

Réponse à l'appel d'offre du Rectorat de Toulouse

ETUDE DE CAS - RECTORAT DE TOULOUSE

JULIEN BROCHET, GREGOIRE MIREBEAU, CYRIL MONSIEUX, TUNG NGUYEN



www.blackswitch.fr

Université Claude Bernard



Lyon 1

Table des matières

Table des illustrations.....	0
I. Introduction.....	1
A. Le rectorat de Toulouse.....	1
B. BlackSwitch.....	1
C. Notre équipe	2
D. Solutions proposées	2
II. Architecture.....	3
A. Les locaux techniques.....	3
B. Câblage	4
C. Locaux techniques secondaires.....	5
D. Topologie du LAN	6
E. Matériels.....	6
F. WAN	7
1. Solution low-cost (sites en profil « Corporate »)	7
2. Solution qualité/prix (sites en profil « Corporate dual Backup »).....	7
3. Solution premium (sites en profil « Corporate dual Load-Balacing »)	7
4. Garantie de temps de rétablissement (GTR).....	8
G. Chiffrage	8
III. Active Directory.....	8
A. Architecture.....	8
B. Remote Desktop Services.....	9
1. Introduction.....	9
2. Espace de stockage.....	9
3. Dimensionnement du serveur	10
C. Chiffrage	10
IV. Serveurs.....	10
A. Informations	10
B. Serveurs des écoles	10
C. Serveurs du rectorat.....	11
D. Licences VMware.....	12

E.	Chiffrage	13
V.	Stockage	13
A.	Ecoles.....	13
1.	Solution low-cost.....	13
2.	Solution qualité/prix et premium.....	14
B.	Rectorat	14
C.	Chiffrage total du stockage	14
VI.	Téléphonie.....	14
A.	Description	14
B.	Orange Business Talk.....	15
C.	Configuration et architecture	15
D.	Abonnement et chiffrage de l'IPBX	15
VII.	Messagerie	16
A.	Infrastructure à clés publiques (PKI)	16
B.	Exchange Server 2010 SP2.....	17
C.	Espace de stockage nécessaire.....	18
D.	Solution mise en place.....	19
E.	Chiffrage	19
1.	Licences Exchange Server	19
2.	Licences CAL	19
3.	Chiffrage	19
VIII.	Sécurité.....	20
A.	Firewall	20
1.	Solution avec un seul firewall.....	20
2.	Double firewall	21
B.	Données.....	21
1.	RAID	21
2.	Incendie	22
3.	Bibliothèque	22
IX.	Plan d'adressage.....	22
A.	Les centres de service régionaux.....	22
B.	Les différentes écoles.....	23
C.	Adressage d'une école du rectorat	23

D.	Avantage organisationnel.....	24
E.	Sécurité.....	24
F.	Choix d'implémentation.....	24
G.	Association aux VLAN.....	25
H.	Configuration des commutateurs.....	25
I.	Routage inter VLAN.....	25
J.	Configuration / architecture.....	25
K.	Règles de filtrage.....	26
X.	Supervision.....	26
A.	Description.....	26
B.	Nagios.....	27
C.	Architecture et configuration.....	27
XI.	Maintenance.....	28
A.	De 0 à 3 ans.....	28
B.	De 3 à 5 ans.....	29
C.	Au-delà de 5 ans.....	29
XII.	Prestations.....	29
A.	Définition du nombre de personnes et du temps d'installation.....	29
B.	Coût de la rémunération.....	30
C.	Total Cost of Ownership.....	30
D.	Résultats sur 3 ans.....	30
E.	Résultats sur 5 ans.....	30
XIII.	Conclusion.....	31
A.	Solution low-cost.....	31
B.	Solution qualité/prix.....	31
C.	Solution premium.....	32

Table des illustrations

Figure 1 : Architecture du rectorat de Toulouse	1
Figure 2 : Placement des locaux techniques	3
Figure 3 : Placement des chemins de câbles	4
Figure 4 : Topologie du LAN d'une école	6
Figure 5 : Sites et domaines Active Directory.....	9
Figure 6 : Architecture de la téléphonie	16
Figure 7 : Architecture Exchange mise en place.....	18
Figure 8 : Principe de la solution avec un seul firewall	20
Figure 9 : Principe d'une solution avec deux firewalls	21
Figure 10 : Plan d'adressage réseau	23
Figure 11 : VLAN et communication inter-VLAN	26
Figure 12 : Architecture de la supervision (Nagios)	28

I. Introduction

A. Le rectorat de Toulouse

Le rectorat de Toulouse a décidé de mettre en œuvre un réseau d'entreprises qui comprendra des réseaux LAN sur chaque site ainsi qu'un réseau WAN pour assurer la connectivité entre tous les sites des établissements scolaires.

L'accès à Internet à partir de n'importe quel site fait également partie intégrante de cette mise en œuvre. Une fois le réseau en place, le rectorat installera plusieurs serveurs pour faciliter l'automatisation en ligne de toutes ses fonctions administratives et d'un grand nombre de fonctions liées aux cursus.

Comme ce réseau doit fonctionner pour une période minimale de sept à dix ans, tous les choix de conception doivent tenir compte de la croissance du réseau et permettre de multiplier par 10 le débit des réseaux LAN, par 2 le débit du réseau WAN et par 10 le débit de connexion à Internet.

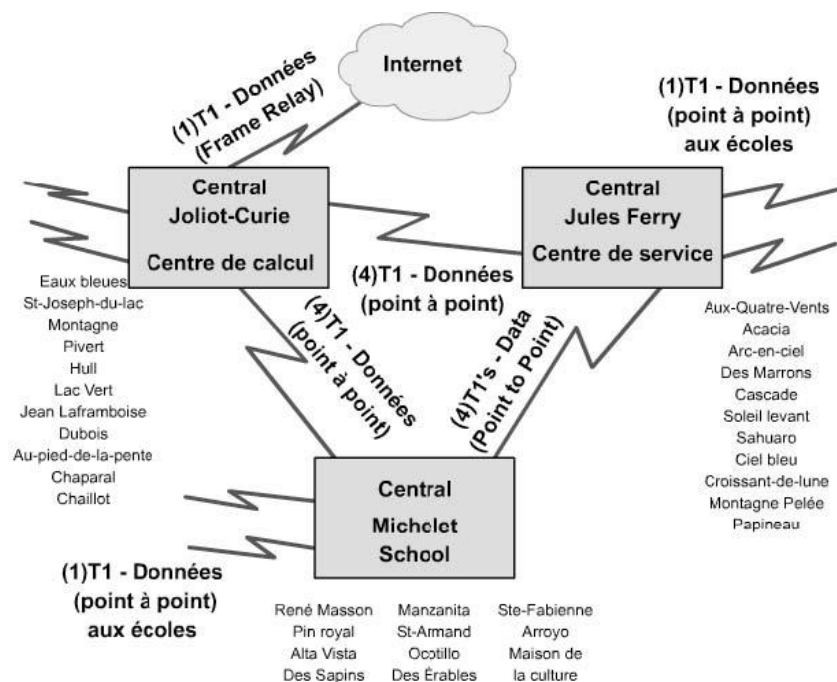


Figure 1 : Architecture du rectorat de Toulouse

B. BlackSwitch

BlackSwitch est une société de Service en Ingénierie Informatique (SSII), experte dans le domaine des Nouvelles Technologies de l'information. BlackSwitch prend en charge la conception et l'installation des systèmes informatiques et téléphoniques pour fournir les meilleurs services à votre entreprise.

Aller plus loin que ce qui est attendu, c'est notre façon de travailler. Nous répondons à l'attente du client et nous vous proposons des améliorations avec une analyse réalisée par nos experts. Nous mettons à votre disposition un support technique qui vous aide à évaluer vos choix technologiques et vous proposons les solutions d'infrastructures adaptées à vos projets.

BlackSwitch réalise l'installation de bout-en-bout. Si vous choisissez BlackSwitch, vous faites le choix d'un prestataire qualifié pour répondre à vos exigences mais aussi celui d'un partenaire qui s'engage à ce que vous soyez pleinement satisfait des solutions déployées.

C. Notre équipe



Julien Brochet



Grégoire Mirebeau



Cyril Monsieux



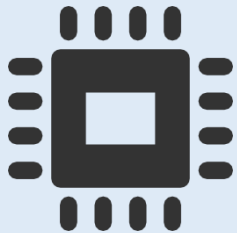
Tung Nguyen

D. Solutions proposées



Vous avez la possibilité d'avoir plus d'informations sur les trois solutions sur le site internet mis à votre disposition à l'adresse <http://www.blackswitch.fr/solutions>

Pour répondre au plus près de vos besoins, BlackSwitch vous propose trois solutions complémentaires pour répondre à cet appel d'offre.

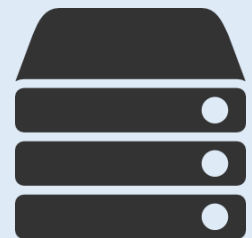


Solution low-cost

Cette solution n'est pas à voir comme une solution bas de gamme. Elle répond *entièrement* à vos besoins tout en minimisant au *maximum* le prix de la solution. Cette solution a été développée en gardant à l'esprit les principes de sécurité et de qualité de service.

Solution qualité/prix

Cette solution est un compromis entre la qualité et le prix de la solution. Elle répond entièrement à vos besoins et même plus. Notre équipe d'experts a apporté leurs améliorations pour rendre cette solution au maximum pérenne tout en considérant le prix comme une contrainte importante.



Solution premium

Vous ne voulez plus vous poser des questions sur votre système pendant longtemps ? Très longtemps ? Cette solution est la vôtre ! Nos experts ont pensé à tout dans les moindres détails. Cette solution combine la sécurité ultime avec les dernières technologies disponibles.

BlackSwitch met à votre disposition un site internet intégralement conçu pour vous pour vous permettre de visualiser les informations importantes d'une autre manière de façon dynamique. Un formulaire en ligne vous permettra de prendre contact simplement avec nous. N'hésitez pas à nous contacter pour des questions. Le site est disponible à l'adresse <http://www.blackswitch.fr/>. Merci et bonne lecture !

II. Architecture

L'architecture que nous vous détaillons est commune aux trois solutions que nous vous proposons.

A. Les locaux techniques

Concernant l'école des Quatre Vents, nous avons recensé un total de 1110 prises RJ45 nécessaires pour câbler l'ensemble du bâtiment. Pour pouvoir interfacer ce nombre de prises correctement, nous avons mis en place trois locaux techniques secondaires et un local technique principal.

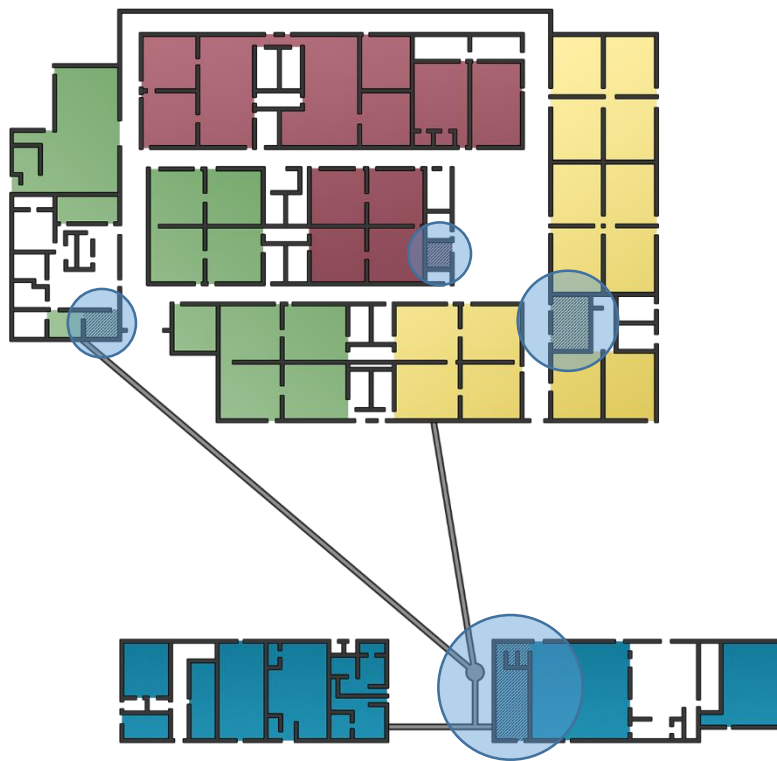


Figure 2 : Placement des locaux techniques

Le plan visible à la Figure 2 permet de mettre en évidence ces quatre locaux ainsi que leur champ d'action. Une salle est desservie par le local technique de même couleur qu'elle, avec un quadrillage noir en supplément pour le différencier simplement. Chaque local technique est atteignable directement depuis le couloir sans passer dans une salle de classe.



Vous avez la possibilité de voir la carte des Quatre Vents de manière dynamique sur le site web mis à votre disposition à l'adresse <http://www.blackswitch.fr/architecture/carte>

Nous avons fixé comme règle d'avoir au minimum 16 m² par local technique pour permettre aux techniciens d'intervenir confortablement. Cependant, cela n'a pas pu être le cas pour le local technique secondaire 1 (en rouge). Sa position nous a été imposée par la présence du POP (*Point of Presence*) de l'opérateur dans le bâtiment.

La position des locaux techniques a été influencée par l'équi-répartition du nombre de salles gérées par un local technique. Nous ne sommes pas limités par la longueur maximale d'un câble à paires torsadées (90m). En effet, avec cette distance, il est possible de parcourir l'ensemble du bâtiment.

Voici plus de détails sur les locaux techniques :

- Local technique secondaire #1 (en rouge) de 12,4 m² : Ce local dessert 12 salles de 25 prises RJ45, soit un total de 300. Ce local est situé sur le point de présence du bâtiment.
- Local technique secondaire #2 (en vert) de 16,7 m² : Ce local dessert 12 salles de 25 prises, soit un total de 300 prises.
- Local technique secondaire #3 (en jaune) de 23,3 m² : Ce local dessert 14 salles de 25 prises, soit un total de 350 prises.
- Local technique principal (en bleu) de 36,1 m² : Ce local dessert 160 prises RJ45. Ce local contient les serveurs ainsi que les équipements des stockages et d'administration.

B. Câblage



Figure 3 : Placement des chemins de câbles

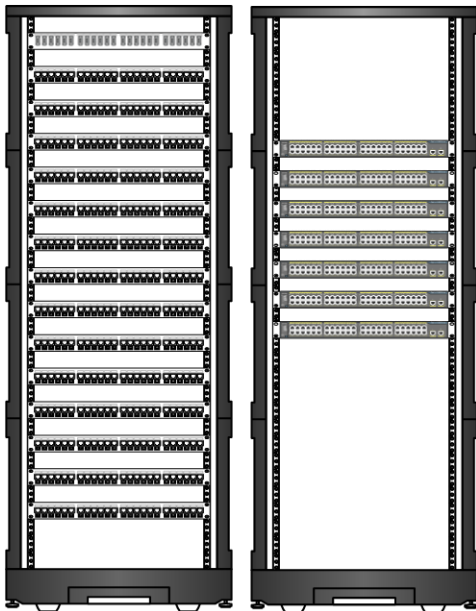
L'ensemble du câblage cuivre installé est du câble CAT6a F/UTP 650 MHz (paire torsadée écrantée) permettant un débit jusqu'à 10 Gbit/s (10GBASE-T). Les paires torsadées ont un blindage général assuré par une feuille d'aluminium. Les câbles sont certifiés conformes aux standards IEEE 802.3 et TIA 568-C.2

par ETL. Ils sont testés jusqu'à 650 MHz. Étant un établissement public, l'ensemble du câblage est « zéro halogène » (*Low Smoke Zero Halogen*). Cela se traduit par des câbles ayant une gaine résistant au feu qui ne dégage pas de fumée toxique lors de la combustion.

La Figure 3 illustre la position des chemins de câbles pour l'école des Quatre Vents. Les chemins de câbles à bords roulés (de type dalles marines) ont été dimensionnés pour accueillir 300 câbles.

Concernant la fibre optique, nous utilisons des câbles fibres 50µm OM3 sous tube. Le câble possède un renfort anti-rongeur et anti-humidité ce qui nous permet de l'installer entre les deux bâtiments. Le câble possède une gaine uLSZH (*Universal Low Smoke Zero Halogen*) du même type que le câblage cuivre. Il est possible d'avoir un débit de 10 Gb/s sur des liaisons pouvant atteindre 300 mètres. La fibre optique installée dispose de 4 brins. Deux brins seulement sont actuellement utilisées (une pour l'émission, l'autre pour la réception).

C. Locaux techniques secondaires



Chaque local technique secondaire contient deux armoires de 42U. La première armoire sert de baie de brassage. Elle contient un tiroir de brassage fibre coulissant 24 ports ainsi que plusieurs platines de brassage CAT6a FTP 24 ports (14 ou 16 suivant le local technique).

Ces platines de brassage sont connectées à des switchs **Cisco Catalyst 48 ports 2960S-48TS-L**. L'ensemble des switchs présent dans un même local technique est stacké. Ils sont reliés via un câble FlexStack Cisco 2960S. Cela permet d'administrer un seul équipement par local pour simplifier drastiquement la maintenance.

La connexion entre une platine de brassage et un switch est réalisée via des cordons de brassage PCI-6 U/FTP de 2,1m. De la même manière, le switch principal est relié au tiroir de brassage optique via une jarretière fibre 10G OM3 3m (LSZH) LC-LC.

Pour un switch connectant uniquement des clients légers, il n'est pas nécessaire de supporter la norme 802.3af (*Power over Ethernet*).

Cependant, nous disposons de 8 lignes téléphoniques par établissement. Ces équipements doivent être alimentés en PoE. Il est donc nécessaire de posséder un switch **Cisco Catalyst PoE 24 ports 2960S-24PS-L**.



Vous avez la possibilité de voir le contenu des locaux techniques sur le site web mis à votre disposition à l'adresse <http://www.blackswitch.fr/architecture/carte> en cliquant sur l'emplacement d'un local technique.

Chaque local technique principal est équipé d'un onduleur AEG PROTECT B.PRO 1000 USV. Cet onduleur a été dimensionné pour permettre aux équipements présents dans ce local de pouvoir s'éteindre correctement sans perdre des données. Il délivre une puissance de 900W et permet une autonomie de 11 minutes.

D. Topologie du LAN

La topologie mise en place au sein d'une école est visible à la Figure 4. Les locaux techniques secondaires s'occupent d'héberger les équipements d'accès. Bien que le câblage supporte le standard 10GBASE-T, les équipements imposent un lien de 100 Mbps full-duplex par équipement terminal. Chaque local technique secondaire dispose d'une sortie fibre optique (connectée sur le switch principal du stack). Cette fibre optique OM3 est connectée sur le switch de distribution **Switch Cisco Catalyst 12 ports SFP 3750G-12S-S**. Ce switch de couche trois permet de faire du routage inter-vlan au sein d'une école. Il est connecté au routeur WAN fourni par l'opérateur internet. Les serveurs ainsi que la baie de stockage sont hébergés dans le local technique principal. Les serveurs sont connectés sur le switch d'accès présent dans ce local. Pour le cas de la baie de stockage, celle-ci est connectée directement sur le switch de distribution en fibre optique.

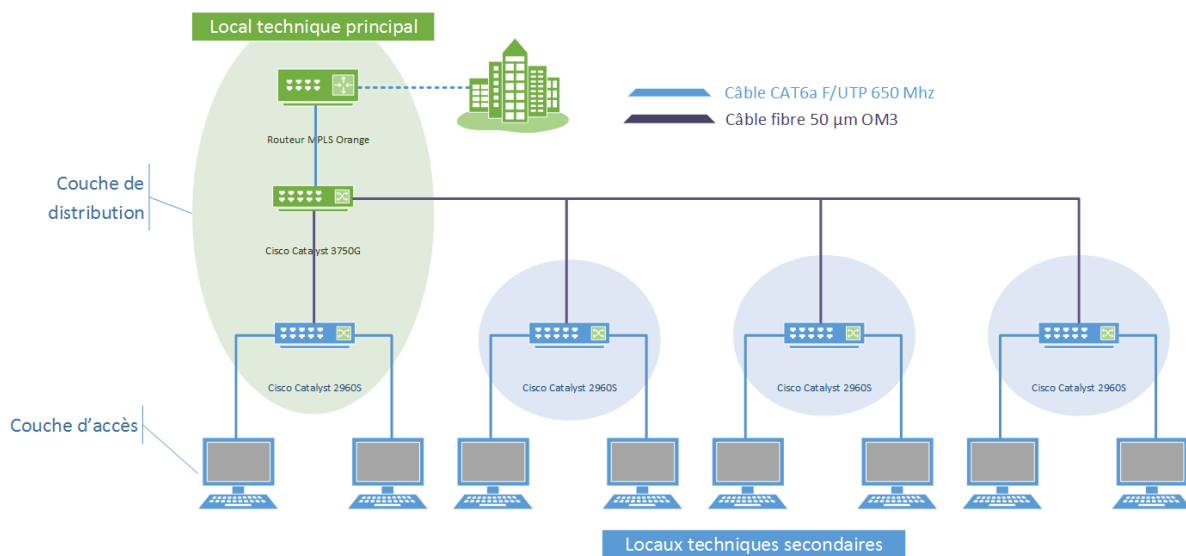


Figure 4 : Topologie du LAN d'une école

E. Matériels

Nous avons fait le choix de mettre en place une architecture disposant de clients légers pour équiper les établissements. Vous trouverez plus d'informations plus loin dans ce rapport. Chaque établissement est équipé avec 317 clients légers pour héberger les utilisateurs. Le client léger choisi est un *IGEL UD2 Universal Desktop Thin Client*. Ce client léger est robuste tout en étant très abordable. Pour accompagner un client léger, nous fournissons un écran *LG Moniteur LED 19" VGA* avec un duo clavier et souris *Microsoft Hardware*.

Un établissement dispose de 8 lignes téléphoniques. Chaque ligne téléphonique est reliée à un téléphone IP lui-même connecté à un ordinateur fixe. Cet ordinateur fixe est disponible seulement pour l'administration. Il est composé d'une unité centrale *Dell Vostro 270 MT* avec un écran *Dell IN2030M* de 51cm.

Concernant les outils pour l'administration, chaque ligne téléphonique est équipée d'un téléphone IP *Cisco SB SPA502G* ainsi que d'un copieur global *xerox Phaser 5550DN A3*.

F. WAN

Les différentes solutions proposées se basent sur le réseau IP MPLS d'Orange. Pour chacune des offres, il est possible de prioriser les flux data sur 5 classes de services (CoS). En cas de congestion, c'est à dire lorsque la bande passante nécessaire aux transports des flux émis est supérieure à la bande passante instantanément disponible, les mécanismes de priorisation se mettent en œuvre afin d'assurer un partage de bande passante en fonction de la priorité de ces flux. L'utilisation du backbone IP MPLS d'Orange permet de séparer nativement le réseau de l'Internet grand public. Le surdimensionnement du réseau se fait sans coûts.

1. Solution low-cost (sites en profil « Corporate »)

Profils et service	Quantité	Mise en service	Prix mensuel	Total / mois
Service Intranet 1 Mbps	33	100 €	101 €	3 333 €
Service Intranet 10 Mbps	2	1 660 €	964 €	1 928 €
Service passerelle internet 30 Mbps	1	800 €	990 €	990 €
GTR 4H S2	36	Inclus	0 €	0 €
Total		7 430 €		6 251 €

L'interruption maximale de service est de 13h, en cas de dépassement le tableau « Garantie de temps de rétablissement » récapitule les pénalités appliquées.

2. Solution qualité/prix (sites en profil « Corporate dual Backup »)

Cette solution propose un lien de secours qui est activé uniquement en cas de défaillance du premier. Après étude de faisabilité, les deux liens seront connectés à deux DSLAM différents.

Profils et service	Quantité	Mise en service	Prix mensuel	Total / mois
Service Intranet 1 Mbps	33	200 €	141 €	4 653 €
Service Intranet 10 Mbps	3	3 320 €	1 558 €	4 674 €
Service passerelle internet 40 Mbps	1	1 000 €	1 159 €	1 159 €
GTR 4H S2	36	inclus	0 €	0 €
Total		17 560 €		10 486 €

L'interruption maximale de service est de 11h, en cas de dépassement le tableau "Garantie de temps de rétablissement" récapitule les pénalités appliquées.

3. Solution premium (sites en profil « Corporate dual Load-Balancing »)

Ce service met en place deux liens de capacité identique afin de réaliser de l'équilibrage de charge. En cas de défaillance de l'un des liens, le réseau fonctionne en mode dégradé. L'interruption maximale de service est de 6h 30 par année, en cas de dépassement le tableau "Garantie de temps de rétablissement" récapitule les pénalités appliquées.

Profils et service	Quantité	Mise en service	Prix mensuel	Total / mois
Service Intranet 1 Mbps	33	202 €	202 €	6 666 €
Service Intranet 10 Mbps	3	3 320 €	1 928 €	5 784 €
Service passerelle internet 60 Mbps	1	1 000 €	1 586 €	1 586 €

GTR 4H S2	36	inclus	0 €	0 €
Total		17 560 €		14 036 €

4. Garantie de temps de rétablissement (GTR)

Le temps de rétablissement est de quatre heures du lundi au samedi de 8h00 à 18h00. Ainsi, pour une signalisation dans le cadre de la GTR à 17h00, le service doit-être rétabli le soir à 21h 00 au plus tard. Au-delà, des pénalités sur l'abonnement mensuel du réseau entier sont appliquées.

Dépassement	% pénalité	Prix mensuel	Total pénalité ¹
< 1 heure	25	10 486 €	2 621,5 €
>= 1 heure et < 2 heures	50		3 932,25 €
>= 2 heures et < 3 heures	75		7 864,5 €
>= 3 heures	100		10 486 €

G. Chiffrage



Vous avez la possibilité de voir en détails le chiffrage d'une école et de l'architecture sur le site mis à votre disposition à l'adresse <http://www.blackswitch.fr/architecture/prix> ou via une des annexes de ce rapport.

III. Active Directory

A. Architecture

Le choix a été fait d'installer une architecture Microsoft reposant sur Windows Server 2008R2. Notre architecture est visible sur la Figure 5.

Notre forêt « ac-toulouse.fr » se décompose en trois domaines. Le domaine principal « **ac-toulouse.fr** », un sous-domaine pour le Centre de Service « **ferry.ac-toulouse.fr** » et un dernier sous-domaine pour le Central Michélot School « **michelot.ac-toulouse.fr** ». Chaque central héberge deux contrôleurs de domaine ainsi que deux serveurs DNS pour permettre une tolérance aux pannes.

Chaque école dispose elle-même d'un contrôleur de domaine relié au domaine de son centre. Chaque école est placée dans un site *Active Directory* propre. Le contrôleur de domaine présent dans l'école s'occupe également de faire serveur DNS ainsi que serveur DHCP pour pouvoir attribuer automatiquement un serveur DNS et une adresse IP aux postes. Le serveur DNS présent dans le centre sert de serveur DNS secondaire pour l'ensemble des équipements qu'il contient. Cela permet en cas de problème du contrôleur de domaine d'une école, de toujours pouvoir s'identifier via le contrôleur de domaine présent dans le centre.

¹ Pour un abonnement mensuel de 10 486 €

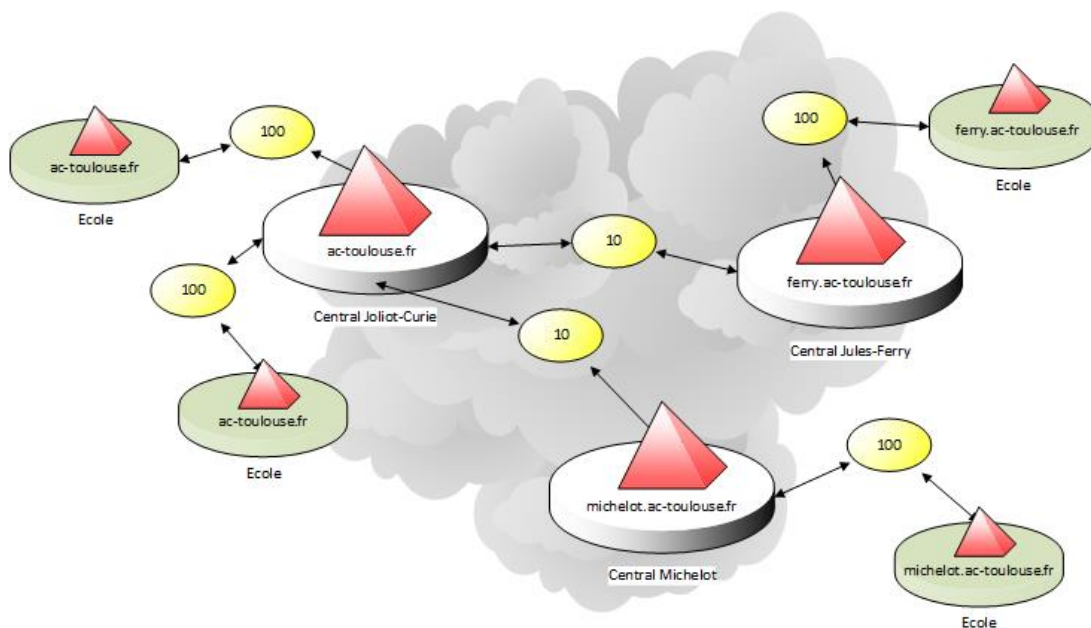


Figure 5 : Sites et domaines Active Directory

Chaque contrôleur de domaine d'une école se répliquera depuis le contrôleur de domaine présent à son central tous les soirs à 23h pour éviter une utilisation du lien WAN en pleine journée. La pondération utilisée pour les liens de réplication inter-sites (visible en jaune sur la figure) est inversement proportionnelle au débit de celui-ci pour que le chemin, avec un plus haut débit, ait toujours une métrique la plus basse possible.

B. Remote Desktop Services

1. Introduction

Comme présenté précédemment, nous avons fait le choix de mettre en place une architecture RDS pour l'accès au réseau par les membres finaux. Chaque utilisateur dispose d'un client léger utilisant le protocole RDP de Microsoft pour disposer d'un bureau virtuel émulé directement sur un serveur présent dans l'établissement.

Le coût à l'achat est plus important mais le gain se réalise sur le temps. Un client léger se change beaucoup plus simplement qu'un client lourd. De plus, une architecture centralisée permet de mettre à jour très simplement les applicatifs pour l'ensemble des élèves. C'est notamment ce qui sera utilisé pour la suite Microsoft Office.

2. Espace de stockage

Chaque utilisateur dispose d'un espace de stockage disponible sur une école. Pour un étudiant, nous accordons un espace de 5 Go. Pour un membre éducatif, nous accordons un espace de 10 Go.

Groupe	Espace par personne	Nombre	Total
Etudiants	5 Go	250	1 250 Go
Administration	10 Go	67	670 Go
Total			1 290 Go

3. Dimensionnement du serveur

L'utilisation du service RDS nécessite un serveur central s'occupant de centraliser les connexions des utilisateurs. Ce serveur doit être correctement dimensionné pour répondre aux requêtes entrantes. Microsoft fournit une liste de recommandations pour ce dimensionnement. Ces règles ont été suivies scrupuleusement pour assurer une qualité de service optimale.

Une école dispose de 317 clients légers. D'après l'étude que nous avons réalisée, une école dispose en moyenne de 79 personnes connectées sur le réseau. Nous avons donc dimensionné notre réseau pour supporter 100 personnes.

Microsoft recommande une limite de 15 utilisateurs au maximum par processeur. Cela demande donc un minimum de 7 processeurs pour supporter l'ensemble des utilisateurs. L'utilisation normale d'un utilisateur demande en moyenne 64 Mo de mémoire.

C. Chiffrage

Equipement	Prix Unitaire	Nombre	Total
Active Directory			
Windows Server 2008R2 Standard Edition	301,19 €	39	11 746,41 €
Remote Desktop Services			
Windows Server 2008R2 Enterprise Edition	1 747,52 €	33	57 668,16 €
CAL Ordinateur RDS pour Windows Server 2008R2	85,8 €	10 461	897 553,8 €
Total			966 968,37 €

IV. Serveurs

A. Informations

L'appel d'offre du rectorat de Toulouse demande l'exécution de différents services à la fois dans chaque école mais aussi dans les pôles du rectorat. Pour cela, nous allons installer des serveurs informatiques dans chacun de ces lieux. Nous verrons d'abord les installations proposées pour les écoles, puis pour le rectorat.

B. Serveurs des écoles

Les écoles du rectorat se verront dotées de serveurs applicatifs de type x86. Ils auront pour tâche d'exécuter des services nécessaires au bon fonctionnement de l'architecture global mais aussi des services administratifs via des applications métiers. Vous trouverez ci-dessous les rôles assumés par les serveurs ainsi que le descriptif matériel de ces derniers.

Nom du rôle	Description
Active Directory Secondaire	Les serveurs Active Directory seront répliqués depuis l'AD principal du rectorat.
DNS	Chaque école sera DNS principal de son site.
DHCP	Chaque école distribuera les adresses IP pour son site.

Messagerie	Exchange nécessite l'installation de serveur de messagerie dans chaque école.
Services administratif	Le secrétariat de chaque école souhaite utiliser des applications métiers.

Deux offres sont proposées dans ce cahier des charges. La première est constituée d'un unique serveur HP Proliant, avec une couche de virtualisation qui pourra remplir les rôles qui lui incombent. La seconde solution propose deux serveurs qui constituent un cluster. Cette solution permet d'utiliser des systèmes de hautes disponibilités comme le déplacement des machines virtuels.

Tableau 1 : Liste des serveurs utilisés dans les écoles

Matériel	Quantité	Prix unitaire	Total
Solution low-cost			
HP Proliant DL360p Gen8	33	5 800 €	191 400 €
E5-2630 6 cores	2		
RAM DDR3	64 Go		
Total			191 400 €
Solution qualité/prix et premium			
HP Proliant DL360p Gen8	66	9 500 €	627 000 €
E5-2690 8 cores	2 x 2		
RAM DDR3	2 x 32 Go		
Total			627 000 €

On remarque que la quantité de RAM dont dispose les serveurs de la première et la seconde solution ne change pas. En effet, la différence entre les deux solutions n'est pas une simple augmentation de puissance. Les processeurs de la seconde solution sont plus puissants mais l'intérêt réside dans la présence de deux serveurs pouvant partager leur charge de travail. Le but est aussi qu'un serveur puisse prendre la relève de l'autre lorsque l'un doit s'arrêter de manière prévue ou imprévue.

C. Serveurs du rectorat

Le rectorat possède d'autres besoins. C'est ici que l'ensemble de l'architecture sera régi. Les besoins en puissance de calcul et support de charge sont donc totalement différents. La notion de haute disponibilité n'est pas une option, et la virtualisation qui en incombe non plus. Les trois pôles du rectorat qui sont le centre de calcul, et les centrales Jules Ferry et Michelet, assureront la gestion globale sur système.

Nom du rôle	Description
Active Directory Secondaire	Les serveurs Active Directory seront répliqués depuis l'AD principal du rectorat.
DNS	Les centres gèreront le DNS secondaire qui sera contacté si les DNS des écoles ne répondent plus.
DHCP	Chaque école distribuera les adresses IP pour son site.
Messagerie	Microsoft exchange demande des serveurs Maitres. Ils seront disposés dans les centres du rectorat.
Services administratif	Le secrétariat de chaque école souhaite utiliser des applications métiers.

Serveur web dans la DMZ	Le site web du rectorat sera placé dans une DMZ.
Supervision	Les besoins en supervision seront très importants. Un serveur y sera délégué.
Hyperviseur	Un serveur est nécessaire pour gérer les hyperviseurs du réseau. Un serveur sera dédié à VMware vCenter.

Pour assumer ces différents rôles, nous avons choisi des serveurs x86 de « classe mainframe ». Ce type de serveur présente un niveau de finition et de contrôle proche des mainframes. Il permet de fournir un service permanent grâce à diverses fonctionnalités de haute disponibilité. De plus, la puissance de calcul qu'il propose permettra au rectorat de traverser les années sans encombre.

De plus, ce serveur est modulable. Nous proposons ici deux serveurs mono-modules, mais chaque serveur peut monter jusqu'à quatre modules.

Matériel	Quantité	Prix
Module Bullion 1xE7-4870 10 cores	2	14 000 €
Intel E7-4870 10 cores	6	2 500 €
32Gb RAM DDR3	16	850 €
Alimentation secondaire	2	700 €
Carte Fiber Channel	2	1 645 €
Total		61 290 €

D. Licences VMware

VMware sera l'hyperviseur utilisé sur l'ensemble des serveurs. Ce logiciel nous permettra de créer plusieurs machines virtuelles sur lesquelles nous installerons nos différents serveurs. Cette méthode nous permet de mutualiser les ressources et d'apporter des fonctionnalités de haute disponibilité comme par exemple vMotion. Les licences VMware sont calculées en fonction du nombre de sockets qui l'utilisent.

Serveurs	Quantité socket	Type licence	Prix / socket	Total
Centre de calcul	8	Entreprise	3 265 €	26 120 €
Ecole bi-serveur	4	Entreprise	3 265 €	13 060 €
Ecole mono-serveur	2	Standard	1 565 €	3 130 €

Le choix d'une licence Standard pour la solution mono-serveur dans les écoles repose sur le fait que nous n'aurons pas besoin de vMotion. Alors que les autres serveurs nécessiteront cette fonctionnalité pour mettre en place de la haute disponibilité. Le tableau suivant présente la somme globale des licences VMware pour l'ensemble du rectorat.

Lieux	Prix unitaire	Nombre d'établissements	Total
Rectorat	26 120 €	3	78 360 €
Ecole bi-serveurs	13 060 €	33	430 980 €
Ecole mono-serveur		33	103 290 €
Total bi-serveurs		36	509 340 €
Total mono-serveur		36	181 650 €

A ce prix, il faut rajouter le support VMware, qui se chiffre de la manière suivante.

- **Support VMware version Standard** : 329 € par socket par an
- **Support VMware version Enterprise** : 684€ par socket par an

Cet accès au support VMware est inclus dans le contrat de maintenance qui vous est proposé dans le cahier des charges.

E. Chiffrage

Voici le chiffrage total des serveurs ainsi que des licences VMware pour les trois solutions.

Matériel	Quantité	Prix unitaire	Total
Solution low-cost			
Serveurs des écoles	33	5 800 €	191 400 €
Serveurs des pôles	3	61 290 €	183 870 €
Licences VMware	--	--	181 650 €
Total			556 920 €
Solution qualité/prix et premium			
Serveurs des écoles	66	9 500 €	627 000 €
Serveurs des pôles	3	61 290 €	183 870 €
Licences VMware	--	--	509 340 €
Total			1 320 210 €

V. Stockage

L'ensemble des serveurs du rectorat nécessite un espace de stockage. Il sera assuré de plusieurs manières en fonction de la gamme de finition choisie.

A. Ecoles

Chaque école devra stocker les e-mails reçus par les comptes de ses étudiants et de son personnel. Pour ce faire, nous proposons un espace de stockage de 3To effectif. Nous appliquerons un RAID 10 de manière à sécuriser les données. Ce qui donne au final un espace de stockage de 6To.

1. Solution low-cost

Pour la solution low-cost, le stockage sera directement intégré dans le serveur HP Proliant via les slots à disques durs. Nous proposons 3 disques Toshiba de 2 To chacun.

Matériel	Quantité	Prix Unitaire	Total
Toshiba DT01ACA200 2 To	3	87 €	261 €
Total			261 €

2. Solution qualité/prix et premium

Les deux solutions les plus élevées gèrent la haute disponibilité, une baie de stockage est nécessaire. Nous avons sélectionné une baie Dell PowerVault de 12 slots. Son rapport qualité prix est l'un des plus intéressants du marché.

Matériel	Quantité	Prix unitaire	Total
DELL PowerVault MD3200i iSCSI SAN Storage Array	1	6 239 €	6 239 €
Toshiba DT01ACA200 2 To	3	87 €	261 €
Total			6 500 €

B. Rectorat

Chaque pôle du rectorat nécessite un espace de stockage effectif de 33To. Les baies Dell PowerVault étant limitées à 12 disques durs, nous aurons besoin de 3 baies, ainsi que de 22 disques de 2To pour proposer les 33To en RAID 10.

Tableau 2 : Liste du matériel de stockage utilisé sur le rectorat

Matériel	Quantité	Prix unitaire	Total
DELL PowerVault MD3200i iSCSI SAN Storage Array	3	6 239 €	18 717 €
Toshiba DT01ACA200 2 To	22	87 €	1 914 €
Total			20 631 €

C. Chiffrage total du stockage

Le chiffrage total du stockage est divisé en deux chiffres. Le premier correspond au chiffrage pour la solution low-cost, et le second au chiffrage des solutions « qualité/prix » et « premium ».

Tableau 3 : Chiffrage total du stockage pour les trois solutions

Matériel	Quantité	Prix unitaire	Total
Stockage écoles disques	33	261 €	8 613 €
Stockage écoles baies	33	6 500 €	214 500 €
Stockage rectorat	3	20 631 €	61 893 €
Total low-cost			70 506 €
Total qualité/prix			276 393 €
Total premium			276 393 €

VI. Téléphonie

A. Description

Même si le cahier des charges n'indique pas la présence d'une solution de téléphonie, nous pensons qu'il est primordial d'en déployer une. En effet, aujourd'hui, il est indispensable de posséder un poste téléphonique pour être joint à tout moment.

Evidemment, nous nous sommes tout de suite tournés vers une solution IP, et nous proposons d'héberger notre propre IPBX dans notre réseau, par souci de gestion, de configuration mais aussi de prix. En effet, opter pour une solution Centrex dans laquelle l'opérateur s'occupe de tout s'avère assez coûteux par rapport au dimensionnement de notre architecture téléphonique.

B. Orange Business Talk

Nous avons décidé de partir sur une offre de téléphonie IP Orange Business Talk IPBX puisque cela va nous permettre de déployer une architecture qui répond à nos besoins en téléphonie sur IP. De plus, nous allons pouvoir la coupler à notre offre WAN. En effet, la solution se base sur un réseau Equant IP-MPLS, et c'est exactement ce que nous avons pour nos communications inter-sites. Ainsi, nous allons pouvoir acheminer le trafic voix via ce réseau.

Nous partirons donc sur une solution dans laquelle nous posséderons un IPBX centralisé au rectorat qui aura pour charge de gérer simplement et exploiter toutes les communications voix de chaque site, ainsi nous aurons un contrôle total sur la gestion des factures télécoms. Cette solution présente de sérieux avantages d'évolution puisqu'elle permet l'intégration de nouveaux équipements de téléphonie assez simplement dans l'architecture du service.

Nous sommes partis sur un IPBX *Cisco Unified Communications Manager Business Edition 5000* qui permet des appels vocaux et vidéos, une mobilité et une messagerie unifiée sur un seul serveur et qui prend en charge jusqu'à 500 utilisateurs. Nous avons vérifié que cet IPBX était bien compatible avec la solution Orange Business Talk IPBX.

C. Configuration et architecture

Notre architecture va se reposer sur plusieurs éléments :

- La plate-forme de service (*Gatekeeper equant*) : C'est le cœur du service qui permet la gestion de la voix sur IP sur les sites hétérogènes.
- La passerelle client (*CE*) : C'est une passerelle qui va permettre l'accès au réseau Equant et qui va dialoguer avec le routeur PE (*Provider Edge*), il s'occupe de la classification des flux voix.
- Les passerelles IP-RTC : comme son nom l'indique, elles permettent d'assurer la connexion entre le réseau IP et le réseau RTC.
- Et bien sur notre IPBX Cisco qui s'occupera de l'acheminement des communications internes.

D. Abonnement et chiffrage de l'IPBX

En prenant en compte notre architecture réseau, nous possédons un seul réseau Equant VPN ce qui représente donc un seul site Business Talk IP et pour le dimensionnement du nombre de canaux voix, nous partirons pour être assez large, sur une base de 5 communications maximum simultanées sur chaque école et sur chaque pôle ce qui nous fait au total (33 écoles + 3 pôles) x 5 communications = 180 canaux voix, nous arrondirons à 200 pour avoir une plus grande marge de manœuvre. Ce qui nous revient pour un abonnement d'une durée minimale de 3 ans a :

- Pour le site : **22 € mensuel**
- Pour les canaux voix : **9,90 € x 100 mensuel = 1 980 €**

Nous avons une remise de 6% pour le nombre de canal, ce qui revient à une réduction de 118,8 €. Donc la solution de téléphonie IP, nous revient à un abonnement de 1883,2 € par mois, il faudra aussi prendre en compte le coup des communications qui sortiront de notre réseau selon le tarif proposé par Orange.

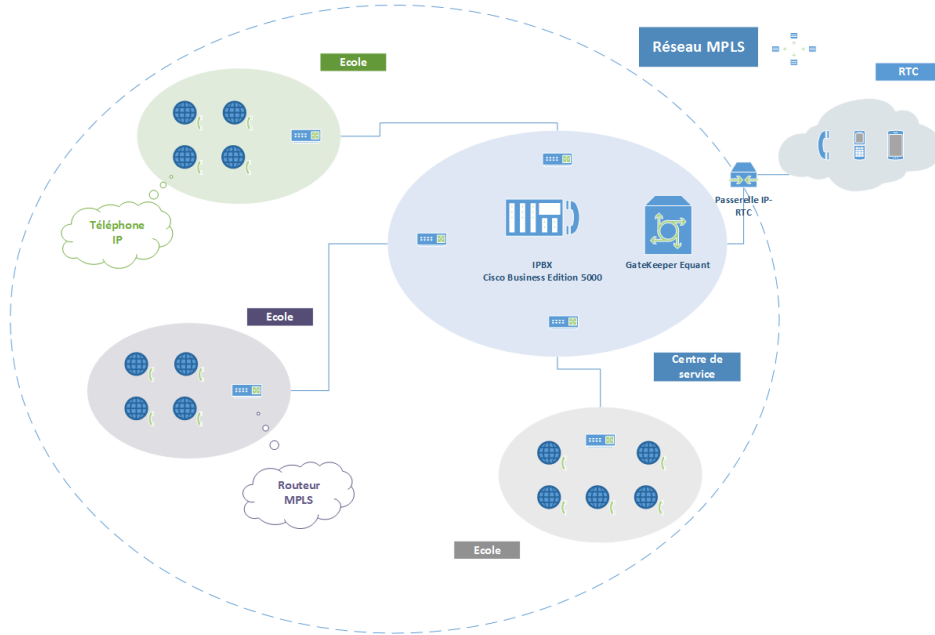


Figure 6 : Architecture de la téléphonie

VII. Messagerie

Disposant d'un environnement Windows Server très développé, nous avons fait le choix de mettre en place une solution Exchange Server pour répondre au besoin de la messagerie électronique. Même si au premier abord, une solution Exchange Server revient plus chère qu'une solution open-source, notre objectif est d'incorporer le système de messagerie au sein de l'architecture Windows. Grâce à Exchange Server, il est possible de mettre en place des quotas spécifiques aux élèves, des listes de diffusions directement grâce aux informations présentes dans l'Active Directory.

Bien qu'Exchange Server 2013 soit actuellement disponible, nous avons sélectionné la version Exchange Server 2010 SP2 pour répondre à nos attentes. Cette version a déjà montré ses résultats dans des environnements importants, ce qui n'est pas encore le cas de la version 2013, toute juste sortie.

A. Infrastructure à clés publiques (PKI)

Avant la mise en place de notre architecture Exchange Server 2010, celui-ci a besoin d'un certificat pour signer l'ensemble des informations, notamment l'interface web. Sans la mise en place de ce certificat, chaque personne souhaitant se connecter au serveur de mails recevra une erreur comme quoi le certificat a été auto-signé. Pour éviter ce problème, le certificat doit être signé par une autorité de confiance au sein du domaine Active Directory.

Pour répondre à ce besoin, nous ajoutons un serveur Windows Server 2008R2 Standard Edition sous le nom « **ACT-C1-PKI** » pour y installer le rôle « *Active Directory Certificate Services* ». Ce serveur aura le

rôle d'autorité de certification ainsi que le rôle d'autorité d'enregistrement. Cette solution n'est pas la plus sécurisée mais correspond aux besoins du projet. Le serveur Exchange aura la possibilité de demander son certificat à ce serveur d'autorité pour que celui-ci soit reconnu comme étant valide par l'ensemble des utilisateurs du système.

B. Exchange Server 2010 SP2

Une architecture Exchange Server 2010 se décompose en plusieurs rôles :

- Le rôle CAS « **Client Access Server** » : Comme son nom l'indique, ce rôle va servir aux clients pour accéder à leur compte Exchange. Cela comprend les accès Outlook, Outlook Web App, Outlook AnyWhere et ActiveSync. C'est ici que les clients vont se connecter.
- Le rôle HUB « **Hub Transport Server** » : Ce rôle gère le routage et la remise des messages dans l'organisation Exchange. Il gère également la transmission de messages hors de l'organisation. Il peut également filtrer les messages ou appliquer des règles de routage configurées par l'administrateur. Ce rôle peut également aussi journaliser les messages pour se conformer aux réglementations en vigueur.
- Le rôle MBX « **Mailbox Server** » : Ce rôle héberge les boîtes aux lettres de chaque utilisateur, matériel ou salle de l'organisation Exchange. Il héberge également les carnets d'adresses et permet la planification de réunions et des ressources associées.
- Le rôle EDGE « **Edge Transport Server** » : Ce rôle est indépendant d'Active Directory et est généralement placé en DMZ. Il s'agit d'une passerelle email qui peut accepter les emails provenant d'Internet ou de serveurs d'organisations externes clairement identifiés. Ce serveur va pouvoir procéder à un scan anti spam et antivirus grâce à Forefront Protection for Exchange. Les emails entrants ayant passé l'hygiène de messagerie seront routés vers les serveurs Transport Hub de l'organisation. Ce rôle ne peut pas être localisé avec d'autres rôles d'Exchange.
- Le rôle UMS « **Unified Messaging Server** » : Ce rôle permet la réception des messages vocaux et fax dans la boîte aux lettres de l'utilisateur. Il permet également la consultation d'Exchange depuis un téléphone : vous pouvez ainsi écouter vos messages vocaux, emails et réunions. Vous pouvez également créer des messages ou contacter directement des personnes grâce à la consultation de votre carnet d'adresses. Le serveur vocal est capable de reconnaître la voix (sans nécessiter de configuration préalable) ou alors de fonctionner en DTMF (touches numériques de votre téléphone).

Microsoft impose la présence des rôles CAS, HUB et MBX dans chaque site où sera présente la messagerie Exchange. Cela revient à mettre en place ces trois rôles dans chacune des écoles. Le serveur EDGE sera placé dans la DMZ pour pouvoir recevoir le trafic SMTP extérieur et le transmettre à l'intérieur du réseau local. Dans chacun des trois centres, un serveur HUB supplémentaire sera installé pour faciliter le routage et permettre la mise en place de principes de sécurité supplémentaires.

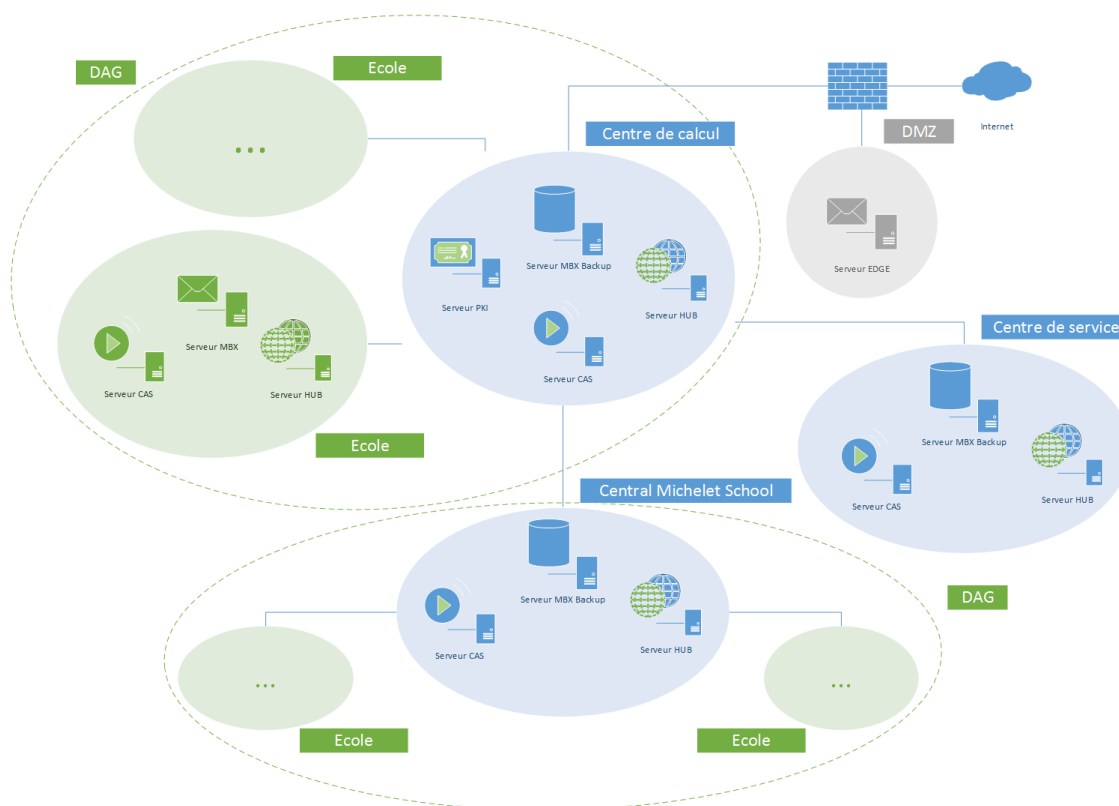


Figure 7 : Architecture Exchange mise en place

Pour ajouter de la tolérance aux pannes, un serveur MBX supplémentaire sera ajouté dans les trois centres principaux pour héberger une copie des bases de données présentes sur chaque école. Cette réplication sera automatique et permettra une récupération des données en cas de panne localisée. Cette réplication sera possible après la création d'un DAG (*Database Availability Group*) entre les 12 boîtes aux lettres d'un même centre.

C. Espace de stockage nécessaire

Nous allouons 1 Go maximum de stockage pour un étudiant et 10 Go maximum de stockage à un personnel administratif. Une école comprend 250 étudiants et 75 personnels administratifs. Il est donc nécessaire de posséder un stockage de **1 To** par école pour les messages électroniques.

Tableau 4 : Espace maximum par catégorie

Catégorie	Espace par personne	Nombre de personnes	Total
Etudiant	1 Go	250	250 Go
Personnel administratif	10 Go	75	750 Go
Total			1 000 Go

Concernant le serveur de backup, celui-ci doit être capable de stocker les bases de données des 11 écoles, soit un total de **11 To** de stockage nécessaire par centre. Il est important d'ajouter à ce total les 75 personnes travaillant directement au centre, soit un total final de **12 To** nécessaire.

D. Solution mise en place

Il est possible de combiner les rôles Exchange Server sur un même serveur. C'est cette solution qui sera utilisée pour virtualiser sur un serveur Windows Server 2008R2 Standard Edition sous le nom de « **ACT-Cx-xxx-EXG** », les rôles CAS, HUB et MBX au sein d'une école.

De la même manière, le serveur hébergeant le rôle HUB sur les trois centres sera virtualisé sous Windows Server 2008R2 Standard Edition sous le nom « **ACT-Cx-EXG-HUB** ». Pour stocker les copies des bases de données des 11 écoles, un serveur virtuel sous Windows Server 2008R2 Standard Edition sera installé sous le nom « **ACT-Cx-EXG-MBXBC** ».

Concernant le serveur EDGE dans la DMZ, celui-ci ne doit pas être membre du domaine Active Directory. Il est juste nécessaire d'ouvrir certains ports du premier firewall pour permettre à ce serveur de communiquer avec les serveurs HUB du réseau interne. Ce serveur sera virtualisé sous Windows Server 2008R2 Standard Edition sous le nom « **ACT-C1-DMZ-EXG-EDGE** ». Dans l'architecture installée, il n'y a aura aucun serveur UMS car aucun PBX n'est prévu.

E. Chiffrage

En plus des licences Windows Server pour les systèmes d'exploitations, il est nécessaire d'acheter des licences serveurs et clients Exchange.

1. Licences Exchange Server

Il est nécessaire d'avoir une licence Exchange Server par instance dans notre architecture. Nous avons un serveur Exchange par école, plus un serveur HUB par centre et un dernier dans la DMZ soit un total de 37 serveurs. Pour ces serveurs, une licence Exchange Server Standard Edition est suffisante. Concernant le serveur de secours, celui-ci doit s'occuper de 11 bases de données, or la version standard limite la gestion de 5 bases de données au maximum. Nous devons donc installer une licence Entreprise pour le serveur de secours sur chacun des trois pôles.

2. Licences CAL

Il est nécessaire de posséder une CAL Standard par personne utilisant le service. Une école comprend 325 utilisateurs, soit un total de 3650 utilisateurs par centre. Avec les trois centres, nous avons un total de 10950 personnes.

3. Chiffrage

Voici un résumé du chiffrage nécessaire pour l'installation d'une solution Exchange pour l'académie de Toulouse.

Objet	Prix unitaire	Nombre	Total
Windows Server 2008R2 Standard Edition	301,19 €	41	12 348,79 €
Exchange Server Standard Edition	906,90 €	38	34 462,2 €
Exchange Server Entreprise Edition	5 191,51 €	3	15 574,53 €
Exchange CAL Standard	86,49 €	10 950	947 065,5 €
Total			1 009 451,02 €

VIII. Sécurité

A. Firewall

Le choix du pare-feu est un élément clé pour la sécurité du réseau d'entreprise. Il s'agit du seul contact direct avec le monde extérieur. Il doit être en mesure de protéger le réseau de l'université de toutes les attaques de l'extérieur connues ou non. Le pare-feu doit, également, séparer physiquement les serveurs de la zone démilitarisée du réseau local. De cette manière, si un serveur accessible publiquement est compromis alors le réseau local reste protégé.

Notre offre propose deux solutions différentes au niveau de la protection. La première consiste à utiliser un seul firewall et la deuxième consiste à utiliser deux firewalls pour assurer une sécurité optimale du réseau.

1. Solution avec un seul firewall

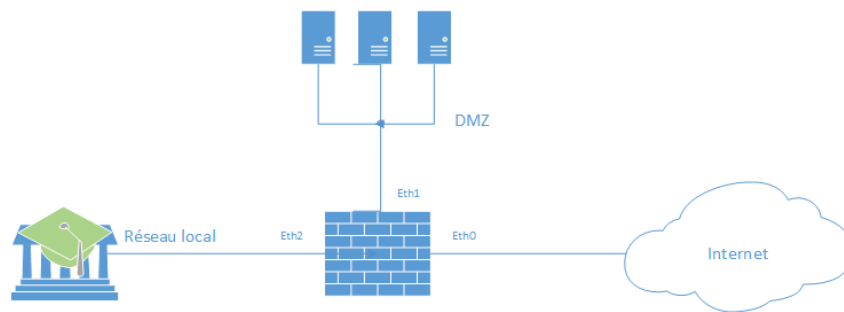


Figure 8 : Principe de la solution avec un seul firewall

La première solution consiste à utiliser un seul firewall pour protéger le réseau. Ce pare-feu sera placé sur le site principal et doit être en mesure de traiter un nombre de connexions assez élevé pour répondre aux besoins des utilisateurs.

Solution low-cost : Nous utilisons pour un firewall P-1206 de la marque Arkoon. Il convient de choisir un firewall qui puisse être en mesure d'avoir la capacité de traiter le nombre de connexions ainsi que de garder des fichiers de logs. Il est possible de greffer une licence « **Smart Web Protection** » à ce firewall afin de lui ajouter les fonctionnalités suivantes :

- Filtrage d'URL
- Antivirus
- Anti spam (licence valide 3 ans)

Nom du produit	Arkoon – P1206
Format	1 U / 19"
Nombre de ports	8 Gbits
Disque dur (logs)	250 Go
Licence Smart Web Protection (3 ans)	1 550 €
Prix firewall	1 775 €
Total	3 325 €

Solution qualité/prix : Nous proposons un ASA 5520 de la marque CISCO. Il est possible de le mettre en cluster avec un autre pare-feu Cisco 5520 ou d’une série supérieure pour réaliser de l’équilibrage de charge ou encore du Fail over. Si, au fil du temps, le firewall montre des faiblesses il est donc possible de le faire évoluer facilement et en réduisant les coûts. Un proxy matériel est ajouté au firewall pour améliorer la sécurité. Le module SSM-20 est composé de composants tel qu’un processeur et de mémoire vive pour améliorer les temps de traitements, notamment pour le filtrage d’url.

Matériel	Firewall – Cisco ASA 5520	Proxy – Cisco SSM-20
Format	1 U / 19’’	1 U / 19’’
Nombre de ports	4 Gbits	Module pour ASA 5520
Disque dur (logs)	SATA 250 Go	SATA 320 Go
Prix	9 750 €	7 275 €
Total	17 025 €	

2. Double firewall

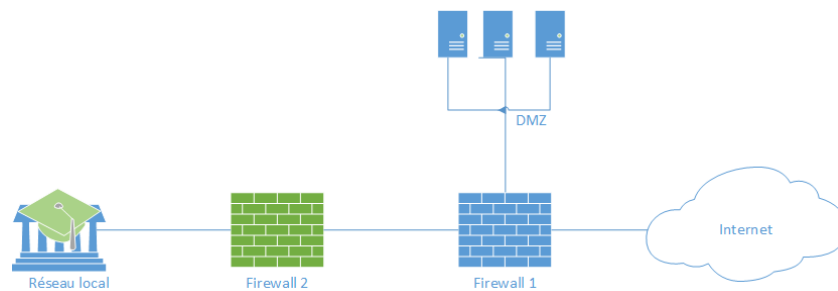


Figure 9 : Principe d'une solution avec deux firewalls

Solution premium : Il arrive que des failles de sécurité soient trouvées dans les systèmes d’exploitation des firewalls. Une solution consiste, donc, à placer deux firewalls de marques différentes avant le réseau de l’université pour assurer la sécurité du réseau local.

Produit	Firewall 1 (Cisco ASA 5520 + module proxy)	Firewall 2 – Arkoon P-1206
Prix	17 025 €	1 775 €
Total	18 800 €	

Le firewall Cisco et son module proxy seront placés en tête de réseau pour protéger au mieux la DMZ.

B. Données

La sécurité passe également par la sauvegarde de données. Afin de réduire les risques de pertes, nous proposons différentes solutions de protection et de recouvrement.

1. RAID

La technologie RAID a été mise en place sur les serveurs afin de prévenir la perte de données. Différents types de raid ont été implantés : RAID 10, RAID 5 et RAID 6. Ci-dessous, un rapport des solutions que nous avons choisies par rapport à la criticité des données.

Fonctionnalités	RAID 10	RAID 5	RAID 6
Tolérance de perte	1 disque / grappe	1 disque	2 disques
Capacité	50 %	Capacité disques – 1	Capacité disques - 2
Reconstruction	Rapide	Long	Très long
Applications	Base de données Serveurs d'application	Serveur web	Sauvegarde sur disque Haute disponibilité sur serveurs gourmands en capacité

2. Incendie

Les salles serveurs seront chacune équipées d'une bouteille de 80L d'*Inergen*, un gaz inerte permettant de lutter contre un incendie sans détériorer les composants informatiques. Le gaz absorbe l'oxygène présent dans l'air pour étouffer le feu.

3. Bandothèque

Des sauvegardes complètes sur bande seront effectuées quotidiennement et il sera possible de déplacer globalement les sauvegardes d'un site à un autre.

IX. Plan d'adressage

Pour ce projet, nous avons une multitude de sites à adresser, pour respecter une logique cohérente entre chacun des réseaux LAN ainsi que le WAN, nous avons besoin d'établir un plan d'adressage efficace.

Dans un premier temps, il nous a fallu déterminer le nombre d'adresses IP dont nous aurons besoin. Avec le nombre important de sites à implémenter, nous avons choisi de partir sur une classe A d'adressage privé, ainsi nous sommes sûrs de ne pas manquer d'adresses IP et de prévoir les futures perspectives d'évolution du réseau.

Pour l'organisation de ces adresses, nous sommes partis sur ce qui nous paraissait le plus logique, adresser les sous réseaux par concentrateur régional et ensuite par école.

A. Les centres de service régionaux

Chaque concentrateur régional disposera d'un masque de sous réseaux en /16.

Pôle	Adresse réseau
Rectorat	10.0.0.0/16
Jules Ferry	10.1.0.0/16
Michelet	10.2.0.0/16

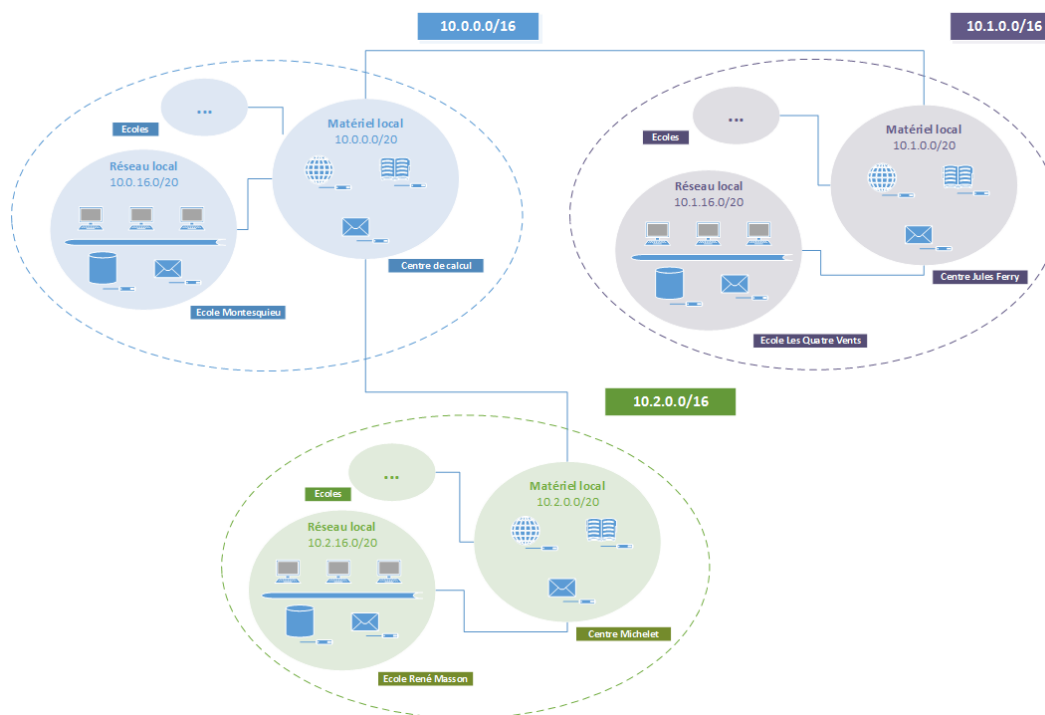


Figure 10 : Plan d'adressage réseau

B. Les différentes écoles

Comme les écoles posséderont chacune un masque en /20, cela permettra à chaque concentrateur régional d'avoir 16 sous réseaux disponibles réservés aux écoles.

Petite spécificité : nous avons gardé un sous réseau permettant d'adresser le matériel réseau local de chaque concentrateur et nous avons aussi réservé un sous réseau au rectorat pour la gestion de la supervision du matériel réseau présent sur chaque site.

C. Adressage d'une école du rectorat

Pour l'adressage d'une école, nous nous sommes basés sur le câblage qui va être mis en place pour effectuer notre dimensionnement. En effet, pour le moment, chaque école disposera au maximum de 250 ordinateurs réservés aux étudiants et de 75 ordinateurs pour les professeurs et autres personnels administratifs, mais pour assurer une solution qui soit susceptible d'évoluer avec le temps, nous avons ainsi décidé de prendre en compte toutes les prises câblées au niveau de chaque salle en prenant le soin d'avoir une marge de manœuvre assez grande pour garantir l'éventualité d'avoir des nouvelles prises réseaux à installer sur chaque site, donc nous avons décidé de partir avec un sous réseau en /20, ainsi chaque école disposera d'un maximum de 4094 adresses IP.

De plus, il faut aussi prendre en compte que chaque école est séparée en différents sous-réseaux logiques (voir partie VLAN). Ainsi, pour les ordinateurs réservés au cursus, nous possédons au maximum 1056 prises donc 1056 adresses, donc nous nous tournerons vers un /21 qui permet d'adresser 2046 machines. Pour les ordinateurs réservés au personnel administratif, nous avons au maximum 53 prises, alors nous avons pris pour être assez large, un /24 qui nous permettrait d'adresser 253 machines.

Un sous réseau réservé à la voix sur IP, qui pour le moment n'a besoin que de 8 téléphones, nous avons pris un /27 pour avoir 30 adresses. Une plage disponible pour nos serveurs qui sont en nombre de 4 mais pour assurer de futures installations, nous avons préféré partir aussi sur un /27 avec 30 adresses. Et enfin, notre VLAN de supervision comprenant au maximum 30 adresses. Voici l'exemple du groupe scolaire des Quatre Vents.

Les Quatre Vents (VLAN)	Adresse réseau	Nombre d'adresses
VLAN 2 (Cursus)	10.1.16.0/21	2046
VLAN 3 (Administration Data)	10.1.24.0/24	256
VLAN 4 (Administration Voix)	10.1.25.0/27	30
VLAN 5 (Serveurs)	10.1.25.32/27	30
VLAN 6 (Supervision)	10.1.25.64/27	30

Pour chaque école, le cahier des charges nous demande d'avoir deux segments LAN distinct : un pour les étudiants et un autre pour le personnel administratif. Pour mettre en place cela, nous sommes partis sur l'implémentation de réseaux locaux virtuels ou VLAN.

D. Avantage organisationnel

L'avantage de choisir cette solution est de rester sur notre architecture globale sans avoir à segmenter physiquement notre réseau et rester sur une segmentation logique. Ce qui permettrait d'économiser financièrement des coûts au niveau du câblage et du matériel à déployer.

De plus, utiliser les VLAN va nous simplifier la gestion des différents sous réseaux, de pouvoir séparer explicitement les flux, et ainsi limiter les domaines de diffusion, et en somme, éviter la saturation et ainsi augmenter considérablement les performances de notre réseau.

E. Sécurité

Mettre en place des VLAN va nous permettre en plus d'ajouter une couche de sécurité sur notre réseau LAN, en effet, les stations n'étant pas sur les mêmes VLAN ne pourront pas communiquer entre elles, sauf si nous avons implémenté un routage inter-VLAN. Ainsi, dans notre réseau, il s'agit exactement de ce dont nous avons besoin, puisque l'administration doit avoir accès aux postes des étudiants (cursus) mais que le chemin inverse ne doit pas être possible, il est souvent utile de séparer et d'isoler ces différents réseaux pour en restreindre l'accès à certaines entités.

De plus, comme nous l'avons dit précédemment, cette technologie va nous permettre de limiter les domaines de diffusion et ainsi d'être moins susceptible aux éventuelles attaques de hacker qui pourraient venir sniffer nos informations personnelles.

F. Choix d'implémentation

Pour notre site, nous avons ainsi choisi de mettre en place cinq VLAN différents :

- Un VLAN 2 « Cursus » regroupant tous les étudiants
- Un VLAN 3 « Administration Data » pour le réseau de l'administration
- Un VLAN 4 « Administration Voix » pour la ToIP
- Un VLAN 5 « Serveurs » dans lequel nous trouverons tous nos serveurs
- Un VLAN 6 « Supervision »

G. Association aux VLAN

Nous avons décidé d'associer les VLAN par port. Cette technique est celle qui est la plus utilisée. Donc il faudra configurer chaque port de nos switchs stackés :

- soit en mode « **access** » si le port est connecté à un équipement terminal,
- soit en mode « **trunk** » s'il est connecté à un autre switch et ainsi faire passer plusieurs VLAN sur ce port.

Dans nos différents locaux techniques, nous essayerons de respecter une certaine logique pour l'attribution des ports des différents switchs.

H. Configuration des commutateurs

Dans chaque local technique secondaire, le premier Switch Cisco 2960S sera réservé pour le VLAN 3 admin data, les autres switchs seront affectés au VLAN 2 cursus. Et, bien sûr, il faudra aussi configurer un port SFP avec le mini-GBIC en mode « trunk » pour faire passer les différents VLAN.

Dans le local principal, il y a une particularité puisque nous avons des téléphones IP, il y a un Switch réservé pour la ToIP : il s'agit du Cisco 2960S-24PS-L qui gère le POE. Nous configurerons les VLAN 3 admin data et 4 admin voix pour ce Switch, et ainsi que le VLAN 5 serveurs et VLAN 6 supervision. En effet, nous en profiterons pour brancher les serveurs sur ce switch puisqu'il reste de la place disponible. Les autres switchs seront affectés au VLAN 2 cursus. Ici aussi, il faudra configurer un port SFP en mode « trunk ».

Concernant la téléphonie sur IP, un VLAN spécifique est mis en place pour assurer la qualité de service pour la voix sur IP. L'interface qui accueillera le téléphone **IP CISCO SB SPA502G** possèdera une configuration particulière. En effet, elle transmettra du flux data et du flux voix en même temps, puisque un PC fixe sera branché au téléphone pour avoir accès au réseau. Nous avons fait en sorte de prendre un téléphone ayant deux ports, un pour le commutateur et l'autre pour le PC.

I. Routage inter VLAN

Les VLAN isolent les trafics et permettent de limiter les domaines de diffusion, il est parfois nécessaire de pouvoir faire communiquer des VLAN entre eux. Comme ils sont désormais considérés étant sur des réseaux différents, il va falloir faire appel à un appareil de couche 3 pour s'occuper du routage entre les différents VLAN. En l'occurrence, il s'agira pour nous de notre switch de niveau 3.

J. Configuration / architecture

Pour notre site, nous aurons besoin de plusieurs communications inter VLAN différentes. Il faut que VLAN admin data puisse avoir accès au VLAN cursus : nous allons alors rajouter la route qui permettra aux deux sous réseau de communiquer ensemble. Le VLAN admin et cursus doivent avoir accès aux VLAN serveurs pour qu'ils puissent bénéficier des différents services.

Il va falloir restreindre le trafic navigant entre ces différentes entités. En effet, le VLAN cursus ne doit pas avoir accès au VLAN admin data. Il va falloir aussi penser à spécifier un certain nombre de protocoles autorisé à circuler entre ces machines : pour cela, nous allons utiliser du filtrage à partir d'Access Control List.

K. Règles de filtrage

Nous allons instaurer une politique de filtrage sur nos commutateurs de niveau 3 pour restreindre le trafic entre les différents VLAN. Nous avons choisi de mettre en place des Access Control List étendues sur nos CISCO 3750. En effet, cette solution va nous permettre de spécifier les adresses IP source et destination ainsi que les ports. Ce dernier point est important pour définir le type de trafic autorisé entre chaque sous réseau.

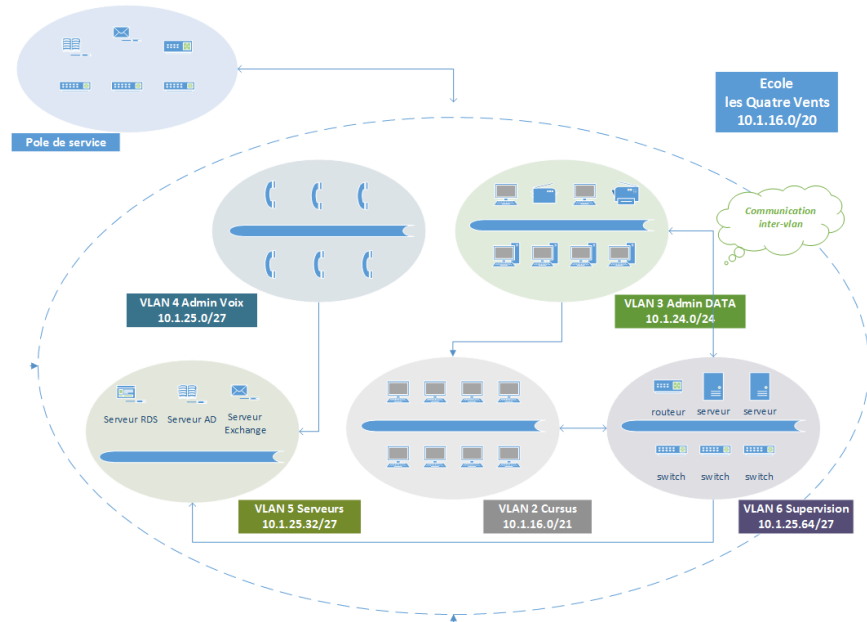


Figure 11 : VLAN et communication inter-VLAN

Les différentes ACL :

- Pour l'accès à internet, nous devons autoriser le trafic HTTP et DNS
- Pour les mails, les ports SMTP et RCP MAPI, pour l'envoi et la réception de courriel
- Pour l'administration à distance des serveurs, autoriser le port SSH
- Pour le RDS, il faudra ouvrir le port TCP 3389
- La supervision sera permise avec le trafic SNMP
- Et il ne faudra pas oublier aussi à autoriser les ports pour bénéficier des services AD, DNS et DHCP

X. Supervision

A. Description

Nous implémenterons une solution de supervision sur notre site. Cette dernière est importante pour pouvoir remonter en temps réel les informations d'états de nos différents équipements réseaux répartis sur les différentes écoles et pôles administratifs. Ce service sera centralisé et administré au niveau du rectorat et permettra ainsi une facilité de contrôle et de gestion sur nos équipements actifs.

Il est primordial d'avoir une solution comme celle-ci puisque, aujourd'hui, le système d'information est devenu l'épine dorsale d'une entreprise. Il faut alors s'assurer du fonctionnement en permanence du matériel et ainsi agir rapidement en cas de défaillance.

Pour l'implémentation d'une solution de supervision, nous nous sommes tournés vers la technologie la plus développée au sein des entreprises et qui a su faire ses preuves : il s'agit du protocole de gestion SNMP. SNMP va nous permettre de surveiller nos équipements réseaux tels que les Switchs et routeurs, mais aussi de remonter les informations d'états des différents serveurs ainsi que de leurs baies de stockage. Comme il s'agit d'une solution centralisée, nous aurons besoin d'une machine permettant la gestion de la supervision. Pour cela, nous utiliserons le couple **Nagios/Centreon**.

B. Nagios

Nagios est l'application permettant le déploiement de la supervision au sein de notre réseau, il s'agit du moteur de cette solution. Centreon se rajoute par-dessus Nagios en fournissant une interface simplifiée et ergonomique.

Nagios est la solution la plus utilisée dans le domaine de la supervision : c'est un logiciel libre avec une très grande communauté, il est effectivement très suivi. C'est un outil répandu, gratuit et très riche. Malheureusement, son interface est assez pauvre en fonctionnalités. Pour remédier à cela, nous allons rajouter une couche par-dessus Nagios, Centreon.

Centreon permet de rajouter à Nagios une interface web intuitive et ainsi de réaliser le paramétrage et le reporting de notre supervision. Par défaut, Nagios est paramétré grâce à des fichiers de configuration depuis une console, pour certaines personnes, ce n'est pas une interface très ergonomique. Ainsi, avec la surcouche Centreon, cela nous permet d'utiliser la plateforme web pour définir notre configuration.

C. Architecture et configuration

Pour la supervision de nos différents sites, nous nous tournerons vers une architecture centralisée et administrée à partir d'un seul endroit : le rectorat.

En effet, notre serveur de supervision Nagios, son interface Centreon et sa base MySQL seront basés au niveau du rectorat et il rapatriera toutes les informations des équipements actifs de chaque pôle ou école de l'académie de Toulouse.

Pour cela, il faudra bien configurer chacun des hôtes SNMP sur le serveur et bien penser à activer les modules SNMP de chaque agent pour ainsi vérifier que les informations d'états remontent bien. Nous organiserons de façon propre et logique les différents hôtes sur l'interface, pour avoir une interface simple et compréhensible de gestion (groupes selon emplacement, selon type d'équipement).

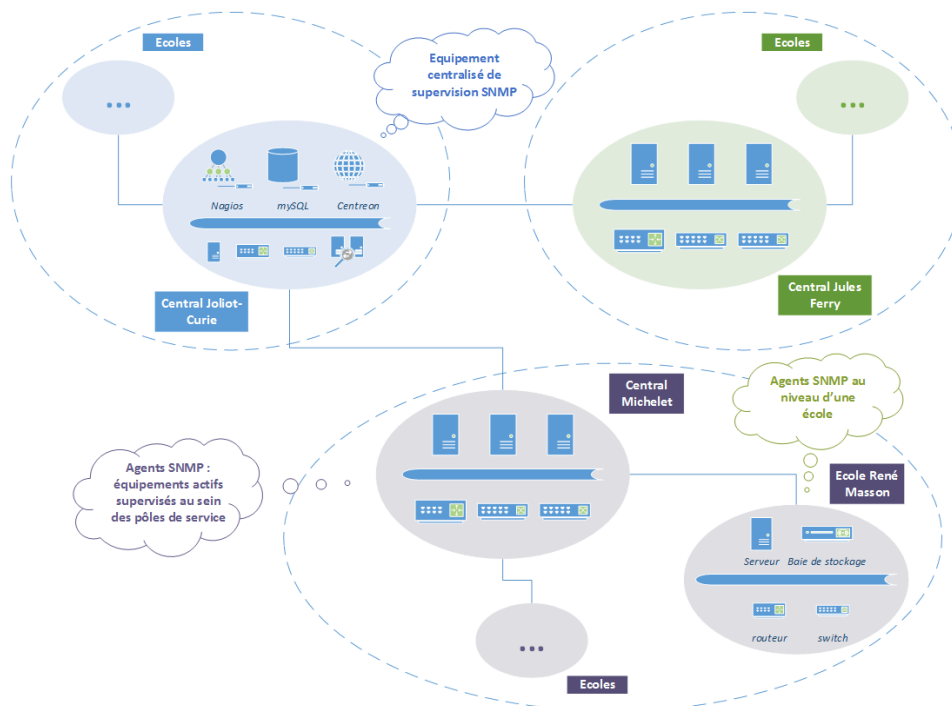


Figure 12 : Architecture de la supervision (Nagios)

XI. Maintenance

BlackSwitch s'engage à fournir une maintenance performante à ses clients. Nos partenariats avec les plus grands constructeurs nous permettent de maintenir les plus grandes architectures réseaux. Vous trouverez ci-dessous une description de notre contrat de maintenance.

A. De 0 à 3 ans

C'est durant les premières années de vie de votre réseau que les besoins en maintenance sont les plus importants. C'est pourquoi BlackSwitch s'engage à vous fournir trois ans de garantie matérielle et maintenance de votre infrastructure. La liste ci-dessous présente les principales actions comprises dans ce contrat de maintenance :

- remplacement du matériel actif si défauts de fabrication,
- remplacement des serveurs si défauts de fabrication,
- support technique,
- hotline,
- remplacement de câblage défectueux à hauteur de 7% du câblage total,
- 80 interventions techniques sur site (facturées au-delà),
- mises à jour des firmware,
- support VMware. (environ 140.000 €),
- support RedHat.

Ce contrat est valable sur l'ensemble des sites du rectorat, ainsi que les pôles principaux que sont le centre de calcul, et les centrales Jules Ferry et Michelet. De plus, nous deviendrons votre seul interlocuteur pour l'ensemble de vos besoins en maintenance.

B. De 3 à 5 ans

Une fois les trois premières années écoulées, le contrat de maintenance principal expire. A ce moment, un nouveau contrat vous sera proposé. Celui-ci correspond à une extension du premier contrat pour encore deux années supplémentaires. Cette extension présente exactement les mêmes conditions que le contrat principal et couvre, elle aussi, l'ensemble des sites du rectorat. Ce contrat vous sera proposé au prix de **2 500 000 €**.

C. Au-delà de 5 ans

Au-delà de cinq années, nous vous proposerons des contrats sur mesure annuels correspondant précisément à vos besoins.

XII. Prestations

A. Définition du nombre de personnes et du temps d'installation

Dans cette partie, nous avons chiffré le coût des prestations nécessaires à l'installation de l'infrastructure qui comprend deux parties distinctes :

- Câblage des écoles
- Installation des serveurs et du matériel actif

Dans un premier temps, pour la mise en place, nous nous engageons à ne pas dépasser les 6 mois pour les 33 écoles, à partir de là, nous avons défini le nombre de personnes nécessaire pour implémenter notre solution.

Nous sommes partis sur un système organisé par équipe de 1 technicien qualifié et 2 intérimaires, il fallait ensuite définir le nombre d'équipes dont nous aurons besoin pour câbler tout le site. Sachant qu'une équipe est capable de câbler une salle en l'espace d'une journée et que nous avons 46 salles à câbler par école et en se basant sur 5 jours de travail par semaine, cela nous donne un peu moins de 10 semaines par équipe pour une école. Nous partirons sur une échéance maximale de 10 semaines avec l'installation des serveurs et du matériel actif.

Maintenant il reste à calculer le nombre d'équipes nécessaire pour tout mettre en place en l'espace de 6 mois. Si on calcule le nombre nécessaire de semaines pour une seule équipe s'occupant des 33 écoles, nous obtenons $33 \text{ écoles} \times 10 \text{ semaines} = 330 \text{ semaines}$, ce qui représente plus de 6 ans. Donc pour tenir dans les 6 mois, il nous faudra alors $330/24 \text{ (nombres de semaines dans 6 mois)} = 13,75$ soit 14 équipes répartis sur les 33 écoles.

Donc si nous récapitulons, nous possèderons 14 équipes de 3 personnes réparties sur les 33 écoles pour boucler l'installation de notre solution en moins de 6 mois.

B. Coût de la rémunération

Si on se base sur une rémunération mensuel de 3200 € brut pour le technicien qualifié et de 1800 € brut pour un intérimaire, nous obtenons une rémunération de $(3200 \times 14) + (1800 \times 28) = 95\,200$ € brut mensuel pour l'effectif.

C. Total Cost of Ownership

Le TCO (*Total Cost of Ownership*) correspond au coût total de possession d'une infrastructure. Pour réaliser ce calcul, nous partons des postulats suivants:

- Nous ne prenons en compte que les équipements actifs du réseau (switch, serveurs, routeurs).
- Le cout d'administration et de maintenance est compris dans le contrat de maintenance.
- Le prix du KWatt/h est stable.
- Le PUE correspond aux besoins globaux d'énergie pour alimenter les composants ET les refroidir.
- Les équipements actifs consomment en moyenne 700W/h.
- Le TCO est calculé pour une architecture « qualité/prix » ou « premium ».

Valeurs utilisées par le TCO	
Cout du kwatt/h	0,070 €
Cout du m² par an	1 000 €
m² pour un rack	3
PUE	1,5
Nombre total de rack	270
Nombre de composant actif	1002
Consommation moyenne des composants	700 W

D. Résultats sur 3 ans

TCO 3 ans	
Capex	
Total hardware	2 540 542 €
Installation hardware	Compris dans le contrat de maintenance
Licences VMware	1 528 020 €
Opex	
Administration & maintenance hardware	Compris dans le contrat de maintenance
Consommation d'énergie	1 935 443 €
Utilisation de l'espace	2 430 000 €
Total	8 434 005 €

E. Résultats sur 5 ans

TCO 5 ans	
Capex	
Total hardware	2 540 542 €
Installation hardware	Compris dans le contrat de maintenance
Licences VMware	1 528 020 €

Opex	
Administration & maintenance hardware	2 500 000 €
Consommation d'énergie	3 225 738 €
Utilisation de l'espace	4 050 000 €
Total	14 862 980 €

Les résultats à 3 et 5 ans obtenus ne sont qu'une estimation du coût de possession global de l'architecture. Elle peut servir à réaliser des estimations et ne doit pas être prise pour absolue. Ils correspondent à un prix total d'achat, de maintenance, et de fonctionnement des équipements réseaux actifs. Le rectorat de Toulouse utilisant des locaux de l'état Français, le prix d'utilisation de l'espace peut très fortement varier.

XIII. Conclusion

Ce rapport décrit de façon précise les trois solutions que BlackSwitch met à votre disposition. De la solution low-cost à la solution premium, BlackSwitch essaye de répondre à vos besoins le plus précisément possible. Vous trouverez ci-dessous un récapitulatif des solutions ainsi qu'un prix pour chacune d'elle. Ce prix est seulement indicatif et ne nous engage en rien.



Vous avez la possibilité de nous contacter directement via le site internet mis à votre disposition à l'adresse <http://www.blackswitch.fr/contact>

A. Solution low-cost

Section	Prix	Prix / mois
Architecture	8 642 556,78 €	0 €
WAN	7 430 €	6 251 €
Active Directory et RDS	966 968,37 €	0 €
Serveurs	556 920 €	0 €
Stockage	70 506 €	0 €
Sécurité	3 325 €	0 €
Téléphonie	0 €	1 883,2 €
Messagerie	1 009 451,02 €	0 €
Installation	571 200 €	0 €
Bureau d'étude	76 800 €	0 €
Total	11 905 157,17 €	8 134,2 €

B. Solution qualité/prix

Section	Prix	Prix / mois
Architecture	8 642 556,78 €	0 €
WAN	17 560 €	10 486 €
Active Directory et RDS	966 968,37 €	0 €
Serveurs	1 320 210 €	0 €

Stockage	276 393 €	0 €
Sécurité	17 025 €	0 €
Téléphonie	0 €	1 883,2 €
Messagerie	1 009 451,02 €	0 €
Installation	571 200 €	0 €
Bureau d'étude	76 800 €	0 €
Total	12 898 164,17 €	12 369,2 €

C. Solution premium

Section	Prix	Prix / mois
Architecture	8 642 556,78 €	0 €
WAN	17 560 €	14 036 €
Active Directory et RDS	966 968,37 €	0 €
Serveurs	1 320 210 €	0 €
Stockage	276 393 €	0 €
Sécurité	18 300 €	0 €
Téléphonie	0 €	1 883,2 €
Messagerie	1 009 451,02 €	0 €
Installation	571 200 €	0 €
Bureau d'étude	76 800 €	0 €
Services supplémentaires	671 571,24 €	0 €
Total	13 697 540,58 €	15 919,2 €

Annexes

A Convention de nommage

Pour simplifier l'identification des serveurs, l'ensemble des serveurs décrits dans ce rapport suit la même convention de nommage. Le nom du serveur inclut sa position géographique la plus précise possible ainsi que sa fonction principale.

Le nom d'un serveur est toujours préfixé par « **ACT-** » pour **AC**adémie de **T**oulouse. Puis vient ensuite le centre auquel le serveur appartient :

- C1 : Central Joliot-Curie Centre de calcul
- C2 : Central Jules Ferry Centre de service
- C3 : Central Michelet School

Si le serveur est présent dans une école et non directement dans le centre, il est nécessaire de préciser dans quelle école celui-ci est situé :

Nom	Abréviation	Nom	Abréviation
Central Joliot-Curie Centre de calcul			
Eaux bleues	EB	St-Joseph du lac	SJL
Montagne	MTG	Pivert	PV
Hull	HU	Lac Vert	LV
Jean Laframboise	JLB	Dubois	DUB
Au-pied-de-la-pente	APP	Chaparal	CHP
Chaillot	CHT		
Central Jules Ferry Centre de service			
Aux-Quatre-Vents	AQV	Acacia	ACA
Arc-en-ciel	AEC	Des Marrons	DM
Cascade	CSC	Soleil levant	SL
Sahuaro	SAH	Ciel bleu	CB
Croissant-de-lune	CDL	Montagne Pelée	MTP
Papineau	PPN		
Central Michelet School			
René Masson	RM	Pin royal	PR
Alta Vista	AV	Des Sapins	DS
Manzanita	MZT	St-Armand	STA
Ocotillo	OCO	Des Erables	DE
Str-Fabienne	SF	Arroyo	ARR
Maison de la culture	MC		

Ensuite, une abréviation permettant de décrire le rôle principal du serveur ou de l'équipement. Si l'équipement est présent en plusieurs exemplaires, un numéro est rajouté à la fin pour identifier de manière unique chaque équipement.

Voici quelques exemples pour schématiser la convention de nommage :

Nom du serveur	Description
ACT-C1-EXG	Serveur Exchange dans le centre de calcul

ACT-C2-SAH-SWT-1	Switch du premier local technique présent dans l'école Sahuaro du Centre de service.
ACT-C1-DMZ-WEB-1	Serveur Web 1 présent dans la DMZ du Centre de calcul
ACT-C1-SUP-1	Serveur de supervision présent dans le Centre de calcul
ACT-C3-MZT-CL-54	54 ^{ème} client léger à l'école Manzanita du Central Michelet School

B Plan d'adressage des établissements

Voici le plan d'adressage utilisé pour chaque établissement.

Etablissement	Adresse réseau
Rectorat	
Matériel local	10.0.0.0/20
Montesquieu	10.0.16.0/20
Bel Air	10.0.32.0/20
Malesherbes	10.0.48.0/20
Paul Valéry	10.0.64.0/20
Toulouse	10.0.80.0/20
Claude Bernard	10.0.96.0/20
Louis Legrand	10.0.112.0/20
Diderot	10.0.128.0/20
Bellevue	10.0.144.0/20
Charcot	10.0.160.0/20
Chaillot	10.0.176.0/20
Jules Ferry	
Matériel local	10.1.0.0/20
Les Quatre Vents	10.1.16.0/20
Acacia	10.1.32.0/20
Duhamel	10.1.48.0/20
Maisonneuve	10.1.64.0/20
La Cascade	10.1.80.0/20
Beau Soleil	10.1.96.0/20
Lamartine	10.1.112.0/20
Azur	10.1.128.0/20
Gambetta	10.1.144.0/20
La Plaine	10.1.160.0/20
Herriot	10.1.176.0/20
Michelet	
Matériel local	10.2.0.0/20
René Masson	10.2.16.0/20
Le Marais	10.2.32.0/20
La Forêt	10.2.48.0/20
Les Pins	10.2.64.0/20
Dugommier	10.2.80.0/20
Saint-Loup	10.2.96.0/20
Dujardin	10.2.112.0/20
Les Marronniers	10.2.128.0/20
Passy	10.2.144.0/20
Les Lilas	10.2.160.0/20
Maison de la culture	10.2.176.0/20

C Prix de l'architecture d'une école

Voici le prix de l'architecture d'une école de l'académie de Toulouse.



Vous avez la possibilité de voir en détails le chiffrage d'une école et de l'architecture sur le site mis à votre disposition à l'adresse <http://www.blackswitch.fr/architecture/prix>

Matériel	Prix Unitaire	Unité	Total
Câbles			
Câble CAT6a F/UTP 650 MHz (rouge)	1,046 € / m	9 865 m	10 325,00 €
Câble CAT6a F/UTP 650 MHz (vert)	1,046 € / m	8 842 m	9 254,00 €
Câble CAT6a F/UTP 650 MHz (jaune)	1,046 € / m	7 788 m	8 151,00 €
Câble CAT6a F/UTP 650 MHz (bleu)	1,046 € / m	4 512 m	4 723,00 €
Câblage d'une salle standard	758,75 €	42	31 867,50 €
Câble fibre 50 µm OM3 sous tube	1,23 € / m	218 m	268,14 €
Chemins de câbles à bords roulés - Série BS (72x268)	32,25 € / m	576 m	18 576,00 €
Local technique secondaire #1			
Tiroir de brassage fibre coulissant 24 ports	129 €	1	129,00 €
Jarretière fibre 10G OM3 3m (LSZH) LC-LC	28 €	1	28,00 €
Platine de brassage CAT6a FTP 24 ports (JPM10GF24)	85 €	14	1 190,00 €
Cordon de brassage PCI-6 U/FTP 2,1m	11 €	300	3 300,00 €
Armoire Elite 42U, L600xP1000	1 105 €	2	2 210,00 €
Switch Cisco Catalyst 48 ports stackable (2960S-48TS-L)	2 011 €	7	14 077,00 €
Module FlexStack CISCO Catalyst 2960S	572 €	6	3 432,00 €
Convertisseur Gigabit Mini-GBIC SFP GLC-SX-MMD=	269 €	1	269,00 €
Local technique secondaire #2			
Tiroir de brassage fibre coulissant 24 ports	129 €	1	129,00 €
Jarretière fibre 10G OM3 3m (LSZH) LC-LC	28 €	1	28,00 €
Platine de brassage CAT6a FTP 24 ports (JPM10GF24)	85 €	14	1 190,00 €
Cordon de brassage PCI-6 U/FTP 2,1m	11 €	300	3 300,00 €
Armoire Elite 42U, L600xP1000	1 105 €	2	2 210,00 €
Switch Cisco Catalyst 48 ports stackable (2960S-48TS-L)	2 011 €	7	14 077,00 €
Module FlexStack CISCO Catalyst 2960S	572 €	6	3 432,00 €
Convertisseur Gigabit Mini-GBIC SFP GLC-SX-MMD=	269 €	1	269,00 €
Local technique secondaire #3			
Tiroir de brassage fibre coulissant 24 ports	129 €	1	129,00 €
Jarretière fibre 10G OM3 3m (LSZH) LC-LC	28 €	1	28,00 €
Platine de brassage CAT6a FTP 24 ports (JPM10GF24)	85 €	16	1 360,00 €
Cordon de brassage PCI-6 U/FTP 2,1m	11 €	350	3 850,00 €
Armoire Elite 42U, L600xP1000	1 105 €	2	2 210,00 €
Switch Cisco Catalyst 48 ports stackable (2960S-48TS-L)	2 011 €	8	16 088,00 €
Module FlexStack CISCO Catalyst 2960S	572 €	7	4 004,00 €
Convertisseur Gigabit Mini-GBIC SFP GLC-SX-MMD=	269 €	1	269,00 €
Local technique principal			
Tiroir de brassage fibre coulissant 24 ports	129 €	1	129,00 €

Jarretière fibre 10G OM3 3m (LSZH) LC-LC	28 €	5	140,00 €
Platine de brassage CAT6a FTP 24 ports (JPM10GF24)	85 €	9	765,00 €
Cordon de brassage PCI-6 U/FTP 2,1m	11 €	160	1 760,00 €
Armoire Elite 42U, L600xP1000	1 105 €	2	2 210,00 €
Onduleur AEG PROTECT B.PRO 1000 USV	337 €	1	337,00 €
Switch Cisco Catalyst 48 ports stackable (2960S-48TS-L)	2 011 €	4	8 044,00 €
Switch Cisco Catalyst PoE 24 ports stackable (2960S-24PS-L)	1 503 €	1	1 503,00 €
Switch Cisco Catalyst 12 ports SFP (3750G-12S-S)	4 045 €	1	4 045,00 €
Module FlexStack CISCO Catalyst 2960S	572 €	5	2 860,00 €
Convertisseur Gigabit Mini-GBIC SFP GLC-SX-MMD=	269 €	5	1 345,00 €
Gigabit Ethernet 1000 Base-T Mini-GBIC RJ45 SFP	102 €	1	102,00 €
Equipements pour les élèves et professeurs (317 personnes)			
Client léger - IGEL UD2 Universal Desktop Thin Client	188 €	317	37 406,00 €
LG Moniteur LED 19" VGA - 19EN33S	89,99 €	317	28 526,83 €
Clavier et souris - Microsoft Hardware Desktop 400	11,62 €	317	3 683,54 €
Cordon CAT6 F/UTP LSZH - 2m	4,81 €	317	1 524,77 €
Equipements pour l'administration (8 personnes)			
PC Dell Vostro 270 MT	379 €	8	3 032,00 €
Ecran large Dell IN2030M de 51cm (20" - 1600x900)	107,86 €	8	862,88 €
Téléphone IP Cisco SB SPA502G 1 ligne PoE	81,5 €	8	652,00 €
xerox Phaser 5550DN A3	2 595 €	1	2 595,00 €
Total			261 895,66 €