

Mémoire

présenté et soutenu le 10 avril 2014 par
Cynthia LOPES DO SACRAMENTO

Applications SDN

du data centre au Cloud

Jury : Romain KOBYLANSKI
 François MILLER
 Véronique PANNE

Tuteur : Claude CASERY
Entreprise : Bull

Table des matières

Introduction	1
1 Problématique Réseau et SDN	3
1.1 Internet face aux besoins d'expansion	3
1.2 Administration du Réseau : Contraignante et Complexe	4
1.3 Un nouveau modèle réseau pour supporter ces évolutions	6
2 Réseaux programmables avec SDN	7
2.1 Séparation de l'intelligence (contrôle) de la commutation (flux de données)	7
2.2 Contrôle centralisé et matériel simplifié : l'intérêt de SDN	9
2.3 Enjeux imposant des choix d'implémentation	10
3 Possibilités d'Application de SDN	11
3.1 Data Center	12
3.2 Réseaux d'entreprise et campus	13
3.3 WAN	14
4 Solutions SDN disponibles	17
4.1 Un point sur la situation	17
4.2 Écosystème SDN HP, gamme de solutions virtualisées Data Center	19
4.3 Cisco ONE, équipement programmable	20
4.4 Virtualisation : Big Switch Controller et VMWare NSX	21
Conclusion	23
Acronymes	25
Glossaire	27
Bibliographie	31

Liste des tableaux

3.1	Opportunités et Challenges pouvant être résolus par SDN [35]	11
4.1	Produits SDN et les principaux fournisseurs [51]	19

Table des figures

1.1	Pression croissante sur l'infrastructure réseau [16]	5
2.1	L'ensemble de l'Architecture Traditionnelle et SDN [15]	8
3.1	Raccordement réseau de deux Data Centers [43]	13
3.2	Déploiement mondial de B4 en 2011 [45]	15
4.1	Architecture OpenFlow SDN par ONF [3]	18

Introduction

Les centres de traitement de données évoluent aujourd'hui à un rythme intense pour accompagner l'explosion de l'usage des données. L'accélération de l'innovation dans l'informatique impose une rénovation constante du business. La virtualisation a permis aux centres de données d'améliorer la productivité de ses serveurs, mais pour arriver à l'agilité envisagée, les data centres doivent évoluer leurs réseaux et débloquent le Cloud Computing. Cette étude analyse les applications **Software-Defined Networking : Réseau Informatique Défini par Logiciel (SDN)** pour distinguer ses apports dans le contexte des data centres et habilitier la passage au Cloud Computing.

La plus part des infrastructures **Technologie de l'Information (TI)** n'ont pas été construite pour supporter la croissance explosive de la capacité de traitement de l'information qu'on observe aujourd'hui. Plusieurs centre de données sont devenus hautement distribués et relativement fragmentés. Comme résultat, ils sont limités dans leur capacité d'évoluer rapidement et de supporter l'intégration des nouveaux types de technologies ou se mettre à l'échelle pour monter le business en puissance selon les besoins de ses consommateurs.

Quand équipée avec des infrastructures assez performantes, partagés et dynamiques ainsi qu'avec des outils nécessaires pour libérer ressources de la demande traditionnelle, **TI** pourra répondre plus efficacement aux besoins métiers. Par conséquence, les organisations pourraient se focaliser dans l'innovation et l'alignement les ressources à leurs priorités stratégiques plus larges. Cela soulagerait la prise de décisions, qui pourrait passer se baser en information temps-réel.

Alors que les coûts du réseau dans un data centre est estimé à 15% [**cloudCosts**] du total et n'étant pas un des plus larges, il est largement argumenté qu'il représente un élément clé pour la réduction des coûts et augmentation du retour sur l'investissement. Dans cette même étude, les coûts d'investissement dans le serveurs ont été évalués à 45% des coûts des data centres. Malheureusement l'usage utile des serveurs est remarquablement bas, pouvant arriver à seulement 10% d'utilisation dans certains exemples.

La technique de la virtualisation a réussi à habilitier les processus d'être déplacés entre machines, mais des contraintes réseau continuent à limiter l'agilité dans les data centres. L'agilité est définie par la capacité d'assigner n'importe quel service n'importe où dans le data centre, tout en assurant la sécurité, la performance et l'isolation entre tous les services. Les designs des réseaux conventionnels dans un data centre empêchent cette agilité; ils fragmentent par nature tout ensemble les réseaux et la capacité de serveurs, limitant et réduisant la croissance dynamique des pools de serveur. [**cloudCostsAgility**]

L'agilité est un élément clé; diverses entreprises bataillent péniblement pour déployer des nouvelles applications ou faire évoluer les existantes à l'allure de leurs business.

Selon le sondage mené par AlgoSec avec 240 professionnels de l'informatique 25% des organisations participantes doivent attendre plus de 11 semaines pour qu'une nouvelle application soit mise en ligne (et dans 14%, ce temps se lève à plus de 5 mois). Les résultats affichent également que 59% des organisations nécessitent plus de huit heures pour réaliser un changement de connectivité dans une application. [**algoSecSurvey**]

Cependant, lors du passage au Cloud, les organisations réalisent que la virtualisation des serveurs sévèrement limitée par les designs Ethernet classiques et contrôles de sécurité réseau traditionnels. Avec l'augmentation de la virtualisation au sein des data centres, quatre tâches critiques deviennent pénibles :

- Prévention de la congestion du trafic
- Réduction de la complexité des politiques réseau et garanties du niveau service
- Élimination des points aveugles qui conduisent à des pannes
- Scellage des failles de sécurité pour protéger les données

Cette étude a pour but de démontrer comment SDN peut être appliqué aux data centres pour débloquer le Cloud Computing et élargir ses limites. Dans le premier chapitre, le contexte des data centres sera défini. En suite, les enjeux dans l'aspect réseau seront démontrés. Le chapitre suivant présentera les applications SDN qui répondent à ses enjeux. Finalement, le quatrième et dernier chapitre présentera les apports de SDN dans ce cadre.

Chapitre 1

Un data centre de base

Ce chapitre a pour but de définir un data centre de base afin de pouvoir analyser ses problématiques, enjeux et possibles solutions.

1.1 Architecture

1.2 Principaux Challenges

1.3 Aspect Réseau

Chapitre 2

Problématiques réseau rencontrées

Dans ce chapitre, les principales problématiques data centre dans un aspect réseau seront présentées et analysées.

2.1 Différents usages

2.2 Agilité

2.3 Sécurité

Chapitre 3

Applications SDN

Ce chapitre redéfinira SDN et présentera ses réponses aux problématiques réseau rencontrées en général dans les data centre, discutées dans le chapitre précédent.

3.1 Redéfinition de SDN

3.2 Solutions

Chapitre 4

Apports de SDN aux data centres

Ce chapitre démontre les apports de SDN au sein des data centre par rapports aux problématiques présentées précédemment.

4.1 Différents usages

4.2 Agilité

4.3 Sécurité

Conclusion

Même avec le succès incontestable de l'architecture d'internet, l'état de l'industrie réseau et l'essence de son infrastructure se trouvent en phase critique. Il est généralement admis que les réseaux courants sont excessivement chers, compliqués à gérer, sujets aux blocages des fournisseurs et difficiles à faire évoluer.

On constate donc un réel besoin de faire évoluer cette architecture mais des résistances s'opposent à cette évolution en raison de la complexité et la possible saturation du système. En réponse, les réseaux programmables ont été un objet intensif de recherche par la communauté. Les travaux dans ce domaine s'orientent vers l'offre SDN, un nouveau paradigme transformant cette architecture.

L'approche SDN sépare le plan de contrôle et le plan de données, offrant un contrôle et une vision centralisés du réseau. Cela peut apporter certains bénéfices comme le contrôle directement programmable, la simplification du hardware réseau et la simplification de l'ingénierie du trafic. En revanche, des défis d'implémentation sont à surmonter tels que la concentration des risques dans un contrôle physiquement centralisé, l'équilibre entre flexibilité et performance et les conditions d'interopérabilité.

La flexibilité apportée par SDN est telle que de nombreuses possibilités d'applications sont à imaginer. Essentiellement pour l'administration de data centers, le contrôle d'accès et de la mobilité pour les réseaux campus ainsi que l'ingénierie du trafic pour les réseaux WAN.

Le marché suit de près les nouveautés dans le domaine et investit sur les technologies implémentant SDN. Les stratégies ne sont pas encore assez matures et les consommateurs potentiels attendent des offres plus consolidées. Cependant, des solutions innovantes commencent à surgir et certaines sociétés assument le rôle de tête dans le marché.

On s'aperçoit que l'ampleur des possibilités SDN, même si elle présente un avantage en théorie, freine son adoption. En raison de la grande variété de concepts et produits, les consommateurs hésitent toujours à prendre une décision. En même temps, les grands fournisseurs cherchent à la fois à exploiter le nouveau marché et à protéger leurs solutions consolidées. Ces obstacles même s'ils sont confirmés, ne semblent pas être assez forts pour empêcher les échanges à long terme.

Au vu cette étude, il semblerait que dans un futur proche, les clients les plus informés et les plus disposés à innover vont commencer à déployer SDN. Leurs expériences et les résultats obtenus vont fortement impacter le choix des prochains consommateurs. Il est possible que ceux qui dessineront le futur de la technologie des réseaux informatiques pour les prochaines années seront ceux qui auront osé se lancer les premiers. Cette démarche peut éventuellement représenter un risque, mais aussi l'opportunité de tirer des bénéfices plus durables et de prendre de plus larges parts du marché.

Acronymes

ACI	Application Centric Infrastructure, Infrastructure centrée sur les applications
API	Application Programming Interface, Interface de Programmation
ASIC	Application Specific Integrated Circuit, Circuit intégré pour application spécifique
DHCP	Dynamic Host Control Protocol, Protocole pour la configuration automatique d'hôte
DNS	Domain Name System, Système de noms de domaine
HTTP	HyperText Transfer Protocol, Protocole de transfert de hypertexte
IaaS	Infrastructure as a Service, Infrastructure en tant que service
IDS	Intrusion Detection System, Système de Détection d'Intrusion
IETF	Internet Engineering Task Force, Détachement d'ingénierie d'internet
IP	Internet Protocol, Protocole d'Internet
IPS	Intrusion Prevention System, Système de Prévention d'Intrusion
IRTF	Internet Research Task Force, Détachement de recherche d'internet
LAN	Local Area Network, Réseau local
MPLS	MultiProtocol Label Switching, Commutation multi-protocoles par étiquettes
NAT	Network Address Translation, Traduction d'adresse réseau
NFV	Network Functions Virtualization, Virtualisation des fonctions réseau
NOS	Network Operating System, Système d'exploitation réseau
ONE	Open Network Environment, Environnement Réseau Ouvert
ONF	Open Networking Foundation
QoS	Quality of Service, Qualité de service
SDN	Software-Defined Networking : Réseau Informatique Défini par Logiciel
SI	Système d'Information
TI	Technologie de l'Information
VLAN	Virtual Local Area Network, Virtual LAN
VM	Virtual Machine, Machine Virtuelle
WAN	Wide Area Network, Réseau étendu

Glossaire

Abstraction En informatique, l'abstraction est un terme souvent employé pour désigner le mécanisme et la pratique qui réduisent et factorisent les détails négligeables de l'idée exprimée afin de se focaliser sur moins de concepts à la fois. C'est aussi la notion de couches d'abstraction utilisée comme moyen pour gérer la complexité des systèmes informatiques où les couches correspondent à des niveaux de détails appliqués. [86]

Big Data Big Data est un terme appliqué aux ensembles de données dont la taille (ou le format) est au-delà de la capacité des outils logiciels communs, qui ne peuvent plus les capturer, les gérer et les traiter. Une nouvelle classe de technologies et outils a été développée pour attribuer une valeur commerciale à ces données grâce à une analyse complexe. Le terme est employé en référence à ce type de données ainsi qu'aux technologies utilisées pour les stocker et les traiter. [8]

Cloud Computing Cloud Computing, ou informatique dans les nuages, est une évolution de la fourniture de services **TI** qui offre un moyen d'optimiser l'usage et le déploiement rapide de ressources. Cela se fait par des systèmes et solutions plus efficaces et **scalables**, fournissant un niveau plus haut d'automatisation. Diverses entreprises ont adopté le cloud computing et réalisent des avantages significatifs en agilité, réduction de coûts et soutien de la croissance du business. [66]

Cluster En réseaux informatiques, un cluster désigne un groupe des machines reliées entre elles à l'aide d'un réseau de communication. Cette configuration est souvent utilisée pour réaliser des calculs à haute performance. [88]

Data Center Centre de traitement de données. Il s'agit d'une installation utilisée pour héberger des systèmes informatiques et les composants associés, comme les systèmes de télécommunication et de stockage. En général, un data center inclut alimentation et connexions des données redondantes, contrôles d'environnements comme la climatisation ainsi que divers dispositifs de sécurité. [87]

Fabric En informatique, fabric (qui signifie tissu en anglais) est un synonyme de plateforme ou structure. En général, le terme fabric décrit la façon dont différents composants travaillent ensemble pour former une entité unique. Dans ces systèmes la liaison entre les composants est tellement dense qu'un schéma représentant leurs relations rassemblerait à une pièce de tissu tricotée. Sous ce terme généralement admis par l'industrie réseau, un fabric est une topologie réseau dans laquelle les composants transmettent des données l'un à l'autre à travers les switches d'interconnexion. [83] [69]

Middlebox Boîtier intermédiaire. Un middlebox est un serveur conservant des états de la communication entre deux hôtes. Ils se différencient des hôtes qui représentent les extrémités de la communication. Ils sont encore différents des routeurs qui ne gardent pas d'états concernant les sessions de communications. [11]

Open Daylight Association initiée par Linux Foundation pour l'union des géants du marché réseau dans le but de développer un contrôleur SDN open source, pour l'innover, l'encourager et pour permettre son adoption accélérée. [78]

Open Source Logiciel avec code source ouvert, qui peut donc être utilisé librement, modifié et partagé par quelqu'un. Un logiciel open source est développé par plusieurs personnes et distribué sous des licences qui se conforment à la définition d'open source. [79]

OpenFlow Le protocole OpenFlow vise à standardiser l'interface entre les applications et le contrôleur ainsi que l'interface entre le contrôleur et les éléments de commutation. [15] [63]

Paradigme Un paradigme consiste en une collection de règles, standards et exemples de pratiques scientifiques, partagés par un groupe de scientifiques. Sa genèse et poursuite en tant que tradition de recherche sont conditionnées à un fort engagement et consensus des personnes impliquées. [64] D'après Dosi [65], quand un nouveau paradigme technologique apparaît, il représente une discontinuité ou un changement dans la manière de penser. Ce changement apporté par le paradigme est souvent lié à une sorte d'innovation radicale qui implique une nouvelle technologie. Dans ce document, le terme paradigme sera employé dans ce sens d'innovation et application de nouvelle technologie.

Plan de Contrôle Intelligence du réseau, ensemble des données locales utilisées pour établir les entrées des tableaux de commutation, qui sont utilisés par le plan de données pour effectuer la transmission du trafic entre les ports d'entrée et de sortie du dispositif. [27]

Plan de Données Le plan de données traite les data-grammes entrants dans le média à travers une série d'opérations au niveau des liens qui collectent ces data-grammes et réalisent divers tests de cohérence basiques. Ensuite les data-grammes sont transférés en accord avec des tableaux pré-remplis par le **plan de contrôle**. [27]

Scalabilité Terme provenant de l'anglicisme *scalability* qui exprime la capacité d'être mis à échelle. En informatique cela désigne la capacité d'un système, d'un réseau ou un processus de gérer l'augmentation ou la réduction de la charge de manière à pouvoir la gérer. [84]. Le terme est souvent employé pour exprimer une extensibilité, évolutivité ou passage à l'échelle, mais il n'y « a pas d'équivalent communément admis en français ». [85]

Virtualisation Pour diverses entreprises, l'infrastructure serveur virtualisée est la base sur laquelle le **cloud** est construit. Initialement, les technologies de virtualisation

ont permis aux data centers de consolider leurs infrastructures pour réduire les coûts. Avec le temps, l'intégration des technologies pour le management flexible de ressources a facilité une allocation plus dynamique. Cela a aidé à réduire les coûts et a également augmenté la flexibilité et la performance. [66]

Bibliographie

- [1] 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>.
- [2] *OPEN DATA CENTER ALLIANCE Master USAGE MODEL: Software-Defined Networking Rev. 1.0*. White Paper. Section Executive Summary. 2013.
- [3] *Software-Defined Networking: The New Norm for Networks, Section Executive Summary*. White Paper. Open Networking Foundation. Avr. 2012.
- [4] Michael KENDE. *Internet global growth: lessons for the future*. Analysys Mason Limited, London, United Kingdom, section 4.3 Impact on developing countries. Sept. 2012.
- [5] *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 ongoing 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.
- [6] *2 Years Later: The First Instagram Photo*. Postage d’un le blog officiel. 2013.
- [7] 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.
- [8] *Information Management and Big Data A Reference Architecture*. An Oracle White Paper. Fév. 2013.
- [9] *Intel’s Vision of Open Cloud Computing*. White Paper. Intel IT Center. 2013.
- [10] 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.
- [11] 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.

- [12] 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>.
- [13] Bruno Nunes ASTUTO et al. *A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks*. Anglais. Section 1. Introduction. Jan. 2014.
- [14] *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.
- [15] Bruno Nunes ASTUTO et al. *A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks*. Anglais. Section 3. SOFTWARE-DEFINED NETWORKING ARCHITECTURE. Jan. 2014.
- [16] *Managing the growing pains in today's expanding networks*. White Paper. Section The need for management in an expanding network. Jan. 2012.
- [17] Sarah LOWMAN. « Central issues in network management ». In : (2010). Section Conclusion.
- [18] 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.
- [19] *A Clean-Slate Design for the Next-Generation Secure Internet, Section 4.4 Network Management*. Paper. Steven M. Bellovin Columbia University, David D. Clark MIT, Adrian Perrig CMU, Dawn Song CMU. 2005.
- [20] Martin CASADO et al. « Fabric: A Retrospective on Evolving SDN, section 1 Introduction ». 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>.
- [21] Anja FELDMANN. « Internet Clean-slate Design: What and Why? » In : *SIGCOMM Comput. Commun. Rev., Section 1 Introduction* 37.3 (juil. 2007), p. 59–64. ISSN : 0146-4833. DOI : 10.1145/1273445.1273453. URL : <http://doi.acm.org/10.1145/1273445.1273453>.
- [22] Anja FELDMANN. « Internet Clean-slate Design: What and Why? » In : *SIGCOMM Comput. Commun. Rev., Section 4. THE CLEAN-SLATE APPROACH* 37.3 (juil. 2007), p. 59–64. ISSN : 0146-4833. DOI : 10.1145/1273445.1273453. URL : <http://doi.acm.org/10.1145/1273445.1273453>.
- [23] *NETCONF Configuration Protocol*. RFC 4741. R. Enns. Déc. 2006.
- [24] Martin CASADO et al. « Ethane: Taking control of the enterprise ». In : *ACM SIGCOMM Computer Communication Review* 37.4 (2007), p. 1–12.

- [25] GENI, *Global Environment for Network Innovations*. Web site. <http://geni.net>. Fév. 2014.
- [26] S. SEZER et al. « Are we ready for SDN? Implementation challenges for software-defined networks, Section 2 BACKGROUND - Why SDN? » In : *Communications Magazine, IEEE* 51.7 (juil. 2013), p. 36–43. ISSN : 0163-6804. DOI : 10.1109/MCOM.2013.6553676.
- [27] Thomas Nadeau D. et Ken GRAY. *SDN: Software Defined Networks*. 1st. Chapitre 2 - Centralized and Distributed Control and Data Planes. O'Reilly Media, Inc., 2013. ISBN : 1449342302, 9781449342302.
- [28] Ashley HU Fei et Gerrity. *Network Innovation through OpenFlow and SDN: Principles and Design*. Chapitre 1 - SDN/OpenFlow: Concepts And Applications. CRC Press, 2014.
- [29] S. SEZER et al. « Are we ready for SDN? Implementation challenges for software-defined networks, Section 2 BACKGROUND - Why SDN? » In : *Communications Magazine, IEEE* 51.7 (juil. 2013). Section 2 BACKGROUND -Why SDN?, p. 36–43. ISSN : 0163-6804. DOI : 10.1109/MCOM.2013.6553676.
- [30] Tieto INTEL. *Carrier Cloud Telecoms – Exploring the Challenges of Deploying Virtualisation and SDN in Telecoms Networks*. White Paper. Section Summary and Conclusions. 2013.
- [31] S. SEZER et al. « Are we ready for SDN? Implementation challenges for software-defined networks, Section 3 KEY CHALLENGES ». In : *Communications Magazine, IEEE* 51.7 (juil. 2013), p. 36–43. ISSN : 0163-6804. DOI : 10.1109/MCOM.2013.6553676.
- [32] Lav GUPTA. *SDN: Development, Adoption and Research Trends : A Survey of Research Issues in SDN*. Paper. Section 2 Implementation issues in SDN. Déc. 2013.
- [33] Reema Prasad - Solutions Architect MARK MITCHINER - SOLUTIONS ARCHITECT. *Software-Defined Networking: Why We Like It and How We Are Building On It*. White Paper. Cisco. 2013.
- [34] *The 2013 Guide to Network Virtualization and SDN*. White Paper. Section Potential SDN Use Cases. Déc. 2013.
- [35] *The 2013 Guide to Network Virtualization and SDN*. White Paper. Table 11: Opportunities and Challenges that SDN Can Address. Déc. 2013.
- [36] Stan Hubbard STERLING PERRIN. *Practical Implementation of SDN & NFV in the WAN*. White Paper. Section SDN & NFV Use Cases for the WAN. Oct. 2013.
- [37] *The 2013 Guide to Network Virtualization and SDN*. White Paper. Table 12: Focus of SDN Deployment. Déc. 2013.

- [38] Nick McKEOWN et al. « OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks ». In : *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.* 38.2 (mar. 2008). 3. USING OPENFLOW, p. 69–74. ISSN : 0146-4833. DOI : 10.1145/1355734.1355746. URL : <http://doi.acm.org/10.1145/1355734.1355746>.
- [39] InCNTRE Indiana University KEITH LEHIGH Information Security Office Indiana University; Ali Khalfan. *Multi-Gigabit Intrusion Detection with OpenFlow and Commodity Clusters*. Project. 2012.
- [40] N. McKEOWN. « Elastictree: Saving energy in data center networks ». In : *Proceedings of the 7th USENIX conference on Networked systems design and implementation* (2010), p. 17–27.
- [41] H. Yamada H. SHIRAYANAGI et K. KONO. « Honeyguide: A vm migration-aware network topology for saving energy consumption in data center networks ». In : *Computers and Communications (ISCC), 2012 IEEE Symposium* (2012), p. 460–467.
- [42] Lav GUPTA. *SDN: Development, Adoption and Research Trends : A Survey of Research Issues in SDN*. Paper. Section 3 SDN and cloud computing. Déc. 2013.
- [43] OPEN DATA CENTER ALLIANCE Master USAGE MODEL: Software-Defined Networking Rev. 1.0. White Paper. Section Usage Scenarios. 2013.
- [44] Lav GUPTA. *Inter-datacenter wan with centralized te using sdn and openflow*. Conférence. Avr. 2012.
- [45] Sushant JAIN et al. « B4: Experience with a globally-deployed software defined WAN ». In : *Proceedings of the ACM SIGCOMM 2013 conference on SIGCOMM*. ACM. 2013, p. 3–14.
- [46] Bruno Nunes ASTUTO et al. *A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks*. Anglais. Section 5. SDN A PPLICATIONS. Jan. 2014.
- [47] ONF, Open Networking Foundation. White Paper. Open Networking Foundation. Sept. 2013.
- [48] *Executive's guide to software- defined networking*. White Paper. Pages 17 et 18, The Linux Foundation unifies software- defined networking powers. Juin 2013.
- [49] *Thinking about SDN? Here are 42 vendors that offer SDN products*. Web Site. Ethan Banks, <http://searchsdn.techtarget.com/news/2240212374/Thinking-about-SDN-Here-are-42-vendors-that-offer-SDN-products>. Jan. 2014.
- [50] *SDN Product Directory*. <https://www.opennetworking.org/sdn-resources/onf-products-listing>. ONF. 2014.
- [51] *The 2013 Guide to Network Virtualization and SDN*. White Paper. Chapitre 3: The NV and SDN Ecosystem. Déc. 2013.
- [52] *Executive's guide to software- defined networking*. White Paper. Pages 15 et 16, HP predicts SDN will go mainstream in 2015. Juin 2013.

- [53] *Executive's guide to software- defined networking*. White Paper. Page 23, HP boasts its SDN fabric cuts provisioning down from months to minutes. Juin 2013.
- [54] Rivka Gewirtz LITTLE. *Insieme at last! SDN fabric with Cisco ACI and Nexus 9000 switches*. Web Site. <http://searchsdn.techtarget.com/news/2240208657/Insieme-at-last-SDN-fabric-with-Cisco-ACI-and-Nexus-9000-switches>. Nov. 2013.
- [55] Reema Prasad - Solutions Architect MARK MITCHNER - SOLUTIONS ARCHITECT. *Software-Defined Networking and Network Programmability: Use Cases for Defense and Intelligence Communities*. White Paper. Cisco. 2014.
- [56] *Executive's guide to software- defined networking*. White Paper. Pages 19 à 22. Juin 2013.
- [57] Ethan BANKS. *Don't overlook SDN startups when investing in programmable networks*. Web Site. <http://searchsdn.techtarget.com/tip/Dont-overlook-SDN-startups-when-investing-in-programmable-networks>. Jan. 2014.
- [58] *Executive's guide to software- defined networking*. White Paper. Page 24, SDN gets a commercial boost from Big Switch Networks. Juin 2013.
- [59] REUTEURS. *Big Switch Networks launches first commercial product*. Web Site. <http://www.reuters.com/article/2012/11/13/bigswitchnetworks-sdn-idUSL1E8MD05D20121113>. Nov. 2013.
- [60] Zeus KERRAVALA. *Highlights of Big Switch's long-awaited SDN announcement*. Web Site. <http://www.networkworld.com/community/blog/highlights-big-switchs-long-awaited-sdn-announcement>. Nov. 2013.
- [61] Thomas Nadeau D. et Ken GRAY. *SDN: Software Defined Networks*. 1st. O'Reilly Media, Inc., 2013. ISBN : 1449342302, 9781449342302.
- [62] Bruno Nunes ASTUTO et al. *A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks*. Anglais. Jan. 2014.
- [63] Nick MCKEOWN et al. « OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks ». In : *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.* 38.2 (mar. 2008). Section 2. THE OPENFLOW SWITCH, p. 69–74. ISSN : 0146-4833. DOI : 10.1145/1355734.1355746. URL : <http://doi.acm.org/10.1145/1355734.1355746>.
- [64] 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.
- [65] G. DOSI. *Technological paradigms and technological trajectories, Research Policy*. Anglais. 1982.
- [66] *Intel's Vision of Open Cloud Computing, section Speeding Agility, Reducing Costs, and Accelerating Innovation via Cloud*. White Paper. Intel IT Center. 2013.

- [67] 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>.
- [68] 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>.
- [69] Martin CASADO et al. « Fabric: A Retrospective on Evolving SDN, section 3 Extending 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>.
- [70] 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.
- [71] Michael KENDE. *Internet global growth: lessons for the future*. Analysys Mason Limited, London, United Kingdom. Sept. 2012.
- [72] Michael KENDE. *How Internet continues to sustain growth and Innovation*. Analysys Mason Limited and Internet Society (ISOC), London, United Kingdom. Oct. 2012.
- [73] *Managing the growing pains in today's expanding networks*. White Paper. Figure 1. Jan. 2012.
- [74] Anja FELDMANN. « Internet Clean-slate Design: What and Why? » In : *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.* 37.3 (juil. 2007), p. 59–64. ISSN : 0146-4833. DOI : 10.1145/1273445.1273453. URL : <http://doi.acm.org/10.1145/1273445.1273453>.
- [75] Fei HU. *Network Innovation through OpenFlow and SDN: Principles and Design*. CRC Press, 2014.
- [76] *Executive's guide to software-defined networking*. White Paper. Page 17. Juin 2013.
- [77] *The 2013 Guide to Network Virtualization and SDN*. White Paper. Chapitre 3: The NV and SDN Ecosystem. Déc. 2013.
- [78] *Open Daylight Project*. Web site. <http://www.opendaylight.org/project>. Avr. 2014.
- [79] *Open Source Initiative*. Web site. <http://opensource.org/>. Avr. 2014.
- [80] *OPEN DATA CENTER ALLIANCE Master USAGE MODEL: Software-Defined Networking Rev. 1.0*. White Paper. 2013.

- [81] Lav GUPTA. *SDN: Development, Adoption and Research Trends : A Survey of Research Issues in SDN*. Paper. Section 2 Implementation issues in SDN. Déc. 2013.
- [82] CISCO. *Cisco Application Centric Infrastructure*. Web Site. <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/center-virtualization/application-centric-infrastructure/index.html>. Mar. 2014.
- [83] Margaret ROUSE. *network fabric*. Web Site. <http://searchsdn.techtarget.com/definition/network-fabric>. Mar. 2014.
- [84] André B. BONDI. « Characteristics of Scalability and Their Impact on Performance ». In : *Proceedings of the 2Nd International Workshop on Software and Performance*. WOSP '00. Ottawa, Ontario, Canada : ACM, 2000, p. 195–203. ISBN : 1-58113-195-X. DOI : 10.1145/350391.350432. URL : <http://doi.acm.org/10.1145/350391.350432>.
- [85] René J CHEVANCE. « Serveurs multiprocesseurs et SGBD parallélisés ». In : *Techniques de l'ingénieur. Informatique H2068* (2001), H2068–1.
- [86] Robert M. KELLER. *Computer Science: Abstraction to Implementation, Section 1.1 The Purpose of Abstraction*. Article. Harvey Mudd College. Sept. 2001.
- [87] William TSCHUDI et al. « High-performance data centers: A research roadmap ». In : (2004).
- [88] Qingkui CHEN, Haifeng WANG et Wei WANG. « Continuanace Parallel Computation Grid Composed of Multi-Clusters. » In : *Journal of Networks* 5.1 (2010).

SDN : Software-Defined Networking

rédigé par Cynthia LOPES DO SACRAMENTO

Résumé

De récentes technologies et concepts émergent pour répondre aux nouvelles utilisations des réseaux et internet. Comme par le passé pour le Big Data, conçu pour le traitement des énormes quantités de données ou le Cloud Computing pour le management de l'hébergement de ressources. Une évolution similaire est attendue dans le domaine des réseaux informatiques. Ce qui a mobilisé la communauté dans les projets de recherche sur les réseaux programmables, dont un des sujets est l'objet de cette étude : SDN - Réseaux Informatiques Définis par Logiciel. SDN est un nouveau paradigme créé pour adapter les infrastructures courantes aux enjeux de la communication actuelle : une plus haute bande passante et les exigences des applications modernes. SDN propose une nouvelle architecture plus dynamique, facile à gérer, rentable et flexible. Cette architecture sépare le plan de contrôle (intelligence et état du réseau) du plan de données (fonctions de transmission). L'approche permet de rendre le contrôle directement programmable avec l'infrastructure sous-jacente abstraite aux applications réseaux et services.

Mots clés : SDN, Réseaux Programmables, Plan de Contrôle, Plan de Données

Abstract

New technologies and concepts appear in response to new network and internet usage requirements. Such as Big Data for massive data processing and Cloud Computing for resources hosting management. Similar evolution is expected for the computer networks. As result the research community has produced many works on programmable networks. Among them, the subject of this study : SDN - Software Defined Networking. SDN is a new paradigm designed to adapt current infrastructures to the issues of the recent communication : increasingly need for high speed and the exigences of modern applications. SDN proposes a new architecture plus dynamic, ease to manage, profitable and flexible. This architecture decouples the control plane (network intelligence and state) from the data plane (transmission functions). This approach makes de the control directly programmable and causes the underlying infrastructure to be abstracted to network applications and services.

Keywords : SDN, Programmable Networks, Control Plane, Data Plane
