



ÉTUDE DES SOLUTIONS DE SUPERVISION RÉSEAU ET MISE EN PLACE D'UN SERVEUR.

Réalisé par Bilel BOUGHLEM



Tuteur professionnel : Kévin LEBON

Tuteur universitaire : Richard LORION

Année universitaire : 2024-2025

BUT 2 RÉSEAUX ET TÉLÉCOMMUNICATIONS PARCOURS CYBERSÉCURITÉ

Remerciements

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à l'ensemble des personnes qui ont contribué au bon déroulement de mon stage au sein de la mairie de Saint-Pierre.

Je remercie tout particulièrement M. Kévin Lebon, mon tuteur professionnel, pour son accueil, sa disponibilité, ses conseils avisés et l'intérêt qu'il a porté à mon travail. Son accompagnement m'a permis d'enrichir mes compétences techniques et professionnelles dans un cadre bienveillant.

Je remercie également les membres de l'équipe informatique, et plus largement les agents des différents services, pour leur bonne humeur, leur collaboration et leur aide tout au long de cette expérience, notamment M. David Sangala et M. Bryan Philéas pour leur disponibilité et les bons moments passés à leurs côtés.

Je souhaite aussi remercier chaleureusement ma famille, pour son soutien constant, sa patience et ses encouragements tout au long de mon parcours. Leur présence et leur confiance m'ont été précieuses dans les moments de doute comme dans les réussites.

Enfin, je remercie mon tuteur universitaire M. Richard Lorion, ainsi que tous les enseignants et responsables pédagogiques de l'IUT de Terre Sainte, qui m'ont permis de réaliser ce stage et de mettre en pratique les connaissances acquises en formation.

Ce stage a représenté une étape importante dans mon parcours, tant sur le plan professionnel que personnel.

SOMMAIRE

Introduction.....	2
1 - Contexte et enjeux.....	3
1.1 - Présentation de la mairie et du service informatique.....	3
1.1.1 - Présentation de la mairie.....	3
1.1.2 - Présentation de la Direction des Systèmes d'Information et de son rôle.....	4
1.2 - Problématique rencontrée.....	4
1.2.1 - Risques liés au manque de visibilité réseau.....	4
1.2.2 - Objectifs du projet.....	5
2 - Travaux effectués.....	6
2.1 - Missions initiales.....	6
2.2 - Projet de supervision.....	9
2.2.1 - Étude des solutions disponibles.....	9
2.2.2 - Préparation de l'environnement.....	12
2.2.3 - Installation et configuration.....	12
2.2.4 - Tests et validations.....	15
3 - Analyse, limites et perspectives.....	16
3.1 - Bilan technique.....	16
3.1.1 - Ce qui a bien fonctionné.....	16
3.1.2 - Problèmes rencontrés.....	16
3.2 - Analyse des résultats et bénéfices.....	17
3.2.1 - Amélioration de la supervision.....	17
3.2.2 - Gain en réactivité.....	17
3.3 - Limites et axes d'amélioration.....	18
3.3.1 - Ce qui reste à faire.....	18
3.3.2 - Ce qui pourrait être amélioré.....	18
Conclusion.....	20
Liste des figures et tableaux.....	21
Bibliographie.....	22
Annexes.....	23

Introduction

Face à l'augmentation constante des besoins numériques dans le secteur public, les collectivités territoriales, comme les mairies, sont de plus en plus confrontées à des défis liés à la gestion, la sécurité et la performance de leurs infrastructures informatiques. Dans un contexte où la continuité de service et la réactivité aux incidents sont devenues des exigences majeures, disposer d'une visibilité claire sur l'état du réseau et des équipements est un enjeu stratégique.

C'est dans ce cadre que s'inscrit mon stage de deuxième année de BUT Informatique, réalisé au sein du service informatique de la mairie de Saint-Pierre. Ce service, en charge de l'administration de l'ensemble du parc informatique municipal, assure la gestion des postes utilisateurs, des serveurs, des équipements réseaux ainsi que de nombreux services métiers critiques utilisés par les différents services municipaux (état civil, urbanisme, ressources humaines, etc.).

Après discussion avec mon tuteur, la question de la supervision des systèmes et du réseau s'est imposée comme une problématique centrale. En effet, en l'absence d'un outil centralisé de supervision, le service informatique manquait de réactivité face aux pannes et ne disposait pas d'une vision d'ensemble des performances ou de l'état des équipements réseau. C'est dans ce contexte qu'un projet a été initié autour de la mise en place d'une solution open source, OpenNMS, permettant d'assurer une supervision proactive et évolutive de l'infrastructure existante.

Ce projet constitue l'axe principal de mon stage. Il m'a permis de mener une démarche complète, allant de l'étude des besoins jusqu'à la mise en œuvre concrète d'un outil de supervision, en passant par l'analyse comparative des solutions disponibles, la configuration de l'environnement serveur, l'intégration des équipements à surveiller, ainsi que les tests et validations.

Ce rapport présente dans un premier temps le contexte administratif et organisationnel de la mairie, ainsi que le rôle du service informatique dans son fonctionnement. Il expose ensuite la problématique identifiée et les objectifs visés par le projet. La seconde partie détaille la mise en œuvre technique de la solution de supervision. Enfin, une dernière partie propose une analyse critique des résultats obtenus, des limites rencontrées, ainsi que des perspectives d'amélioration envisageables.

1 - Contexte et enjeux

Cette première partie a pour but de présenter l'environnement dans lequel s'inscrit le projet réalisé durant mon stage, ainsi que les enjeux ayant motivé sa mise en œuvre. Elle revient sur le cadre administratif de la mairie, le fonctionnement de son service informatique, et la problématique spécifique à laquelle le projet répond.

1.1 - Présentation de la mairie et du service informatique

Pour comprendre les besoins informatiques rencontrés au sein de la structure, il est important d'en connaître l'organisation, notamment l'histoire de la mairie et le rôle de son service informatique.

1.1.1 - Présentation de la mairie

La mairie de Saint-Pierre, située dans le département de La Réunion, exerce les missions fondamentales d'une commune française : gestion de l'état civil, des infrastructures locales, de l'action sociale, de la vie scolaire et culturelle, de la sécurité et de l'urbanisme.

Elle emploie environ 1 800 agents municipaux, répartis sur différents services et équipements, dont plusieurs écoles, crèches, centres techniques, médiathèques et bâtiments administratifs. Plutôt qu'un chiffre d'affaires, notion propre au secteur privé, le fonctionnement de la mairie repose sur un budget public évalué selon les priorités définies par le conseil municipal.

Le nombre croissant d'équipements numériques à gérer, en particulier dans les écoles (postes élèves, serveurs pédagogiques, tableaux interactifs...), augmente la complexité du système d'information. On compte aujourd'hui 42 écoles, regroupant environ 8 000 élèves, avec un parc informatique conséquent (composé des 170 bâtiments pouvant regrouper des services, des écoles...).

L'objectif de la collectivité n'est pas de générer du profit, mais d'assurer un service public de qualité, avec un souci constant de continuité, de sécurité et d'accessibilité, ce qui impose une infrastructure informatique stable et bien supervisée.

Voir Organigramme de la Mairie de Saint-Pierre dans l'annexe 1.

1.1.2 - Présentation de la Direction des Systèmes d'Information et de son rôle

La DSI (Direction des Systèmes d'Informations) de la mairie de Saint-Pierre joue un rôle central dans le bon fonctionnement de l'ensemble des services municipaux. Composée d'une trentaine d'agents, elle est chargée de la gestion, du maintien en condition opérationnelle et de la sécurisation de l'ensemble du parc informatique de la collectivité.

Le parc informatique compte plusieurs milliers d'équipements, parmi lesquels figurent plus de 1 500 postes de travail, plus de 200 serveurs virtuels, plus de 170 imprimantes réseau, plus de 400 caméras, ainsi que plus de 200 équipements actifs (switchs, points d'accès Wi-Fi, routeurs...). À cela s'ajoutent diverses solutions logicielles métiers (état civil, affaires scolaires, ressources humaines, urbanisme...). Le service assure également l'administration des comptes utilisateurs, la gestion de la messagerie, les sauvegardes, ainsi que l'assistance technique aux agents municipaux.

Ces dernières années, la numérisation progressive des écoles a significativement accru la charge du service. À ce jour, 17 établissements sur 42 sont déjà équipés, représentant plus de 800 postes et 500 vidéoprojecteurs, avec un projet toujours en cours d'extension. Les équipements déployés dans les écoles (ordinateurs pédagogiques, serveurs locaux, vidéoprojecteurs interactifs) nécessitent une surveillance et une maintenance régulières, parfois à distance, dans un cadre exigeant en termes de sécurité et de réactivité.

Dans ce contexte, le rôle du service informatique ne se limite plus au support technique, mais s'étend à une vision stratégique de l'infrastructure, incluant la cybersécurité, l'interopérabilité entre systèmes, et la supervision proactive du réseau et des équipements.

1.2 - Problématique rencontrée

Dans un contexte de digitalisation croissante, certains outils essentiels, comme la supervision réseau, faisaient encore défaut au sein de la mairie. Cette sous-partie identifie les risques associés et les objectifs du projet mis en œuvre pendant le stage.

1.2.1 - Risques liés au manque de visibilité réseau

Dans un réseau informatique municipal vaste et diversifié, couvrant de nombreux bâtiments publics, écoles et services, le manque de visibilité sur l'état des équipements peut représenter un véritable frein à la réactivité et à la fiabilité du service. Tous les incidents ne présentent pas le même niveau de criticité : une panne sur une imprimante en bout de réseau n'aura pas les mêmes conséquences qu'une défaillance sur un switch central ou un routeur distribuant l'accès à plusieurs bâtiments. Or, sans un système de supervision, il devient difficile de localiser précisément l'origine de la panne et d'en évaluer l'impact.

La problématique devient alors :

Dans un réseau municipal en constante évolution, comment assurer une supervision suffisamment souple et performante pour couvrir un parc informatique vaste, et en croissance constante ?

La difficulté ne réside pas uniquement dans l'identification du matériel concerné, mais aussi dans la compréhension de la nature même du dysfonctionnement. En effet, certaines pannes sont physiques (comme une coupure électrique, une déconnexion physique...) mais d'autres sont purement logiques : une erreur de configuration, un service non lancé ou un lien virtuel mal établi peuvent entraîner des coupures tout aussi problématiques, mais plus complexes à diagnostiquer.

Lorsque le service informatique n'a pas accès à une vue centralisée de son infrastructure, il doit souvent naviguer à l'aveugle : interroger les utilisateurs, tester les équipements un à un, ou encore redémarrer à l'aveugle certains services, au risque d'aggraver la situation. Cette approche, chronophage et incertaine, retarde considérablement la résolution des incidents.

De plus, les techniciens sont généralement informés des anomalies par les usagers eux-mêmes, souvent bien après le début du problème. Ce mode de fonctionnement «en réaction» est inadapté dans une collectivité où la continuité des services numériques, notamment dans les écoles, est essentielle au bon déroulement des activités quotidiennes.

1.2.2 - Objectifs du projet

C'est dans ce contexte que la mise en œuvre d'un système de supervision prend tout son sens. L'objectif principal est de doter le service informatique d'une vision globale, en temps réel, de l'état du réseau et des équipements qui le composent, permettant ainsi d'identifier l'origine des pannes, de prioriser et de réagir plus efficacement face aux incidents.

En identifiant rapidement la cause probable d'un dysfonctionnement, la supervision permet d'éviter les pertes de temps liées aux vérifications manuelles et aux interventions inutiles. Elle apporte également une capacité précieuse d'anticipation puisque certains signaux faibles (température anormale, utilisation excessive d'un lien, erreurs réseau récurrentes) peuvent alerter en amont d'un incident, avant qu'il n'impacte les usagers.

Dans un environnement où la multiplication des équipements, notamment en lien avec la numérisation croissante des établissements scolaires, complexifie la gestion du parc informatique, ce projet répond à un besoin fondamental : assurer une qualité de service constante, même dans un réseau en pleine expansion.

2 - Travaux effectués

Cette partie retrace l'ensemble des missions réalisées durant la période de stage, en distinguant les tâches exploratoires et transverses accomplies au début de la période, des actions techniques spécifiques menées dans le cadre du projet de supervision.

2.1 - Missions initiales

En début de stage, avant que ne débute la mise en œuvre du projet principal de supervision, plusieurs missions ponctuelles m'ont été confiées. Celles-ci m'ont permis de me familiariser avec l'environnement technique de la mairie, de découvrir les outils en place et d'avoir une vision concrète du fonctionnement du service informatique.

Parmi ces premières activités, j'ai notamment participé à l'installation et à la configuration d'imprimantes, ainsi qu'à leur intégration aux postes clients. Cette tâche, bien que courante, m'a permis de comprendre l'organisation du parc matériel et les pratiques de déploiement au sein de la collectivité.

J'ai également été impliqué dans la mise en place de plusieurs points d'accès Wi-Fi, tant au niveau du paramétrage matériel que de la configuration logicielle :

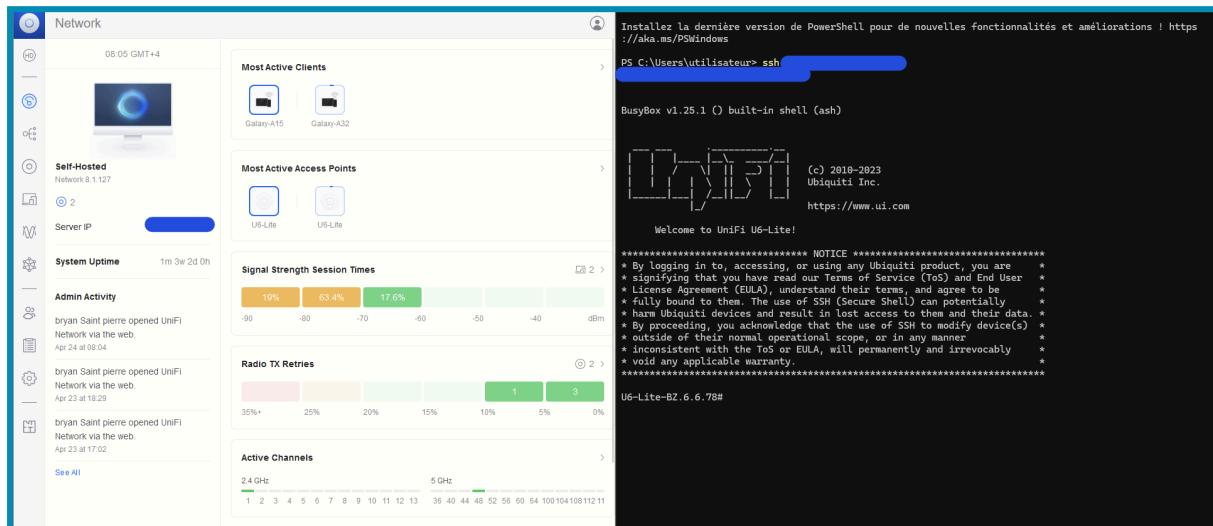


Figure 1 : Interfaces web et en ligne de commande de configuration des points d'accès Ubiquiti UniFi

Une fois les points d'accès configurés, il était alors possible de vérifier leur fonctionnement :

Network													
Type	Name	Application	Status	IP Address	Uplink	Parent Device	Ch. 2.4 GHz	Ch. 5 GHz	Connect...	Experi...	24HR Usage	Download	Upload
Network	U6-Lite	Network	Up to date	██████████	GbE	-	6 (20 MHz)	44 (40 MHz)	0	No Clients	8.67 KB	14.50 Kbps	1197 Kbps
Network	U6-Lite	Network	Up to date	██████████	GbE	-	1 (20 MHz)	48 (40 MHz)	1	Excellent	2.25 MB	4 524 Kbps	131.4 Kbps

Figure 2 : Vérification web du statut des points d'accès

Au cours de cette intervention, j'ai identifié certaines limites du portail captif alors en service : interface peu intuitive, design daté, ergonomie perfectible (notamment la taille de la page qui n'était pas adaptée à l'usage sur téléphone). Sur proposition du service, j'ai ainsi amorcé la conception d'un nouveau portail Wi-Fi plus clair, plus esthétique et mieux adapté aux besoins des usagers municipaux :

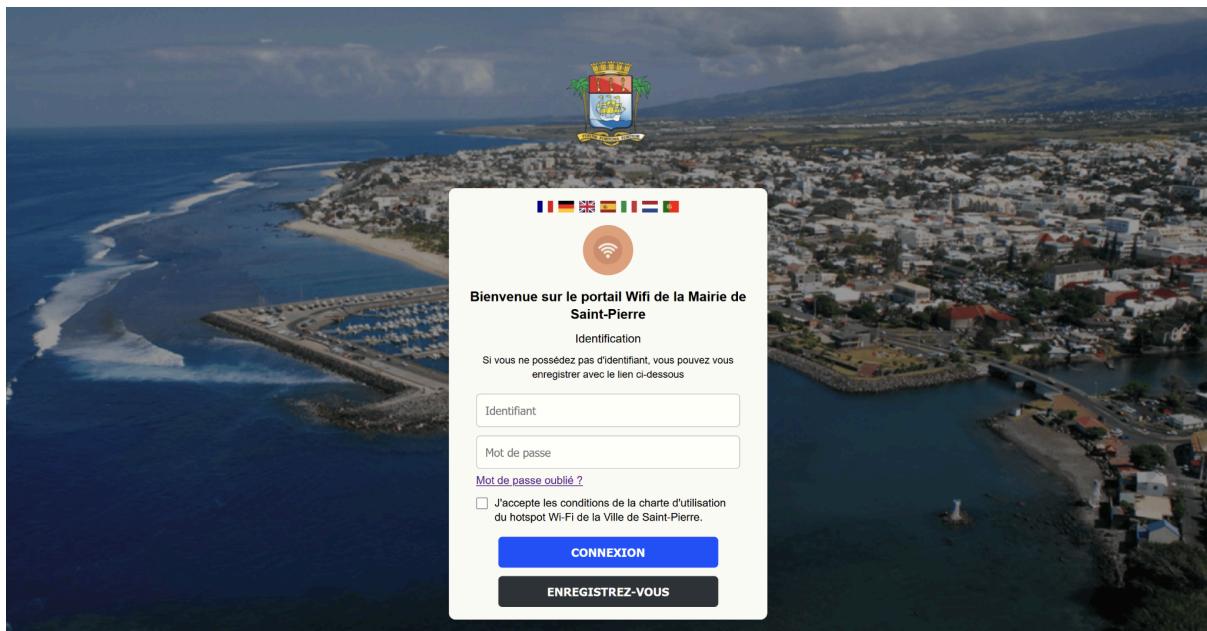


Figure 3 : Page index de ma proposition de portail Wi-Fi

J'ai d'ailleurs pu, sur conseil du développeur web M. Bryan Philéas, optimiser ma page web en appliquant les conseils de l'outil de Google destiné à aider les développeurs web : PageSpeed Insights.

J'ai pu significativement optimiser la page web conformément aux conseils de l'outil :

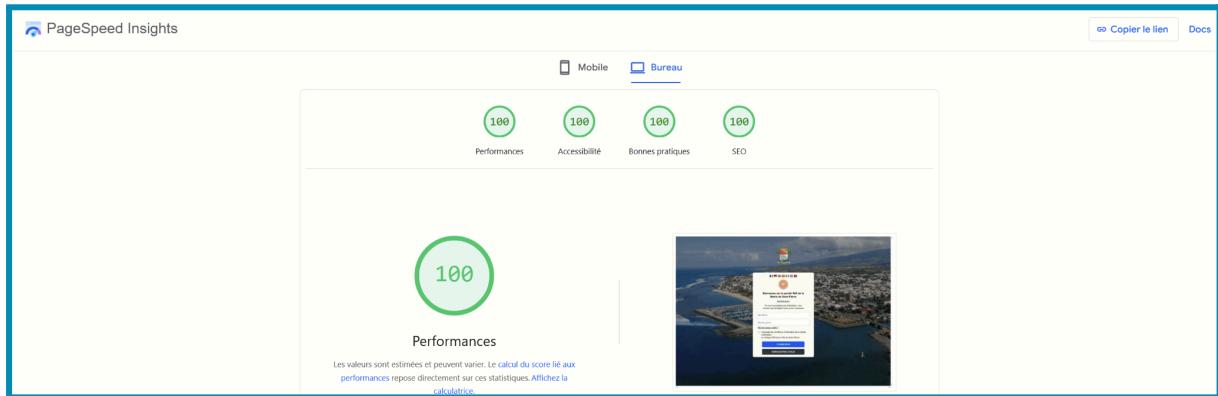


Figure 4 : Résultat de l'analyse de performance de ma page web

J'ai ainsi permis d'initier un projet d'amélioration du portail Wi-Fi des points d'accès :

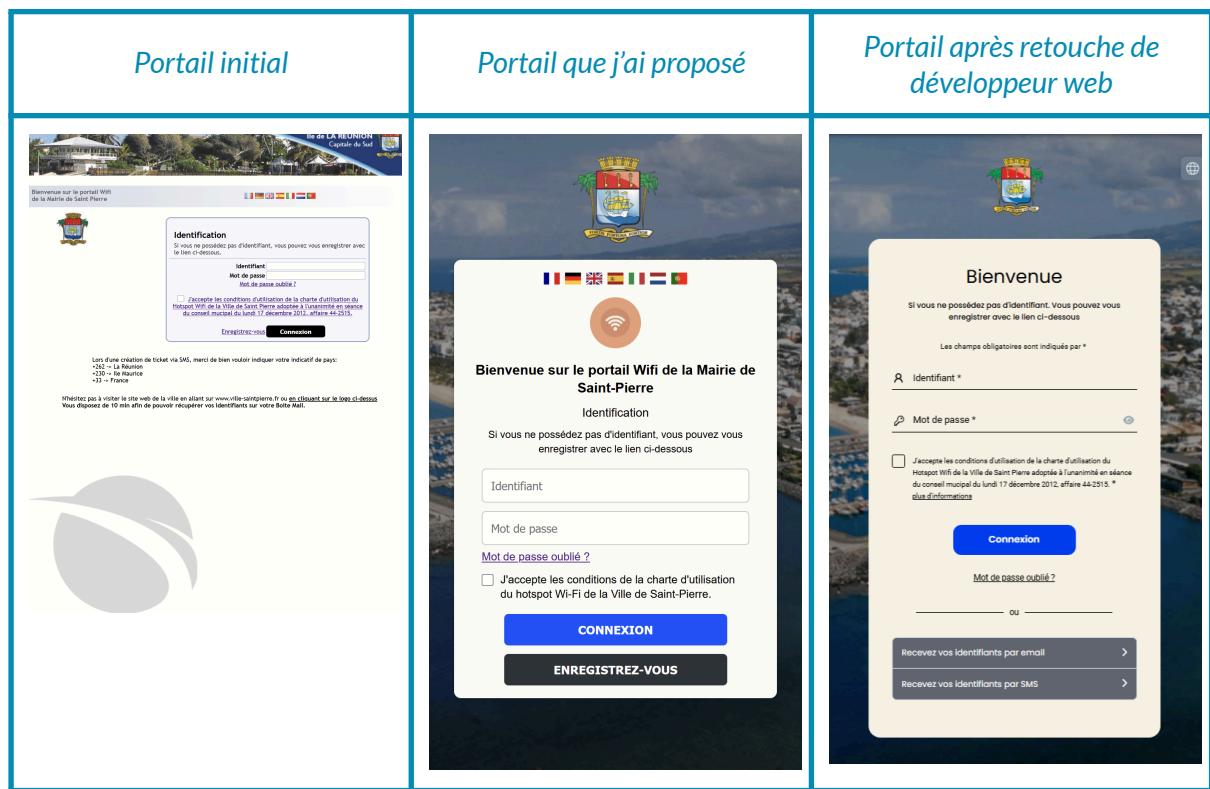


Figure 5 : Tableau comparatif de différentes version du portail Wi-Fi

Ces missions, bien qu'initiales, ont constitué une première immersion concrète dans les problématiques du réseau local de la mairie, en posant les bases techniques et relationnelles nécessaires à la suite du projet de supervision.

2.2 - Projet de supervision

À partir de la troisième semaine de stage, un projet structurant m'a été confié : la mise en place d'un système de supervision réseau. Ce projet avait pour objectif d'améliorer la visibilité sur l'état du parc informatique et d'anticiper les incidents critiques. Il s'est déroulé en plusieurs étapes, présentées ci-dessous.

2.2.1 - Étude des solutions disponibles

Avant de déployer une solution de supervision, une phase d'analyse des options existantes s'est avérée nécessaire. Elle m'a permis de comparer différents outils en termes de fonctionnalités, de compatibilité, de complexité d'intégration et de pertinence vis-à-vis des besoins de la mairie.

Cette phase d'analyse a été conduite en fonction des contraintes suivantes :

- Simplicité d'utilisation,
- Logiciel gratuit,
- Capacité de supervision d'un nombre illimité d'équipements,
- Supervision Internet Control Message Protocol (ICMP ou ping-only)
- Supervision Simple Network Management Protocol (SNMP ou informations via équipement),
- Carte de topologie réseau visuellement claire,
- Plusieurs niveaux de droits d'utilisateur.

Ces critères suffisent à ne pas retenir les solutions suivantes : Nagios pour sa complexité d'utilisation, Prometheus pour la difficulté de monitoring de tous les protocoles cités, SolarWinds et Pandora en raison de leur coût afin d'accéder à certaines fonctionnalités...

La première solution qui semble répondre à ces critères est donc Zabbix, que j'ai eu l'occasion d'utiliser en situation d'apprentissage. J'ai donc testé son utilisation en situation d'entreprise avec une machine virtuelle (VM) Debian 12, sur laquelle j'ai installé le serveur et l'agent :

Name	Interface	Availability	Tags	Status	Latest data	Problems	Graphs	Dashboards	Web
agent_debian	10.200.200.176:10050	ZBX	class: os target: linux	Enabled	Latest data 68	1	Graphs 14	Dashboards 3	Web
ping_debian	10.200.200.176:10050	ZBX	class: network target: icmp	Enabled	Latest data 3	Problems	Graphs	Dashboards	Web
Zabbix server	127.0.0.1:10050	ZBX	class: os class: software target: linux ...	Enabled	Latest data 141	Problems	Graphs 14	Dashboards 4	Web

Figure 6 : Page de supervision des hôtes Zabbix

S'il est possible de superviser tous les agents Zabbix sur une seule page, il faut aller sur une page spécifique pour chaque équipement supervisé via ICMP, ce qui rendait Zabbix inadapté à la situation, puisque les informations sur les hôtes n'étaient pas centralisées en une seule page :

Host	Name ▲	Last check	Last value	Change	Tags	Info
imprimante	ICMP loss	6s	0 %		[component: health] [component: network]	Graph
imprimante	ICMP ping	6s	Up (1)		[component: health] [component: network]	Graph
imprimante	ICMP response time	6s	3.26ms	+0.11ms	[component: health] [component: network]	Graph

Displaying 3 of 3 found

Figure 7 : Page de supervision ICMP d'un hôte

La solution suivante que j'ai testée a été Observium, installée sur une autre VM Debian 12. Une solution offrant une excellente carte de topologie réseau et gestion des droits d'utilisateurs, mais qui n'offrait pas la possibilité de superviser en ping-only sur la version gratuite...

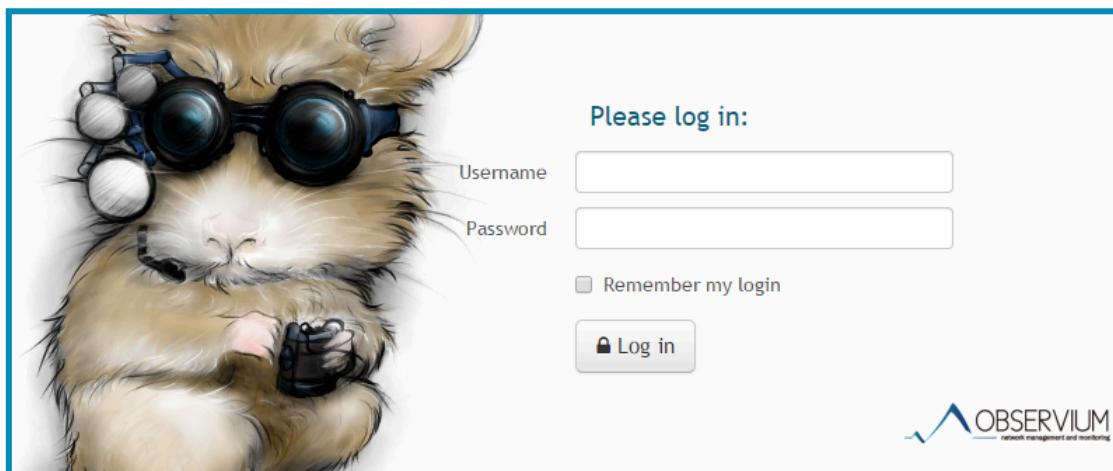


Figure 8 : Page de connexion d'Observium

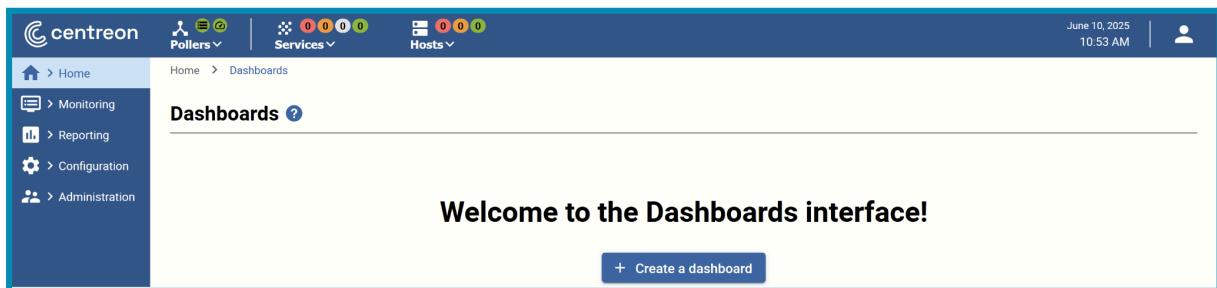
La solution suivante essayée a été OpenNMS, sur une VM CentOS 9, car c'est un système d'exploitation plus adapté et documenté que Debian pour ce logiciel :



Figure 9 : Page index d'OpenNMS

Mais le souci avec OpenNMS était le fait que beaucoup d'actions et fonctionnalités n'étaient accessibles qu'en ligne de commande, rendant la solution assez peu intuitive et simple d'usage.

Toujours sur le système d'exploitation CentOS 9, la dernière solution testée a été Centreon :

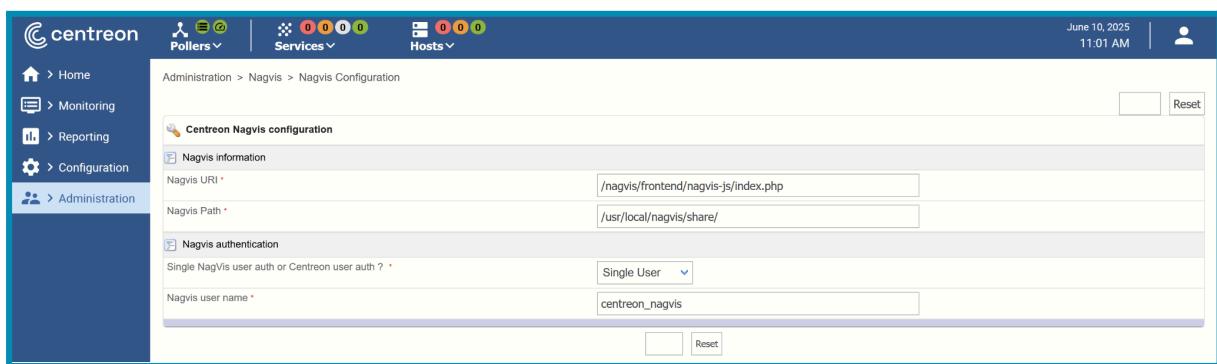


The screenshot shows the Centreon web interface. At the top, there's a navigation bar with icons for Pollers, Services, and Hosts, and a timestamp of June 10, 2025, 10:53 AM. On the left, a sidebar menu includes Home, Monitoring, Reporting, Configuration, and Administration. The main content area is titled "Dashboards" and displays a message: "Welcome to the Dashboards interface!". Below this is a button labeled "+ Create a dashboard".

Figure 10 : Page index de Centreon

Le principal défaut de Centreon était l'absence de carte de topologie réseau, défaut pouvant être corrigé par l'intégration de NagVis, une extension de visualisation (initialement prévue pour Nagios) qui peut être rendue compatible avec Centreon.

Malheureusement, voici le meilleur résultat que j'ai pu obtenir :



The screenshot shows the Centreon configuration interface for NagVis. The top navigation bar includes Pollers, Services, and Hosts, along with a timestamp of June 10, 2025, 11:01 AM. The left sidebar shows the path: Administration > Nagvis > Nagvis Configuration. The main form is titled "Centreon Nagvis configuration" and contains two sections: "Nagvis information" and "Nagvis authentication". In "Nagvis information", the "Nagvis URI" field is set to "/nagvis/frontend/nagvis-js/index.php" and the "Nagvis Path" field is set to "/usr/local/nagvis/share/". In "Nagvis authentication", the "Single NagVis user auth or Centreon user auth ?" dropdown is set to "Single User" and the "Nagvis user name" field is set to "centreon_nagvis". There are "Save" and "Reset" buttons at the bottom.

Figure 11 : Page de configuration de NagVis dans Centreon

L'intégration de NagVis dans Centreon n'étant documentée que pour des versions aujourd'hui obsolètes ([Voir différents guides dans la bibliographie](#)), mon tuteur a judicieusement estimé que Centreon était une impasse. En écho avec mon idée de combler les manques d'OpenNMS par soi-même, il a donc décidé de revenir sur cette solution.

Cette phase de test a montré les limites de certaines solutions pourtant prometteuses, ce qui a permis de justifier le choix final d'OpenNMS.

2.2.2 - Préparation de l'environnement

Une fois l'outil OpenNMS sélectionné, la mise en place de l'environnement de travail a été une étape essentielle. Elle a consisté à préparer l'infrastructure technique nécessaire à l'accueil de la solution, en tenant compte des contraintes réseau, de la sécurité, et des ressources disponibles.

Mon tuteur m'a donc donné l'accès à une VM CentOS 9 hébergée sur VMWare ESXi de 600 Go de stockage et 16 Go de RAM afin que je procède à l'installation du système d'exploitation. Une installation pendant laquelle j'ai pu choisir l'option serveur SSH afin de pouvoir travailler depuis mon bureau sur le serveur.

2.2.3 - Installation et configuration

Une fois le système installé, j'ai pu installer OpenNMS en me référant au guide d'installation officiel d'OpenNMS ([Voir guide dans la bibliographie](#)), avec plus de facilité puisqu'ayant déjà effectué la même installation sur ma propre VM.

Puis j'ai dû récupérer les informations nécessaires sur les équipements, chose faite en posant des questions à mon tuteur qui connaît le réseau avec précision ou bien en effectuant des scans sur certains réseaux et en analysant les informations retournées afin de correctement créer les équipements dans OpenNMS.

<p><i>Données d'un tableau Excel</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>Imprimante</td><td>Emplacement</td><td>Adresse IP</td><td>QUARTIER</td></tr> <tr> <td>2</td><td>Service Restauration Scolaire</td><td>Côté DCP - Accueil</td><td></td><td>CENTRE-VILLE</td></tr> <tr> <td>3</td><td>Service Urbanisme 1</td><td>1ère étage</td><td></td><td>CENTRE-VILLE</td></tr> <tr> <td>4</td><td>Service Urbanisme 2</td><td>2ème étage</td><td></td><td>CENTRE-VILLE</td></tr> <tr> <td>5</td><td>Bibliothèque Condé</td><td>Bureau responsable</td><td></td><td>CONDÉ</td></tr> <tr> <td>6</td><td>Centre Administratif Condé</td><td>Bureau</td><td></td><td>CONDÉ</td></tr> <tr> <td>7</td><td>Contrat de Ville Base Terre</td><td>Accueil</td><td></td><td>BASSE-TERRE</td></tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	1	Imprimante	Emplacement	Adresse IP	QUARTIER	2	Service Restauration Scolaire	Côté DCP - Accueil		CENTRE-VILLE	3	Service Urbanisme 1	1ère étage		CENTRE-VILLE	4	Service Urbanisme 2	2ème étage		CENTRE-VILLE	5	Bibliothèque Condé	Bureau responsable		CONDÉ	6	Centre Administratif Condé	Bureau		CONDÉ	7	Contrat de Ville Base Terre	Accueil		BASSE-TERRE																				
	A	B	C	D																																																									
1	Imprimante	Emplacement	Adresse IP	QUARTIER																																																									
2	Service Restauration Scolaire	Côté DCP - Accueil		CENTRE-VILLE																																																									
3	Service Urbanisme 1	1ère étage		CENTRE-VILLE																																																									
4	Service Urbanisme 2	2ème étage		CENTRE-VILLE																																																									
5	Bibliothèque Condé	Bureau responsable		CONDÉ																																																									
6	Centre Administratif Condé	Bureau		CONDÉ																																																									
7	Contrat de Ville Base Terre	Accueil		BASSE-TERRE																																																									
<p><i>Données d'un serveur de gestion</i></p>	<p>aQRate - Accueil > Imprimantes</p> <p>aQRate ne fonctionne pas: Vous n'avez pas de licence pour le mode "Machine virtuelle de haute DISPONIBILITE". Il y a plus de 0 groupes autorisés par votre licence.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nouveau groupe</th> <th>Nouvelle imprimante</th> <th>Actions</th> <th>Toutes les colonnes</th> <th>Actualiser</th> <th>Rechercher</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recherches</td> <td>Statut</td> <td>Alerte</td> <td>Nom</td> <td>Adresse IP</td> <td>Numéro de série</td> </tr> <tr> <td>Tous</td> <td>Prêt</td> <td></td> <td>Ecole Eugene Dayot</td> <td>R889705776</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Active</td> <td>Prêt</td> <td></td> <td>Ecole Georges Fourcade</td> <td>R888203875</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Session utilisateur</td> <td>Prêt</td> <td></td> <td>Ecole Pablo Picasso 2</td> <td>R889705559</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Avec Problème</td> <td>Prêt</td> <td></td> <td>Ecole Jean Paul Sartre</td> <td>R889705666</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Local</td> <td>Inaccessible</td> <td>▲ Marqueur : durée de vie OPC presque terminée [1]</td> <td>Ecole Lisley Geoffroy</td> <td>R889705584</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Non classé</td> <td>Inaccessible</td> <td>▲ Entrée : Alimentation support vide [2]</td> <td>Ecole Leconte De lisle</td> <td>R889705498</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Supprimé</td> <td>Inaccessible</td> <td>▲ Entrée : Alimentation support vide [2]</td> <td>Ecole Ambroise Vollard</td> <td>R889705489</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Toutes les imprimantes</td> <td>Prêt</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>R889304716</td> </tr> </tbody> </table>	Nouveau groupe	Nouvelle imprimante	Actions	Toutes les colonnes	Actualiser	Rechercher	Recherches	Statut	Alerte	Nom	Adresse IP	Numéro de série	Tous	Prêt		Ecole Eugene Dayot	R889705776		Active	Prêt		Ecole Georges Fourcade	R888203875		Session utilisateur	Prêt		Ecole Pablo Picasso 2	R889705559		Avec Problème	Prêt		Ecole Jean Paul Sartre	R889705666		Local	Inaccessible	▲ Marqueur : durée de vie OPC presque terminée [1]	Ecole Lisley Geoffroy	R889705584		Non classé	Inaccessible	▲ Entrée : Alimentation support vide [2]	Ecole Leconte De lisle	R889705498		Supprimé	Inaccessible	▲ Entrée : Alimentation support vide [2]	Ecole Ambroise Vollard	R889705489		Toutes les imprimantes	Prêt				R889304716
Nouveau groupe	Nouvelle imprimante	Actions	Toutes les colonnes	Actualiser	Rechercher																																																								
Recherches	Statut	Alerte	Nom	Adresse IP	Numéro de série																																																								
Tous	Prêt		Ecole Eugene Dayot	R889705776																																																									
Active	Prêt		Ecole Georges Fourcade	R888203875																																																									
Session utilisateur	Prêt		Ecole Pablo Picasso 2	R889705559																																																									
Avec Problème	Prêt		Ecole Jean Paul Sartre	R889705666																																																									
Local	Inaccessible	▲ Marqueur : durée de vie OPC presque terminée [1]	Ecole Lisley Geoffroy	R889705584																																																									
Non classé	Inaccessible	▲ Entrée : Alimentation support vide [2]	Ecole Leconte De lisle	R889705498																																																									
Supprimé	Inaccessible	▲ Entrée : Alimentation support vide [2]	Ecole Ambroise Vollard	R889705489																																																									
Toutes les imprimantes	Prêt				R889304716																																																								
<p><i>Données d'un scan réseau</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Statut</th> <th>Nom</th> <th>IP</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prêt</td> <td>GS-4210-24P2S - Mairie Annexe RDC</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prêt</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prêt</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prêt</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prêt</td> <td>axis-b8a44f97469e</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prêt</td> <td>axis-b8a44f973faf</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Statut	Nom	IP	Prêt	GS-4210-24P2S - Mairie Annexe RDC		Prêt			Prêt			Prêt			Prêt	axis-b8a44f97469e		Prêt	axis-b8a44f973faf																																								
Statut	Nom	IP																																																											
Prêt	GS-4210-24P2S - Mairie Annexe RDC																																																												
Prêt																																																													
Prêt																																																													
Prêt																																																													
Prêt	axis-b8a44f97469e																																																												
Prêt	axis-b8a44f973faf																																																												

Figure 12 : Tableau comparatif de différents moyens d'obtention d'informations sur le réseau

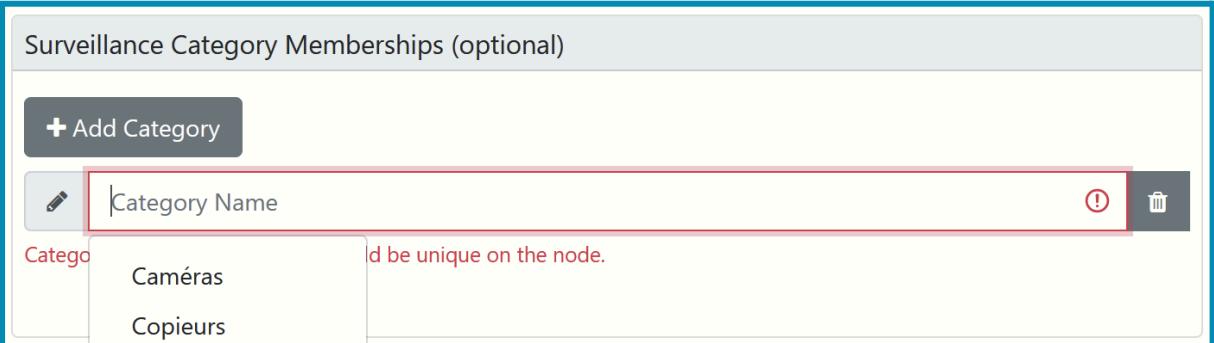
J'ai donc pu ajouter des équipements dans la supervision, en m'assurant de les nommer selon la nomenclature suivante :

[Type]_[VLAN(optionnel)]_[Localisation(optionnelle)]_[Adresse_IP]

Exemple pour un Switch du réseau École, dans l'école Elsa Triolet d'adresse IP 192.168.1.1 :

Sw_Ec_ETriolet_192.168.1.1

Il fallait également catégoriser les équipements selon leur type et leur localisation :



Category	Category Name	Description
	Caméras	Category Name must be unique on the node.
	Copieurs	

Figure 13 : Section de gestion des catégories de la page de création d'équipement

De cette manière, j'ai pu créer plus de 200 équipements, correctement nommés et catégorisés :

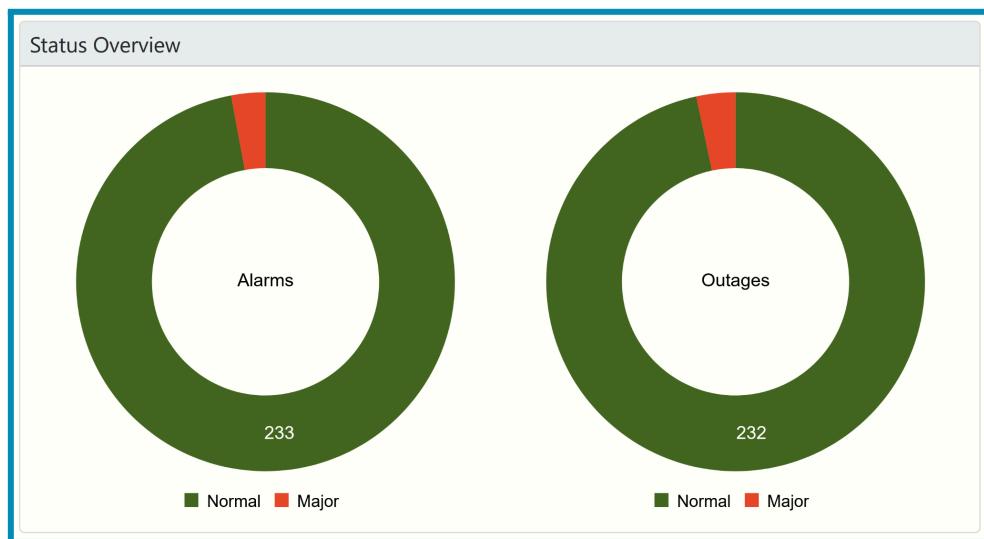
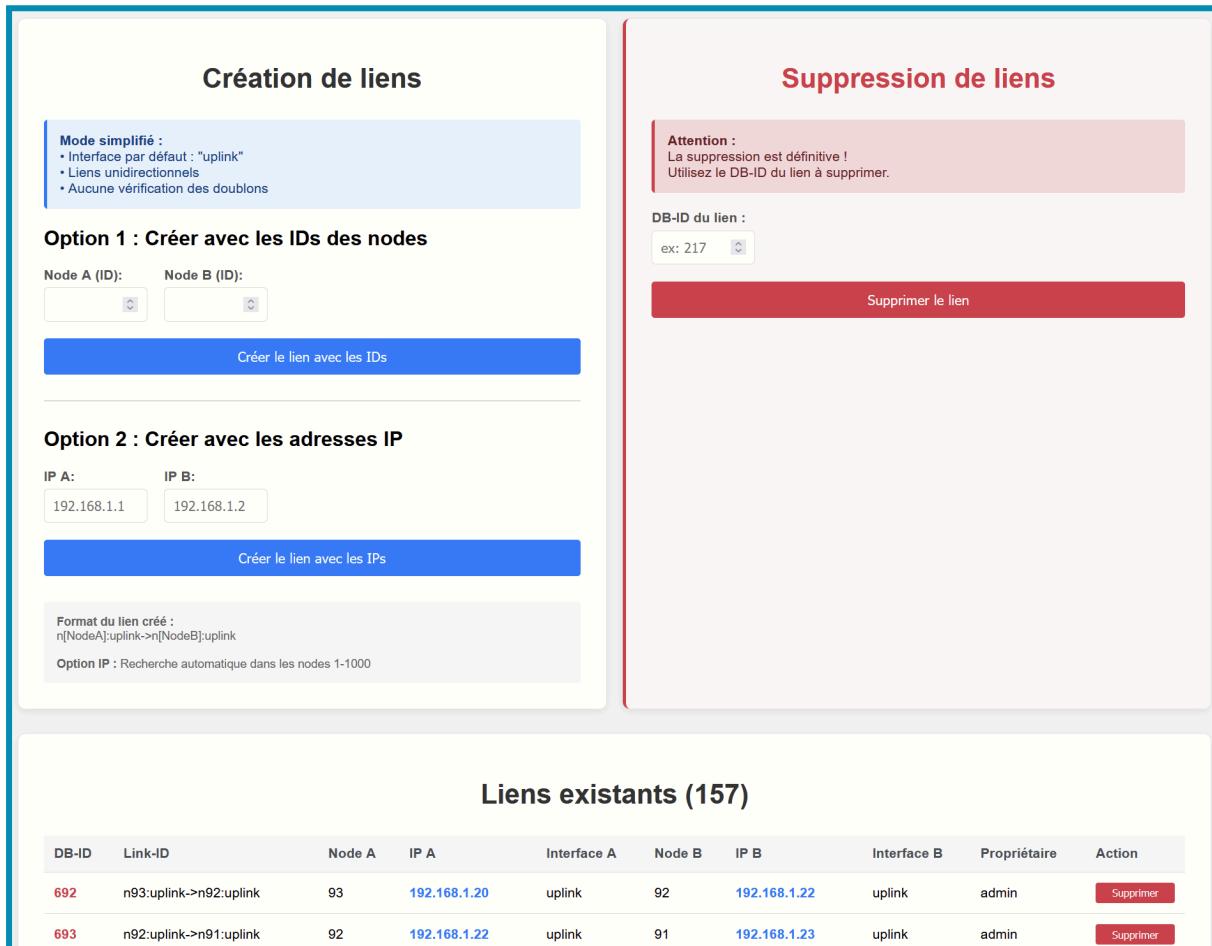


Figure 14 : Section tableau de bord de la page index d'OpenNMS

Il fallait malgré tout pallier les fonctionnalités manquantes, en commençant par la gestion des liens entre différents équipements sur la carte de topologie réseau. Ce qui est possible en ligne de commande en manipulant un fichier XML avec des requêtes de type GET et POST ([Voir guide officiel de gestion de liens dans la bibliographie](#)), j'ai développé pour intégrer cette fonctionnalité dans la page web suivante (codée en PHP) :



Création de liens

Mode simplifié :

- Interface par défaut : "uplink"
- Liens unidirectionnels
- Aucune vérification des doublons

Option 1 : Créer avec les IDs des nodes

Node A (ID): Node B (ID):

Créer le lien avec les IDs

Option 2 : Créer avec les adresses IP

IP A: IP B:

192.168.1.1 192.168.1.2

Créer le lien avec les IPs

Format du lien créé :
n|NodeA]:uplink->n|NodeB]:uplink

Option IP : Recherche automatique dans les nodes 1-1000

Suppression de liens

Attention :
La suppression est définitive !
Utilisez le DB-ID du lien à supprimer.

DB-ID du lien :
ex: 217

Supprimer le lien

Liens existants (157)

DB-ID	Link-ID	Node A	IP A	Interface A	Node B	IP B	Interface B	Propriétaire	Action
692	n93:uplink->n92:uplink	93	192.168.1.20	uplink	92	192.168.1.22	uplink	admin	Supprimer
693	n92:uplink->n91:uplink	92	192.168.1.22	uplink	91	192.168.1.23	uplink	admin	Supprimer

Figure 15 : Page PHP de gestion de liens OpenNMS

Une fois les liens créés, j'ai remarqué que les icônes des équipements étaient toutes les mêmes, celle par défaut. J'ai donc créé plusieurs scripts shell permettant d'automatiser la modification des icônes d'un équipement en récupérant les catégories directement dans la base de données PostgreSQL d'OpenNMS ([Voir code source de switch.sh dans l'annexe 2](#)) :

```
[root@localhost automaticon]# ls
copieur.sh  nas.sh  routeur.sh  serveur.sh  switch.sh
```

Figure 16 : Listage des différents scripts shell d'automatisation de l'adaptation des icônes

Et voici donc un exemple de test des différents scripts shell sur des équipements fictifs :

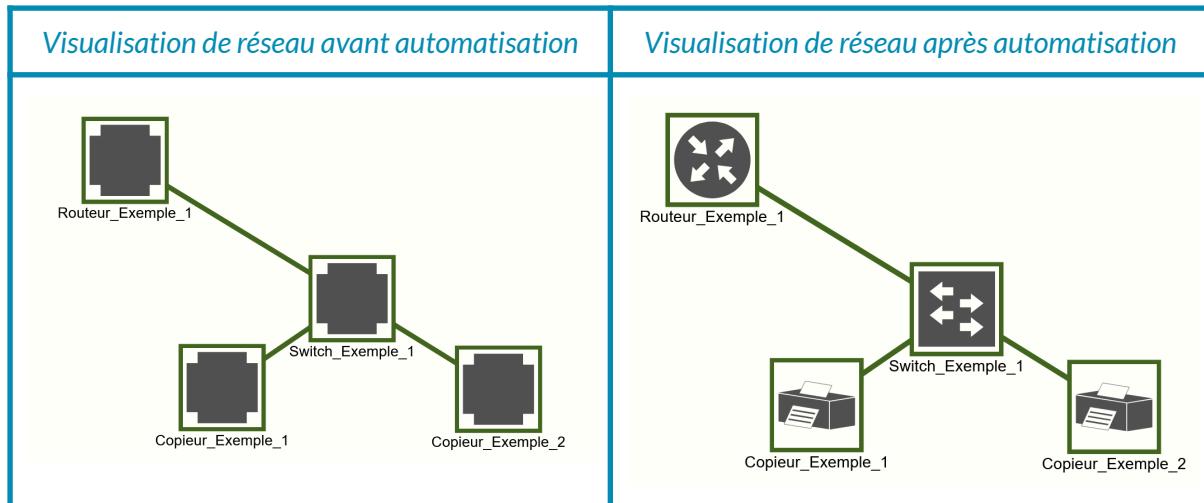


Figure 17 : Tableau comparatif d'un réseau fictif avant et après automatisation des icônes

2.2.4 - Tests et validations

Une fois la supervision opérationnelle, une série de tests a permis de valider son bon fonctionnement. Ces essais ont été essentiels pour s'assurer de la fiabilité des alertes, de la pertinence des indicateurs surveillés, et de la capacité du système à réagir en conditions réelles. Ainsi, des tests sur différentes fonctionnalités d'OpenNMS ainsi que sur certaines fonctionnalités que j'ai ajoutées ont été effectués. Mais s'il y avait bien une fonctionnalité qui a été mise à l'épreuve avant même d'être testée, ce fut la capacité de la carte de topologie à s'adapter aux pannes des équipements, puisque différentes écoles éteignent leurs copieurs une fois les heures de cours terminées (mettant fin aux communications ICMP et SNMP) :

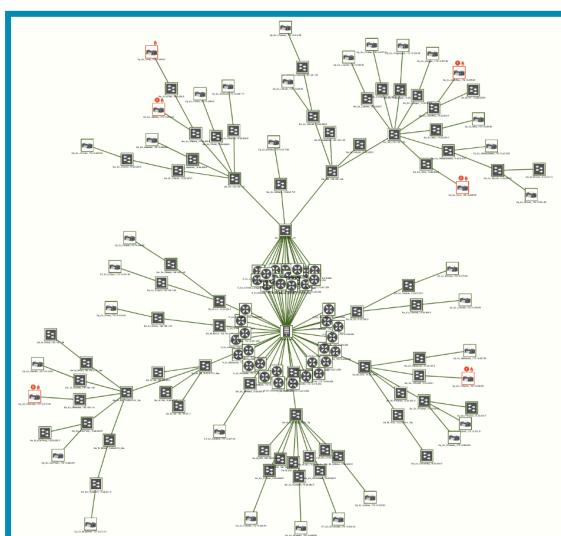


Figure 18 : Carte de topologie réseau
d'OpenNMS, détectant les copieurs éteints.

3 - Analyse, limites et perspectives

Cette dernière partie vise à faire le point sur l'ensemble du projet, en mettant en lumière les aspects techniques, les résultats obtenus, ainsi que les limites rencontrées. Elle permet également d'identifier les perspectives d'évolution et les pistes d'amélioration envisageables pour prérenniser et optimiser la solution mise en œuvre.

3.1 - Bilan technique

Le bilan technique permet de revenir sur les différentes phases de réalisation du projet, afin d'évaluer la qualité de la mise en œuvre, les points forts du processus, mais aussi les difficultés rencontrées et les enseignements tirés de l'expérience.

3.1.1 - Ce qui a bien fonctionné

Cette sous-partie servira à mettre en évidence les aspects techniques du projet qui se sont déroulés sans encombre. Cela inclut les outils ou méthodes qui se sont révélés efficaces, les choix techniques pertinents, ainsi que les éléments ayant contribué à la réussite du projet.

A la base de tout, je trouve que le choix de mon tuteur de me lancer dans un projet de supervision était particulièrement pertinent, compte tenu des problématiques soulevées *plus haut*.

Le choix du logiciel de supervision OpenNMS était également excellent, surtout que de mon point de vue, la courbe d'apprentissage afin de maîtriser le logiciel est assez abrupte : la prise en main initiale est complexe, mais une fois les automatismes acquis, son utilisation devient très pratique.

Enfin, la qualité et la clarté de la carte de topologie se sont avérées meilleures que prévu, facilitant la compréhension rapide de l'état du réseau.

3.1.2 - Problèmes rencontrés

Cette section aborde les obstacles techniques ou organisationnels rencontrés au cours du projet. Elle revient sur les imprévus, les erreurs, les limitations des outils utilisés ou encore les contraintes qui ont freiné certains développements.

Je cite en premier lieu le fait qu'il n'existe pas de logiciel de supervision parfait, OpenNMS ne répondait pas totalement aux contraintes techniques imposées, nécessitant des améliorations personnalisées pour correspondre aux besoins.

Le script PHP de gestion des liens fonctionnait sur ma VM de test, mais présentait un dysfonctionnement inexplicable sur le serveur, malgré une installation identique... Après avoir échoué à identifier la source du problème, même avec l'aide de mon tuteur, j'ai décidé d'héberger le site web PHP dans un conteneur docker adapté (php:8.2-apache) au sein même du serveur.

Enfin, après un temps conséquent consacré à la configuration de NagVis sur Centreon, il est apparu que cette solution n'était pas adaptée aux besoins du projet.

3.2 - Analyse des résultats et bénéfices

Au-delà de la réalisation technique, il est essentiel d'évaluer les impacts concrets de la solution mise en œuvre. Cette partie examine les apports réels du projet en matière de supervision, de gestion des incidents et de réactivité opérationnelle.

3.2.1 - Amélioration de la supervision

La mise en place d'OpenNMS va considérablement améliorer la supervision du parc informatique de la mairie, en apportant une visibilité centralisée et en temps réel sur l'état des équipements et du réseau. Grâce à cette solution, le service informatique disposera désormais d'un tableau de bord unifié, facilitant le suivi des indicateurs clés tels que la disponibilité des équipements, les défaillances réseau, et les performances des serveurs.

Cette visibilité accrue permet d'identifier rapidement les anomalies et d'évaluer leur impact, ce qui était auparavant impossible en raison de l'absence d'outil centralisé. L'automatisation de la collecte d'informations via les protocoles SNMP et ICMP garantit une mise à jour constante des états des dispositifs, réduisant ainsi les risques d'erreurs humaines et de délais dans la détection des pannes.

Par ailleurs, la carte de topologie dynamique offre une représentation graphique claire des interconnexions entre les équipements, ce qui facilite la localisation précise des problèmes et la compréhension globale de l'infrastructure. Les icônes personnalisées selon les catégories d'équipements améliorent également l'ergonomie et la lisibilité de l'interface.

3.2.2 - Gain en réactivité

L'implémentation d'OpenNMS permettra d'améliorer significativement la réactivité du service informatique face aux incidents. Grâce à la supervision automatisée et aux alertes configurables, les techniciens seront informés en temps réel des anomalies détectées, ce qui réduit considérablement le délai entre la survenue d'un problème et son traitement.

Avant l'intégration d'OpenNMS, les pannes pouvaient rester non détectées pendant plusieurs heures, entraînant une dégradation majeure de la qualité de service et un mécontentement des utilisateurs. Désormais, les notifications instantanées permettront une intervention rapide, minimisant ainsi les interruptions et limitant l'impact sur les activités de la mairie.

De plus, la précision des informations fournies par la solution facilite le diagnostic initial. En connaissant immédiatement la nature et la localisation exacte de la défaillance, les techniciens peuvent prioriser leurs actions et mobiliser les ressources adéquates sans perdre de temps à rechercher la source du problème. Par ailleurs, j'ai constaté ce gain en réactivité lors d'une panne réseau affectant certaines écoles, où j'ai suivi en temps réel l'évolution du statut des routeurs affectés (bien qu'à ce moment-là, la supervision était incomplète avec des équipements et liens manquants).

Ce gain en réactivité contribue aussi à une meilleure planification des interventions préventives et correctives, permettant d'anticiper les défaillances potentielles avant qu'elles ne deviennent critiques. Finalement, l'amélioration de la réactivité renforce la fiabilité globale du système informatique et accroît la satisfaction des utilisateurs finaux.

3.3 - Limites et axes d'amélioration

Malgré les résultats positifs obtenus, certaines limites subsistent. Cette dernière partie se concentre sur les aspects perfectibles du projet, en identifiant à la fois les éléments qui restent à finaliser et les améliorations possibles à moyen ou long terme.

3.3.1 - Ce qui reste à faire

Le réseau de la mairie, vaste car étendu dans une multitude de services et écoles, est composé de plus de 2000 équipements. Ainsi, le projet de supervision est loin d'être terminé, mais j'ai défriché le chemin pour la suite en accomplissant la partie la plus difficile : commencer, tout en ayant malgré tout commencé à superviser plus de 200 équipements. C'est pour cela que j'ai laissé une documentation, afin de faciliter la maintenance et l'utilisation du serveur...

3.3.2 - Ce qui pourrait être amélioré

La première piste d'amélioration serait d'anonymiser les équipements afin de complexifier un potentiel scan clandestin du réseau, en associant différents noms et types à des codes conformément à cet exemple simplifié :

Type : Cp (pour Copieur) → 01 ; R (pour Routeur) → 02 ; Sw (pour Switch) → 03...

VLAN : Ec (pour Ecole) → 01 ; M (pour Mairie) → 02 ; C (pour Caméra) → 03...

Localisation : Elsa Triolet → 01 ; Eugène Dayot → 02 ; Pablo Picasso → 03...

Sw_Ec_ETriolet_192.168.1.1 → 03_01_01_192.168.1.1

Une idée serait l'utilisation d'une carte réseau géographique plutôt que topologique qui faciliterait l'interprétation des schémas affichés :

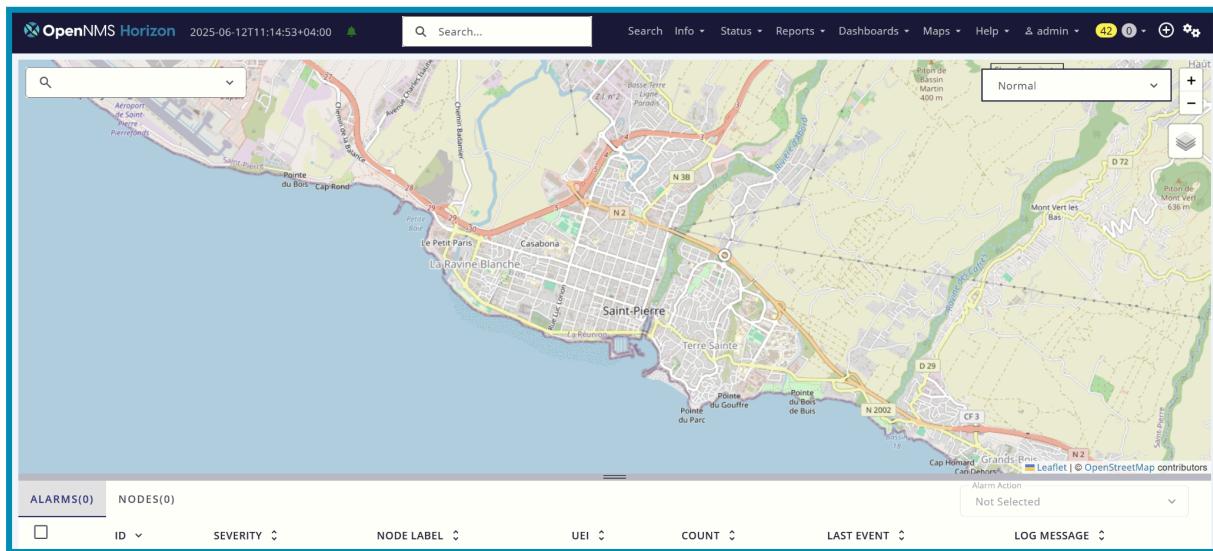


Figure 19 : Carte géographique d'OpenNMS

Mais en restant sur la carte de topologie réseau, celle-ci met en évidence des équipements surchargés ou bien critiques mais dont la redondance n'est pas assurée en cas de panne, ainsi, une autre idée serait d'assurer la continuité de service des équipements critiques du réseau :

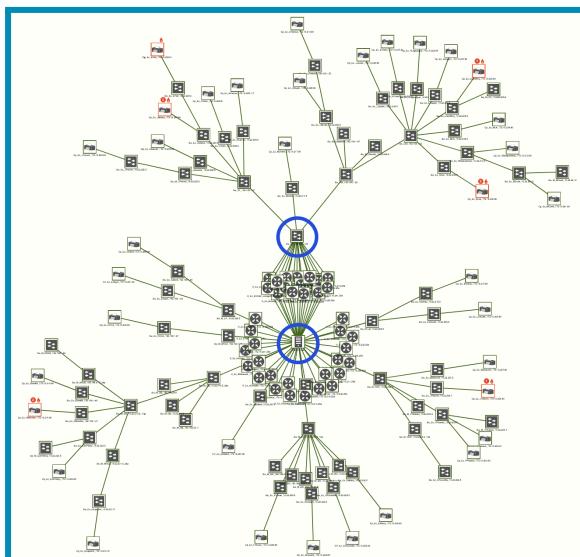


Figure 20 : Carte de topologie réseau d'OpenNMS, mettant en évidence des équipements critiques.

Pour les switches, cela pourrait être fait avec des protocoles réseau tels que PVST+ ou LACP, afin d'assurer la redondance et la répartition des charges avec des switchs secondaires... Pour les serveurs, cela pourrait être fait par la mise en place de serveurs secondaires.

Conclusion

Ce stage réalisé au sein du service informatique de la mairie de Saint-Pierre, a constitué une expérience professionnelle particulièrement enrichissante, tant sur le plan technique que personnel. Il m'a permis de confronter les connaissances théoriques acquises en formation à la réalité d'un environnement informatique complexe et structuré, propre à une collectivité territoriale de grande envergure.

Le projet principal, axé sur la mise en place d'une solution de supervision avec OpenNMS, a pleinement répondu aux objectifs fixés en début de stage. Le déploiement d'un système de supervision centralisé sur plus de 200 équipements a permis d'équiper le service informatique d'un outil stratégique, améliorant la réactivité face aux incidents et optimisant la gestion du parc réseau. La création d'une carte de topologie dynamique, l'automatisation de la gestion des icônes par catégorie d'équipements, ainsi que le développement d'une interface web dédiée à la gestion des liens illustrent l'adaptabilité et l'évolutivité de la solution mise en œuvre.

Au-delà des aspects techniques, ce stage m'a permis de mieux comprendre les enjeux informatiques propres au secteur public. J'ai ainsi pu appréhender des contraintes spécifiques telles que la continuité de service, la sécurité des données publiques, la gestion d'infrastructures étendues dans un cadre budgétaire restreint, ou encore l'obligation d'assurer un service fiable et performant aux citoyens. Ces considérations m'ont permis d'enrichir ma vision globale du rôle de l'informatique dans une collectivité.

La réussite de ce projet repose également sur la qualité de la collaboration avec l'équipe du service informatique, et en particulier avec mon tuteur, M. Kévin Lebon, dont l'accompagnement a été déterminant. Cette expérience de travail en équipe m'a permis de consolider ma méthode de travail, de mieux appréhender les phases de gestion de projet, et de développer mes capacités à collaborer sur des problématiques techniques complexes.

Bien que le projet de supervision ne soit pas achevé dans son intégralité, (le réseau comptant à terme plus de 2 000 équipements), je pense que les bases mises en place sont solides. Les outils développés, les procédures établies et la méthodologie employée permettront à l'équipe en place de poursuivre et d'industrialiser le déploiement de manière progressive.

Ce stage a confirmé mon intérêt marqué pour les domaines de l'administration système et réseau, tout en m'ayant sensibilisé aux problématiques de cybersécurité et de gouvernance IT dans le secteur public. Il représente une étape importante dans la construction de mon projet professionnel et renforce ma motivation à approfondir mes compétences dans ce domaine.

Liste des figures et tableaux

Figure 1 : Interfaces web et en ligne de commande de configuration des points d'accès Ubiquiti UniFi

Figure 2 : Vérification web du statut des points d'accès

Figure 3 : Page index de ma proposition de portail Wi-Fi

Figure 4 : Résultat de l'analyse de performance de ma page web

Figure 5 : Tableau comparatif de différentes version du portail Wi-Fi

Figure 6 : Page de supervision des hôtes Zabbix

Figure 7 : Page de supervision ICMP d'un hôte

Figure 8 : Page de connexion d'Observium

Figure 9 : Page index d'OpenNMS

Figure 10 : Page index de Centreon

Figure 11 : Page de configuration de NagVis dans Centreon

Figure 12 : Tableau comparatif de différents moyens d'obtention d'informations sur le réseau

Figure 13 : Section de gestion des catégories de la page de création d'équipement

Figure 14 : Section tableau de bord de la page index d'OpenNMS

Figure 15 : Page PHP de gestion de liens OpenNMS

Figure 16 : Listage des différents scripts shell d'automatisation de l'adaptation des icônes

Figure 17 : Tableau comparatif d'un réseau fictif avant et après automatisation des icônes

Figure 18 : Carte de topologie réseau d'OpenNMS, détectant les copieurs éteints

Figure 19 : Carte géographique d'OpenNMS

Figure 20 : Carte de topologie réseau d'OpenNMS, mettant en évidence des équipements critiques.

Bibliographie

Guides d'intégration de NagVis dans Centreon :

<https://www.it-connect.fr/centreon-enterprise-server-cartographie-avec-nagvis/>

https://archives.sugarbug.fr/atelier/techniques/ihmweb/cartographie_supervision/centreon-web2110_x_nagvis-19x/

Guide d'installation d'OpenNMS :

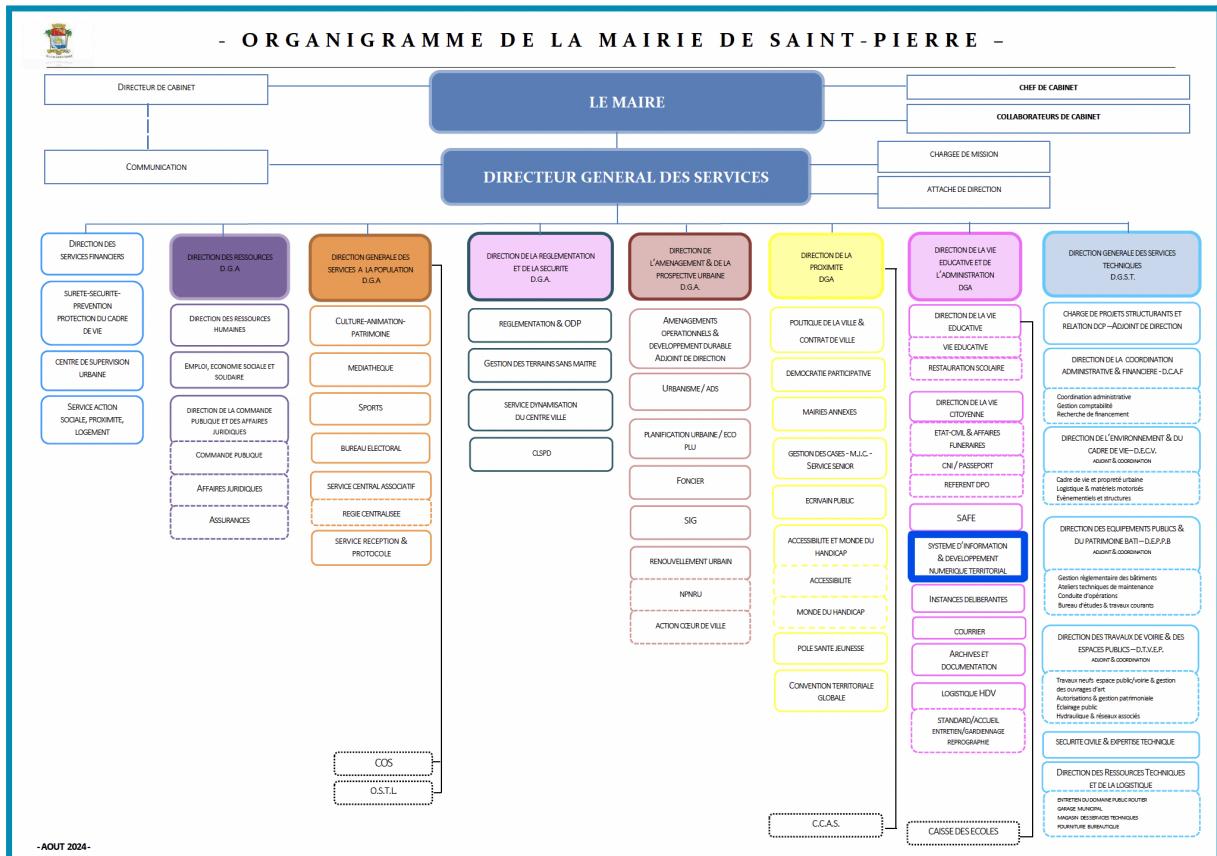
<https://docs.opennms.com/horizon/33/deployment/core/getting-started.html>

Guide de gestion de liens d'OpenNMS :

<https://vault.opennms.com/docs/opennms/releases/29.0.11/documentation/horizon/29/development/rest/user-defined-links.html>

Annexes

Annexe 1 : Organigramme de la Mairie de Saint-Pierre



Annexe 2 : Exemple de script shell d'automatisation de l'adaptation des icônes des équipements de catégorie Switch

```
#!/bin/bash

# Fichier linkd.cfg
CFG_PATH="/opt/opennms/etc/org.opennms.features.topology.app.icons.linkd.cfg"
# Sauvegarde préalable
cp "$CFG_PATH" "$CFG_PATH.bak"

# Récupère les nodeid depuis la base
NODE_IDS=$(sudo -u opennms psql -d opennms -t -c "
SELECT nodeid FROM category_node cn
JOIN categories c ON cn.categoryid = c.categoryid
WHERE c.categoryname = 'Switches';
")

# Nettoyage : supprime les anciennes entrées pour ces nodes
for NODEID in $NODE_IDS; do
    sed -i "/^nodes\.${NODEID}=.*$/d" "$CFG_PATH"
done

# Ajout des lignes avec icône printer
for NODEID in $NODE_IDS; do
    echo "nodes.${NODEID}=switch" >> "$CFG_PATH"
done

echo "Mise à jour terminée. Fichier : $CFG_PATH"
```