

MOOC


Objectif IPv6 !

vers l'internet nouvelle génération

Travaux Pratiques

Séquence 1

Gérez vos adresses IPv6

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

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 – EURÊKOM. 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 Lerouillois, 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

Les auteurs	5
Activité 16 : Découvrez un réseau IPv6	9
Etape 0 : Démarrage de GNS3.....	9
Démarrage de votre machine virtuelle.....	9
Démarrage du modèle de réseau sous GNS3.....	10
Identification des liens physiques.....	11
Activation des équipements.....	11
Etape 1 : Découvertes de l'adressage IPv6.....	12
Dans le cas d'un hôte.....	12
Dans le cas d'un routeur.....	14
Etape 2 : Communications en IPv6.....	15
Etape 3 : Utiliser le web avec IPv6.....	16
Etape 4 : Echanges en multi-diffusion (<i>multicast</i>).....	17
Arrêt/Pause du simulateur.....	19
Conclusion.....	19

Activité 16 : Découvrez un réseau IPv6

L'objectif de cette première activité pratique va être d'expérimenter la communication en IPv6 et de découvrir les adresses IPv6 dans un réseau IPv6. A l'aide d'une topologie de réseau comprenant deux hôtes, deux routeurs, ainsi qu'un serveur, vous allez pouvoir :

1. prendre en main l'environnement de virtualisation GNS3,
2. vous familiariser avec l'adressage en IPv6 et les commandes de consultation d'état d'une interface réseau. Vous verrez aussi comment identifier les types des adresses IPv6 et déterminer la portée des communications utilisant ces types d'adresses.
3. effectuer des communications locales au lien, ou des communications avec remises indirectes des paquets. Dans cette dernière forme de communication, les paquets passent à travers plusieurs liens avant d'atteindre la destination.
4. effectuer des échanges en multi-diffusion (*multicast*).

Comme le montre la figure 1, le réseau étudié est composé de noeuds (pc, routeurs, serveurs,...) et repose uniquement sur IPv6. Un serveur web est installé et configuré sur l'hôte appelé SRV-3.

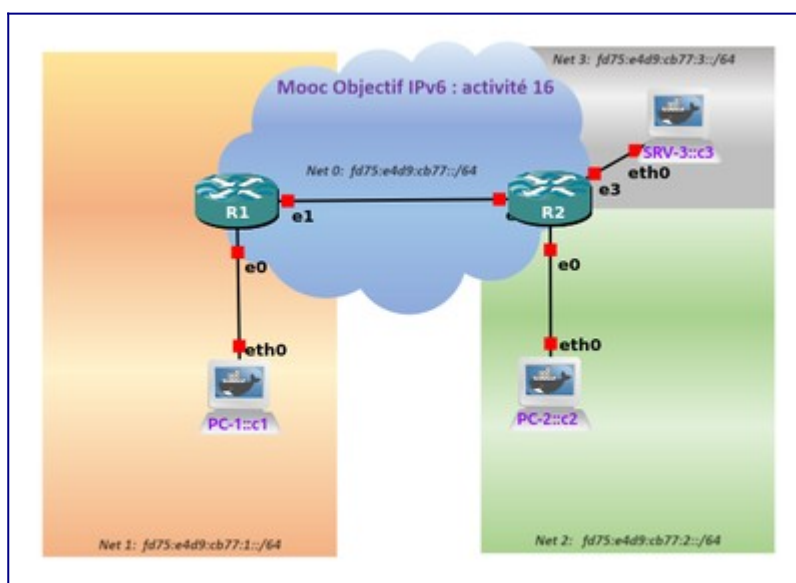


Figure 1: Topologie du réseau étudié.

Le support vous donne l'ensemble des opérations à réaliser pour aller jusqu'au bout de l'activité. Vous trouverez un résumé de ces commandes dans le Manuel Apprenant disponible dans l'onglet documentation du cours Objectif IPv6 du site de FUN.

Etape 0 : Démarrage de GNS3

Démarrage de votre machine virtuelle

Après avoir téléchargé la machine virtuelle "**MOOCIPv6_S5**", vous pouvez la démarrer soit en utilisant VirtualBox ou bien VMwarePlayer 15 ou supérieur:

- Oracle VirtualBox <https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads>
- VmWare https://my.vmware.com/fr/web/vmware/free#desktop_end_user_computing/

Player

[vmware_workstation_player/12_0](#)

Selon la configuration de votre PC quelques messages "warning" peuvent apparaître, valider, relancer ou ignorer les dans un premier temps. Si vous obtenez un blocage, merci de consulter le forum pour identifier si une solution résout votre souci.

Une fois que la machine virtuelle aura démarré, vous voyez sur le bureau le raccourci pour les activités de travaux pratiques des séquences 1 à 4.

Pour l'adapter à la taille de votre écran : depuis le menu dans le coin inférieur gauche du bureau enchaîner *Menu > Paramètres > Affichage*. Enfin, ajuster à la résolution la mieux adaptée à votre écran, puis conserver les modifications si cela convient.

Démarrage du modèle de réseau sous GNS3

Double cliquer sur le lien intitulé "moocipv6.gns3" (icône symbolisé par un caméléon), présent dans la partie haute du bureau de votre machine virtuelle.

Il est possible de restaurer le Snapshot (*Activité_16*) depuis **Edit > Manage snapshots** ce qui rechargera les configurations initiales des équipements.

Ensuite vous pouvez démarrer la simulation avec le bouton triangulaire vert, ou bien avec le menu **Control > Start/Resume all nodes**.

Attendre que la fenêtre Objectif-IPv6 - GNS3 apparaisse à l'écran comme présentée par la figure 2. Double cliquer sur la barre de titre de cette fenêtre pour qu'elle occupe la totalité de votre écran. Si besoin, vous pouvez ensuite recentrer l'image de la topologie dans la fenêtre centrale avec les boutons ascenseurs horizontal et vertical.

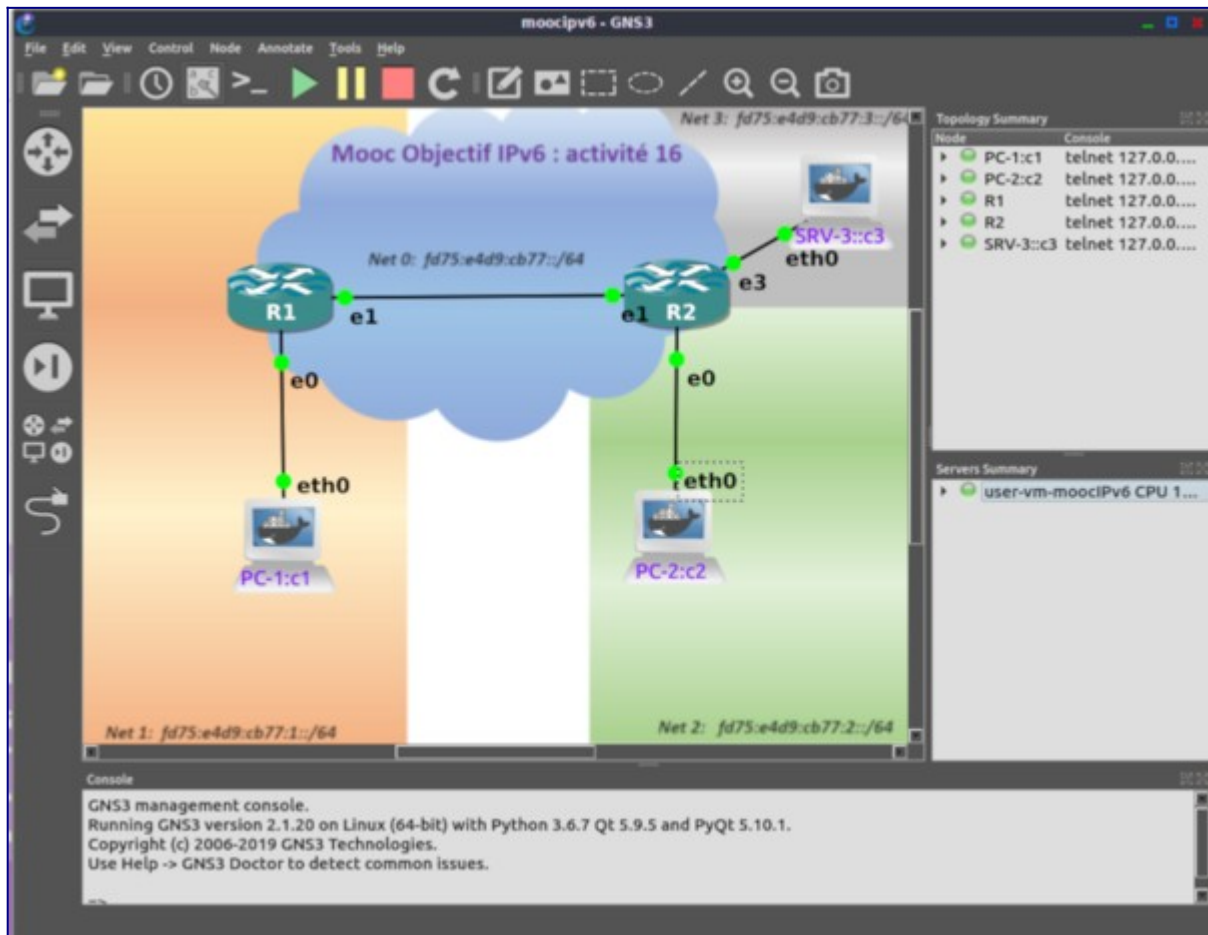


Figure 2: Démarrage de GNS3

Identification des liens physiques

Il est possible d'afficher les numéros des interfaces des équipements représentés sur la maquette, appuyer sur le bouton carré "a b c" situé juste en dessous du menu déroulant *Node*.

Une fois que vous aurez bien identifié les numéros d'interfaces des liaisons, nous pouvons constater ceci : Ce réseau est constitué de 4 liens.

- lien PC-1 - R1 : les interfaces eth0 de PC-1 et R1 sont reliées à travers le réseau Net1 ;
- lien R1 - R2 : les interfaces eth1 de R1 et R2 sont reliées à travers le réseau Net0 ;
- lien PC-2 - R2 : les interfaces eth0 de PC-2 et R2 sont reliées à travers le réseau Net2.
- lien SRV-3 - R2 : les interfaces eth0 de SRV-3 et eth3 de R2 sont reliées à travers le réseau Net3.

Activation des équipements

Si tout est correct, après l'appui bouton triangulaire vert démarrer "*Start/Resume all nodes*", dans la fenêtre centrale les témoins verts des liens indiquent que les équipements démarrent, et sur la droite la fenêtre "*Topology Summary*" montre aussi les témoins verts des équipements réseaux.

Au besoin vous pouvez aussi figer la simulation avec le bouton Pause "*Suspend all nodes*", voire arrêter la simulation avec le bouton Stop "*Stop all nodes*".

Pour sortir proprement du simulateur, faire *CTRL+S* si vous souhaitez sauvegarder l'état de votre simulation, et *CTRL+Q* ou bien avec le bouton "Stop all nodes".

Lorsque les noeuds sont actifs, il faut cliquer sur le bouton "Console connect to all nodes" symbolisé par ">_" situé à gauche du bouton triangulaire vert, juste en dessous du menu déroulant "Annotate". Une fenêtre composée de plusieurs onglets vous donne accès aux interfaces ligne de commande (CLI *Command Line Interface*). Chaque onglet affiche le démarrage des différents équipements réseaux, comme le montre la figure 3.

Note

Notons que le démarrage des PC est plus rapide que celui des routeurs (le temps de démarrage dépendant des capacités de votre machine: comptez quelques dizaines de secondes, parfois plus).

Une fois que tous les noeuds affichent leur console avec l'invite pour se connecter comme le montre la figure 3, votre plateforme de réseau opérationnelle.

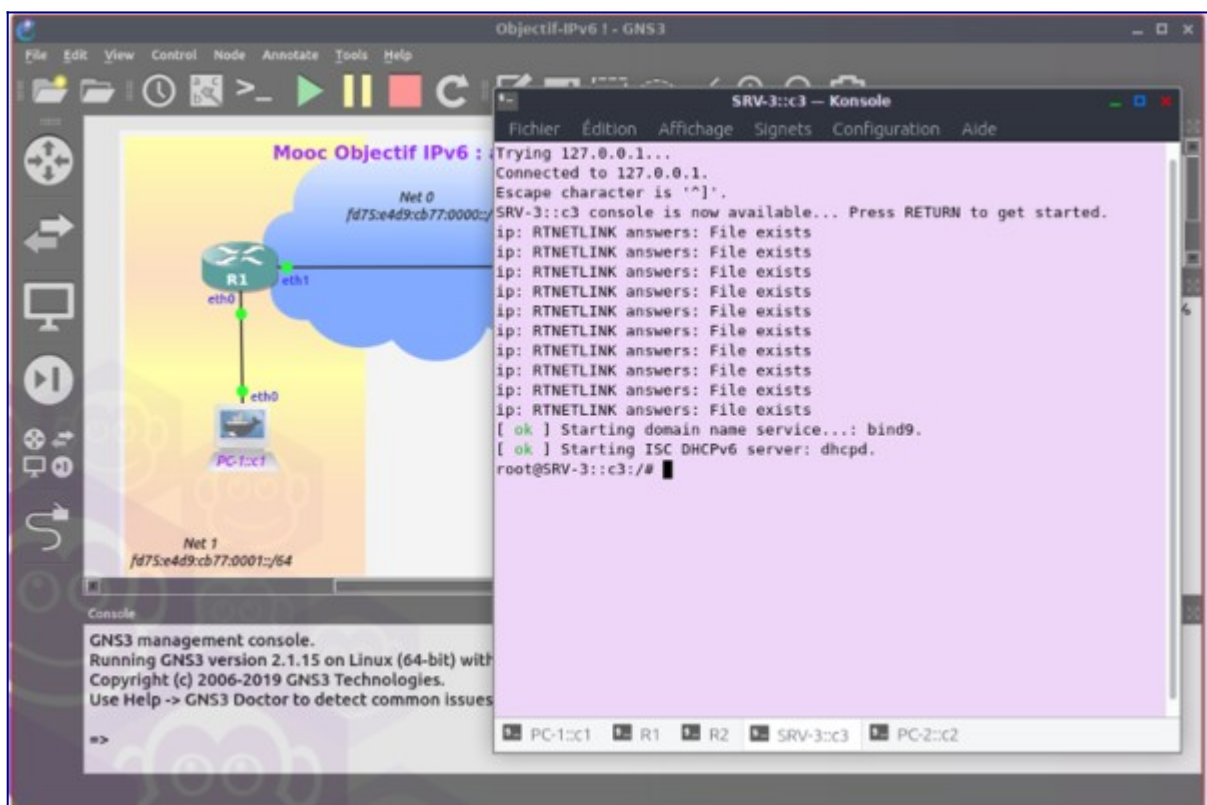


Figure 3: Ecran GNS3 avec les interfaces CLI.

Etape 1 : Découvertes de l'adressage IPv6

Dans cette étape nous allons découvrir les commandes pour afficher les adresses IPv6.

Dans le cas d'un hôte

Pour ouvrir une session sur un hôte tel que PC-1::c1, sélectionner l'onglet "PC-1::c1" de la fenêtre "Konsole", vous êtes alors directement en mode "root" sur PC-1, symbolisé par le prompt de commande

```
root@PC-1::c1:~#
```

Déterminer la configuration IP actuelle en tapant la commande :

```
root@PC-1::c1:~# ifconfig
```

ou

```
root@PC-1::c1:~# ip -6 address show
```

Astuce

La touche de tabulation aide à terminer automatiquement la saisie des commandes.

Vous pouvez constater que l'interface de boucle (*loopback*) noté `lo0` possède une adresse IPv6 alors que l'interface Ethernet (`eth0`) est configurée avec 2 adresses IPv6.

Quelle est l'adresse IPv6 sur l'interface de boucle ?

Compléter ici les adresses IPv6 attribuées à l'interface `eth0` de PC-1 et PC-2 :

```
PC-1 eth0 = fe...
PC-1 eth0 = fd...

PC-2 eth0 = fe...
PC-2 eth0 = fd...
```

Nota : Une adresse IPv6 s'indique sans préciser la longueur du préfixe. A l'inverse, un préfixe réseau consiste en une adresse IPv6 suffixée par le nombre de bits occupé par le préfixe. Ne confondez pas ces 2 notions: préfixe réseau et adresse.

Parmi les 2 adresses IP attribuées à l'interface Ethernet, il y a une adresse locale de lien (LLA *Link Local Address*) et une adresse locale unique (ULA *Unique unicast Local Address*). Pour différencier ces 2 types d'adresse, il faut analyser le mot de poids fort de l'adresse (le mot le plus à gauche). L'adresse LLA commence par le mot réservé `fe80`, l'adresse ULA par le mot réservé `fd` comme indiqué dans l'activité 13 "Les adresses unicast". Les 2 adresses ont la même longueur de préfixe à savoir de 64 bits.

Quel est le préfixe /64 auquel appartient l'adresse ULA de PC-1 ?

Quelles sont la première et la dernière adresse de ce préfixe /64 ?

Quelle est la valeur de l'adresse MAC de l'interface `eth0` de PC-1 ?

Quelle est la méthode de construction utilisée pour l'identifiant d'interface (IID) de l'adresse LLA

de PC-1?

Quelle est la méthode de construction utilisée pour l'identifiant d'interface (IID) de l'adresse ULA de PC-1?

Quelle est l'adresse de multicast sollicité correspondant à cette adresse ULA de PC-1?

Dans le cas d'un routeur

Pour ouvrir une session sur un routeur tel que R1, sélectionner l'onglet R1 de la fenêtre intitulée "Konsole". Démarrer une session de commande CLI (*Command Line Interface*) en vous connectant avec les identifiant/mots de passe **vyos/vyos** (Aucun echo de caractère n'est proposé lorsqu'on saisi le mot de passe). Le routeur affiche alors la bannière système, indiquant notamment sa version, puis l'invite de commande

```
vyos@r1:~$
```

Vérifier l'état des interfaces par la commande:

```
vyos@r1:~$ show interfaces
```

Cette commande affiche les adresses configurées sur les interfaces des routeurs. Les routeurs possèdent chacun, en plus de l'interface (lo) de boucle locale, 2 interfaces Ethernet actives (eth0 et eth1). En effet, les routeurs sont attachés à 2 liens. Un lien représente un réseau de distribution sur lequel on va trouver des PC (dans notre cas un PC::c1) et l'autre lien sert de réseau d'interconnexion (ou d'infrastructure) qui relie les routeurs (respectivement 3 liens eth0, eth1 et eth3 sur le routeur R2).

Noter ici les adresses ULA que vous observez sur les interfaces de R1 :

```
eth0 :
eth1 :
```

Vous pouvez remarquer que PC-1 et R1 partagent le même préfixe réseau. Cette plateforme a été numérotée à l'aide d'un préfixe de type ULA. En l'occurrence, il s'agit de fd75:e4d9:cb77::/48. Chaque lien s'est vu ensuite attribuer un identifiant sur 16 bits pour former en tout un préfixe de 64 bits. On parle de SID (*Subnet Identifier*) pour l'identifiant du lien sur 16 bits. C'est la raison pour laquelle un lien identifié par un préfixe réseau se qualifie quelquefois de sous-réseau. Bien que ce sous-réseau peut aussi s'appeler réseau si on considère qu'un routeur est la passerelle dans une interconnexion de réseaux.

Pour en revenir au plan d'adressage de notre plateforme, les affectations des SID ont été faites

de la manière suivante:

- **0** pour le sous-réseau d'interconnexion de R1 et R2
- **1** pour le sous-réseau de distribution de PC-1 et R1
- **2** pour le sous-réseau de distribution de PC-2 et R2
- **3** pour le sous-réseau de distribution de SRV-3 et R2

Note

L'affichage détaillé se fait sous forme paginée à la console. Le caractère ":" indique qu'il y a des pages à suivre. Appuyer simplement sur la barre d'espace de votre clavier pour passer à la page suivante. A la dernière page le système affiche de nouveau le prompt de commande `vyos@r1:~$`.

Pour afficher la configuration détaillée des interfaces du routeur, il faut ajouter le paramètre "detail" à la commande précédente. Le routeur affiche alors pour chacune de ses interfaces, l'ensemble des adresses affectées, ainsi qu'un certain nombre d'indicateurs d'état.

```
vyos@r1:~$ show interfaces detail
```

Maintenant, prendre soin de relever ici les adresses LLA attribuées aux interfaces eth0 et eth1 du routeur R1 :

```
eth0 :
eth1 :
```

Vous pouvez vérifier que l'interface de PC-2::c2 possède bien une adresse IPv6 ULA. Retrouvez-vous la valeur du SID de 2 dans cette adresse ?

Etape 2 : Communications en IPv6

Dans cette étape, nous allons voir comment utiliser les adresses IPv6 pour effectuer des communications. Un échange entre un client et un serveur va être mis en place.

Nous allons commencer par activer un serveur sur le noeud PC-2. Ceci s'effectue à l'aide de la commande netcat qui s'écrit en abrégé nc. Pour démarrer le serveur le serveur PC-2 lancer la commande suivante :

```
root@PC-2::c2:~# nc -6 -l -v -n -u -p 4500
```

Les options de la commande signifient que netcat en IPv6 (-6) utilise UDP (-u), se met en écoute (listen) (-l) sur le port (-p) 4500 tout en étant explicite dans ses affichages (-v).

Nota

Pour interrompre une commande comme netcat sur le serveur ou le client faites la combinaison de touches CTRL+C (appui simultané sur les touches *Ctrl* et *C*).

Il nous reste maintenant à démarrer la version cliente de netcat sur PC-1::c1

```
root@PC-1::c1:~# nc -6 -n -v -u ADDR6 4500
```

Ici le terme ADDR6 doit être remplacé par l'adresse IPv6 ULA du serveur PC-2 soit

'fd75:e4d9:cb77:2::c2'.

Tant qu'il n'y a pas de donnée à transmettre, il n'y a pas de communication. Aussi sur le terminal de PC-1, il vous faut saisir des caractères qui seront envoyés au serveur après l'appui sur la touche retour à la ligne. Une fois passé le retour à la ligne, vous verrez vos caractères saisis s'afficher sur le terminal de PC-2::c2. Par exemple sur PC-1::c1 taper la chaîne suivante " Hello IPv6 world !!" et valider par appui sur la touche retour, puis assurez vous de l'affichage de cette chaîne de caractères sur le terminal du serveur PC-2::c2. La communication étant bidirectionnelle, inversement sur le terminal du serveur PC-2::c2 vous pouvez taper la chaîne suivante " Welcme MOOC Objectif IPv6 ." et vérifier son affichage sur le terminal du client PC-1::c1. Vous pouvez poursuivre en tapant des chaînes quelconques sur chacun des PC.

Tout fonctionne correctement. **Arrêter le client et le serveur** par un **CTRL+C** dans la console de chacun d'eux.

Que pouvez vous conclure sur la portée des adresses ULA utilisées dans cette étape ? Quels sont les noeuds joignables avec ce type d'adresse? Aucune station / uniquement les stations du même réseau / les stations d'une même organisation /les stations de l'internet .

Nota

Inversement les adresses locale de lien (LLA) sont non routables, elles permettent que des communications directes entre noeuds voisins confinés sur le même lien. La portée limitée des adresses LLA (*lien-local*) et l'obligation d'explicitement l'interface de sortie rendent leur usage restreint. Cependant ces adresses sont utiles pour des mécanismes fonctionnant au niveau du lien, comme la découverte du voisinage direct ou le test de services sur le lien que nous verrons par la suite.

Vous venez d'expérimenter le fonctionnement d'un réseau IPv6 en utilisant des adresses unicast local unique (ULA). Grâce à ces adresses configurées sur les interfaces de chaque équipement, il est possible de joindre des interfaces situées sur d'autres liens que celui de la source. Cette extension de la portée de connectivité s'explique par le fait que les adresses ULA (tout comme les GUA Global Unicast Address) sont des adresses routables.

Etape 3 : Utiliser le web avec IPv6

Pour fonctionner en IPv6, une application doit être prévue pour cela. De nos jours, les applications sont toutes compatibles IPv6. Nous allons dans cette étape montrer comment utiliser le web sur un réseau en IPv6. Nous retiendrons le client `curl`, (*cURL* signifiant client URL Request Library) qui n'est pas un navigateur mais une commande transfert. Cette commande sert à télécharger des éléments depuis un serveur web.

Sur le noeud PC-1, effectuer le téléchargement de la page d'accueil (`index.html`) du serveur web SRV-3, en indiquant l'URL avec une adresse IPv6. Le rfc2732 indique qu'un URL pour contenir une adresse IPv6 doit l'encadrer par les caractères crochets ([]). Indiquer la syntaxe de

la commande `curl` utilisée.

```
root@PC1::c1:~# curl http://[ADDR6]
```

Avec *ADDR6*, l'adresse routable du serveur web qui est localisé sur le noeud SRV-3, soit **fd75:e4d9:cb77:3::c3**.

```
root@PC-1::c1:~# curl http://[fd75:e4d9:cb77:3::c3]
.
. code source de la page d'index du serveur
.
root@PC-1::c1:~#
```

En fait, il est assez fastidieux pour un utilisateur de manipuler des adresses IPv6. Il est en effet bien plus aisé d'utiliser le service de noms. Ce service se charge de traduire (on parle de résoudre) le nom en adresse IPv6. C'est l'application, ici le coté client qui se charge d'invoquer le service de noms.

Nota : Le service de nommage DNS et de son fonctionnement seront détaillés dans la séquence 3 de ce cours.

Refaire le téléchargement de la page d'accueil du serveur web en spécifiant non plus une adresse dans l'URL mais le nom du serveur web qui, sur notre plateforme de tp est : **srv.tp**. Indiquer la syntaxe de la commande `curl` pour réaliser ce transfert en IPv6.

```
root@PC-1::c1:~# curl http://...
```

avec *nom* le nom du serveur web.

```
root@PC-1::c1:~# curl http://srv.tp
.
. code source de la page d'index du serveur
.
root@PC-1::c1:~#
```

Dans ce dernier cas, vous pouvez remarquer que l'utilisation de communications au moyen d'IPv6 est ici similaire à la situation de l'Internet que vous connaissez. IPv6 reste complètement transparent à l'utilisateur. Nous verrons dans la dernière séquence de ce cours que les choses se compliquent lorsque des éléments de l'Internet sont encore en IPv4.

Etape 4 : Echanges en multi-diffusion (*multicast*)

Nous n'allons pas ici étudier le système de communication en multicast. Cela demande toute une "tuyauterie" qui dépasse le cadre de ce cours. Nous proposons juste de montrer l'utilisation de communications en multicast.

Nous allons commencer par déterminer les adresses multicasts attribuées aux interfaces d'un noeud. Dans le cas d'un hôte comme celui de PC-1, vous allez afficher les adresses attribuées

à l'interface Ethernet de cette machine. Ceci s'effectue par la commande:

```
root@PC-1::c1:~# ip maddr show
root@PC-1::c1:~# ip -6 maddr show
```

Vous pouvez constater que l'interface eth0 de ce noeud possède plusieurs adresses IPv6 multicast :

- l'adresse ff02::1 représente l'adresse multicast tous les noeuds du lien (*All Nodes*) de portée locale au lien. Tous les noeuds d'un lien reçoivent sur cette adresse.
- l'adresse ff01::1 de portée "noeud" représente toutes les interfaces du noeud.
- l'adresse ff02::1:ff00:c1 représente l'adresse multicast de sollicitation du noeud (*solicited-node address*) correspondant à l'adresse ULA de PC-1 (*fd75:e4d9:cb77:1::c1*). Le préfixe réservé de cette adresse est ff02::1:ff00:0/104. Les 24 bits manquants sont extraits des bits de poids faible de l'adresse unicast du noeud.
- l'adresse ff02::1:ffda:4c10 représente l'adresse multicast de sollicitation du noeud (*solicited-node address*) correspondant à l'adresse LLA de PC-1 (*fe80::5433:bfff:feda:4c10*). Le préfixe réservé de cette adresse est ff02::1:ff00:0/104. Les 24 bits manquants sont extraits des bits de poids faible de l'adresse LLA de l'interface eth0.

Faites la commande d'affichage des adresses multcasts, sur le routeur R1:

```
vyos@r1::v$ show interfaces detail
vyos@r1::v$ show ipv6 groups
```

Vous allez voir que le routeur s'est vu attribué une adresses multicast supplémentaires, sur les portées 1,2 et 5 sur l'interface eth0 (indice : l'identificateur de groupe est à 2). Quel est le nom de cette adresse et quelle est son usage ?

Pour vous aider à répondre à cette question, outre le cours, vous pouvez consulter le registre des adresses IPv6 multicast <http://www.iana.org/assignments/ipv6-multicast-addresses/ipv6-multicast-addresses.xhtml>

Nous allons voir maintenant si les noeuds répondent à une sollicitation sur l'adresse multicast. Pour cela nous allons utiliser la commande ping6 qui sert à effectuer un test d'accessibilité à savoir si une adresse IPv6 donnée est bien attribuée sur le réseau autrement dit qu'il existe une interface avec l'adresse IP en question. ping6 envoie un message particulier de sollicitation à l'adresse identifiant une interface réseau. Si cette interface est active et accessible, elle recevra le message émis et renverra une réponse à l'émetteur. Ces réponses sont reçues par la commande ping6 et les affiche sur le terminal.

Depuis PC-1, commençons par un test avec l'adresse "*All Nodes*":

```
root@PC-1:c1:~# ping6 -c 2 ff02::1%eth0
PING ff02::1%eth0(ff02::1) 56 data bytes
64 bytes from fe80::5433:bfff:feda:4c10: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.053 ms
64 bytes from fe80::e49:aff:fe42:7b00: icmp_seq=1 ttl=64 time=2.26 ms
(DUP!)
64 bytes from fe80::5433:bfff:feda:4c10: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.130 ms
```

```

--- ff02::1%eth0 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, +1 duplicates, 0% packet loss, time
1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.053/0.816/2.265/1.025 ms
root@PC-1:c1:~#

```

Nota

Le paramètre **-c 2** permet de demander l'émission de 2 messages successifs vers la destination *All Nodes* (ff02::1 sur l'interface eth0). Messages *icmp_seq1* et *icmp_seq2* Si on ne demandait qu'un seul message (paramètree *-c 1*), les réponses multiples (marquées "*DUP!*") sont filtrées à l'affichage et ne permettrait de constater que l'ensemble des noeuds du lien on répondu.

Le résultat vous montre que 2 réponses ont été obtenues pour une seule sollicitation d'émise. Les adresses sources sont des adresses lien-local. Vous reconnaitrez les adresses sources de PC-1 et de R1 sur le lien Net 1.

Bien que le caractère multicast va être moins évident à montrer avec l'adresse multicast "*All Routers*" vu qu'il n'y a qu'un seul routeur sur le lien Net 1, vous pouvez néanmoins faire un test d'accessibilité de la manière suivante sur PC-1:

```

root@PC-1::c1:~$ ping6 -c 2 ff02::2%eth0

```

Comme prévu, le routeur R1 répond à la sollicitation. Ces 2 adresses multicast vont servir à la découverte des noeuds ou de routeurs IPv6 sur un lien.

Cette étape a été une première initiation à la communication en multicast. Si vous voulez en savoir plus sur le fonctionnement du multicast IP, il existe une littérature abondante, nous vous renvoyons aux références citées à la fin de l'activité "adresses Multicast" de ce cours.

Arrêt/Pause du simulateur

Au besoin vous pouvez aussi figer l'exécution des équipements avec le bouton Pause "*Suspend all nodes*", voire arrêter les équipements avec le bouton Stop "*Stop all nodes*".

L'état des équipements est sauvegardé en quittant. Pour quitter proprement GNS3, faire CTRL+Q ou faire, avec le menu déroulant *File* et l'action *Quit*.

Conclusion

Par cette première séquence du MOOC IPv6, vous avez pu découvrir l'usage de l'Internet en IPv6 et vous familiariser avec le format des adresses IPv6. Si le format de ses nouvelles adresses change quelque peu les habitudes prise avec l'adressage IPv4. Il n'en est rien pour l'utilisateur du réseau. L'usage de l'Internet en IPv6 lui est transparent. Nous verrons par la suite que la présence d'IPv4 dans l'Internet vient compliquer cette transparence.