



DAT – Document Architecture Technique

Projet SAE 61

Organisation : Université de Rouen – Site d'Elbeuf

Date :

Auteur : Cécilia BOUKAKA

Équipe Projet

- Chef de projet / Team Lead
- Scrum Master
- Scrum Master adjoint
- Responsable technique adjoint / Sauvegardes
- Responsable DevOps
- Responsable tests / Qualité
- Responsable documentation
- Responsable sécurité

Date	Auteur	Désignation
12/02/2026	BOUKAKA Cécilia	Rédaction du document
		Validation du document

PLAN

1. Contexte & Objectifs	4
1.1 Contexte	4
1.2 Objectifs	4
2. Architecture Globale	4
2.1 Vue d'ensemble	4
2.2 Architecture Physique et Fonctionnelle	6
2.3 Approche d'automatisation et vision projet	8
2.4 Évolution de l'architecture	8
3. Infrastructure Serveurs (Proxmox)	9
3.1 Cluster Proxmox	9
3.2 Configuration matérielle des nœuds	10
3.3 Réseau Proxmox	10
3.4 Stockage Proxmox	11
3.5 Haute Disponibilité (HA)	11
3.6 Choix de l'hyperviseur – Justification technique	11
4. Stockage – SAN	12
4.1 Architecture SAN	12
4.2 Mode d'administration du SAN	12
4.3 Principe	13
4.4 RAID	13
4.5 Intégration avec Proxmox	13
4.6 Rôle du PBS (Proxmox Backup Server)	13
5. Réseau	14
5.1 Plan d'adressage	14
5.2 Segmentation	14
5.3 Routage inter-VLAN	14
6. Sécurité & Sauvegardes	15
7. Supervision & Exploitation	17
7.1 Supervision	17
Outils et mécanismes utilisés :	17
7.2 Gestion des alertes	17
Cas déclencheurs :	17
7.3 Exploitation	18
Automatisation	Erreur ! Signet non défini.
8. Annexes	18
8.1 Inventaire matériel détaillé	18
8.1.1 Serveurs de virtualisation	18
8.1.2 Baie de stockage SAN	19

8.1.3 Équipements réseau	19
8.2 Schémas	Erreur ! Signet non défini.
8.3 Glossaire	20

1. Contexte & Objectifs

1.1 Contexte

Le projet SAE 61 vise à construire une architecture moderne bâtie sur :

- un cluster Proxmox à trois nœuds,
- une baie SAN
- une sauvegarde Proxmox backup server

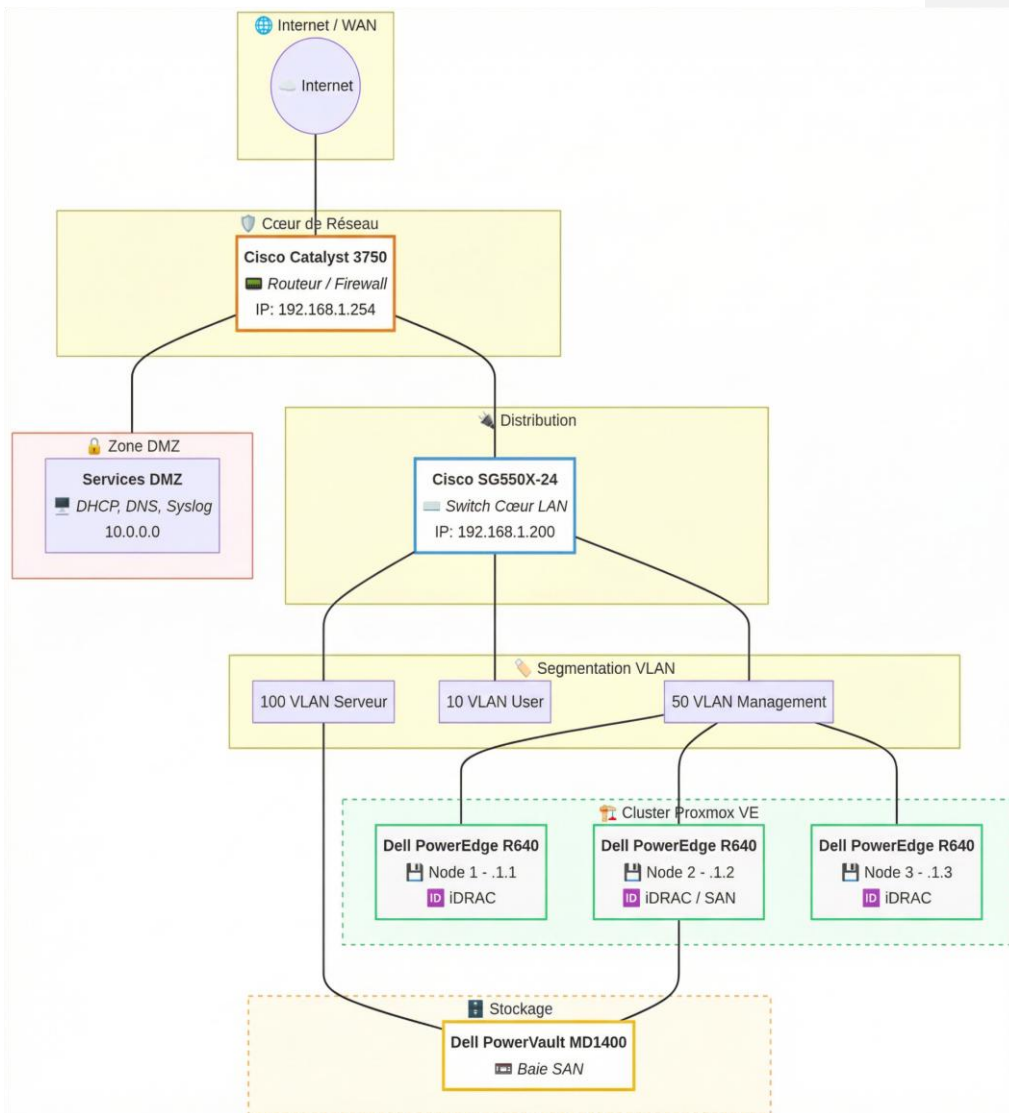
L'architecture est conçue selon des standards professionnels.

1.2 Objectifs

Le cluster héberge des VM et conteneurs, avec une segmentation par VLANs intégrant sécurité, sauvegarde et supervision. Le DAT décrit l'architecture cible et sert de référence pour l'installation (DIN) et l'exploitation (DEX).

2. Architecture Globale

2.1 Vue d'ensemble



L'architecture repose sur :

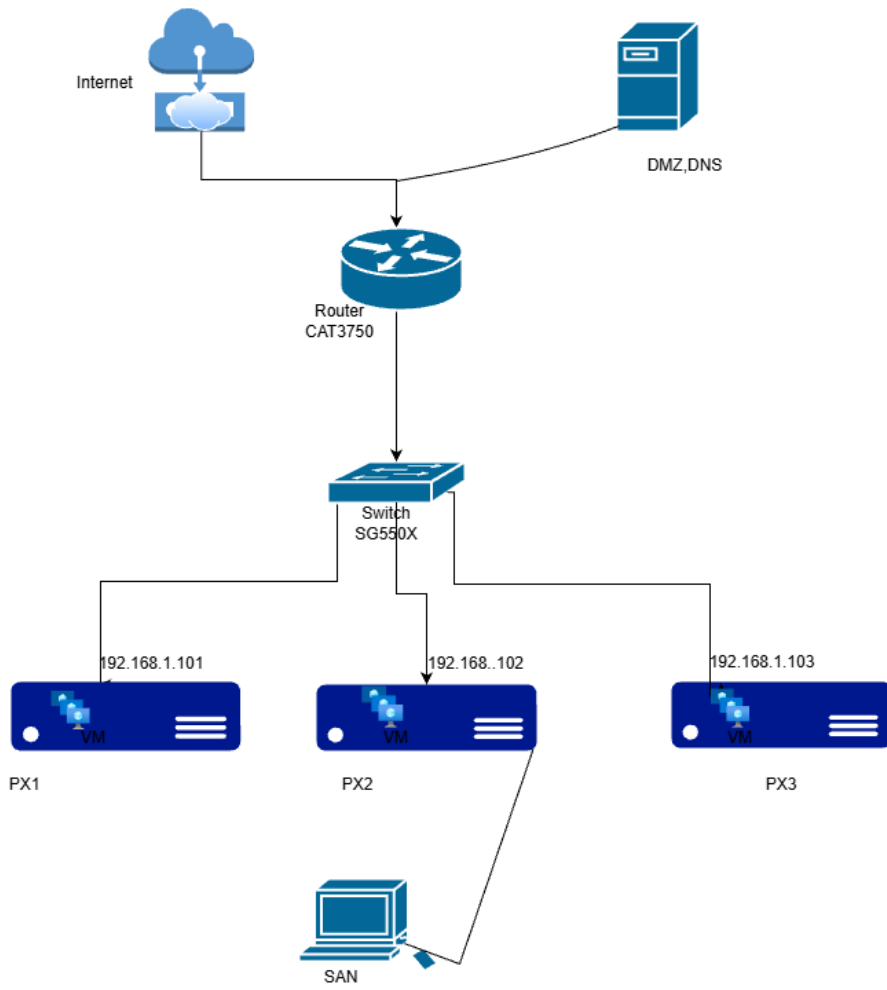
- 3 serveurs Dell PowerEdge R640 (cluster Proxmox)

- 1 baie SAN Dell PowerVault MD1400
- 1 switch cœur Cisco SG550X-24
- 1 routeur Cisco Catalyst 3750
- Une segmentation réseau par VLAN

L'infrastructure sépare :

- Le réseau Management
- Le réseau Services
- Le réseau Stockage
- La DMZ

2.2 Architecture Physique et Fonctionnelle



L'infrastructure repose sur quatre composants principaux assurant chacun un rôle spécifique dans l'architecture globale.

Composants principaux:

Équipement	Rôle physique	Rôle fonctionnel
Dell PowerEdge R640	Hyperviseurs Proxmox	Hébergement des VM
Dell PowerVault MD1400	Baie SAN	Stockage centralisé
Cisco SG550X-24	Switch cœur réseau	Segmentation réseau (VLAN)
Cisco Catalyst 3750	Routeur	Routage inter-VLAN et contrôle des flux

2.3 Approche d'automatisation et vision projet

- Automatisation des déploiements via Terraform et scripts Python
- Gestion versionnée de l'infrastructure
- Reproductibilité des environnements
- Standardisation des déploiements
- Réduction des erreurs humaines
- Préparation aux environnements hybrides (on-prem / cloud)

2.4 Évolution de l'architecture

L'architecture actuelle est une base stable et évolutive du projet SAE 61. La DMZ et l'exposition Internet seront ajoutées ultérieurement, avec de possibles évolutions : pare-feu, redondance réseau, extension du cluster, réplication des sauvegardes et ouverture vers le cloud, sans modification majeure de la structure.

3. Infrastructure Serveurs (Proxmox)

3.1 Cluster Proxmox

Le cluster est composé de 3 nœuds physiques :

- proxmox1
- proxmox2
- proxmox3

Le cluster Proxmox est intégré au VLAN 10 (Clients) - réseau 172.16.36.0/24.

Adressage des hyperviseurs

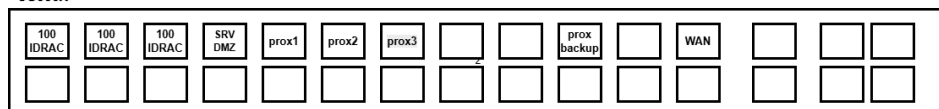
Serveur	IP Proxmox	VLAN	Rôle
proxmox1	172.16.36.201	VLAN 10	Nœud cluster
proxmox2	172.16.36.200	VLAN 10	Nœud cluster
proxmox3	172.16.36.202	VLAN 10	Nœud cluster
prox-backup	172.16.36.210	VLAN 10	PBS

Les interfaces iDRAC sont isolées sur le réseau management.

Serveur	IP iDRAC	VLAN
iDRAC1	192.168.1.1	VLAN 100
iDRAC2	192.168.1.2	VLAN 100
iDRAC3	192.168.1.3	VLAN 100

Schéma de la matrice des ports

SG550X



Commenté [1]: Il manque le plan d'adressage, les IPs des serveurs et des interfaces iDRAC

3.2 Configuration matérielle des nœuds

- 2 × Intel Xeon Gold 5218R
- 192 Go RAM par serveur
- BOSS M.2 pour l'OS
- SSD internes
- Interfaces 1Gb / 10Gb
- iDRAC9

Chaque nœud participe à l'hébergement des VM.

3.3 Réseau Proxmox

- Bridge principal (vbr0) → VLAN services
- VLAN management dédié
- VLAN stockage isolé
- Possibilité de bonding pour redondance

Les flux sont séparés pour :

- Management
- Stockage
- Services

L'infrastructure est segmentée selon les VLAN suivants :

VLAN	Usage	Plage IP
VLAN 10	Clients / VM	172.16.36.0/24
VLAN 100	Management (Admin / iDRAC)	192.168.1.0/24
VLAN 60	DMZ	à définir

Commenté [2]: Il manque les numéros de Vlan

VLAN 50	Réseau extérieur	NAT / accès WAN
---------	------------------	-----------------

3.4 Stockage Proxmox

- OS → stockage local
- VM → stockage SAN
- Gestion du stockage logique des volumes via LVM, avec allocation dynamique grâce à LVM-thin

3.5 Haute Disponibilité (HA)

La HA repose sur Corosync, assurant la communication entre nœuds, la gestion du quorum, la détection de panne et le redémarrage automatique des VM, avec au moins 2 nœuds actifs sur 3 pour garantir la continuité de service.

3.6 Choix de l'hyperviseur – Justification technique

Plusieurs solutions ont été étudiées :

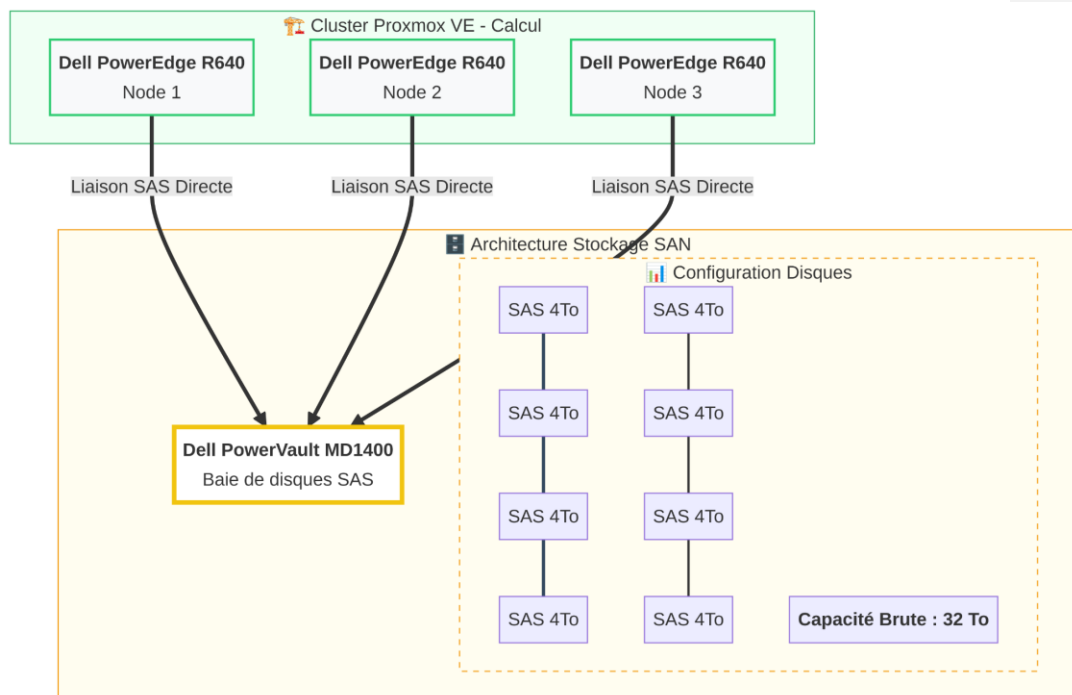
Solution	Avantages	Inconvénients
Proxmox VE	Open source, cluster natif, simple à administrer	Moins répandu en grandes entreprises
VMware ESXi	Standard entreprise	Licence coûteuse
Hyper-V (Microsoft)	Intégré l'écosystème Windows	Moins flexible en environnement mixte

Le choix s'est porté sur Proxmox pour :

- Virtualisation native KVM/LXC (optimisation des ressources)
- Gestion de cluster intégrée (HA, live migration)
- Intégration native avec stockage SAN (LUN partagées)
- Solution open source basée sur Debian (flexible et sans licence)

4. Stockage – SAN

4.1 Architecture SAN



Baie : Dell PowerVault MD1400

- 8 disques SAS 4 To
- Capacité brute : 32 To
- Connectivité SAS

4.2 Mode d'administration du SAN

La baie MD1400 est un stockage DAS en SAS, administré via le contrôleur RAID des serveurs (BIOS ou outils Dell).

Dans Proxmox, elle est utilisée sous forme de LUN matérielles, distinguant la gestion matérielle du stockage et la gestion logique des volumes pour les VM.

4.3 Principe

Le SAN permet :

- Mutualisation des disques
- Centralisation des données
- Indépendance calcul / stockage

4.4 RAID

RAID configuré pour :

- Tolérance aux pannes par redondance des disques
- Intégrité et sécurisation des données
- Compromis entre performance et capacité de stockage
- Gestion matérielle du RAID sur les disques de la baie MD1400

(Détails du niveau de RAID et de la configuration dans le DIN)

4.5 Intégration avec Proxmox et partage NFS

- Présentation des volumes de stockage aux hyperviseurs Proxmox
- Création des LUN : volumes logiques fournis par le stockage et vus comme des disques par Proxmox
- Utilisation des LUN pour héberger les disques des machines virtuelles

4.6 Rôle du PBS (Proxmox Backup Server)

Le PBS est la solution de sauvegarde dédiée, permettant la sauvegarde régulière des VM, l'optimisation du stockage par déduplication, la réduction du trafic réseau et la restauration rapide en cas d'incident.

Les sauvegardes sont stockées indépendamment du SAN principal, ce qui limite le risque de perte simultanée des données de production et des copies de sécurité.

Dans l'architecture :

Cluster Proxmox -> SAN (production)
Cluster Proxmox -> PBS (sauvegarde)

Le PBS apporte ainsi une couche de protection supplémentaire et renforce la fiabilité globale de l'infrastructure.

5. Réseau

5.1 Plan d'adressage

VLAN	Usage	Plage IP	Description
VLAN 10	Réseau Clients / VM	172.16.36.0/24	Hébergement des hyperviseurs et VM
VLAN 100	Management	192.168.1.0/24	Administration Proxmox et accès iDRAC
VLAN 60	DMZ	à définir	Services exposés ou isolés
VLAN 50	Extérieur	NAT / WAN	Accès au réseau externe

5.2 Segmentation

Chaque VLAN isole un type de flux :

- Gestion
- Stockage
- VM internes
- Services exposés

5.3 Routage inter-VLAN

Assuré par le Cisco Catalyst 3750 :

- Contrôle des flux
- Application de règles
- Passerelle par défaut

6. Sécurité & Sauvegardes

1. Mise en place des mesures de sécurité sur le cluster Proxmox VE

Dans le cadre du déploiement de l'environnement cloud basé sur un cluster Proxmox VE, plusieurs mesures de sécurité ont été mises en œuvre afin de sécuriser l'accès à l'infrastructure et d'assurer une gestion maîtrisée des comptes administratifs.

L'authentification est configurée via le Realm PAM, correspondant aux comptes locaux du système Linux. Ce mode d'authentification permet d'utiliser des comptes système existants pour accéder à l'interface d'administration Proxmox, tout en centralisant la gestion des accès au sein du cluster.

1. Gestion des utilisateurs et des rôles

La première étape a consisté à vérifier et contrôler les comptes utilisateurs présents dans l'interface Datacenter → Permissions → Users.

Les actions réalisées sont les suivantes :

- Vérification des comptes existants ;
- Suppression des comptes inutiles ou non nécessaires ;
- Création d'un compte administrateur dédié ;
- Attribution du rôle Administrator au niveau du Datacenter.

L'attribution du rôle Administrator permet une gestion complète du cluster (nœuds, stockage, sauvegardes, machines virtuelles). Cette centralisation des droits simplifie l'administration tout en garantissant un contrôle clair des comptes autorisés.

Les permissions spécifiques aux machines virtuelles n'ont pas été restreintes individuellement à ce stade. Les droits sont appliqués de manière globale au niveau du cluster, ce qui permet une gestion simplifiée et cohérente des accès.

2. Sécurisation des accès administratifs et traçabilité

L'accès à l'interface de gestion Proxmox s'effectue exclusivement via une connexion sécurisée en HTTPS (port 8006). Les communications sont chiffrées via TLS, assurant la confidentialité des échanges entre le poste d'administration et le serveur.

Le service SSH a également été vérifié afin de garantir son bon fonctionnement pour l'administration en ligne de commande. Une attention particulière a été portée à la surveillance des connexions via les journaux système, permettant :

- Le suivi des tentatives d'authentification ;
- L'identification des connexions réussies ;
- La détection d'éventuelles tentatives d'accès non autorisées.

La journalisation des actions est assurée par les outils intégrés de Proxmox :

- Datacenter → Logs pour les événements globaux ;
- Node → Tasks pour le suivi détaillé des opérations effectuées.

Chaque action administrative (création, modification, arrêt de machines virtuelles, gestion du stockage, configuration) est enregistrée, garantissant la traçabilité des opérations.

Ainsi, les mesures mises en place à ce stade reposent principalement sur le contrôle des comptes administratifs, l'attribution maîtrisée des rôles, la sécurisation des accès à l'interface de gestion et la mise en place d'un suivi systématique des actions réalisées sur l'infrastructure. Ces éléments constituent la base de la sécurisation du cluster Proxmox VE et assurent un cadre d'administration structuré et contrôlé.

Sauvegarde

(La configuration des sauvegardes est détaillée dans le DEX)

7. Supervision & Exploitation

7.1 Supervision

Outils et mécanismes utilisés :

- **Interface native Proxmox VE** (monitoring intégré)
- **SNMP** pour la supervision réseau et matérielle
- **Syslog** pour la centralisation des journaux système
- Surveillance des services critiques (VM, PBS, SAN)

Commenté [3]: Est-ce l'outil adapté ?
Le comparer à Syslog-ng

Comparaison entre Syslog (natif Linux) et Syslog-ng:

Outil	Avantages	Inconvénients
Syslog (natif Linux)	Intégré, simple, léger	Fonctionnalités limitées
Syslog-ng	Filtrage avancé, gestion centralisée multi-équipements, meilleure scalabilité	Configuration plus complexe

Surveillance :

- CPU
- RAM
- Disques
- Réseau

7.2 Gestion des alertes

Un mécanisme d'alerte est mis en place afin de signaler tout dysfonctionnement ou dégradation de service.

Cas déclencheurs :

- Perte d'un nœud du cluster

- Échec d'une sauvegarde PBS
- Saturation disque
- Consommation CPU ou RAM anormale
- Perte de connectivité réseau

Ces alertes permettent une intervention rapide et limitent les impacts

7.3 Exploitation

sous forme de puces:L'exploitation inclut la gestion des VM, l'ajustement des ressources, le suivi du cluster, les sauvegardes via PBS et l'application des mises à jour de sécurité afin d'assurer disponibilité, stabilité et sécurité.

Elle intègre aussi une automatisation par scripts Python et Terraform pour standardiser les environnements, accélérer les déploiements et réduire les manipulations manuelles (détails dans DIN/DEX).

8. Annexes

8.1 Inventaire matériel détaillé

L'inventaire ci-dessous recense l'ensemble des équipements physiques constituant l'infrastructure du projet SAE 61.

Il permet d'avoir une vision précise des ressources disponibles et facilite l'exploitation, la maintenance et l'évolution de la plateforme.

8.1.1 Serveurs de virtualisation

Hyperviseurs – Cluster Proxmox

Élément	Caractéristiques
Modèle	Dell PowerEdge R640
Nombre	3
Format	Rack 1U
Processeurs	2 × Intel Xeon Gold 5218R (20 cœurs – 2.1 GHz)
Mémoire RAM	192 Go DDR4 par serveur
Stockage système	Carte BOSS SATA – 2 × 480 Go SSD M.2
Stockage interne	4 × SSD SATA 1.92 To

Contrôleur RAID	PERC H730p avec batterie
Interfaces réseau	2 × 10 Gb + 2 × 1 Gb
Interface d'administration	iDRAC9 Enterprise
Alimentation	Double alimentation redondée 750 W
Rôle	Hébergement des VM (cluster Proxmox)

8.1.2 Baie de stockage SAN

Stockage centralisé

Élément	Caractéristiques
Modèle	Dell PowerVault MD1400
Type	Baie SAN
Format	Rack 2U
Nombre de disques	8
Type de disques	SAS 3.5"
Capacité par disque	4 To
Capacité brute totale	32 To
Connectivité	SAS
Fonction	Stockage des disques des VM
RAID	Configuré pour tolérance aux pannes (détails DIN)

8.1.3 Équipements réseau

Switch cœur

Élément	Caractéristiques
Modèle	Cisco SG550X-24
Type	Switch L3
Ports	24 ports Gigabit
Fonction	Segmentation VLAN
Rôle	Commutation principale
Utilisation	VLAN Management / Services / Stockage / DMZ

Routeur / Commutateur L3

Élément	Caractéristiques
Modèle	Cisco Catalyst 3750
Type	Switch L3 / Routage
Fonction	Routage inter-VLAN
Rôle	Passerelle par défaut

8.2 Glossaire

Cette section définit les principaux termes techniques utilisés dans ce document afin de faciliter la compréhension de l'architecture et des choix techniques présentés.

- **DAT** : Document décrivant l'architecture cible et les choix techniques.
- **DIN** : Document détaillant l'installation et la configuration technique.
- **DEX** : Document des procédures d'exploitation et de maintenance.
- **Hyperviseur** : Logiciel permettant d'exécuter plusieurs VM sur un serveur.
- **Proxmox VE** : Plateforme open source de virtualisation et gestion de cluster.
- **Machine Virtuelle (VM)** : Système virtualisé avec ressources matérielles logiques.
- **Cluster** : Ensemble de serveurs coordonnés pour mutualiser les ressources.
- **HA** : Mécanismes assurant la continuité de service en cas de panne.
- **SAN** : Infrastructure de stockage partagé accessible par plusieurs serveurs.
- **Stockage centralisé** : disques VM hébergés sur une baie commune.
- **RAID** : Regroupement de disques pour redondance et/ou performance.
- **LAN** : Réseau local interne d'une infrastructure.
- **VLAN** : Segmentation logique d'un réseau pour isoler les flux.

- **Routage inter-VLAN** : Communication contrôlée entre différents VLAN.
- **DMZ** : Zone réseau isolée pour services exposés.
- **Adresse IP** : Identifiant réseau d'un équipement.
- **Switch** : Équipement L2 assurant la commutation et la segmentation VLAN.
- **Routeur** : Équipement L3 acheminant les paquets entre réseaux/VLAN.
- **Flux réseau** : Échanges de données entre composants de l'infrastructure.
- **Bastion** : Point d'accès sécurisé pour l'administration des systèmes.
- **Supervision** : Surveillance de l'état et des performances des équipements.
- **Évolutivité** : Capacité à ajouter ressources ou services sans refonte majeure.
- **LUN** : Volume logique de stockage présenté par un SAN.
- **iSCSI** : Protocole SCSI transporté sur réseau IP pour stockage distant.
- **SAS** : Technologie de connexion haut débit entre serveurs et baie de stockage.
- **Proxmox Backup Server (PBS)** : Solution de sauvegarde dédiée aux VM Proxmox.
- **Snapshot** : Capture instantanée de l'état d'une VM.
- **Bridge réseau (vbr)** : Interface virtuelle reliant VM et réseaux physiques/VLAN.
- **Bonding** : Agrégation de plusieurs interfaces réseau pour performance/redondance.
- **ACL** : Règles de filtrage des flux réseau entre segments/VLAN.
- **laC** : Gestion et déploiement d'infrastructures par du code.
- **Terraform** : Outil IaC pour déployer des infrastructures via configuration déclarative.
- **CAPEX** : Coûts d'investissement matériel initial.
- **OPEX** : Coûts d'exploitation liés à l'usage et au fonctionnement.
- **Cluster Corosync** : Service assurant communication et cohérence des nœuds Proxmox.

- **Tolérance aux pannes** : Capacité à continuer de fonctionner malgré une défaillance.
- **Segmentation réseau** : Division logique du réseau pour la sécurité et la gestion des flux.
- **Plan d'adressage IP** : Organisation structurée des adresses IP de l'infrastructure.