

Épreuve bibliographique tutorée

présentée et soutenue le 10 avril 2014 par  
Cynthia LOPES DO SACRAMENTO

---

## **SDN : Software-Defined Netowrking**

Réseau Informatique Défini par Logiciel

---

Jury :        Romain KOBYLANSKI  
                François MILLER  
                Véronique PANNE

Tuteur :       Claude CASERY  
Entreprise : Bull



---

It is harder to crack a prejudice than an atom.  
Albert EINSTEIN



# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1. Problématique Réseau et SDN</b>	<b>3</b>
1.1. Ossification de l'internet face au besoin d'expansion . . . . .	3
1.2. Complexification et Pénibilité du Management Réseau . . . . .	4
1.3. Clean-slate Internet . . . . .	5
1.4. Les requis d'un réseau idéalement adapté aux besoins courants . . . . .	5
<b>2. Réseaux programmables avec SDN</b>	<b>7</b>
2.1. Séparation de l'intelligence (contrôle) de la commutation . . . . .	7
2.2. Tableaux de flux . . . . .	7
2.3. Contrôleur . . . . .	7
2.4. Un point sur la situation . . . . .	7
2.4.1. ONF . . . . .	7
2.4.2. OpenFlow - Protocoles standardisés . . . . .	7
<b>3. Enjeux de SDN</b>	<b>9</b>
3.1. Contrôle : centralisé ou distribué . . . . .	9
3.2. Niveau de granularité . . . . .	9
3.3. Politiques : réactives ou pro-actives . . . . .	9
3.4. Fonctions de Virtualisation du Réseau . . . . .	9
<b>4. Solutions SDN disponibles</b>	<b>11</b>
4.1. Solution logiciel open source OpenDaylight . . . . .	11
4.2. Écosystème SDN HP, solution virtualisée . . . . .	11
4.3. Cisco ONE, hardware différentiel . . . . .	11
4.4. Brocade Ethernet Fabric, Fibre Channel support over Ethernet . . . . .	11
4.5. VMWare NSX, from physical to logical services . . . . .	12
4.6. Juniper MetaFabric Architecture . . . . .	12
4.7. Citrix NetScaler, plate-forme ouverte dirigée par app . . . . .	12
<b>5. Des Applications de SDN et leurs possibilités</b>	<b>13</b>
5.1. Management du Réseau et Contrôle d'Accès . . . . .	13
5.2. VLANs . . . . .	13
5.3. Clients mobiles sans fil VoIP . . . . .	13
<b>Conclusion</b>	<b>15</b>

<b>A. Première annexe</b>	<b>17</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>19</b>
<b>Glossaire</b>	<b>23</b>
<b>Acronyms</b>	<b>25</b>

# Liste des tableaux





# Table des figures



# Introduction

[3 lignes qui parle de SDN et utilisent les mots clefs du sujet.]

L'internet a évolué de trois manières importantes dans les dix dernières années.

- Le contenu a évolué de texte et pages web relativement statiques, il a progressé vers un contenu multimédia haut-débit exigeant une latence réduite.
- L'utilisation s'est rapidement mondialisée ; par exemple le débit international servant l'Afrique a augmenté de 1.21Gbit/s en 2001 à 570.92Gbit/s en 2011 [1].
- L'accès a étendu des ordinateurs de bureau à une variété de nouveaux dispositifs, comme pour les téléphones mobiles dont le trafic global des données a augmenté de 70% en 2012. [2].

Fait important : la rapidité d'une telle évolution technologique et son adoption est sans précédent dans l'histoire de l'humanité.

La capacité d'évolution pour s'adapter aux nouvelles exigences des usagers est courante dans l'histoire de l'Internet. En revanche, dans le scénario actuel on voit poindre une croissance accélérée de l'accès de partout, notamment dans les pays en développement, ainsi qu'une rapide augmentation de l'utilisation par les utilisateurs existants, engendrée par les contenus multimédias et les applications machine-à-machine. Par exemple, en moins de deux ans depuis la parution d'Instagram, plus de 50 millions de personnes ont partagé plus d'un milliard de photos dessus. [3]. Dans ce contexte, on met en cause la capacité de l'internet, comme il est, de continuer à fournir l'infrastructure nécessaire. [4]

De nouvelles technologies et concepts émergent pour répondre aux nouveaux besoins de ces utilisateurs qui exigent de plus en plus haut-débit et une latence réduite. Le Big Data a modifié le traitement des données pour permettre les entreprises de gérer la quantité massive de données manipulées. [5] Le Cloud Computing et la Virtualisation ont apporté une nouvelle approche pour le management et l'hébergement de ressources de Technologie de l'Information (TI) dans le but de les rendre plus agiles, plus efficaces, plus sécurisés et plus flexibles tout en réduisant les coûts. [6]. Pour accompagner ces évolutions, une innovation technologique dans le domaine des réseaux informatiques est requise. [7]

Cette problématique a amené scientifiques et tous les ingénieurs impliqués dans ce secteur à la conception de Software-Defined Networking, Réseau Informatique Défini par Logiciel (SDN). SDN est un nouveau paradigme réseau qui est actuellement développé en collaboration pour adapter l'infrastructure existante au nouveau scénario.[8] Le présent document a donc pour but d'explorer cette solution et analyser les approches qui ont été faites dans ce domaine. Il propose un état de l'art des technologies parues pour déployer SDN ainsi que divers cas d'utilisation dont les enjeux seront présentés.

[un paragraphe pour le plan du texte (de quoi parle chaque section)]

[Un paragraphe pour conclure l'intro et laisser les pistes de mon point de vue et les conclusions trouvées].

# Chapitre 1.

## Problématique Réseau et SDN

Ce chapitre va reprendre les problèmes réseaux rencontrés pour définir les besoins actuels dans le domaine. Une liste de requis pour une architecture réseau idéalement adapté aux applications actuelles sera proposée. En connaissant les problèmes de l'architecture en place, la question que se pose est : si on repartait de zéro, comment on le ferait ?

### 1.1. Ossification de l'internet face au besoin d'expansion

À vouloir autoriser et même encourager les utilisateurs à innover sur son architecture, l'internet s'est fait dépasser par son propre succès. La croissance explosive des utilisateurs, du trafic et des applications a apporté toute une série de problèmes, tant que l'exhaustion des adresses IPv4 disponibles et les menaces aux réseaux locaux privés.

En réponse à ces questions, on a introduit dans l'architecture des Middleboxes, par exemple les NATs et les Firewalls, à un prix : la complexité. Le logiciel dans ces systèmes est capable d'atteindre n'importe quel objectif sous réserve de devenir excessivement complexe, fragile, incompréhensible et mal jugé. Parce que les coûts de la complexité ont été négligés lors de l'évolution de l'internet, les applications en réseau sortantes ont été rendues difficiles à concevoir, à mettre en place et à maintenir. [9]

Actuellement l'internet compte avec une énorme base d'équipements et de protocoles installée. Avec le système d'adressage IPv4 ce réseau peut interconnecter jusqu'à quatre milliards d'équipements. Capacité dont le limite est proche d'être atteint, confirmé par le développement du protocole IPv6 qui nous permettrait d'augmenter l'espace d'adressage par des centaines de milliards de fois. [10]

L'internet est vu aujourd'hui comme une infrastructure critique de la société, tel que le transport ou l'électricité. Cela provoque une résistance aux essais des nouvelles applications en parallèle à celles en mode de production. Ce fait a mené la communauté de chercheurs en réseau à se faire dominée par une conviction de qu'un travail n'est utile que si ses résultats peuvent être facilement adoptés dans l'architecture existante. En essayant de travailler avec cette contrainte, les concepteurs ont réalisé que l'architecture courante rend la résolution de certains problèmes impossible. [11] [12]

On se rend compte que l'adoption de nouvelles idées dans le domaine des réseaux reste complexe. Finalement, les ingénieurs comptent avec peu de moyen concret pour tester de nouveaux protocoles réseau dans une configuration assez réaliste pour assurer

et distribuer leurs déploiements. Par conséquent, la majorité des nouvelles idées émises dans le cadre de la recherche en "réseaux informatiques" finissent sans essais et sans tests. Cette barrière à l'évolution en face des besoins d'expansion des utilisateurs actuels confirme la croyance répandue que l'infrastructure réseau "est en phase d'ossification". [11]

## 1.2. Complexification et Pénibilité du Management Réseau

### Brain storming \*

Même dans un réseau LAN de porte moyen, on compte avec plusieurs équipements qui réalisent des fonctions spécifiques. Ces équipements doivent être configurables un à un donc pour atteindre à un objectif pour le réseau, toute la configuration de chaque équipement doit être orchestrée pour aboutir ce besoin. Il est difficile de mettre en place une configuration centralisée.

Chaque équipement a été conçu pour réaliser une fonctionnalité spécifique. Pour toute correction de bug ou extension de ces fonctions, il est nécessaire que le vendeur mette en place une mise à jour logicielle tenant en compte les modifications souhaitées ou alors il faut acheter un nouveau équipement.

Difficulté de faire évoluer (lack of scalability or inability to scale) ; Complexité générant une résistance à l'innovation ; Dépendance du vendeur ; politiques inconsistantes

The Internet was not designed with management in mind, yet the administrators of today's networks face critical problems of configuration, traffic engineering, routing policy, and failure diagnosis. Their tools for understanding network traffic are poor, and their mechanisms for controlling network operations do not offer a predictable relationship between cause and effect.

Internet routing is beginning to have serious problems of scale. The routing table in a typical router now has 300,000 entries, and these must be stored in the fastest, most expensive types of memory to maintain routing speed.<sup>2</sup> There are efforts to move toward a scheme in which a typical routing table has one entry per autonomous system, which points to a router that can route to all the addresses for which that autonomous system is responsible.

### Fin brain storming \*

Cette stase empêchant l'innovation vient contre la rapide croissance de l'internet qui impose une expansion de l'architecture réseau.

Figure 1 : The need for network capabilities and bandwidth is expanding at a faster rate than either bandwidth availability or revenue to grow.

Le plus une entreprise dépend d'un nombre croissant de dispositifs et gros volumes de données, la plus importante est la demande pour débit et expansion de l'infrastructure. La complexité de cette expansion des réseaux augmente la probabilité des interruptions

de service dues à une faille humaine ou autre problème. Ce fait met en évidence l'importance de la disponibilité, fiabilité, performance et sécurité. L'efficacité et la réduction des coûts deviennent cruciales pour aboutir la mis en échelle de ces besoins, et donc le management assume en rôle primordial dans ce contexte. [13]

Malgré l'assistance des agents autonomes et intelligents ainsi que des logiciels pour le management réseau, la mission de l'administrateur réseau reste importante et compliquée. Il doit équilibrer les différentes tâches du management pour assurer que le Système d'Information (SI) soit proprement configuré et maintenu. [14]

### **1.3. Clean-slate Internet**

Re-partir de zéro. En le faisant, quels sont les caractéristique de l'architecture ?

Cette problématique a amené scientifiques et les ingénieurs impliqués à concevoir SDN. SDN est un nouveau paradigme réseau qu'on fait actuellement en cours de développer pour adapter l'infrastructure existante au nouveau scénario.

### **1.4. Les requis d'un réseau idéalement adapté aux besoins courants**





# Chapitre 2.

## Réseaux programmables avec SDN

Le but de ce chapitre est de (re)définir SDN et de présenter en quoi SDN répond aux besoins explicités dans le chapitre 1. Ce chapitre répond aux questions : Qu'est-ce que SDN ? Qu'est-ce que se la propose ? Où on en est par rapport à SDN ?

### 2.1. Séparation de l'intelligence (contrôle) de la commutation

Architecture

### 2.2. Tableaux de flux

### 2.3. Contrôleur

### 2.4. Un point sur la situation

#### 2.4.1. ONF

#### 2.4.2. OpenFlow - Protocoles standardisés



# Chapitre 3.

## Enjeux de SDN

Ce chapitre va présenter quels sont les enjeux pour déployer SDN. Quels sont les problèmes que cette architecture peut poser et les propositions pour les surmonter.

### 3.1. Contrôle : centralisé ou distribué

Contrôle centralisé = un seul point de faille pour le réseau complet.

Architecture physiquement distribuée mais centralisé au niveau logique.

Consistence et stateliness quand on distribue des états sur le réseau peut causer un mal comportement des applications qui pensent qu'elles une vision précise du réseau.

### 3.2. Niveau de granularité

### 3.3. Politiques : réactives ou pro-actives

### 3.4. Fonctions de Virtualisation du Réseau



# Chapitre 4.

## Solutions SDN disponibles

Le but de ce chapitre n'est pas de détailler chaque solution SDN émergeant, mais d'analyser les offres des principales constructeur du marché et leur positionnement pour les tendances qu'on peut espérer de SDN prochainement.

### 4.1. Solution logiciel open source OpenDaylight

### 4.2. Écosystème SDN HP, solution virtualisée

SDN Dev Center. SDN App Store.

HP SDN Developer Kit

### 4.3. Cisco ONE, hardware différentiel

Cisco Open Network Environment (ONE) is a comprehensive solution to help networks become more open, programmable, and application-aware. The broad capabilities of Cisco ONE help meet the needs of numerous market segments, including emerging concepts such as software-defined networking (SDN).

### 4.4. Brocade Ethernet Fabric, Fibre Channel support over Ethernet

Virtual Cluster Switching Pour les architectes du réseau et serveurs de data centre.

**4.5. VMWare NSX, from physical to logical services**

**4.6. Juniper MetaFabric Architecture**

**4.7. Citrix NetScaler, plate-forme ouverte dirigée par app**

# **Chapitre 5.**

## **Des Applications de SDN et leurs possibilités**

Ce chapitre a pour but de présenter ce qui apporte SDN, quelles sont les applications pratiques de ce nouvel paradigme. Ce ne sera pas exhaustive, mais c'est pour exemplifier. Cela permettra aussi d'avoir une idée de l'exploitation future de SDN.

### **5.1. Management du Réseau et Contrôle d'Accès**

Association des flux aux groupe d'utilisateur permettant de définir les politiques d'accès à différents services.

### **5.2. VLANs**

Réseaux isolés définis par flux.

### **5.3. Clients mobiles sans fil VoIP**





# Conclusion

⋮



## **Annexe A.**

### **Première annexe**

TI

# Bibliographie

- [1] Michael KENDE. *Internet global growth: lessons for the future*. Analysys Mason Limited, London, United Kingdom, section 4.3 Impact on developing countries. Sept. 2012.
- [2] *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012–2017*. White Paper. The Cisco® Visual Networking Index (VNI) Global Mobile Data Traffic Forecast Update is part of the comprehensive Cisco VNI Forecast, an on-going initiative to track and forecast the impact of visual networking applications on global networks. This paper presents some of Cisco’s major global mobile data traffic projections and growth trends. Fév. 2013.
- [3] *2 Years Later: The First Instagram Photo*. Postage d’un le blog officiel. 2013.
- [4] Michael KENDE. *How Internet continues to sustain growth and Innovation*. Analysys Mason Limited and Internet Society (ISOC), London, United Kingdom, section 1 Introduction. Oct. 2012.
- [5] *Information Management and Big Data A Reference Architecture*. An Oracle White Paper. Fév. 2013.
- [6] *Intel’s Vision of Open Cloud Computing*. White Paper. Intel IT Center. 2013.
- [7] Pamela ZAVE. « Internet Evolution and the Role of Software Engineering ». English. In : *The Future of Software Engineering*. Sous la dir. de Sebastian NANZ. Section 7 Conclusion. Springer Berlin Heidelberg, 2011, p. 152–172. ISBN : 978-3-642-15186-6. DOI : 10.1007/978-3-642-15187-3\_12. URL : [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-15187-3\\_12](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-15187-3_12).
- [8] Nick MCKEOWN et al. « OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks ». In : *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.* 38.2 (mar. 2008), p. 69–74. ISSN : 0146-4833. DOI : 10.1145/1355734.1355746. URL : <http://doi.acm.org/10.1145/1355734.1355746>.
- [9] Pamela ZAVE. « Internet Evolution and the Role of Software Engineering ». English. In : *The Future of Software Engineering*. Sous la dir. de Sebastian NANZ. Section 3 The Real Internet et 4 Internet trends and evolution. Springer Berlin Heidelberg, 2011, p. 152–172. ISBN : 978-3-642-15186-6. DOI : 10.1007/978-3-642-15187-3\_12. URL : [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-15187-3\\_12](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-15187-3_12).
- [10] *IPv6 - What is it, why is it important, and who is in charge?* Paper. A factual paper prepared for and endorsed by the Chief Executive Officers of ICANN and all the Regional Internet Registries. Oct. 2009.

- [11] Nick McKEOWN et al. « OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks ». In : *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.* 38.2 (mar. 2008). Section 1. THE NEED FOR PROGRAMMABLE NETWORKS, p. 69–74. ISSN : 0146-4833. DOI : 10.1145/1355734.1355746. URL : <http://doi.acm.org/10.1145/1355734.1355746>.
- [12] Bruno Nunes ASTUTO et al. *A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks*. Anglais. Section 1. Introduction. Jan. 2014.
- [13] *Managing the growing pains in today's expanding networks*. White Paper. Section The need for management in an expanding network. Jan. 2012.
- [14] Sarah LOWMAN. « Central issues in network management ». In : (2010). Section Conclusion.
- [15] Bruno Nunes ASTUTO et al. *A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks*. Anglais. Jan. 2014.
- [16] D. Despotovi S. CVETANOVI et I. MLADENOVI. « The concept of technological paradigm and the cyclical movements of the economy ». Anglais. In : *Facta universitatis - series: Economics and Organization* 9.2 (2012), p. 149–159. ISSN : 330.342.143.
- [17] G. DOSI. *Technological paradigms and technological trajectories, Research Policy*. Anglais. 1982.
- [18] Christopher MONSANTO et al. « Composing Software Defined Networks ». In : *Presented as part of the 10th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation*. Lombard, IL : USENIX, 2013, p. 1–13. ISBN : 978-1-931971-00-3. URL : <https://www.usenix.org/conference/nsdi13/composing-software-defined-networks>.
- [19] Martin CASADO et al. « Fabric: A Retrospective on Evolving SDN ». In : *Proceedings of the First Workshop on Hot Topics in Software Defined Networks*. HotSDN '12. Helsinki, Finland : ACM, 2012, p. 85–90. ISBN : 978-1-4503-1477-0. DOI : 10.1145/2342441.2342459. URL : <http://doi.acm.org/10.1145/2342441.2342459>.
- [20] S. SEZER et al. « Are we ready for SDN? Implementation challenges for software-defined networks ». In : *Communications Magazine, IEEE* 51.7 (juil. 2013), p. 36–43. ISSN : 0163-6804. DOI : 10.1109/MCOM.2013.6553676.
- [21] N. FOSTER et al. « Languages for software-defined networks ». In : *Communications Magazine, IEEE* 51.2 (fév. 2013), p. 128–134. ISSN : 0163-6804. DOI : 10.1109/MCOM.2013.6461197.
- [22] Michael KENDE. *Internet global growth: lessons for the future*. Analysys Mason Limited, London, United Kingdom. Sept. 2012.

- [23] Michael KENDE. *How Internet continues to sustain growth and Innovation*. Analysys Mason Limited and Internet Society (ISOC), London, United Kingdom. Oct. 2012.





# Glossaire

**Big Data** Big Data est un terme appliqué aux ensemble de données dont la taille est au-delà de la capacités des outils logiciels communs de les capturer, gérer et traiter. Une nouvelle classe de technologies et outils ont été développés pour surmonter le challenge de créer valeur commercial à partir la complexe analyse de ces donnés. Le terme est employé pour référer ce type de données ainsi que les technologies utilisées pour les stocker et traiter [5]

**Cloud Computing** Le Cloud Computing est x

**Data Center** Centre de données.

**Middlebox** Boîtier intermédiaire. Un middlebox est un serveur gardant des états au milieu de la communication entre deux hôtes. Ils se différencient des hôtes qui représentent les 'endpoints' de la communication. Ils sont encore différents des routeurs qui ne gardent pas d'états concernant les instances de communications.

**Paradigme** Un paradigme dénote une collection de règles, standards et exemples de pratiques scientifiques, partagés par un groupe de scientifiques. Sa genèse et continuation de la tradition de recherche sont conditionnées à l'engagement et au consensus qui en découle. [16] D'après Dosi [17], quand un nouveau paradigme technologique apparaît, il représente une discontinuité ou un changement de la manière de penser. Ce changement apporté par le paradigme est souvent lié à une sorte d'innovation radicale qui applique une nouvelle technologie. Dans ce document, le terme paradigme sera employé dans ce sens d'innovation et application de nouvelle technologie

**Virtualisation** La Virtualisation est y



# Acronyms

**NFV** Network Functions Virtualization, Virtualisations des fonctions réseau

**RTFM** Read the f... manual

**SDN** Software-Defined Networking, Réseau Informatique Défini par Logiciel

**SI** Système d'Information

**TI** Technologie de l'Information





## SDN : Software-Defined Netowrking

rédigé par Cynthia LOPES DO SACRAMENTO

---

### Résumé

Résumé en français ...

Mots clés : SDN, Réseaux Programmables, Plan de Contrôle, Plan de Données, Système d'Exploitation Réseau

---

### Abstract

Résumé en anglais ...

Keywords : SDN, Programmable Networks, Control Plane, Data Plane, Network Operating System

---