

Arthur Garnier  
Maître d'apprentissage : Lucas Nussbaum  
Tuteur académique : Thibault Cholez  
INRIA - Madynes - Grid'5000  
Jan 14, 2016



# Instanciation de topologies réseaux complexes

Arthur Garnier  
Maître d'apprentissage : Lucas Nussbaum  
Tuteur académique : Thibault Cholez

INRIA - Madynes - Grid'5000

Jan 14, 2016



Introduction

Étude de l'existant

Solution Grid'5000

Implémentation

Conclusion

Introduction

Étude de l'existant

Solution Grid'5000

Implémentation

Conclusion

Introduction

Étude de l'existant

Solution Grid'5000

Implémentation

Conclusion

- Grid'5000
  - Tests à échelle réelle
  - Personnalisation totale
- Topologies réseaux complexes
  - Outil manquant sur la plate-forme
  - Besoin pour la recherche sur les systèmes distribués

## Présentation du contexte

- Grid'5000
  - Tests à échelle réelle
  - Personnalisation totale
- Topologies réseaux complexes
  - Outil manquant sur la plate-forme
  - Besoin pour la recherche sur les systèmes distribués

- Etude de l'existant
- Évaluer les possibilités de KaVLAN
- Développer un outil d'instanciation
- Étendre à l'émulation réseau

# Sujet

- Étude de l'existant
- Évaluer les possibilités de KaVLAN
- Développer un outil d'instanciation
- Étendre à l'émulation réseau

	ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
Nœuds virtuels	Oui	Oui/Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui
Émulation réseau	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Emulateur utilisé	DummyNet	DummyNet	DummyNet	tc & HTB	tc & HTB	X	tc
Précision	M-H	H	H	F-M	M-H	F	M-H
Application native	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
Scaling	Élevé	Limité à élevé	Limité	Moyen	Élevé	Très élevé	Élevé
Limite machine physique	Non	X	X	1	Non	1	Non
Type experimentation	Émulé	Réel ou émulé	Réel	Émulé	Émulé	Simulé	Émulé
Description topologie	XML	NS	Rspec	Python+CL	Python+CL	DML	CL+REST+Ruby

Table – Tableau comparatif des solutions

## Synthèse de l'existant

	ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
Nœuds virtuels	Oui	Oui/Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui
Émulation réseau	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Emulateur utilisé	DummyNet	DummyNet	DummyNet	tc & HTB	tc & HTB	X	tc
Précision	M-H	H	H	F-M	M-H	F	M-H
Application native	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
Scaling	Élevé	Limité à élevé	Limité	Moyen	Élevé	Très élevé	Élevé
Limite machine physique	Non	X	X	1	Non	1	Non
Type experimentation	Émulé	Réel ou émulé	Réel	Émulé	Émulé	Simulé	Émulé
Description topologie	XML	NS	Rspec	Python+CL	Python+CL	DML	CL+REST+Ruby

Table – Tableau comparatif des solutions

- Simulation
- Emulation
- Echelle réelle

		Environment	
		Real	Model
Application	Real	<b>In-situ</b> (Grid'5000, DAS3, PlanetLab, GINI, ...)	<b>Emulation</b> (Microgrid, Wrekavock, V-Grid, Dummynet, TC, ...)
	Model	<b>Benchmarking</b> (SPEC, Linpack, NAS, IOzone, ...)	<b>Simulation</b> (SimGRID, GRIDSim, NS2, PeerSim, P2PSim, DiskSim, ...)

1. J. Gustedt, E. Jeannot et M. Quinson (2009). "Experimental Methodologies for Large-Scale System : a Survey". In : *Parallel Processing Letters* 19.3, p. 399–418.

## Types d'expérimentation

- Simulation
- Émulation
- Échelle réelle

		Environment	
		Real	Model
Application	Real	<b>In-situ</b> (Grid'5000, DAS3, PlanetLab, GINI, ...)	<b>Emulation</b> (Microgrid, Wrekavock, V-Grid, Dummynet, TC, ...)
	Model	<b>Benchmarking</b> (SPEC, Linpack, NAS, IOzone, ...)	<b>Simulation</b> (SimGRID, GRIDSim, NS2, PeerSim, P2PSim, DiskSim, ...)

1. J. Gustedt, E. Jeannot et M. Quinson (2009). "Experimental Methodologies for Large-Scale System : a Survey". In : *Parallel Processing Letters* 19.3, p. 399–418

- Étude de l'existant

- Types d'expérimentation

Types d'expérimentation

Type	ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
App.Nat	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui

Application	Environment	
	Real	Model
Real	In-situ (Grid'5000, DAS3, PlanetLab, GINI, ...)	Emulation (Microgrid, Wrekavock, V-Grid, Dummynet, TC, ...)
Model	Benchmarking (SPEC, Linpack, NAS, IOzone, ...)	Simulation (SimGRID, GRIDSim, NS2, PeerSim, P2PSim, DiskSim, ...)

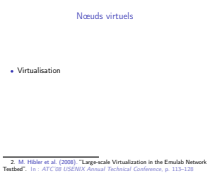
1. J. Gustedt, E. Jeannot et M. Quinson (2009). "Experimental Methodologies for Large-Scale System : a Survey". In : *Parallel Processing Letters* 19.3, p. 399–418.

## Types d'expérimentation

	ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
Type	Émulé	Réel ou émulé	Réel	Émulé	Émulé	Simulé	Emulé
App.Nat	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui

		Environment	
		Real	Model
Application	Real	<b>In-situ</b> (Grid'5000, DAS3, PlanetLab, GINI, ...)	<b>Emulation</b> (Microgrid, Wrekavock, V-Grid, Dummynet, TC, ...)
	Model	<b>Benchmarking</b> (SPEC, Linpack, NAS, IOzone, ...)	<b>Simulation</b> (SimGRID, GRIDSim, NS2, PeerSim, P2PSim, DiskSim, ...)

1. J. Gustedt, E. Jeannot et M. Quinson (2009). "Experimental Methodologies for Large-Scale System : a Survey". In : *Parallel Processing Letters* 19.3, p. 399–418



## Nœuds virtuels

- Virtualisation

---

2. [M. Hibler et al. \(2008\)](#). "Large-scale Virtualization in the Emulab Network Testbed". In : *ATC'08 USENIX Annual Technical Conference*, p. 113-128



- Virtualisation
- Sur les émulateurs et Emulab<sup>2</sup>

ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
Oui	Oui/Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui

2. M. Hibler et al. (2008). "Large-scale Virtualization in the Emulab Network Testbed". In : ATC'08 USENIX Annual Technical Conference, p. 113-128

## Nœuds virtuels

- Virtualisation
- Sur les émulateurs et Emulab<sup>2</sup>

ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
Oui	Oui/Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui

2. M. Hibler et al. (2008). "Large-scale Virtualization in the Emulab Network Testbed". In : *ATC'08 USENIX Annual Technical Conference*, p. 113-128

- Virtualisation
- Sur les émulateurs et Emulab<sup>2</sup>
- Ressources limitées

ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
Oui	Oui/Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui

2. M. Hibler et al. (2008). "Large-scale Virtualization in the Emulab Network Testbed". In : ATC'08 USENIX Annual Technical Conference, p. 113-128

## Nœuds virtuels

- Virtualisation
- Sur les émulateurs et Emulab<sup>2</sup>
- Ressources limitées

ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
Oui	Oui/Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui

2. M. Hibler et al. (2008). "Large-scale Virtualization in the Emulab Network Testbed". In : ATC'08 USENIX Annual Technical Conference, p. 113-128

# Instanciation de topologies réseaux complexes

- └ Étude de l'existant

- └ Utilisation de plusieurs machines

- Mininet<sup>3</sup>  $\subset$  Maxinet<sup>4</sup>

3. B. Lantz, B. Heller et N. McKeown (2010). "A Network in a Laptop : Rapid Prototyping for Software-Defined Networks". In : *Hotnets-IX Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM Workshop on Hot Topics in Networks 19*

4. P. Wette et al. (2014). "MaxiNet : Distributed Emulation of Software-Defined Networks". In : *Networking Conference*

## Utilisation de plusieurs machines

- Mininet<sup>3</sup>  $\subset$  Maxinet<sup>4</sup>

3. B. Lantz, B. Heller et N. McKeown (2010). "A Network in a Laptop : Rapid Prototyping for Software-Defined Networks". In : *Hotnets-IX Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM Workshop on Hot Topics in Networks 19*

4. P. Wette et al. (2014). "MaxiNet : Distributed Emulation of Software-Defined Networks". In : *Networking Conference*

Utilisation de plusieurs machines

- Mininet<sup>3</sup>  $\subset$  Maxinet<sup>4</sup>

	ModelNet	Emulab	CloudLab	Mininet	Maxinet	SSF	Distem
Nœuds virtuels	Oui	Oui/Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui
Limite machine physique	Non	X	X	1	Non	1	Non
Précision	M-H	H	H	F-M	M-H	F	M-H
Scaling	Élevé	Limité à élevé	Limité	Moyen	Élevé	Très élevé	Élevé

3. B. Lantz, B. Heller et N. McKeown (2010). "A Network in a Laptop : Rapid Prototyping for Software-Defined Networks". In : *Hotnets-IX Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM Workshop on Hot Topics in Networks 19*

4. P. Wette et al. (2014). "Maxinet : Distributed Emulation of Software-Defined Networks". In : *Networking Conference*

## Utilisation de plusieurs machines

- Mininet<sup>3</sup>  $\subset$  Maxinet<sup>4</sup>

	ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
Nœuds virtuels	Oui	Oui/Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui
Limite machine physique	Non	X	X	1	Non	1	Non
Précision	M-H	H	H	F-M	M-H	F	M-H
Scaling	Élevé	Limité à élevé	Limité	Moyen	Élevé	Très élevé	Élevé

3. B. Lantz, B. Heller et N. McKeown (2010). "A Network in a Laptop : Rapid Prototyping for Software-Defined Networks". In : *Hotnets-IX Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM Workshop on Hot Topics in Networks 19*

4. P. Wette et al. (2014). "Maxinet : Distributed Emulation of Software-Defined Networks". In : *Networking Conference*

dilatation temporelle prévue sur Mininetmininet précision faible et plus élevée sur Maxinet500 machines CloudLab

- Scalabilité au détriment de la précision ?<sup>5</sup>
- Pas de contrôle sur le statut du CPU
- Scalabilité limitée sur les infrastructures réelles

S. J. Cowie, D. Nicol et A. Ogielski (1999). "Modeling 100,000 Nodes and Beyond : Self-Validating Design". In : *DARPA/NIST Workshop on Validation of Large Scale Network Simulation Models*

## Scalabilité et précision

- Scalabilité au détriment de la précision ?<sup>5</sup>
- Pas de contrôle sur le statut du CPU
- Scalabilité limitée sur les infrastructures réelles

5. J. Cowie, D. Nicol et A. Ogielski (1999). "Modeling 100,000 Nodes and Beyond : Self-Validating Design". In : *DARPA/NIST Workshop on Validation of Large Scale Network Simulation Models*



dilatation temporelle prévue sur Mininetmininet précision faible et plus élevée sur Maxinet500 machines CloudLab

## Scalabilité et précision

- Scalabilité au détriment de la précision ?<sup>5</sup>
- Pas de contrôle sur le statut du CPU
- Scalabilité limitée sur les infrastructures réelles

```

arthur@ ~
└─$ ping 192.168.1.51 -c 3
PING 192.168.1.51 (192.168.1.51) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.1.51: icmp_seq=1 ttl=100 time=1.43 ms
64 bytes from 192.168.1.51: icmp_seq=2 ttl=100 time=1.59 ms
64 bytes from 192.168.1.51: icmp_seq=3 ttl=100 time=1.34 ms

--- 192.168.1.51 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2003ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.345/1.459/1.598/0.104 ms

arthur@ ~
└─$ ping www.debian.org -c 3
PING www.debian.org (130.89.148.14) 56(84) bytes of data:
64 bytes from klecker4.snt.utwente.nl (130.89.148.14): icmp_seq=1 ttl=54 time=44.1 ms
64 bytes from klecker4.snt.utwente.nl (130.89.148.14): icmp_seq=2 ttl=54 time=44.3 ms
64 bytes from klecker4.snt.utwente.nl (130.89.148.14): icmp_seq=3 ttl=54 time=44.0 ms

--- www.debian.org ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2002ms
rtt min/avg/max/mdev = 44.039/44.157/44.323/0.209 ms

```

5. J. Cowie, D. Nicol et A. Ogielski (1999). "Modeling 100,000 Nodes and Beyond : Self-Validating Design". In : *DARPA/NIST Workshop on Validation of Large Scale Network Simulation Models*

- Deux types d'émulateurs<sup>6</sup>
  - Émulateur de réseaux virtuels
  - Émulateur de liens réseaux
- Emulation de nœuds hétérogènes grâce à Distem<sup>7</sup>

6. L. Nussbaum et O. Richard (2009). "A comparative Study of Network Link Emulators". In : *SpringSim '09 Proceedings of the 2009 Spring Simulation Multiconference* 85

7. L. Sarzyniec et al. (2013). "Design and Evaluation of a Virtual Experimental Environment for Distributed Systems". In : *21st Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing*, p. 172-179

## Émulation réseau

- Deux types d'émulateurs<sup>6</sup>
  - Émulateur de réseaux virtuels
  - Émulateur de liens réseaux
- Emulation de nœuds hétérogènes grâce à Distem<sup>7</sup>

6. L. Nussbaum et O. Richard (2009). "A comparative Study of Network Link Emulators". In : *SpringSim '09 Proceedings of the 2009 Spring Simulation Multiconference* 85

7. L. Sarzyniec et al. (2013). "Design and Evaluation of a Virtual Experimental Environment for Distributed Systems". In : *21st Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing*, p. 172-179

# Instanciation de topologies réseaux complexes

- Étude de l'existant

- Compatibilité des topologies

ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
XML	NS	Rspec	Python+ CL	Python+ CL	DML	CL+REST +Ruby

## Compatibilité des topologies

ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
XML	NS	Rspec	Python+ CL	Python+ CL	DML	CL+REST +Ruby



Mais distem possible

- Rspec
- Application native
- Expériences réelles
- Scalabilité limitée à 1000 nœuds
- Emulation réseau

## Choix effectués

- Rspec
- Application native
- Expériences réelles
- Scalabilité limitée à 1000 nœuds
- Émulation réseau

Donner un exemple : Entre deux ips le débit est limité à X Kbps permet de contrôler le débit passant par un nœud d'un réseau informatique.

- Choix parmi les solutions de L. Nussbaum et O. Richard (2009) "A comparative Study of Network Link Emulators". In : *SpringSim '09 Proceedings of the 2009 Spring Simulation Multiconference 85*
- NISTNet
- tc
- DummyNet

ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
DummyNet	DummyNet	DummyNet	tc & HTB <sup>8</sup>	tc & HTB	X	tc

<sup>8</sup> Hierarchical token bucket

## Choix de l'émulateur réseaux

- Choix parmi les solutions de L. Nussbaum et O. Richard (2009). "A comparative Study of Network Link Emulators". In : *SpringSim '09 Proceedings of the 2009 Spring Simulation Multiconference 85*
  - NISTNet
  - tc
  - DummyNet

ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
DummyNet	DummyNet	DummyNet	tc & HTB <sup>8</sup>	tc & HTB	X	tc

Donner un exemple : Entre deux ips le débit est limité à X Kbps permet de contrôler le débit passant par un nœud d'un réseau informatique.

Choix de l'émulateur réseaux

- Choix parmi les solutions de L. Nussbaum et O. Richard (2009) "A comparative Study of Network Link Emulators". In : *SpringSim '09 Proceedings of the 2009 Spring Simulation Multiconference 85*
  - NISTNet
  - tc
  - **DummyNet**

ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
DummyNet	DummyNet	DummyNet	tc & HTB <sup>8</sup>	tc & HTB	X	tc

8. Hierarchical token bucket

## Choix de l'émulateur réseaux

- Choix parmi les solutions de L. Nussbaum et O. Richard (2009). "A comparative Study of Network Link Emulators". In : *SpringSim '09 Proceedings of the 2009 Spring Simulation Multiconference 85*
  - NISTNet
  - tc
  - **DummyNet**

ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	SSF	Distem
DummyNet	DummyNet	DummyNet	tc & HTB <sup>8</sup>	tc & HTB	X	tc

- KaVLAN
- Gestion des VLANs
  - SNMP ou SSH sur les switchs
  - 3 types de VLAN sur Grid'5000
    - Locaux
    - Routés
    - Globaux
  - Ajout d'un quatrième type

simple network management protocol  
histoire passerelle

## KaVLAN

- Gestion des VLANs
- SNMP ou SSH sur les switchs
- 3 types de VLAN sur Grid'5000
  - Locaux
  - Routés
  - Globaux
- Ajout d'un quatrième type

- Ruby
- Changement des spécifications du sujet
- Fonctionnalités :
  - Déploiement des nœuds
  - Configuration IP
  - Mise en place des interfaces dans les VLANs
  - Sortie YAML

# Développement de TopoMaker

- Ruby
- Changement des spécifications du sujet
- Fonctionnalités :
  - Déploiement des nœuds
  - Configuration IP
  - Mise en place des interfaces dans les VLANs
  - Sortie YAML

- Impossible de se déplacer de nœud en nœud
- Pas d'accès à Internet dans les VLANs

## Fonctionnalités manquantes à l'utilisation

- Impossible de se déplacer de nœud en nœud
- Pas d'accès à Internet dans les VLANs

- Impossible de se déplacer de nœud en nœud  
⇒ Génération de clés RSA
- Pas d'accès à Internet dans les VLANs

## Fonctionnalités manquantes à l'utilisation

- Impossible de se déplacer de nœud en nœud  
⇒ Génération de clés RSA
- Pas d'accès à Internet dans les VLANs

- Impossible de se déplacer de nœud en nœud  
→ Génération de clés RSA
- Pas d'accès à Internet dans les VLANs  
→ Ajout d'un champ au fichier de topologie

## Fonctionnalités manquantes à l'utilisation

- Impossible de se déplacer de nœud en nœud  
⇒ Génération de clés RSA
- Pas d'accès à Internet dans les VLANs  
⇒ Ajout d'un champ au fichier de topologie



└─ Conclusion

└─ Conclusion

Nouvel outils, plus de VLAN

- Vision globale
- Solution compatible avec CloudLab
- Amélioration des services proposés sur Grid'5000
- Perspectives d'amélioration

# Conclusion

- Vision globale
- Solution compatible avec CloudLab
- Amélioration des services proposés sur Grid'5000
- Perspectives d'amélioration

└ Conclusion

└ Conclusion

Conclusion

	ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	Distem	topoMaker
Nœuds virtuels	Oui	Oui/Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non
Émulation réseau	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Bientôt
Emulateur utilisé	DummyNet	DummyNet	DummyNet	tc & HTB	tc & HTB	tc	DummyNet
Précision	M-H	H	H	F-M	M-H	M-H	H
Application native	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	H
Scaling oe uds	Élevé	Limité à élevé	Limité	Moyen	Élevé	Élevé	Limité 1000 n
Limite machine physique	Non	X	X	1	Non	Non	X
Type expérimentation	Émulé	Réel ou émulé	Réel	Émulé	Émulé	Emulé	Réel
Description topologie	XML	NS	Rspec	Python+ CL	Python+ CL	CL+REST +Ruby	Rspec

Table – Tableau comparatif comprenant la solution Grid'5000

# Conclusion

	ModelNet	Emulab	CloudLab	MiniNet	Maxinet	Distem	topoMaker
Nœuds virtuels	Oui	Oui/Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non
Émulation réseau	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Bientôt
Emulateur utilisé	DummyNet	DummyNet	DummyNet	tc & HTB	tc & HTB	tc	DummyNet
Précision	M-H	H	H	F-M	M-H	M-H	H
Application native	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	H
Scaling oe uds	Élevé	Limité à élevé	Limité	Moyen	Élevé	Élevé	Limité 1000 n
Limite machine physique	Non	X	X	1	Non	Non	X
Type expérimentation	Émulé	Réel ou émulé	Réel	Émulé	Émulé	Emulé	Réel
Description topologie	XML	NS	Rspec	Python+ CL	Python+ CL	CL+REST +Ruby	Rspec

Table – Tableau comparatif comprenant la solution Grid'5000