



Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the **GNU Free Documentation License**, Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, with no Front-Cover Texts, and with no Back-Cover.

You can obtain a copy of the GNU General Public License : write to the Free Software Foundation, Inc., 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

Permission est accordée de copier, distribuer et/ou modifier ce document selon les termes de la **Licence de Documentation Libre GNU** (GNU Free Documentation License), version 1.1 ou toute version ultérieure publiée par la Free Software Foundation ; sans Sections Invariables ; sans Texte de Première de Couverture, et sans Texte de Quatrième de Couverture.

Vous pouvez obtenir une copie de la GNU General Public License : écrire à la Free Software Foundation, Inc., 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

## Table des matières

Le routage.....	2
Introduction.....	2
Routage statique et dynamique.....	3
Routage direct.....	3
Routage indirect.....	3
Adresses physiques et réseaux.....	4
Algorithme de routage.....	4
Les commandes de base.....	5
La table de routage.....	6
Configurer un poste Linux en routeur.....	7
Le service network pour le routage.....	8
Routage statique.....	8
Routage dynamique.....	8
Sequence 1 - Routage statique.....	9
Préparation.....	10
1 . Ajouter et supprimer une route pour un poste.....	10
2 . Ajouter et supprimer une route pour un réseau.....	10
3 . Ajouter et supprimer une route par défaut.....	10
4 . Accès à un autre réseau.....	10
5 . Bilan.....	10
Annexe 1 - La commande route.....	11

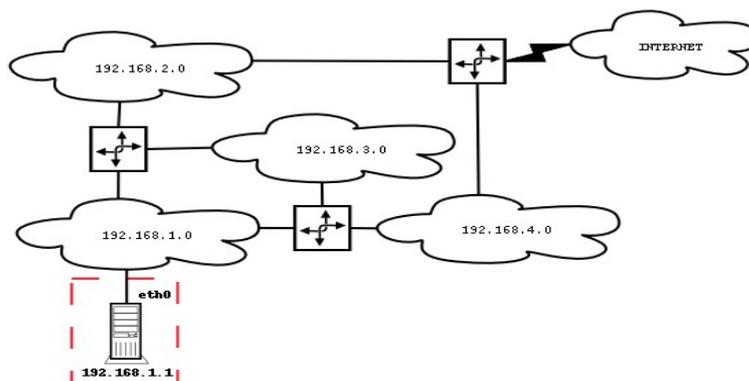
**Il est conseillé de s'aider du document : AnnexesReseauxLinux\_v2.pdf**

## Le routage

### Introduction

Le routage consiste à **déterminer la route qu'un paquet doit prendre pour atteindre une destination.**

Cette tâche est réalisée au niveau de la **couche RESEAU** du modèle à couches : dans cette couche, on utilise un adressage qui permet de spécifier à quel réseau appartient un équipement (hôte ou routeur).



Les équipements (hôtes ou routeurs) qui se situent sur des réseaux différents devront utiliser les services d'un **routeur** (*gateway* dans la terminologie IP) pour communiquer.

Les **fonctions** au niveau de la **couche RESEAU** sont :

- ◆ **Acheminer** (hôte ou routeur): envoyer un paquet vers une destination (hôte ou routeur)
- ◆ **Relayer** (routeur): acheminer un paquet d'un réseau vers un autre réseau

*Question* : sur quelle interface réseau **acheminer** le paquet ? (un équipement peut posséder une ou plusieurs interfaces)

*Réponse* : il faut chercher un élément dans le paquet à acheminer pour prendre sa décision

De manière générale, on distingue deux approches possibles au niveau de la couche RESEAU :

- service orienté connexion : circuit virtuel X25 (non abordé dans ce document)
- service sans connexion : adresse destination du datagramme IP

Donc, chaque équipement (hôte ou routeur) achemine un paquet en fonction de l'**adresse IP destination** uniquement.

Pour **déterminer la route** à prendre, le pilote IP utilise sa **table de routage** qui indique pour chaque destination (hôte, réseau ou sous-réseau), la route (interface ou passerelle) à prendre : c'est un routage de proche en proche.

Un équipement (hôte ou routeur) aura plusieurs possibilités pour **construire sa table de routage** :

- **manuellement** (principalement utilisé pour les hôtes)
- **automatiquement** par échange de routes avec ses voisins ou par connaissance directe (principalement utilisé pour les routeurs)

## Routage statique et dynamique

On distingue :

- **routage statique** si les routes sont fixées manuellement par l'administrateur réseau
- **routage dynamique** si les tables de routages sont automatiquement mises à jour pour tenir compte d'une modification du réseau global (panne de routeur, nouvelle route, ...). Par exemple, les protocoles RIP et/ou OSPF permettent le routage dynamique.

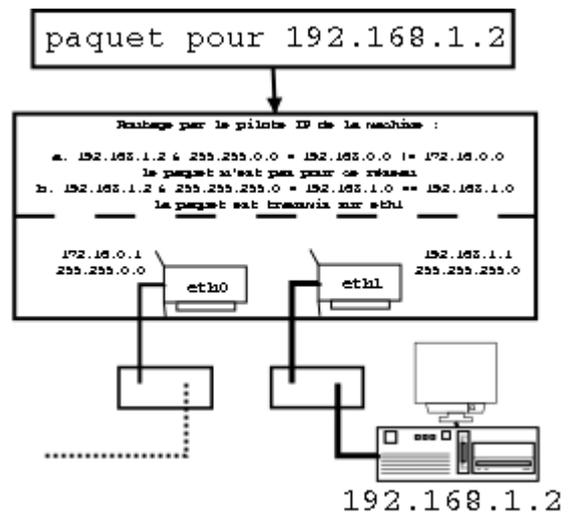
### Routage direct

Délivrance d'un paquet à un hôte qui appartient au même réseau physique

La commande **ifconfig** permet la configuration du routage direct en associant une adresse IP à une carte réseau.

```
$ ifconfig eth0 172.16.0.1 netmask 255.255.0.0
$ ifconfig eth1 192.168.1.1 netmask 255.255.255.0
```

```
$ netstat -nr
Table de routage IP du noyau
Destination Passerelle Genmask Indic Iface
172.16.0.0 0.0.0.0 255.255.0.0 U eth0
192.168.1.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U eth1
127.0.0.0 0.0.0.0 255.0.0.0 U lo
```



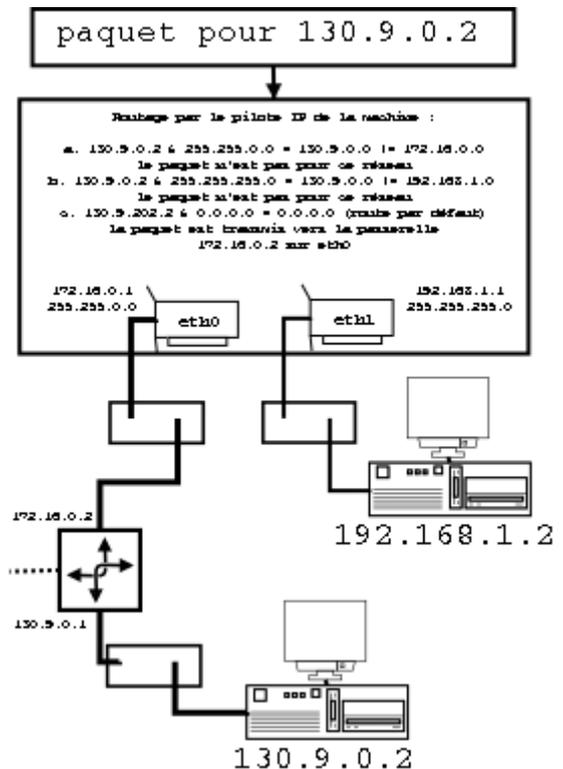
### Routage indirect

Délivrance d'un paquet à un hôte qui appartient à un réseau physique différent

La commande **route** permet la configuration du routage indirect en permettant l'ajout et la suppression de route vers un hôte, un réseau ou une route par défaut.

```
# route add default gw 172.16.0.2 dev eth0
```

```
$ netstat -nr
Table de routage IP du noyau
Destination Passerelle Genmask Indic Iface
172.16.0.0 0.0.0.0 255.255.0.0 U eth0
192.168.1.0 0.0.0.0 255.255.255.0 U eth1
127.0.0.0 0.0.0.0 255.0.0.0 U lo
0.0.0.0 172.16.0.2 0.0.0.0 UG eth0
```



**Remarques**

Les tables de routage doivent être configurées sur l'ensemble des équipements (hôtes et routeurs).

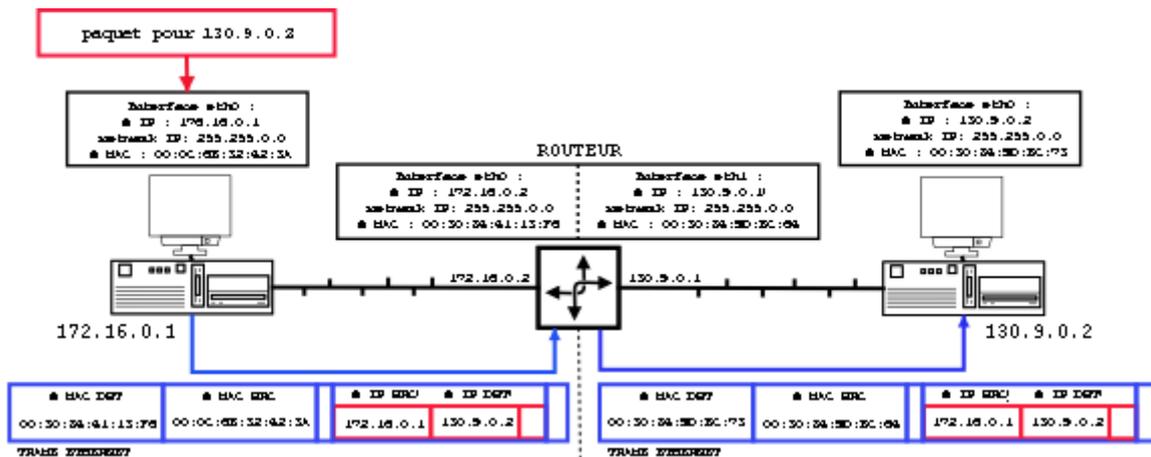
*Cas des hôtes :*

Les tables de routages des postes se limitent souvent à une route par défaut : vers le routeur (*gateway*, donc souvent passerelle en français) qui permettra de sortir du réseau physique.

*Cas des routeurs :*

Les tables de routages sont donc configurées principalement au niveau des routeurs : manuellement (routage statique) ou automatiquement acquises par dialogue entre routeurs (routage dynamique).

**Adresses physiques et réseaux**



Remarque : la résolution des adresses MAC est réalisée par le protocole ARP (*Address Resolution Protocol*).

**Algorithme de routage**

Le routage consiste à **déterminer la route qu'un paquet doit prendre pour atteindre une destination en fonction de l'adresse IP de destination et des routes contenues dans la table de routage.**

L'équipement recherche le réseau de destination à partir de l'adresse IP de destination. On rappelle que l'adresse réseau s'obtient en effectuant un ET binaire entre l'adresse IP et un masque de réseau (*netmask*).

On distingue :

➤ **Classfull** : basé sur les classes réseaux

Le principe du routage présenté précédemment est connu sous le nom de *classfull*. En résumé :

```

interfaceTrouvée ← délivrer le paquet par routage direct
SI !interfaceTrouvée
    ALORS
        routeTrouvée ← délivrer par routage indirect
    SI !routeTrouvée
        ALORS délivrer la paquet par la passerelle par défaut
        SINON renvoyer message : "Destination unreachable"
    FSI
FSI
    
```

➤ **Classless** : sans classe

L'algorithme a évolué pour tenir compte des réseaux dont la taille est supérieure à la taille déduite de la classe (sur-réseaux). Ceci conduit à l'abandon de la notion de classe, seul le *netmask* détermine la taille du réseau. On utilise aussi le terme **CIDR** (*Classless InterDomain Routing*).

```
POUR une adresse IP destination
    trouvé ← rechercher dans la table de routage le préfixe le plus long qui correspond
    à l'adresse destination
    SI trouvé
        ALORS    envoyer le paquet
        SINON    renvoyer le message : "Destination unreachable"
    FSI
FPOUR
```

**Exemple de la règle du plus grand préfixe :**

Table de routage  
10.0.0.0/8 passé par venus  
10.0.0.0/16 passé par mars

Un paquet destiné à 10.0.1.1 passera par mars (le préfixe /16 est plus grand que celui par venus /8).  
Un paquet destiné à 10.3.1.1 passera par venus (seule route trouvée).

**Route par défaut :**

La route par défaut est notée **0.0.0.0** et correspond donc au masque de longueur nulle : toutes les adresses destinations correspondront. Suivant la règle du plus grand préfixe utilisée dans le routage, cette correspondance, étant la plus petite (0.0.0.0/0), sera donc bien testée et choisie en dernier (donc par défaut).

**Les commandes de base**

<i>Commandes</i>	<i>Description</i>
<b>netstat</b>	Affiche les connexions réseau, les tables de routage, les statistiques des interfaces, les connexions masquées, les messages netlink, et les membres multicast.
<b>ping, ping6</b>	envoyer des datagrammes ICMP ECHO_REQUEST à des hôtes sur un réseau
<b>traceroute</b>	affiche la route prise par des paquets sur le réseau afin d'atteindre une destination
<b>tracpath, tracpath6</b>	traces path to a network host discovering MTU along this path
<b>route</b>	affiche et manipule la table de routage IP permet de paramétrer le routage indirect
<b>ifconfig</b>	permet la configuration des interfaces et du routage direct
<b>ip</b>	TCP/IP interface configuration and routing utility

**Rappel :** Ce document traite essentiellement de l'aspect réseau du système GNU/Linux mais la manipulation peut se faire aussi sous Windows.

## ***La table de routage***

Les commandes **netstat -r** et **route** affichent la table de routage d'un hôte.

Une table de routage indique pour chaque destination (hôte, réseau ou sous-réseau) la route (interface ou passerelle) qu'il faut prendre. Les informations pour chaque route sont donc les suivantes :

<i>Aller vers</i>	<i>Passer par</i>
<b>la destination (hôte ou réseau)</b>	<b>la route</b>
<i>Champs : Destination et Genmask</i>	<i>Champs : Passerelle et Iface</i>

**Principe : à partir des champs Destination et Genmask, l'algorithme de routage permettra de rechercher et trouver UNE ROUTE renseignée dans la table de routage. Une fois la route trouvée, on exploitera alors les champs Passerelle et Iface pour envoyer le paquet.**

Le champ Indic (*Flags*) :

- U (*Up*) : la route est active
- H (*Host*) : la route conduit à un hôte
- G (*Gateway*) : la route passe par une passerelle (voisine)

Les informations complémentaires :

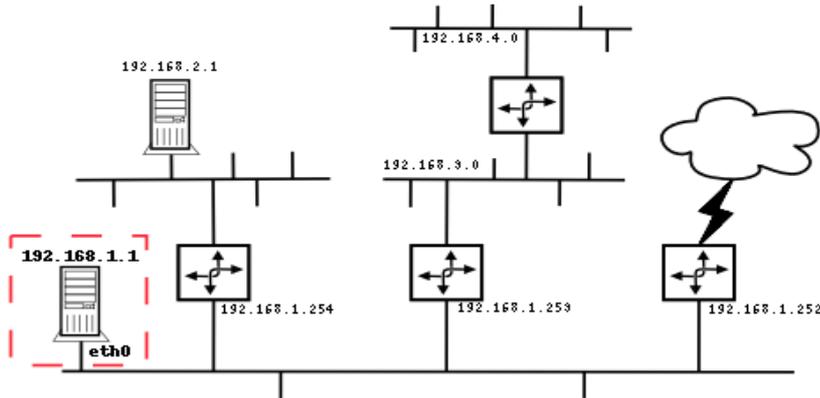
- le champ Métrique (*Metric*) indique la distance, en nombre de passerelles, pour atteindre la destination
- le champ Ref spécifie le nombre de références à cette route (non utilisé par le noyau Linux)
- le champ Use comptabilise le nombre de recherches associées à cette route
- le champ MSS indique la taille maximale des segments TCP sur cette route
- le champ Fenêtre (*Window*) indique la taille de la fenêtre sur cette route
- le champ irrt indique le paramètre IRRT d'une connexion TCP pour cette route

Le fichier ASCII **/proc/net/route** donne la table de routage du noyau, mais le programme standard **netstat** fournit un accès plus propre à ces données. La commande **route** sans argument permet aussi de visualiser la table de routage.

La table de routage est renseignée par :

- ◆ la commande **route** (pour l'ajout ou la suppression de route indirecte)
- ◆ la commande **ifconfig** (ajoutera ou supprimera automatiquement les routes directes)
- ◆ des fichiers au démarrage de la machine (pour les routes statiques)
- ◆ et éventuellement par des protocoles de routage dynamique (RIP, OSPF, ...)

Exemples : on peut ajouter trois types de routes



Ajout d'une route vers un poste

```
# route add 192.168.2.1 gw 192.168.1.254 dev eth0
```

Ajout d'une route vers un réseau

```
# route add -net 192.168.3.0 gw 192.168.1.253 netmask 255.255.255.0 dev eth0
```

Ajout d'une route par défaut

```
# route add default gw 192.168.1.252 dev eth0
```

Visualisation de la table de routage de l'hôte

```
# netstat -nr
Destination      Passerelle      Genmask         Indic   MSS  Fenêtre  irtt  Iface
192.168.2.1      192.168.1.254  255.255.255.255 UGH     0  0        0  eth0
192.168.3.0      192.168.1.253  255.255.255.0  UG     0  0        0  eth0
192.168.1.0      0.0.0.0         255.255.255.0  U     0  0        0  eth0
127.0.0.0        0.0.0.0         255.0.0.0      U     0  0        0  lo
0.0.0.0          192.168.1.252  0.0.0.0        UG     0  0        0  eth0
```

## Configurer un poste Linux en routeur

Par défaut, un poste Linux ne délivre que les paquets qui proviennent du poste ou qui lui sont destinés. Les autres paquets sont ignorés et donc le poste ne peut faire fonction de routeur.

Pour devenir routeur, le poste Linux doit **relayer** (retransmettre) les paquets qui ne lui sont pas destinés. Pour cela, il faut modifier l'option **ip\_forward** du noyau :

- Activer le routage:

```
# echo "1" > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward // 0U
# sysctl -n -w net.ipv4.ip_forward=1
```

- Désactiver le routage:

```
# echo "0" > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward // 0U
# sysctl -n -w net.ipv4.ip_forward=0
```

Activer le routage de manière permanente (prise en compte au démarrage du service réseau) :

**FORWARD\_IPV4=yes** dans le fichier /etc/sysconfig/network (voir aussi /etc/sysctl.conf)

## Le service network pour le routage

Le script `/etc/init.d/network` permet de gérer le service réseau.

Le script `network` lit le fichier `/etc/sysconfig/network` dont quelques options concernent le routage :

```
FORWARD_IPV4=      // yes (pour un routeur) ou no (pour un hôte)
GATEWAY=           // adresse ip de la passerelle IP
GATEWAYDEV=        // une interface, par exemple eth0 ou ppp0
```

Le fichier `/etc/sysconfig/static-routes` est utilisé pour ajouter les routes statiques.

La syntaxe du fichier `/etc/sysconfig/static-routes` dépend du script `network` (et donc souvent de la distribution utilisée, ici une Mandrake/Mandriva) qui réalise le traitement suivant :

```
# Add non interface-specific static-routes.
if [ -f /etc/sysconfig/static-routes ]; then
    grep "^any" /etc/sysconfig/static-routes | while read ignore args ; do
        /sbin/route add -$args
    done
fi
```

Donc, chaque ligne du fichier `/etc/sysconfig/static-routes` doit absolument commencer par **any** et préciser les arguments à ajouter à la commande `route add -`, par exemple : `any net 192.168.0.0 gw 192.168.1.254 netmask 255.255.255.0 dev eth1`

## Routage statique

Le routage statique est réalisé manuellement par l'administrateur réseau.

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Utilisation de fichiers de configuration donc stabilité de la configuration	Si le réseau comporte de nombreux routeurs : - tâche fastidieuse - risque d'erreur important
	Impossibilité pour gérer les routes redondantes

**Remarques :** le routage statique est utilisé dans les réseaux de petite taille pour :

- les postes de travail (route par défaut)
- un routeur avec une route par défaut vers le Fournisseur d'Accès Internet (FAI ou ISP: *Internet Service Provider*)

## Routage dynamique

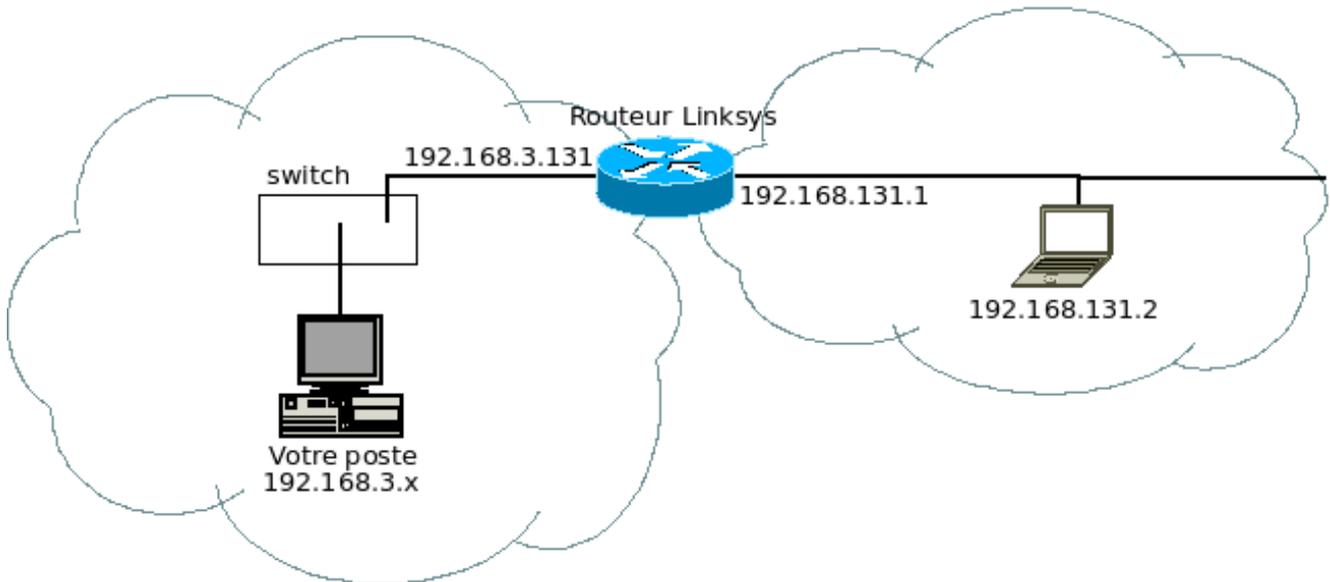
Le routage dynamique est assuré par les routeurs eux-même en s'échangeant des informations sur leurs tables de routage (nécessité d'un protocole de routage, couche 3 du modèle OSI).

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Simplicité de la configuration	Dépend du protocole de routage utilisé et de la taille du réseau : - consommation de la bande passante - temps de convergence - sécurité
Adaptabilité à l'évolution du réseau	
Optimisation (sélection des meilleurs routes)	
Elimination des boucles de routage	

**Remarques :** quelques protocoles de routage dynamique comme RIP (*Routing Information Protocol*), IGRP (*Internet Gateway Routing Protocol*) de la société CISCO, OSPF (*Open Shortest Path First*), ...

## Sequence 1 - Routage statique

Soit le réseau local suivant :



### Préparer le plan d'adressage

Si on désactive les interfaces, la table de routage est vidée :

```
# ifconfig eth0 down
# ifconfig lo down
# route
```

Table de routage IP du noyau

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Ref	Use	Iface
-------------	------------	---------	-------	--------	-----	-----	-------

Si on active les interfaces, la table de routage est réinitialisée :

```
# ifup lo
# ifup eth0
# route
```

Table de routage IP du noyau

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.3.0	*	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
127.0.0.0	*	255.0.0.0	U	0	0	0	lo

*Remarque* : parfois l'étoile '\*' de la colonne Passerelle est remplacée par 0.0.0.0. Cela correspond à des routes directes ne nécessitant pas de passerelle.

Par contre, il n'y a aucune route pour atteindre des postes qui n'appartiennent pas à ce réseau :

```
# ping 192.168.131.2
connect: Network is unreachable
```

## Préparation

On suppose la table de routage ci-dessous pour votre poste :

# route

Table de routage IP du noyau

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.3.0	*	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
127.0.0.0	*	255.0.0.0	U	0	0	0	lo

**Remarque** : il est possible que votre poste possède une route par défaut. Dans ce cas, il est préférable pour la suite de la manipulation de la supprimer : # route del default

### 1 . Ajouter et supprimer une route pour un poste

- Ajouter une route pour atteindre le poste 192.168.131.2. Donner la commande exacte.
- Vérifier avec un ping pour ce poste. Commenter les résultats obtenus.
- Supprimer la route. Donner la commande exacte.

### 2 . Ajouter et supprimer une route pour un réseau

- Donner l'adresse réseau et son masque du réseau situé derrière la passerelle 192.168.3.131. Quelle est la classe d'adresse de ce réseau ?
- Ajouter une route pour ce réseau en passant par la passerelle 192.168.3.131
- Vérifier avec un ping pour le poste 192.168.131.2. Commenter les résultats obtenus.
- Supprimer la route pour ce réseau. Donner la commande exacte.

### 3 . Ajouter et supprimer une route par défaut

- Ajouter une route par défaut pour accéder à tous les réseaux autres que le vôtre. Par quelle passerelle faut-il passer ?
- Vérifier avec un ping pour le poste 192.168.131.2. Commenter les résultats obtenus.
- Supprimer la route par défaut. Donner la commande exacte.

### 4 . Accès à un autre réseau

- Ajouter le nom logique *lan1* pour votre réseau et le nom logique *lan2* pour le réseau situé derrière la passerelle 192.168.3.131. Donner la commande exacte (et le fichier modifié).
- Ajouter une route pour atteindre le réseau *lan2*. Donner la commande exacte. Tester.
- Afficher la table de routage avec la commande **netstat**. Donner la commande exacte.

### 5 . Bilan

- La table de routage de votre poste doit être configurée pour atteindre le réseau *lan2* et le réseau Internet. Faire procéder aux tests de validation par l'enseignant.
- Redémarrer votre poste, qu'en est-il de votre table de routage ?
- Que faudrait-il faire pour maintenir la configuration souhaitée au point 5.a.

## Annexe 1 - La commande route

Il est important de savoir que tout PC/Linux, fonctionnant sous TCP/IP, possède une table de routage accessible par la commande **route**.

Table de routage (statique) d'un poste quelconque :

```
# route
```

```
Table de routage IP du noyau
```

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.1.0	*	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0
127.0.0.0	*	255.0.0.0	U	0	0	0	lo

*Signification :*

Destination Adresse de destination de la route

Gateway Adresse ip de la passerelle pour atteindre la route, \* sinon

Genmask Masque à utiliser

Flags Indicateur d'état (U - Up, H - Host - G - Gateway, D - Dynamic, M - Modified)

Metric Coût métrique de la route (0 par défaut)

Ref Nombre de routes qui dépendent de celle-ci

Use Nombre d'utilisation dans la table de routage

Iface Interface eth0, eth1, lo...

*Remarque :* la commande netstat -r permet aussi de visualiser la table de routage.

**Faire un man route pour obtenir plus d'informations sur la commande route.**