

Compte Rendu de TP

Configuration et Validation d'une Infrastructure Réseau Multi-VLAN

sous GNS3 et VirtualBox

Mise en place d'un routage inter-VLAN, d'un service DHCP centralisé avec haute disponibilité (failover), et validation de la connectivité de bout en bout sur une architecture multi-sites simulée sous GNS3.

Marouane Belmahfoud

Étudiant en Licence Informatique

 [linkedin.com/in/marouane-belmahfoud-65629b1b2](https://www.linkedin.com/in/marouane-belmahfoud-65629b1b2)



Table des matières

1	Introduction, Environnement et Objectifs	3
1.1	Environnement technique	3
1.2	Architecture déployée	3
1.3	Schéma de la topologie réseau complète	5
2	Routeur Virtuel GNS3 – Interconnexion des réseaux 17, 18, 19	6
2.1	Schéma du routeur virtuel et ses connexions	6
3	VM20 – Routeur Linux Intermédiaire	8
3.1	Table de routage	8
3.2	Tests de connectivité	8
4	VM21 – Routeur Linux (Liaison Cisco/Linux)	11
4.1	Carte d'identité réseau	11
4.2	Activation du routage IP	11
4.3	Table de routage	11
4.4	Tests de connectivité	12
5	R1 – Routeur Cisco IOS (GNS3)	14
5.1	État des interfaces	14
5.2	Table de routage et route par défaut	14
5.3	Configuration du relais DHCP	15
5.4	Test de connectivité vers VM21	16
6	VM18 et VM18_1 – Serveurs DHCP en Failover	17
6.1	Configuration IP statique	17
6.2	Configuration DHCP par sous-réseau	18
6.3	État du service DHCP	21
6.4	Tests de connectivité	22
7	VM19 – Client DHCP (Réseau virtuel 19)	23
7.1	Obtention d'une IP par DHCP	23
7.2	Preuve du failover DHCP	23
7.3	Tests de connectivité	24
8	VM22 – Client DHCP le plus distant (Réseau virtuel 22)	26
8.1	Configuration réseau en mode DHCP	26
8.2	Obtention de l'adresse IP	26
8.3	Preuve formelle du relais DHCP	27
8.4	Tests de connectivité	29

9 Synthèse et Conclusion	31
9.1 Architecture physique vs virtuelle – Récapitulatif	31
9.2 Tableau récapitulatif de tous les tests	32
9.3 Compétences validées	33
9.4 Conclusion générale	33

1 Introduction, Environnement et Objectifs

Contexte du TP

Ce travail pratique s'inscrit dans le cadre du module **Administration Réseau** de la Licence Informatique. L'objectif est de mettre en œuvre et valider une infrastructure réseau complète comprenant :

- Du **routage inter-VLAN** entre 6 sous-réseaux
- Un **service DHCP centralisé** avec mécanisme de *failover* (haute disponibilité)
- Du **relais DHCP** (ip helper-address) pour les clients distants
- La **validation de la connectivité** de bout en bout

1.1 Environnement technique

Plateforme de virtualisation

L'intégralité de l'infrastructure a été déployée en utilisant deux outils de virtualisation complémentaires :

- **GNS3** (Graphical Network Simulator) : simulateur réseau utilisé pour créer la topologie complète, les routeurs virtuels et les liens entre les sous-réseaux. Les réseaux **17.0, 18.0, 19.0, 21.0, 22.0 et 23.0** sont tous **virtuels**, simulés entièrement dans GNS3.
- **VirtualBox** : utilisé pour héberger les machines virtuelles Linux (Debian) intégrées dans la topologie GNS3 via des interfaces réseau pontées ou internes.

Seuls deux réseaux sont physiques (réels) :

- 192.168.20.0/24 – Réseau de liaison entre les VMs et la sortie Internet
- 192.168.100.0/24 – Réseau physique de l'hôte

Tous les autres sous-réseaux existent uniquement dans l'environnement GNS3.

1.2 Architecture déployée

L'infrastructure se compose de **8 machines virtuelles** (dont le routeur Cisco IOS et un routeur virtuel sous GNS3), d'un **switch de couche 2**, et de **deux serveurs DHCP en failover**, répartis sur 8 sous-réseaux (2 physiques + 6 virtuels) :

Machine	Rôle	IP(s)	Env.	Fonction
VM20	Routeur Linux	17.101 / 20.84	VBox + GNS3	Passerelle Internet ↔ réseau interne
VM21	Routeur Linux	23.101 / 20.85	VBox + GNS3	Liaison domaine Cisco ↔ Linux
R1 (VM23)	Routeur Cisco	21.1 / 22.1 / 23.1	GNS3	Cœur Cisco, relais DHCP
Routeur GNS3	Routeur virtuel	17.1 / 18.1 / 19.1	GNS3	Interconnexion réseaux 17, 18, 19
VM18	Serveur DHCP (sec.)	18.102 (statique)	VBox + GNS3	Secondaire DHCP – failover avec VM18_1
VM18_1	Serveur DHCP (prim.)	18.101 (statique)	VBox + GNS3	Primaire DHCP – failover avec VM18
VM19	Client Linux	19.150 (DHCP)	VBox + GNS3	Test relais DHCP (réseau 19)
VM test 21	Client test	21.176 (DHCP)	GNS3	Test connectivité réseau 21
VM22	Client Linux	22.150 (DHCP)	VBox + GNS3	Test relais DHCP via Cisco (réseau 22)

TABLE 1 – Synthèse des machines et de leurs rôles

Routeur virtuel GNS3 – Composant clé

Le **routeur virtuel GNS3** (adresses 17.1, 18.1 et 19.1) est un élément central mais souvent invisible. C'est lui qui :

- Interconnecte les réseaux **17.0**, **18.0** et **19.0** entre eux
- Agit comme **passerelle par défaut** pour VM18, VM18_1 (serveurs DHCP) et VM19 (client)
- Assure le **relais DHCP** pour le réseau 19 (les requêtes de VM19 passent par 19.1 pour atteindre VM18)
- Est le *next-hop* de VM20 pour atteindre les réseaux internes (route vers 17.1)

Switch et Serveurs DHCP en Failover

Sur le réseau 18, les deux serveurs DHCP (VM18 et VM18_1) sont connectés à un **switch de couche 2** (dans GNS3). Ce switch est ensuite relié au routeur GNS3 (interface 18.1). Cette architecture permet :

- Que les deux serveurs soient sur le **même segment Ethernet** pour se synchroniser
- Le **failover DHCP** : VM18_1 (18.101) est le serveur *primaire*, VM18 (18.102) est le *secondaire*
- Si l'un des deux serveurs tombe, l'autre continue à distribuer des adresses sans interruption

1.3 Schéma de la topologie réseau complète

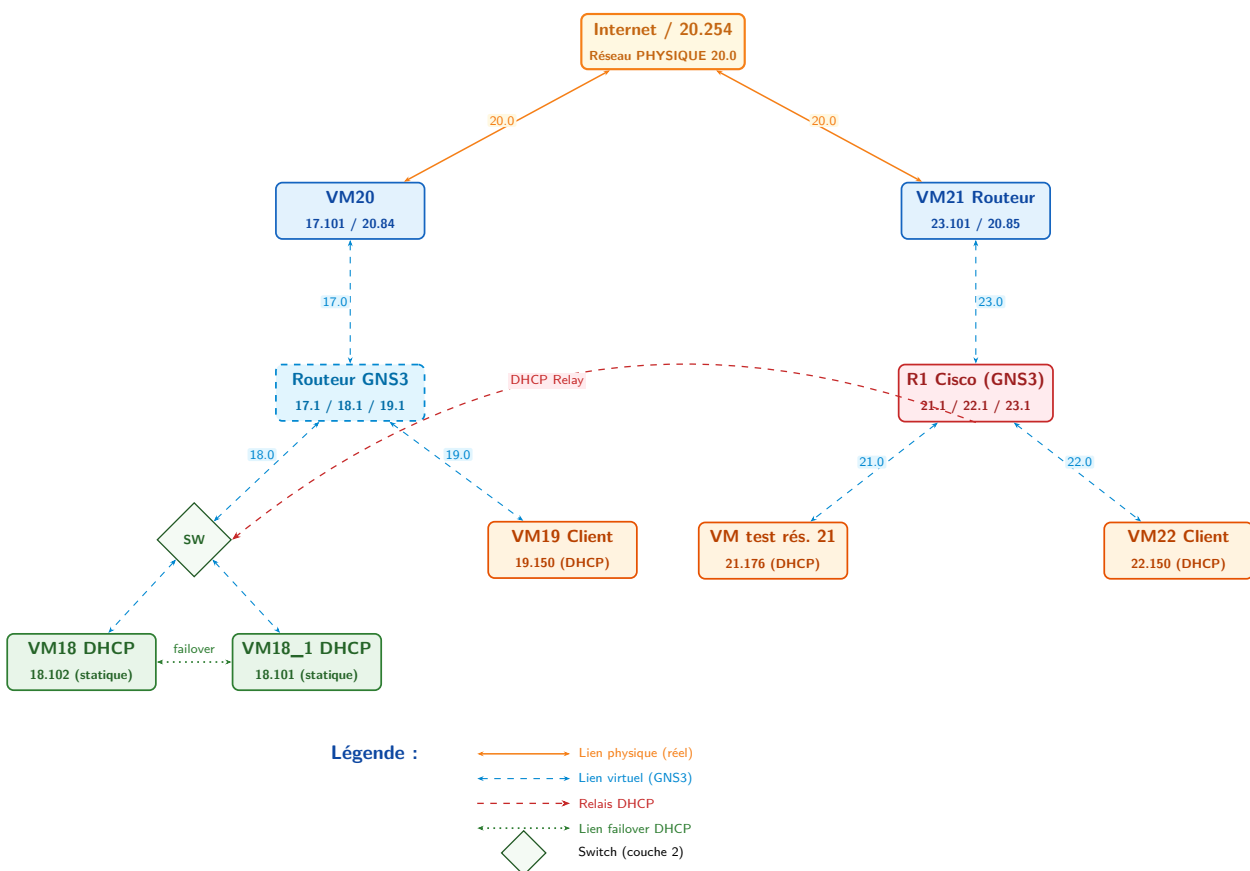


FIGURE 1 – Topologie complète – Réseaux physiques vs virtuels (GNS3) avec failover DHCP

>_ Commandes utiles pour vérifier l'environnement GNS3 (pas de capture)

Lors de la mise en place de l'environnement, les commandes suivantes ont été utilisées pour valider la connectivité des interfaces dans GNS3 :

- `ip link show` – Vérifier l'état des interfaces réseau (UP/DOWN)
- `brctl show` – Vérifier les ponts réseau (bridge) utilisés par GNS3
- `arp -a` – Afficher la table ARP pour vérifier la découverte des voisins
- `tracert <IP>` – Tracer le chemin complet des paquets (nombre de sauts)

2 Routeur Virtuel GNS3 – Interconnexion des réseaux 17, 18, 19

Rôle du routeur virtuel GNS3

Ce routeur, créé directement dans GNS3, est la **colonne vertébrale** de la partie gauche de l'architecture. Il connecte trois sous-réseaux virtuels :

- 192.168.17.0/24 – Lien vers VM20 (passerelle vers Internet)
- 192.168.18.0/24 – Réseau du serveur DHCP (VM18)
- 192.168.19.0/24 – Réseau du client VM19

Ses interfaces portent les adresses .1 de chaque sous-réseau (17.1, 18.1, 19.1), ce qui en fait la **passerelle par défaut** de VM18 et VM19.

2.1 Schéma du routeur virtuel et ses connexions

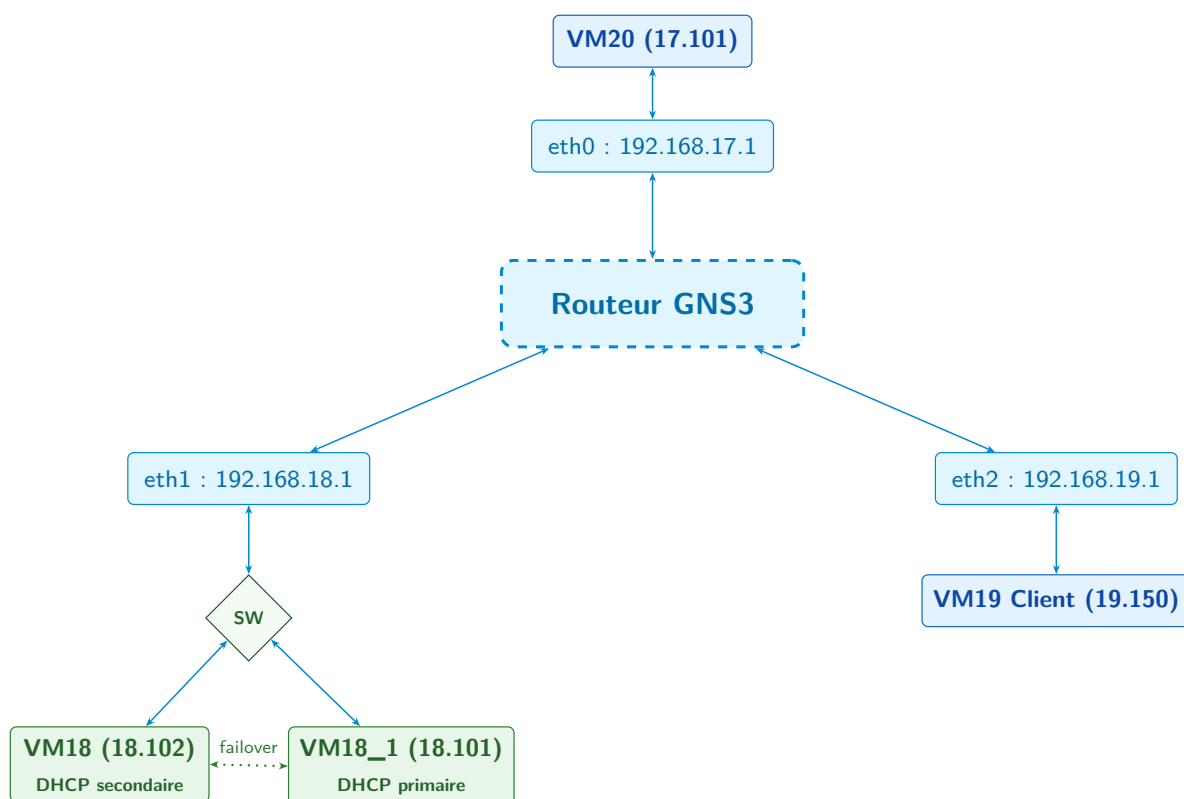


FIGURE 2 – Le routeur virtuel GNS3, le switch et les deux serveurs DHCP en failover

Rôle critique invisible

Ce routeur n'est pas une machine physique mais un composant GNS3. C'est pourtant **lui** qui :

1. Permet à VM20 d'atteindre les réseaux 18 et 19 (via la route 192.168.17.1)
2. Sert de passerelle (gateway 192.168.18.1) pour VM18
3. Transmet les requêtes DHCP de VM19 vers VM18 (relais implicite car il route entre 19.0 et 18.0)
4. Son bon fonctionnement est prouvé indirectement par tous les tests de ping inter-réseaux

>_ Commandes pertinentes sur le routeur GNS3 (pas de capture disponible)

Sur un routeur GNS3 (type Cisco IOS ou VyOS), les commandes suivantes auraient pu être exécutées :

- `show ip interface brief` – Vérifier les 3 interfaces (17.1, 18.1, 19.1) sont UP
- `show ip route` – Vérifier les routes connectées vers les 3 sous-réseaux
- `show arp` – Vérifier la découverte des machines sur chaque segment
- `ping 192.168.17.101 / ping 192.168.18.102 / ping 192.168.19.150`

Néanmoins, le bon fonctionnement de ce routeur est **validé indirectement** par les tests de connectivité depuis VM20 (Section 3) et les obtentions DHCP depuis VM19 (Section 7).

3 VM20 – Passerelle Linux Intermédiaire

Rôle de VM20

VM20 agit comme **passerelle entre le réseau physique 20.0** (sortie Internet via 20.254) et **le cœur du réseau virtuel GNS3** (réseau 17). Elle possède deux interfaces (*Dual-Homed*) :

- `enp0s8` (192.168.20.84) → réseau **physique** 20.0, vers Internet
- `enp0s3` (192.168.17.101) → réseau **virtuel** 17.0, vers GNS3

C'est le **point de jonction** entre le monde réel et le monde simulé.

3.1 Table de routage



Table de routage – `ip route`

```
$ ip route
default via 192.168.20.254 dev enp0s8 onlink
169.254.0.0/16 dev enp0s3 scope link metric 1000
192.168.17.0/24 dev enp0s3 proto kernel scope link src 192.168.17.101
192.168.18.0/24 via 192.168.17.1 dev enp0s3
192.168.19.0/24 via 192.168.17.1 dev enp0s3
192.168.20.0/24 dev enp0s8 proto kernel scope link src 192.168.20.84
```

Analyse

La table de routage révèle la stratégie de VM20 :

- **Route par défaut** vers 192.168.20.254 via `enp0s8` → sortie Internet (réseau physique)
- **Réseaux 18 et 19** accessibles via 192.168.17.1 (le routeur GNS3) → délégation au routeur virtuel
- Le réseau 17.0 est directement connecté via `enp0s3`

>_ Commandes complémentaires pertinentes

Pour vérifier que VM20 agit bien comme routeur, les commandes suivantes sont recommandées :

- `sysctl net.ipv4.ip_forward` – Doit retourner = 1 (routage activé)
- `ip -4 -o addr show` – Afficher les deux interfaces avec leurs IPs
- `cat /etc/sysctl.conf | grep ip_forward` – Vérifier la persistance
- `iptables -t nat -L` – Vérifier si du NAT/masquerading est actif

3.2 Tests de connectivité



Ping passerelle Internet – ping 192.168.20.254

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.20.254
PING 192.168.20.254 (192.168.20.254) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.20.254: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.705 ms
64 bytes from 192.168.20.254: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.807 ms

--- 192.168.20.254 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.705/0.756/0.807/0.051 ms
```

Résultat : Succès

Réponse en < 1 ms, TTL=64 ⇒ la passerelle Internet est sur le même **réseau physique** (20.0). La sortie vers Internet est assurée.



Ping routeur GNS3 – ping 192.168.17.1

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.17.1
PING 192.168.17.1 (192.168.17.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.17.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=10.4 ms
64 bytes from 192.168.17.1: icmp_seq=2 ttl=255 time=8.63 ms

--- 192.168.17.1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 8.629/9.510/10.391/0.881 ms
```

Résultat : Succès

TTL=255 ⇒ connexion directe (voisin de lien). Le routeur virtuel GNS3 répond correctement. Le temps de réponse de ~10 ms est caractéristique d'un routeur **virtuel** (plus lent qu'un équipement physique). La liaison entre le monde réel et GNS3 est opérationnelle.



Ping serveur DHCP (via routeur GNS3) – ping 192.168.18.101

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.18.101
PING 192.168.18.101 (192.168.18.101) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.18.101: icmp_seq=1 ttl=63 time=20.0 ms
64 bytes from 192.168.18.101: icmp_seq=2 ttl=63 time=16.7 ms

--- 192.168.18.101 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 16.664/18.349/20.034/1.685 ms
```

Résultat : Succès

TTL=63 (64 – 1) confirme exactement **1 saut de routeur** (le routeur GNS3 17.1 a décrémenté le TTL). Le routage interne fonctionne parfaitement depuis VM20, à travers le routeur GNS3, jusqu'au serveur DHCP.

Conclusion VM20

VM20 est correctement configurée comme **point de jonction** entre le réseau physique (20.0, Internet) et le réseau virtuel GNS3 (via 17.1). Le routage fonctionne dans les deux directions. C'est cette machine qui permet à tout l'environnement GNS3 d'accéder à Internet.

4 VM21 – Routeur Linux (Liaison Cisco/Linux)

Rôle de VM21

VM21 fait le lien entre le **domaine Cisco** (réseau virtuel 23, via R1 dans GNS3) et le **réseau physique** 20.0. Avec `ip_forward` activé, elle agit comme un routeur à part entière :

- `enp0s3` (192.168.23.101) → réseau **virtuel** 23.0 (vers R1 Cisco dans GNS3)
- `enp0s8` (192.168.20.85) → réseau **physique** 20.0 (vers Internet)

4.1 Carte d'identité réseau



Interfaces IPv4 – `ip -4 -o addr show`

```
$ ip -4 -o addr show
1: lo    inet 127.0.0.1/8 scope host lo          valid_lft forever preferred_lft forever
2: enp0s3  inet 192.168.23.101/24 brd 192.168.23.255 scope global enp0s3\
   preferred_lft forever
3: enp0s8  inet 192.168.20.85/24 brd 192.168.20.255 scope global enp0s8\
   preferred_lft forever
```

Analyse

VM21 possède deux cartes réseau actives. Cette configuration *Dual-Homed* lui permet d'agir comme routeur entre le domaine Cisco (GNS3) et le réseau physique de sortie.

4.2 Activation du routage IP



IP Forwarding – `sysctl net.ipv4.ip_forward`

```
net.ipv4.ip_forward = 1
```

Point critique

`net.ipv4.ip_forward = 1` ⇒ **Activé**. VM21 accepte de transférer les paquets entre ses deux interfaces. **Sans cette activation, aucune machine du domaine Cisco (VM22, réseaux 21/22) ne pourrait communiquer avec Internet ou le serveur DHCP.** C'est le paramètre qui transforme une simple machine en routeur.

4.3 Table de routage



Table de routage – `ip route`

```
$ ip route
default via 192.168.20.254 dev enp0s8 onlink
169.254.0.0/16 dev enp0s3 scope link metric 1000
192.168.20.0/24 dev enp0s8 proto kernel scope link src 192.168.20.85
192.168.21.0/24 via 192.168.23.1 dev enp0s3
192.168.22.0/24 via 192.168.23.1 dev enp0s3
192.168.23.0/24 dev enp0s3 proto kernel scope link src 192.168.23.101
```

Interprétation critique

1. **Route par défaut** : trafic Internet sort par `enp0s8` vers `192.168.20.254` (réseau physique)
 2. **Réseaux 21 et 22** : trafic interne passe par `192.168.23.1` via `enp0s3` (routeur Cisco R1 dans GNS3)
 3. Le réseau `23.0` est directement connecté (lien virtuel vers R1)
- C'est la preuve d'un **routing statique correctement configuré**.

>_ Commandes supplémentaires utiles

- `cat /etc/sysctl.conf | grep forward` – Vérifier la persistance du forwarding
- `ip -4 -o addr show enp0s3` – Détail de l'interface côté Cisco
- `traceroute 192.168.18.101` – Tracer le chemin vers le serveur DHCP
- `ss -tlnp` – Vérifier qu'aucun service inattendu n'écoute

4.4 Tests de connectivitéPing routeur Cisco R1 – ping `192.168.23.1`

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.23.1
PING 192.168.23.1 (192.168.23.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.23.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=7.24 ms
64 bytes from 192.168.23.1: icmp_seq=2 ttl=255 time=2.02 ms
```

Succès

TTL=255 ⇒ connexion directe (même lien virtuel GNS3). Le routeur Cisco R1 est vivant et joignable.

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.21.176
PING 192.168.21.176 (192.168.21.176) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.21.176: icmp_seq=1 ttl=63 time=17.1 ms
64 bytes from 192.168.21.176: icmp_seq=2 ttl=63 time=12.7 ms

--- 192.168.21.176 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 12.660/14.862/17.065/2.202 ms
```

(a) Ping réseau 21 (`192.168.21.176`)

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.22.151
PING 192.168.22.151 (192.168.22.151) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.22.151: icmp_seq=1 ttl=63 time=14.5 ms
64 bytes from 192.168.22.151: icmp_seq=2 ttl=63 time=11.2 ms

--- 192.168.22.151 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 11.150/12.826/14.503/1.676 ms
```

(b) Ping réseau 22 (`192.168.22.151`)

FIGURE 3 – Tests d'accès aux sous-réseaux profonds via R1 (dans GNS3)

Résultat : Succès sur les deux réseaux

TTL=63 dans les deux cas ⇒ passage par exactement 1 routeur (R1 Cisco). Les sous-réseaux virtuels 21 et 22 sont accessibles depuis VM21. Le lien GNS3 vers le domaine Cisco est pleinement fonctionnel.

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.23.101
PING 192.168.23.101 (192.168.23.101) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.23.101: icmp_seq=1 ttl=63 time=11.8 ms
64 bytes from 192.168.23.101: icmp_seq=2 ttl=63 time=22.9 ms

--- 192.168.23.101 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 11.786/17.320/22.854/5.534 ms
```

(a) Ping loopback 23.101 (auto-test)

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.20.254
PING 192.168.20.254 (192.168.20.254) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.20.254: icmp_seq=1 ttl=62 time=12.4 ms
64 bytes from 192.168.20.254: icmp_seq=2 ttl=62 time=21.1 ms

--- 192.168.20.254 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1005ms
rtt min/avg/max/mdev = 12.444/16.796/21.149/4.352 ms
```

(b) Ping passerelle Internet 20.254

FIGURE 4 – Tests complémentaires VM21 – Auto-test et sortie Internet

Validation complète

Le ping vers sa propre adresse (23.101, TTL=63) valide la pile TCP/IP. Le ping vers 20.254 (TTL=62) confirme la connectivité vers le réseau physique. Notez le TTL=62 qui suggère le passage par des routeurs ou une configuration TTL spécifique de la cible.



Ping vers le réseau 18 (distant) – ping 192.168.18.101

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.18.101
PING 192.168.18.101 (192.168.18.101) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.18.101: icmp_seq=1 ttl=59 time=23.1 ms
64 bytes from 192.168.18.101: icmp_seq=2 ttl=59 time=22.7 ms

--- 192.168.18.101 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 22.737/22.895/23.053/0.158 ms
```

Routing inter-domaines

TTL=59 ⇒ le paquet a traversé plusieurs routeurs pour atteindre le réseau 18 depuis le réseau 23. Le routage **inter-domaines** (Cisco → physique → GNS3) est pleinement fonctionnel.

Conclusion VM21

VM21 est parfaitement configurée : interfaces actives, ip_forward activé, routes statiques en place. La connectivité est validée vers Internet (20.254, réseau physique), vers le routeur Cisco (23.1, GNS3), et vers les sous-réseaux virtuels profonds (21.0 et 22.0). Elle assure le **pont** entre le domaine Cisco GNS3 et le réseau réel.

5 R1 – Routeur Cisco IOS (GNS3)

Rôle de R1

Le routeur Cisco R1 est un **routeur IOS simulé dans GNS3**. Il gère les réseaux virtuels de bout de chaîne (21, 22, 23) et assure le **relais DHCP** (`ip helper-address`) pour permettre aux clients distants d'obtenir une IP depuis le serveur central VM18.

5.1 État des interfaces



show ip interface brief

```
R1# show ip interface brief
Interface                IP-Address      OK? Method Status    Protocol
FastEthernet0/0          192.168.21.1    YES manual up        up
FastEthernet0/1          192.168.22.1    YES manual up        up
FastEthernet1/0          192.168.23.1    YES manual up        up
R1#
```

Toutes les interfaces UP/UP

Les trois interfaces sont en état UP/UP (couche physique ET protocole actifs dans GNS3) :

- Fa0/0 : 192.168.21.1 – Réseau virtuel 21
- Fa0/1 : 192.168.22.1 – Réseau virtuel 22
- Fa1/0 : 192.168.23.1 – Réseau virtuel 23 (vers VM21)

5.2 Table de routage et route par défaut

```
R1# show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
C       192.168.21.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C       192.168.22.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C       192.168.23.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
S*      0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.23.101
R1#
```

(a) show ip route

```
R1# show running-config | include ip route
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.23.101
R1#
```

(b) Route statique par défaut

FIGURE 5 – Routage du routeur Cisco R1 (GNS3)

Analyse

- Les réseaux 21, 22, 23 sont marqués C (Connected) → directement raccordés (liens virtuels GNS3)
- La ligne S* (Gateway of last resort) : tout trafic non local est envoyé à 192.168.23.101 (VM21)
- Cette unique route relie le domaine Cisco au monde extérieur via VM21

5.3 Configuration du relais DHCP



Configuration des interfaces – show running-config | section interface

```
R1# show running-config | section interface
interface FastEthernet0/0
 ip address 192.168.21.1 255.255.255.0
 ip helper-address 192.168.18.101
 ip helper-address 192.168.18.102
 no shutdown
!
interface FastEthernet0/1
 ip address 192.168.22.1 255.255.255.0
 ip helper-address 192.168.18.101
 ip helper-address 192.168.18.102
 no shutdown
!
interface FastEthernet1/0
 ip address 192.168.23.1 255.255.255.0
 no shutdown
R1#
```

Point clé technique : ip helper-address

C'est la **preuve technique la plus importante** pour le service DHCP :

- Sur Fa0/0 (réseau 21) : ip helper-address 192.168.18.101 et 192.168.18.102
- Sur Fa0/1 (réseau 22) : idem
- Sur Fa1/0 (réseau 23) : **pas de helper** (pas de clients DHCP sur ce segment)

Ces commandes disent au routeur : « Si tu reçois une demande DHCP (Broadcast) sur le réseau 21 ou 22, transforme-la en Unicast et envoie-la aux serveurs DHCP 18.101 et 18.102 ».

Les deux adresses de helper assurent la **haute disponibilité** : si un serveur tombe, l'autre répond.



Complément – Configuration helper-address sur Fa0/1 (détail)

```
interface FastEthernet0/1
 ip helper-address 192.168.18.101
 ip helper-address 192.168.18.102
```

Rappel

Cette capture confirme la présence des deux `ip helper-address` sur l'interface `FastEthernet0/1` (réseau 22). C'est **cette configuration** qui permettra à VM22 d'obtenir une IP malgré l'éloignement du serveur (5 sauts).

>_ Commandes Cisco supplémentaires utiles

- `show ip dhcp relay statistics` – Statistiques du relais DHCP (paquets relayés)
- `show ip arp` – Table ARP du routeur (machines découvertes)
- `debug ip dhcp server events` – Traces en temps réel des événements DHCP
- `show running-config | section ip route` – Vérifier toutes les routes statiques
- `ping 192.168.18.101 source 192.168.21.1` – Tester la joignabilité du DHCP depuis chaque interface

5.4 Test de connectivité vers VM21

Ping vers le Next-Hop – `ping 192.168.23.101`

```
R1# ping 192.168.23.101
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.23.101, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/4 ms
R1#
```

!!!! – 100% de réussite

Les 5 points d'exclamation (format Cisco) indiquent 5/5 réponses. Le lien virtuel GNS3 entre le routeur Cisco et VM21 est fonctionnel à 100%.

Conclusion R1

Le routeur Cisco R1 (simulé dans GNS3) est parfaitement configuré : toutes les interfaces virtuelles sont actives, le routage par défaut pointe vers VM21, et le relais DHCP est en place pour les réseaux 21 et 22 vers les deux serveurs DHCP (failover).

6 VM18 et VM18_1 – Serveurs DHCP en Failover

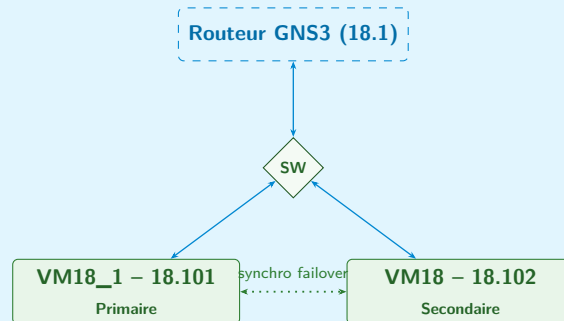
Rôle de VM18 et VM18_1

VM18 (18.102, *secondaire*) et VM18_1 (18.101, *primaire*) forment un **couple de serveurs DHCP en haute disponibilité (failover)**. Ils sont tous deux connectés à un **switch de couche 2** sur le réseau 18, lui-même relié au routeur GNS3 (18.1). Ensemble, ils distribuent des adresses IP pour **4 sous-réseaux virtuels** (18, 19, 21, 22).

Si l'un des deux serveurs tombe en panne, l'autre prend automatiquement le relais sans interruption de service. Les captures suivantes se concentrent sur **VM18** (18.102), le serveur secondaire.

Passerelle : 192.168.18.1 (routeur virtuel GNS3).

Architecture du failover DHCP



6.1 Configuration IP statique



Fichier /etc/network/interfaces

```

# THIS FILE describes the network interfaces available on your system
# and how to activate them. For more information, see interfaces(5).

source /etc/network/interfaces.d/*

# The loopback network interface
auto lo
iface lo inet loopback

# The primary network interface
allow-hotplug enp0s3
#iface enp0s3 inet dhcp
iface enp0s3 inet static
address 192.168.18.102
netmask 255.255.255.0
gateway 192.168.18.1
network 192.168.18.0
  
```

Analyse

Un serveur DHCP **doit impérativement** avoir une IP fixe (statique). La ligne dhcp est commentée, l'adresse est fixée à .102. La passerelle 192.168.18.1 est le routeur virtuel GNS3, seul moyen pour VM18 d'atteindre les autres sous-réseaux.



Vérification IP active – ip -4 -o addr show

```
$ ip -4 -o addr show
1: lo      inet 127.0.0.1/8 scope host lo\          valid_lft forever preferred_lft forever
2: enp0s3  inet 192.168.18.102/24 brd 192.168.18.255 scope global enp0s3\    valid_lft forever preferred_lft forever
```

Configuration appliquée

L'adresse 192.168.18.102/24 est bien active sur enp0s3. La configuration persistante a été correctement appliquée.



Table de routage – ip route

```
$ ip route
default via 192.168.18.1 dev enp0s3 onlink
169.254.0.0/16 dev enp0s3 scope link metric 1000
192.168.18.0/24 dev enp0s3 proto kernel scope link src 192.168.18.102
```

Routage

La route par défaut pointe vers 192.168.18.1 (routeur GNS3). Tout trafic vers les autres réseaux (19, 21, 22, Internet) passera par ce routeur virtuel. C'est la configuration minimale et correcte pour un serveur.

6.2 Configuration DHCP par sous-réseau

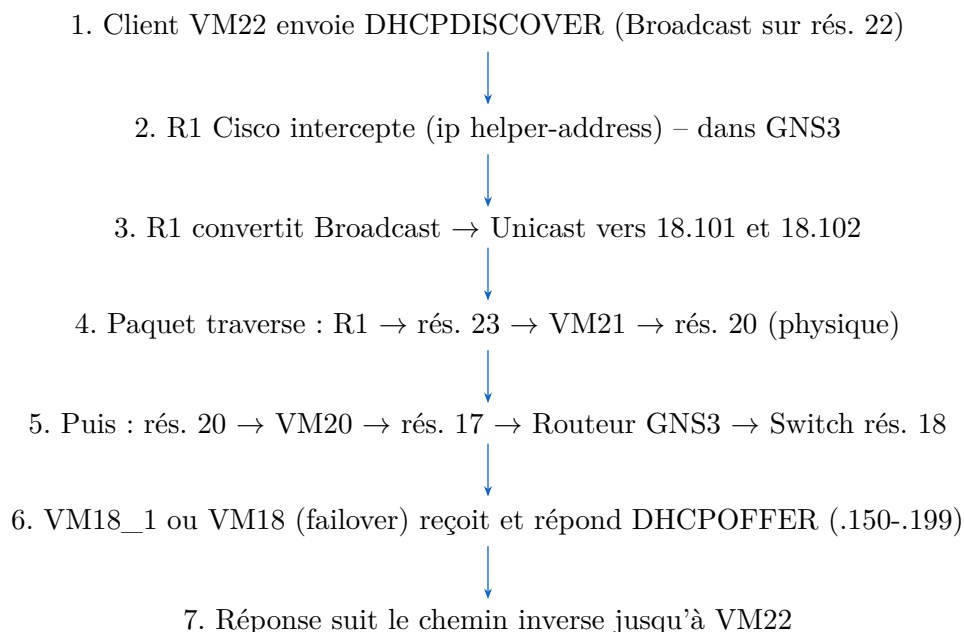


FIGURE 6 – Flux complet du relais DHCP – Du client VM22 au serveur VM18 (5 sauts)

```

18:subnet 192.168.18.0 netmask 255.255.255.0 {
19-   option routers 192.168.18.1;
20-   option subnet-mask 255.255.255.0;
21-   option domain-name-servers 8.8.8.8, 1.1.1.1;
22- }
23- pool {
24-     failover peer "dhcp-failover";
25-     range 192.168.18.150 192.168.18.199;
26- }
27-}
28-
29:subnet 192.168.19.0 netmask 255.255.255.0 {
30-   option routers 192.168.19.1;

```

Détails

Range .150 à .199, passerelle 18.1 (routeur GNS3), DNS 8.8.8.8 / 1.1.1.1. La mention `failover peer` indique un fonctionnement en binôme avec le second serveur pour la redondance.



Configuration DHCP – Réseau 19 (distant, via routeur GNS3)

```

$ grep -n 'subnet 192.168.19.0' -A 12 /etc/dhcp/dhcpd.conf
29:subnet 192.168.19.0 netmask 255.255.255.0 {
30-   option routers 192.168.19.1;
31-   option subnet-mask 255.255.255.0;
32-   option domain-name-servers 8.8.8.8, 1.1.1.1;
33- }
34- pool {
35-     failover peer "dhcp-failover";
36-     range 192.168.19.150 192.168.19.199;
37- }
38-}
39-
40:subnet 192.168.21.0 netmask 255.255.255.0 {
41-   option routers 192.168.21.1;

```

Relais via le routeur GNS3

Le serveur distribue des IP pour le réseau 19.0 avec la passerelle 19.1 (routeur GNS3). Les requêtes de VM19 passent par le routeur GNS3 (19.1 → 18.1) pour atteindre ce serveur. Le routeur GNS3 fait office de **relais implicite** car il route nativement entre les réseaux 18 et 19.



Configuration DHCP – Réseaux 21 et 22 (profonds, via Cisco dans GNS3)

```
26- }
27-}
28-
29-subnet 192.168.19.0 netmask 255.255.255.0 {
30-  option routers 192.168.19.1;
31-  option subnet-mask 255.255.255.0;
32-  option domain-name-servers 8.8.8.8, 1.1.1.1;
33-
34-  pool {
35-    failover peer "dhcp-failover";
36-    range 192.168.19.150 192.168.19.199;
37-  }
38-}
39-
40-subnet 192.168.21.0 netmask 255.255.255.0 {
41-  option routers 192.168.21.1;
42-  option subnet-mask 255.255.255.0;
43-  option domain-name-servers 8.8.8.8, 1.1.1.1;
44-
45-  pool {
46-    failover peer "dhcp-failover";
47-    range 192.168.21.150 192.168.21.199;
48-  }
49-}
50-
51-subnet 192.168.22.0 netmask 255.255.255.0 {
52-  option routers 192.168.22.1;
53-  option subnet-mask 255.255.255.0;
54-  option domain-name-servers 8.8.8.8, 1.1.1.1;
55-
56-  pool {
57-    failover peer "dhcp-failover";
58-    range 192.168.22.150 192.168.22.199;
59-  }
60-}
```

Architecture centralisée

VM18 gère le DHCP pour **toute l'infrastructure virtuelle** : réseaux 18, 19, 21 et 22. Chaque sous-réseau a sa propre passerelle correctement définie (option routers) : 18.1, 19.1, 21.1 et 22.1 respectivement.

6.3 État du service DHCP



```

systemctl status isc-dhcp-server
$ systemctl status isc-dhcp-server --no-pager
• isc-dhcp-server.service - LSB: DHCP server
   Loaded: loaded (/etc/init.d/isc-dhcp-server; generated)
   Active: active (running) since Mon 2026-02-16 10:32:24 CET; 47min ago
     Docs: man:systemd-sysv-generator(8)
  Process: 811 ExecStart=/etc/init.d/isc-dhcp-server start (code=exited, sta
    Tasks: 1 (limit: 2307)
   Memory: 3.9M
      CPU: 140ms
   CGroup: /system.slice/isc-dhcp-server.service
           └─823 /usr/sbin/dhcpd -4 -q -cf /etc/dhcp/dhcpd.conf enp0s3

Feb 16 11:10:21 ma-MRT dhcpd[823]: DHCPREQUEST for 192.168.22.150 from 08:00:27:f2:af:8a
a enp0s3
Feb 16 11:10:21 ma-MRT dhcpd[823]: DHCPACK on 192.168.22.150 to 08:00:27:f2:af:8a
B
Feb 16 11:12:44 ma-MRT dhcpd[823]: DHCPREQUEST for 192.168.22.151 from 08:00:27:f2:af:8a
a enp0s3
Feb 16 11:12:44 ma-MRT dhcpd[823]: DHCPACK on 192.168.22.151 to 08:00:27:f2:af:8a
B
Feb 16 11:14:28 ma-MRT dhcpd[823]: DHCPREQUEST for 192.168.22.150 from 08:00:27:f2:af:8a
a enp0s3
Feb 16 11:14:28 ma-MRT dhcpd[823]: DHCPACK on 192.168.22.150 to 08:00:27:f2:af:8a
B
Feb 16 11:17:39 ma-MRT dhcpd[823]: DHCPREQUEST for 192.168.22.151 from 08:00:27:f2:af:8a
a enp0s3
Feb 16 11:17:39 ma-MRT dhcpd[823]: DHCPACK on 192.168.22.151 to 08:00:27:f2:af:8a
B
Feb 16 11:18:58 ma-MRT dhcpd[823]: DHCPREQUEST for 192.168.22.150 from 08:00:27:f2:af:8a
a enp0s3
Feb 16 11:18:58 ma-MRT dhcpd[823]: DHCPACK on 192.168.22.150 to 08:00:27:f2:af:8a
B

```

Service actif et fonctionnel

Le service est active (running). Les logs montrent des requêtes DHCPREQUEST et DHCPACK pour le réseau 22 (distant, derrière Cisco dans GNS3!). **Cela prouve que toute la chaîne de relais fonctionne** : la demande a traversé R1, VM21, le réseau physique 20, VM20, le routeur GNS3, pour finalement arriver ici.

>_ Commandes supplémentaires pour le serveur DHCP

- `dhcpd -t -cf /etc/dhcp/dhcpd.conf` – Vérifier la syntaxe du fichier de config
- `cat /var/lib/dhcp/dhcpd.leases` – Voir les baux attribués côté serveur
- `journalctl -u isc-dhcp-server -since "1 hour ago"` – Logs récents détaillés
- `omshell` – Interface de gestion avancée des baux DHCP
- `grep failover /etc/dhcp/dhcpd.conf` – Vérifier la configuration failover complète

6.4 Tests de connectivité

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.18.101
PING 192.168.18.101 (192.168.18.101) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.18.101: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.01 ms
64 bytes from 192.168.18.101: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.34 ms
--- 192.168.18.101 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.006/1.174/1.342/0.168 ms
```

(a) Ping partenaire failover (18.101)

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.18.1
PING 192.168.18.1 (192.168.18.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.18.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=4.12 ms
64 bytes from 192.168.18.1: icmp_seq=2 ttl=255 time=5.52 ms
--- 192.168.18.1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 4.115/4.817/5.520/0.702 ms
```

(b) Ping passerelle GNS3 (18.1)

FIGURE 7 – Tests de connectivité depuis VM18

Connectivité validée

Le partenaire failover (18.101) répond en < 1 ms \Rightarrow les deux serveurs DHCP (sur le même réseau 18) peuvent synchroniser leurs baux. La passerelle GNS3 (18.1) répond avec TTL=255 \Rightarrow lien direct fonctionnel. Le routeur virtuel est bien la porte de sortie de VM18.

Conclusion VM18

VM18 est un serveur DHCP pleinement opérationnel. IP statique, routes valides (via routeur GNS3), service actif, configuration de 4 sous-réseaux avec failover. Les logs prouvent la distribution active d'adresses aux clients distants, validant toute l'architecture virtuelle.

7 VM19 – Client DHCP (Réseau virtuel 19)

Rôle de VM19

VM19 est un **client Linux** sur le réseau virtuel 19 (GNS3). Elle valide le fonctionnement du **relais DHCP via le routeur GNS3** et de la **redondance** des serveurs. Sa passerelle est 192.168.19.1 (routeur virtuel GNS3).

7.1 Obtention d'une IP par DHCP



Adresse IP dynamique – ip -4 -o addr show

```
$ ip -4 -o addr show
1: lo      inet 127.0.0.1/8 scope host lo          valid_lft forever preferred_lft forever
2: enp0s3  inet 192.168.19.150/24 brd 192.168.19.255 scope global dynamic enp0s3\  valid_lft
579sec preferred_lft 579sec
```

IP obtenue

Le mot-clé `dynamic` confirme que VM19 n'a pas d'IP fixe. Elle a réussi à contacter le serveur DHCP (situé sur le réseau 18, de l'autre côté du routeur GNS3) et a obtenu l'adresse `.150`. C'est la preuve que le routeur GNS3 route correctement les requêtes DHCP entre les réseaux 19 et 18.



Passerelle par défaut – ip route

```
$ ip route
default via 192.168.19.1 dev enp0s3
169.254.0.0/16 dev enp0s3 scope link metric 1000
192.168.19.0/24 dev enp0s3 proto kernel scope link src 192.168.19.150
```

Analyse

La passerelle 192.168.19.1 (routeur GNS3) a été automatiquement configurée par le serveur DHCP (option `routers`). VM19 sait que pour sortir de son réseau virtuel, elle doit passer par ce routeur.

7.2 Preuve du failover DHCP

Fichier de baux – /var/lib/dhcp/dhclient.leases

```

lease {
  interface "enp0s3";
  fixed-address 192.168.19.150;
  option subnet-mask 255.255.255.0;
  option routers 192.168.19.1;
  option dhcp-lease-time 600;
  option dhcp-message-type 5;
  option domain-name-servers 8.8.8.8,1.1.1.1;
  option dhcp-server-identifiant 192.168.18.101;
  renew 1 2026/02/16 10:26:43;
  rebind 1 2026/02/16 10:31:39;
  expire 1 2026/02/16 10:32:54;
}

==> /var/lib/dhcp/dhclient.leases <==
option dhcp-message-type 5;
option domain-name-servers 8.8.8.8,1.1.1.1;
option dhcp-server-identifiant 192.168.18.102;
renew 4 2026/02/12 11:40:32;
rebind 4 2026/02/12 11:45:05;
expire 4 2026/02/12 11:46:20;
}

lease {
  interface "enp0s3";
  fixed-address 192.168.19.151;
  option subnet-mask 255.255.255.0;
  option routers 192.168.19.1;
  option dhcp-lease-time 600;
  option dhcp-message-type 5;
  option domain-name-servers 8.8.8.8,1.1.1.1;
  option dhcp-server-identifiant 192.168.18.102;
  renew 4 2026/02/12 11:45:20;
  rebind 4 2026/02/12 11:49:17;
  expire 4 2026/02/12 11:50:32;
}

```

Failover validé !

On observe des traces des **deux serveurs DHCP** (18.101 et 18.102) dans le fichier de baux :

1. **Relais DHCP validé** : le serveur est sur le réseau 18, le client sur le 19. Le routeur GNS3 a routé la requête.
2. **Redondance (failover) validée** : si l'un ne répond pas, l'autre prend le relais. Le client accepte les baux des deux serveurs.

7.3 Tests de connectivité

```

$ ping -c 2 -W 1 192.168.19.1
PING 192.168.19.1 (192.168.19.1) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.19.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=12.3 ms
64 bytes from 192.168.19.1: icmp_seq=2 ttl=255 time=9.57 ms

--- 192.168.19.1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 9.574/10.939/12.304/1.365 ms

```

(a) Ping passerelle GNS3 (19.1)

```

$ ping -c 2 -W 1 192.168.18.101
PING 192.168.18.101 (192.168.18.101) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.18.101: icmp_seq=1 ttl=63 time=15.5 ms
64 bytes from 192.168.18.101: icmp_seq=2 ttl=63 time=18.2 ms

--- 192.168.18.101 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 15.508/16.851/18.195/1.343 ms

```

(b) Ping serveur DHCP (18.101)

FIGURE 8 – Tests de connectivité locale et inter-réseaux depuis VM19

Connectivité locale et inter-réseaux

- Passerelle 19.1 : TTL=255 ⇒ lien direct avec le routeur GNS3
- Serveur DHCP 18.101 : TTL=63 ⇒ 1 saut (le routeur GNS3 route entre 19 et 18)



Ping Internet – ping 192.168.20.254

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.20.254
PING 192.168.20.254 (192.168.20.254) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.20.254: icmp_seq=1 ttl=62 time=20.1 ms
64 bytes from 192.168.20.254: icmp_seq=2 ttl=62 time=18.1 ms

--- 192.168.20.254 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 18.076/19.111/20.146/1.035 ms
```

Connectivité de bout en bout

TTL=62 ⇒ 2 sauts de routeur ($64 - 2 = 62$). Le paquet traverse le routeur GNS3 (19.1) puis VM20 pour atteindre le réseau physique 20.254. La chaîne est complète : réseau virtuel → routeur GNS3 → VM20 → réseau physique → Internet.

Conclusion VM19

VM19 valide l'intégration complète côté client dans l'environnement GNS3 : IP obtenue via DHCP à travers le routeur virtuel, failover confirmé par les baux, connectivité totale vers l'infrastructure et vers le réseau physique (Internet).

8 VM22 – Client DHCP le plus distant (Réseau virtuel 22)

Test le plus critique du TP

VM22 représente le **client le plus éloigné** dans l'architecture (derrière le routeur Cisco R1 dans GNS3). Son succès valide le bon fonctionnement de **toute la chaîne** : relais DHCP sur Cisco, routage inter-domaines (Cisco ↔ Linux), traversée du réseau physique, et service DHCP centralisé dans GNS3.



5+ sauts – Traversée virtuel ↔ physique ↔ virtuel

FIGURE 9 – Chemin d'une requête DHCP depuis VM22 – 5 sauts, 2 changements de domaine

8.1 Configuration réseau en mode DHCP

Fichier /etc/network/interfaces

```

auto lo
iface lo inet loopback

allow-hotplug enp0s3
iface enp0s3 inet dhcp
  
```

Analyse

iface enp0s3 inet dhcp : VM22 envoie un broadcast DHCPDISCOVER sur le réseau virtuel 22. Si elle obtient une IP, cela validera toute la chaîne : R1 (relay GNS3) → VM21 (forward) → réseau physique 20 → VM20 → routeur GNS3 → VM18 (serveur).

8.2 Obtention de l'adresse IP

Adresse IP obtenue – ip -4 -o addr show

```

$ ip -4 -o addr show
1: lo      inet 127.0.0.1/8 scope host lo          valid_lft forever preferred_lft forever
2: enp0s3  inet 192.168.22.151/24 brd 192.168.22.255 scope global dynamic enp0s3\  valid_lft 526sec preferred_lft 526sec
2: enp0s3  inet 192.168.22.150/24 brd 192.168.22.255 scope global secondary dynamic enp0s3\  valid_lft 514sec preferred_lft 514sec
  
```

SUCCÈS TOTAL

Le mot `dynamic` prouve que le serveur DHCP a répondu. VM22 a reçu les adresses .150 et .151 (renouvellement de bail), toutes dans le range .150-.199 défini sur VM18. **Le DHCP fonctionne à travers toute l'infrastructure !**



Passerelle par défaut – ip route

```
$ ip route
default via 192.168.22.1 dev enp0s3
192.168.22.0/24 dev enp0s3 proto kernel scope link src 192.168.22.151
```

Vérification

La passerelle 192.168.22.1 (R1 Cisco dans GNS3) a été correctement fournie par le DHCP.

8.3 Preuve formelle du relais DHCP



Fichier de baux – dhclient.leases

```

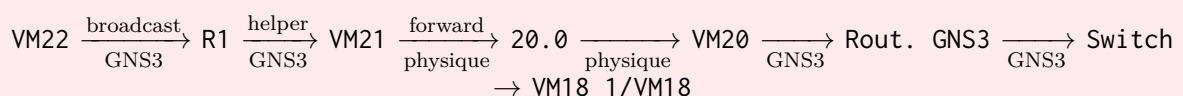
lease {
  interface "enp0s3";
  fixed-address 192.168.22.150;
  option subnet-mask 255.255.255.0;
  option routers 192.168.22.1;
  option dhcp-lease-time 600;
  option dhcp-message-type 5;
  option domain-name-servers 8.8.8.8,1.1.1.1;
  option dhcp-server-identifier 192.168.18.101;
  renew 1 2026/02/16 10:48:51;
  rebind 1 2026/02/16 10:53:05;
  expire 1 2026/02/16 10:54:20;
}

==> /var/lib/dhcp/dhclient.leases <==
  option dhcp-message-type 5;
  option domain-name-servers 8.8.8.8,1.1.1.1;
  option dhcp-server-identifier 192.168.18.101;
  renew 1 2026/02/16 10:45:00;
  rebind 1 2026/02/16 10:49:28;
  expire 1 2026/02/16 10:50:43;
}
lease {
  interface "enp0s3";
  fixed-address 192.168.22.151;
  option subnet-mask 255.255.255.0;
  option routers 192.168.22.1;
  option dhcp-lease-time 600;
  option dhcp-message-type 5;
  option domain-name-servers 8.8.8.8,1.1.1.1;
  option dhcp-server-identifier 192.168.18.101;
  renew 1 2026/02/16 10:49:40;
  rebind 1 2026/02/16 10:53:46;
  expire 1 2026/02/16 10:55:01;
}

```

Validation technique la plus complexe du TP

VM22 est sur le réseau **22**. Le serveur qui a donné l'IP est 192.168.**18**.101 (réseau 18). La requête DHCP a donc traversé :



C'est la validation technique la plus complexe : le paquet traverse **deux fois** la frontière entre le monde virtuel et le monde physique.

8.4 Tests de connectivité



Ping passerelle locale (R1 Cisco) – ping 192.168.22.1

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.22.1
PING 192.168.22.1 (192.168.22.1) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.22.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=8.35 ms
64 bytes from 192.168.22.1: icmp_seq=2 ttl=255 time=3.94 ms

--- 192.168.22.1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 3.939/6.142/8.345/2.203 ms
```

Connectivité locale

TTL=255, temps=8.35 ms ⇒ R1 Cisco est directement connecté sur le même lien virtuel GNS3. Le réseau local est sain.



Ping serveur DHCP – ping 192.168.18.101

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.18.101
PING 192.168.18.101 (192.168.18.101) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.18.101: icmp_seq=1 ttl=59 time=25.2 ms
64 bytes from 192.168.18.101: icmp_seq=2 ttl=59 time=32.2 ms

--- 192.168.18.101 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 25.172/28.684/32.196/3.512 ms
```

Analyse du TTL – 5 sauts

TTL de départ = 64, TTL d'arrivée = 59 ⇒ **5 sauts** traversés :

1. R1 Cisco (GNS3)
2. VM21 (passage GNS3 → physique)
3. Passerelle 20.254 (réseau physique)
4. VM20 (passage physique → GNS3)
5. Routeur GNS3 17.1 → réseau 18

La connectivité de bout en bout est **parfaite** malgré la complexité du chemin.



Ping Internet – ping 192.168.20.254

```
$ ping -c 2 -W 1 192.168.20.254
PING 192.168.20.254 (192.168.20.254) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.20.254: icmp_seq=1 ttl=62 time=15.7 ms
64 bytes from 192.168.20.254: icmp_seq=2 ttl=62 time=23.2 ms

--- 192.168.20.254 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 15.674/19.417/23.160/3.743 ms
```

Accès Internet confirmé

VM22 accède au réseau physique (20.254) depuis le fond de l'architecture virtuelle GNS3. Le routage est fonctionnel sur **toute la chaîne**, du client le plus profond (GNS3) jusqu'à la sortie réelle (Internet).

>_ Commandes supplémentaires pour un diagnostic complet

- `tracert 192.168.18.101` – Visualiser les 5 sauts un par un
- `cat /etc/resolv.conf` – Vérifier que les DNS (8.8.8.8, 1.1.1.1) ont été reçus via DHCP
- `dhclient -v enp0s3` – Relancer une demande DHCP en mode verbeux (voir tout le processus)
- `nslookup google.com` – Tester la résolution DNS complète (si accès Internet)

Conclusion VM22

VM22 valide le **succès total de l'architecture hybride** (physique + GNS3). Isolée derrière un routeur Cisco virtuel, elle a obtenu dynamiquement une adresse IP depuis le serveur central (situé à 5 sauts, avec deux changements de domaine physique/virtuel) grâce au relais DHCP. Connectivité établie vers tous les points stratégiques du réseau.

9 Synthèse et Conclusion

9.1 Architecture physique vs virtuelle – Récapitulatif

Réseau	Type	Machines	Rôle
192.168.20.0/24	Physique	VM20, VM21, passerelle 20.254	Liaison réelle, sortie Internet
192.168.100.0/24	Physique	Hôte	Réseau de l'hôte physique
192.168.17.0/24	Virtuel (GNS3)	VM20, Routeur GNS3	Liaison VM20 ↔ GNS3
192.168.18.0/24	Virtuel (GNS3)	VM18, VM18_1, Switch, Rout. GNS3	Serveurs DHCP (failover)
192.168.19.0/24	Virtuel (GNS3)	VM19, Routeur GNS3	Client de test
192.168.21.0/24	Virtuel (GNS3)	VM test 21, R1 Cisco	Client de test derrière Cisco
192.168.22.0/24	Virtuel (GNS3)	VM22, R1 Cisco	Client distant DHCP
192.168.23.0/24	Virtuel (GNS3)	VM21, R1 Cisco	Liaison VM21 ↔ Cisco

TABLE 2 – Récapitulatif des réseaux : physiques vs virtuels

9.2 Tableau récapitulatif de tous les tests

Machine	Test	Cible	TTL	Conclusion
Rout. GNS3	Routage 17/18/19	–	–	Validé indirectement
VM20	Ping passerelle	20.254	64	Sortie Internet (physique)
VM20	Ping routeur GNS3	17.1	255	Lien GNS3 direct OK
VM20	Ping serveur DHCP	18.101	63	1 saut via GNS3
VM21	Ping R1 Cisco	23.1	255	Lien GNS3 direct OK
VM21	Ping réseau 21	21.176	63	Via R1 (GNS3)
VM21	Ping réseau 22	22.151	63	Via R1 (GNS3)
VM21	Ping passerelle	20.254	62/64	Accès physique
VM21	Ping réseau 18	18.101	59	Inter-domaines
VM21	IP Forward	–	–	= 1 (activé)
R1	Interfaces	–	–	Toutes UP/UP (GNS3)
R1	Ping VM21	23.101	–	5/5 (100%)
R1	Helper DHCP	.101/.102	–	Fa0/0 et Fa0/1
VM18	Service DHCP	–	–	Active (running)
VM18	Ping partenaire	18.101	64	Failover synchro
VM18	Config 4 subnets	–	–	18, 19, 21, 22
VM18_1	Service DHCP	–	–	Active (running, primaire)
VM18_1	Ping partenaire	18.102	64	Failover synchro
VM test 21	IP dynamique	21.176	–	DHCP relay via Cisco OK
VM19	IP dynamique	.150	–	DHCP via GNS3 OK
VM19	Fichier de baux	–	–	2 serveurs (failover)
VM19	Ping Internet	20.254	62	2 sauts, bout en bout
VM22	IP dynamique	.150/.151	–	DHCP relay via Cisco
VM22	Ping R1 local	22.1	255	Lien GNS3 direct
VM22	Ping serveur DHCP	18.101	59	5 sauts, complet
VM22	Ping Internet	20.254	62	Bout en bout OK

TABLE 3 – Synthèse de tous les tests effectués (26 tests)

9.3 Compétences validées

Compétence	Preuve
Simulation réseau GNS3	Topologie complète : 6 sous-réseaux virtuels + 2 physiques
Routage statique Linux	Tables de routage VM20 et VM21 (routes vers routeur GNS3 et R1)
Routage Cisco IOS	Route par défaut R1 vers VM21 (ip route 0.0.0.0 ... 23.101)
IP Forwarding	Paramètre sysctl sur VM21 (pont Cisco/Linux)
Configuration DHCP	4 sous-réseaux sur VM18 et VM18_1 via switch avec failover
Relais DHCP Cisco	ip helper-address sur R1 (Fa0/0 et Fa0/1)
Relais DHCP GNS3	Routeur virtuel route nativement entre 18.0 et 19.0
Haute disponibilité	Failover DHCP via switch (VM18_1 prim. / VM18 sec.) prouvé par les baux
Architecture hybride	Connectivité physique ↔ virtuel validée (5 sauts)
Diagnostic réseau	Analyse TTL, ping, ip route, systemctl, dhclient.leases

TABLE 4 – Compétences techniques validées

9.4 Conclusion générale



Conclusion

L'ensemble de ce travail pratique démontre la maîtrise complète d'une infrastructure réseau multi-VLAN déployée dans un **environnement hybride GNS3/VirtualBox**. Les **26 tests** réalisés sur les **9 équipements** (dont le routeur virtuel GNS3, le switch, et les deux serveurs DHCP en failover) valident :

1. **La simulation réseau sous GNS3** : 6 sous-réseaux virtuels interconnectés avec 2 réseaux physiques
2. **Le routage inter-VLAN** entre 8 sous-réseaux, mélangeant équipements Linux, Cisco et routeurs GNS3
3. **Le service DHCP centralisé** capable de distribuer des adresses à des clients situés jusqu'à 5 sauts de distance, traversant deux changements de domaine (virtuel ↔ physique)
4. **Le mécanisme de relais DHCP** (ip helper-address sur Cisco et routage natif du routeur GNS3)
5. **La haute disponibilité** : failover DHCP (VM18_1 primaire / VM18 secondaire) via switch, garantissant la continuité de service
6. **La connectivité de bout en bout** depuis le client le plus profond (VM22, réseau virtuel 22) jusqu'à Internet (réseau physique 20)

Tous les objectifs du TP ont été atteints avec succès.

Marouane Belmahfoud

Licence Informatique

 [linkedin.com/in/marouane-belmahfoud](https://www.linkedin.com/in/marouane-belmahfoud)

22 février 2026