

Mise en place d'une stratégie de haute disponibilité et de sauvegarde pour les services critiques d'une infrastructure sécurisée :



BTS Services Informatiques aux Organisations
Option SISR – Solutions d'Infrastructure, Systèmes et Réseaux

Épreuve E6 – Administration des systèmes et des réseaux

Épreuve E5 – Support et mise à disposition de service Informatique

Candidat : Clovis Langlois
Formation : BTS SIO – Option SISR
Année scolaire : 2025 – 2026

1. Contexte du projet	3
2. Présentation du cas fictif : Langéo Education.....	4
3. Objectifs du projet	5
4. Architecture de l'infrastructure	6
4.1 Schéma de l'architecture	7
4.2 Description de l'architecture	8
5. Mise en place de la haute disponibilité	9
5.1 Principe de la haute disponibilité	9
5.2 Mise en place du cluster Proxmox.....	10
5.3 Déploiement de la machine virtuelle critique.....	11
5.4 Configuration du mécanisme de haute disponibilité.....	12
5.5 Test du mécanisme de basculement	13
6. Mise en place de la stratégie de sauvegarde.....	14
6.1 Principe et objectifs de la sauvegarde	14
6.2 Configuration des sauvegardes sur Proxmox.....	15
7. Conclusion.....	17
8. Glossaire.....	18

1. Contexte du projet

Ce projet s'inscrit dans le cadre des épreuves **E5 – Support et mise à disposition de service informatique** et **E6 – Administration des systèmes et des réseaux** du **BTS Services Informatiques aux Organisations (SIO), option SISR**.

L'objectif de ce travail est de **concevoir, déployer et administrer des solutions permettant d'assurer la continuité et la protection des services informatiques** au sein d'une infrastructure virtualisée.

Dans un environnement professionnel, la disponibilité des services informatiques constitue un enjeu majeur.

Une interruption de service peut entraîner une perte d'accès aux applications, aux données ou aux ressources réseau.

Afin de répondre à ces enjeux, les organisations mettent en place plusieurs mécanismes techniques permettant de :

- garantir la **continuité des services informatiques**,
- limiter l'impact des pannes matérielles ou logicielles,
- protéger les données de l'entreprise grâce à des **stratégies de sauvegarde**.

Ce projet vise donc à **mettre en place et à simuler des mécanismes de haute disponibilité et de sauvegarde** au sein d'une infrastructure virtualisée basée sur **Proxmox VE**.

Cette démarche permet de mobiliser plusieurs compétences liées :

- à l'administration des systèmes,
- à la gestion d'une infrastructure virtualisée,
- à la continuité de service,
- à la sauvegarde et à la protection des données.

2. Présentation du cas fictif : Langéo Education

Ce projet s'inscrit dans la **continuité du premier projet d'infrastructure réalisé dans le cadre de l'environnement pédagogique fictif Langéo Education.**

Langéo Education représente une **filiale appartenant à une holding familiale fictive spécialisée dans le domaine de l'éducation et de l'accompagnement pédagogique.**

La holding regroupe plusieurs entités disposant chacune de leur propre infrastructure informatique. Chaque filiale possède ses propres services et applications, tout en restant interconnectée avec l'infrastructure globale de la holding.

Dans ce contexte, Langéo Education doit disposer d'une **infrastructure informatique fiable, sécurisée et capable de garantir la disponibilité de ses services.**

Dans le projet précédent, une infrastructure virtualisée complète a été mise en place afin de simuler le système d'information de cette filiale.

Cette infrastructure comprend notamment plusieurs serveurs virtuels hébergeant différents services :

- annuaire centralisé,
- supervision,
- gestion de parc informatique,
- services applicatifs,
- authentification centralisée,
- environnement de virtualisation.

Dans une infrastructure réelle, certains services sont considérés comme **critiques**, car leur indisponibilité peut empêcher l'accès aux applications ou aux ressources internes.

Afin de garantir la continuité de ces services, les organisations mettent en œuvre différentes solutions techniques telles que :

- la **haute disponibilité (High Availability - HA)**,
- la **réplication ou migration des machines virtuelles**,
- la **mise en place de sauvegardes régulières.**

Dans ce projet, une **machine virtuelle Debian est utilisée pour simuler le rôle d'un service critique (ex : load balancer de la filiale).**

L'objectif est d'étudier comment assurer la continuité de ce service en cas de défaillance d'un serveur physique.

3. Objectifs du projet

L'objectif principal de ce projet est de **mettre en place une stratégie de haute disponibilité et de sauvegarde afin d'assurer la continuité des services critiques d'une infrastructure virtualisée.**

Dans ce cadre, plusieurs mécanismes sont étudiés et mis en œuvre afin de simuler le fonctionnement d'une infrastructure professionnelle.

Les objectifs techniques du projet sont les suivants :

- mettre en place un **cluster Proxmox composé de plusieurs hyperviseurs,**
- configurer un mécanisme de **haute disponibilité (HA)** permettant de redémarrer automatiquement une machine virtuelle sur un autre hyperviseur en cas de panne,
- simuler la présence d'un **service critique représenté par une machine virtuelle Debian,**
- vérifier la capacité du système à **maintenir la disponibilité du service en cas d'incident,**
- mettre en place une **solution de sauvegarde des machines virtuelles,**
- planifier des **sauvegardes automatiques quotidiennes,**
- garantir la **protection des données et la restauration des services en cas de problème.**

Ce projet permet ainsi de **simuler des mécanismes utilisés dans les infrastructures professionnelles pour assurer la continuité et la sécurité des services informatiques.**

4. Architecture de l'infrastructure

L'infrastructure utilisée dans ce projet repose sur un **environnement virtualisé basé sur Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE)**.

Proxmox VE est une solution de virtualisation open source permettant d'héberger plusieurs machines virtuelles sur un même serveur physique et d'administrer l'ensemble de l'infrastructure depuis une interface centralisée.

Dans ce projet, l'infrastructure repose sur **un cluster Proxmox composé de deux hyperviseurs**.

Un cluster permet de regrouper plusieurs serveurs physiques afin de :

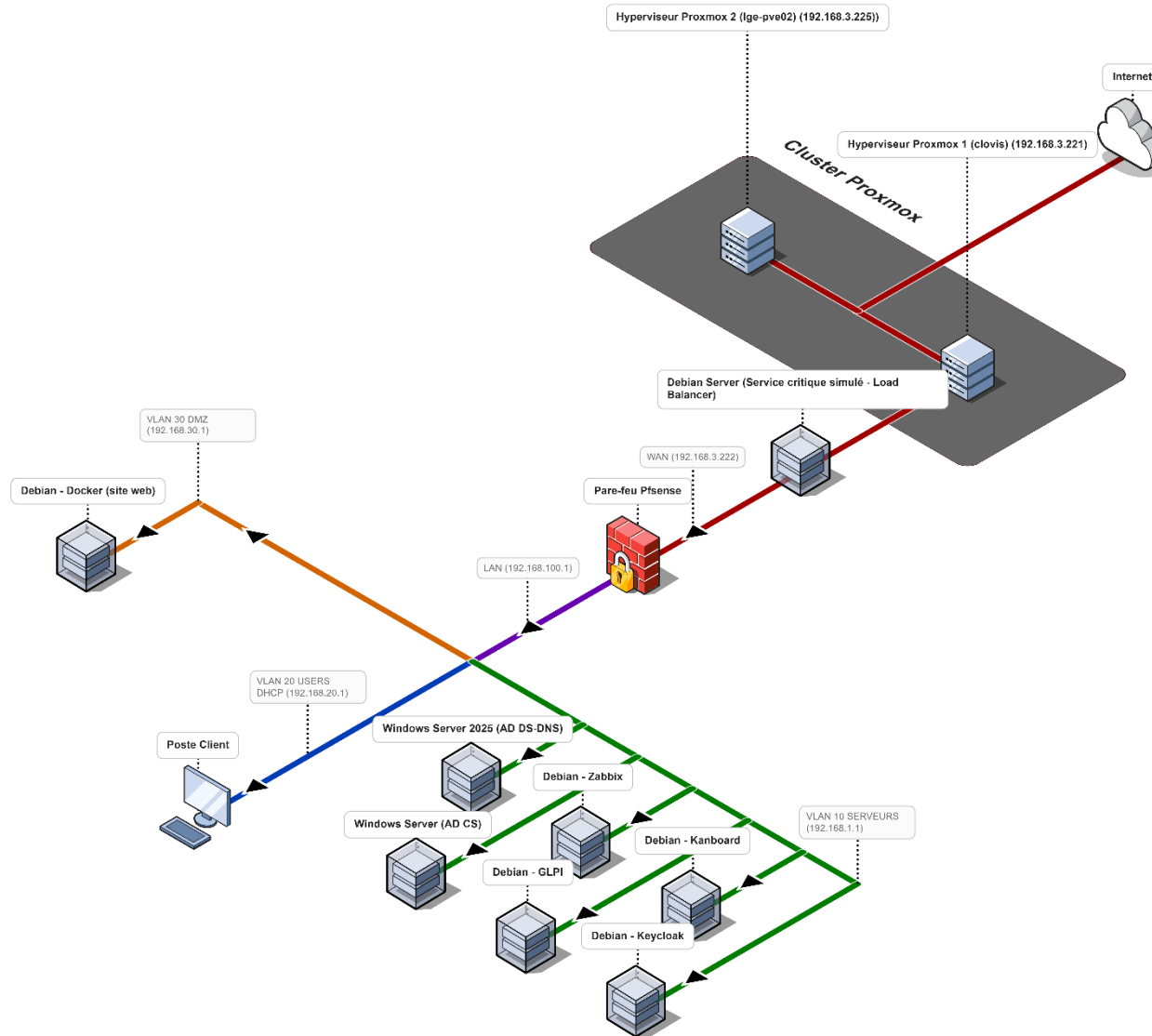
- centraliser l'administration des machines virtuelles
- faciliter la gestion de l'infrastructure
- mettre en place des mécanismes de **haute disponibilité (HA)**

Les deux hyperviseurs utilisés dans ce projet sont :

- **clovis**
- **lge-pve02**

Ces deux serveurs sont intégrés au même cluster Proxmox et permettent d'héberger plusieurs machines virtuelles utilisées dans le cadre de l'infrastructure pédagogique.

4.1 Schéma de l'architecture



4.2 Description de l'architecture

L'architecture mise en place dans ce projet repose sur une infrastructure virtualisée segmentée permettant d'héberger plusieurs services informatiques tout en garantissant la sécurité et l'isolation des différents flux réseau.

L'ensemble de l'infrastructure est organisé autour d'un pare-feu **pfSense** permettant de filtrer les flux entrants et sortants et d'assurer la séparation des différents réseaux.

Plusieurs **VLAN** sont utilisés afin de segmenter les différents types de services :

- **VLAN 10 – Serveurs** : hébergement des services applicatifs et systèmes.
- **VLAN 20 – Utilisateurs** : postes clients de l'infrastructure.
- **VLAN 30 – DMZ** : services exposés vers l'extérieur.

Les principaux services hébergés dans l'infrastructure sont :

- un **contrôleur de domaine Active Directory** permettant la gestion centralisée des utilisateurs,
- un serveur **GLPI** pour la gestion de parc informatique,
- un serveur **Zabbix** pour la supervision des services,
- un serveur **Kanboard** pour la gestion de projet,
- un serveur **Keycloak** pour l'authentification centralisée,
- un serveur **Docker** exposé dans la DMZ pour l'hébergement d'un site web.

L'ensemble de ces services est hébergé sous forme de **machines virtuelles** au sein d'un environnement de virtualisation basé sur **Proxmox VE**.

5. Mise en place de la haute disponibilité

5.1 Principe de la haute disponibilité

Dans une infrastructure informatique, certains services sont considérés comme **critiques**, car leur indisponibilité peut entraîner une interruption de l'activité de l'organisation.

Afin de garantir la continuité de service, les entreprises mettent en place des mécanismes de **haute disponibilité (High Availability – HA)**.

La haute disponibilité consiste à assurer le fonctionnement continu d'un service, même en cas de défaillance d'un composant de l'infrastructure, comme un serveur physique.

Dans ce projet, la haute disponibilité est simulée à l'aide d'un **cluster Proxmox composé de deux hyperviseurs**.

L'objectif est de permettre le **redémarrage automatique d'une machine virtuelle sur un second hyperviseur** si le serveur hébergeant celle-ci devient indisponible.

Le service critique utilisé dans cette simulation est représenté par **une machine virtuelle Debian**, jouant le rôle d'un **load balancer de la filiale Langéo Education**.

Bien que ce serveur ne fasse pas réellement tourner un logiciel de load balancing (comme HAProxy ou Nginx), il permet de **simuler la présence d'un service critique dans l'infrastructure**.

5.2 Mise en place du cluster Proxmox

Afin de permettre la mise en place de mécanismes de haute disponibilité, les deux hyperviseurs Proxmox utilisés dans l'infrastructure ont été intégrés dans un **cluster Proxmox**.

Un cluster Proxmox permet de regrouper plusieurs serveurs physiques au sein d'une même infrastructure virtualisée afin de gérer les machines virtuelles de manière centralisée.

Cette architecture est fréquemment utilisée dans les infrastructures professionnelles afin d'améliorer la **disponibilité des services**, la **gestion de l'infrastructure** et la **continuité d'activité**.

Dans ce projet, le cluster Proxmox est composé de deux hyperviseurs :

- **clovis**
- **lge-pve02**

Ces deux serveurs physiques sont interconnectés et partagent les informations nécessaires au fonctionnement du cluster.

La mise en cluster permet notamment :

- la **gestion centralisée des machines virtuelles**,
- la **migration des machines virtuelles entre les nœuds**,
- l'activation du service de **haute disponibilité (HA)**,
- la supervision de l'état des nœuds du cluster.

Grâce à cette configuration, si l'un des hyperviseurs devient indisponible, les machines virtuelles configurées en haute disponibilité peuvent être **redémarrées automatiquement sur un autre nœud du cluster**, garantissant ainsi la continuité du service.

Nœuds							
Nom	ID	En ligne	Support	Adresse du serveur	Utilisation processeur	Utilisation mémoire	Durée de fonctionnement
clovis	1	✓	-	192.168.3.221	2%	32%	07:56:28
lge-pve02	2	✓	-	192.168.3.225	1%	12%	1 jour 04:05:16

5.3 Déploiement de la machine virtuelle critique

Dans le cadre de la mise en place du mécanisme de haute disponibilité, une machine virtuelle a été déployée sur l'infrastructure Proxmox afin de représenter le service critique à protéger.

Cette machine virtuelle est basée sur le système d'exploitation **Debian 12** et a été créée directement depuis l'interface d'administration de Proxmox.

Lors de sa création, plusieurs paramètres ont été définis afin d'assurer son bon fonctionnement dans l'infrastructure virtualisée :

- **Système d'exploitation** : Debian 12
- **Processeur** : 2 vCPU
- **Mémoire** : 2 Go de RAM
- **Stockage** : disque virtuel hébergé sur le stockage *local-lvm*
- **Interface réseau** : connectée au bridge réseau de l'infrastructure

La machine virtuelle est hébergée initialement sur le nœud **clovis**, mais reste visible et administrable depuis l'ensemble du cluster Proxmox.

Cette configuration permet notamment :

- la gestion centralisée de la machine virtuelle,
- sa migration entre les nœuds du cluster,
- son intégration au mécanisme de **haute disponibilité (HA)**.

Une fois la machine virtuelle déployée et fonctionnelle, celle-ci peut être utilisée pour tester les mécanismes de reprise automatique en cas de défaillance d'un hyperviseur.

The screenshot displays the configuration and status of a virtual machine named 'Debian-Server' which has been running for 07:47:30. The interface is dark-themed and lists several key metrics:

Metric	Value
Statut	running
État de la haute disponibilité	aucun
Nœud	clovis
Utilisation processeur	0.75 % de 2 Processeur(s)
Utilisation mémoire	52.77% (1.06 Gio sur 2.00 Gio)
Utilisation mémoire de l'hôte	1.33 Gio
Taille du disque d'amorçage	16.00 Gio
IPs	Agent invité non configuré

5.4 Configuration du mécanisme de haute disponibilité

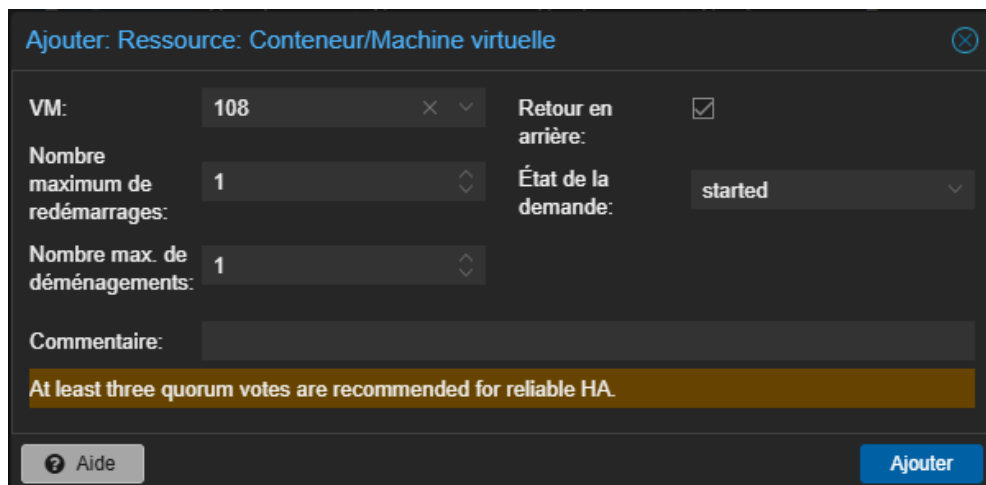
Une fois la machine virtuelle critique déployée dans le cluster Proxmox, celle-ci a été intégrée au **mécanisme de haute disponibilité (High Availability - HA)** proposé par la plateforme.

Dans ce cas, si le serveur physique hébergeant la machine virtuelle devient indisponible, le cluster Proxmox est capable de **redémarrer automatiquement cette machine virtuelle sur un autre nœud du cluster**.

La configuration de la haute disponibilité est réalisée directement depuis l'interface d'administration de Proxmox.

Une fois la machine virtuelle ajoutée au système HA, Proxmox surveille en permanence l'état des hyperviseurs du cluster.

En cas de panne d'un nœud, la machine virtuelle est automatiquement redémarrée sur un autre serveur disponible.



Ajouter: Ressource: Conteneur/Machine virtuelle

VM: 108 Retour en arrière:

Nombre maximum de redémarrages: 1 État de la demande: started

Nombre max. de déménagements: 1

Commentaire:

At least three quorum votes are recommended for reliable HA.

Aide Ajouter

Statut							
Type	Statut						
quorum	OK						
master	clovis (active, Mon Mar 9 21:40:56 2026)						
lrm	clovis (active, Mon Mar 9 21:41:02 2026)						
lrm	lge-pve02 (detected time drift!, Mon Mar 9 22:41:46 2026)						
Ressources							
Ajouter Éditer Supprimer							
ID	État ↑	Nœud	Nom	Nombre maximum de redémarrages	Nombre max. de déménagements	Retour en arrière	Description
vm:108	started	clovis	Debia...	1	1	true	

5.5 Test du mécanisme de basculement

Afin de vérifier le bon fonctionnement du mécanisme de haute disponibilité configuré précédemment, un **test de basculement** a été réalisé.

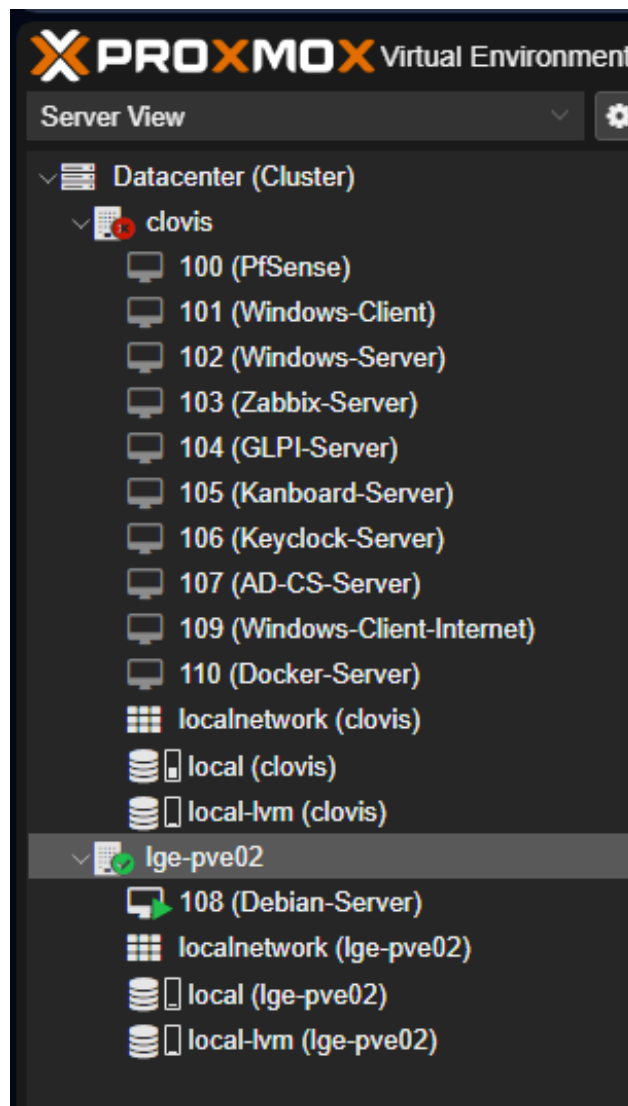
L'objectif de ce test est de simuler la défaillance d'un hyperviseur afin d'observer le comportement du cluster Proxmox et de vérifier la reprise automatique du service critique.

Dans cette simulation, la machine virtuelle **Debian-Server** représentant le service critique est initialement hébergée sur le nœud **clovis**.

Une simulation de panne a ensuite été effectuée sur ce nœud afin d'observer la réaction du cluster.

Lors de cette opération, le cluster Proxmox détecte l'indisponibilité du nœud et déclenche automatiquement le mécanisme de haute disponibilité.

La machine virtuelle configurée en HA est alors **redémarrée sur le second hyperviseur disponible**, garantissant ainsi la continuité du service.



6. Mise en place de la stratégie de sauvegarde

En complément du mécanisme de haute disponibilité mis en place dans l'infrastructure, une **stratégie de sauvegarde des machines virtuelles** a été configurée.

La sauvegarde constitue un élément essentiel de la gestion d'une infrastructure informatique, car elle permet de **restaurer rapidement les services en cas de panne, d'erreur de configuration ou de perte de données**.

Dans ce projet, les sauvegardes sont réalisées directement depuis la plateforme de virtualisation **Proxmox VE**, qui intègre un système de sauvegarde des machines virtuelles.

Cette solution permet de sauvegarder l'état complet des machines virtuelles, incluant :

- le système d'exploitation,
- les configurations,
- les données présentes sur les disques virtuels.

Ces sauvegardes permettent ainsi de **restaurer rapidement une machine virtuelle en cas d'incident**, garantissant la continuité des services hébergés dans l'infrastructure.

6.1 Principe et objectifs de la sauvegarde

La mise en place d'une stratégie de sauvegarde permet de protéger les machines virtuelles contre différents types d'incidents, tels que :

- une défaillance matérielle,
- une erreur de configuration,
- une corruption de données,
- ou encore une suppression accidentelle.

Dans une infrastructure professionnelle, les sauvegardes font partie intégrante d'un **plan de reprise d'activité (PRA)**.

L'objectif est de pouvoir **restaurer rapidement un service informatique afin de limiter l'impact d'un incident sur l'activité de l'organisation**.

Dans le cadre de ce projet, la stratégie de sauvegarde vise principalement à :

- protéger les machines virtuelles hébergeant les services de l'infrastructure,
- conserver des copies de sauvegarde des systèmes,
- permettre la restauration rapide d'une machine virtuelle en cas de problème.

6.2 Configuration des sauvegardes sur Proxmox

La configuration des sauvegardes est réalisée directement depuis l'interface d'administration de **Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE)**.

Proxmox intègre un système de gestion des sauvegardes permettant de créer des **tâches de sauvegarde automatisées**, appelées *Backup Jobs*.

Ces tâches permettent de définir :

- les machines virtuelles à sauvegarder,
- le stockage de destination,
- le mode de sauvegarde,
- la méthode de compression.

Dans ce projet, une tâche de sauvegarde a été configurée afin de protéger les principales machines virtuelles de l'infrastructure.

Les paramètres principaux de la tâche configurée sont les suivants :

- **Nœud concerné** : clovis
- **Stockage de destination** : local
- **Mode de sauvegarde** : snapshot (instantané)
- **Méthode de compression** : ZSTD
- **Machines virtuelles sélectionnées** : services critiques de l'infrastructure

Le mode **snapshot** permet de réaliser une sauvegarde de la machine virtuelle sans interrompre son fonctionnement.

Cette méthode est particulièrement adaptée aux environnements de production, car elle permet d'effectuer des sauvegardes **sans impact sur la disponibilité des services**.

La compression **ZSTD** permet quant à elle de réduire la taille des fichiers de sauvegarde tout en conservant de bonnes performances lors de l'opération de sauvegarde.

Grâce à cette configuration, les machines virtuelles de l'infrastructure peuvent être sauvegardées de manière fiable et restaurées rapidement en cas d'incident.

Configuration d'une tâche de sauvegarde automatisée des machines virtuelles dans Proxmox :

Créer: Tâche de sauvegarde

Général Notifications Rétenion Modèle de note Avancé

Nœud: clovis Compression: ZSTD (bonne et rapide)
Stockage: local Mode: Instantané
Planification: 21:00 Activer:
Mode de sélection: Inclure les VM sélectionnées

Commentaire de la tâche:

<input checked="" type="checkbox"/>	ID ↑	Nœud	Statut	Nom	Type
<input checked="" type="checkbox"/>	100	clovis	running	PfSense	Machine virtuelle
<input checked="" type="checkbox"/>	101	clovis	running	Windows-Client	Machine virtuelle
<input checked="" type="checkbox"/>	102	clovis	running	Windows-Server	Machine virtuelle
<input checked="" type="checkbox"/>	103	clovis	running	Zabbix-Server	Machine virtuelle
<input checked="" type="checkbox"/>	104	clovis	running	GLPI-Server	Machine virtuelle
<input checked="" type="checkbox"/>	105	clovis	running	Kanboard-Server	Machine virtuelle
<input checked="" type="checkbox"/>	106	clovis	running	Keyclock-Server	Machine virtuelle
<input checked="" type="checkbox"/>	107	clovis	running	AD-CS-Server	Machine virtuelle
<input checked="" type="checkbox"/>	108	clovis	running	Debian-Server	Machine virtuelle
<input checked="" type="checkbox"/>	109	clovis	running	Windows-Client-Internet	Machine virtuelle
<input checked="" type="checkbox"/>	110	clovis	running	Docker-Server	Machine virtuelle

Aide Créer

Afin d'assurer une protection régulière des machines virtuelles de l'infrastructure, la tâche de sauvegarde configurée dans Proxmox a été planifiée automatiquement.

Dans ce projet, les sauvegardes sont exécutées quotidiennement à 21h00.

7. Conclusion

Ce projet avait pour objectif de mettre en place une **stratégie de haute disponibilité et de sauvegarde** au sein d'une infrastructure virtualisée basée sur **Proxmox VE**.

Dans le cadre de ce travail, une infrastructure composée de plusieurs machines virtuelles hébergeant différents services informatiques a été utilisée afin de simuler le système d'information d'une organisation.

La mise en place d'un **cluster Proxmox composé de deux hyperviseurs** a permis d'implémenter un mécanisme de **haute disponibilité (HA)** capable de redémarrer automatiquement une machine virtuelle critique sur un autre nœud en cas de défaillance d'un serveur physique.

Un test de basculement a été réalisé afin de vérifier le bon fonctionnement de ce mécanisme et de valider la continuité de service du composant critique simulé.

En complément, une **stratégie de sauvegarde automatisée des machines virtuelles** a été configurée à l'aide du système de sauvegarde intégré à Proxmox.

Cette tâche de sauvegarde permet de conserver des copies régulières des machines virtuelles et de garantir une **restauration rapide en cas d'incident**.

Ce projet a permis de mettre en pratique plusieurs compétences liées à l'administration des systèmes et des réseaux, notamment :

- la gestion d'une infrastructure virtualisée,
- la mise en place de mécanismes de haute disponibilité,
- la configuration de stratégies de sauvegarde,
- la documentation technique d'une infrastructure informatique.

Ces différentes étapes illustrent les bonnes pratiques utilisées dans les environnements professionnels afin d'assurer la **disponibilité, la résilience et la sécurité des services informatiques**.

8. Glossaire

1. Haute disponibilité (High Availability – HA)

Mécanisme permettant d'assurer la continuité d'un service informatique en cas de panne d'un composant de l'infrastructure. Dans ce projet, la haute disponibilité permet de redémarrer automatiquement une machine virtuelle sur un autre hyperviseur du cluster.

2. Cluster

Ensemble de plusieurs serveurs physiques interconnectés fonctionnant comme un seul système afin d'améliorer la disponibilité, la performance et la tolérance aux pannes.

3. Hyperviseur

Logiciel permettant de créer et de gérer des **machines virtuelles** sur un serveur physique. Dans ce projet, l'hyperviseur utilisé est **Proxmox VE**.

4. Machine virtuelle (VM)

Environnement informatique simulé fonctionnant comme un ordinateur indépendant, mais exécuté sur un serveur physique grâce à un hyperviseur.

5. Basculement (Failover)

Processus automatique permettant de redémarrer un service ou une machine virtuelle sur un autre serveur en cas de défaillance du serveur initial.

6. Sauvegarde (Backup)

Copie de sécurité des données ou des systèmes permettant de restaurer un service informatique en cas de panne, de perte de données ou d'erreur de configuration.

7. Compression ZSTD

Algorithme de compression utilisé pour réduire la taille des fichiers de sauvegarde tout en conservant de bonnes performances lors des opérations de sauvegarde.

8. Virtualisation

Technologie permettant d'exécuter plusieurs systèmes d'exploitation ou services sur un même serveur physique grâce à des machines virtuelles.