réseau.....	16
Visualiser la configuration IPv6 des interfaces réseau.....	16
Activer une interface réseau.....	16
Ajouter une adresse IPv6 à une interface réseau.....	17
Enlever une adresse IPv6 à une interface réseau.....	17
Commandes propres à la table de routage.....	17
Visualiser la table de routage IPv6.....	17
Ajouter une route IPv6.....	17
Enlever une route IPv6.....	18
Autres commandes utiles pour IPv6.....	18
Tester la connectivité vers une autre machine.....	18
Visualiser le chemin vers une autre machine.....	18

# Introduction

Ce manuel est destiné aux apprenants du MOOC Objectif IPv6 afin de leur expliquer le fonctionnement de la plateforme d'activité pratique. Il aborde :

- l'installation de la plateforme;
- l'outil GNS3;
- le déroulement d'une activité pratique;
- l'utilisation des outils liés aux activités;
- les commandes utilisées pour les activités.

## Installation de la plateforme

### Avant l'installation

La plateforme pour les activités pratiques va s'exécuter sur votre poste. Afin d'en simplifier l'installation, nous la distribuons sous forme d'une machine virtuelle que vous pouvez exécuter à travers l'outil VirtualBox (ou VMWare).

'*Attention:*' la configuration minimale requise de votre poste de travail pour pouvoir confortablement travailler sur les activités pratiques est :

- Processeur x86, 64bits, double cœur, avec extension pour la virtualisation matérielle (Intel VT-x / AMD-V),
- 4Go RAM,
- 25 Go d'espace libre sur votre disque dur.

### Etape 1 de l'installation

Si votre poste de travail ne comporte pas d'outil de virtualisation, nous vous conseillons d'installer l'outil VirtualBox. Le lien ci-dessous vous permet de récupérer ce logiciel avec la version adaptée à votre système.

[Télécharger VirtualBox](#)

Lancez ensuite l'installation en mode administrateur, et acceptez les réglages par défaut. Ne pas omettre de d'installer le pack d'extensions invités, en conformité avec la version installée. Un redémarrage de votre machine peut s'avérer nécessaire.

### Etape 2 de l'installation

L'étape suivante consiste à récupérer la machine virtuelle contenant la plateforme pour les activités pratiques. Cette machine est disponible en suivant le lien de téléchargement indiqué dans la rubrique « > *Installer GNS3* > *Comment procéder ?* »

Le fichier contenant la machine virtuelle possède une taille de 5Go. Une fois le téléchargement terminé, il vous suffit d'importer la machine virtuelle dans VirtualBox (Menu « File » , puis « Import Appliance »), et sélectionner la machine virtuelle que vous venez de télécharger:

- Si besoin renommer la machine ainsi "MoocIPv6-S5";
- vérifier que le système d'exploitation invité est bien "Ubuntu-64bit";
- les autres réglages par défaut conviendront.

La phase d'import de la machine peut prendre quelques minutes.

Une fois l'importation terminée, vous pouvez lancer la machine virtuelle grâce au bouton « Start ».

Lors du premier démarrage la définition de l'écran est fixée à 800x600, cet inconvénient disparaît après un premier redémarrage de la VM, et ensuite la taille de l'écran s'adaptera à votre machine automatiquement.

## Utilisation de GNS3

GNS3 est un logiciel permettant d'émuler le fonctionnement d'un réseau sur votre poste. La plateforme utilisée pour les activités pratiques est pré-installée dans l'outil GNS3. Elle est composée de 5 équipements actifs reliés par 4 réseaux.

L'interface de GNS3 se présente de la manière indiquée par la figure 1.:

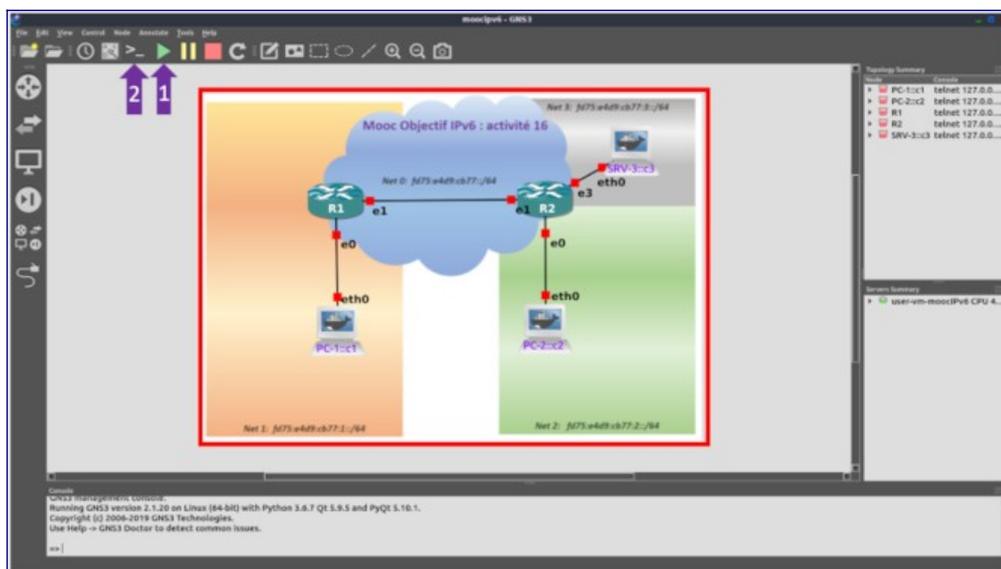


Figure 1: Interface GNS3.

Le schéma de la **Topologie** (encadré en rouge) montre les équipements et les liaisons qui les relient. Les réseaux IPv6 nommés "Net0" à Net3", sont interconnectés par des équipements actifs (routeurs) **R1**, **R2**; les machines hôtes **PC-1**, **PC-2** et **SRV-3** sont directement connectées sur les routeurs.

Sur la figure 1, à droite de l'espace de travail, la fenêtre **Liste des équipements** (ou *Topology Summary*) liste les équipements et leur état de fonctionnement. L'indicateur vert signale un équipement en cours de fonctionnement, l'indicateur rouge indique un équipement arrêté.

Pour démarrer les équipements, il convient d'actionner le bouton de démarrage (triangle vert, référencé 1 sur la figure 1). Les indicateurs dans la liste des équipements passent alors normalement tous au vert.

Le bouton 2 ouvre une console pour chacun des équipements. C'est à travers cette console que vous serez amenés à interagir avec l'équipement. L'ensemble des consoles est nécessaire pour la réalisation des activités pratiques. De plus, elles vont vous servir à voir la progression lors de l'étape de démarrage des équipements.

**Note** : l'étape de démarrage des équipements peut prendre entre 1 et 5 minutes selon la configuration matérielle de votre poste de travail. Nous vous conseillons donc d'afficher les consoles après avoir lancé cette procédure de démarrage et d'attendre (patiemment) que celle-ci se termine. Chaque équipement sera opérationnel une fois qu'il présentera une invite de login comme représentée par la figure 2.

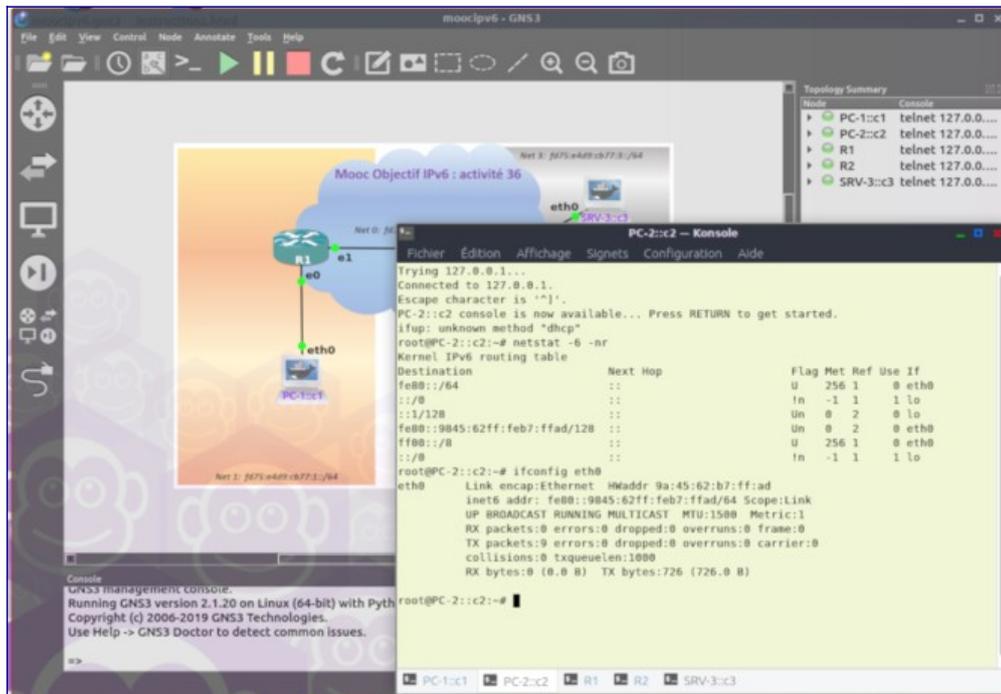


Figure 2: Consoles des équipements.

Le bouton référencé 3 sur la figure 1 indique, sur le schéma de la topologie, les noms des interfaces réseau des différents équipements. Ces indications vous sont utiles lorsque vous configurez les équipements afin de ne pas vous tromper d'interface ou d'équipement!

Pour aller plus loin sur les possibilités de cet outil, vous pouvez consulter ce [Tutoriel sur GNS3](#).

## Déroulement d'une activité pratique

### Démarrage d'une activité

Chaque activité pratique est divisée en plusieurs étapes. L'activité commence par une description de la configuration originale et des objectifs de l'activité. Chaque étape, ensuite, déroule la mise en oeuvre de différentes configurations pour répondre à ces objectifs.

Pour chaque activité, vous disposez d'une fonction **Snapshot** qui permet de restaurer la topologie, et les configurations des équipements actifs dans un état précis.

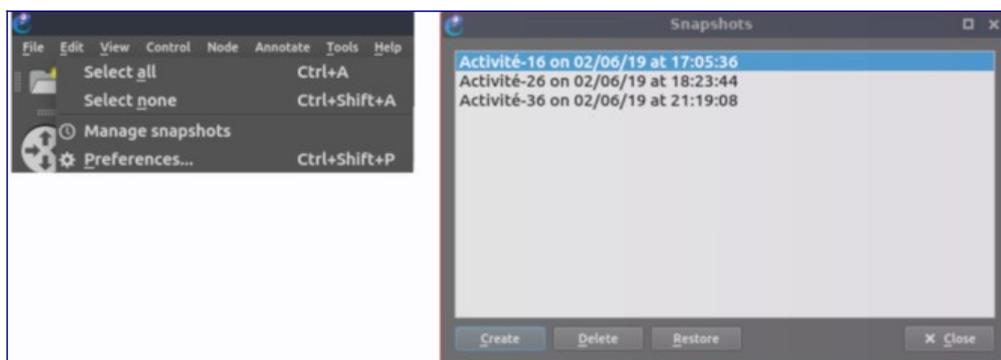


Figure 3: Fonction **Edit+Manage snapshots**

Avec le choix du snapshot **Activité-16**, vous démarrez le simulateur de réseau GNS3 avec la plateforme dans la configuration initiale de cette activité pratique.

Les clichés ou "snapshots" des étapes suivantes vont vous servir à repositionner la configuration de la plateforme telle qu'elle devrait être **au démarrage de l'activité indiquée**. Ces raccourcis peuvent aider les apprenants à reprendre une activité pratique.

## Mise en pause et reprise

Au cours de l'activité, vous aurez sûrement besoin d'interrompre votre travail sur la plateforme pour le reprendre à un autre moment. Nous préconisons d'utiliser la mise en pause de l'ensemble de la machine virtuelle par VirtualBox.

Pour mettre en pause la machine virtuelle VirtualBox, sélectionner dans le menu **Machine** de VirtualBox l'option **Pause**. L'intégralité de l'état de la machine virtuelle sera alors sauvegardée sur votre poste. La liste des machines VirtualBox doit montrer la machine MOOC dans l'état **En pause**.

Pour reprendre votre travail, il suffit de relancer la machine virtuelle depuis la liste des machines de VirtualBox. L'état sauvegardé de la machine sera alors restauré et vous pourrez continuer votre travail là où vous vous êtes arrêté.

## Retour arrière

Au cours de votre travail, vous pourrez être amenés à commettre des erreurs de configuration. Même s'il est toujours possible de corriger une configuration erronée, il est parfois nécessaire de retourner en arrière pour revenir à un état correct. A cette fin, nous vous proposons d'utiliser les fichiers étapes présents dans les différentes activités pratiques afin de repartir de la fin de l'étape désirée. De cette manière, vous conservez un point de reprise d'une configuration stable.

# Outils fournis par la plateforme

## Console / Ligne de commande

L'interaction avec les équipements de la plateforme se fait au travers de fenêtres présentant la console de ces équipements. Après authentification, effectuée sur la console auprès du système d'un équipement, vous êtes amenés à interagir, en mode lignes de commandes, avec cet équipement.

L'affichage des consoles des équipements se fait dans l'interface GNS3 en cliquant sur le bouton 2 de la figure 1 ("Console connect to all devices"). Le titre de la fenêtre vous précise à quel équipement cette console est attachée. Vous disposez d'onglet en bas du cadre ce qui permet de passer facilement d'un équipement à l'autre.

Il est conseillé de garder l'ensemble des consoles ouvertes tout au long de l'activité. Si vous avez fermé une console par inadvertance, vous pouvez normalement la réouvrir en double-cliquant sur l'icône de la machine visée dans le schéma de la topologie. Il peut s'avérer que cette opération ne fonctionne pas (la fenêtre s'ouvre mais ne permet pas d'interagir). Il est alors nécessaire de redémarrer l'équipement en question (Clic-droit sur l'équipement dans la topologie : Stop, puis Run, et enfin Console).

Les supports des activités pratiques vont vous demander de saisir des commandes dans les consoles des machines et d'en examiner le résultat. Le support préfixe chaque commande avec l'invite du système, afin de vous assurer que vous saisissiez bien les commandes sur la bonne machine et avec le bon mode de commande. Les commandes à saisir sont données en **police grasse**. Par exemple

```
root@PC-x::cx:~$ ifconfig
```

est une commande à saisir sur une des machines Linux. Les caractères à saisir sont `ifconfig` suivis d'un retour chariot pour exécuter la commande.

Le copier-coller est possible entre les différentes consoles, afin de faciliter la saisie et de diminuer les erreurs de frappe. Les raccourcis sont

- Copier : **Ctrl+Shift+C** ou sélection à la souris Clic-droit + Copier
- Coller : **Ctrl+Shift+V** ou sélection à la souris Clic-droit + Coller

## Edition de fichier

Lors des différentes activités pratiques vous serez amenés à éditer des fichiers de configuration. Les consoles des équipements n'ayant pas de capacités graphiques, les outils d'édition de texte à votre disposition seront en mode texte. Les supports des activités vous proposeront d'utiliser l'éditeur de fichiers nano :

```
root@PC-x::cx:~$ nano -w
```

Vous pouvez alors parcourir le fichier à l'aide du curseur et l'éditer à l'endroit voulu. L'appui

simultané sur (touche contrôle, simultanément à la lettre 'o') permet de sauvegarder le fichier, et de quitter l'éditeur.

**Nota** Les principales commandes d'interaction avec l'éditeur nano sont rappelées dans le bas de l'écran de la console.

## Capture réseau

La plateforme GNS3 dispose de l'analyseur de protocoles Wireshark. Pour démarrer une capture, il est possible d'utiliser Wireshark sur les points de connexion symbolisés par un point vert sur le schéma de la topologie de la figure 1.

### Démarrer une capture réseau

Pour lancer une capture, allez dans la fenêtre à droite **"Topology Summary"** présentée dans la figure 1, puis appuyez sur le + d'un élément réseau, choisissez une interface réseau, elle passe en rouge sur la fenêtre centrale, ensuite avec un clic-droit, vous pouvez lancer une capture sur ce lien en choisissant **"Start capture"**.

La fenêtre de l'analyseur réseau **Wireshark** s'ouvre alors.

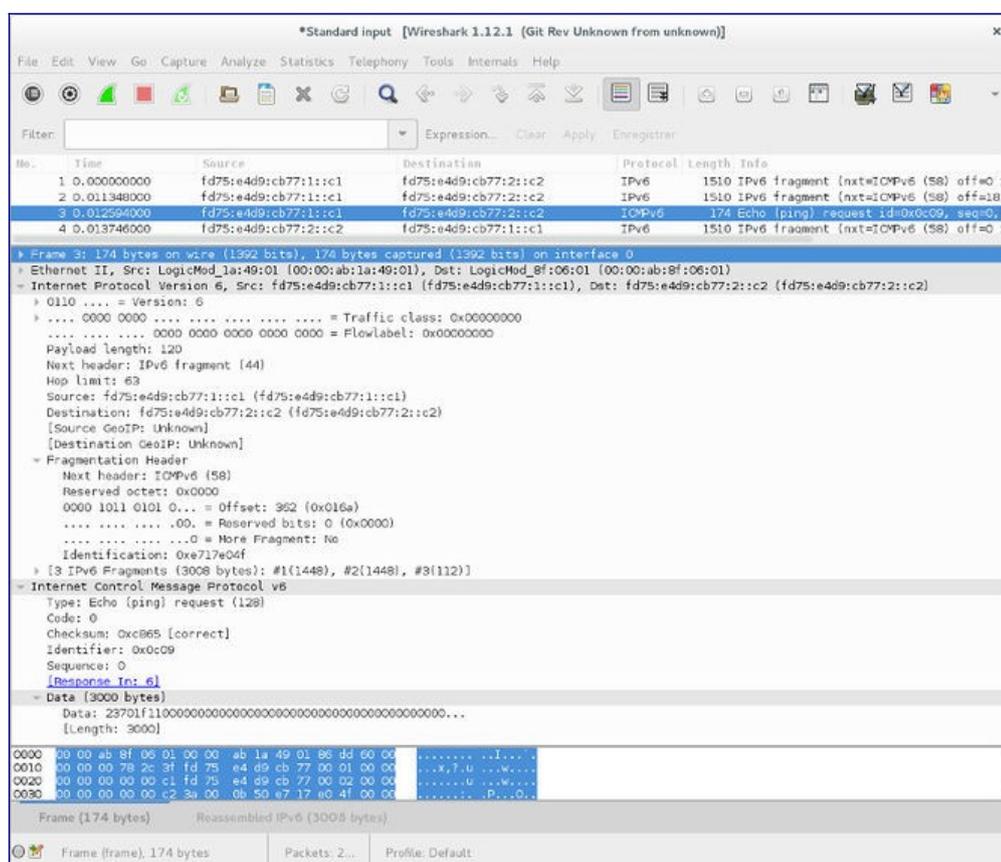


Figure4: Interface de Wireshark.

Cet outil vous permet d'analyser en temps réel les trames entrantes et sortantes de l'interface réseau sélectionnée pour la capture. La figure 4 montre les éléments constituant l'interface de Wireshark. La partie haute de l'interface montre la liste des trames capturées, les 2 parties en dessous montrent respectivement le décodage détaillé des entêtes des protocoles encapsulés

dans la trame et le contenu brut en hexadécimal de la trame sélectionnée.

## Arrêter une capture réseau

L'arrêt des captures est possible depuis la fenêtre "Topology Summary" (voir la figure 1) en choisissant "**Stop all captures**".

**Note** : la fermeture de la fenêtre de l'analyseur réseau ne suffit pas pour arrêter la capture. L'arrêt explicite selon la procédure donnée plus haut est nécessaire.

# Synthèse des commandes des systèmes

## A propos des modes VyOS

VyOS fonctionne selon différents modes de commandes selon les fonctionnalités désirées. Les commandes données dans ce chapitre pour le système VyOS précisent donc le mode dans lequel elles sont valides.

**Mode utilisateur** : Ce mode est obtenu après connexion au système avec les identifiants :

```
login: vyos
password: vyos
```

L'invite de commande dans ce mode est

```
vyos@vyos:~$
```

Ce mode permet d'observer la configuration du système et de passer au **Mode Quagga** ou au **Mode Administrateur**

**Mode Quagga** : Ce mode est obtenu après connexion au système en **Mode Utilisateur** puis en entrant la commande :

```
vyos@vyos:~$ vtysh
```

L'invite de commande dans ce mode est

```
vyos#
```

Ce mode permet de configurer les paramètres propres aux interfaces et aux fonctions de routage. Les commandes dans ce mode sont celles de [\[Quagga\]](#). La sortie de ce mode s'effectue par la commande **exit**.

**Mode Administrateur** : Ce mode est obtenu après connexion au système en **Mode Utilisateur** puis en entrant la commande :

```
vyos@vyos:~$ configure
```

L'invite de commande dans ce mode est

```
vyos@vyos#
```

Ce mode permet de configurer les services et autres fonctionnalités de VyOS.

## Commandes pour les paramètres des interfaces réseau

**Nota :** Pour le système Linux, lorsqu'il y a plusieurs lignes, elles indiquent la même action mais exprimée par des commandes différentes.

**Nota :** Pour vous loguer sur les stations PC1 et PC2, les identifiants/mots de passe sont *apprenant'*. (Pas de mot de passe).

**Nota :** Dans les commandes ci-dessous, les termes en italique sont à remplacer par des valeurs.

### Visualiser la configuration IPv6 des interfaces réseau

Linux :

```
root@PC-x::cx:~$ ifconfig
root@PC-x::cx:~$ ifconfig -a      #(pour voir toutes les interfaces, même
inactives)
root@PC-x::cx:~$ ip -6
```

VyOS (Mode Utilisateur)

```
vyos@vyos:~$ show interfaces detail
```

VyOS (Mode Quagga)

```
vyos# show interface
```

### Activer une interface réseau

Il convient de remplacer le motif *interface* par le nom de l'interface réseau de l'équipement.

Linux :

```
root@PC-x::cx:~$ ifconfig interface up
```

VyOS (Mode Quagga) Il faut passer en mode configuration par cette commande:

```
vyos# configure terminal
vyos(config)#
```

Puis en configuration d'interface par la commande *interface*:

```
vyos(config)# interface interface
vyos(config-if)# no shutdown
vyos(config-if)# exit
vyos(config)#
```

La commande **end** en configuration d'interface sort de ce mode pour revenir en mode Quagga.

```
vyos(config-if)# end
vyos#
```

La commande **do** en configuration d'interface permet d'exécuter des commandes Quagga de consultation comme **show interface**.

```
vyos(config-if)# do show interface
```

## Ajouter une adresse IPv6 à une interface réseau

Linux :

```
root@PC-x::cx:~$ sudo ifconfig interface adresse-IPv6/lg-prefixe
root@PC-x::cx:~$ sudo ip -6 addr add adresse-IPv6 dev interface
```

VyOS (Mode Quagga)

```
vyos# configure terminal
vyos(config)# interface interface
vyos(config-if)# ipv6 address adresse-IPv6/lg-prefixe
vyos(config-if)# exit
```

## Enlever une adresse IPv6 à une interface réseau

Linux :

```
root@PC-x::cx:~$ sudo ip -6 addr del adresse-IPv6/lg-prefixe dev
interface
```

VyOS (Mode Quagga)

```
vyos# configure terminal
vyos(config)# interface interface
vyos(config-if)# no ipv6 address adresse-IPv6/lg-prefixe
vyos(config-if)# exit
```

## Commandes propres à la table de routage

### Visualiser la table de routage IPv6

Linux

```
root@PC-x::cx:~$ route -A inet6
root@PC-x::cx:~$ ip -6 route
```

VyOS (mode Quagga)

```
vyos# show ipv6 route
```

### Ajouter une route IPv6

Linux

```
root@PC-x::cx:~$ sudo route -A inet6 add destination gw prochain-saut
root@PC-x::cx:~$ sudo ip -6 route add destination gw prochain-saut
```

VyOS (mode Quagga)

```
vyos# configure terminal  
vyos(config)# ipv6 route destination prochain-saut [interface]
```

L'interface est optionnelle

## Enlever une route IPv6

Linux

```
root@PC-x::cx:~$ sudo ip -6 route del destination gw prochain-saut
```

VyOS (mode Quagga)

```
vyos# configure terminal  
vyos(config)# no ipv6 route destination prochain-saut
```

## Autres commandes utiles pour IPv6

### Tester la connectivité vers une autre machine

Linux

```
root@PC-x::cx:~$ ping6 adresse-IPv6-destination  
^C (CTRL+C) pour stopper le test
```

Une option peut être fournie pour limiter le nombre d'essais et éviter de faire ^C

```
root@PC-x::cx:~$ ping6 -c nombre-essais adresse-IPv6-destination
```

VyOS (mode Quagga)

```
vyos# ping ipv6 adresse-IPv6-destination
```

### Visualiser le chemin vers une autre machine

Linux

```
root@PC-x::cx:~$ traceroute6 adresse-IPv6-destination
```

VyOS (mode Quagga)

```
vyos# traceroute ipv6 adresse-IPv6-destination
```