

# formation libre

The logo for Formation Libre consists of two stylized, multi-pointed starburst shapes. The smaller one is orange and yellow, and the larger one is a lighter yellow, both positioned to the right of the text.

NET03

---

## IPv6

---

Formation Libre  
Dernière modification : 31 janvier 2010

<http://formation-libre.com>





# Table des matières

I	Licence d'utilisation	4
II	Titre de la formation	i
III	Objectifs	i
IV	Description	i
V	Public	i
VI	Prérequis	i
VII	Caractéristiques	i
VIII	Évaluation	ii
IX	Informations supplémentaires	ii
<b>1</b>	<b>Contexte de formation</b>	<b>1</b>
I	Présentation du document	1
	1. Le référentiel de formation	1
	2. Les moyens mis à votre disposition	1
	3. La formation à distance	2
	4. L'évaluation	2
	5. Les qualités que vous allez devoir utiliser et développer	2
	6. L'outil de messagerie	3
II	Dernier conseil avant de démarrage	4
III	Vous présenter	4
<b>2</b>	<b>Validation de l'environnement</b>	<b>5</b>
I	Votre environnement de travail	5
<b>3</b>	<b>Installation d'un environnement de travail</b>	<b>6</b>
I	Présentation du document	6
II	Choix technologiques et déroulement des opérations	6
	1. La question du bloc-note et des notes	7
III	Environnement de travail avant de démarrer	7
IV	Terminologie utilisée	8
V	Téléchargement de l'image iso	8
VI	Téléchargement et installation de VirtualBox	10
	1. Parenthèse sur apt/aptitude	10
	2. Préparation de l'environnement	10
	3. Installation des paquets nécessaires	11
	4. Installation de VirtualBox	11
VII	Configuration et installation de la VM	12
	1. Problématique de la distribution netinst	12

2.	Préparation de l'environnement pour VirtualBox	12
3.	Installation de la distribution	13
4.	Test de la connectivité à partir de la VM	16
VIII	Sauvegarde de la VM	17
IX	Introduction	17
X	Qu'avons-nous appris ?	18
XI	Liens et références	18
<b>4</b>	<b>Cours IP</b>	<b>19</b>
I	Présentation	19
II	Principales caractéristiques d'IPv6	19
1.	Adresses de forme mixte	20
2.	Les masques de sous-réseaux	21
III	Types d'adresses	21
1.	Les adresses unicast	21
2.	Les adresses multicast	22
3.	Les adresses anycast	23
IV	Notion de portée <i>scope</i> d'une adresse	23
V	Le Plan d'Adressage Agrégé	24
VI	Les identifiants d'interface	27
VII	Configuration et auto-configuration	29
1.	Le mode de configuration stateless	29
2.	Le mode de configuration stateful	30
VIII	Étude de cas - plan d'adressage	31
1.	Étude du réseau	32
IX	Ressources	32
<b>5</b>	<b>Installation de NetKit</b>	<b>33</b>
I	Introduction	33
II	Téléchargement et installation des paquets	33
III	Configuration de l'environnement	34
IV	Vérification de votre environnement	34
V	Retour sur les variables environnement	35
VI	Environnement virtualisé	35
<b>6</b>	<b>NetKit</b>	<b>38</b>
I	Introduction	38
II	Approche générale	38
1.	Fonctionnalités réseau	38
2.	Notion de réseau d'ordinateurs	39
3.	Notion de Machine virtuelle	39
4.	La notion de hub virtuel	40
III	Le jeu de commandes de netkit	40
1.	Les vcommandes	41
2.	Les lcommandes	41
3.	Aide sur les jeux de commandes	42
IV	L'échange de données entre VMs	42
1.	Échange de données via l'hôte	42

	2. Échange de données avec internet . . . . .	42
V	Les labs . . . . .	44
	1. Utilisation de vstart . . . . .	44
	2. Notion de lab . . . . .	45
	3. Le fichier lab.conf . . . . .	45
	4. Les sous-répertoires des labs . . . . .	46
	5. Les scripts *.startup et *.shutdown . . . . .	46
	6. Le fichier lab.dep . . . . .	46
	7. Récapitulatif des principales commandes pour les labs . . . . .	46
VI	Conclusion sur la présentation de netkit . . . . .	47
<b>7</b>	<b>netkit, première application</b>	<b>48</b>
I	Présentation . . . . .	48
II	Réalisation de la maquette initiale . . . . .	48
III	Ajout d'un domaine de collision . . . . .	48
IV	Ajout d'un routeur entre les domaines de collision . . . . .	49
V	Activation et utilisation d'un service . . . . .	49
VI	Fin du premier TP de test . . . . .	49
VII	Création d'un lab . . . . .	50
<b>8</b>	<b>L'analyse de trame</b>	<b>51</b>
I	Présentation . . . . .	51
II	Les analyseurs de trames . . . . .	51
III	Un point sur l'architecture matérielle . . . . .	52
IV	Utilisation générale d'un analyseur de trame . . . . .	52
V	tcpdump . . . . .	53
	1. Utilisation de tcpdump . . . . .	53
	2. Dépannage avec tcpdump . . . . .	54
VI	tshark . . . . .	56
	1. Utilisation de tshark . . . . .	56
	2. Exemples de filtres pour tshark . . . . .	56
VII	wireshark . . . . .	56
VIII	Application . . . . .	57
IX	Exercice . . . . .	57
<b>9</b>	<b>Analyse de trame avec netkit</b>	<b>59</b>
I	Problématique de l'analyse de trame dans une VM . . . . .	59
	1. tcpdump ou tshark . . . . .	59
	2. Mettre en place une redirection . . . . .	59
	3. Patcher netkit . . . . .	59
<b>10</b>	<b>Évaluation</b>	<b>61</b>
I	Évaluation sur la séquence . . . . .	61
<b>11</b>	<b>Les commandes importantes importants</b>	<b>62</b>
I	Présentation . . . . .	62
II	ping6 . . . . .	62
III	La commande ifconfig . . . . .	63
IV	La commande route . . . . .	63

V	La commande netstat . . . . .	64
VI	La commane traceroute6 . . . . .	64
VII	La commande ip . . . . .	64
	1. Monter et démonter une interface . . . . .	64
	2. Configurer les adresses IP . . . . .	65
	3. Les routes avec la commande ip . . . . .	65
VIII	L'analyseur de trame tcpdump . . . . .	66
IX	L'analyseur de trame tshark . . . . .	67
X	Conclusion . . . . .	67
<b>12</b>	<b>Première prise en main d'IPv6</b>	<b>68</b>
I	Présentation . . . . .	68
II	Le protocole NDP Neighbour Discovery Protocol . . . . .	68
	1. Fonctionnalités du protocole . . . . .	68
III	Premier laboratoire IPv6 . . . . .	70
IV	Première manipulations . . . . .	70
V	Configuration des interfaces ethx . . . . .	71
VI	Premier trafic IP6 . . . . .	71
VII	La découverte des voisins avec NDP - Neighbour Discovery Protocol . . . . .	71
VIII	Premières tables de routage IPv6 . . . . .	73
IX	Configuration IP - <i>scope global</i> . . . . .	74
X	Conclusion . . . . .	75
<b>13</b>	<b>Le routage statique</b>	<b>76</b>
I	Présentation . . . . .	76
II	Maquette du réseau . . . . .	76
	1. Configuration des postes . . . . .	77
	2. Configuration du routeur . . . . .	77
	3. Procédure de test et de fonctionnement . . . . .	77
	4. Analyse de trame . . . . .	78
III	Conclusion . . . . .	78
<b>14</b>	<b>Plan d'adressage sur un campus</b>	<b>79</b>
I	Présentation . . . . .	79
II	Analyse du cahier des charges . . . . .	79
III	Prototypage d'un schéma d'adressage . . . . .	79
IV	Extrapolation au contexte d'activité professionnel . . . . .	79
<b>15</b>	<b>Le routage hiérarchique</b>	<b>80</b>
I	Présentation . . . . .	80
II	Choix de la maquette . . . . .	80
III	Création du lab . . . . .	81
IV	Configuration du lab . . . . .	82
	1. Configuration des adresses en mode stateful . . . . .	82
	2. Activation de <i>l'ip_forwarding</i> sur les machines . . . . .	83
	3. Mise en place des tables de routage . . . . .	83
V	Application sur le routage statique . . . . .	85
VI	Conclusion . . . . .	85

<b>16 Linux IPv6 Router Advertisement Daemon (radvd)</b>	<b>86</b>
I Présentation	86
II L'auto-configuration mode stateless	86
III Le daemon radvd	86
1. L'annonce du préfixe	87
2. L'autoconfiguration de la partie hôte	87
IV Application - Préparation de l'environnement	87
1. Partie 1 - connexion du routeur à internet	87
2. Partie 2 - mise en place de la résolution de nom	88
3. Partie 3 - installation des paquets sur le routeur	88
V Autoconfiguration sur 1 segment	89
VI Autoconfiguration sur 2 réseaux routés	91
VII Application sur un réseau segmenté	91
VIII Problématiques du mode stateless auto-configuration	92
IX Ressources pour aller plus loin	93
X Conclusion	93
XI Ressources	93
<b>17 Évaluation</b>	<b>94</b>
I Évaluation sur la séquence	94
<b>18 Configuration de DHCPv6</b>	<b>95</b>
I Présentation	95
1. Petit tour dans l'histoire de la naissance de DHCPv6 sous GNU/Linux	95
2. DHCP revisité après ce que nous avons vu	96
II Préparation de l'environnement	97
1. Compilation des sources DHCP	97
2. Création du lab	98
3. Accès à la machine hôte à partir d'une VM	99
4. Installation et configuration de radvd pour DHCPv6	99
III DHCPv6 mode stateless	100
1. Configuration du serveur DHCPd	100
2. Configuration et lancement d'un client	101
IV DHCPv6 mode stateful	102
1. Modification de radvd sur 'R'	102
V La réservation d'adresse	104
1. Le DHCP Unique Identifier (DUID) - concrètement	105
2. Réservation d'adresse - Configuration côté serveur	105
3. Réservation d'adresse - Configuration côté client	106
4. Affectation de l'adresse	106
VI dhclient-script - DHCP client network configuration script	106
VII Première mise en œuvre de DHCPv6 - conclusion	107
<b>19 Configuration de dhcrelay3</b>	<b>108</b>
I Problématique	108
II Description de la maquette	108
III Le lab	109
IV Agent relai DHCP - Adaptation du serveur	109

V	Vérification de radvd . . . . .	109
VI	Lancement de l'agent relai . . . . .	109
VII	Test du client . . . . .	110
VIII	Conclusion sur la mise en place d'un agent-relais IPv6 . . . . .	111
IX	Annexes - Ressources sur DHCPv6 . . . . .	111
<b>20</b>	<b>La résolution de nom - Zone directe</b>	<b>112</b>
I	Présentation DNS avec IPv6 . . . . .	112
II	Schéma de la maquette . . . . .	112
III	Configuration du lab . . . . .	113
IV	Configuration du serveur de nom primaire . . . . .	113
V	Configuration des resolvers sur les clients . . . . .	114
VI	Procédure de test des clients . . . . .	114
VII	Mise en place du serveur secondaire . . . . .	114
VIII	Déclaration du serveur secondaire et test . . . . .	115
IX	DNS direct - conclusion . . . . .	116
X	Liens et ressources . . . . .	116
<b>21</b>	<b>DNS - Zone reverse</b>	<b>117</b>
I	L'espace <i>ip6.arpa</i> . . . . .	117
II	La caisse à outils . . . . .	118
III	Préparation de l'atelier . . . . .	118
IV	Déclaration reverse dans le fichier <i>named.conf</i> . . . . .	119
V	Le fichier de ressource . . . . .	119
VI	Test de la résolution inverse . . . . .	119
VII	Aller plus loin avec DNS . . . . .	120
VIII	Problèmes liés à la résolution de nom sous IPv6 . . . . .	120
IX	Conclusion sur DNS . . . . .	120
X	Annexes et ressources . . . . .	120
<b>22</b>	<b>Les tunnels</b>	<b>122</b>
I	Typologie des tunnels IPv4/IPv6 . . . . .	122
	1. Les tunnels ssh, IPIP, GRE . . . . .	122
	2. Les tunnels d'interconnexion de réseau ou tunnels automatiques . . . . .	123
	3. Note pour la réalisation des ateliers . . . . .	124
II	Les tunnels ssh . . . . .	124
	1. Objectif de l'atelier . . . . .	124
	2. Schéma du laboratoire . . . . .	125
	3. Mise en œuvre du tunnel . . . . .	125
	4. Tests et analyse . . . . .	126
III	Les tunnels IPv6/IPv6 . . . . .	127
	1. Objectif de l'atelier . . . . .	127
	2. Schéma du laboratoire . . . . .	127
	3. Mise en œuvre du tunnel . . . . .	128
	4. Tests et analyse . . . . .	129
IV	Les tunnels IPv4/IPv6 . . . . .	130
	1. Objectif de l'atelier . . . . .	130
	2. Schéma du laboratoire . . . . .	130

3. Mise en œuvre du tunnel	130
4. Tests et analyse	131
V Les tunnels GRE	132
1. Schéma du laboratoire	132
2. Mise en œuvre du tunnel	132
3. Tests et analyse	134
VI Déploiement d'IPv6	134
1. Les tunnels 6to4	134
2. Les tunnels brokers	136
VII Expérimentation d'un tunnel 6to4	137
1. Préparatifs pour la maquette	138
2. Mise en œuvre d'un tunnel 6to4	138
3. Tests et analyse	139
VIII Expérimentation d'un tunnel broker freenet6	139
1. Objectif de l'atelier	139
2. Tests et analyse	141
IX Application sur les tunnels	142
X Conclusion sur les tunnels	142
XI Annexe - télécharger et recompiler <i>iproute2</i>	142
XII Références	143
<b>23 Le pare-feu</b>	<b>144</b>
I Pare-feu IPv6	144
II L'audit de sécurité	144
III Mettre en place un firewall avec Netfilter	145
1. Objectif de l'atelier ip6tables	145
2. Description du firewall dual stack IPv4/IPv6	145
3. Expérimentation de Netfilter sur IPv4 et IPv6	146
IV Détection de port avec <i>netcat</i> et <i>nmap</i>	147
V Conclusion de ip6tables	147
VI Ressources	148
<b>24 Configuration des applications en IPv6</b>	<b>149</b>
I Applications et déploiement	149
II Exemple de configuration d'application	150
1. bind	150
2. ssh	150
3. Apache 2	151
4. proftpd	151
5. vsftpd	151
6. Postfix	151
7. courrier imap/pop	151
III Fin sur le chapitre applications	152
<b>25 Approfondir</b>	<b>153</b>
I Aller plus loin	153
II La mobilité	153
III La sécurité	153

1.	TSIG/DNSSEC	154
2.	ipsec	154
IV	Le routage dynamique, BGP4, OSPFv3, RIPng	154
V	Liens et ressources sur IPv6	155
1.	Principales RFC	155
2.	URLs	159
<b>26</b>	<b>Évaluation</b>	<b>160</b>
I	Évaluation sur la séquence	160



# Liste des tableaux

8.1	Option tcpdump	53
8.2	Filtres tshark	56



# Table des figures

3.1	Accueil de VirtualBox et gestion des VMs	12
3.2	Machine virtuelle configurée dans VirtualBox	13
3.3	Configuration du chemin de l'image ISO	13
3.4	Page de démarrage de l'installateur Debian	14
3.5	Écran d'accueil de votre système Debian	15
3.6	Configuration de votre lecteur CD/DVD	15
3.7	Démarrage du navigateur Internet	17
4.1	Structure d'une adresse IPv6	24
4.2	Structure d'une adresse ULA	25
4.3	Structure d'une adresse local-link	26
4.4	Adresse sur 48 bits	27
4.5	Adresse modifiée sur 48 bits	28
4.6	MAC adresse	28
4.7	Identifiant d'interface	29
4.8	Représentation schématique d'un extrait du réseau	32
6.1	Émulation d'une VM dans UML (Source netkit.org)	40
6.2	Émulation d'un réseau d'ordinateurs avec UML (Source netkit.org)	41
6.3	Interface <i>tap</i> émulée dans une VM et utilisation de lynx	43
6.4	Exemple de maquette pour un lab	44
8.1	Capture wireshark	57
12.1	Première capture sous wireshark	72
18.1	Structure d'un DUID duid-llt	105
22.1	Tunnel IPv6 avec ssh	125
22.2	Tunnel IPv6 avec ssh et nc6	127
22.3	Tunnel IPv6 IPv6	127
22.4	Encapsulation IPIP dans un Tunnel IPv6-IPv6	130
22.5	Tunnel IP-IPv6	130
22.6	Capture de trame dans un tunnel IPv4 IPv6	132
22.7	Schéma d'utilisation d'un tunnel GRE	133
22.8	Capture de trame dans un tunnel GRE	134
22.9	Format d'une adresse 6to4	134
22.10	Dialogue 6to4	135
22.11	Schéma de raccordement d'un hôte via TSP	136
22.12	Pile de protocole TSP	137
22.13	Tunnel préfixé en /48	137

22.14 Protocole IPv6 (41 - 0x29) encapsulé . . . . .	139
22.15 Schéma de l'application à réaliser . . . . .	142

