

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

RAPPORT DE PROJET PRÉSENTÉ À
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE
À L'OBTENTION DE LA MAÎTRISE
EN TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION

PAR
MOHAMED AMINE KHLIF

MIGRATION DU SYSTÈME D'ANALYSE SPECTRALE REALWORX D'UNE
PLATEFORME DISTRIBUÉE À MULTISERVEURS INDÉPENDANTS VERS UNE
PLATEFORME CENTRALISÉE À MULTISERVEURS DISTRIBUÉE AVEC UN
PORTAIL WEB UNIQUE

MONTRÉAL, LE 04 FÉVRIER 2013

©Tous droits réservés, Mohamed Amine Khlif, 2013

©Tous droits réservés

Cette licence signifie qu'il est interdit de reproduire, d'enregistrer ou de diffuser en tout ou en partie, le présent document. Le lecteur qui désire imprimer ou conserver sur un autre media une partie importante de ce document, doit obligatoirement en demander l'autorisation à l'auteur.

PRÉSENTATION DU JURY

CE RAPPORT DE PROJET A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Dr. Alain April, Directeur de projet
Département de génie logiciel & technologies de l'information
École de technologie supérieure

Dr. Mohamed Taleb, Codirecteur de projet
Département de génie logiciel & technologies de l'information
École de technologie supérieure

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce projet a été rendue possible grâce à la participation Vidéotron S.E.N.C. dans le cadre du programme de stages industriel en collaboration avec l'École de technologie supérieure (ÉTS). Ma gratitude leur est acquise.

Je tiens à témoigner ma reconnaissance et ma gratitude à mon directeur de projet, **Dr. Alain April** qui m'a accordé sa confiance en acceptant de diriger mon travail. Ses qualités scientifiques et humaines m'ont toujours particulièrement impressionné. Je tiens aussi à remercier mon co-directeur **Dr. Mohamed Taleb**, il n'a cessé de m'encourager et m'apporter une aide précieuse grâce à son écoute attentive, ces conseils, sa patience et sa rigueur scientifique. Que ces lignes soient l'expression de ma reconnaissance la plus profonde.

Mes remerciements sont également adressés aux membres de l'équipe NMS de Vidéotron S.E.N.C., et particulièrement à M. Benoit Légaré, M. François Simard et M. Christian Roy pour leurs disponibilités et leur aide technique et logistique tout au long de la réalisation du projet.

Au terme de ces remerciements, j'aimerais rendre hommage à ma famille dont l'encouragement et le soutien interminable m'ont été d'une grande aide tout au long de mes études.

MIGRATION DU SYSTÈME D'ANALYSE SPECTRALE REALWORX D'UNE
PLATEFORME DISTRIBUÉE À MULTISERVEURS INDÉPENDANTS VERS UNE
PLATEFORME CENTRALISÉE À MULTISERVEURS DISTRIBUÉE AVEC UN
PORTAIL WEB UNIQUE

Mohamed Amine KHLIF

RÉSUMÉ

De nos jours, plus part des entreprises se voient confrontées, à un moment ou à un autre, à la nécessité de déployer des nouveaux systèmes ou de mettre en place des changements technologiques sur les systèmes existants pour mieux répondre à leurs besoins actuels et futurs et assurer une meilleure efficacité opérationnelle.

En tant qu'entreprise en pleine expansion dans le domaine des télécommunications, Vidéotron a misé sur l'amélioration continue de son infrastructure y compris les différents systèmes qui la supporte afin d'offrir à ces clients des services de plus en plus robustes et performants. L'amélioration des différents systèmes nécessite des mises à niveaux pour les adapter aux besoins opérationnels de l'entreprise. Cependant, ces mises à niveaux s'avèrent parfois insuffisantes d'où la nécessiter de migrer certains systèmes vers des nouvelles plateformes.

Ce projet de maîtrise présente l'étude et la réalisation des différentes étapes de la migration du système de télésurveillance du signal en amont RealWORX depuis la plateforme distribuée à multiserveurs indépendants RealWORX vers la plateforme centralisée à portail Web unique. L'avantage de la nouvelle plateforme réside en sa capacité à résoudre les problèmes opérationnels rencontrés par la plateforme distribuée tout en satisfaisant les exigences d'évolutivité.

Mots-Clés : Migration, Plateforme centralisée, Plateforme distribuée, RealWORX,
Performance, Évolutivité.

MIGRATION DU SYSTÈME D'ANALYSE SPECTRALE REALWORX D'UNE
PLATEFORME DISTRIBUÉE À MULTISERVEURS INDÉPENDANTS VERS UNE
PLATEFORME CENTRALISÉE À MULTISERVEURS DISTRIBUÉE AVEC UN
PORTAIL WEB UNIQUE

Mohamed Amine KHLIF

ABSTRACT

Nowadays, most of the companies are confronted, at one time or another, to the need to deploy new systems or implement technological changes on existing systems to better meet their current and future needs and ensure operational efficiency.

As a rapidly expanding company in the field of telecommunications, Videotron has focused on the continuous improvement of its infrastructure including systems that support it, in order to provide its customers with more robust and efficient services. Generally, improving systems require upgrades to suit the operational needs of the business. However, these upgrades are sometimes inadequate hence the need to migrate some systems to newer platforms.

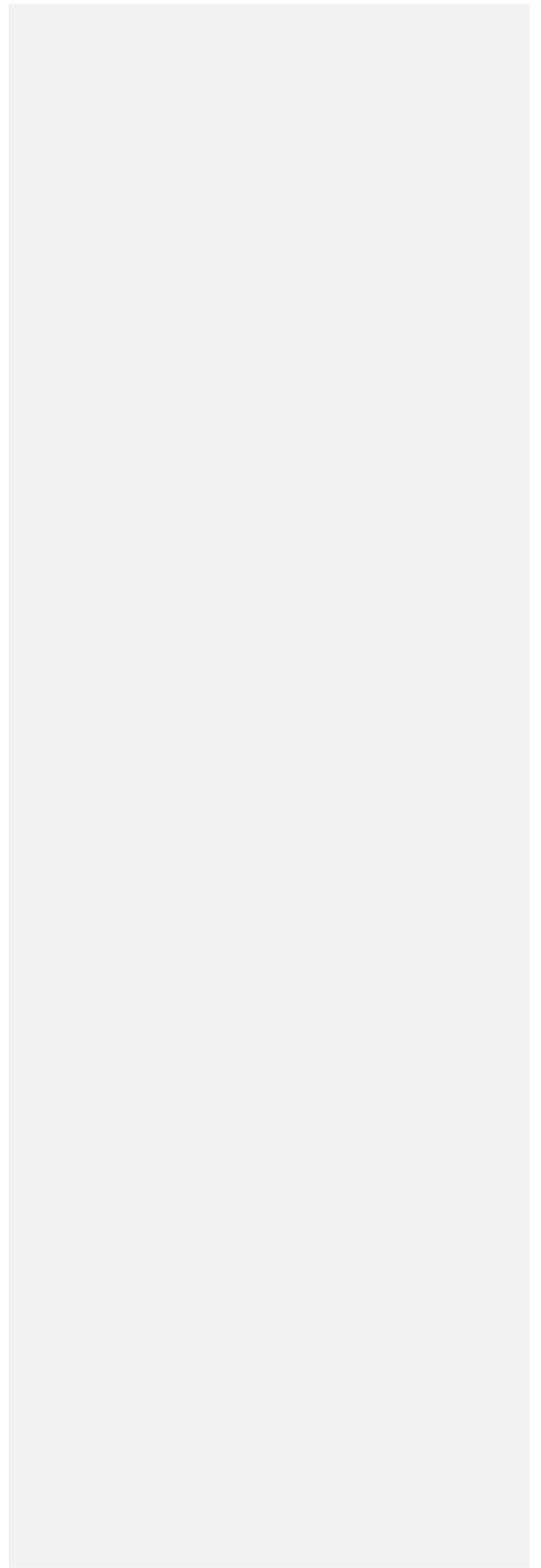
This project's thesis presents the design and implementation of the various stages related to the migration of the upstream signal Tele-monitoring system RealWORX from the distributed platform to a centralized platform with a single web portal. The advantage of the new platform is its ability to resolve operational problems in the distributed platform while satisfying the scalability requirements.

Keywords: Migration, Distributed platform, Centralized platform, RealWORX, Performance, Scalability.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 ÉTAT DE L'ART	4
1.1 Architecture centralisée	4
1.1.1 Architecture centralisée pour les systèmes de gestion et de surveillance des réseaux	5
1.2 Architecture distribuée	5
1.2.1 Architecture distribuée pour les systèmes de gestion et de surveillance de réseau	9
1.3 L'architecture Hybrid Fiber / Coax	10
1.4 L'architecture RealWORX	13
1.5 Sommaire du chapitre 1	16
CHAPITRE 2 PROBLÉMATIQUE DU PROJET	18
2.1 But et objectifs du projet	18
2.2 Limites du projet	18
2.3 Méthodologie du projet	19
2.4 Sommaire du chapitre 2	21
CHAPITRE 3 Migration du système RealWORX vers la nouvelle plateforme centralisée à multiserveurs RealWORX distribués avec un portail Web unique	22
3.1 Étude de l'existant	22
3.1.1 Présentation du système RealWORX	22
3.1.2 Présentation du système de gestion centralisée des alarmes Smarts	23
3.1.3 L'architecture globale de la plateforme de télésurveillance RealWORX en amont	24
3.1.4 L'architecture détaillée de la plateforme actuelle de RealWORX	25
3.1.5 Architecture des analyseurs de spectre	30
3.2 Analyse et critiques de l'existant	31
3.2.1 Problèmes opérationnels	32
3.2.2 Problèmes liés à l'évolutivité de la plateforme	34
3.2.2.1 Modernisation du réseau HFC	34
3.2.2.2 L'expansion du réseau de surveillance en amont	35
3.2.2.3 Inconvénients de l'architecture actuelle	35
3.2.3 Résumé des problèmes rencontrés par l'architecture actuelle	36
3.3 Conception de la nouvelle architecture de la plateforme RealWORX	36
3.4 Déploiement de la nouvelle architecture dans un environnement de test	41
3.4.1 La centralisation des données	41
3.4.2 Migration de la plateforme : Étape 1	43
3.4.3 Migration de la plateforme : Étape 2	44

3.4.4	Migration de la plateforme : Étape 3	45
3.4.5	Solution pour la haute disponibilité	47
3.5	Forces et faiblesses de la méthodologie utilisée	48
CONCLUSION		49
BIBLIOGRAPHIE		51



LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1 Les avantages et les inconvénients des systèmes centralisée vs les systèmes distribués.....	8
Tableau 1.2 Sommaire des architectures et évaluation de leurs caractéristiques.....	17
Tableau 3.1 Analyse de la solution de redondance	47

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1-1 Exemples d'implémentation physique d'un système distribué.....	7
Figure 1-2 Architecture de gestion réseau multi-tiers et multiserveur.....	9
Figure 1-3 Configuration de l'architecture HFC.....	10
Figure 1-4 L'allocation du spectre de fréquence dans le réseau de transmission de données dans le réseau HFC.....	11
Figure 1-5 L'architecture de RealWORX.....	15
Figure 2-1 Méthodologie du projet.....	20
Figure 3-1 Menu RealWORX Web.....	23
Figure 3-2 Exemple d'alarme dans EMC Smarts.....	24
Figure 3-3 Architecture globale du système.....	25
Figure 3-4 Interface de visualisation des traces spectrales en temps réel (RealView)....	26
Figure 3-5 Architecture distribuée de RealWORX en amont.....	27
Figure 3-6 Accès aux rapports des tournées des clearpath.....	28
Figure 3-7 Exemple de rapport des tournées Clearpath.....	29
Figure 3-8 Localisation des points de tests.....	30
Figure 3-9 Architecture des analyseurs de spectre en amont.....	31
Figure 3-10 Utilisation en pourcentage de la mémoire physique.....	32
Figure 3-11 Utilisation en pourcentage de la mémoire SWAP.....	33
Figure 3-12 Utilisation en pourcentage du CPU.....	34
Figure 3-13 Architecture centralisée de RealWORX en amont.....	40
Figure 3-14 Architecture de la première étape de la migration.....	43
Figure 3-15 Architecture de la deuxième étape de la migration.....	44

Figure 3-16 Architecture de la troisième étape de la migration46

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

APG	Advanced Performance Graphe
CGR	Centre de Gestion du Réseau
CMTS	Cable Modem Termination System
DMZ	Demilitarized Zone
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
HFC	Hybrid Fiber-Coax
RPM	Red Hat Package Manager
RF	Radio Frequency
SHFC	Systèmes Hybrid Fiber Coax
SNMP	Simple Network Management Protocol
VoIP	Voice over IP

INTRODUCTION

A. Mise en contexte

De nos jours, l'infrastructure TI de la plus part des entreprises se compose d'une panoplie de systèmes à la fois complexes et hétérogènes. Par ailleurs, toutes les entreprises se voient confrontées, à un moment ou à un autre, à la nécessité de déployer des nouveaux systèmes ou de mettre en place des changements technologiques sur les systèmes existants pour mieux répondre à leurs besoins actuels et futurs et assurer une meilleure efficacité opérationnelle. Ces changements technologiques peuvent être une simple mise à niveau d'un système existant (passage d'une version à une autre plus récente) ou encore la migration d'un système vers une nouvelle plateforme et doivent suivre les orientations technologiques de l'entreprise pour des fins d'intégration dans son plan d'affaires.

Par définition, la migration est un processus qui consiste à changer un système d'un environnement à un autre en effectuant les adaptations nécessaires pour que le système continue de fonctionner correctement.

Généralement, les entreprises ont tendances à migrer d'un système à un autre. En effet, les principales causes qui poussent les entreprises à migrer sont les coûts, la maintenabilité, les difficultés à trouver les ressources lorsque la technologie est obsoléscente, les performances, le dimensionnement (« Scalability »), suivre l'évolution des standards et des bonnes pratiques, etc.

En tant qu'entreprise en pleine expansion dans le domaine des télécommunications, Vidéotron a misé sur l'amélioration continue de son infrastructure y compris les différents systèmes qui la supporte afin d'offrir à ces clients des services de plus en plus robustes et performants. L'amélioration des différents systèmes nécessite des mises à niveaux pour les adapter aux besoins opérationnels de l'entreprise. Cependant, ces mises à niveaux s'avèrent parfois insuffisantes d'où la nécessiter de migrer certains systèmes vers des nouvelles plateformes.

B. Objectifs du projet et réalisations

Avec l'avènement de la technologie DOCSIS3.0, Vidéotron a commencé à moderniser progressivement son réseau Hybride Fibre Coaxial (HFC) afin de pouvoir offrir à ces clients des services bidirectionnels à haute vitesse de transfert pouvant atteindre jusqu'à 200 Mbps en aval et jusqu'à 50 Mbps en amont tout en assurant une meilleure qualité de service par rapport à la version précédente (DOCSIS2.0). Pour atteindre ces hauts débits, plusieurs équipements se sont intégrés au réseau HFC ce qui a entraîné une croissance du nombre d'équipements du réseau de surveillance et plus précisément les analyseurs de spectre.

La croissance du nombre d'analyseurs de spectre a engendré des problèmes de performance de la plateforme du système de télésurveillance en amont RealWORX. Ces problèmes se résument à la dégradation du service allant jusqu'à l'indisponibilité totale du système à plusieurs reprises.

Une analyse préliminaire, basée sur les indicateurs de performance des différentes composantes de la plateforme du système RealWORX, a démontré que les problèmes de performance sont dus principalement au nombre important des requêtes nécessitant des opérations de lecture et d'écriture sur les bases de données hébergées sur les serveurs RealWORX. Ces derniers ont une architecture centralisée où l'ensemble des composantes du système sont hébergés sur un seul serveur physique. Ainsi, les bases de données deviennent le goulot d'étranglement des serveurs RealWORX.

En outre, avec les projets de modernisation du réseau HFC en cours, le nombre d'analyseurs de spectre continuera à croître ce qui nécessitera la mise en place de nouveaux serveurs RealWORX imposant une limite de 20 analyseurs par serveur.

Après une analyse critique de la situation actuelle et avoir fait une revue de la littérature, l'objectif principal de ce projet est de migrer le système RealWORX depuis la plateforme distribuée à multiserveurs centralisés RealWORX indépendants vers une nouvelle plateforme centralisée à multiserveurs distribués avec un portail Web unique tout en assurant l'utilisabilité et la qualité en général.

C. Organisation du rapport du projet

Ce travail est organisé comme suit :

Le chapitre 1 présente une revue de littérature sur les architectures centralisées, les architectures distribuées, l'architecture HFC et l'architecture du système RealWORX.

Le chapitre 2 décrit la problématique du projet, le but et l'objectif du projet, les limites du projet, et la méthodologie du projet.

Le chapitre 3 décrit les différentes phases de réalisation du projet à savoir : (1) Analyse de la situation actuelle, (2) Analyse critique de l'existant, (3) Choix de l'architecture de la nouvelle plateforme et (4) Migration vers la nouvelle plateforme dans un environnement de test.

CHAPITRE 1

ÉTAT DE L'ART

Nicole Sauvé 13-4-6 20:21

Comment [1]: STYLES :
les **Chapitres** et les **sous-titres** sont créés à l'aide de styles. Pour de l'information concernant leur utilisation, reportez-vous au guide d'utilisation du gabarit : <http://www.etsmtl.ca/Etudiants-actuels/Cycles-sup/Realisation-etudes/Guides-gabaris>
1

Ce chapitre présente une revue de la littérature sur les architectures centralisées, les architectures distribuées, l'architecture HFC et l'architecture RealWORX.

La première section introduit l'architecture centralisée. La seconde section présente l'architecture distribuée ainsi que ces avantages par rapport à l'architecture centralisée. La troisième section introduit le réseau HFC, l'effet du bruit sur les canaux de transmission en amont, la gestion opérationnelle des réseaux HFC ainsi que la surveillance des réseaux HFC. La quatrième section présente l'outil de vérification de performance RealWORX Web et les différents outils concurrents. La cinquième section présente une évaluation de cette migration des architectures et identifie les différences dans ces architectures et leurs problématiques reliées.

1.1 Architecture centralisée

En informatique, il existe plusieurs types de centralisation tel que la centralisation des données où l'ensemble des données du réseau informatique sont hébergé sur un seul serveur, la centralisation de la direction où un seul serveur décide qui fait quoi (machine, utilisateur) et la centralisation de la communication où l'ensemble de la communication passent par un serveur central. (Wikipédia, 2012a, 2009).

Dans une architecture centralisée, tous les composants du système incluant la base de données sont hébergés sur un seul serveur physique. En général, le nombre de clients pouvant communiquer simultanément avec le serveur est limité (Lu, 2009).

D'une part, cette architecture présente un avantage pour la sécurité car le système aura un seul point exposé au piratage à surveiller. Ceci le rend plus facile à contrôler. Aussi, la

centralisation simplifie les tâches d'administration, la mise à jour des logiciels et de surveillance (Poggi et Lehembre, 2005).

D'autre part, l'inconvénient majeur de ce type d'architecture est que la performance globale du système repose sur les capacités d'un seul serveur. La centralisation est donc un point de défaillance. Si le serveur central tombe en panne aucun client ne peut communiquer avec ce dernier, saturation du serveur en cas de plusieurs connections simultanées non prévues et en fin le piratage n'a qu'une seule cible. (Wikipédia, 2012c, 2012).

1.1.1 Architecture centralisée pour les systèmes de gestion et de surveillance des réseaux

Avec le développement rapide des télécommunications, plusieurs équipements ont été intégrés aux réseaux de télécommunications, la surveillance et la gestion des réseaux sont devenues des tâches de plus en plus complexes. En effet, l'architecture centralisée est généralement adaptée aux systèmes de gestion de réseaux dont la collecte des données et les exigences de traitement sont modestes. Toutefois, cette architecture a des difficultés pour répondre aux exigences de la gestion des réseaux à grande échelle dont la quantité de données à collecter est beaucoup plus importante. Le déploiement d'un tel système doit s'effectuer dans des mainframes puissants avec une grande base de données relationnelle. Par conséquent, les tâches de gestion de réseau seront plus complexes (Lu, 2009).

1.2 Architecture distribuée

« L'architecture d'un environnement informatique ou d'un réseau est dite distribuée quand toutes les ressources ne se trouvent pas au même endroit ou sur la même machine » (Wikipédia, 2011d, 2011).

La littérature a présentée plusieurs définitions des systèmes distribués. La définition donnée par (Bapat, 1994) dans son ouvrage de référence « Object-Oriented Networks, Models for Architecture, Operations, and Management » est la suivante :

« Un système distribué est un système de traitement de l'information qui contient un certain nombre d'ordinateurs indépendants qui coopèrent sur un réseau, dans un ordre de communication, pour atteindre un objectif spécifique ».

Une autre définition suggérée inclut :

Les ordinateurs sont reliés entre eux via un réseau de communication qui permet l'échange de messages entre ordinateurs. L'objectif de cet échange de messages est de parvenir à une coopération entre les ordinateurs dans le but d'atteindre un objectif commun (Puder et Al., 2006).

En pratique, l'ensemble des composants logiques d'un système peuvent être déployés sur un seul serveur physique, répartis sur plusieurs serveurs ou redondés sur plusieurs serveurs afin de permettre la répartition de la charge (« Load Balancing ») et la tolérance aux pannes (« Failover »).

Les trois scénarios sont illustrés dans la figure 1.1 ci-dessous. Le rôle principal des architectes consiste donc à proposer, au meilleur coût, une architecture physique et logique capable de répondre aux exigences fonctionnelles et les exigences non fonctionnelles du système telles que, le temps de réponse, le délai de reprise en cas d'erreur, le taux de disponibilité, la volumétrie attendue, le nombre d'utilisateurs simultanés, etc.). Cette phase est communément appelée phase de « *sizing* » (Poussineau, 2010).

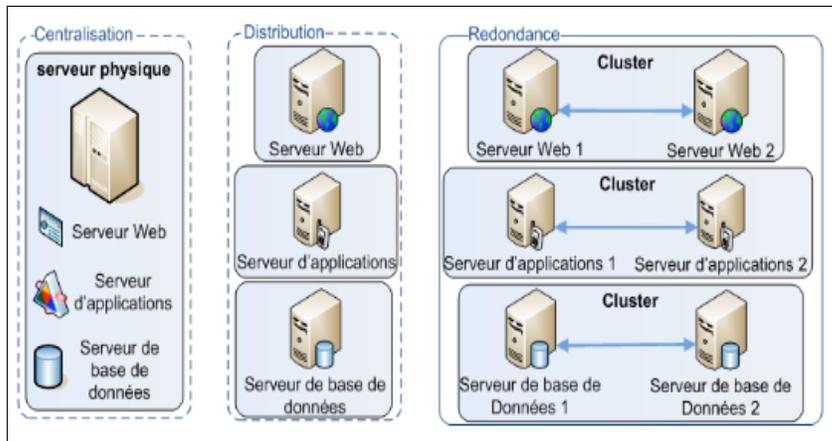


Figure 1-1 Exemples d'implémentation physique d'un système distribué
(Poussineau, 2010)

Les systèmes distribués offrent une variété d'avantages par rapport aux systèmes centralisés (Puder et Al., 2006) :

- L'ensemble des composants d'un système sont hébergés sur plusieurs serveurs physiques (serveur d'application, serveur de base de données, etc.). Cela permet à ce type de système d'offrir de meilleures performances que les systèmes centralisés ;
- la décentralisation est une option plus économique, car les systèmes informatiques en réseau offrent un meilleur rapport prix/performances que les systèmes centralisés ;
- La redondance augmente la disponibilité : Le système peut demeurer fonctionnel même si un nœud du réseau tombe en panne. En plus, les applications peuvent être exécutées simultanément offrant ainsi des avantages en termes de performance par rapport aux systèmes centralisés ;
- Les systèmes distribués peuvent être étendus grâce à l'ajout de composants, offrant ainsi une meilleure évolutivité par rapport aux systèmes centralisés.

Les avantages offerts par les systèmes distribués sont également contré par quelques inconvénients qui sont les suivants (Puder et Al., 2006) :

- Les différents composants qui constituent un système distribué sont des sources potentielles de pannes. Pour contourner ces défaillances et les rendre transparents pour l'utilisateur, des mécanismes spéciaux doivent être mis en place ;
- En raison de la séparation physique et temporelle, la cohérence présente plus de problème pour les systèmes distribués que pour les systèmes centralisés ;
- Des mécanismes spéciaux sont nécessaires pour relier les différentes technologies à travers le réseau ;
- La nature étendue des systèmes distribués soulève la question de sécurité. En effet, les composants d'un système qui ne peuvent pas être contrôlés sont vulnérables. Par conséquent, des mécanismes spéciaux doivent être mis en place pour garantir la sécurité.

Les Avantages et inconvénients des systèmes centralisés versus les systèmes distribués sont illustrés dans le tableau 1.1 ci-dessous :

Tableau 1.1 Les avantages et les inconvénients des systèmes centralisée vs les systèmes distribués (Puder et Al., 2006)

Critère	Système centralisé	Système distribué
Économique	Faible	Élevé
Disponibilité	Faible	élevée
Complexité	Faible	Élevée
Consistance	Simple	Difficile
Évolutivité	Mauvais	Excellent
Technologie	Homogène	Hétérogène
Sécurité des données	Faible	Élevée

1.2.1 Architecture distribuée pour les systèmes de gestion et de surveillance de réseau

Selon (Lu, 2009), pour construire une solution hautement évolutive pour un système de gestion de réseau à grande échelle dans lequel un grand nombre de clients vont accéder aux données, les multi-tiers et multiserveurs peuvent être utilisés. Dans cette architecture distribuée, il existe plusieurs serveurs d'applications, plusieurs serveurs frontaux pour répondre à un grand nombre de clients et plusieurs serveurs back-end. Il peut y avoir aussi plusieurs serveurs de gestion pour la collecte des données, l'interrogation des états (« Status Polling ») et la capacité de traitements des événements. Cette architecture permet la répartition de la charge et la tolérance aux pannes.

Les différents éléments de l'architecture de cette solution sont illustrés dans la figure 1.2 ci-dessous :

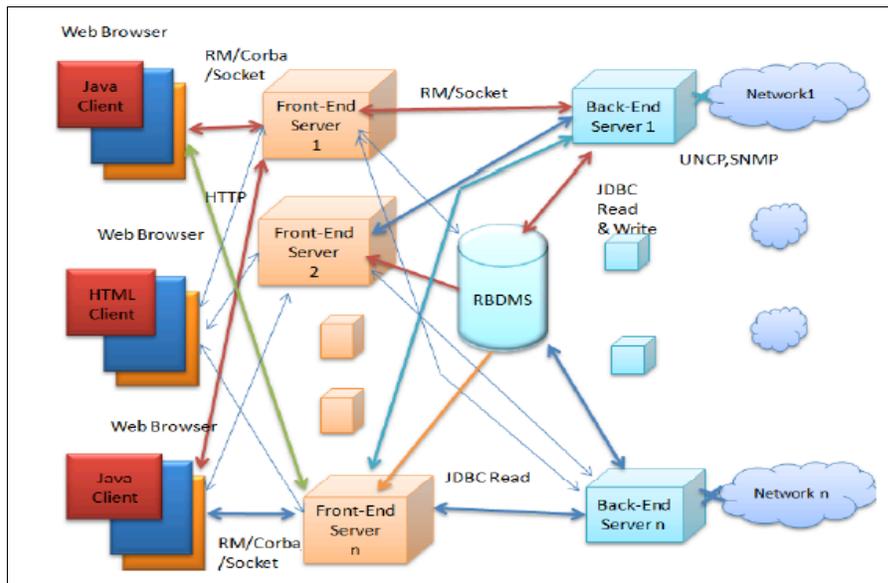


Figure 1-2 Architecture de gestion réseau multi-tiers et multiserveur
(Lu, 2009)

1.3 L'architecture Hybrid Fiber / Coax

« L'architecture « Hybrid Fiber / Coax (HFC), en télécommunication, est un terme qui définit une architecture de réseau qui incorpore aussi bien la fibre optique que du câble coaxial pour créer un réseau de bande large. Cette technologie permet l'accès à internet en bande large en utilisant les réseaux de télévision par câble existants. La topologie réseau se voit en deux parties: La première consiste à connecter l'abonné au travers d'un câble coaxial à un nœud zonal, et ensuite à interconnecter les nœuds à la fibre optique.» (Wikipédia, 2011b, 2011).

Les réseaux câblés ont été créés pour la distribution de la télévision et de la radio analogiques. La diffusion était unidirectionnelle et sans voie de retour. La technologie numérique a donnée naissance à une nouvelle architecture qui combine la fibre optique et le câble coaxial (Figure 1.3). Cette architecture est interactive et elle permet aux opérateurs de télécommunication d'offrir tous les types de services à haute vitesse: le téléphone, l'accès à Internet, la distribution télévisuelle en haute définition, ainsi que les services traditionnels tels que la télévision et la radio analogiques (Carro et Al, 2001).

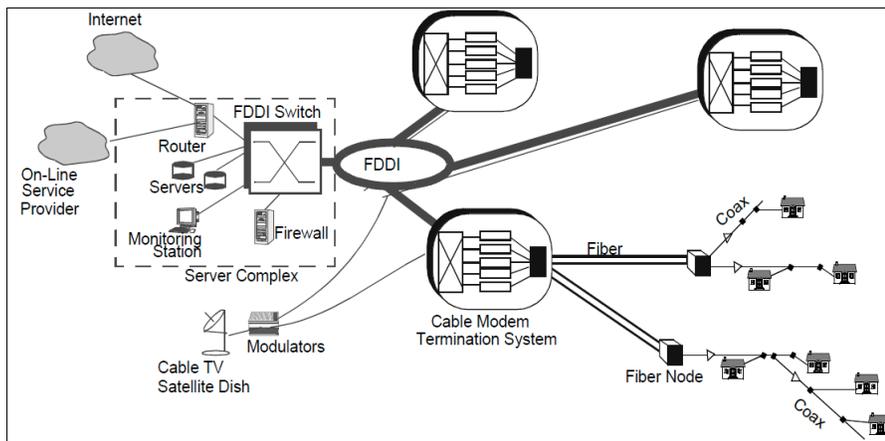


Figure 1-3 Configuration de l'architecture HFC

(Perry et Ramanathan, 1998)

Comme c'est illustré dans la figure 1.4 ci-dessus, la transmission des informations entre le « *server complex* » et le réseau HFC est assurée par le CMTS (CMTS- Cable Modem Termination System). Le CMTS utilise le multiplexage par division de fréquence pour la communication à travers le réseau HFC. Les canaux analogiques occupent la bande de 54 MHz à 550 MHz du spectre tandis que les signaux numériques occupent la bande à haute fréquence de 550 MHz à 750 MHz (voir figure 1.5).

Les communications en amont suivent un chemin inverse (voie de retour) par rapport à celui de la transmission des canaux analogiques et numériques (en aval) et occupent la bande de fréquence de -5 MHz à 42 MHz qui est très sensible aux interférences provenant de diverses sources électriques. (Perry et Ramanathan, 1998).

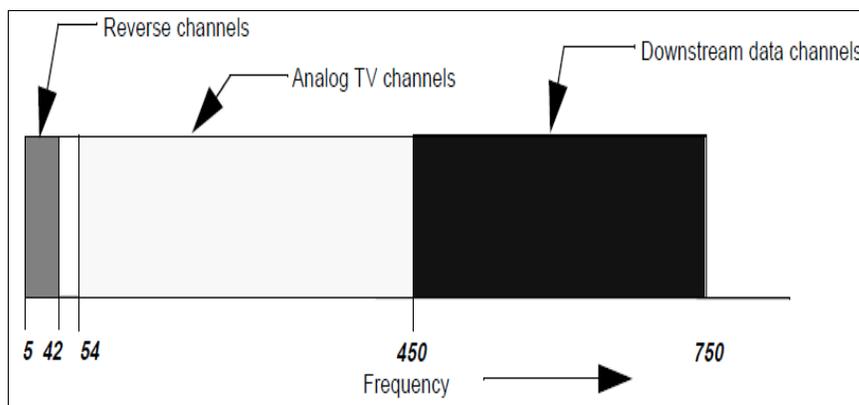


Figure 1-4 L'allocation du spectre de fréquence dans le réseau de transmission de données dans le réseau HFC

(Perry et Ramanathan, 1998)

Les performances des canaux en amont, dans l'architecture HFC, rencontrent plusieurs problèmes. Ces problèmes sont principalement dus à l'architecture arbre-branches de la partie coaxiale de HFC.

Le bruit affectant le signal en amont peut être classé selon sa nature tel que (a) les ondes courtes à bande étroite et d'autres interférences locales. Ils apparaissent dans les basses bandes de fréquences (5-30MHz); (b) Interne :il inclut les produits d'intermodulation, le détournement au laser, le délais de groupe etc.; (c) le bruit d'impulsion qui provient des moteurs

électriques, des appareils numériques et de l'allumage des interrupteurs électriques et (d) le bruit blanc qui provient des composants actifs qui sont la source principale du bruit thermique et de pénétration de bruit et qui affectent l'ensemble du spectre de fréquence (Carro et Al., 2001). Le bruit provenant des différentes maisons sera agrégé au niveau de la tête du réseau (« Head End ») et impactera la performance des services de données (Perry et Ramanathan, 1998). Cet effet est appelé « le bruit entonnoir » (noise funneling). L'effet du bruit entonnoir amplifie l'importance du bruit sur la voie de retour qui devient donc le problème principal à traiter dans la transmission en amont (Carro et Al., 2001).

L'architecture HFC propose deux types de gestion de son réseau tels que : la gestion du réseau physique et la gestion du réseau de données. La gestion du réseau physique est responsable de plusieurs fonctions comme la détection des erreurs de gains d'amplificateurs, le diagnostic de la source exacte de pénétration du bruit dans le réseau de câble et la manipulation des défaillances d'alimentation dans les réseaux. La gestion du réseau de données HFC manipule des fonctions comme le suivi de la performance des services de données, la gestion des canaux de communication et le traitement de la congestion du réseau (Perry et Ramanathan, 1996).

Et également, la surveillance du réseau HFC est une technologie de base pour plusieurs types applications tels que l'analyse de protocole, la comptabilisation de l'utilisation du réseau, la détection des intrusions, l'audit du réseau, etc. Le but principal de la surveillance est de collecter l'information nécessaire du réseau et de l'analyser pour aider les administrateurs à prendre des décisions (Shiyong, 2002). A cet effet, la plupart des équipements des réseaux offrent la possibilité d'analyser le trafic de la couche 1 (la couche physique). L'analyse est donc focalisée sur des problèmes réseaux de nature physiques. Les systèmes de surveillance de la couches 2 (liaison des données) et de la couche 3 (réseaux) sont communément appelés «analyseurs de protocole» car ces couches s'appuient sur des protocoles spécifiques pour contrôler la transmission de données. Pour analyser ces protocoles, des équipements de surveillance dédiés doivent être mis en place (Shiyong 2002).

Les réseaux HFC sont sensibles à une variété de problèmes radiofréquences causés par des facteurs tels qu'un câblage inadéquat, l'exposition du réseau à des conditions

environnementales difficiles, une mauvaise terminaison du câble dans les foyers des abonnés, des équipements de réseau défectueux, mauvais équilibre des niveaux de signaux, etc. (Himayat et Al., 1995). Dans la plupart des cas, les défauts du réseau sont détectés de façon réactive, basée sur les plaintes des abonnés. La surveillance du réseau, se fait manuellement et d'une manière ad-hoc (Schwarz et Kreutzer, 1995 ; Anderson et Eng, 1994).

En général, le diagnostic des problèmes se fait par le biais d'instruments à usage spécial et coûteux tel que les analyseurs de spectre, des mètres de niveau du signal et des surveillants des taux des erreurs binaire qui vont suivre les états du réseau physique, à savoir, les câbles, les amplificateurs, les nœuds optiques, les robinets du réseau (network taps), etc. (Perry et Ramanathan, 1998). Selon (Perry et Ramanathan, 1998), la surveillance proactive des réseaux HFC est l'un des principaux défis des opérateurs de réseau. Elle consiste à détecter et à corriger les problèmes de réseaux avant que les clients remarquent une dégradation de la qualité du service.

1.4 L'architecture RealWORX

Le système de vérification de performance RealWORX WEB est une architecture basée Web. Il permet aux opérateurs de déployer des nouveaux services sensibles aux radiofréquences comme Internet à haute vitesse selon le protocole DOCSIS 3.0 (DOCSIS 3.0 - Data Over Cable Service Interface Specification 3.0), VoIP (Voice over Internet Protocol), TVHD et la Vidéo sur demande tout en assurant un service de qualité. RealWORX WEB permet aux opérateurs, et à partir d'un seul poste de travail et de n'importe quel navigateur, de surveiller les niveaux de pénétration de bruit en amont, la performance du signal analogique, ainsi que la performance du QAM (QAM- Quadrature Amplitude Modulation) et des statistiques sur plusieurs nœuds (Sunrise Telecom, 2012).

RealWORX Web compare les performances RF contre les limites prédéfinies par l'utilisateur. Il déclenche une alarme lorsque des défauts de signaux sont détectés. En plus, le système offre la possibilité d'envoyer des notifications d'alarme par courriel, par Pager (appareil permettant de capter des messages radio) ou par téléphone portable, et il peut

signaler le centre d'opérations du réseau par l'intermédiaire de trappes SNMP (SNMP-Simple Network Management Protocol).. Avec l'analyseur de spectre haut débit « AT2500HMQ» de « Sunrise Telecom», RealWORX WEB peut détecter les dépréciations transitoires et les bas niveaux de RF invisibles pour les systèmes concurrents. (Sunrise Telecom, 2012). RealWORX peut aussi intégrer des mesures en amont et en aval dans le même système, qui se traduit par une diminution des coûts de matériel, de formation et de soutien. Avec RealWORX, les tests qui avaient été autrefois complexes et fastidieux peuvent être effectuée systématiquement, automatiquement et d'une manière cohérente (Sunrise Telecom, 2012).

L'architecture RealWORX est basée sur une série d'analyseurs de spectre de haut débit « AT2500HMQ » placés sur les têtes de ligne (« Head End) du réseau. Chaque analyseur de spectre est connecté à une série de commutateurs RF. Cela permet d'associer plusieurs nœuds du réseau à un seul analyseur. De ce fait, chaque analyseur peut surveiller jusqu'à 256 points de test. RealWORX utilise une architecture logicielle modulaire qui permet aux opérateurs de télécommunications d'acquérir uniquement les modules nécessaires pour leur besoin de test.

La figure 1.5 ci-dessous illustre les différents éléments de l'architecture RealWORX tels que le système RealWORX WEB préconfiguré sur un serveur de haute performance qui réside sur un serveur central, les analyseurs de spectre situés sur les têtes du réseau à surveiller, les commutateurs RF connectés aux analyseurs , un contrôleur *RealView* qui permet de fournir des traces du spectre de la voie de retour de plusieurs analyseurs à plusieurs utilisateurs simultanés distants et un serveur de journalisation de données qui fournit une collection automatique des données historiques des mesures de performance RF (Sunrise Telecom, 2012).

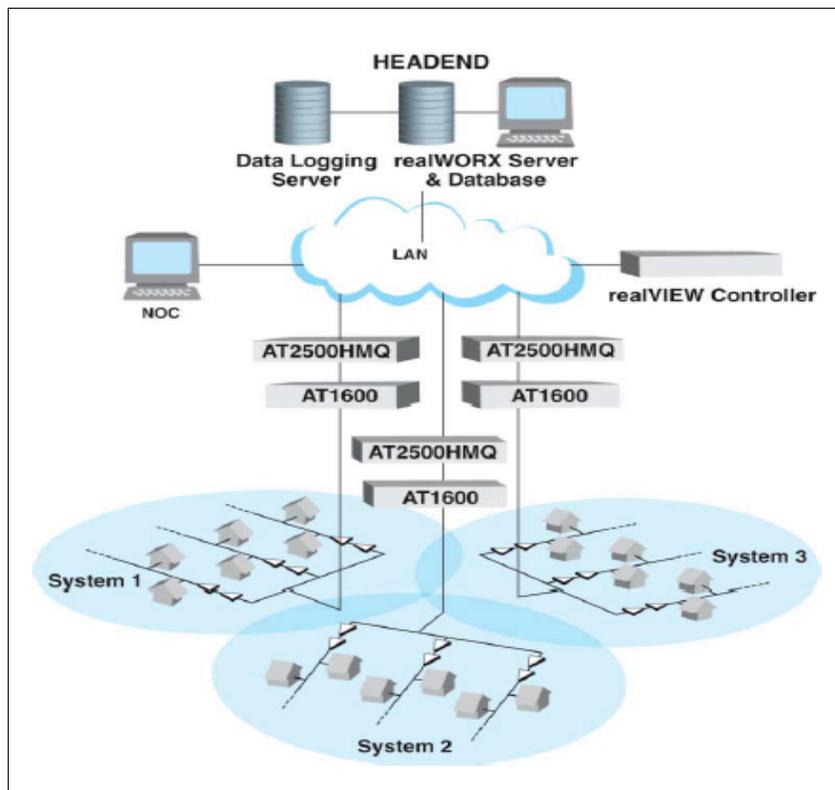


Figure 1-5 L'architecture de RealWORX

(Sunrise Telecom, 2012)

Parmi les avantages de l'architecture RealWORX sont:

- l'automatisation des tests de vérification réduit les coûts opérationnels, augmente la productivité et améliore la qualité du service ;
- avec la surveillance à distance, il n'est plus nécessaire d'envoyer du personnel et des équipements sur les sites pour surveiller le réseau ;
- RealWORX permet d'effectuer des mesures de haute sensibilité (-65 dbm) qui détectent les dépréciations avant qu'ils affectent le service ;

- l'extension de la surveillance de la pénétration du bruit jusqu'à 200 MHz fournit la visibilité de la compression et le détournement du laser, des événements transitoires et de la dégradation du plancher de bruit Gaussien sur la fréquence RF qui n'étaient pas possible de les visualiser ou de les inspecter précédemment ;
- l'automatisation des fonctions de gestion d'alarmes permet d'améliorer les délais de traitements des alarmes ;
- RealWORX permet de visualiser l'historique des niveaux de pénétration du bruit pour la planification de la maintenance proactive et l'analyse des tendances ;
- une architecture modulaire et évolutive rentable selon les besoins et le budget.

1.5 Sommaire du chapitre 1

Ce chapitre a fourni une revue de l'état de l'art. En pratique, il y a deux types d'architectures multiserveurs populaires dont l'une est basée sur centralisation de la communication l'autre sur la centralisation de la direction. Ces architectures incluent :

- 1 L'architecture centralisée ;
- 2 L'architecture distribuée ;
- 3 L'architecture du réseau HFC ;
- 4 L'architecture RealWORX.

Les caractéristiques et les critères d'évaluation de ces architectures sont : la sécurité, la disponibilité, l'évolutivité, la centralisation des données, la centralisation de la direction, la centralisation de la communication, les coûts de la maintenance et la performance globale. Le tableau 1.2 récapitule l'évaluation des architectures présentées dans le chapitre 1 selon les caractéristiques et les critères établies pour définir la problématique du projet de recherche.

Tableau 1.2 Sommaire des architectures et évaluation de leurs caractéristiques

Architecture multiserveurs pour un système à grande échelle	Caractéristiques et critères							
	Sécurité	Disponibilité	Évolutivité	Centralisation de la direction	Centralisation des données	Distribution de la communication	Coût de la maintenance	Performance globale
Centralisée	Faible	Limitée	Complexe et coûteuse	Oui	Non	Non	Trop levés	Faible
Distribuée	Élevée	Haute	Haute	Non	Oui	Oui	Excellent rapport coût/ performance	Excellent

Dans le chapitre 2, la problématique du projet est introduite qui mène à la proposition du projet, le but et les objectifs du projet incluant les étapes du projet, les limites du projet et la méthodologie du projet.

CHAPITRE 2

PROBLÉMATIQUE DU PROJET

Ce chapitre décrit la problématique du projet. La première section présente le but et l'objectif du projet. La deuxième section introduit les limites de ce projet. La troisième section décrit la méthodologie appliquée afin de réaliser le projet et d'atteindre les résultats attendus. Finalement, la quatrième section présente un sommaire de l'ensemble du chapitre.

2.1 But et objectifs du projet

Le but du projet est :

« Migrer la plateforme du système d'analyse spectrale Telecom RealWORX WEB tout en assurant l'utilisabilité et la qualité en général».

Pour atteindre ce but, l'objectif est de réaliser la migration des systèmes indépendants d'analyse spectrale RealWORX WEB depuis la plateforme distribuée à serveurs RealWORX indépendants vers une plateforme centralisée à portail Web unique en se basant sur les architectures des deux plateformes (distribuée et centralisée) et les recommandations du fournisseur «Sunrise Telecom».

2.2 Limites du projet

Note projet se limite à la migration de la plateforme RealWORX WEB depuis la plateforme distribuée vers la nouvelle plateforme centralisée à portail Web unique dans un environnement de test.

En contrepartie, les tests d'acceptations des utilisateurs finaux ainsi que la mise en production ne sont pas inclus dans ce projet.

2.3 Méthodologie du projet

La méthodologie du projet (Figure 2.1) conçue pour atteindre les objectifs du projet comprend les étapes suivantes :

1. Élaboration de l'état de l'art qui porte sur les différents choix architecturaux pour les systèmes informatiques de gestion des réseaux à grandes échelles, l'architecture HFC ainsi que sur l'architecture de RealWORX (détails dans le chapitre 1);
2. Définition de la problématique du projet et de la méthodologie à suivre afin de réaliser le projet (détails dans le chapitre 2);
3. Migration des systèmes indépendants d'analyse spectrale ReaWORX depuis la plateforme distribuée à multiserveurs indépendants vers la nouvelle plateforme centralisée à portail Web unique. Cette étape est composée des phases suivantes :
 - I. Étude de l'existant. Cette phase consiste à présenter l'architecture de la plateforme distribuée à multiserveurs RealWORX indépendants et de son implémentation chez Vidéotron.
 - II. Analyse et critique de l'existant. Cette phase consiste à identifier les causes profondes de la mauvaise performance de la plateforme RealWORX.
 - III. Élaboration de la nouvelle architecture de la plateforme RealWORX. Cette phase consiste à la conception de la nouvelle architecture de la plateforme RealWORX.
 - IV. Mise en œuvre de la solution. Cette phase consiste à fusionner les bases de données de l'ensemble des serveurs RealWORX, identifier et mettre en place les actions fonctionnelles et techniques préalables à chacune des trois étapes de la migration de RealWORX vers la nouvelle plateforme, migrer RealWORX vers la nouvelle plateforme (sur trois étapes) et enfin identifier et mettre en place les actions fonctionnelles et techniques à exécuter sur la nouvelle plateforme avant de pouvoir mettre le système disponible aux utilisateurs (détails dans le chapitre 3).

La figure 2.1 résume ces différentes étapes clés de la méthodologie du projet.

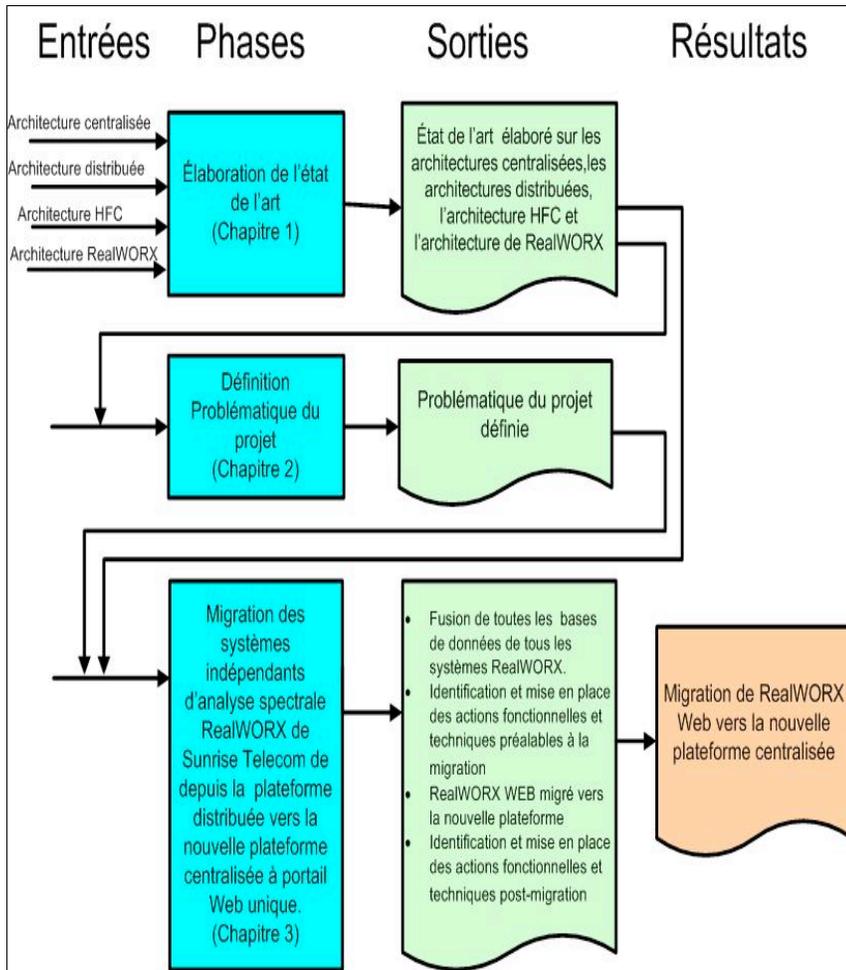


Figure 2-1 Méthodologie du projet

2.4 Sommaire du chapitre 2

La nouvelle plateforme de RealWORX sera composée : (1) d'un serveur de base de données MySQL qui contiendra toutes les données collectées par les analyseurs de spectre ainsi que les données de configuration de la plateforme distribuée tout en respectant le nouveau modèle de données adopté dans la plateforme centralisée, (2) quatre serveurs d'applications RealWORX qui serviront de collecteurs, (3) un serveur de proxy pour rediriger les requêtes des usagers vers le serveur approprié en fonction des types de requêtes, (4) des analyseurs de spectres qui seront connectés aux serveurs d'applications RealWORX (limite pratique de 20 analyseurs par serveur).

À l'étape 1 de la migration, le serveur de base de données cohabitera avec le serveur Proxy sur un serveur RealWORX fourni par Sunrise Telecom. À l'étape 3, chaque serveur de cette solution résidera dans un serveur physique qui lui sera dédié.

Cette nouvelle plateforme centralisée présente de nombreux avantages. Elle permet:

- De résoudre les problèmes opérationnels rencontrés par la plateforme distribuée à multiserveurs RealWORX indépendants.
- D'assurer un meilleur niveau de performances en termes de temps de réponse, de disponibilité et de relève en cas de panne.
- Répondre aux exigences d'évolutivité dus à l'expansion du nombre d'équipements dans le réseau de surveillance en amont.

Le chapitre 3 présente et décrit les étapes suivies durant la migration de RealWORX depuis la plateforme distribuée vers la plateforme centralisée à portail Web unique.

CHAPITRE 3

Migration du système RealWORX vers la nouvelle plateforme centralisée à multiserveurs RealWORX distribués avec un portail Web unique

Ce chapitre décrit toutes les phases de la réalisation du projet. La première section introduit l'architecture centralisée à multiserveurs RealWORX indépendante de son implémentation au sein de l'organisation de Vidéotron. La deuxième présente une analyse critique de l'architecture distribuée actuelle. La troisième section décrit la nouvelle architecture centralisée adoptée par l'organisation afin de résoudre les problèmes rencontrés par l'ancienne architecture distribuée. Finalement, la quatrième section présente les différentes étapes du déploiement de l'architecture centralisée dans un environnement de test.

3.1 Étude de l'existant

3.1.1 Présentation du système RealWORX

RealWORX est un système automatisé de télésurveillance des signaux en amont choisi par Vidéotron. Ce système offre la possibilité de visualiser une trace spectrale en temps réel et permet de consulter l'historique des signaux en amont afin de diagnostiquer les problèmes détectés. En plus, il permet d'alarmer tous les récepteurs optiques de toutes les têtes de ligne et il fournit une connectivité aux analyseurs portatifs utilisés par les techniciens de réseaux.

La figure 3.1 présente le menu principal de RealWORX WEB suivi d'une description sommaire de ses différentes fonctionnalités.



Figure 3-1 Menu RealWORX Web

- « *Dashboard* » : Rapport haut niveau pour valider l'état du réseau ;
- « *Alarm Summary* » : Agrégation d'alarmes par point de test ;
- « *Alarms* » : Détail de toutes les alarmes ;
- « *Historical Ingress* » : Historique des mesures en amont ;
- « *Measurement* » : Historique des mesures en aval ;
- « *RealView* » : Visualisation des traces spectrales en amont en temps réel ;
- « *Links* » : Outil de liaison rapide ;
- « *Snapshots* » : Sauvegarde des traces spectrales ;
- « *Report* » : Historique des signaux en amont par tuiles de couleur ;
- « *Setup* » : Configuration du système.

3.1.2 Présentation du système de gestion centralisée des alarmes Smarts

Les « *Smarts* », fournis par l'entreprise EMC fondée par Richard Egan, Roger Marino, Connelly et Curly portant les noms de ses fondateurs, est la plateforme de gestion des alarmes du Centre de Gestion du Réseau (CGR) de Vidéotron. En effet, Smarts centralise le contrôle et la visibilité à tous les niveaux de l'infrastructure. D'ailleurs, tous les systèmes de suivi et de surveillance du réseau de Vidéotron incluant RealWORX y sont connectés en permanence. Lorsqu'un dépassement des seuils est détecté par l'un de ces systèmes, une alerte SNMP (Simple Network Management Protocol) sera envoyée automatiquement à Smarts. Ce dernier recevra l'alerte et générera une alarme au CGR.

Tel qu'illustré dans la figure 3.2, un plancher de bruit trop élevé en date du 16 juillet 2011 dans la cellule CM (acronyme composé de deux lettres qui permet d'identifier une cellule

d'une façon unique : les deux dernières lettres de la colonne name) du site MX-C (acronyme qui permet d'identifier un site) a généré une alarme dans Smart. En réalité, c'est RealWORX qui a détecté cette anomalie et qui a transmis l'information à Smart de façon automatisée. Ainsi, la tâche du technicien CGR est simplifiée. Il n'a qu'à créer un billet en fonction de la sévérité de l'alarme et de l'assigner à l'équipe SHFC (Systèmes Hybrid Fiber Coax) à des fins d'analyses plus approfondies.

Sev...	Class	Name	EventName	Event Text	Count	Last Notify
🔔	Cell_VL	MN-LCJ	Bruit Amont	Bruit moyen -18.5 DbmV, ID 1715808906	4	12 May 08:52:07
🔔	Cell_VL	MN-LLL	Bruit Amont	Bruit moyen -14.3 DbmV, ID 1715847704	19	12 May 08:52:27
🔔	Cell_VL	MN-MCJ	Bruit Amont	Bruit moyen -16.5 DbmV, ID 1715847716	10	12 May 09:42:35
🔔	Cell_VL	MN-MBJ	Bruit Amont	Bruit moyen -18.5 DbmV, ID 1715855652	50	12 May 09:53:03
🔔	Cell_VL	MS-MBO	Bruit Amont	Bruit moyen -14.6 DbmV, ID 1780993515	18	04 Jul 05:29:56
🔔	Cell_VL	ML-GJL	Bruit Amont	Bruit moyen -15.2 DbmV, ID 1782210861	35	09 Jul 12:19:25
🔔	Cell_VL	CS-FAO	Bruit Amont	Bruit moyen -16.2 DbmV, ID 1782040958	677	13 Jul 05:40:12
🔔	Cell_VL	MR-GDK	Bruit Amont	Plancher de bruit [-25dB < B < -20dB]	4	15 Jul 12:53:01
🔔	Cell_VL	MX-COM	Bruit Amont	Plancher de bruit [E > -15dB]	1	16 Jul 11:18:37
🔔	Cell_VL	CG-ATO	Bruit Amont	Bruit moyen -15.5 DbmV, ID 1782028168	2	16 Jul 23:54:14
🔔	Cell_VL	MC-JJO	Bruit Amont	Plancher de bruit [-25dB < B < -20dB]	104	17 Jul 06:23:11
🔔	Cell_VL	MS-SAO	Bruit Amont	Bruit moyen -18.3 DbmV, ID 1780409035	99	17 Jul 19:12:16
🔔	Cell_VL	MS-NAO	Bruit Amont	Bruit moyen -16.9 DbmV, ID 1782031731	1272	18 Jul 08:15:54

Figure 3-2 Exemple d'alarme dans EMC Smarts

3.1.3 L'architecture globale de la plateforme de télésurveillance RealWORX en amont

Le système actuel est composé de trois serveurs RealWORX de production dont deux sont en amont et un en aval ainsi que deux serveurs de relève. Les serveurs de relève sont géo-redondants et ils ont des licences RealWORX complètes (en aval et en amont) car ils représentent les relèves des serveurs de production.

La figure 3.3 montre que tous les serveurs Real WORX, que ce soit en production ou de relève, sont connectés à la plateforme centralisée de gestion des alarmes EMC Smarts.

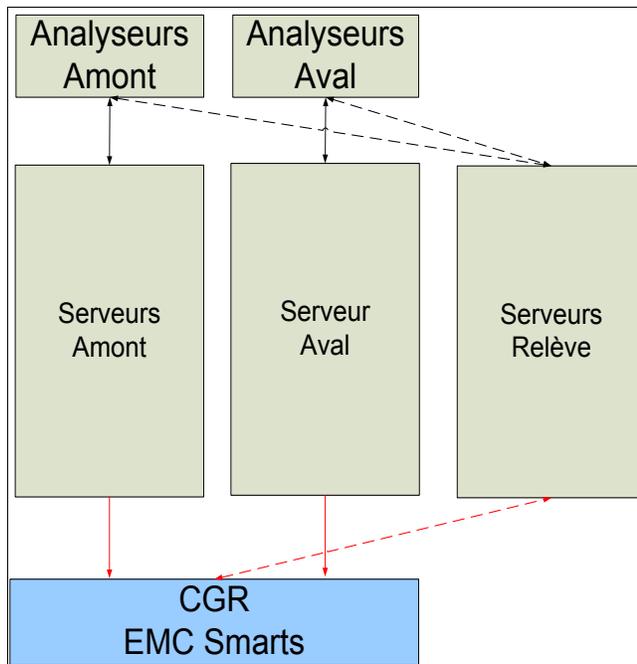


Figure 3-3 Architecture globale du système

3.1.4 L'architecture détaillée de la plateforme actuelle de RealWORX

La plateforme distribuée à multiserveurs centralisés RealWORX indépendants en amont (Figure 3-5) est constituée de deux serveurs physiques en production. Chaque serveur est composé d'un ensemble d'analyseurs de spectre (limite pratique de 20 par serveur), d'un serveur Web NGINX (NGINX est un logiciel de serveur Web), d'un serveur de base de données et d'un ensemble de processus et de scripts dont les plus importants sont:

- « *Monitor.rb[x]* » est la pierre angulaire du mécanisme de la collecte des données. Il est responsable de l'extraction de données à partir des buffers des analyseurs de spectre et de leur insertion dans la base de données.

L'index x est un entier compris entre 1 et 20 faisant référence à l'analyseur de spectre auquel il est associé.

- « *Master.rb* » surveille les « *Monitor.rb[x]* » et contrôle la collecte des données via le script « *Master_Watch.sh* » qui s'exécute automatiquement à toutes les quinze minutes.
- « *RealView* » est l'interface de visualisation des traces spectrales en temps réel (Figure 3.4).

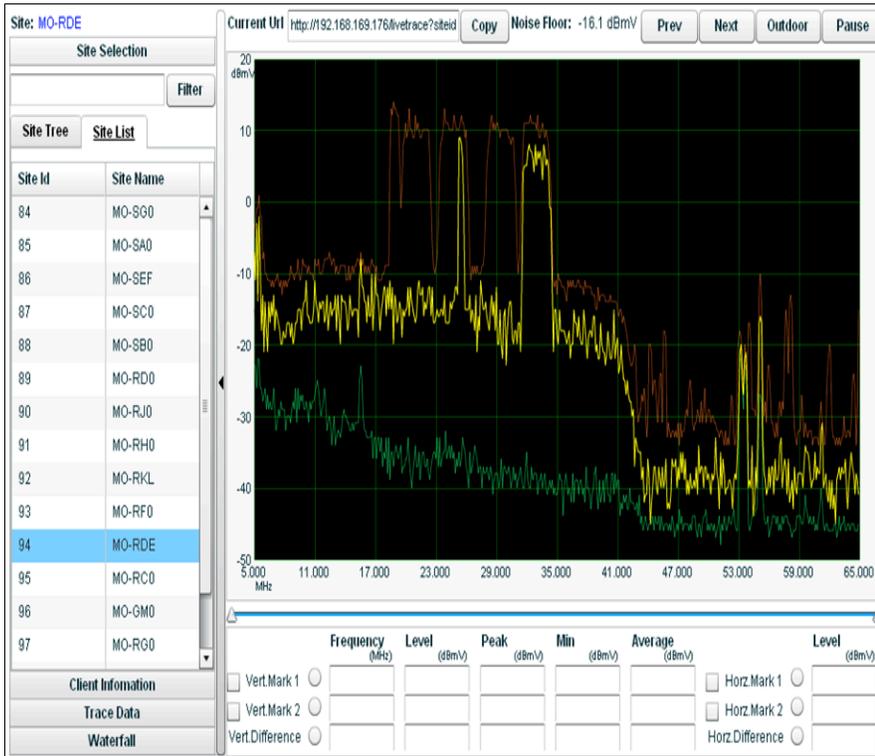


Figure 3-4 Interface de visualisation des traces spectrales en temps réel (RealView)

- « *Clearpath.rb* » est un logiciel développé au sein de Vidéotron qui a pour but d'aider les usagers à diagnostiquer les sources de pénétration du bruit. Il est accessible à partir de l'interface de visualisation en temps réel (RealView). Un des choix technologique de l'organisation était de conserver l'intégralité de la liste des «Clearpath». Par définition, les «Clearpath» d'une cellule correspondent à la liste des clients dont leurs signaux de retour ont été impactés par le bruit. En fait, RealWORX n'a aucune connaissance des «Clearpath» et ne fait que des requêtes au «Clearpath Manager». Ce dernier utilise le «*daemon_eas.pl*» comme interface de contrôle des «Clearpath».

S'il y a des «Clearpath» dans cette cellule alors une tournée de « Clearpath » peut être lancée. Le système prendra à cet effet des traces spectrales qui seront disponibles par la suite dans l'onglet «Snapshot».

Ces traces spectrales seront identifiées par le nom de la cellule ou l'identifiant de la session RealWORX (Figure 3-6 et Figure 3-7).

Session	Source	Site Name	Count	Start Time	End Time	Functions
1279822676.84507	SGVR	MO-SG0	9	Thu Jul 22 14:18:02	Thu Jul 22 14:18:48	Delete

Figure 3-6 Accès aux rapports des tournées des clearpath

De façon générale, les étapes d'une tournée «Clearpath» peuvent se résumer comme suit :

- Un usager demande une tournée de «Clearpath» via l'interface «RealView» ;
- RealWORX envoie une requête d'ouverture de session au «Clearpath Manager» via le script «*Clearpath.rb*» ;
- Le «Clearpath Manager» émet une requête au programme «*daemon_eas.pl*» afin d'extraire la liste des «Clearpath» d'une cellule donnée ;

- Le «Clearpath Manager» répond à RealWORX avec le nom d'un «Clearpath» et son adresse civique ;
- RealWORX récupère la trace et la sauvegarde ;
- RealWORX envoie une requête de « Next Clearpath » au «Clearpath Manager».

Les étapes évoquées ci-haut se poursuivent jusqu'au moment où tous les «Clearpaths» de la cellule soient traités. RealWORX reçoit alors un message de fin de session.

SESSION: 1279822676.84507						
Site Name	Description	Creation Time	Noise Floor(dBmV)	Baseline	Image	Functions
MO-SG0	BASELINE	Thu Jul 22 14:18:02 -0400 2010	-27.3951	YES		Export CSV
MO-SG0	Device Name = MOSG001 Device State = PADDED Device Location = 1581, SAUVE	Thu Jul 22 14:18:06 -0400 2010	-27.4656	NO		Export CSV
MO-SG0	Device Name = MOSG002 Device State = PADDED Device Location = 1585, FRANCHEVILLE	Thu Jul 22 14:18:12 -0400 2010	-27.5711	NO		Export CSV
MO-SG0	Device Name = MOSG003 Device State = PADDED Device Location = 1525, SAUVE	Thu Jul 22 14:18:18 -0400 2010	-27.0396	NO		Export CSV

Figure 3-7 Exemple de rapport des tournées Clearpath

- «*Northbound Interface*» est une interface permettant d'assurer la détection des dépassements des seuils de certains indicateurs préconfigurés dans RealWORX. Cette interface effectue un balayage périodique de la base de données grâce au script «snmp_chk_analyser» qui s'exécute automatiquement toutes les dix minutes. Le script «snmp_chk_analyser» compare les données relatives aux indicateurs par rapport aux seuils configurés dans RealWORX. En cas de dépassement des seuils, RealWORX envoie une alerte SNMP à Smarts. Ce dernier recevra l'alerte et générera une alarme au CGR.

3.1.5 Architecture des analyseurs de spectre

L'architecture RealWORX en amont repose sur une série d'analyseurs de spectre de haut débit AT2500 de l'entreprise Sunrise Telecom placés sur les têtes de ligne secondaire du réseau. Tous les points de tests sont au niveau des récepteurs optiques (Figure 3.8).

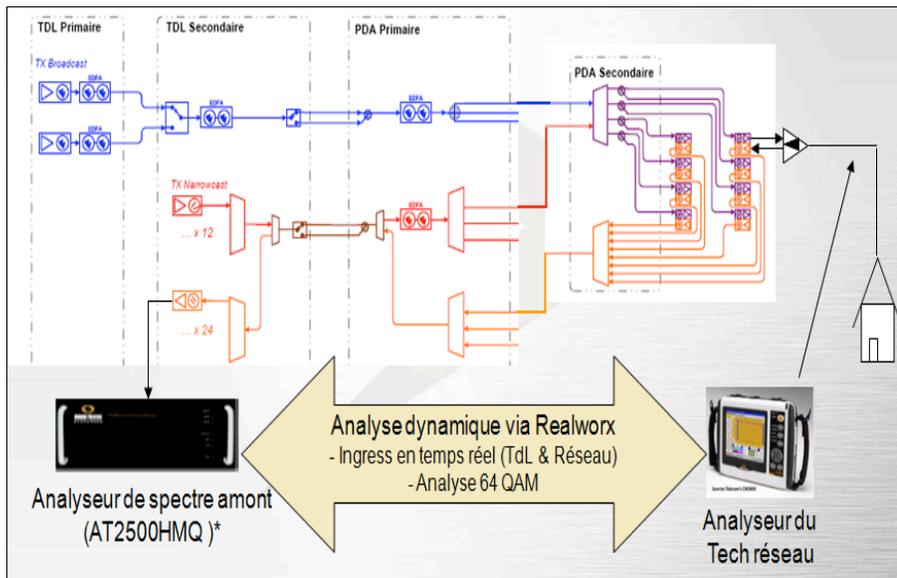


Figure 3-8 Localisation des points de tests

Chaque analyseur de spectre est connecté à un réseau de commutateurs « Route Radio (RF) ». Cela permet d'associer plusieurs nœuds du réseau à un seul analyseur. Ainsi, chaque analyseur aura la capacité de surveiller jusqu'à 256 points de test (Figure 3.9).

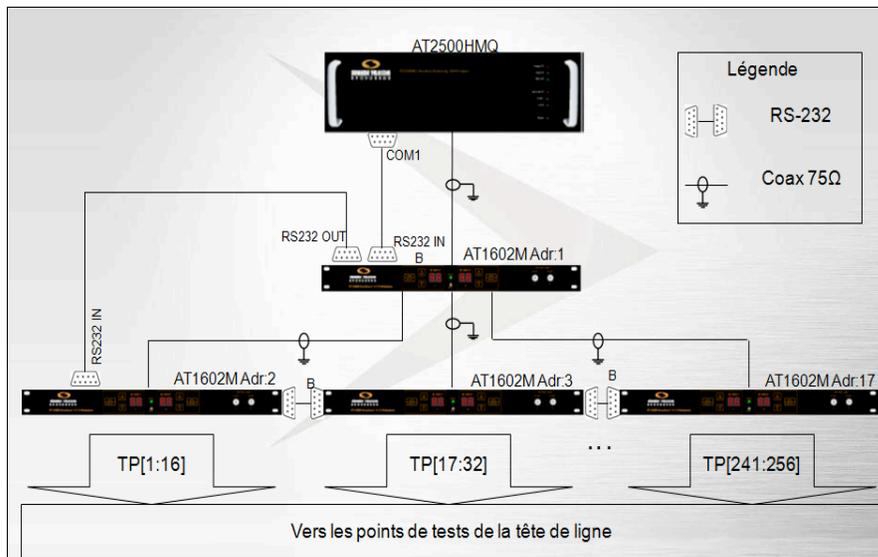


Figure 3-9 Architecture des analyseurs de spectre en amont

3.2 Analyse et critiques de l'existant

Cette section présente les problèmes rencontrés par la plateforme distribuée à multiserveurs RealWORX centralisés indépendants. Ces problèmes peuvent être classés en deux catégories :

- Les problèmes opérationnels liés à la performance globale de la plateforme et la disponibilité des serveurs indépendants RealWORX ;
- Les problèmes liés à l'architecture de la plateforme elle-même telles que son incapacité à répondre aux exigences d'évolutivité due à la croissance du nombre d'équipements dans le réseau « Hybride Fibre Coaxial (HFC) » et la complexité de l'accès nécessitant une connaissance préalable de la distribution des analyseurs de spectre sur les serveurs RealWORX.

3.2.1 Problèmes opérationnels

Depuis le début du mois de juin 2011, la plateforme RealWORX a commencé à rencontrer des problèmes de performance qui ont causé la dégradation du service allant jusqu'à l'indisponibilité totale de la plateforme à plusieurs reprises. En effet, l'indisponibilité d'un serveur RealWORX a un grand impact sur les activités de l'entreprise entraînant :

- L'indisponibilité de toutes les fonctionnalités de REALWORX destinées aux usagers ;
- L'arrêt total de la collecte des données et des alertes.

Suite à des investigations approfondies, ces indisponibilités ont été causées par les opérations d'écriture et de lecture sur les bases de données. Un nombre important de requêtes peut dégrader le temps de réponse et surcharger le serveur. Par conséquent, le serveur devient partiellement ou totalement indisponible.

Les figures 3.10 et 3.11, extraites à partir d'APG (Advanced Performance Graphe), ont permis d'observer le niveau d'utilisation de la mémoire physique trop élevé. Ce niveau demeure stable en dessus de 90%. Durant la même période, après constatations, une utilisation élevée de la mémoire virtuelle provoque une forte consommation du processeur et du disque (figure 3.12).

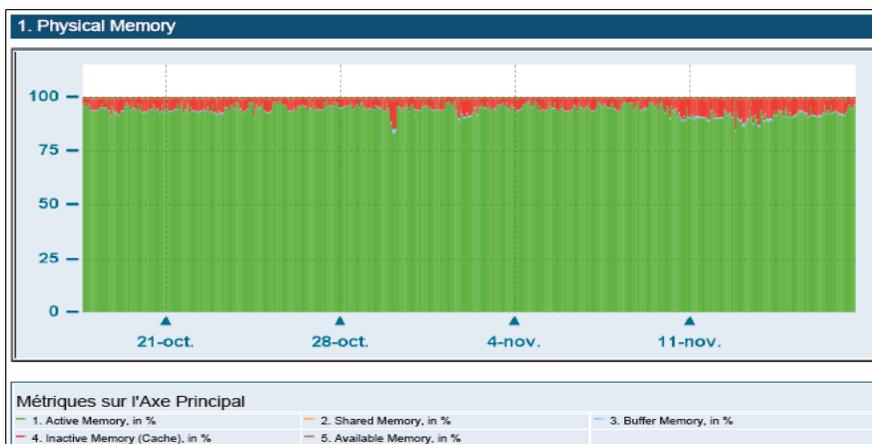


Figure 3-10 Utilisation en pourcentage de la mémoire physique

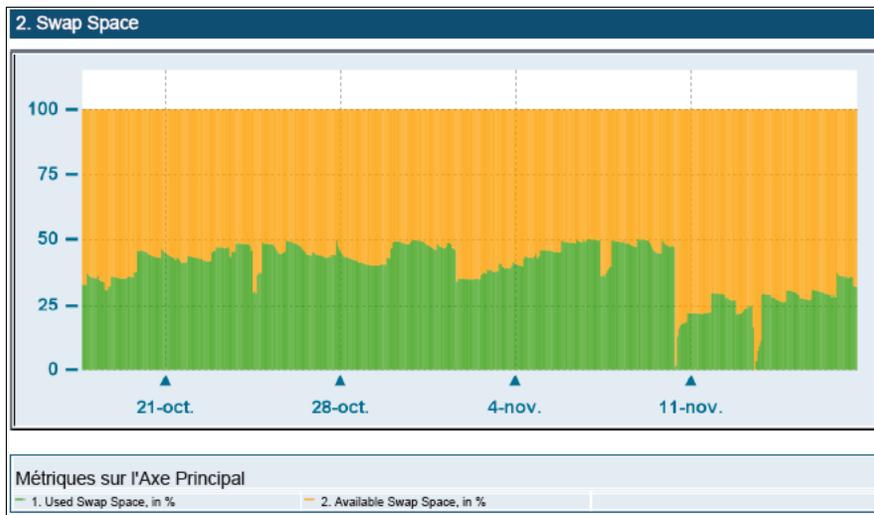


Figure 3-11 Utilisation en pourcentage de la mémoire SWAP

La figure 3.12 présente l'utilisation en pourcentage du processeur. L'utilisation a dépassé le seuil de 90% à trois reprises. Durant cette même période, l'indisponibilité du serveur RealWORX a été constatée et enregistrée pendant quelques heures.

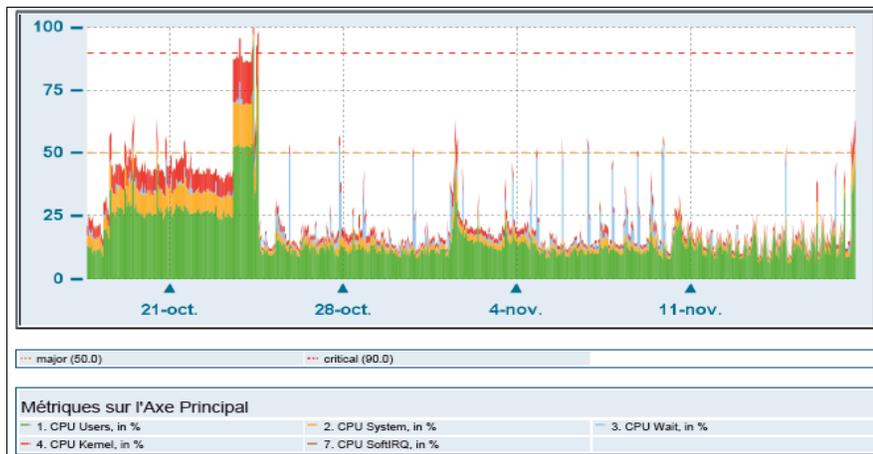


Figure 3-12 Utilisation en pourcentage du CPU

3.2.2 Problèmes liés à l'évolutivité de la plateforme

3.2.2.1 Modernisation du réseau HFC

Avec l'arrivée de la technologie DOCSIS3.0, Vidéotron a commencé à moderniser progressivement son réseau HFC afin de pouvoir offrir à ces clients des services bidirectionnels à haute vitesse de transfert pouvant atteindre jusqu'à 200 Mbps en aval et jusqu'à 50 Mbps en amont tout en assurant une meilleure qualité de service par rapport à la version précédente (DOCSIS2.0). Pour atteindre ces hautes vitesses, une adaptation de la capacité était primordiale. Cette adaptation consiste à l'augmentation du nombre de ports montants (en amont) et descendants (en aval) du CMTS (Cable Modem Termination Systems) et ainsi l'augmentation du nombre des récepteurs et émetteurs optiques.

3.2.2.2 L'expansion du réseau de surveillance en amont

Le nombre des nœuds et des récepteurs optiques au niveau des têtes de lignes sont en croissance. Les facteurs principaux de cette croissance sont :

- Les projets de modernisation du réseau HFC ;
- L'expansion du réseau HFC.

Étant donné que les points de test pour la surveillance du signal en amont se situent au niveau des récepteurs optiques, le nombre d'analyseurs de spectre croîtra en conséquence.

D'après les estimations du bureau des projets d'ingénierie de Vidéotron, il prévoit que le nombre d'analyseurs de spectre doublera pour les deux prochaines années.

Cela nécessitera la mise en production de deux serveurs RealWORX en amont supplémentaires pour couvrir tous les nœuds optiques.

L'ajout de deux serveurs supplémentaires complexifiera l'identification du serveur RealWORX contenant l'analyseur de spectre connecté au point de test à diagnostiquer. Avant de s'authentifier au serveur, l'utilisateur devra connaître d'avance la distribution des analyseurs de spectre sur quatre serveurs RealWORX indépendants au lieu de deux.

3.2.2.3 Inconvénients de l'architecture actuelle

Avec l'addition de deux serveurs RealWORX en amont à l'architecture actuelle, cette dernière totalisera finalement quatre serveurs RealWORX indépendants. Cet ajout présente plusieurs inconvénients tels que :

- Le non convivialité de l'accès : l'utilisateur est censé retenir un login et un mot de passe pour chaque serveur RealWORX. En plus, il doit connaître d'avance dans quel serveur RealWORX se trouve les données d'une cellule donnée avant de s'authentifier au serveur approprié ;
- L'augmentation des coûts opérationnels pour la gestion des bases de données additionnelles appartenant à chaque serveur RealWORX.

3.2.3 Résumé des problèmes rencontrés par l'architecture actuelle

La plateforme RealWORX centralisée à multiserveurs indépendants n'est plus capable de répondre aux besoins opérationnels de l'entreprise. Cela est dû principalement à l'architecture centralisée des serveurs RealWORX. L'inconvénient de cette architecture est que l'ensemble des composants de RealWORX sont hébergés sur un même serveur physique tel que la base de données, le serveur Web, les analyseurs de spectre, ainsi que les autres composantes logiques.

Chaque serveur est responsable de la collecte des données à partir des buffers des analyseurs de spectre qui lui sont connectés et de répondre aux requêtes en provenance des usagers et les autres systèmes connexes. Ces deux fonctionnalités nécessitent de fortes interactions avec la base de données. Ainsi, la base de données est devenue le goulot d'étranglement du serveur RealWORX.

En plus, la plateforme centralisée actuelle ne peut plus répondre aux exigences d'évolutivité. Elle n'est plus en mesure de suivre l'expansion du réseau de surveillance en amont de l'entreprise suite à la croissance du nombre d'équipements (analyseurs et commutateurs).

À chaque serveur RealWORX additionnel, un nouveau nom d'utilisateur et mot de passe seront fournis à chaque usager. Cela complexifie la tâche de l'usager qui doit connaître d'avance à quel analyseur de spectre appartient le point de test qu'il veut diagnostiquer avant de s'authentifier au serveur RealWORX.

3.3 Conception de la nouvelle architecture de la plateforme RealWORX

La section précédente a décrit les différents problèmes rencontrés par l'architecture de la plateforme distribuée à multiserveurs RealWORX indépendants. Après l'analyse de la situation, l'équipe d'ingénierie de Vidéotron a conclu que la base de données (dû au nombre important des requêtes en provenance des usagers) et la complexité de l'accès (qui nécessite

une connaissance préalable de la distribution des analyseurs de spectre sur les serveurs RealWORX) étaient le goulôt d'étrangement de cette plateforme.

Cette section présente une solution pour résoudre ces problèmes. La solution consiste à changer l'architecture de la plateforme RealWORX qui passera de la plateforme distribuée à multiserveurs RealWORX indépendants vers la nouvelle plateforme centralisée à multiserveurs RealWORX distribués avec un portail Web unique.

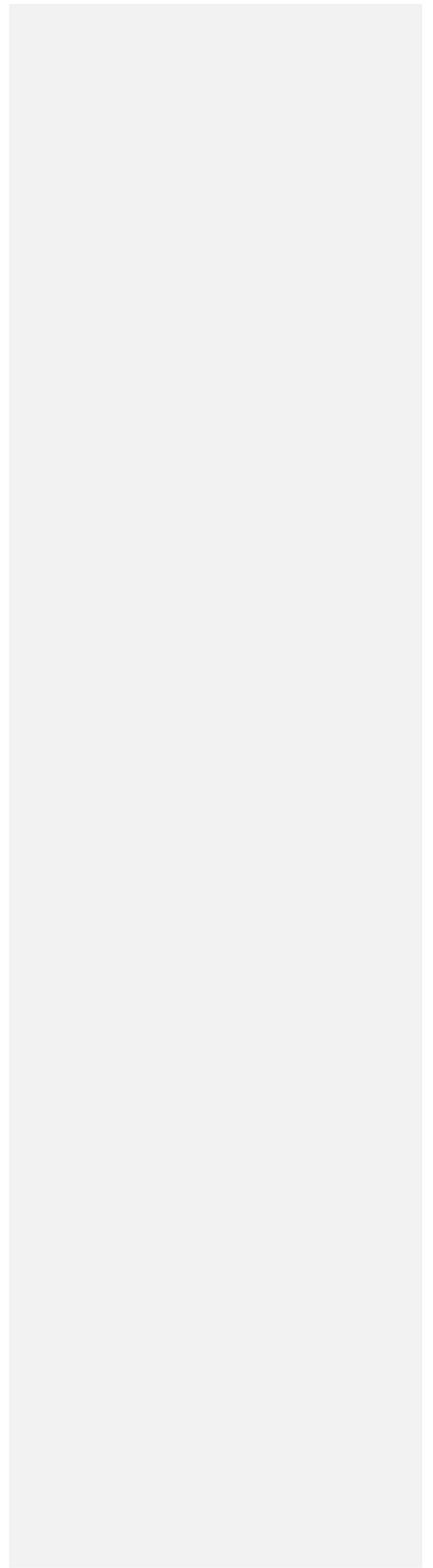
Les principaux changements introduits dans la nouvelle plateforme sont :

- La centralisation des données consiste à séparer les bases de données des serveurs RealWORX. Ce choix permet de libérer les serveurs RealWORX de la charge des requêtes nécessitant des opérations de lecture et d'écriture, et par effet même améliorer leurs performances. En effet, toutes les bases de données des différents serveurs RealWORX seront fusionnées. Ensuite, la base de données résultante sera hébergée sur un serveur de base de données qui lui est dédié. Ainsi, tous les serveurs RealWORX seront convertis en collecteurs de données. Les performances de ces derniers seront améliorées puisqu'ils ne seront plus responsables des bases de données.
- La centralisation de l'accès par la mise en place d'un Proxy inversé (« Reverse Proxy en anglais est un type de serveur, habituellement placé en frontal des serveurs Web et que l'utilisateur du Web passe par son intermédiaire pour accéder aux applications internes) placé en frontal des serveurs RealWORX et du serveur de base de données. Ainsi, le Proxy inversé devient le point de contact unique pour la nouvelle plateforme que l'utilisateur doit passer par son intermédiaire pour accéder aux différents serveurs internes.
- La centralisation de l'accès via le Proxy inversé présente plusieurs avantages tels que :
 - La redirection automatique des requêtes vers le serveur approprié en fonction du service demandé. Cette technique permet de réduire la complexité de l'architecture. D'une part, toutes les requêtes nécessitant des opérations de lecture à partir de la base de données (pour consulter les données historiques)

seront redirigées vers le serveur de base de données. D'autre part, les requêtes nécessitant l'accès aux serveurs RealWORX pour visualiser des rapports en temps réel ou pour effectuer des opérations de maintenance ou des configurations des analyseurs ou des commutateurs seront redirigées vers le serveur RealWORX approprié. À savoir qu'une configuration préalable des paramètres du Proxy inversé est nécessaire pour assurer la redirection automatique des requêtes.

- Décharger les serveurs Web NGNIX situés sur les serveurs RealWORX de la charge des objets statiques (images et pages HTML). Cela permet de libérer les serveurs Web NGNIX situés sur les serveurs RealWORX ;
- Ajouter une couche supplémentaire de sécurité par la mise en place d'un serveur de Proxy inversé placé à l'intérieur du réseau de périmètre appelé DMZ (Demilitarized Zone), un réseau situé entre le réseau interne de l'entreprise et Internet. Les connexions avec le Proxy inversé ne seront donc permises qu'aux applications situées sur les serveurs RealWORX et aux serveurs de bases de données à travers des ports spécifiques ;
- Faciliter l'accès de la plateforme. L'utilisateur n'aura besoin que d'un seul nom d'utilisateur et d'un mot de passe pour accéder à la plateforme ;
- Réduire la réservation de plages d'adresse Web. Une seule adresse sera visible qui est celle du Proxy inversé. Les serveurs placés derrière le Proxy inversé, que ce soient les serveurs Web NGNIX hébergés sur les serveurs RealWORX ou les serveurs de bases de données, auront des adresses locales ;
- La distribution des analyseurs de spectre sur les serveurs RealWORX en fonction de leurs régions et de leurs sites. Ainsi, tous les analyseurs de spectre appartenants à la même région ou au même site seront regroupés sur un même serveur RealWORX. De cette façon, la consultation des différents rapports de RealWORX devient plus facile, simple et accessible selon le niveau de granularité désiré que ce soit par région, par site, par analyseur ou par cellule (combinaison de ports).

La figure 3.xx illustre les différents éléments de l'architecture centralisée à multserveurs distribués avec un portail Web unique.



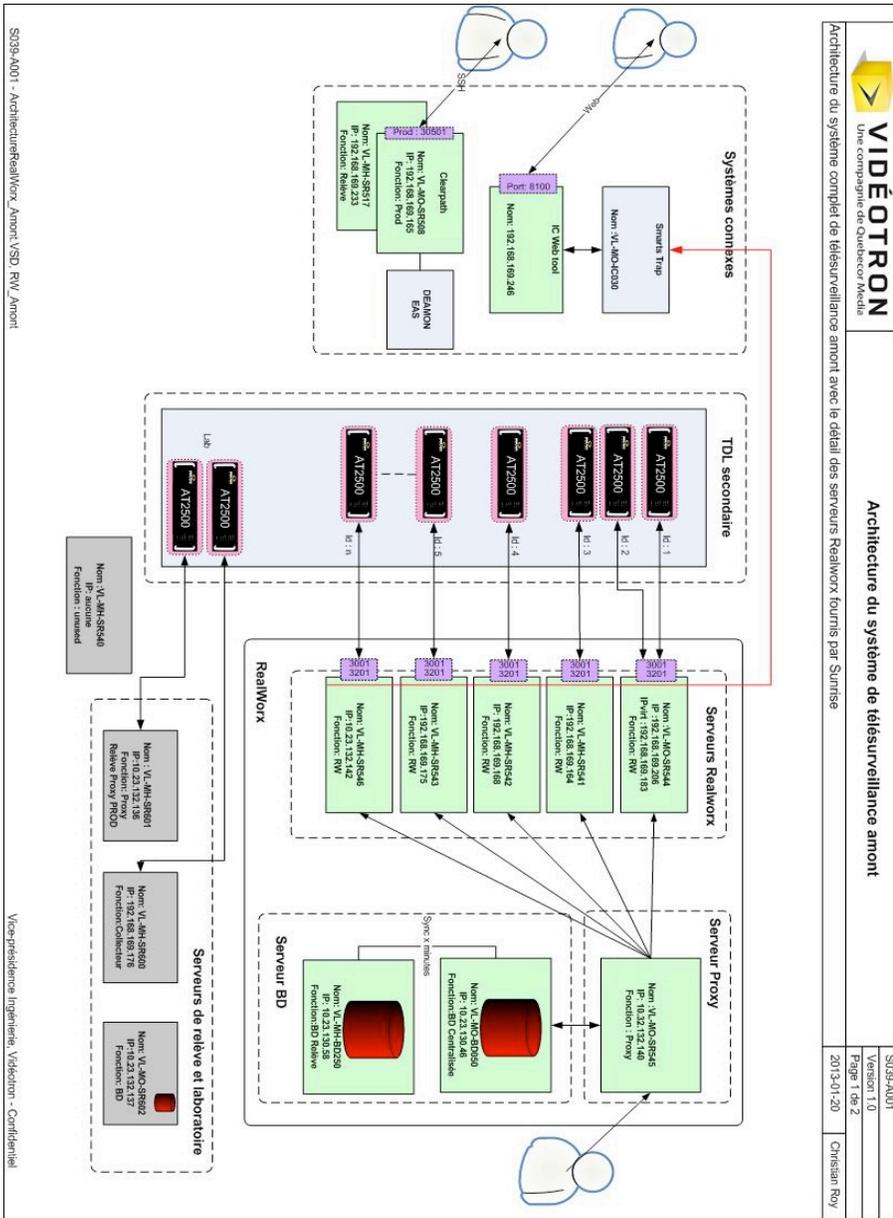


Figure 3-13 Architecture centralisée de RealWORX en amont

3.4 Déploiement de la nouvelle architecture dans un environnement de test

Le déploiement de la nouvelle architecture a été effectué dans un environnement de test constitué de deux serveurs de relève (VL-MR601 et VL-MR-SR602) et d'un serveur de laboratoire VL-MH-SR600.

La migration vers la nouvelle plateforme débute par la centralisation des données qui consiste à la fusion de toutes les bases de données des différents serveurs RealWORX. Ensuite, les tests de migrations vers la plateforme centralisée à multiserveurs distribués avec le portail Web unique se dérouleront en trois étapes. Dans la première étape, deux serveurs de relève ont été utilisés : VL-MR-601 et VL-MR-SR602 : ❶ le premier serveur sert de serveur de Proxy inversé. Ce dernier contient le serveur Web NGNIX, le serveur de base de données et la base de données résultante de la fusion des bases de données des deux serveurs VL-MR-SR601 et VL-MR-SR602, ❷ le deuxième serveur sert de collecteur de données (serveur RealWORX). Dans la deuxième étape, un deuxième collecteur a été ajouté (VL-MH-SR600). Ainsi, deux collecteurs et un serveur Proxy inversé ont été utilisés. Finalement, dans la troisième étape, la base de données est séparée du serveur de Proxy inversé. De cette façon, les différents composants du système seront hébergés sur des serveurs physiques qui leur sont dédiés tel que le serveur RealWORX, le serveur de Proxy et le serveur de base de données.

3.4.1 La centralisation des données

La centralisation des données se déroule en quatre étapes : ❶ la compréhension des schémas de bases de données existants, ❷ la conception du nouveau schéma de données, ❸ la fusion des données et, ❹ la validation de la fusion des données.

Ces quatre étapes ont été réalisées en collaboration avec la compagnie Sunrise Telecom. La tâche était de concevoir un nouveau schéma de données qui permettra de regrouper toutes les données des différents serveurs RealWORX dans une seule base de données tout en

s'assurant de la capacité du nouveau schéma à satisfaire les exigences fonctionnelles du nouveau système.

En fait, les différentes bases de données avaient le même schéma de données (mêmes tables, mêmes contraintes, mêmes indexes, etc.) mais avec des données différentes. Par exemple, la table «Analyseur», entre deux bases de données, contient des données différentes tout en gardant la même structure. D'ailleurs, chacune des quatre tables «Analyseur» contient uniquement les données relatives aux analyseurs qui lui sont associés (analyseur appartenant au même serveur RealWORX que la base de données qui contient cette table). Ainsi, la table «Analyseur» du nouveau modèle devra contenir tous les données relatives aux analyseurs de spectre du système de télésurveillance tout en gardant la même structure de données.

En analysant le contenu de toutes les tables, il a été conclu que la plupart d'entre elles sont dans la même situation que la table «Analyseur». Par conséquent, après réflexion, il était judicieux de garder le même schéma de données déjà existant. L'opération de fusion se limite alors au regroupement des données sur une même base de données.

La troisième étape consiste à la fusion des données. Cette fusion a été réalisée par un script fourni par la compagnie Sunrise Telecom. Le script a été exécuté dans un environnement de test.

Finalement, la quatrième étape consiste à valider le contenu de la base de données résultante de l'opération de fusion pour s'assurer de l'intégrité des données. Ces tests incluent :

- La validation des usagers ;
- La conformité des données historiques ;
- La validation de l'inventaire d'équipements.

Le changement du code de l'application pour modifier les chemins des requêtes sur les données ainsi que l'adaptation des interfaces utilisateurs ont été effectués par la compagnie Sunrise Telecom. Il s'agit principalement d'un changement de configuration des paramètres du serveur Web NGNIX situé sur le serveur Proxy inversé (voir détails à la section 3.4.2). De cette façon, toutes les opérations sur la base de données que ce soient en lecture pour

consulter les données historiques ou en écriture pour effectuer des tâches d'administration seront redirigées vers la base de données centralisée.

3.4.2 Migration de la plateforme : Étape 1

Dans cette étape, l'environnement de test est composé des deux serveurs RealWORX et d'un analyseur de spectre. Le Serveur TEST 1 sera converti en un collecteur de données tandis que le serveur TEST 2 sera converti en un serveur de Proxy qui contiendra la base de données résultante de la fusion (Figure3-14).

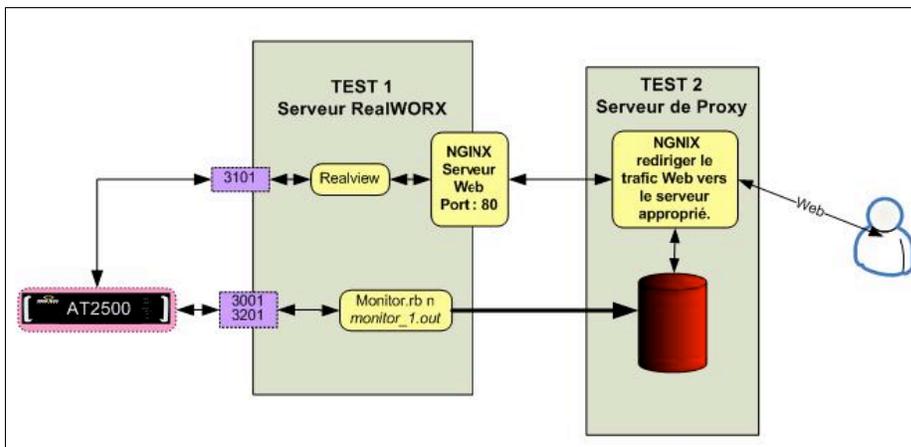


Figure 3-14 Architecture de la première étape de la migration

Cette étape est constituée des phases suivantes :

- Mettre à jour la version de RealWORX sur les deux serveurs de test avec les fichiers « Red Hat Package Manager (RPM) » fournis par la compagnie Sunrise Telecom ;
- Sauvegarder les copies (Backup) de la base de données du serveur TEST 1 ;
- Transférer la base de données du serveur TEST 1 vers le serveur TEST 2 ;

- Démarrer la base de données dans TEST 1 ;
- Configurer le Proxy afin de rediriger les requêtes vers le serveur approprié ;
- Configurer le serveur de base de données installé sur TEST 2 ;
- Configurer le serveur TEST 1 pour insérer les données collectées vers la base de données située sur le serveur de Proxy.

3.4.3 Migration de la plateforme : Étape 2

Dans cette étape, l'environnement de test est composé des trois serveurs RealWORX et de deux analyseurs de spectre. Les Serveurs TEST 1 et TEST 2 seront convertis en collecteurs de données tandis que le serveur TEST 3 sera converti en un serveur de Proxy qui contiendra la base de données résultante de la fusion (Figure3-15).

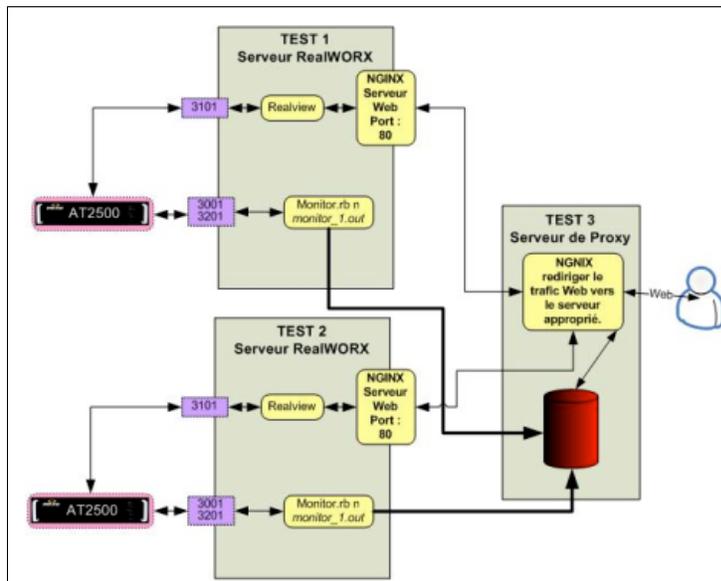


Figure 3-15 Architecture de la deuxième étape de la migration

Cette étape est constituée des phases suivantes :

- Mettre à jour la version de RealWORX sur les trois serveurs RealWORX avec les fichiers RPM (Red Hat Package Manager : ensemble de fichiers constituant une application) fournis par la compagnie Sunrise Telecom ;
- Sauvegarder les copies (Backup) des deux bases de données des serveurs TEST 1 et TEST 2 ;
- Transférer la base de données du serveur TEST 2 vers le serveur TEST 1 ;
- Fusionner les deux bases de données dans TEST 1 ;
- Transférer la base de données résultante vers le serveur de Proxy ;
- Arrêter les bases de données dans TEST 1 et TEST 2 ;
- Démarrer la nouvelle base de données sur le serveur de base de données ;
- Configurer le serveur Web NGNIX qui réside sur le serveur Proxy afin de rediriger les requêtes vers le serveur approprié ;
- Configurer le serveur de base de données qui réside sur le serveur de Proxy ;
- Configurer les serveurs TEST 1 et TEST 2 pour insérer les données collectées vers la base de données située sur le serveur de Proxy.

3.4.4 Migration de la plateforme : Étape 3

Dans cette étape, l'environnement de test est composé des trois serveurs RealWORX, de deux analyseurs de spectre et d'un serveur de base de données. Les Serveurs TEST 1 et TEST 2 seront convertis en collecteurs de données tandis que le serveur TEST 3 sera converti en un serveur de Proxy. Dans cette étape, la base de données est séparée du serveur de Proxy. La base de données résidera sur un serveur de base de données qui lui est dédié (Figure 3-16).

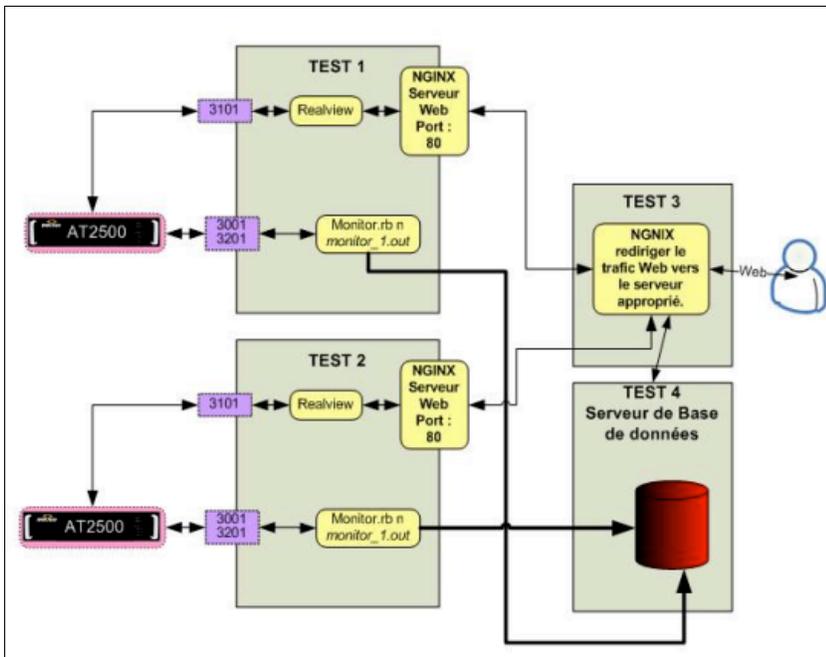


Figure 3-16 Architecture de la troisième étape de la migration

- Mettre à jour les trois serveurs RealWORX avec les fichiers RPM fournis par la compagnie Sunrise Telecom;
- Installer le serveur de base de données ;
- Sauvegarder (Backup) les deux bases de données des serveurs TEST 1 et TEST 2 ;
- Transférer la base de données de TEST 2 vers TEST 1 ;
- Fusionner les deux bases de données dans TEST 1 ;
- Transférer la base de données résultante vers le serveur de base de données ;
- Arrêter la base de données dans TEST 1, TEST 2 et TEST 3 ;
- Démarrer la nouvelle base de données sur le serveur de base de données ;
- Configurer le serveur de base de données ;

- Configurer le Proxy afin de rediriger les requêtes vers le serveur approprié ;
- Configurer les serveurs TEST 1 et TEST 2 pour insérer les données collectées vers la base de données située sur le serveur de base de données.

3.4.5 Solution pour la haute disponibilité

Pour assurer la haute disponibilité, il a été décidé de choisir la redondance matérielle (duplication partielle du système) et cela pour les raisons suivantes :

- Le temps de reprise en cas de panne pour l'ensemble des composants critiques listés dans le tableau 3.1 ne dépasse pas trente (30) minutes. Ce temps a été jugé acceptable et ne causera pas d'impact sur les activités de l'entreprise ;
- Les buffers des analyseurs ont une capacité de sauvegarder les données pouvant aller jusqu'à cinq (05) jours ;
- Le coût élevé pour les autres solutions de haute disponibilité (coûts des licences supplémentaires et les coûts de gestion).

Tableau 3.1 Analyse de la solution de redondance

Composant	Point unique de défaillance	Impact en cas de panne	Solution
Serveur de Proxy	Oui	Indisponibilité du système au complet.	Redondance matérielle.
Serveur RealWORX	Non	Indisponibilité partielle : Arrêt partiel de la collecte des données ainsi que l'ensemble des fonctionnalités offertes sur le serveur en question.	Redondance matérielle.
Serveur de base de données	Non	Indisponibilité partielle : Arrêt de la collecte des données et de consultation des données historiques.	Redondance matérielle.

3.5 Forces et faiblesses de la méthodologie utilisée

La méthodologie utilisée pour réaliser cette migration de plateforme REALWORX est composée de plusieurs étapes à savoir : (1) fusionner les bases de données de l'ensemble des serveurs RealWORX, (2) identifier et mettre en place les actions fonctionnelles et techniques préalables à chacune des trois étapes de la migration de RealWORX vers la nouvelle plateforme, (3) migrer RealWORX vers la nouvelle plateforme sur trois étapes (voir la section 3.4) et enfin (4) identifier et mettre en place les actions fonctionnelles et techniques à exécuter sur la nouvelle plateforme avant de pouvoir mettre le système disponible aux utilisateurs.

Cette méthodologie repose sur une approche itérative et incrémentale et présente plusieurs points forts tels que :

- Production d'une documentation concise et rigoureuse sur les différentes phases du projet ;
- Identification et résolution des problèmes avant la mise en production ;
- Bonne gestion des facteurs tactiques tels que la relation avec le fournisseur et la formation des utilisateurs ;
- Respect des normes et des standards ;
- Une bonne gestion des risques durant toutes les phases du projet afin de minimiser le risque d'échec de la mise en production.

Toutefois, cette méthodologie présente également certaines faiblesses telles que :

- Son utilisation est limitée seulement pour les experts techniques ;
- Adaptée pour résoudre un problème opérationnel spécifique à Vidéotron.

CONCLUSION

Ce travail présente l'étude et la réalisation du projet de migration de la plateforme du système de télésurveillance du signal en amont RealWORX depuis la plateforme distribuée à multiserveurs RealWORX indépendants vers une plateforme centralisée à multiserveurs RealWORX distribués avec un portail Web unique.

Ce projet s'est limité aux phases préalables de la migration et également de la migration de la plateforme RealWORX dans un environnement de test.

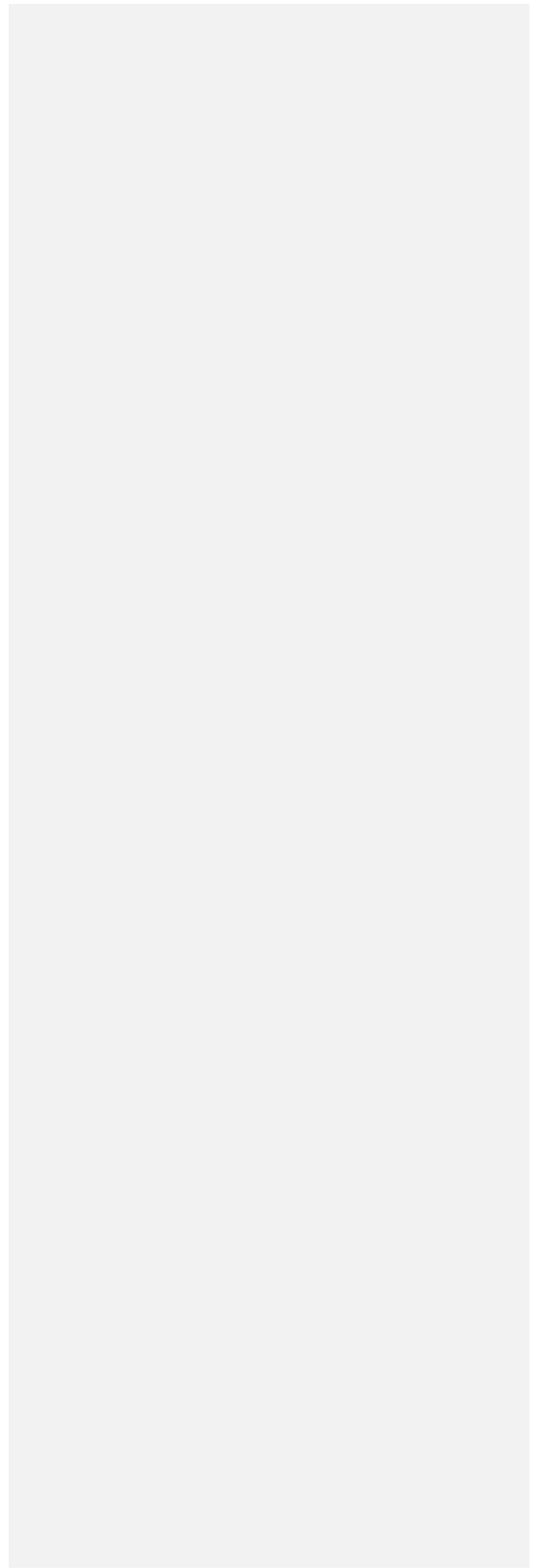
Pour atteindre les objectifs du projet, une revue de littérature a été effectuée sur les principaux sujets suivants : (1) les architectures centralisées, (2) les architectures distribuées, (3) l'architecture Hybrid Fiber-Coax (HFC) et (4) l'architecture RealWORX.

Également, une analyse critique de l'architecture centralisée de la plateforme RealWORX a été réalisée en se référant aux solutions proposées dans la la revue de la littérature. Cette analyse a permis d'identifier les causes profondes de la mauvaise performance, et par la suite de concevoir une nouvelle architecture de la plateforme RealWORX. Cette nouvelle plateforme permet de résoudre les problèmes de performance rencontrés par l'architecture distribuée initiale, de satisfaire les exigences fonctionnelles et les exigences d'évolutivité du système RealWORX, et de pouvoir s'intégrer avec les autres systèmes connexes sans modification de leurs codes tout en assurant l'utilisabilité et la qualité en général.

Avant d'entamer la réalisation, un plan de mise en œuvre détaillé a été élaboré. Il a décrit les différentes étapes de la migration incluant les tests de validation associés à chaque étape. De plus, ce plan est utilisé en tant que fil conducteur tout au long de la migration.

Durant la réalisation de la migration, plusieurs problèmes ont été rencontrés. La majorité de ces problèmes ont pu être résolus à l'interne de l'entreprise. Certains d'autres ont été soumis à la compagnie Sunrise Telecom qui a pu fournir les solutions adéquates. L'ensemble de ces problèmes, solutions et actions entreprises ont été documentés et intégrés progressivement

au plan de mise en œuvre. Finalement, la réalisation de cette migration a été menée avec succès et a franchi toutes les étapes en respectant les délais établis.



BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, J. C. et Eng, P. 1994. An integrated network management system for cable television. In Proceedings of the 43rd Annual NCTA Convention and Exposition, New Orleans, Louisiana, pages 74–84.
- Bapat, S. 1994. *Object-Oriented Networks, Models for Architecture, Operations, and Management*. Prentice-Hall International.
- Carro, B., Nguyen Chan, H., Sánchez, A., Redoli, J., Mompó et R. 2001. Link-Level Effect of a Noisy Channel over Data Transmission on the Return Path of an HFC Network. IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'01), Volume 5, San Antonio, Texas, USA.
- Himayat, N., Eldering, C. A., Kolber, M., et Dickinson, E. L. 1995. Characteristics of hybrid fiber-coax return systems. In Proceedings of the SCTE 1995 Conference on Emerging Technologies, Orlando, Florida, pages 191–200.
- Lu, Xiaolin. 2009. «An Architecture for Web Based and Distributed Telecommunication Network Management System». Third International Symposium on Intelligent Information Technology Application.
- Perry, Ed et Ramanathan, Srinivas. 1998. Experiences from Monitoring a Hybrid Fiber-Coaxial Broadband Access Network
- Perry, Ed and Ramanathan, Srinivas. 1996. Network Management for Residential Broadband Interactive Data Services. Hewlett-Packard Laboratories.
- Poggi, Jérôme et Lehembre, Guillaume. 2005. Disponible en ligne < http://www.hsc.fr/presse/01-net/gl_jp_architecture_centralis%E9e_wifi.html >. Consulté 12 Novembre 2011.

- Poussineau, Jérôme . 2010. «Performances et disponibilités des systèmes distribués». Disponible en ligne. < <http://blog.axopen.com/2010/07/performances-et-disponibilites-des-systemes-distribues/>>. Consulté 12 Novembre 2011
- Puder, Arno , Römer, Kay et Pilhofer, Frank. 2006. Distributed Systems Architecture: A Middleware.
- Schwarz, R. et Kreuzer, S.. 1995. Recipe for a successful OSS: Broadband networks demand operations support. Communications Engineering Digest, pages 92–100.
- Sunrise Telecom. 2012. RealWORX WEB. Disponible en ligne. <<http://www.sunrisetelecom.com/products/realworx.php>>. Consulté le 5 janvier 2012.
- Wikipédia. 2012a. Serveur central. Disponible en ligne < http://fr.wikipedia.org/wiki/Serveur_central>. Consulté le 23 juin 2012.
- Wikipédia. 2011b. Hybrid fibre-coaxial < http://fr.wikipedia.org/wiki/Hybrid_fibre-coaxial >. Disponible en ligne. Consulté le 12 novembre 2011.
- Wikipédia. 2011c. Client-serveur. Disponible en ligne < <http://fr.wikipedia.org/wiki/Client-serveur> >. Consulté le 12 novembre 2011.
- Wikipédia. 2011d. Architecture distribuée. Disponible en ligne < http://fr.wikipedia.org/wiki/Architecture_distribu%C3%A9e >. Consulté le 12 novembre 2011.
- Shiyong, Zhang. 2002. Network Monitoring In Broadband Network. Disponible en ligne. <http://www.telogic.com.sg/PDF/Monitoring_White_Paper.pdf>. Consulté le 20 novembre 2011.