



*RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université*

Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou

*Faculté de Génie Électrique et d'Informatique
Département d'Informatique*

Mémoire de Fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en
Informatique

Option : Systèmes informatiques

**Administration d'une infrastructure de serveurs de
Base de données dans un environnement de
Clustering.**

Proposé par :

Mr M.RAMDANE

Encadré par :

Mr OUAMRANE

Réalisé par :

SAAD Lyes

MAAKNI Kamelia

Promotion 2016/2017

Remerciements

Nous remercions DIEU tout puissant de nous avoir donné la foi et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier l'ensemble de nos familles pour leur soutien tout au long de notre parcours d'études, que ce travail soit un témoignage de notre gratitude envers elles.

Nous tenons à remercier notre promoteur monsieur OUAMRANE de nous avoir accompagné dès le début de ce projet.

Nos plus vifs remerciements vont à notre enseignant monsieur RAMDANE sans qui ce travail n'aurait pas pu être réalisé. Nous tenons à lui exprimer notre gratitude pour ses valeureux conseils.

Nos plus sincères remerciements s'adressent aussi aux membres du jury qui nous ont fait l'honneur de juger notre travail.

Sans oublier de remercier toutes les personnes qui ont contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Dédicaces

*Je dédie ce travail en premier lieu à ma très chère mère,
mon père, mes frères ainsi qu'à mon binôme et à toutes
sa famille.*

A mes amis (Ali, Mohand Akli, Tahar, Kheirou, Islam.

A toutes la promotion SI 2016/2017.

LYES.

Dédicaces

*Je dédie ce travail en premier lieu à ma très chère mère,
mon père, mes frères, mes sœurs, mon binôme et à
toutes sa famille ainsi que toutes les personnes qui
m'ont soutenu de près ou de loin.*

A toutes la promotion SI 2016/2017.

KAMELIA.

Sommaire

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE	13
-----------------------------	----

Chapitre 1 : Généralités sur les réseaux

Introduction	15
1. Définition d'un réseau informatique	15
2. Classification des réseaux :	15
2.1 Selon leur taille	15
2.2 Selon leur topologie :	16
3. Architecture d'un réseau :	19
3.1 Architecture client/serveur :	19
3.2 Architecture client/serveur à 2 niveaux :	20
3.3 Architecture client/serveur à trois niveaux	20
3.4 Architecture paire-à-paire :	20
4. Modèle de référence OSI (Open System InterConnect).....	21
4.1 Présentation des différentes couches du modèle OSI.....	22
5. Le modèle TCP/IP	24
5.1 Définition.....	24
5.2 Couche du modèle TCP/IP	24
6. Les services réseaux	25
6.1 Notion de protocole	25
6.2 Protocoles de la couche application.....	26
6.2.1 Le protocole DNS (Domain Name System).....	26
6.2.2 Le protocole DHCP	27
6.2.3 Protocole http (HyperText Transfert Protocole)	28
6.2.4 Le protocole FTP (File Transfert Protocole).....	29
6.2.5 Les protocoles de messageries	30

7. Conclusion.....	33
--------------------	----

Chapitre 2 : Tolérance aux pannes dans les serveurs

Introduction	35
1. Les serveurs.....	35
1.1 Définition d'un serveur.....	35
1.2 Types de serveurs	35
1.3 Caractéristiques techniques	36
1.3.1 Matériel	37
1.3.2 Système d'exploitation.....	37
1.4 Model de serveur	38
2. Cluster de serveurs	39
2.1 Notion de cluster.....	39
2.2 Avantage des clusters	39
2.3 Nœud de cluster	41
2.4 Ressource de cluster	41
2.5 Groupe de ressources.....	41
2.6 Type de cluster.....	42
2.6.1 Clusters haute performance	42
2.6.2 Clusters d'équilibrage de charge.....	43
2.6.3 Clusters haute disponibilité	44
3. Technique de tolérance aux pannes dans les clusters.....	44
3.1 Notion de panne.....	44
3.2 Notion de tolérance aux pannes :.....	45
3.3 L'équilibrage de charge :.....	45
3.3.1 Définitions :.....	45
3.3.2 Base de cluster d'équilibre de charge :.....	45

3.3.3	Algorithmes d'équilibrage de charge :.....	45
3.4	Cluster haute disponibilité	47
3.4.1	Le Failover (basculement).....	47
3.4.2	Aperçu du processus de basculement.....	47
3.4.3	Le Failback (la restauration).....	48
3.4.4	Modèle de cluster haute disponibilité [17].....	48
	Conclusion.....	56

Chapitre 3 : Windows serveur 2012 R2

	Introduction	58
1.	Définition du système d'exploitation Windows server 2012	58
2.	Améliorations dans Windows Server 2012	58
3.	Les différentes éditions de Windows Server 2012 R2 [18]	58
4.	Configuration système requise	59
5.	Rôles et fonctionnalités de Windows Server.....	59
5.1	Active directory.....	61
5.1.1	Définition	61
5.1.2	Avantages offerts par Active Directory.....	61
5.1.3	Le contrôleur de domaine.....	63
5.1.4	Le serveur DNS	64
5.2	Stockage en réseau iSCSI.....	64
5.2.1	Composants de L'iSCSI.....	65
5.2.2	Fonctionnement de l'iSCSI.....	65
5.2.3	Avantages du protocole iSCSI.....	66
6.	Cluster de serveur Microsoft.....	66
6.1	Création d'un cluster a basculement.....	67
6.2	Dépendances sur d'autres technologies.....	68

7. SQL Server 2012.....	68
Conclusion.....	69

Chapitre 4 : Réalisation

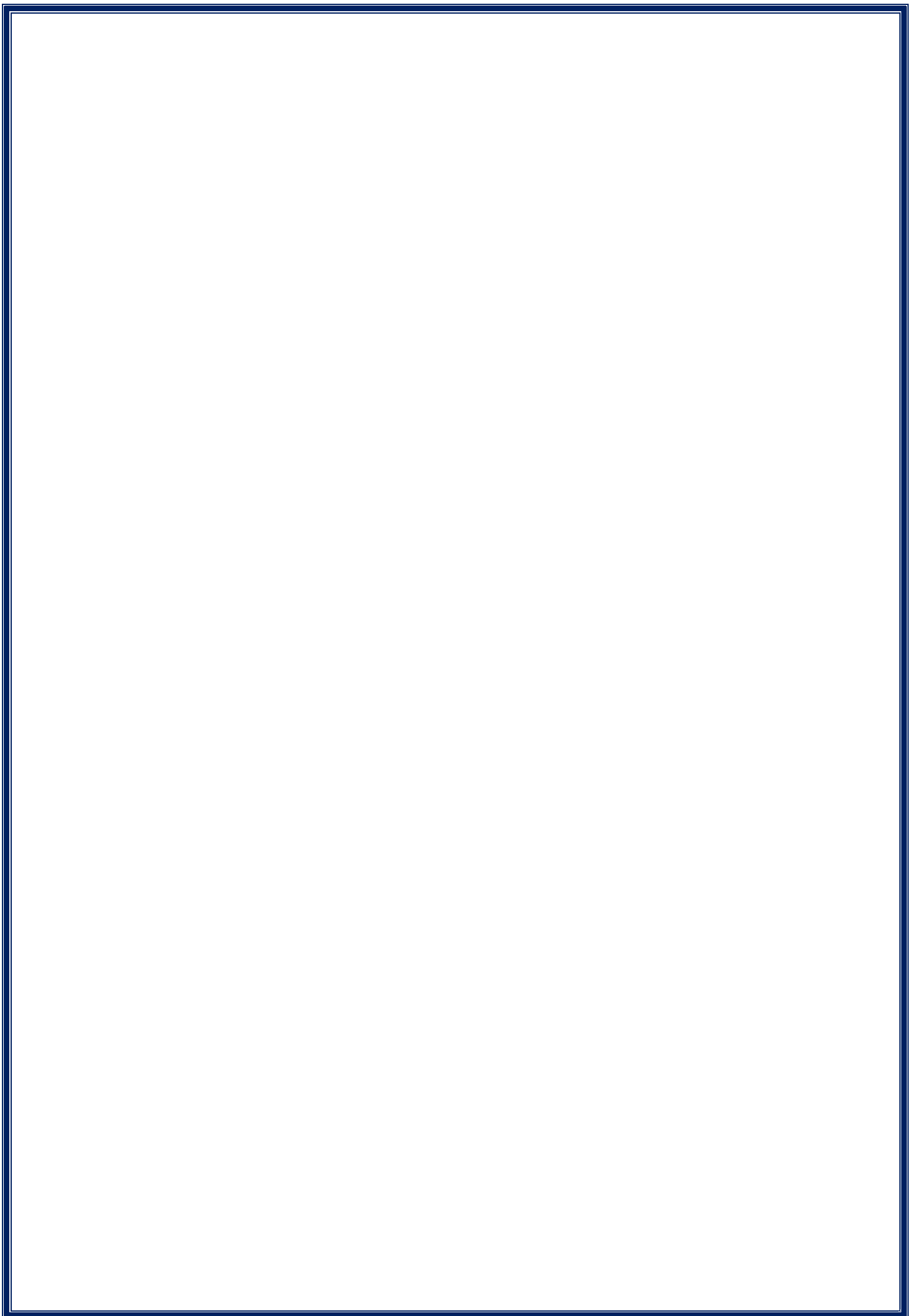
Introduction	71
1. Présentation des logiciels et matériels utilisés :	71
2. Etapes de la réalisation du cluster de basculement de Windows Server 2012.....	71
3. Installation de VMware Workstation 12 Pro et Windows server 2012.....	73
4. Modifier les paramètres des cartes réseaux	75
5. Ajout de la fonctionnalité de Clustering de basculement sur les nœuds du cluster	75
6. Promotion et installation du contrôleur de domaine	77
7. Ajout des nœuds serveur1 et serveur2 au domaine mémoire. Local.....	79
8. Installation de l'iSCSI	81
9. Création des disques partagés pour les données et le témoin quorum	83
10. Installation de SQL Server 2012 avec la fonctionnalité new SQL Server failover cluster installation	92
11. Tests de basculement.....	93
Conclusion.....	96
<i>CONCLUSION GÉNÉRALE</i>	98
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	100
<i>WEBOGRAPHIE</i>	101

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1: Topologie en bus.....	17
Figure 1.2 : Topologie en étoile	17
Figure 1.3 : Topologie en anneau	18
Figure 1.4: Topologie en étoile	19
Figure 1.5: Architecture client/serveur à 2 niveaux	20
Figure 1.6: Architecture client serveur à trois niveaux	20
Figure 1.7 : Les couches du modèle OSI	22
Figure 1.8 : Cheminement d'un courriel	32
Figure 2.1: Cluster haute performances	42
Figure 2.2: Cluster d'équilibre de charge.....	43
Figure 2.3: Cluster haute disponibilité	44
Figure 2.4: Le processus de basculement.....	48
Figure 2.5: Cluster actif/passif	49
Figure 2.6: Cluster actif/actif	50
Figure 2.7: Cluster N à 1	51
Figure 2.8: Cluster N à 1 (Failback).....	52
Figure 2.9: Cluster N+1.....	52
Figure 2.10: Cluster N+1 (No Failback)	53
Figure 2.11: Cluster N+M	54
Figure 2.12: Cluster M+N (No Failback).....	54
Figure 2.13: Cluster N à N	55
Figure 2.14: Cluster N+N(failback)	56
Figure 3.1: Contrôleur de domaine	63
Figure 3.2: Infrastructure de stockage SAN ISCSI	66
Figure 4.1: Schéma physique de l'infrastructure	72
Figure 4.2: Schéma logique de l'infrastructure	72

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1: Rôles et fonctionnalités WS 2012.....	60
--	----



Introduction

Générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

De nombreuses entreprises souhaiteraient pouvoir fournir un accès aux clients 24h/24, 7j/7 sans devoir fermer pour maintenance. Dès lors, la mise en place d'une solution de haute disponibilité s'impose afin d'atteindre cet objectif. La technologie de clustering est l'une des solutions optimale pour garantir la fiabilité, la performance et la haute disponibilité.

Dans ce projet, nous allons nous intéresser à une solution dans les environnements serveurs en occurrence le clustering à basculement. Les clusters de basculement permettent d'atteindre une haute disponibilité avec un taux de réussite de 99,999%. Ce taux est calculé par le temps de disponibilité d'un système durant une période d'une année, dans les faits, un système atteint une haute disponibilité si son temps d'indisponibilité est inférieur à (06) minutes.

Les environnements Windows Server permettent d'implémenter des solutions de haute disponibilité grâce aux outils, rôles et fonctionnalités offerts par ceux-ci.

Dans ce projet, nous nous intéresserons à la disponibilité dans le domaine des bases de données et ceci en utilisant le serveur de base de données de Microsoft SQL Server 2012 dans un environnement de clustering.

Nous avons organisé notre projet en quatre chapitres :

Le premier vise à présenter les notions de bases des réseaux.

Le second chapitre intitulé tolérance aux pannes dans les environnements serveurs vise à expliquer les différentes techniques utilisées afin de garantir une tolérance aux pannes et une haute disponibilité dans les environnements serveur.

Le troisième, intitulé Windows Server 2012 R2, nous présenterons Windows Serveur et ses différents composants.

Le dernier chapitre, illustre une implémentation d'une solution haute disponibilité dans les environnements Windows Server 2012 en utilisant une des technologies citées ci-dessous à savoir le Clustering à basculement.

Et enfin, nous terminerons notre mémoire par une conclusion générale

CHAPITRE 1

Généralités sur les réseaux

Introduction

Les réseaux se sont développés pour pouvoir répondre à des exigences de communication entre systèmes terminaux très variés. Ils nécessitent la mise en œuvre de nombreux protocoles et fonctionnalités pour pouvoir rester évolutifs et être administrés sans qu'il soit nécessaire de recourir en permanence à des interventions manuelles.

Dans ce premier chapitre, nous allons aborder les généralités sur les réseaux informatiques. Cette étape constitue une réflexion globale sur le domaine concerné par notre projet. Nous y présenterons les différents concepts de base des réseaux, les différentes topologies, les classifications des réseaux, les architectures, les protocoles ainsi que les différents services.

1. Définition d'un réseau informatique

C'est un ensemble d'ordinateurs (ou de périphériques) autonomes connectés entre eux et qui sont situés dans un certain domaine géographique. Deux stations sont considérées comme interconnectées si elles sont capables d'échanger des informations. [1]

2. Classification des réseaux :

Les réseaux peuvent être classifiés selon deux aspects :

- Leurs tailles.
- Leurs topologies.

2.1 Selon leur taille

On compte généralement quatre (04) catégories de réseaux informatiques différenciées par leur distance maximale séparant les points les plus éloignés du réseau.

➤ Réseaux PAN : Personnel Area Network

Les réseaux personnels permettent aux équipements de communiquer à l'échelle individuelle. Exemple d'un ordinateur et ses propre périphériques (imprimante, souris...).

Les technologies de communications utilisées dans ce type de réseaux sont : Bluetooth, RFID, USB...

➤ **Réseaux LAN : Local Area Network**

Les réseaux locaux sont des réseaux privés utilisés généralement dans les entreprises et les résidences pour relier des ordinateurs personnels et des équipements électroniques grand public comme les imprimantes, assiette parabolique collective, etc.

Les technologies utilisées dans ce type de réseaux sont : les câbles en cuivre, câbles RJ45 et le WIFI.

➤ **Réseaux MAN : Metropolitan Area Network**

Les MAN interconnectent plusieurs LAN géographiquement proches à des débits importants. Ainsi, un MAN permet à deux nœuds distants de communiquer comme s'ils faisaient partie d'un même réseau local.

Les technologies utilisées dans ce type de réseaux sont : les commutateurs, routeurs interconnectés par des liens hauts débits (généralement fibre optique).

➤ **Réseaux WAN : Wide Area Network**

Les WAN sont des réseaux étendus destinés à transporter des données numériques sur des distances à l'échelle d'un pays, voire d'un continent ou de plusieurs continents. Le réseau est soit terrestre, il utilise dans ce cas des infrastructures au niveau du sol, essentiellement de grands réseaux de fibre optique, soit hertzien, comme les réseaux satellitaire.

2.2 Selon leur topologie :

Un réseau informatique est constitué d'ordinateurs reliés entre eux grâce à des lignes de communication (câbles réseaux, liaisons sans fil, etc.) et des éléments matériels (cartes réseaux, ainsi que d'autres équipements permettant d'assurer la bonne circulation des données). L'arrangement physique, c'est-à-dire la configuration spatiale du réseau est appelé Topologie physique. On distingue généralement les topologies suivantes :

- **La topologie en bus :**

Dans la topologie en bus, tous les ordinateurs sont reliés à une même ligne de transmission par l'intermédiaire de câbles, généralement coaxial. Elle a pour avantage d'être facile à mettre en œuvre et si l'une des machines tombe en panne le réseau n'est pas perturbé. En revanche si le bus est affecté alors le réseau n'est plus fonctionnel.

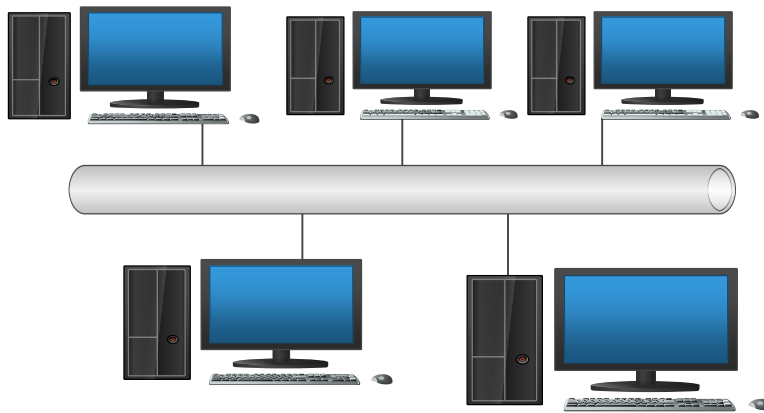


Figure 1.1: Topologie en bus

- **La topologie en étoile :**

Dans cette topologie, les ordinateurs du réseau sont reliés à un système matériel central concentrateur (hub, moyeu de roue) qui a pour rôle d'assurer les communications entre les différentes machines.

L'inconvénient de cette topologie est que si le concentrateur tombe en panne alors tout le réseau est défectueux.

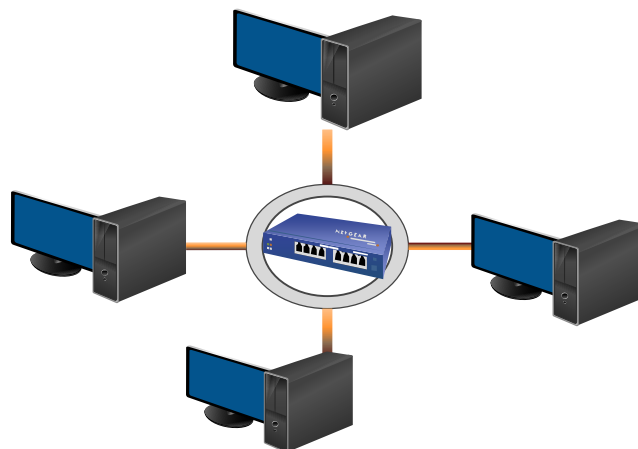


Figure 1.2 : Topologie en étoile

- **La topologie en anneau :**

Un réseau a une topologie en anneau quand toutes ses stations sont connectées en chaîne les unes aux autres par une liaison bipoint de la première à dernière. Chaque station joue le rôle de station intermédiaire. Chaque station qui reçoit une trame, l'interprète et la réémet à la station suivante de la boucle si c'est nécessaire.

La défaillance d'un hôte rompt la structure d'un réseau en anneau si la communication est unidirectionnelle ; en pratique un réseau en anneau est souvent composé de 2 anneaux contrarotatifs.

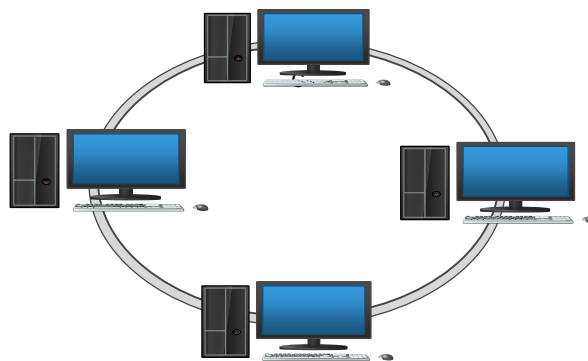


Figure 1.3 : Topologie en anneau

- **La topologie maillée :**

Une topologie maillée, est une évolution de la topologie en étoile, elle correspond à plusieurs liaisons point-à-point. Une unité réseau peut avoir (1, N) connexions point-à-point vers plusieurs autres unités. Chaque terminal est relié à tous les autres.

L'information peut parcourir le réseau suivant des itinéraires divers, sous le contrôle de puissants superviseurs de réseau, ou grâce à des méthodes de routage réparties. En cas de rupture d'un lien, l'information peut quand même être acheminée. Cette topologie se rencontre dans les grands réseaux de distribution (Exemple : Internet).

L'inconvénient est que le nombre de liaisons nécessaires qui devient très élevé.

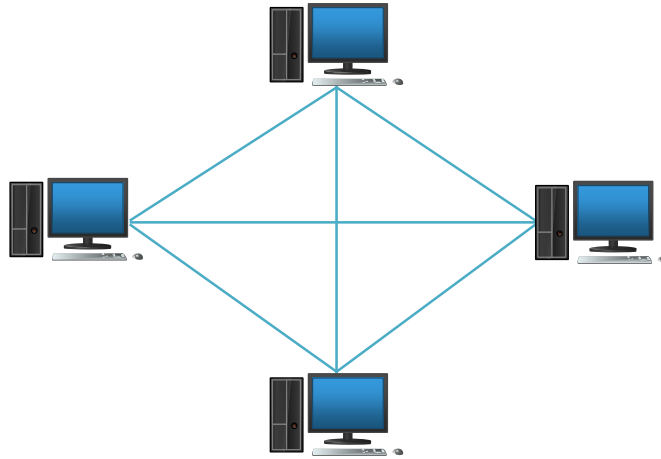


Figure 1.4: Topologie en étoile

3. Architecture d'un réseau :

On distingue deux types d'architectures :

- Une architecture client/serveur
- Une architecture paire-à-paire

3.1 Architecture client/serveur :

L'architecture client/serveur désigne un mode de communication entre plusieurs ordinateurs d'un réseau qui distingue un ou plusieurs postes clients du serveur. Dans ce modèle, le dialogue entre le client et le serveur se fait par échange de messages plutôt que par mémoire partagée. [2]

Le dialogue avec le serveur est à l'initiative du client, il est réalisé par échange de deux messages :

- Une requête (demande) du client pour l'exécution d'un service par le serveur.
- Une réponse envoyée par le serveur et qui contient le résultat du service.

3.2 Architecture client/serveur à 2 niveaux :

L'application cliente est située sur le poste client. Le lien entre le client et le serveur est direct. L'application cliente accède aux données de la base via des requêtes.

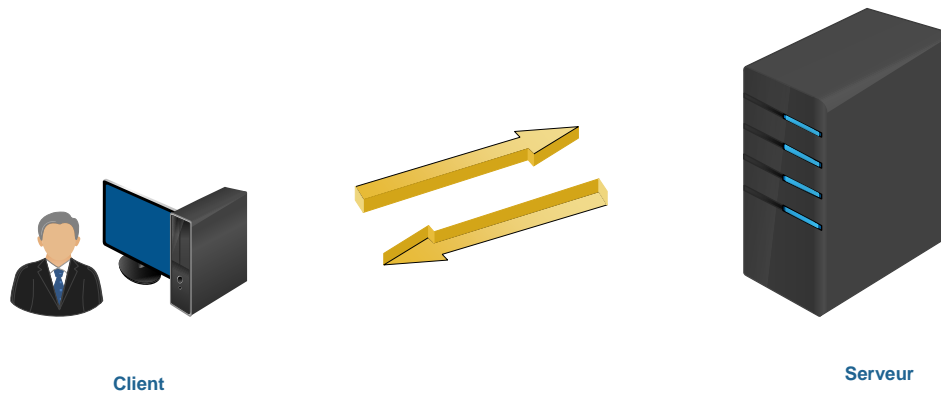


Figure 1.5: Architecture client/serveur à 2 niveaux

3.3 Architecture client/serveur à trois niveaux

Le client n'accède pas directement au serveur de bases de données. Il émet des requêtes à un serveur d'application qui exécute les traitements et transmet les requêtes au serveur de données.

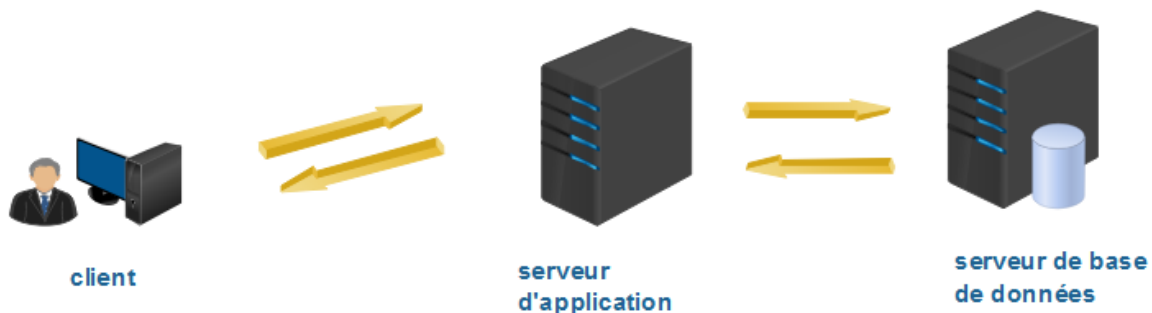


Figure 1.6: Architecture client-serveur à trois niveaux

3.4 Architecture paire-à-paire :

Contrairement aux architectures client/serveur il n'y a pas de serveur dédié. Ainsi, chaque ordinateur dans un tel réseau joue le rôle de client et de serveur. Cela signifie que chacun des ordinateurs du réseau est libre de partager ses ressources. Un ordinateur relié à une imprimante pourra donc éventuellement la partager afin que tous les autres ordinateurs puissent y accéder via le réseau. [3]

Les réseaux pairs-à-pairs ne nécessitent pas les mêmes niveaux de performance et de sécurité que les logiciels réseaux pour serveurs dédiés. On peut donc utiliser les différentes versions des systèmes d'exploitation car ils intègrent toutes les fonctionnalités des réseaux paire-à-paire.

Dans un réseau paire-à-paire typique, il n'y a pas d'administrateur. Chaque utilisateur administre son propre terminal. Tous les utilisateurs peuvent partager leurs ressources comme ils le souhaitent (données dans des répertoires partagés, imprimantes, etc.).

4. Modèle de référence OSI (Open System InterConnect)

Le modèle OSI a été développé par l'organisation pour la normalisation (ISO) en 1984, ce modèle conceptuel décrit comment les données sont transférées d'une application qui tourne sur un ordinateur vers une autre application lancée sur une autre machine.

Il est composé de sept différentes parties appelées couches. Chaque couche porte un nom qui caractérise sa fonction dans le transfert des données à travers le réseau. Les couches sont généralement séparées en deux groupes : Les couches 1 à 4 sont considérées comme des couches "Inférieures", tandis que les couches 5 à 7 représentent les couches "Supérieures".

Les couches inférieures sont chargées de transporter les données et les couches supérieures supervisent ces opérations. [4]



Figure 1.7 : Les couches du modèle OSI

4.1 Présentation des différentes couches du modèle OSI

➤ Couche Application

La couche Application est le point d'accès des applications aux services réseaux. On y retrouve toutes les applications de communication via le réseau communément utilisées sur un LAN ou sur Internet (application de transfert de fichiers, courrier électronique... etc.).

Exemple : Navigateur (HTTP), transfert de fichiers (FTP), clients email (SMTP)

➤ Couche Présentation

La couche présentation a en charge la représentation des données, c'est-à-dire de structurer et de convertir les données échangées ainsi que leur syntaxe afin d'assurer la communication entre les nœuds disparate (hardware et/ou software).

Exemple : Codage des données (ASCII, Unicode, little-endian, big-endian, etc.), cryptage, compression.

➤ **Couche Session**

La couche session gère une communication complète entre plusieurs nœuds, permettant ainsi d'établir et de maintenir un dialogue suivi, pouvant être constitué de temps mort pendant lesquels aucune donnée n'est physiquement transmise.

Exemple : une connexion http avec suivi de navigation sur un même site web (usage des cookies), une connexion FTP.

➤ **Couche Transport**

La couche transport supervise le découpage et le réassemblage de l'information en paquets, contrôlant ainsi la cohérence de la transmission de l'information de l'émetteur vers le destinataire.

Exemple : techniques de commutation par paquets, la fragmentation.

➤ **Couche Réseau**

La couche réseau a pour rôle de déterminer le choix de la route entre les nœuds afin de transmettre de manière indépendante l'information ou les différents paquets la constituant en prenant en compte en temps réel le trafic. Cette couche assure aussi un certain nombre de contrôle de congestion qui ne sont pas gérés par la couche liaison.

Exemple : techniques de commutation de données (circuits, paquet, etc.).

➤ **Couche liaison de données**

La couche liaison de données s'occupe de la bonne transmission de l'information entre les nœuds sur le support, en assurant la gestion des erreurs de transmission et la synchronisation des données.

➤ **La couche physique**

La couche physique gère la communication avec l'interface physique afin de faire transiter ou de récupérer les données sur le support de transmission.

Ce sont les contraintes matérielles du support utilisé qui décident des objectifs à atteindre par cette couche : conversion des signaux électriques, taille des connecteurs, etc.

Exemple : Interconnexion avec le support physique de transmission (paire torsadée, fibre optique, etc.).

5. Le modèle TCP/IP

5.1 Définition

Le protocole TCP/IP, développé originellement par le ministère de la défense américain en 1981, est employé en très forte proportion sur le réseau internet.

Indépendant du constructeur informatique, TCP/IP définit une suite de divers protocoles pour la communication sur un réseau informatique, notamment le protocole TCP et le protocole IP qui sont parmi les principaux protocoles de ce modèle. [5]

5.2 Couche du modèle TCP/IP

➤ Couche accès réseau

La couche accès réseau, intégrant les services des couches physique et liaison de données du modèle OSI, a pour charge la communication avec l'interface physique afin de transmettre ou de récupérer les paquets de données de la couche supérieure. Le protocole utilisé pour assurer cette interface n'est pas explicitement défini puisqu'il dépend du réseau utilisé ainsi que du nœud.

➤ La couche Internet

La couche Internet correspond à la couche Réseau du modèle OSI, elle s'occupe de l'acheminement à la bonne destination des paquets de données, le routage à travers les différents nœuds par rapport au trafic et à la congestion du réseau.

Le protocole IP (Internet protocole) assure intégralement les services de cette couche, et constitue donc l'un des points-clefs du modèle TCP/IP.

➤ La couche Transport

La couche Transport, similaire à celle du modèle OSI, gère le fractionnement et le réassemblage en paquets du flux de données à transmettre. Le routage ayant pour conséquence un arrivage des paquets dans un ordre incertain, cette couche s'occupe aussi du réagencement ordonné de tous les paquets d'un même message.

Les deux principaux protocoles pouvant assurés les services de cette couche sont les suivants :

❖ TCP (Transmission Control Protocol) :

Protocole fiable, assurant une communication sans erreurs par un mécanisme question/réponse/confirmation/synchronisation (orienté connexion).

❖ UDP (User Datagram Protocol) :

Protocole non fiable, assurant une connexion rapide mais pouvant contenir des erreurs en utilisant un mécanisme question/réponse (sans connexion).

➤ La couche Application

La couche application, similaire à celle du modèle OSI, correspond aux différentes applications utilisant les services réseaux pour communiquer à travers un réseau.

Un grand nombre de protocoles divers de haut niveau permettent d'assurer les services de cette couche : Telnet, FTP, SMTP, http, DNS, etc.

6. Les services réseaux**6.1 Notion de protocole**

Un protocole est une méthode standard qui permet la communication entre des processus (s'exécutant éventuellement sur différentes machines), c'est-à-dire un ensemble de règles et de procédures à respecter pour émettre et recevoir des données sur un réseau. Il en existe plusieurs selon ce que l'on attend de la communication. Certains protocoles seront par exemple spécialisés dans l'échange de fichiers (le FTP), d'autres pourront servir à gérer simplement l'état de la transmission et des erreurs (c'est le cas du protocole ICMP). [6]

Sur internet, les protocoles utilisés font partie d'une suite de protocoles, c'est-à-dire un ensemble de protocoles relié entre eux. Cette suite de protocole s'appelle TCP / IP. Elle contient, entre autres, les protocoles suivants : HTTP, FTP, ARP, ICMP, IP, TCP, UDP, SMTP, Telnet, NNTP.

6.2 Protocoles de la couche application

6.2.1 Le protocole DNS (Domain Name System)

- **Définition**

Le système DNS est un système d'annuaire associant un nom alphanumérique à une adresse IP.

Le but principal de ce système est de désigner un hôte avec une appellation beaucoup plus facilement mémorisable qu'une adresse IP, par ailleurs, on dispose d'un système de nom masquant les spécificités d'une adresse IP, permettant un changement d'adresse transparent. Un nom DNS correspond donc généralement à une seule adresse IP, alors qu'une adresse IP peut cependant être associée à plusieurs noms DNS. [6]

DNS est basé sur une architecture client/serveur, avec un principe de requête/réponse utilisant le protocole DNS (Domain Name Service), protocole de la couche session (OSI), qui définit les messages échangés pour la résolution d'un nom. Chacun de ces messages est encapsulé dans un datagramme UDP, le serveur écoutant sur le port 53.

- **Organisation**

DNS est un système distribué et hiérarchisé en arborescence. Plus précisément, chaque élément du niveau de l'arborescence est géré par une entité autonome, qui est en charge d'assurer le bon fonctionnement du service et l'unicité des noms pour tous les domaines qui sont de son ressort.

Cette organisation en niveaux se lit directement dans le nom DNS complet d'un hôte, appelé nom FQDN (Full Qualified Domain Name), qui indique le nom de chaque niveau séparé par un point '.', selon le modèle suivant : hôte. Sous-domaine. Domaine. Domaine-haut-niveau, en commençant par le dernier domaine. Celui-ci correspond donc toujours à l'hôte, et par extension le reste du nom est assimilé au domaine lui-même.

Le nombre de niveaux maximal est 127 (découpage du domaine en sous-domaine, puis chaque sous-domaine en sous-sous-domaine, etc.) ; chaque nom de niveau fait de 1 à 63 caractères, le nom FQDN faisant 255 caractères au maximum. Le domaine racine est nommé « point » noté ('.'), et est généralement omis dans les requêtes DNS.

- **Principe de résolution des noms**

Le principe d'un système DNS suppose un système de cache DNS, afin de stocker temporairement les résolutions d'adresses afin d'optimiser le trafic. Lorsque les données du cache ne permettent pas de déterminer l'adresse IP, la hiérarchie DNS est alors mise en jeu.

Un serveur DNS lorsqu'il ne peut répondre directement à la requête (pas d'autorité sur le domaine visé et pas de mise en cache), peut fonctionner suivant 2 modes :

- **Mode itératif** : un serveur DNS (a) indique au client un autre serveur DNS (b), qu'il sait être plus approprié ;
- **Mode récursif** : le serveur DNS (a) gère la requête DNS comme s'il était demandeur et va interroger le serveur DNS (b) qu'il sait être plus approprié ; lorsque la réponse lui parvient, il la transmet au client.

6.2.2 Le protocole DHCP

- **Définition**

Un serveur DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol ou protocole de configuration dynamique) a pour rôle de distribuer des adresses IP à des clients d'une manière dynamique pour une durée déterminée. Au lieu d'affecter manuellement à chaque hôte une adresse statique, ainsi que tous les paramètres tels que (serveur de noms, l'adresse de passerelle par défaut, @IP du réseau), un serveur DHCP alloue à un client, un bail d'accès au réseau, pour une durée déterminée (durée du bail). Le serveur passe en paramètres au client toutes les informations dont il a besoin. Ce processus est mis en œuvre quand vous ouvrez une session chez un fournisseur d'accès Internet par modem. Le fournisseur d'accès, vous alloue une adresse IP de son réseau le temps de la liaison. Cette adresse est libérée, donc de nouveau disponible, lors de la fermeture de la session. [7]

- **Principe d'une communication DHCP**

Les messages échangés afin de configurer les paramètres réseaux sont encapsulés dans des datagrammes UDP en utilisant les ports 67 (serveur DHCP pour les requêtes) et 68 (client en écoute pour les réponses). La communication s'effectue en 4 temps, en utilisant (04) messages DHCP distincts :

- **DHCP Discover** : diffusion d'une requête DHCP par l'hôte demandant à se voir allouer une adresse IP en précisant l'adresse physique.
- **DHCP Offer** : tous les serveurs DHCP ayant reçu la requête répondent en diffusant un message qui propose un paramétrage adresse IP/masque ainsi que la durée du bail associé.
- **DHCP Request** : l'hôte accepte la première proposition reçue, s'auto-configue, et diffuse un message précisant ses différents paramètres réseau.
- **DHCP Ack** : le serveur concerné mémorise l'allocation de cette adresse, démarre le bail et envoie une confirmation au client.

6.2.3 Protocole http (HyperText Transfert Protocole)

- **Définition**

L'HyperText Transfer Protocol, plus connu sous l'abréviation HTTP (littéralement « protocole de transfert hypertexte ») est un protocole de communication client-serveur développé pour le World Wide Web. HTTPS (avec S pour secured, soit « sécurisé ») est la variante du HTTP sécurisée par l'usage des protocoles SSL ou TLS.

HTTP est un protocole de la couche application. Il peut fonctionner sur n'importe quelle connexion fiable, dans les faits on utilise le protocole TCP comme couche de transport. Un serveur HTTP utilise alors par défaut le port 80 (443 pour HTTPS).

Les clients HTTP les plus connus sont les navigateurs Web permettant à un utilisateur d'accéder à un serveur contenant les données. [8]

- **Principe de communication entre serveur Web et navigateur**

La communication s'effectue en deux temps :

- Le navigateur effectue une requête http.
- Le serveur traite la requête puis envoie une réponse http.

Une requête http est un ensemble de lignes envoyée au serveur par un navigateur, elle comprend :

- Une ligne de requête ;
- Les champs d'en-tête de la requête ;
- Le corps de la requête.

Une réponse http est un ensemble de lignes envoyées au navigateur par le serveur, elle comprend :

- Une ligne de statut ;
- Les champs d'en-tête de la réponse ;
- Le corps de la réponse.

6.2.4 Le protocole FTP (File Transfert Protocole)

- **Définition [7]**

Le protocole FTP est un protocole de transfert de fichier de type client/serveur. Il définit la façon selon laquelle des données doivent être transférées sur un réseau TCP/IP. Il a pour objectifs :

- le partage de fichiers entre machines distantes ;
- le transfert de données de manière efficace.

- **Principe de communication FTP**

Lors d'une connexion FTP, deux canaux de transmission sont ouverts :

- un canal pour les commandes (canal de contrôle) ;
- un canal pour les données.

Deux processus permettent de gérer ces deux informations :

- DTP (Data Transfert Protocol) : il est chargé d'établir la connexion et de gérer le canal de données.
- Le PI (Protocol/Interpreter) est l'interpréteur de protocole permettant de commander le DTP à l'aide des commandes reçues sur le canal de contrôle.

Il existe deux types de PI :

- Le SERVER-PI est chargé d'écouter les commandes provenant d'un USER-PI sur le canal de contrôle sur un port donné, d'établir la connexion pour le canal de contrôle, de recevoir sur celui-ci les commandes FTP de l'USER-PI, d'y répondre et de piloter le SERVER-DTP.

- Le USER-PI est chargé d'établir la connexion avec le serveur FTP, d'envoyer les commandes FTP, de recevoir les réponses du SERVER.PI et de contrôler le USER-DTP si besoin.

Lors de la connexion d'un client FTP à un serveur FTP, le USER-PI initie la connexion au serveur selon le protocole Telnet. Le client envoie des commandes FTP au serveur, ce dernier les interprète, pilote son DTP, puis renvoie une réponse standard. Lorsque la connexion est établie, le SERVER-PI donne le port sur lequel les données seront envoyées à l'USER-DTP. L'USER-DTP écoute alors sur le port spécifié les données en provenance du serveur.

6.2.5 Les protocoles de messageries

Le courrier électronique est considéré comme étant le service le plus utilisé sur internet. Ainsi la suite de protocoles TCP/ IP offre une panoplie de protocoles permettant de gérer facilement le routage du courrier sur le réseau. [9]

- **Protocole SMTP (Simple Mail Transfert Protocol)**

Le protocole SMTP est le protocole standard permettant de transférer le courrier d'un serveur à un autre. Il s'agit d'un protocole fonctionnant en mode connecté, encapsulé dans une trame TCP/IP et utilisé pour la transmission et non pour la réception. Cependant, les serveurs de messagerie utilisent SMTP pour faire les deux, tandis que les clients de messagerie utilisent SMTP pour l'envoi et un autre protocole (POP ou IMAP) pour la réception.

- **Le MUA (Mail User Agent)**

Application permettant aux utilisateurs de créer, d'afficher, d'envoyer et de recevoir du courrier électronique. L'application MUA réside sur un système client, tel qu'un poste de travail ou un PC.

- **Le MSA (Mail Storage Area)**

Système ou serveur local dans lequel l'application MTA stocke du courrier électronique.

Il s'agit également de l'emplacement à partir duquel le serveur MSS extrait du courrier électronique à la demande de l'application MUA.

- **Le MTA (Mail Transfert Agent)**

Application permettant d'envoyer, de recevoir et de stocker du courrier électronique. Ce programme détermine l'emplacement et la méthode stockage de courrier électronique.

➤ **Le MDA (Mail Delivery Agent)**

Application permettant d'enregistrer le courrier électronique reçu dans la zone MSA. Il se peut que ce programme effectue des tâches supplémentaires telles que le filtrage de courrier électronique ou la distribution de courrier électronique aux sous-dossiers.

➤ **Le MSS (Mail Storage Server)**

Application permettant d'extraire du courrier électronique de la zone MSA et de le renvoyer à l'application MUA.

➤ **Le protocole POP (Post Office Protocol)**

Le protocole POP : « protocole de bureau de poste » a l'avantage d'être simple et efficace et surtout, il est supporté par tous les clients de messagerie. Le protocole POP a pour fonction principale de traiter les courriers, il les reçoit et les distribue à leurs destinataires respectifs mais il ne peut pas en envoyer. POP n'est qu'un protocole de retrait, il permet uniquement d'aller chercher un mail se situant sur un serveur de messagerie. L'envoi est assuré par le protocole SMTP.

➤ **Le protocole IMAP (Internet Mail Access Protocol)**

IMAP (Internet Message Access Protocol) est un protocole de lecture d'e-mails. Contrairement à POP, il n'a pas été conçu pour recevoir des messages mais pour les consulter directement depuis un serveur. Cette consultation s'apparente à du Cloud, c'est-à-dire l'accès par Internet à des données qui se trouvent sur le web. IMAP permet de gérer ses messages directement sur un serveur distant pour organiser les messages en dossiers, par exemple. Il supporte également TLS. Dans le cas d'IMAP, le Cloud est à la fois un avantage et un inconvénient : on peut accéder à ses messages depuis n'importe quel ordinateur, à condition d'être connecté à son compte de messagerie. Quelques clients permettent néanmoins de télécharger les messages pour pallier ce problème.

➤ **Cheminement d'un courriel**

Le courrier électronique est transmis via les composants du serveur de messagerie comme suit :

- Dans son application MUA, l'expéditeur crée un courrier électronique et clique sur Envoyer.
- L'application MUA utilise SMTP pour envoyer le courrier électronique à un agent MTA.

- L'agent MTA relaie et achemine le courrier électronique vers un MTA dans le domaine du destinataire.
- L'agent MTA du domaine du destinataire envoie le courrier électronique à un MDA du système du destinataire.
- Le MDA stocke le courrier électronique dans une zone MSA.
- L'application MUA du destinataire interroge un MSS.
- Le MSS utilise IMAPv4 ou POP pour extraire le courrier électronique pour le destinataire à partir de la zone MSA.
- Le MSS renvoie le courrier électronique à l'application MUA.
- Dans son application MUA, le destinataire lit le courrier électronique envoyé par l'expéditeur.

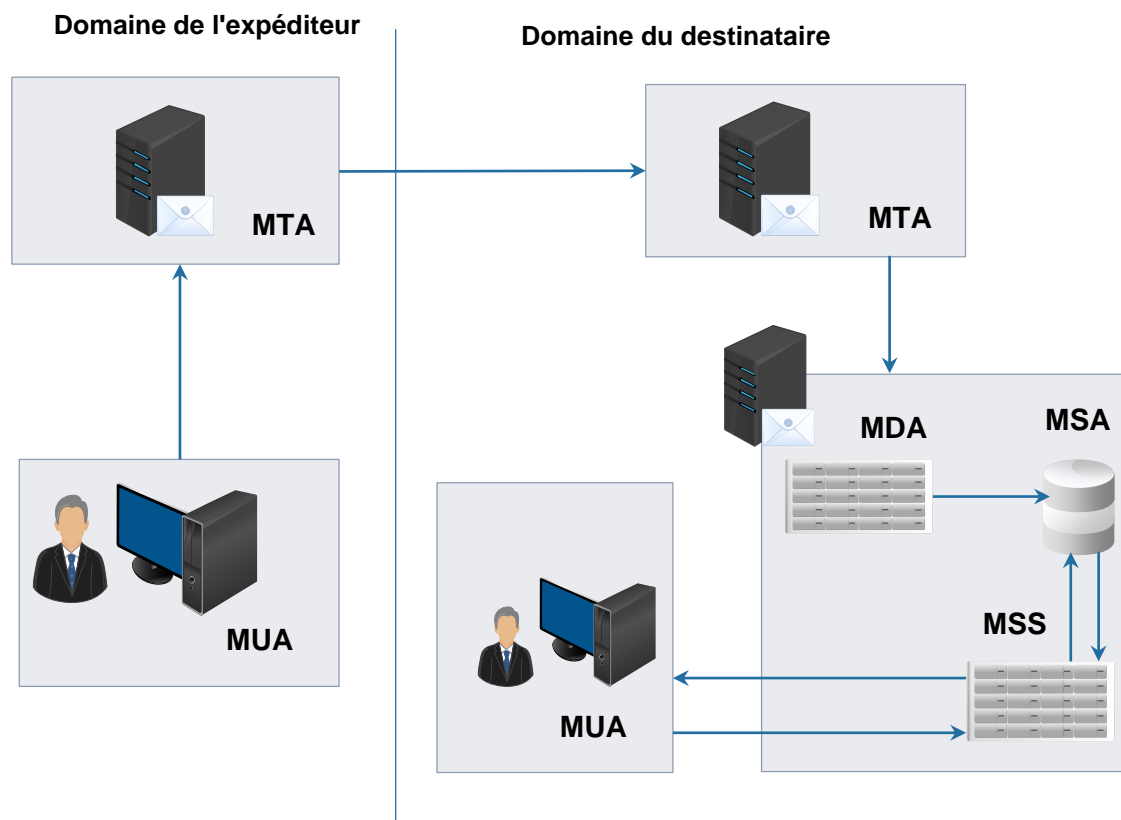


Figure 1.8 : Cheminement d'un courriel

7. Conclusion

Ce chapitre avait pour intérêt de nous initier aux réseaux informatiques. Cette approche nous a permis d'englober tous les aspects nécessaires à une bonne compréhension des réseaux informatique. Après avoir définis ces concepts de base en profondeur, nous sommes désormais en mesure d'entamer la prochaine étape de notre projet dans lequel nous aborderons les différentes techniques de tolérances aux pannes dans les environnements clustering.

CHAPITRE 2

Tolérance aux pannes

Dans les serveurs

Introduction

Avant toute réalisation d'une solution informatique, il convient de suivre une démarche méthodologique et rigoureuse afin de planifier et concevoir une solution, en mettant en évidence tous les objectifs tracés pour une bonne élaboration du projet souhaité.

Durant ce chapitre nous aborderons les concepts généraux sur les serveurs, puis nous aborderons une notion sur les clusters de serveurs et enfin nous terminerons par un aperçu des différentes techniques de tolérance aux pannes dans les environnements serveurs.

1. Les serveurs

1.1 Définition d'un serveur

Un serveur informatique est un ordinateur fournissant des données à d'autres ordinateurs, que ça soit sur un réseau local (LAN) ou sur Internet. Il existe plusieurs types de serveurs, incluant des serveurs web, serveurs de bases de données, serveurs de messagerie et des serveurs de fichiers. Chaque type exécute des logiciels propres aux services fournis par le serveur.

Un ordinateur personnel peut jouer le rôle de serveur. Néanmoins, les logiciels et les matériels qui équipent un ordinateur personnel ont des fonctionnalités et des configurations différentes que celles des serveurs dédiés.

1.2 Types de serveurs

Il existe plusieurs types de serveurs qui diffèrent selon les services qu'ils fournissent :

- **Un serveur proxy**

Un serveur Proxy se trouve entre un programme client (généralement un navigateur) et un serveur externe (généralement un serveur web) afin de filtrer les requêtes client, améliorer les performances et partager la connexion.

- **Serveurs de messagerie**

Presque aussi omniprésente et cruciale que les serveurs Web, les serveurs de messagerie déplacent et stockent le courrier sur les réseaux d'entreprise et privé (via des LANs et des WANs) et à travers Internet.

- **Serveurs Web**

Un serveur Web sert du contenu statique à un navigateur Web en chargeant un fichier à partir d'un disque et en le servant dans le réseau vers le navigateur Web d'un utilisateur. Cet échange complet est réalisé par le navigateur et le serveur qui communique via le protocole HTTP.

- **Serveurs de fichiers**

L'un des plus anciens services d'Internet, il permet de déplacer un ou plusieurs fichiers de manière sécurisée entre des ordinateurs tout en fournissant la sécurité et l'organisation des fichiers ainsi que le contrôle des transferts.

- **Serveurs d'applications**

Considéré comme un type de middleware, les serveurs d'applications occupent une grande partie du territoire informatique entre les serveurs de base de données et l'utilisateur final, et ils connectent souvent les deux.

- **Serveur de base de données**

Un serveur de base de données sert à stocker, à extraire et à gérer les données dans une base de données. Il permet également de gérer la mise à jour des données. Il donne un accès simultané à cette base à plusieurs serveurs Web et utilisateurs et assure la sécurité et l'intégrité des données.

1.3 Caractéristiques techniques

Dans les produits du marché des serveurs, l'accent est mis sur le débit (nombre de réponses données par unité de temps), la disponibilité et la scalabilité- capacité d'adaptation à une augmentation de la demande. Les serveurs s'occupent de plusieurs utilisateurs simultanément, et ont besoin d'une puissance de calcul supérieure à celle des ordinateurs personnels. Les serveurs jouent un rôle clé dans de nombreux réseaux et sont souvent logés dans des locaux ventilés et sécurisés.

Les composants du matériel dont les caractéristiques ont un effet sur le débit du serveur sont l'interface réseau, les disques durs, les bus, la mémoire, ainsi que la puissance de calcul du ou des processeurs.

Les serveurs peuvent être équipés de plusieurs processeurs, ce qui leur permet de servir plus de clients, accélère le traitement des requêtes, et augmente le débit. Des journaux d'activité permettent de déceler des erreurs, dues à un débit trop bas ou des temps de réponse trop longs.

La capacité d'adaptation (scalabilité) du matériel d'un serveur permettra d'augmenter le débit du serveur en ajoutant ultérieurement des pièces. En cas de manque de scalabilité, une demande accrue posera des problèmes techniques et il sera alors nécessaire de remplacer le serveur.

1.3.1 Matériel

Un serveur peut être un micro-ordinateur, ou alors un mini-ordinateur, un mainframe voire une ferme de calcul.

Les serveurs peuvent être montés dans des baies, ce qui permet de les empiler. Ils peuvent être équipés de dispositifs de prévention des pannes et de pertes d'informations, tels que les dispositifs RAID : les informations sont copiées sur plusieurs disques durs, en vue d'éviter leur perte irrémédiable en cas de panne d'un des disques durs.

Les serveurs sont parfois reliés à des réseaux de stockage : un ensemble de serveurs est relié par un réseau en fibre optique à une batterie de disques durs. L'espace de stockage de la batterie de disques durs est découpé en partitions réparties entre les serveurs.

1.3.2 Système d'exploitation

Un système d'exploitation pour serveur est prévu pour répartir la puissance de calcul entre les différents utilisateurs qui exploitent le serveur. Les fonctionnalités caractéristiques des systèmes d'exploitation pour les serveurs sont la prise en charge de la connexion au réseau (pile de protocoles), différents services tels que le partage de fichiers, d'imprimantes et le service DNS.

Ces systèmes d'exploitation offrent également des fonctions fréquemment utilisées avec les serveurs tels que le contrôle d'identité, le contrôle d'accès, la fonction de proxy, de pare-feu, le protocoles DHCP ainsi que les mécanismes de sauvegarde et de tolérance de faute.

L'interface homme-machine d'un système d'exploitation pour serveur est peu développée, et les capacités multimédia sont réduites : les machines n'ont souvent pas de carte sonore, pas de clavier et pas d'écran.

1.4 Model de serveur

On distingue trois types de serveurs informatiques : des serveurs tours, lames et racks.

- **Serveur tour :**

Ce format de serveur ressemble de près à une unité centrale d'ordinateur fixe. Son grand avantage : il peut être installé dans n'importe quelle pièce de l'entreprise, contrairement aux serveurs racks ou lames, qui nécessitent une baie pour fonctionner. (Figure).

Les serveurs tours n'exigent pas de niveaux de qualité de maintenance très élevés. Simplicité et robustesse, le serveur tour est un premier outil idéal pour commencer à étendre et diversifier le système d'information d'une entreprise.

Concrètement, l'utilisateur choisit la configuration : volume de stockage souhaité avec ajout d'un ou plusieurs disques durs, et puissance de calcul avec fréquence et nombre des processeurs. 4 disques durs et un processeur peuvent suffire pour une entreprise de 25 postes de travail. Mais un serveur tour peut en moyenne haute accueillir 6 disques durs, et deux processeurs. [10]

- **Serveur rack :**

Le serveur rack est conçu pour être disposé dans des baies, c'est à dire des armoires équipées d'hubriserie pour installer les différents matériels informatiques. Ceux-ci vont être empilés dans la baie, avec l'avantage de pouvoir mutualiser les performances des différents équipements. Serveur, stockage (NAS ou DAS), application de sécurité et de réseau ; toutes les fonctions informatiques nécessaires à la vie de l'entreprise seront regroupées au même endroit. De ce fait, la gestion de la connectivité entre les différentes machines et la maintenance de l'ensemble est facilitée.

Plusieurs serveurs physiques pourront être positionnés sur une seule et même baie, afin par exemple de répartir les rôles : mail, logiciel métier, stockage ; chaque serveur pourra être dédié à une fonction.

Côté investissement, les serveurs racks, qui sont globalement plus chers que les serveurs tours, possèdent des capacités de stockage bien plus importantes et ils sont également bien plus évolutifs. [10]

- **Serveur lame :**

Les serveurs lame sont les derniers nés des formats de serveur. Compact, et mince comme une lame, ils se glissent verticalement dans un casier dédié.

Certains éléments matériels des serveurs lames sont mutualisés, ce qui permet une efficacité et une réduction de coût à partir d'une certaine masse critique de matériel, et de besoins

informatiques. Les serveurs lames utilisent par exemple une alimentation unique, positionnée sur le casier d'accueil.

Au final, les serveurs lame assurent une puissance de traitement plus importante, un encombrement réduit et une consommation énergétique moindre que les autres formats, à usage équivalent. Mais les serveurs Lames ont un coût plus élevé que les autres serveurs avec un niveau de performance incomparable. [10]

2. Cluster de serveurs

2.1 Notion de cluster

Un cluster est un ensemble de serveurs regroupés, qui travaillent ensemble et décrivent l'image d'un seul système. Un client interagit avec un cluster de la même manière que si le client interagissait avec un seul serveur.

Un cluster de serveurs regroupe plusieurs serveurs indépendants, appelés "nœuds", qui fonctionnent ensemble comme s'il s'agissait d'un seul système pour garantir que des applications et des ressources critiques restent disponibles pour les clients. Les clusters de serveurs permettent aux utilisateurs et aux administrateurs d'accéder aux nœuds et de les gérer, non comme des ordinateurs distincts, mais comme un seul système.

Chaque nœud peut être rattaché à un ou à plusieurs périphériques de stockage de cluster. On peut utiliser un périphérique Fibre Channel, iSCSI ou SCSI partagé dans le cadre du stockage sur des clusters de serveurs. [11]

2.2 Avantage des clusters

Les clusters offrent plusieurs avantages :

- **Evolutivité :**

Un des avantages d'un cluster est la possibilité d'ajouter des systèmes à la demande de manière incrémentale. Étant donné que le cluster est constitué d'un certain nombre de systèmes et que on peut ajouter (ou supprimer) des systèmes, Le cluster peut être mis à l'échelle pour répondre aux exigences.

- **Intégrité :**

Par rapport aux systèmes non groupés, les systèmes en cluster ont amélioré la détection, l'isolement et les mécanismes de récupération d'erreurs intégrés. Les systèmes en cluster échangent des messages appelés "Heartbeat" entre les nœuds qui permettent de détecter les nœuds défectueux. Le nœud erroné est automatiquement isolé et les ressources gérées par ce nœud sont distribuées à d'autres nœuds du cluster. Le retour à l'état original avant l'erreur est également automatique une fois que le nœud erroné est réparé. La détection, l'isolement des erreurs et les mécanismes de récupération des erreurs se produisent pour la plupart sans intervention humaine, ce qui permet aux systèmes en cluster d'améliorer la disponibilité.

- **Disponibilité**

Un cluster est conçu pour fournir une grande disponibilité de ressources aux clients en s'assurant que si un nœud tombe en panne, le serveur de cluster détecte automatiquement l'erreur et permute les ressources du cluster à un autre nœud. Bien que certains utilisateurs puissent remarquer une pause momentanée pendant la commutation (la pause est généralement moins d'une seconde dans la plupart des cas), les ressources restent à la disposition des clients.

Même si un nœud échoue partiellement, les applications sont automatiquement redémarrées. Si les applications ne peuvent pas être redémarrées, les applications sont démarrées sur un autre nœud du cluster et le traitement se poursuit.

- **Performance**

Les clusters fournissent des moyens de mutualiser les ressources d'un serveur. Cela améliore la performance dans son ensemble. Ainsi, un cluster de serveurs à deux serveurs fournit dans la plupart des cas des meilleures Performances que celles obtenue en utilisant les deux serveurs indépendamment.

- **Maniabilité**

Un système de cluster peut être géré de deux façons : centralisée ou individuelle. Idéalement, le gestionnaire de cluster doit accéder et contrôler le partage et l'accès aux ressources à partir de n'importe quel nœud du cluster.

Cela implique deux tâches spécifiques mais tout aussi importantes. Le gestionnaire de cluster d'une part peut modifier la configuration du système sans déranger les utilisateurs et les processus pris en charge. D'autre part, le gestionnaire de cluster peut contrôler l'accès des

utilisateurs (y compris l'ajout ou la suppression d'utilisateurs) aux ressources du cluster. Ces deux tâches devraient pouvoir être exécutées sur n'importe quel nœud du cluster ou du système auquel l'accès à la gestion du cluster a été accordé. Les ressources, du point de vue de l'utilisateur, doivent être transparentes. Les ressources du système de cluster devraient apparaître comme si elles étaient « locales » pour l'utilisateur.

2.3 Nœud de cluster

Le terme « nœud de cluster » est utilisé comme le nom donné à un serveur lorsqu'il est lié à d'autres serveurs pour former un cluster. Un nœud de cluster est, en effet, le bloc de construction de base sur lequel les clusters sont construits. Deux serveurs ou plus qui partagent un système de stockage commun, disposent d'une interconnexion de communications et sont gérés avec un système d'exploitation amélioré avec un logiciel de Clustering appelé un cluster.

Les nœuds d'un cluster s'échangent des messages régulièrement afin de tester si un nœud du cluster est fonctionnel. Ces messages sont appelés Heartbeat (pulsation). Ils sont envoyés sur un intervalle de temps régulier.

Tant que chaque nœud du cluster reçoit un message Heartbeat de tous les autres nœuds du cluster et qu'il répond lui aussi par un message Heartbeat, alors il reste fonctionnel. Dans le cas contraire, le nœud est considéré comme étant échoué et ses ressources sont transférées (basculées) vers un autre nœud fonctionnel. [12]

2.4 Ressource de cluster

Une ressource peut être un objet physique ou logique qui est utilisé par le cluster pour fournir des services au client Systèmes. Par exemple, une application telle que SQL Server est un exemple de ressources logiques. Les disques partagés et les disques en RAID sont des exemples de ressources physiques. La principale limitation qui existe avec un service de cluster est qu'une ressource de cluster peut être détenue et contrôlée par un seul nœud à la fois. [12]

2.5 Groupe de ressources

Généralement, chaque nœud d'un cluster aura plusieurs types de ressources différentes. Chaque application logicielle nécessite un ensemble défini de ressources pour fonctionner. Nous appelons cette collection de ressources, qui sont toutes nécessaires pour qu'une application

fonctionne, un « groupe de ressources ». La raison de l'organisation des ressources de cluster individuelles dans un cluster en groupes est de rendre plus facile pour les administrateurs système de gérer les événements de basculement. [12]

2.6 Type de cluster

En gros, trois différents types de cluster peuvent être distingués

2.6.1 Clusters haute performance

Un cluster haut performance est utilisé dans des environnements qui ont de gros besoins en ressources tel que des calculs scientifiques compliqués qui sont trop gros pour être gérés par un seul serveur.

Dans une telle situation, le travail peut être géré par plusieurs serveurs, afin de s'assurer qu'il est traité en temps opportun.

Une approche du Clustering haute performance est l'utilisation d'une image système unique (SSI). En utilisant cette approche, plusieurs machines sont traitées par le cluster comme étant une, et le cluster alloue les ressources à partir de là où elles sont disponibles. [12]

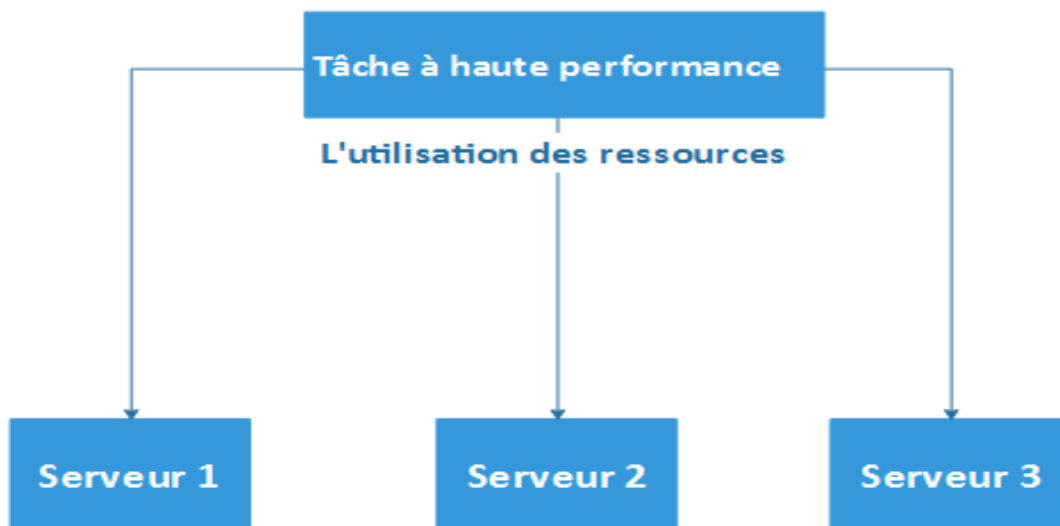


Figure 2.1: Cluster haute performances

2.6.2 Clusters d'équilibrage de charge

Les clusters d'équilibrage de charge sont généralement utilisés dans des environnements à forte demande, tels que des sites Web. Le but d'un cluster d'équilibrage de charge est de redistribuer une tâche à un serveur doté de ressources pour gérer cette tâche. Cela fonctionne comme un cluster haute performance, mais la différence est que les clusters à d'équilibrage de charge prennent soin de la répartition de la charge, afin d'obtenir une efficacité optimale dans la gestion des tâches.

Un cluster à équilibrage de charge se compose de deux entités : l'équilibreur de charge et la batterie de serveurs le constituant. L'équilibreur de charge reçoit les demandes des utilisateurs finaux et les redistribue à l'un des serveurs disponibles dans le cluster de serveurs. Les équilibreurs de charge surveillent également la disponibilité des serveurs dans le cluster de serveurs, pour décider où les ressources peuvent être placées. Il est également très fréquent d'utiliser du matériel pour les clusters d'équilibrage de charge. [12]

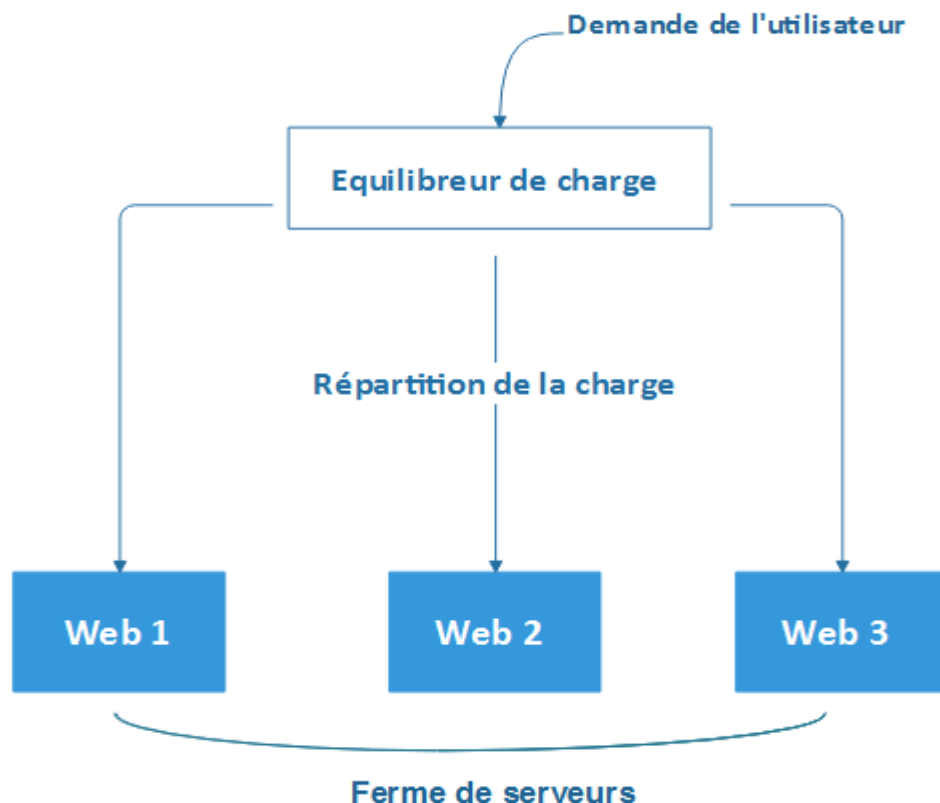


Figure 2.2: Cluster d'équilibre de charge

2.6.3 Clusters haute disponibilité

L'objectif d'un cluster à haute disponibilité est de s'assurer que les ressources critiques atteignent la disponibilité maximale possible. Cet objectif est atteint en installant un logiciel de cluster sur plusieurs serveurs. Ce logiciel surveille la disponibilité des nœuds du cluster et surveille la disponibilité des services (ressources) gérées par le cluster. Si un serveur tombe en panne, ou si la ressource s'arrête, le cluster à haute disponibilité notera et s'assurera que la ressource est redémarrée ailleurs dans le cluster, afin de pouvoir l'utiliser à nouveau après une interruption minimale. [12]

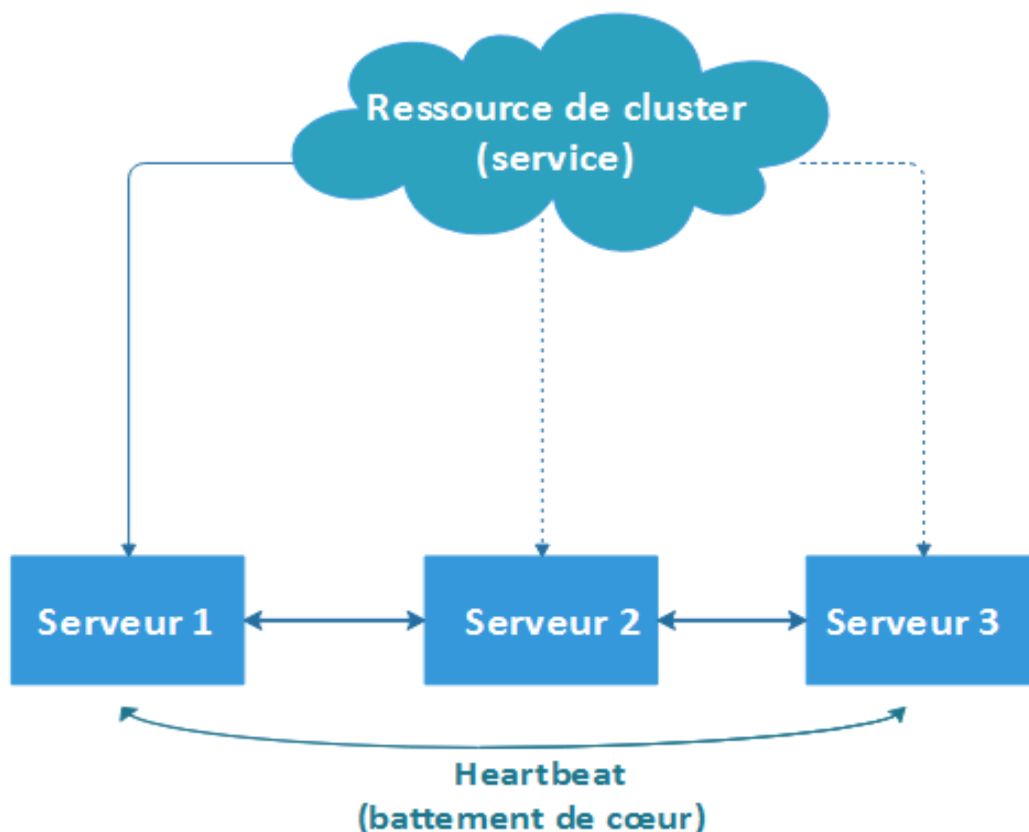


Figure 2.3: Cluster haute disponibilité

3. Technique de tolérance aux pannes dans les clusters

3.1 Notion de panne

Une panne d'un serveur peut se produire en raison d'un défaut matériel ou d'un problème logiciel, ce qui entraîne un blocage, redémarrage ou arrêt du système. Les pannes matérielles sont liées généralement aux disques durs, RAM, processeurs et au réseau, tandis que les pannes logicielles sont liées à une mise à jour défectueuse ou bien un programme malveillant. [13]

3.2 Notion de tolérance aux pannes :

Désigne une méthode de conception permettant à un système de continuer à fonctionner, éventuellement de manière réduite (on dit aussi en « mode dégradé »), au lieu de tomber complètement en panne, lorsque l'un de ses composants ne fonctionne plus correctement. [13]

3.3 L'équilibrage de charge :

3.3.1 Définitions :

L'équilibrage de charge désigne la distribution efficace du trafic réseau entrant dans un groupe de serveurs. [14]

Un équilibreur de charge distribue les demandes de clients sur tous les serveurs capables de répondre à ces demandes d'une manière qui maximise la vitesse et l'utilisation de la capacité et garantit qu'aucun serveur n'est pas surchargé, ce qui pourrait dégrader les performances. Si un seul serveur tombe en panne, l'équilibreur de charge redirige le trafic vers les autres serveurs en ligne. Lorsqu'un nouveau serveur est ajouté au groupe de serveurs, l'équilibreur de charge commence automatiquement à lui envoyer des requêtes.

De cette manière, un équilibreur de charge remplit les fonctions suivantes :

- Distribue efficacement les demandes des clients ou la charge réseau sur plusieurs serveurs
- Assure une haute disponibilité et une fiabilité en envoyant des requêtes uniquement aux serveurs en ligne
- Fournit la souplesse nécessaire pour ajouter ou soustraire des serveurs selon la demande

3.3.2 Base de cluster d'équilibre de charge :

Une configuration d'équilibrage de charge comprend un serveur virtuel d'équilibrage de charge et plusieurs serveurs d'applications à équilibrage de charge. Le serveur virtuel reçoit les demandes des clients entrants, utilise l'algorithme d'équilibrage de charge pour sélectionner un serveur d'applications et transmet les requêtes au serveur d'applications sélectionné. [15]

3.3.3 Algorithmes d'équilibrage de charge :

Différents algorithmes d'équilibrage de charge fournissent des avantages différents :

- **Round robin :**

Round Robin décrit un processus circulaire au cours duquel des demandes de serveur provenant du load balancer dans la file d'attente sont administrées et distribuées sur des serveurs connectés en série. Ensuite, chaque nouvelle demande est attribuée au serveur suivant de la série. Ainsi, les accès sont répartis uniformément dans le cluster du load balancing. La méthode Round Robin permet à tous les processus d'être traités de la même manière, quelle que soit l'urgence de la demande ou de la charge du serveur qui la provoque. Un load balancer travaillant d'après le principe de Round Robin est par conséquent particulièrement adapté aux environnements dans lesquels tous les serveurs du cluster disposent des mêmes ressources. Si écart de forte capacité est présent dans le système de serveur, un algorithme Round Robin peut conduire à ce qu'un serveur moins puissant reçoive un prochain processus déjà attribué avant qu'il n'en ait terminé le premier. Cela se traduirait par une surcharge du serveur correspondant. [16]

- **Weighted Round Robin :**

Il est possible de compenser les faiblesses de l'algorithme traditionnel de Round Robin sur un serveur hétérogène en parc informatique en effectuant une distribution pondérée de Round Robin. Ici, les demandes entrantes sont distribuées en tenant compte du poids statique de chaque serveur. L'administrateur définit cette charge en amont. Il est possible ensuite d'attribuer au serveur le plus puissant une valeur de 100 et une valeur de 50 au plus faible. Dans une telle configuration, le serveur, dont la charge attribuée par le load balancer est de 100, obtiendrait deux demandes tandis que le serveur moins performant n'en recevrait qu'une. Le Weighted Round Robin est recommandé pour l'équilibrage des charges (load balancing) si les serveurs du cluster associés disposent de ressources inégales. [16]

- **LeastConnections :**

Lors de la distribution en série de demandes de serveur via l'équilibreur de charge, les deux algorithmes Round Robin ne prennent pas en compte le nombre de connexions que les serveurs secondaires doivent maintenir sur une période donnée. C'est pour cela qu'il est possible pour plusieurs connexions de s'accumuler sur un serveur du cluster. Cela entraîne une surcharge du serveur alors que celui-ci dispose de moins de connexions que les autres. C'est là que l'algorithme least connections peut vous être utile. Celui-ci distribue des demandes sur la base de connexions déjà existantes vers les serveurs correspondants : celui possédant le plus petit nombre de connexions actives obtient la demande suivante du load balancer. Cette méthode

d'équilibrage de charge (load balancing) est recommandée aux parcs informatiques de serveurs homogènes dont les ordinateurs disposent des mêmes ressources. Dans le cas contraire, il peut y avoir des retards en matière de réponses aux demandes. [16]

- **Weighted Least Connections :**

Si un cluster de serveurs présente des capacités différentes, un load balancing doit se baser sur la distribution pondérée des connexions existantes au lieu de prendre appui sur l'algorithme Least Connections. Pour cela, il faut prendre en compte tant le nombre de connexions actives d'un serveur que la charge définie par l'administrateur. Ainsi, la répartition de la charge est assurée au sein du cluster de serveurs. Les nouvelles demandes sont automatiquement attribuées par le Load Balancer aux serveurs dont le rapport de connexions actives pour leur charge suggère un volume très faible. [16]

3.4 Cluster haute disponibilité

Dans les clusters à haute disponibilité, il existe deux types de techniques :

3.4.1 Le Failover (basculement)

Le basculement est l'essence même du Clustering. Le basculement est le processus de relocalisation des services et des ressources d'un nœud qui échoue à un autre nœud opérationnel.

Si une ressource ne répond pas, le Gestionnaire de ressources tente de redémarrer la ressource dans le nœud où la ressource était opérationnelle avant l'échec. Si la tentative de redémarrage ne réussit pas, le Gestionnaire de ressources invoque le Gestionnaire de basculement, qui déplace la ressource (et le groupe auquel appartient la ressource) à un nœud disponible dans le cluster.

Lorsque toutes les ressources et tous les groupes ont été transférés avec succès, tous les membres de cluster actifs restants mettent à jour leurs bases de données de cluster pour refléter le nouvel état du cluster. [13]

3.4.2 Aperçu du processus de basculement

L'administrateur a configuré de sorte que le basculement du groupe 3 au nœud 1 se produit dans le cas de l'échec du nœud 2 et que le groupe 4 ne bascule pas comme indiqué sur la figure 2.4.

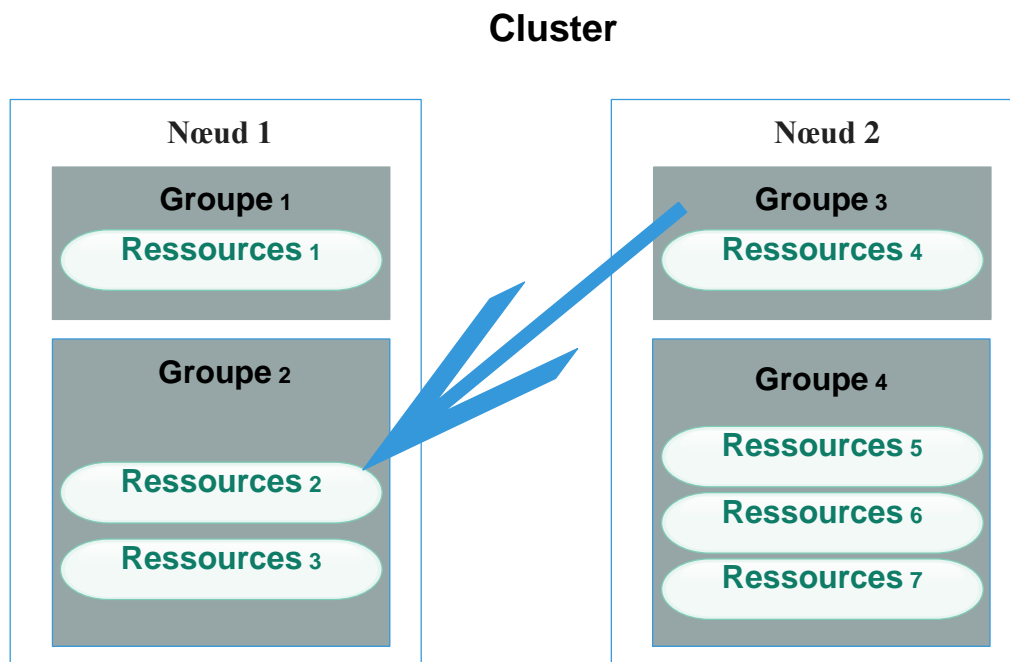


Figure 2.4: Le processus de basculement

3.4.3 Le Failback (la restauration)

Le Failback est l'inverse du Failover. Alors que le basculement survient lorsqu'un nœud échoue, le Failback survient lorsqu'un nœud redevient opérationnel. Failback, comme le Failover, est automatique et aucune intervention manuelle n'est requise. [13]

3.4.4 Modèle de cluster haute disponibilité [17]

- **Cluster actif / passif :**

Dans une configuration active/passive (ou asymétrique), les applications s'exécutent sur un serveur principal. Un serveur redondant dédié est présent pour prendre en charge les services en cas d'échec.

Le cluster actif/passif contient généralement deux nœuds identiques. Les applications de base de données des instances simples sont installées sur les deux nœuds, mais la base de données est située sur un stockage partagé.

En fonctionnement normal, l'instance de la base de données s'exécute uniquement sur le nœud actif. En cas de panne du système primaire (actif), le logiciel de regroupement transférera le contrôle du sous-système de disque sur le système secondaire (passif). Dans le cadre du processus de basculement.

Cette configuration est la plus simple et la plus fiable, mais nécessite généralement le plus de matériel supplémentaire.

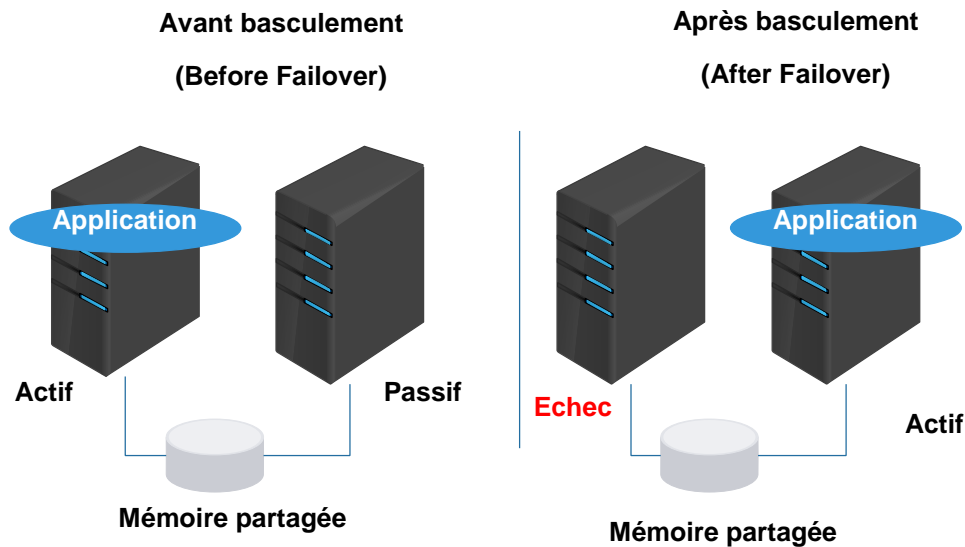


Figure 2.5: Cluster actif/passif

- **Cluster actif/actif**

Dans cette configuration, chaque serveur est configuré pour exécuter une application ou un service spécifique et fournir une redondance pour son homologue. Dans cet exemple, chaque serveur exécute un groupe de service d'application et en cas d'échec, l'autre serveur actif héberge les deux groupes d'applications. Cela n'est généralement possible que lorsque les nœuds utilisent une configuration logicielle homogène.

Les instances doivent communiquer entre elles pour négocier l'accès aux données partagées dans la base de données. En cas d'échec d'un serveur, le serveur restant peut continuer à traiter la charge de travail et même les sessions défailtantes peuvent être reconnectées. Les configurations actif/actif sont plus efficaces en termes d'utilisation du matériel. Le bénéfice d'un cluster actif/actif sur un cluster actif/passif est que, pendant le traitement normal, la charge de travail peut être partagée entre les deux serveurs du cluster avec un minimum de perte de puissance de traitement.

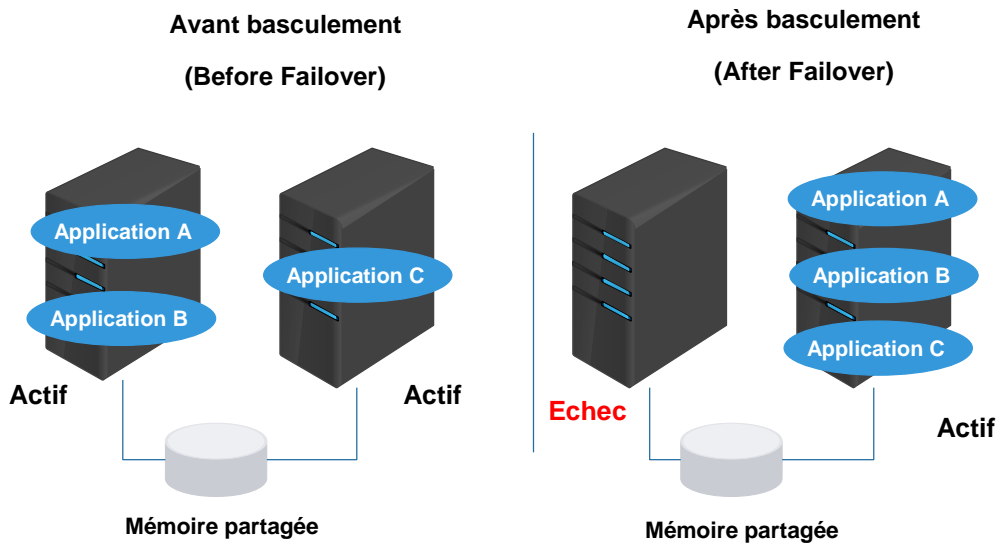


Figure 2.6: Cluster actif/actif

- **Cluster N-à-1**

Cette configuration permet au nœud en veille (en mode Standby) de devenir temporairement actif, jusqu'à ce que le nœud d'origine puisse être restauré et ramené en ligne.

Dans un cluster multi-nœuds, chaque serveur de secours en mode passif peut être la cible de basculement pour plus d'un des serveurs actifs. Le serveur passif est habituellement inactif ; il ne devient actif que si un autre serveur du cluster échoue. N représente le nombre de serveurs actifs et 1 représente le nœud de secours.

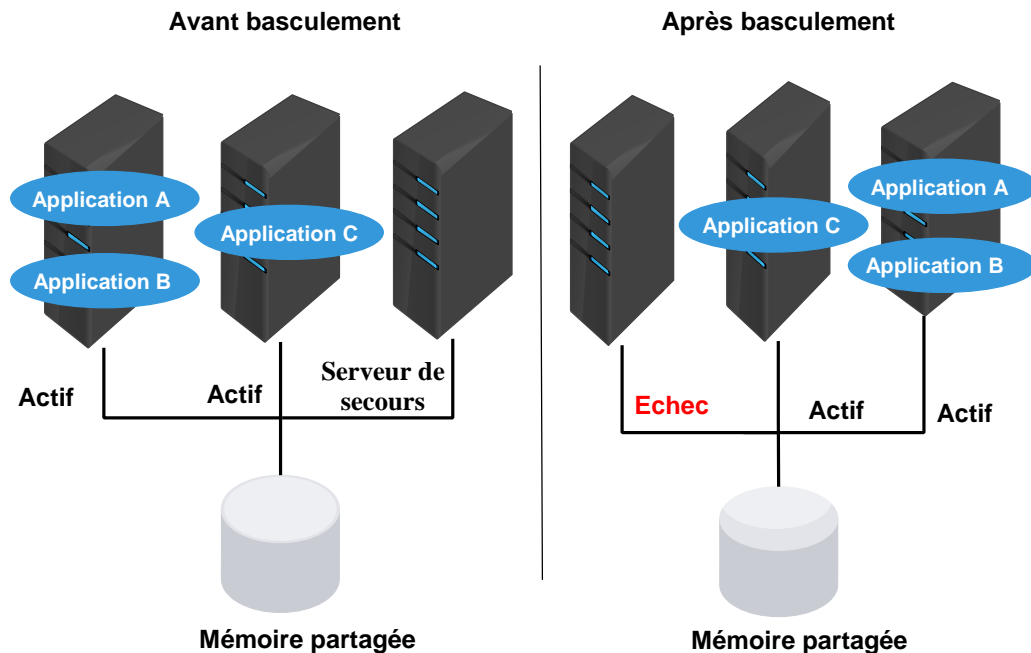


Figure 2.7: Cluster N à 1

Une configuration de basculement N-à-1 réduit le coût de la redondance matérielle et fournit toujours un serveur de secours spécialisé. Cette configuration est basée sur le concept selon lequel de multiples pannes de serveur simultanées sont improbables ; par conséquent, un seul serveur redondant peut protéger plusieurs serveurs actifs.

Le problème avec cette conception est le problème de la sauvegarde. Le serveur de secours doit revenir à son état d'origine afin qu'il puisse être disponible pour les éventuels failovers des autres serveurs. Dans le modèle N-à-1, une fois qu'un serveur échoué est ramené en ligne, sa charge de travail doit également être ramenée en ligne à partir du serveur sur lequel il a échoué (Failback).

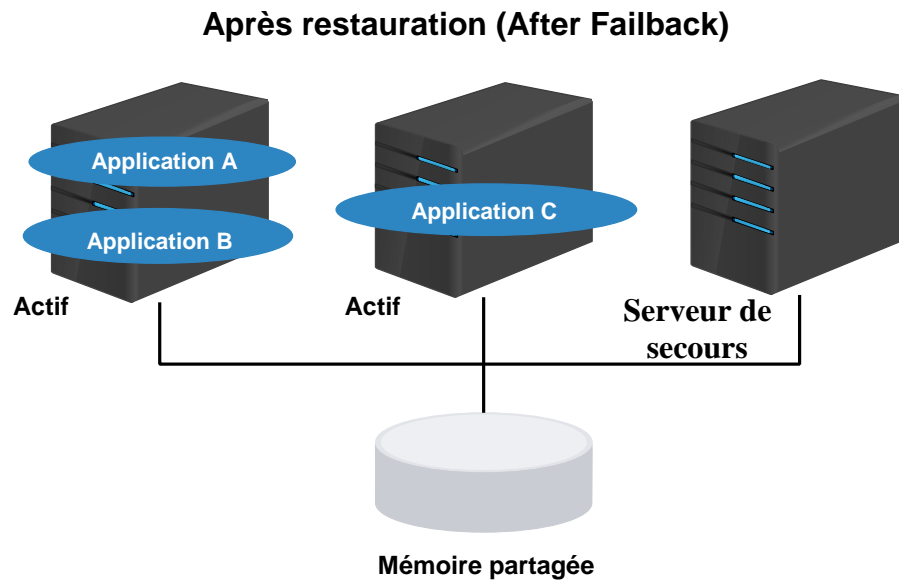


Figure 2.8: Cluster N à 1 (Failback)

- **Cluster N+1**

Cette configuration fournit un nœud supplémentaire unique qui est mis en ligne pour prendre en charge le rôle du nœud qui a échoué. Dans le cas d'une configuration logicielle hétérogène sur chaque nœud principal, le nœud supplémentaire doit être universellement capable d'assumer l'un des rôles des nœuds primaires dont il est responsable.

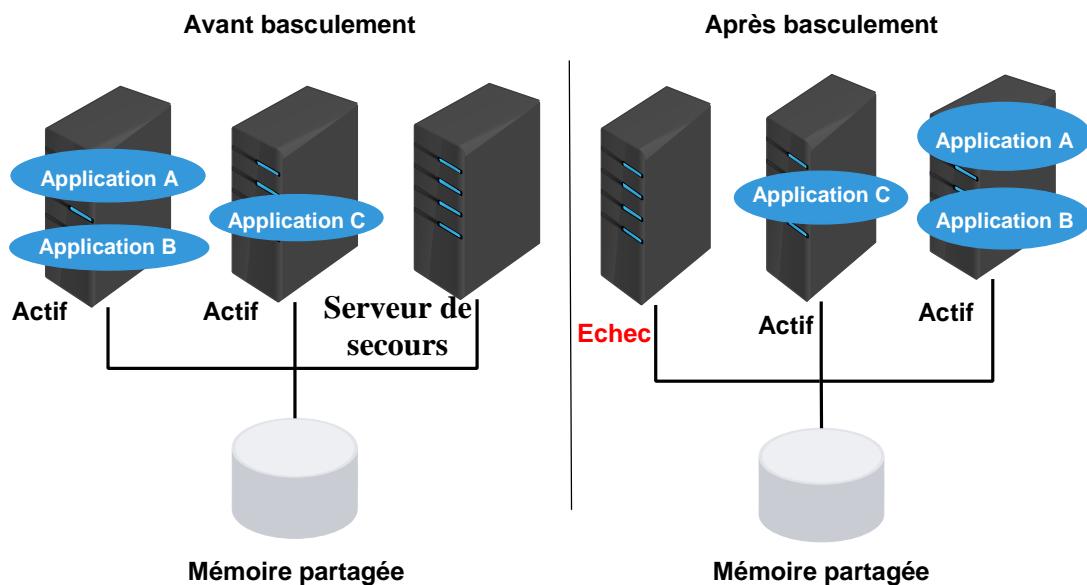


Figure 2.9: Cluster N+1

Lorsqu'un serveur échoue, le groupe de service applicatif redémarre sur les serveurs de secours mais le serveur défaillant devient lui-même en réserve après réparation. Avec cet arrangement, tout serveur du cluster peut servir de réserve pour tout autre serveur.

Cela permet tous les avantages du regroupement asymétrique, avec une réserve entièrement disponible sans problèmes de performance ou d'interopérabilité. Le regroupement $N + 1$ est beaucoup plus rentable du point de vue du serveur que les configurations active / passive ou même active / active et n'a pas les inconvénients du cluster N -à- 1 décrit ci-dessus.

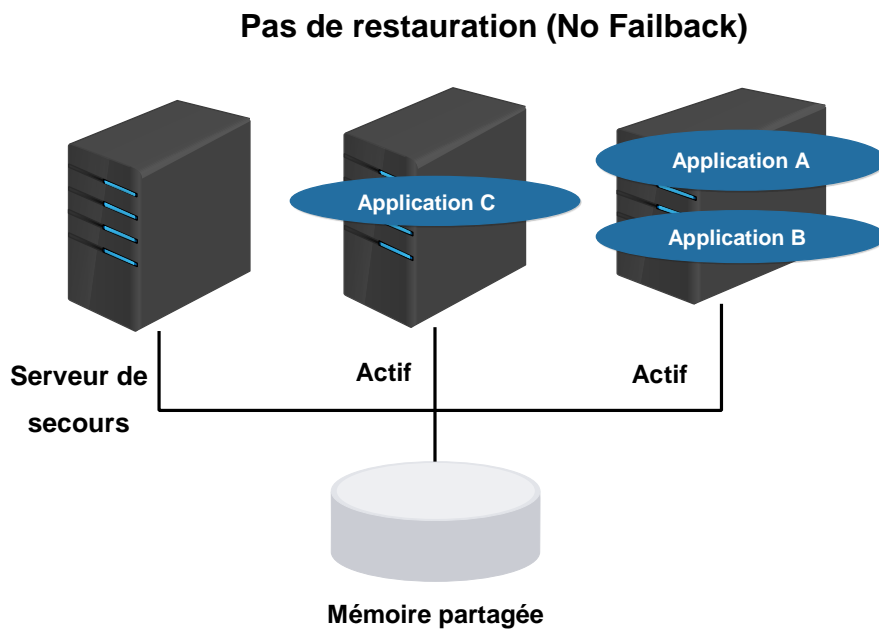


Figure 2.10: Cluster N+1 (No Failback)

- Cluster N+M

Dans les cas où un seul cluster gère plusieurs services, le fait d'avoir un seul nœud de basculement dédié peut ne pas offrir une redondance suffisante.

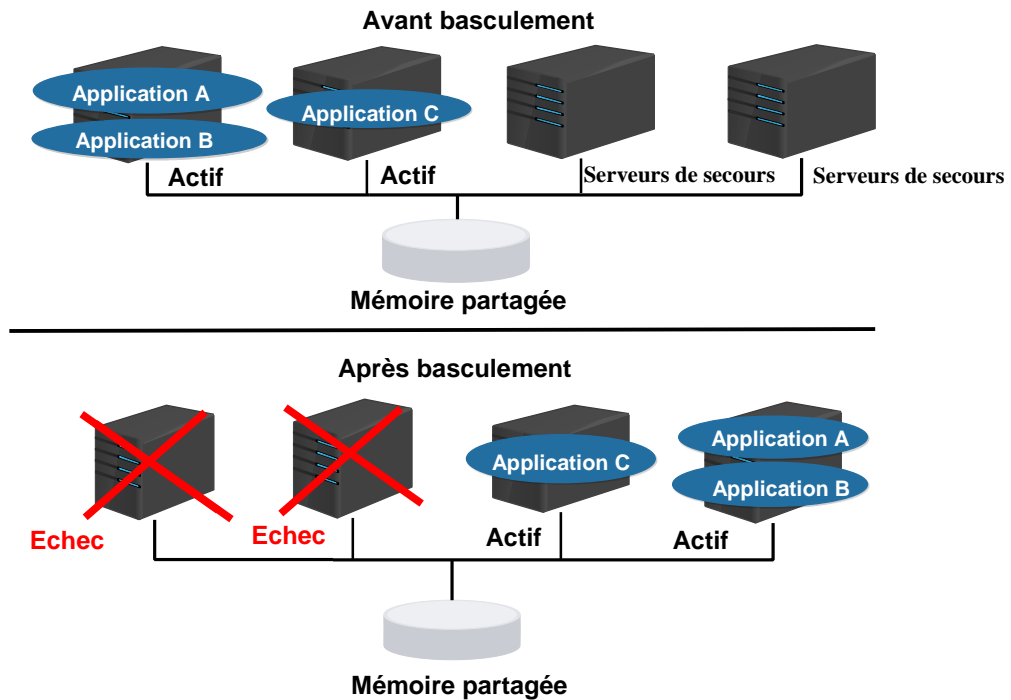


Figure 2.11: Cluster N+M

Dans de tels cas, plus d'un (M) serveurs de secours sont inclus et disponibles.

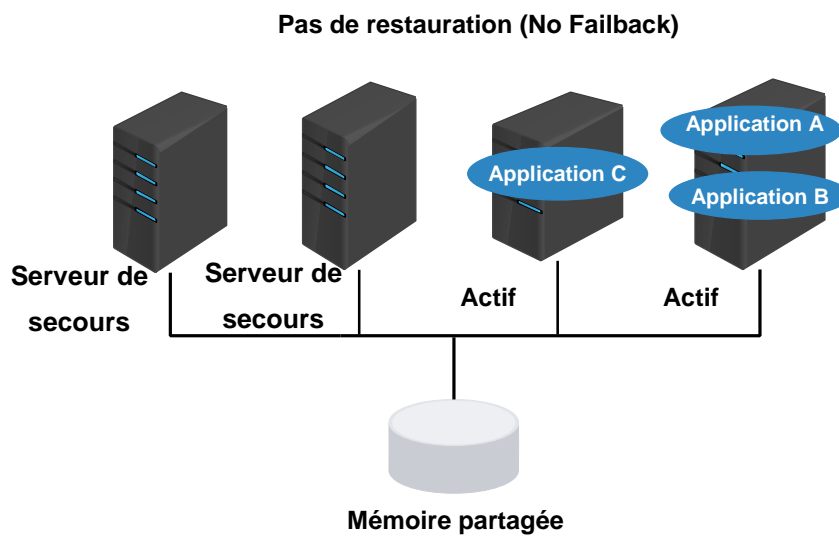


Figure 2.12: Cluster N+M (No Failback)

- Cluster N-à-N

Cette configuration est une combinaison de clusters Active/Active et N+M. Les clusters N à N redistribuent les services ou les instances du nœud défectueux sur les nœuds actifs restants.

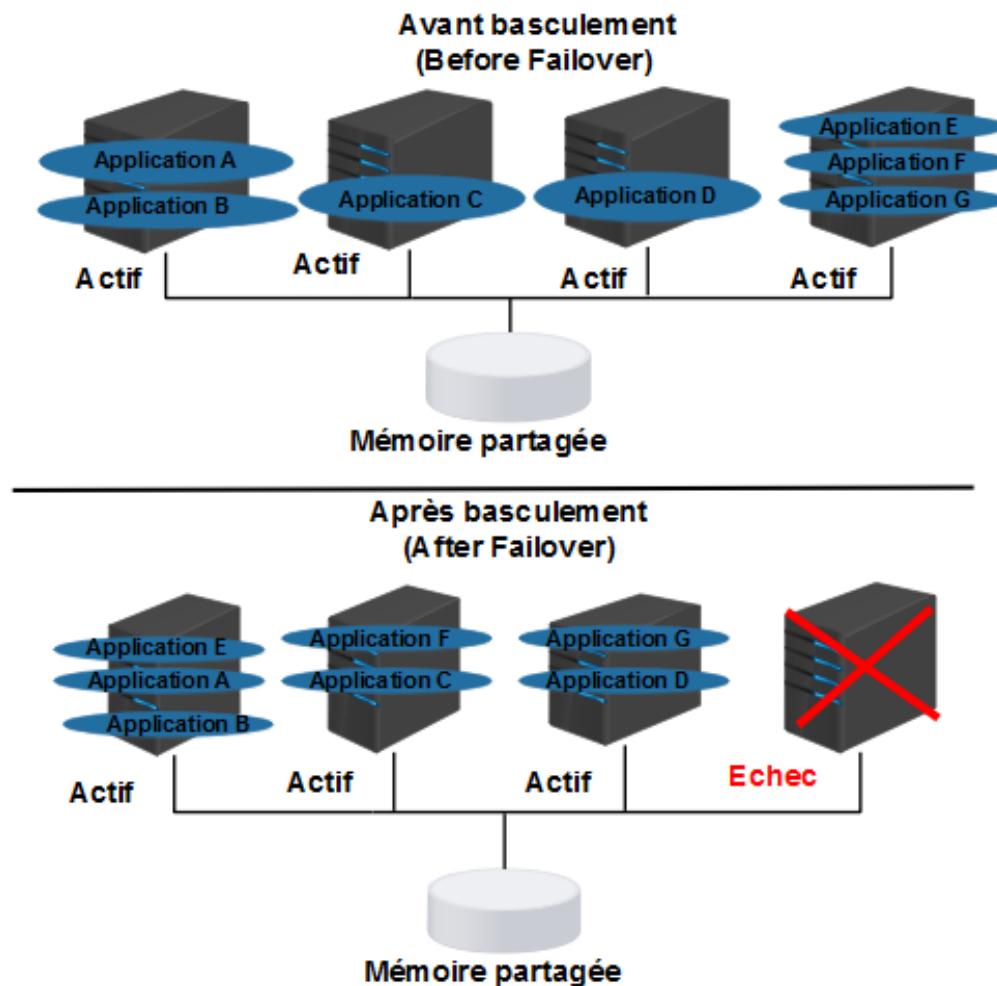


Figure 2.13: Cluster N à N

Le cluster N-à-N est la configuration de basculement la plus complexe et elle est généralement utilisée dans une architecture hautement disponible prenant en charge plusieurs applications dans un environnement de consolidation de serveur.

Par exemple, imaginez un cluster à 4 nœuds, chaque nœud prenant en charge trois instances de base de données critiques. En cas d'échec d'un nœud, chaque instance est lancée sur un nœud différent, en veillant à ce qu'aucun nœud unique ne soit surchargé.

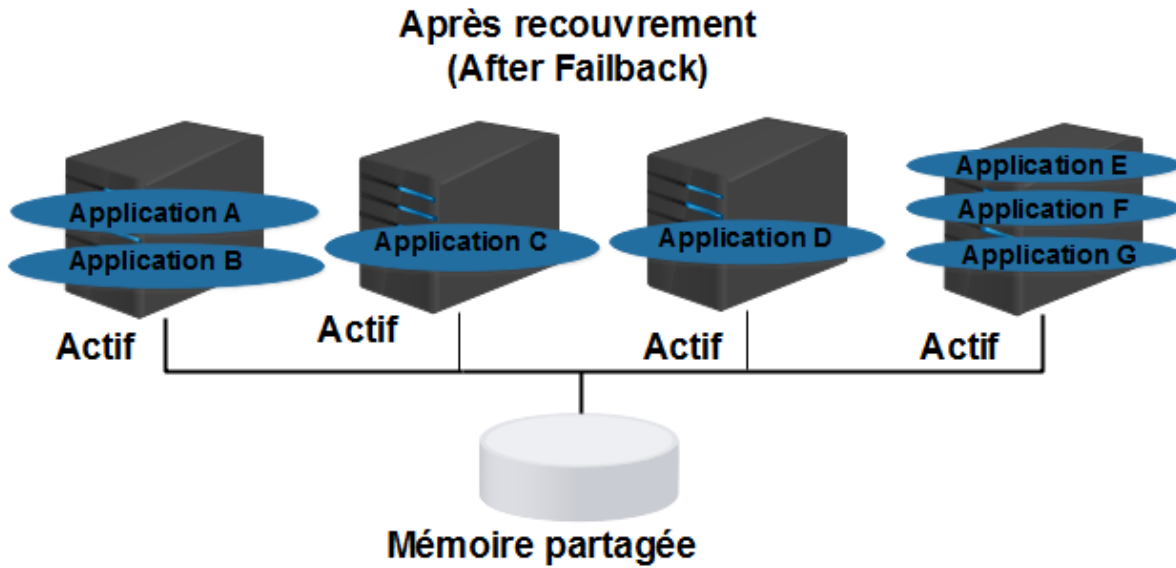


Figure 2.14: Cluster N+N (failback)

Conclusion

Durant ce chapitre, nous avons exposé les différentes techniques de tolérance aux pannes qui nous permettent de garantir une haute disponibilité dans les environnements serveurs.

Dans le chapitre qui suit, nous nous focaliserons sur une des techniques de tolérance aux pannes à savoir le clustering de serveurs.

CHAPITRE 3

Windows Server 2012 R2

Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons les différents composants du cluster de serveur de Windows Server 2012. Nous nous focaliserons sur un point clé de notre projet qui nous permettra de réaliser notre application à savoir le Clustering de basculement offert par Windows Server 2012, puis nous définirons le service d'annuaire Active Directory et nous terminerons par définir quelques modules de Windows Server 2012 à savoir SQL Server 2012 et Microsoft Exchange

1. Définition du système d'exploitation Windows server 2012

Windows server 2012 est un système d'exploitation développé par Microsoft destiné à la gestion des serveurs publié officiellement le 1^{er} Aout 2012. Windows Server 2012 dispose de quatre éditions: Foundation, Essentials, Standard et Datacenter. [18]

2. Améliorations dans Windows Server 2012

Les améliorations majeures dans cette version de Windows par rapport à celles de 2008 sont les suivantes :

- Il est prêt à être intégré aux systèmes en Cloud et il peut encore maintenir les fonctionnalités classiques des Datacenters locaux.
- Il permet de créer des répliquions de machines virtuelles entre clusters et systèmes de stockage.
- Les disques de stockages virtuels peuvent être déplacés entre les disques physiques des serveurs.
- Les pools de stockage et les espaces de stockage permettent de regrouper les disques durs sur un ou plusieurs pools de stockage puis de créer des disques virtuels.
- L'iSCSI Target Server peut offrir des blocs de stockage à d'autres serveurs et applications sur le réseau à l'aide de la norme iSCSI.

3. Les différentes éditions de Windows Server 2012 R2 [18]

Windows server 2012 R2 est disponible en quatre versions. Chacune offre plus ou moins de fonctionnalités.

- **Windows server 2012 R2 Foundation**

Utile pour de petites entreprises mettant en place leur premier serveur. Toutes les fonctionnalités essentielles sont présentes. Cette licence a une limitation de 15 utilisateurs par serveur. Elle ne prend pas en charge la virtualisation. Le serveur doit être hébergé sur la machine physique.

- **Windows server 2012 R2 Essentials**

À destination des petites et moyennes entreprises comme pour la version Foundation, elle accorde une limitation plus grande en autorisant 25 utilisateurs. Elle ne prend pas en charge la virtualisation. Le serveur peut être hébergé sur une machine physique ou virtuelle.

- **Windows server 2012 R2 Standard Edition**

Offre toutes les fonctionnalités du produit, elle permet peu de machines virtuelles à savoir deux.

- **Windows server 2012 R2 Datacenter :**

Utilise un nombre important de machines virtuelles, elle donne accès à l'ensemble des fonctionnalités ainsi qu'à un droit de virtualisation illimité.

4. Configuration système requise

Les principales exigences sont les suivantes:

- Processeur de 1.4GHz (processeur 64-bit) ou plus rapide pour un seul cœur. Microsoft recommande un processeur de 3,1 GHz (processeur 64 bits) ou un multi-cœur plus rapide.
- Mémoire RAM de 2GB. Microsoft recommande une RAM de 8GB.
- Disque dur de 160 Go avec un espace de partition système de 60 Go dans votre disque dur.

5. Rôles et fonctionnalités de Windows Server

Windows Server inclus plusieurs rôles et plusieurs fonctionnalités. Sous power Shell saisir la commande **Get-WindowsFeature** pour avoir les informations sur les rôles et fonctionnalités Windows serveur.

Le tableau suivant illustre quelques fonctionnalités et rôles de Windows Server 2012 :

Fonctionnalités	Rôles
Microsoft .NET Framework 3.5	Services de Certificat Active Directory (AD CS)
Microsoft .NET Framework 4.5	Services de domaine Active Directory (AD DS)
Windows PowerShell	DHCP
Service de transfert intelligent en arrière-plan (BITS)	DNS
Équilibrage de la charge réseau	Services de fichiers (dont le Gestionnaire de ressources du serveur de fichiers)
Protocol PNRP (Peer Name Resolution Protocol)	Services AD LDS (Active Directory Lightweight Directory Services)
Expérience audio-vidéo haute qualité Windows	Hyper-V
Data Center Bridging (DCB)	Services d'impression et de numérisation de document
Stockage étendu	Services de diffusion multimédia en continu
Clusters de basculement	IIS (dont une partie d'ASP.NET)
Services TCP/IP simples	Services WSUS (Windows Server Update Services)
Proxy RPC sur HTTP	AD RMS (Active Directory Rights Management Server)
Serveur SMTP	Services de Certificat Active Directory (AD CS)
Service SNMP	Services de domaine Active Directory (AD DS)
Client Telnet	DHCP
Serveur Telnet	DNS
Client TFTP	Services de fichiers (dont le Gestionnaire de ressources du serveur de fichiers)

Tableau 3.1 : Rôles et fonctionnalités WS 2012

5.1 Active directory

5.1.1 Définition

Active Directory est un ensemble de services d'annuaire. Il sert à recenser les ressources présentes sur un réseau. Ces services d'annuaire sont intégrés aux versions Server de Windows depuis la version 2000. Ils ont pour fonction principale de centraliser l'administration des ressources des réseaux, même les plus grands, tout en apportant une sécurité élevée et une souplesse de déploiement et d'utilisation.

Active Directory est avant tout une base de données, qui contient la liste de l'ensemble des ressources (utilisateurs, ordinateurs, serveurs, partages réseau, imprimantes, etc.) proposées sur un réseau donné, typiquement une forêt composée de domaines.

Dernier aspect important d'Active Directory : la réplication. En effet, pour permettre une haute disponibilité, une sécurisation et de bonnes performances d'accès à son contenu, les informations sont répliquées sur tous les contrôleurs de domaine de l'étendue du réseau. C'est-à-dire qu'il existera plusieurs copies de l'annuaire sur un même réseau et qu'elles seront synchronisées pour répliquer toute modification faite au niveau de l'une de ses copies. L'organisation des domaines Active Directory repose sur une distribution précise des rôles, et la gestion de l'annuaire demande une configuration rigoureuse. [19]

5.1.2 Avantages offerts par Active Directory

L'introduction d'Active Directory dans le système d'exploitation Windows 2000 apporte les avantages suivants :

- **Intégration avec DNS**

Active Directory utilise le système DNS (Domain Name System). DNS est un service standard Internet qui convertit les noms d'ordinateur lisibles par les utilisateurs (comme mon_ordinateur.microsoft.com) en adresses IP (Internet Protocol) numériques lisibles par les ordinateurs. Ainsi, des processus s'exécutant sur des ordinateurs inscrits dans des réseaux TCP/IP peuvent s'identifier et se connecter entre eux.

- **Capacités d'extension**

Active Directory est extensible. En d'autres termes, les administrateurs peuvent ajouter de nouvelles classes d'objets au schéma et de nouveaux attributs aux classes d'objets existantes. Le schéma contient une définition de toutes les classes d'objets et de leurs attributs, qui peuvent être enregistrés dans l'annuaire. Par exemple, vous pouvez ajouter un attribut Autorisation

d'achat à l'objet Utilisateur, puis enregistrer la limite d'autorisation d'achat de chaque utilisateur dans son compte d'utilisateur

- **Administration par stratégie**

Les stratégies de groupe sont des paramètres de configuration appliqués aux ordinateurs ou aux utilisateurs lors de leur initialisation. Tous les paramètres de stratégie de groupe sont contenus dans les objets **Stratégie de groupe** (GPO) appliqués aux sites, aux domaines ou aux unités d'organisation Active Directory. Les paramètres GPO définissent l'accès aux objets d'annuaire et aux ressources de domaine, les ressources de domaine (telles que les applications) mises à la disposition des utilisateurs et la configuration de ces ressources.

- **Adaptabilité.**

Active Directory inclut un ou plusieurs domaines, possédant chacun un ou plusieurs contrôleurs de domaine, vous permettant d'adapter l'annuaire aux conditions requises par le réseau. Plusieurs domaines peuvent être associés dans une arborescence de domaines et plusieurs arborescences de domaines peuvent être regroupées dans une forêt. La structure la plus simple possible, un réseau à un seul domaine, est à la fois une arborescence unique et une forêt unique.

- **Réplication d'informations.**

Active Directory utilise la réplication multi-maître, qui vous permet de mettre à jour l'annuaire sur n'importe quel contrôleur de domaine. Le déploiement de plusieurs contrôleurs de domaine dans un seul domaine garantit la tolérance aux pannes et l'équilibrage de charge. Si le fonctionnement d'un contrôleur de domaine au sein d'un domaine ralentit, s'arrête ou échoue, les autres contrôleurs du même domaine peuvent fournir un accès à l'annuaire, étant donné qu'ils possèdent les mêmes données d'annuaire.

- **Sécurité des informations**

La gestion de l'authentification des utilisateurs et le contrôle d'accès, tous deux entièrement intégrés dans Active Directory. Le contrôle d'accès peut être défini non seulement sur chaque objet de l'annuaire, mais aussi sur chaque propriété de ces objets. En outre, Active Directory fournit à la fois le stockage et l'étendue d'application des stratégies de sécurité.

- **Interopérabilité**

Comme Active Directory s'appuie sur des protocoles d'accès aux annuaires standard, tels que LDAP (Lightweight Directory Access Protocol), il peut fonctionner avec d'autres services d'annuaire utilisant ces protocoles. Plusieurs interfaces de programmation d'applications (API), telles que l'interface ADSI (Active Directory Service Interface), permettent aux développeurs d'accéder à ces protocoles.

5.1.3 Le contrôleur de domaine

Lorsqu'un un domaine est créé, le serveur depuis lequel cette création est effectuée est promu au rôle de « contrôleur de domaine » du domaine créé, ce qui implique qu'il sera au cœur des requêtes à destination de ce domaine. De ce fait, il devra vérifier les identifications des objets, traiter les demandes d'authentification, veiller à l'application des stratégies de groupe ou encore stocker une copie de l'annuaire Active Directory.

Un contrôleur de domaine est indispensable au bon fonctionnement du domaine, si l'on éteint le contrôleur de domaine ou qu'il est corrompu, le domaine devient inutilisable.

De plus, lorsque le premier contrôleur de domaine est créé, on crée également le premier domaine, la première forêt, ainsi que le premier site.

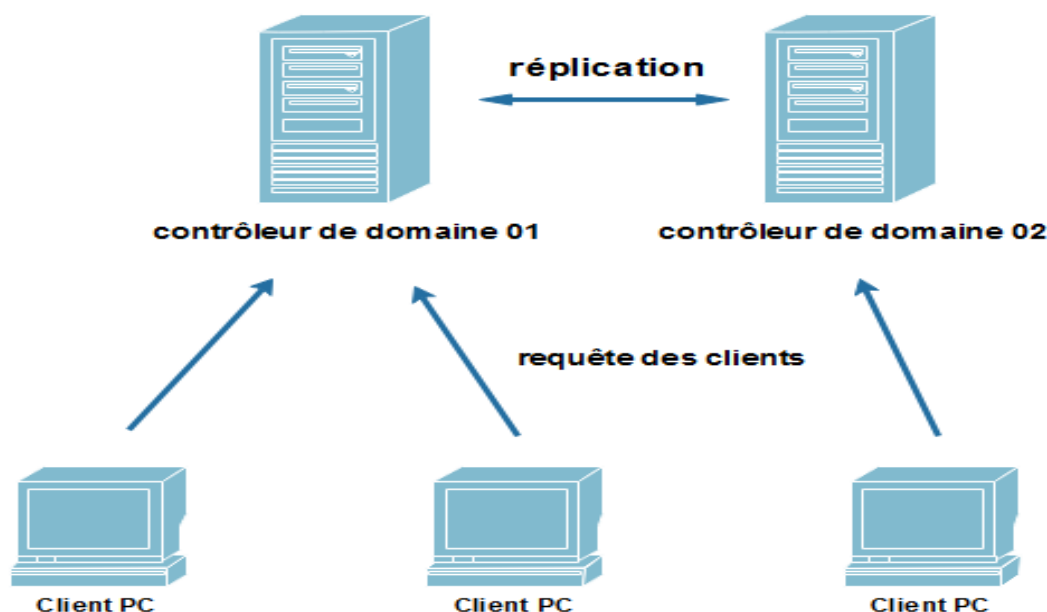


Figure 3.1: Contrôleur de domaine

5.1.4 Le serveur DNS

Le service Serveur DNS est intégré à la conception et à l'implémentation des services de domaine Active Directory (AD DS). Les services de domaine Active Directory procurent un outil pour l'organisation, la gestion et la localisation des ressources sur un réseau.

Lorsqu'un serveur DNS (Domain Name System) est déployé avec les services de domaine Active Directory, les points suivants sont considérés :

- DNS est obligatoire pour la localisation des contrôleurs de domaine. Le service ouverture de session réseau utilise la prise en charge des serveurs DNS pour assurer l'inscription des contrôleurs de domaine dans votre espace de noms de domaine DNS.
- Les serveurs DNS exécutant Windows Server peuvent utiliser les services du domaine Active Directory pour le stockage et la réplication de vos zones.

5.2 Stockage en réseau iSCSI

iSCSI est une abréviation de Internet Small Computer System Interface. C'est un protocole de stockage en réseau basé sur le protocole IP destiné à relier les installations de stockage de données.

En transportant les commandes SCSI sur les réseaux IP, iSCSI est utilisé pour faciliter les transferts de données sur les intranets et gère le stockage sur de longues distances.

iSCSI peut être utilisé pour transmettre des données sur des réseaux locaux (LAN), réseaux étendus (WAN) ou Internet et peut permettre d'être indépendant sur l'emplacement physique du stockage ou de la récupération de données.

Le protocole permet aux clients (appelés initiateurs) d'envoyer des commandes SCSI à des périphériques de stockage SCSI (targets) sur des serveurs distants. Il s'agit d'un protocole de SAN (Storage Area Network), qui permet de rassembler les ressources de stockage dans un centre de données tout en donnant l'illusion que le stockage est local. [12]

5.2.1 Composants de L'iSCSI

Les éléments composant une infrastructure iSCSI sont de plusieurs types:

- un Initiator, composant logiciel côté du serveur hôte, comportant un pilote pour gérer et transporter les blocs de commandes sur le réseau IP. Chaque hôte est identifié par un nom unique.
- une Cible (ou Target), périphérique qui reçoit et traite les commandes; c'est typiquement un périphérique de stockage, mais cela peut aussi être un pont réseau entre IP et Fibre Channel.

5.2.2 Fonctionnement de l'iSCSI

La technologie iSCSI transporte des blocs de données entre un initiateur iSCSI, installé sur un serveur, et une cible iSCSI, installée sur un dispositif de stockage.

Le protocole iSCSI encapsule les commandes iSCSI et assemble les données en paquets destinés à la couche TCP/IP. Les paquets sont acheminés sur le réseau via une connexion de point à point. A leur arrivée, le protocole iSCSI désassemble les paquets, isolant ainsi les commandes SCSI afin que le système d'exploitation identifie l'emplacement du stockage en tant que périphérique SCSI local formatable de manière habituelle.

Ce schéma illustre comment un simple déploiement stockage SAN iSCSI peut partager la même infrastructure que les autres ordinateurs du réseau.

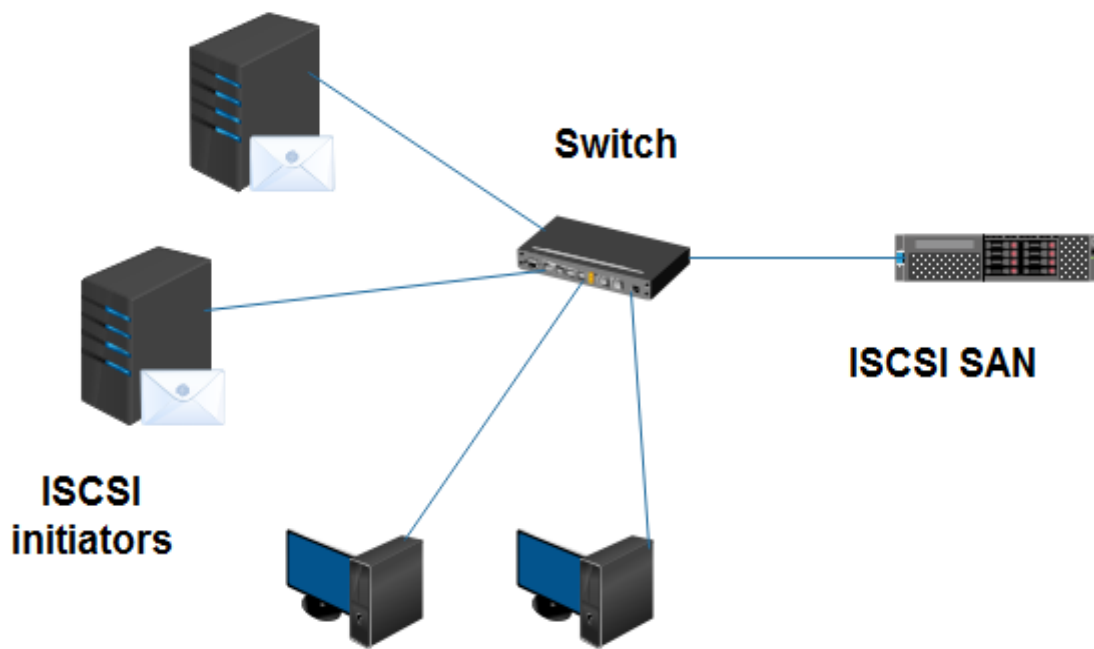


Figure 3.2: Infrastructure de stockage SAN iSCSI

Un initiateur iSCSI est un composant matériel ou logiciel installé sur un serveur. Il envoie des données à une batterie de stockage ou une cible iSCSI ou en reçoit de celle-ci.

5.2.3 Avantages du protocole iSCSI

- Etant donné qu'il utilise la norme Ethernet, le protocole iSCSI ne requiert aucun des commutateurs ou adaptateurs, coûteux et parfois complexes, nécessaires aux réseaux FC (Fibre Channel). Cette technologie est ainsi plus économique et plus facile à administrer.
- Un SAN iSCSI peut être mis en œuvre avec des cartes réseau et des commutateurs Ethernet classiques, et peut fonctionner sur un réseau existant.

6. Cluster de serveur Microsoft

Un cluster est un ensemble d'ordinateurs indépendants qui fonctionnent ensemble pour augmenter la disponibilité de services et d'applications. Les serveurs en cluster (appelés nœuds)

sont connectés par des câbles physiques et par des logiciels. Si l'un des nœuds n'est pas disponible, un autre prend sa place pour fournir le service via un processus appelé « le basculement ». [20]

L'interface Gestionnaire du cluster de basculement est utilisée pour valider les configurations de clusters de basculement, pour créer et gérer les clusters de basculement et pour migrer certains paramètres vers un cluster exécutant le système d'exploitation Windows Server 2012 R2.

L'invite de commandes de Windows PowerShell peut aussi être utilisée pour configurer et gérer des clusters de basculement.

La capacité de gérer l'échec permet aux clusters de serveurs de satisfaire les exigences de haute disponibilité, ce qui permet aux utilisateurs d'accéder à un service pendant un pourcentage élevé de temps tout en réduisant les pannes imprévues.

Dans un cluster de serveurs, chaque serveur possède et gère ses périphériques locaux et possède une copie du système d'exploitation et des applications ou des services gérés par le cluster. Les périphériques communs au cluster, tels que les disques dans les tableaux de disques courants (RAID) et les supports de connexion pour accéder à ces disques, sont détenus et gérés par un seul serveur à la fois. Pour la plupart des clusters de serveurs, les données de l'application sont stockées sur des disques dans l'un des tableaux de disques courants, et ces données sont accessibles uniquement au serveur qui possède actuellement l'application ou le service correspondant.

Les clusters de serveurs sont conçus pour que les serveurs du cluster travaillent ensemble pour protéger les données, garder les applications et les services en cours d'exécution après une panne sur l'un des serveurs et maintenir la cohérence de la configuration du cluster au fil du temps.

6.1 Création d'un cluster à basculement

Voici les différentes étapes nécessaires à la création d'un cluster à basculement

- Vérification de la configuration matérielle et les exigences d'infrastructure requises pour un cluster de basculement.

- Installation la fonctionnalité Clustering avec basculement sur chaque serveur qui fera partie du cluster.
- Connecter les réseaux et le stockage que le cluster utilisera.
- Exécuter l'Assistant Validation d'une configuration sur tous les serveurs que vous souhaitez mettre en cluster afin de vérifier que le matériel et les paramètres du matériel des serveurs, du réseau et du stockage sont compatibles avec le Clustering avec basculement.
- Créez le cluster de basculement.

6.2 Dépendances sur d'autres technologies

Les clusters de serveurs nécessitent des technologies réseau qui utilisent des protocoles IP et dépendent des éléments de base suivants de l'infrastructure réseau:

- Le service d'annuaire Active Directory.
- Un service de résolution de noms, c'est-à-dire le service WINS (Windows Name Name), le système de noms de domaine (DNS) ou les deux.

En outre, pour l'adressage IP pour les clients, le protocole DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) est souvent utilisé.

7. SQL Server 2012

SQL Server est un système de gestion de base de données relationnelle développé et commercialisé par Microsoft, qui prend en charge une grande variété de transactions, de business intelligence et d'applications analytiques dans les environnements informatiques d'entreprise.

Il est construit sur SQL, un langage de programmation standardisé que les administrateurs de base de données et d'autres professionnels de l'informatique utilisent pour gérer les bases de données et interroger les données qu'ils contiennent.

Conclusion

Durant ce chapitre, nous avons pu cerner les composants nécessaires à la réalisation de notre application et aussi comprendre le fonctionnement du clustering de basculement de Windows Server 2012.

La suite de notre travail consiste à implémenter un cluster de serveurs en utilisant Windows Server 2012 ainsi que SQL Server 2012

CHAPITRE 4

Réalisation

Introduction

Après avoir présenté les éléments nécessaires à notre travail, vient alors l'étape de la réalisation où l'on va présenter notre environnement de travail, ensuite nous présenterons la façon dont la solution fonctionne avec ses différentes interfaces.

1. Présentation des logiciels et matériels utilisés :

Durant la réalisation de notre travail, nous avons utilisé un micro-ordinateur possédant les caractéristiques suivantes :

- Un microprocesseur Intel CORE i3 Duo.
- Une RAM de 8Go.
- Disque dur de 300 Go.

Ainsi que le système d'exploitation **Windows 7 Edition intégrale** sur lequel sont installés les logiciels suivants :

- **VMware Workstation 12 Pro:** VMware crée un environnement clos dans lequel sont disponible un, deux, quatre ou huit processeur(s) (vCPU), des périphériques et un BIOS virtuel.
- **Windows Server 2012.**
- **SQL Server 2012.**

2. Etapes de la réalisation du cluster de basculement de Windows Server 2012

Dans cette section, nous allons présenter les différentes étapes du processus de création d'un cluster de basculement sous l'environnement Windows Server.

Les schémas suivants résument les étapes de réalisation.

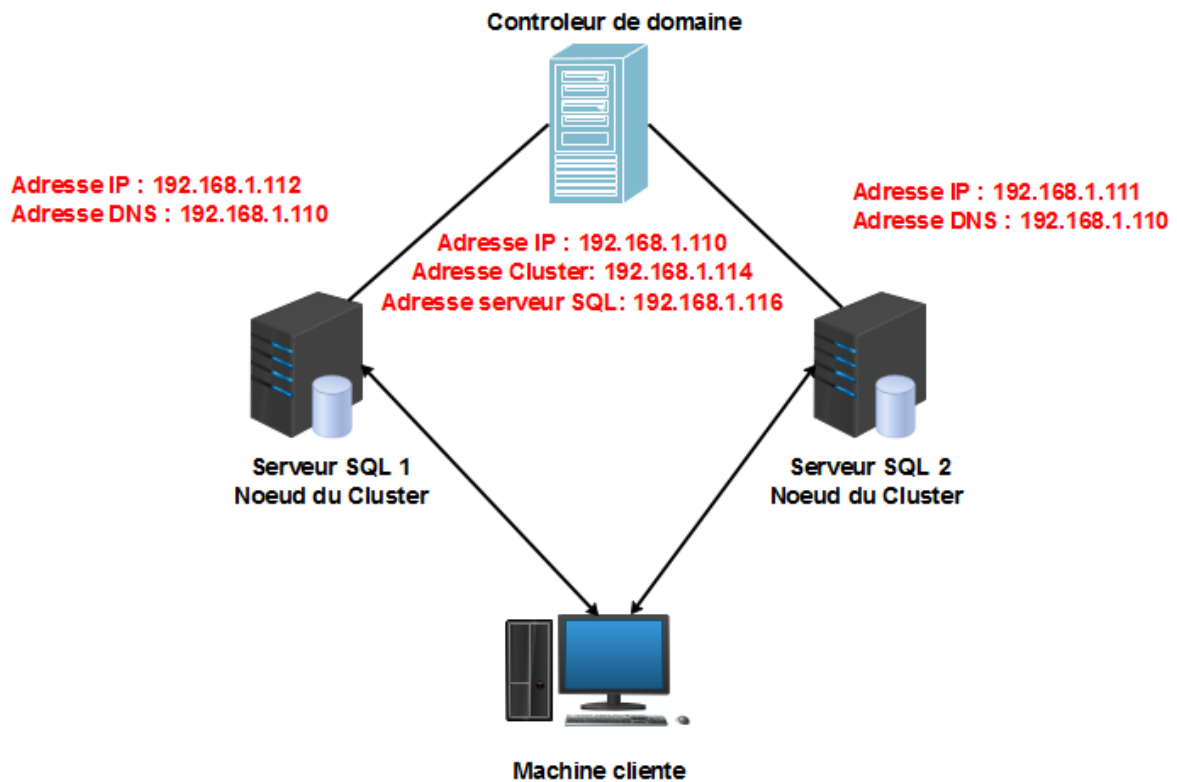


Figure 4.1: Schéma physique de l'infrastructure

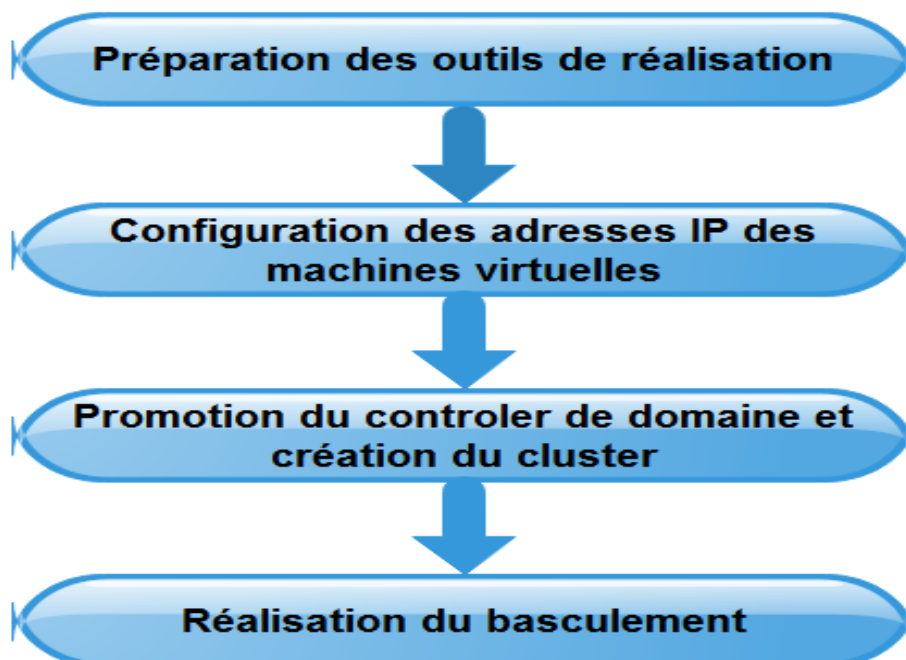


Figure 4.2 : Schéma logique de l'infrastructure

Les différentes étapes sont détaillées et structurées comme suite :

- Installation de la VMware Workstation 12 Pro.
- Création de 3 machines virtuelles sur lesquelles est installé Windows Server 2012.

La première machine constituera le contrôleur du domaine, et les deux autres constitueront les nœuds du cluster de basculement.

- Modifier les paramètres des cartes réseau des serveurs.
- Ajout de la fonctionnalité Clustering de Basculement sur les nœuds afin de constituer le cluster.
- Installation et promotion du contrôleur de domaine.
- Ajout des nœuds serveur1 et serveur2 au domaine créé.
- Installation de l'iSCSI sur le contrôleur de domaine.
- Création des disques partagés pour les données ainsi que le disque quorum.
- Validation et création de cluster.
- Installation de SQL Server 2012 sur les nœuds du cluster en spécifiant une installation clustering a basculement (new SQL Server failover cluster installation).

3. Installation de VMware Workstation 12 Pro et Windows server 2012

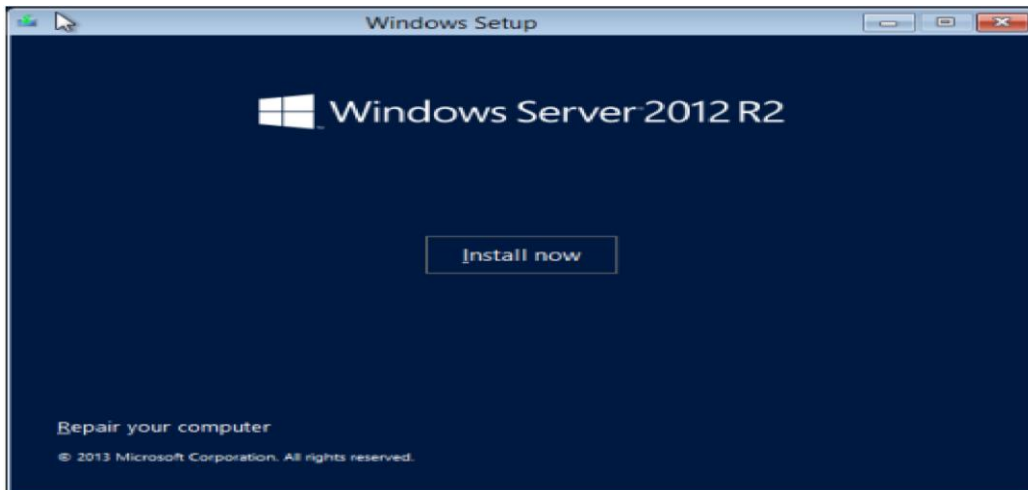
Afin de faire fonctionner les différents serveurs sur notre machine physique, nous avons procédé par l'installation de l'outil de virtualisation VMware.

- Installation de Windows Server 2012 R2

Pour que nous puissions réaliser notre travail, nous avons besoin de créer 3 machines virtuelles sur lesquelles nous installer Windows Server 2012 R2.

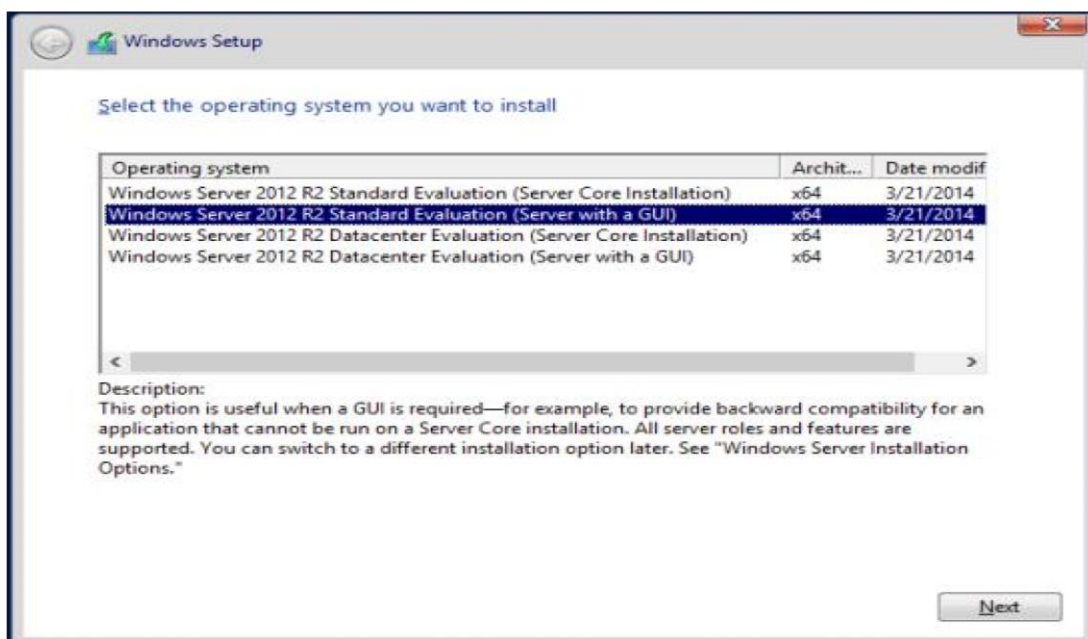
Parmi ces machines, la première représentera le contrôleur du domaine où sera installé l'Active Directory Domain Service, et les deux autres représenteront les nœuds du cluster sur lesquelles seront installés les fonctionnalités de clustering de basculement ainsi que le serveur SQL Server 2012.

Les images suivantes illustrent les différentes étapes d'installation.



Afin d'installer Windows Server 2012 R2, nous cliquons sur Install now.

Une fois cette étape franchis, une autre fenêtre s'affiche. Elle nous demande de choisir la version de Windows Server à installer et nous choisissons la version Datacenter avec une interface graphique (Server with GUI) et nous cliquons sur next.



4. Modifier les paramètres des cartes réseaux

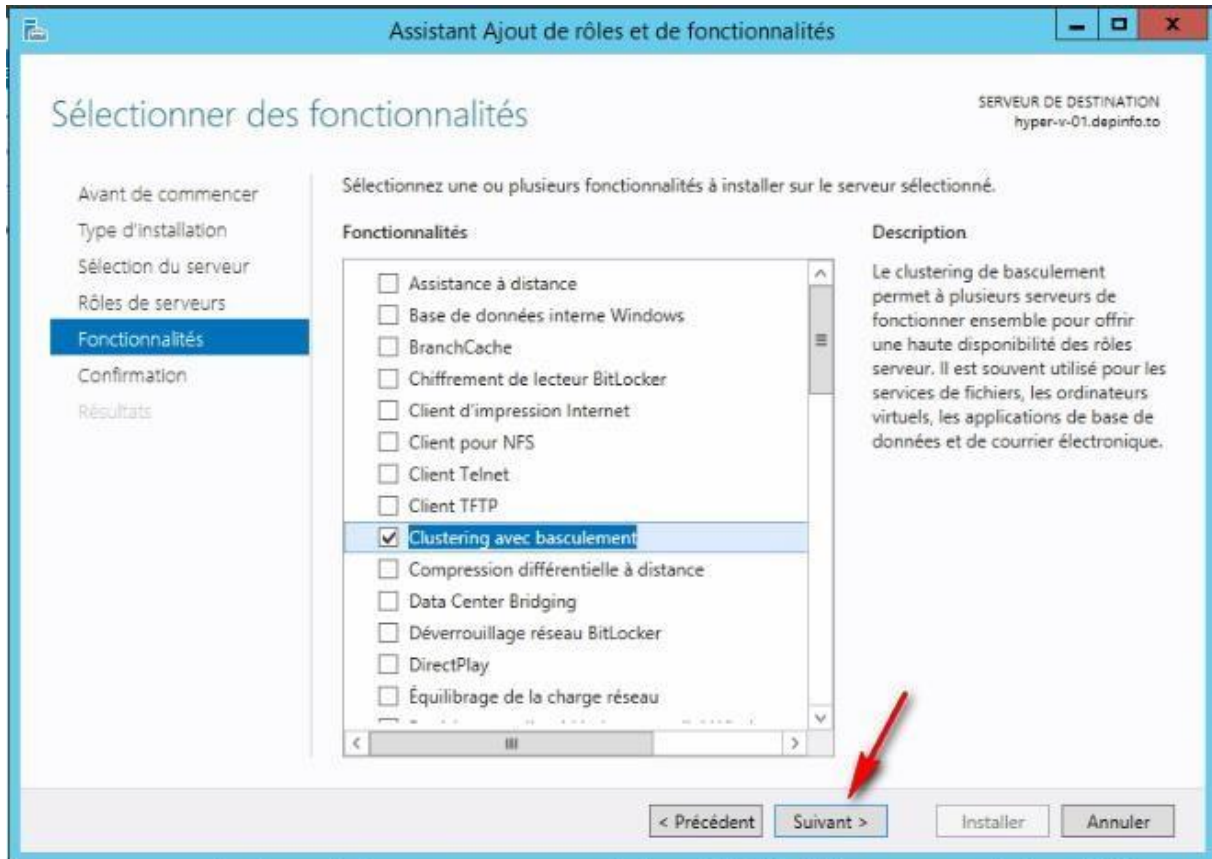
Avant d'entamer la configuration des machines virtuelles, nous devons préparer un plan d'adressage afin d'attribuer à chaque machine son adresse IP pour assurer la communication entre elles et bien configurer le réseau.

Pour bien structurer notre travail, nous avons organisé adressage réseau selon le schéma suivant :

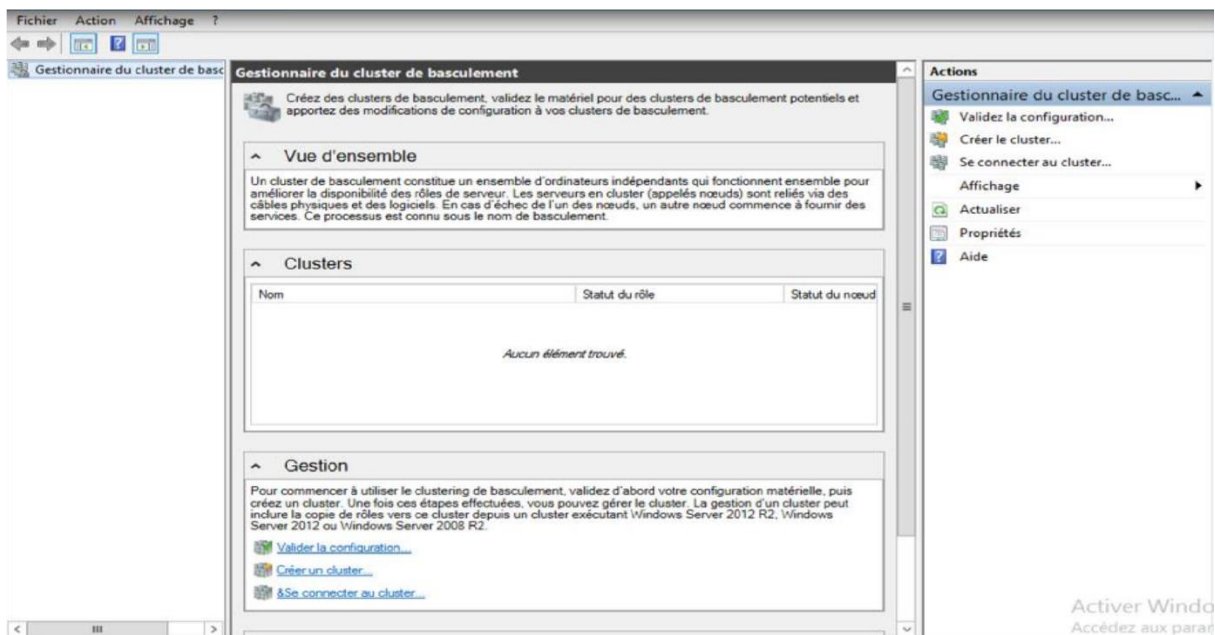
- L'adresse IP de ce réseau est la suivante : 192.168.1.0/24
- L'adresse du contrôleur du domaine est : 192.168.1.110 /24
- L'adresse du premier nœud du cluster est : 192.168.1.111 /24
- L'adresse du deuxième nœud du cluster est : 192.168.1.112 /24
- L'adresse du cluster de serveurs est : 192.168.1.114 /24
- L'adresse du serveur SQL est : 192.168.1.116 /24

5. Ajout de la fonctionnalité de Clustering de basculement sur les nœuds du cluster

A partir du menu gérer des rôles et des fonctionnalités, choisir la fonctionnalité de Clustering de basculement. Les images suivantes montrent les étapes à suivre afin d'ajouter cette fonctionnalité.

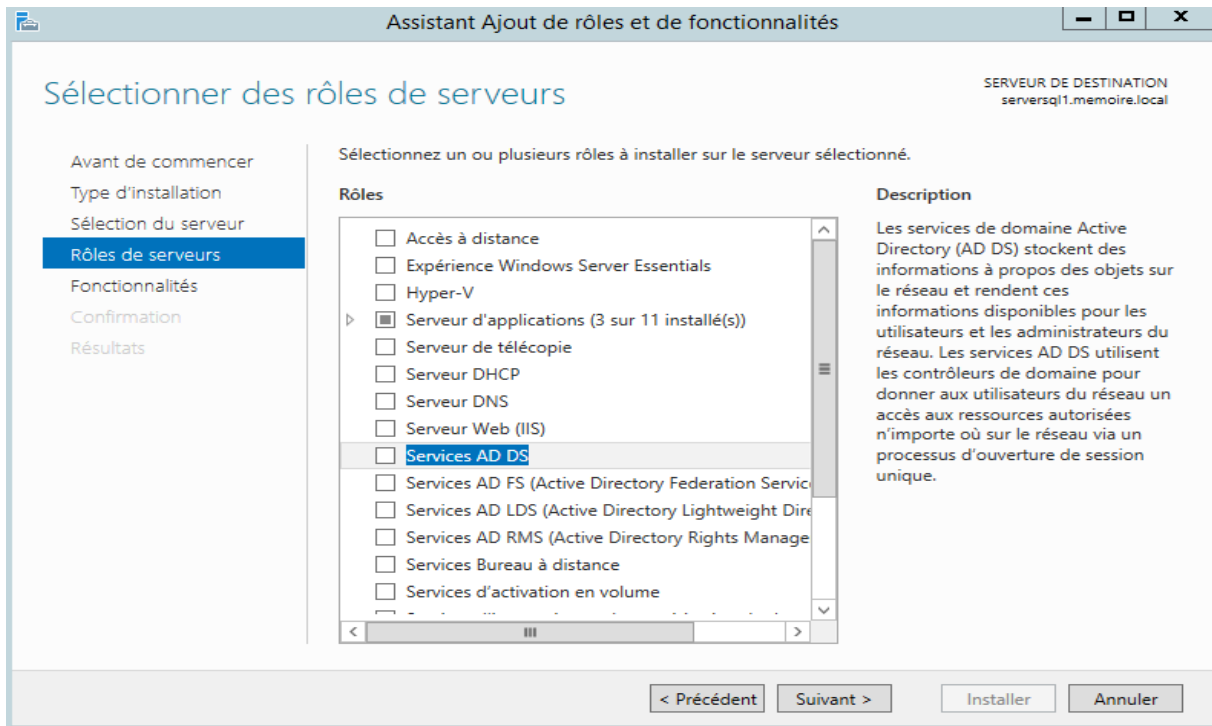


Une fois installé, on accède à l'interface Clustering de basculement via le menu outils du gestionnaire de serveur.

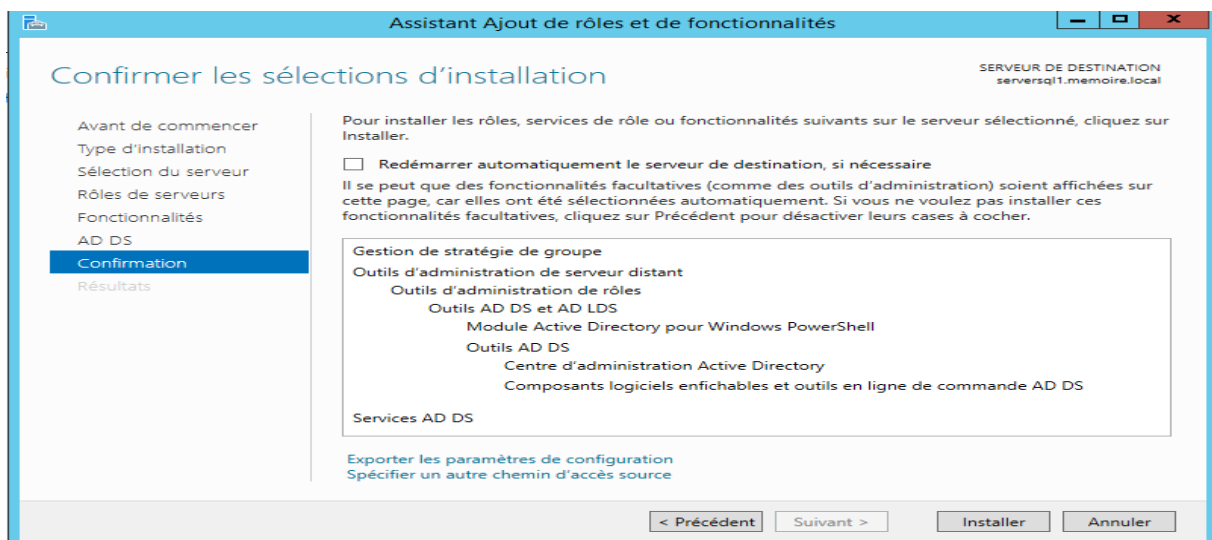


6. Promotion et installation du contrôleur de domaine

Nous avons choisi d'installer le rôle Active directory DS dans la première machine pour créer un contrôleur de domaine **mémoire.local**. Pour installer ce rôle, on procède par le menu gérer du gestionnaire de serveur. Les images illustres les étapes à suivre :

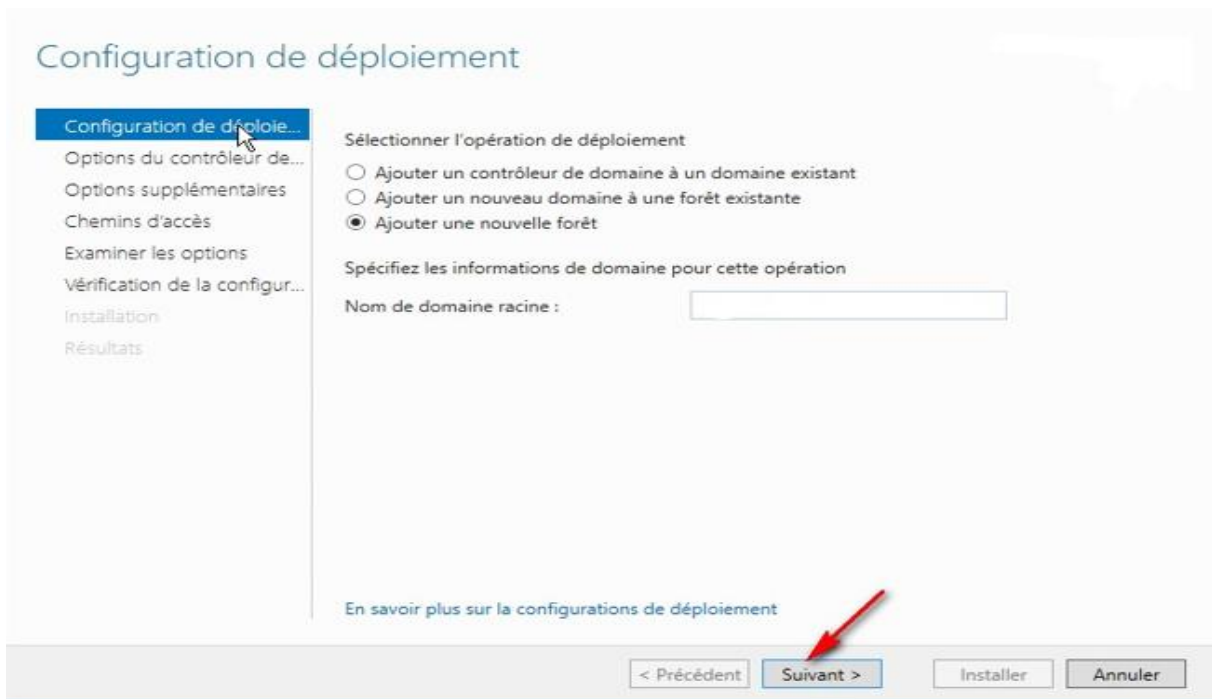
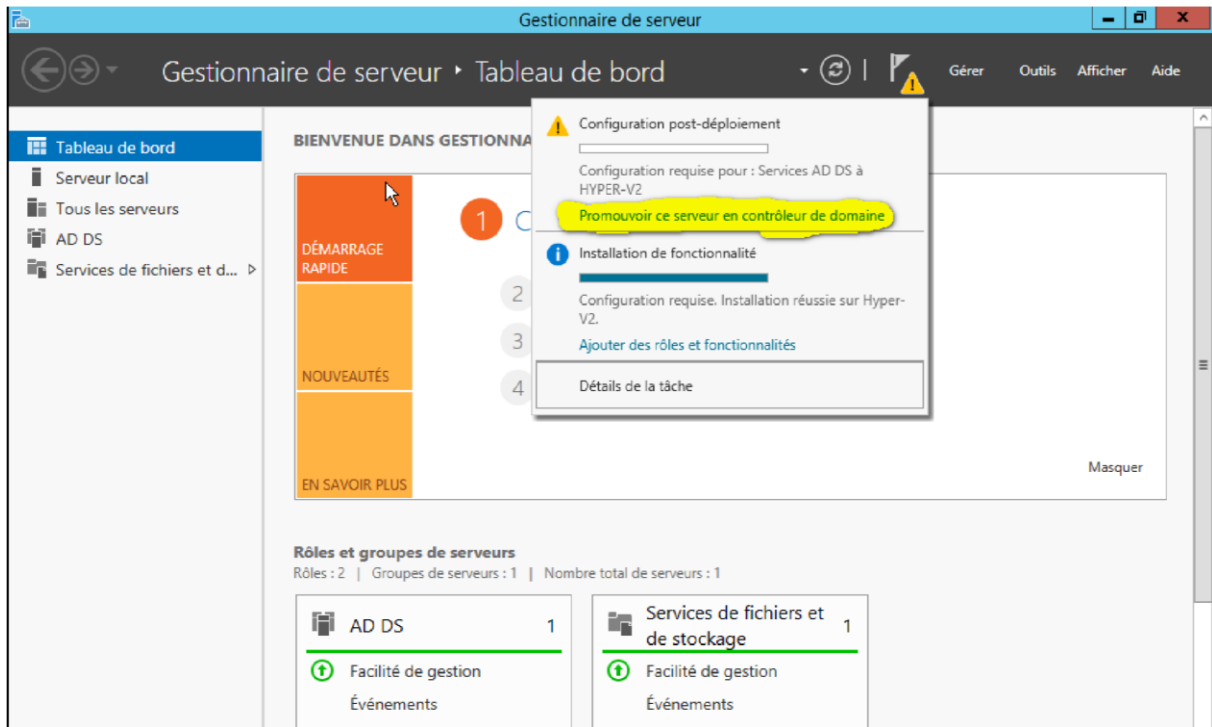


Cliquer sur suivant pour commencer l'installation.



Cliquer sur installer pour terminer l'installation.

Une fois l'installation terminée, on nous demande de promouvoir le serveur comme contrôleur de domaine.



On spécifiera le nom de domaine racine mémoire.local.

Options du contrôleur de domaine

Configuration de déploiement...
Options du contrôleur de...
Options DNS
Options supplémentaires
Chemins d'accès
Examiner les options
Vérification de la configur...
Installation
Résultats

Sélectionner le niveau fonctionnel de la nouvelle forêt et du domaine racine

Niveau fonctionnel de la forêt :

Niveau fonctionnel du domaine :

Spécifier les fonctionnalités de contrôleur de domaine

Serveur DNS (Domain Name System)
 Catalogue global (GC)
 Contrôleur de domaine en lecture seule (RODC)

Taper le mot de passe du mode de restauration des services d'annuaire (DSRM)

Mot de passe :

Confirmer le mot de passe :

[En savoir plus sur la options du contrôleur de domaine](#)

< Précédent Suivant > Installer Annuler

Nous spécifions un mot de passe puis on clique suivant.

Vérification de la configuration requise


Toutes les vérifications de la configuration requise ont donné satisfaction. Cliquez sur Installer pour comme...[Afficher plus](#)


Configuration de déploiement...
Options du contrôleur de...
Options DNS
Options supplémentaires
Chemins d'accès
Examiner les options
Vérification de la configur...
Installation
Résultats


La configuration requise doit être validée avant que les services de domaine Active Directory soient installés sur cet ordinateur


[Réexécuter la vérification de la configuration requise](#)

^ Voir les résultats
L'opération DNS soit réussie.

 Il est impossible de créer une délégation pour ce serveur DNS car la zone parente faisant autorité est introuvable ou elle n'exécute pas le serveur DNS Windows. Si vous procédez à l'intégration avec une infrastructure DNS existante, vous devez manuellement créer une délégation avec ce serveur DNS dans la zone parente pour activer une résolution de noms fiable en dehors du domaine « depinfo.to ». Sinon, aucune action n'est requise.

 Vérification de la configuration requise terminée

 Toutes les vérifications de la configuration requise ont donné satisfaction. Cliquez sur Installer pour commencer l'installation.

 Si vous cliquez sur Installer, le serveur redémarre automatiquement à l'issue de l'opération de promotion.

[En savoir plus sur la conditions préalables](#)

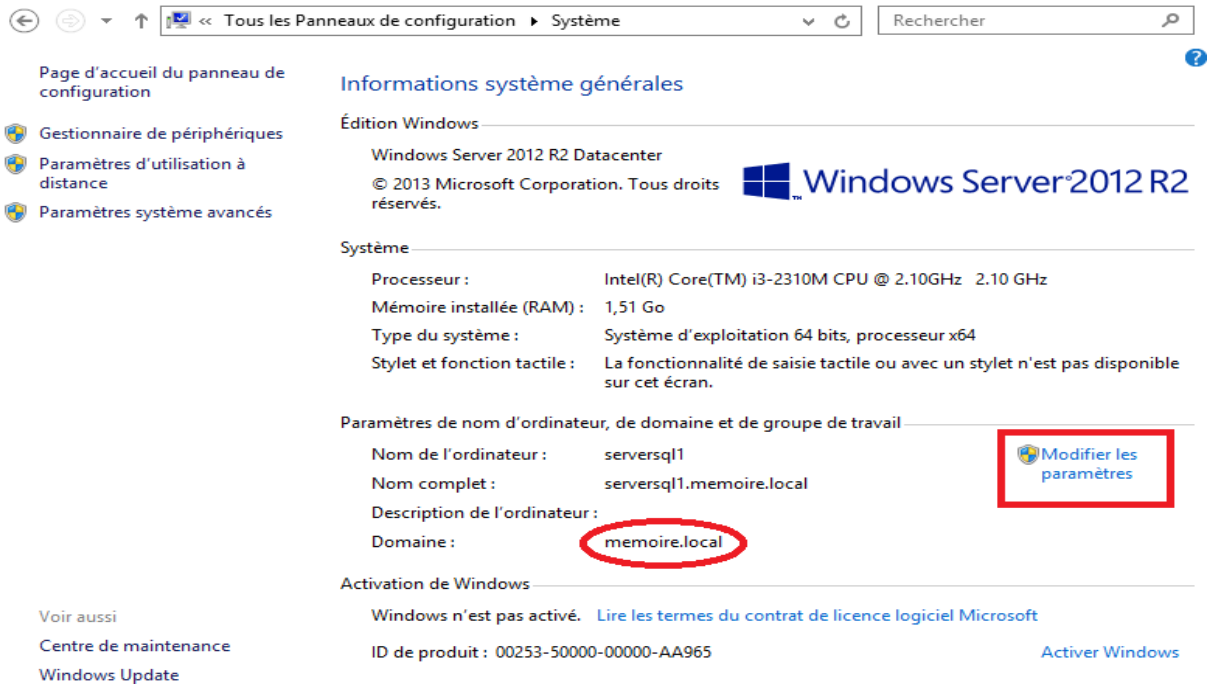
< Précédent Suivant > **Installer** Annuler

Cliquer sur installer.

7. Ajout des nœuds serveur1 et serveur2 au domaine mémoire. Local

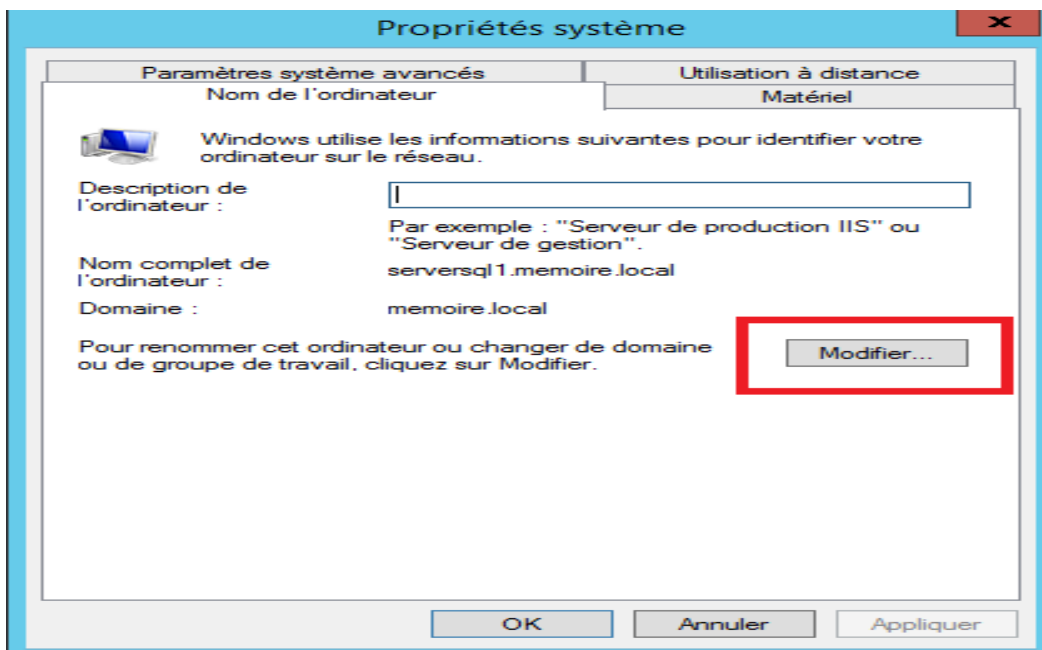
Pour assurer la haute disponibilité des deux serveurs, nous devons les joindre dans un même domaine qui est mémoire.local.

Les images suivantes montrent la procédure à suivre :

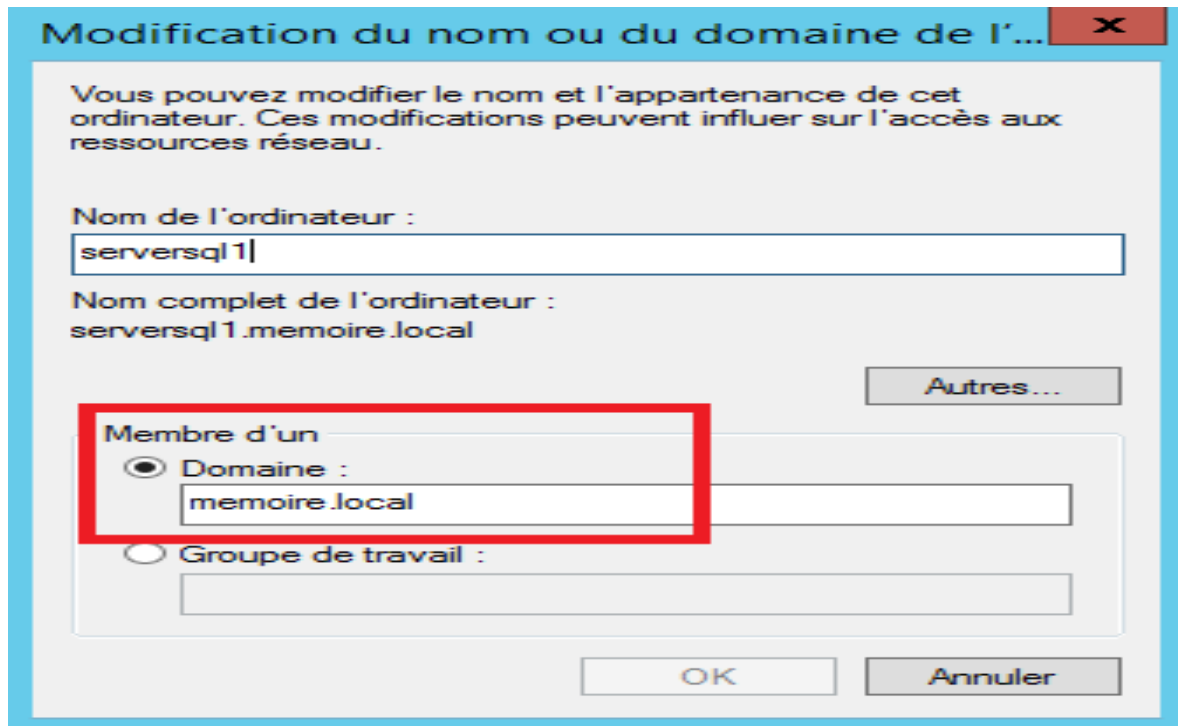


The screenshot shows the Windows System Information page. The breadcrumb navigation at the top reads "Tous les Panneaux de configuration > Système". The left sidebar contains "Gestionnaire de périphériques", "Paramètres d'utilisation à distance", and "Paramètres système avancés". The main content area is titled "Informations système générales" and "Édition Windows". It displays system details such as "Windows Server 2012 R2 Datacenter", "Processeur : Intel(R) Core(TM) i3-2310M CPU @ 2.10GHz 2.10 GHz", and "Mémoire installée (RAM) : 1,51 Go". Under "Paramètres de nom d'ordinateur, de domaine et de groupe de travail", the "Domaine" is listed as "memoire.local", which is circled in red. A red box highlights the "Modifier les paramètres" link. At the bottom, the "Activation de Windows" section shows "Windows n'est pas activé" and "ID de produit : 00253-50000-00000-AA965".

On clique sur modifier les paramètres.



Cliquer sur modifier.

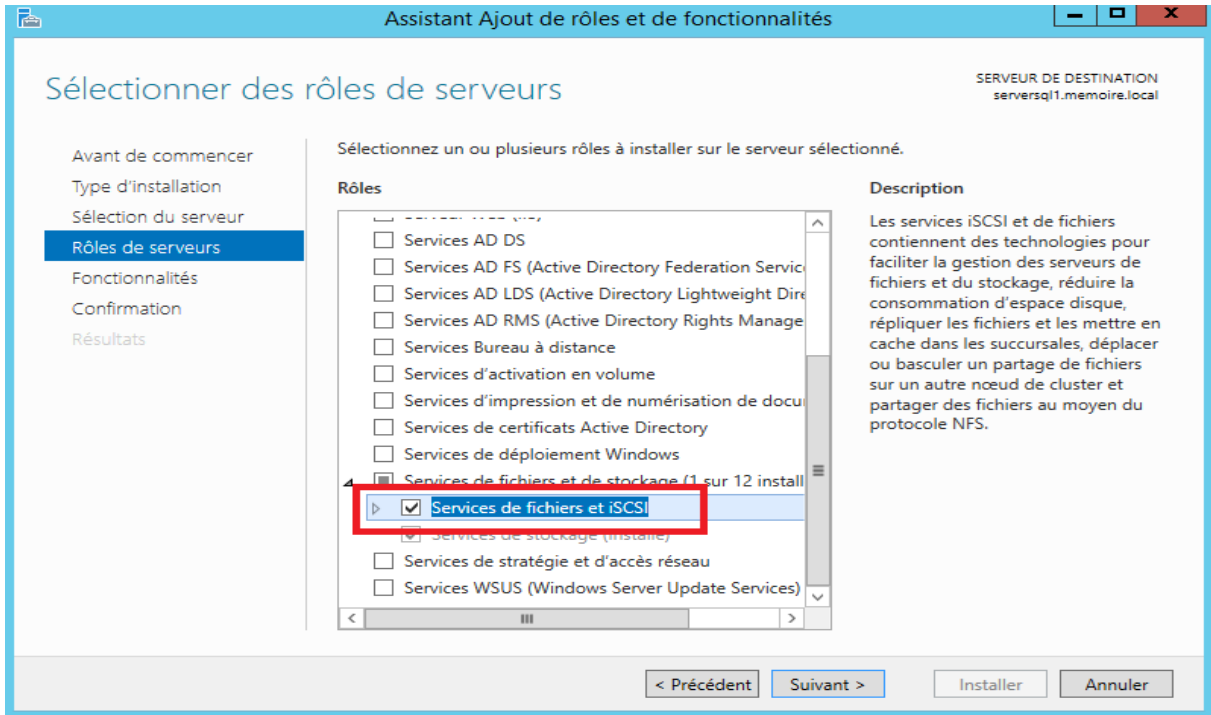


Spécifier le domaine mémoire.local.

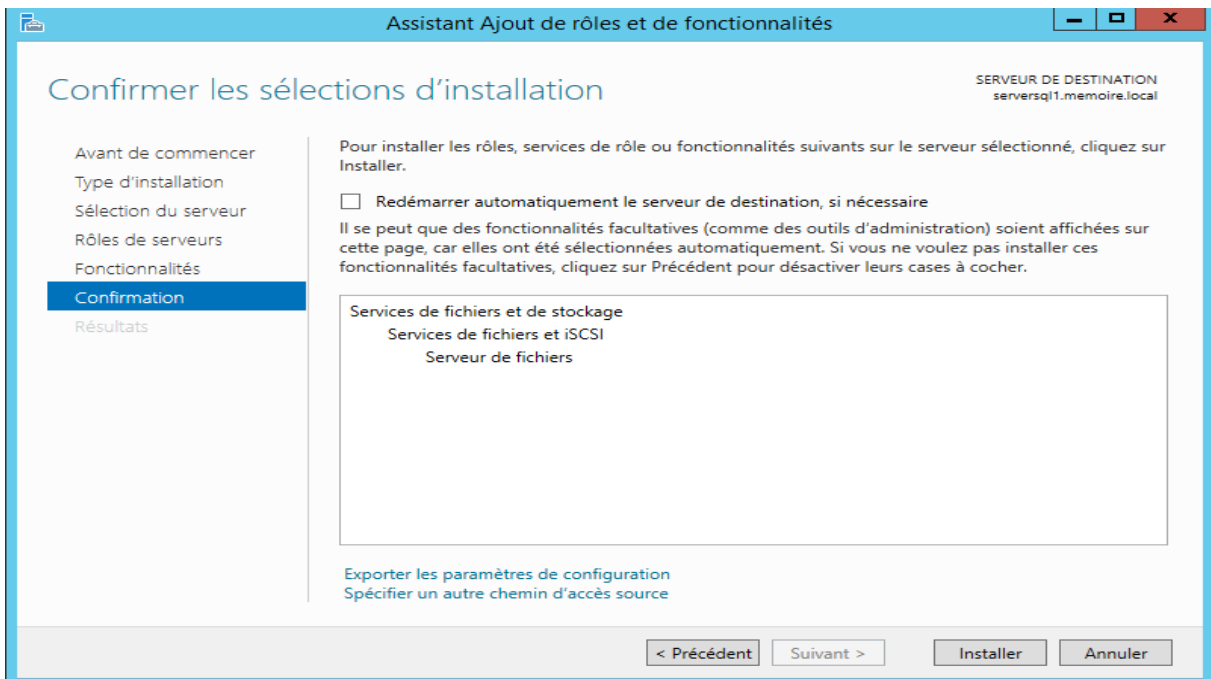
Refaire la même procédure sur le serveur 2.

8. Installation de l'iSCSI

A partir du menu ajouté des rôles et fonctionnalités du gestionnaire de serveur choisir service de fichiers et iSCSI.



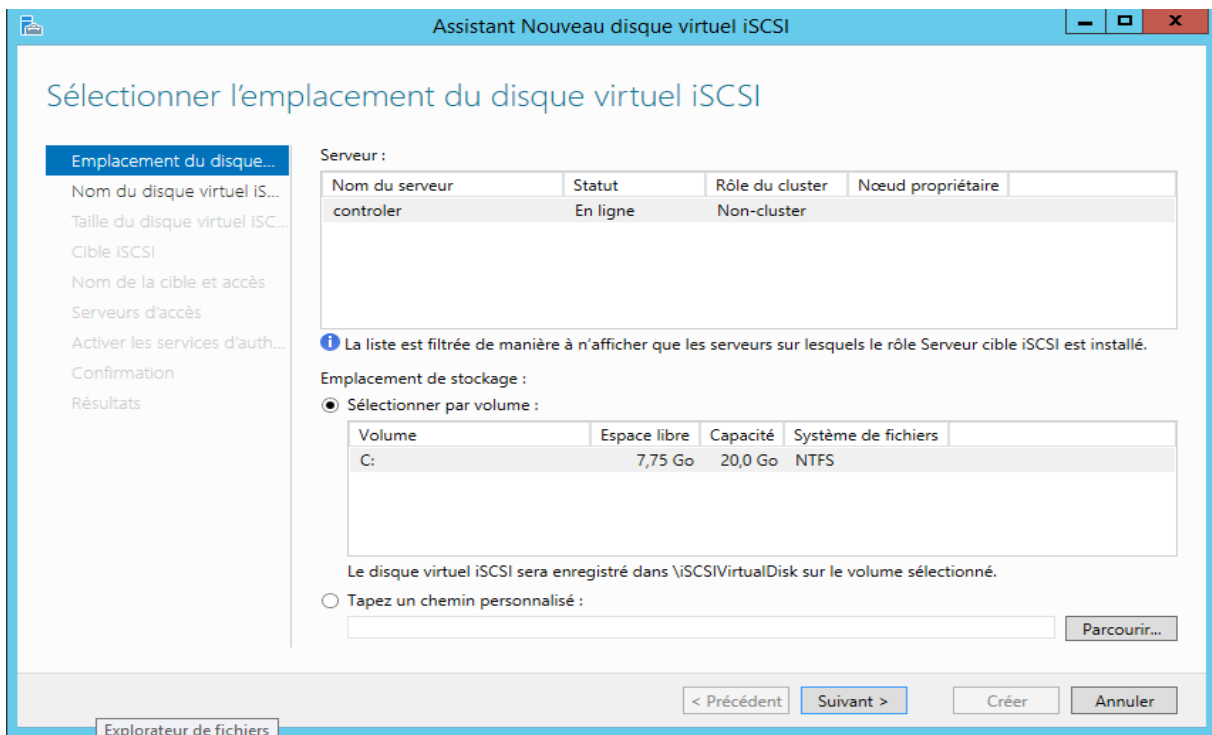
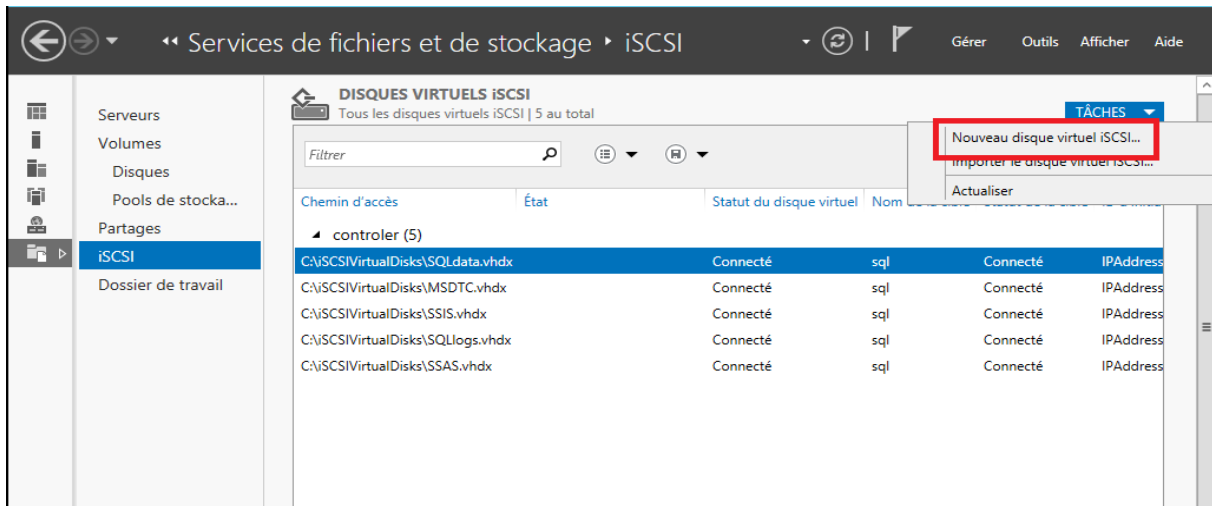
On clique suivant.



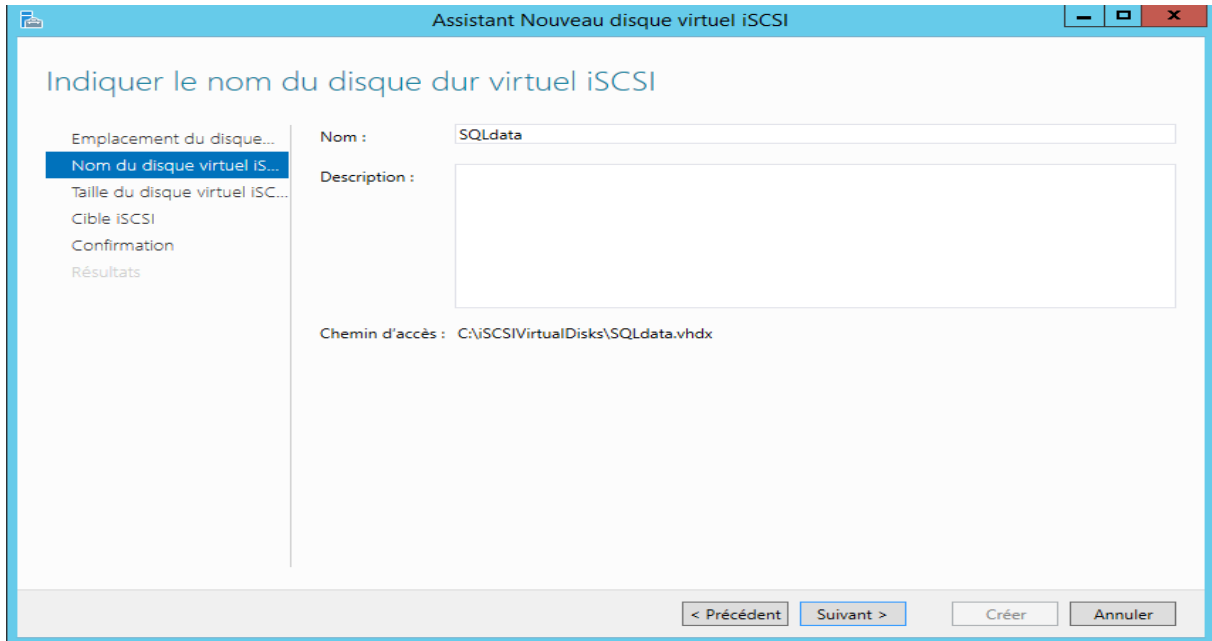
Cliquer sur installer.

9. Création des disques partagés pour les données et le témoin quorum

Pour créer un disque iSCSI, on accède à l'interface iSCSI. Les images suivantes illustrent les étapes à suivre :

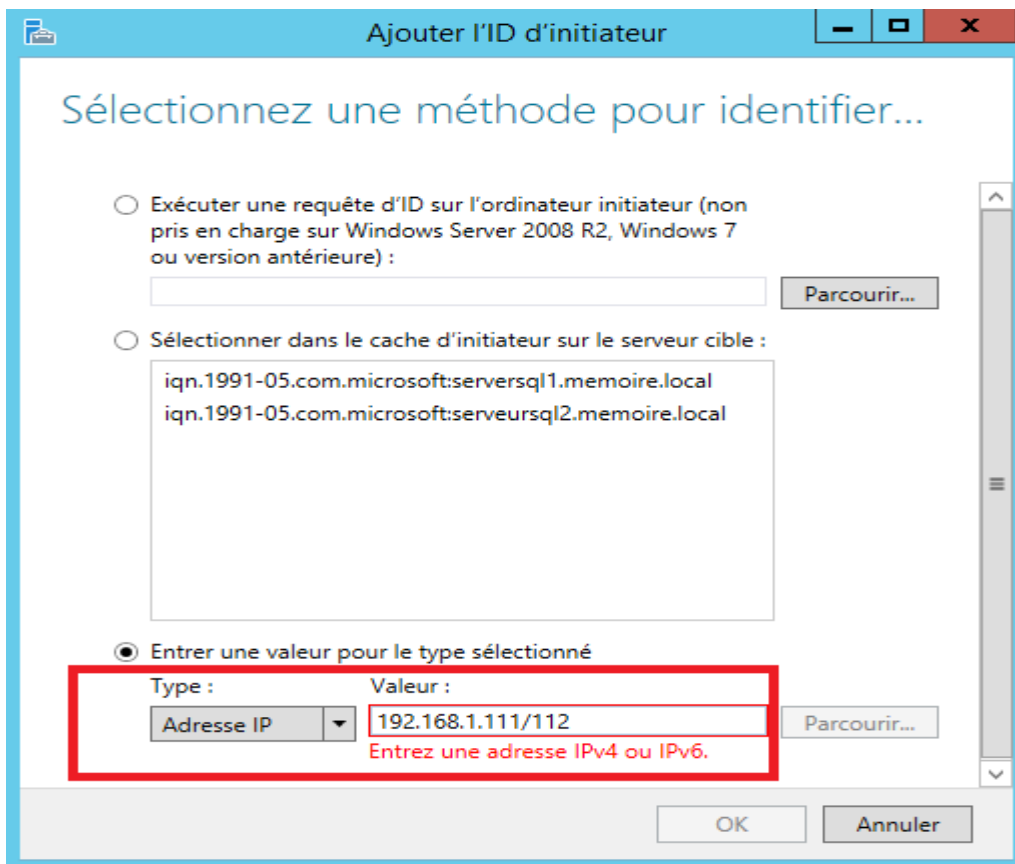


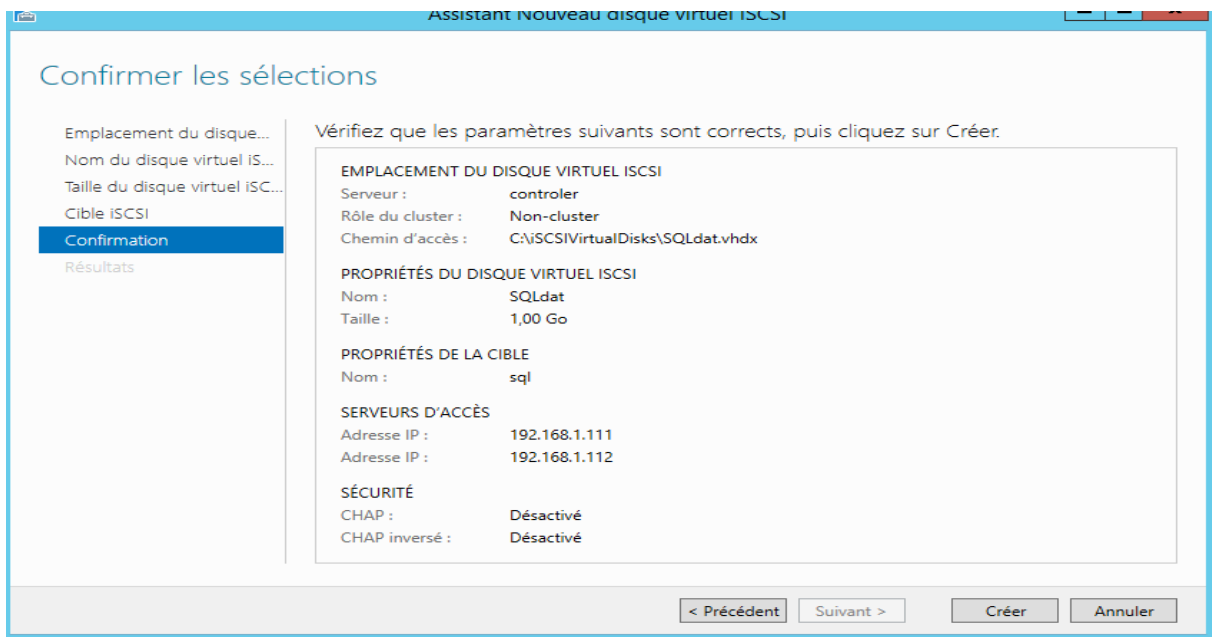
Choisir l'emplacement du disque.



Donner un nom au disque.

Spécifier les cibles pour le disque à créer. On spécifiera l'adresse IP des deux nœuds.

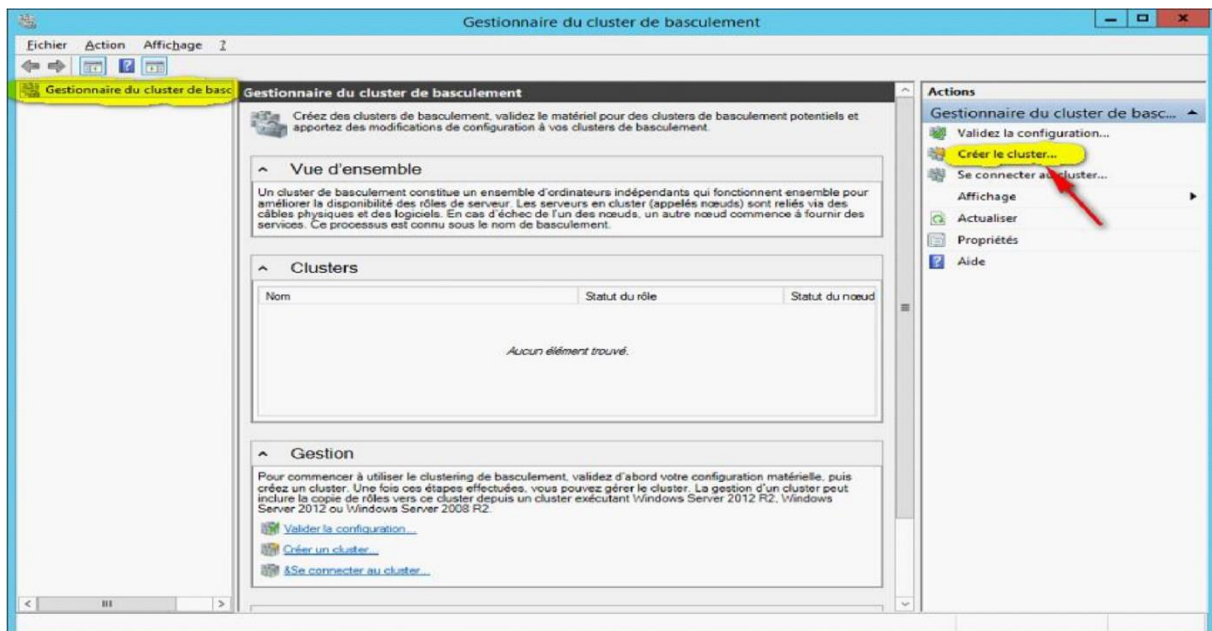


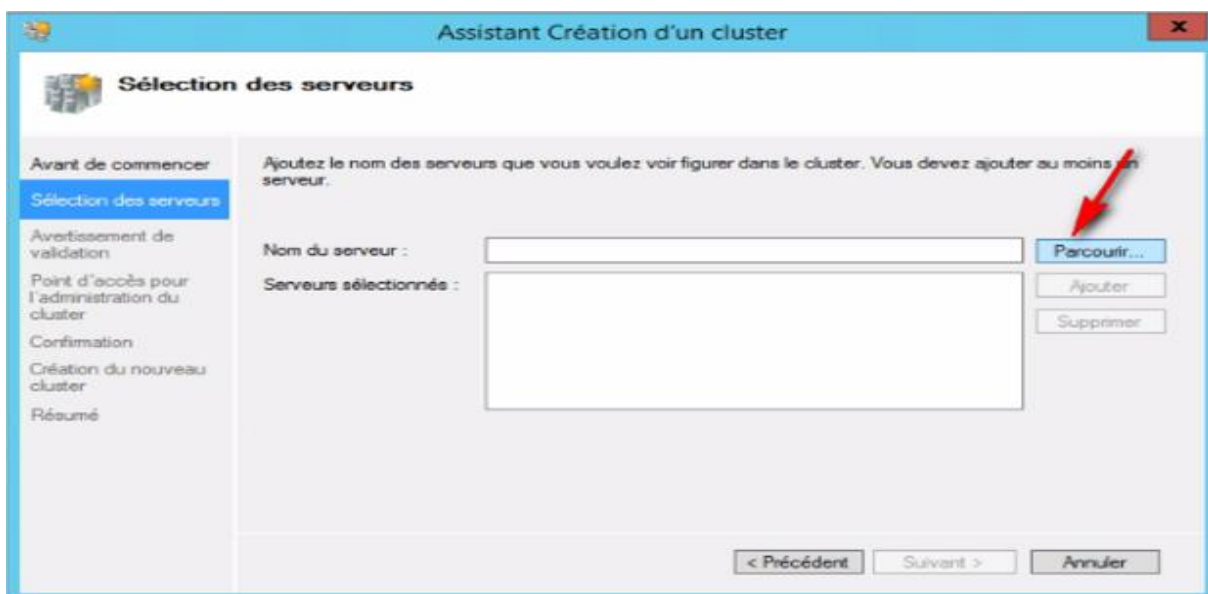
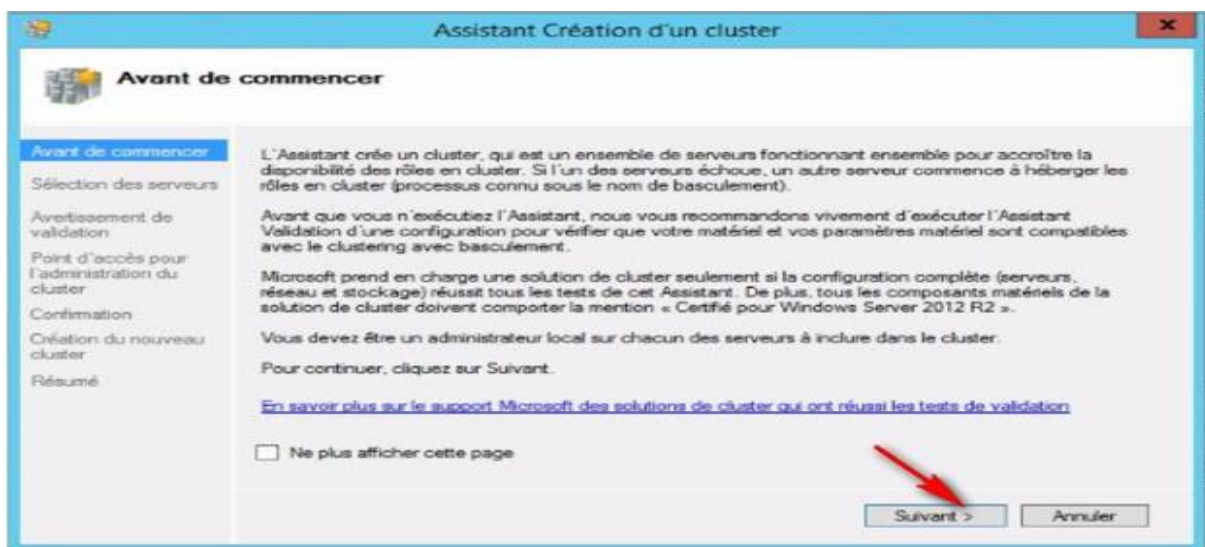
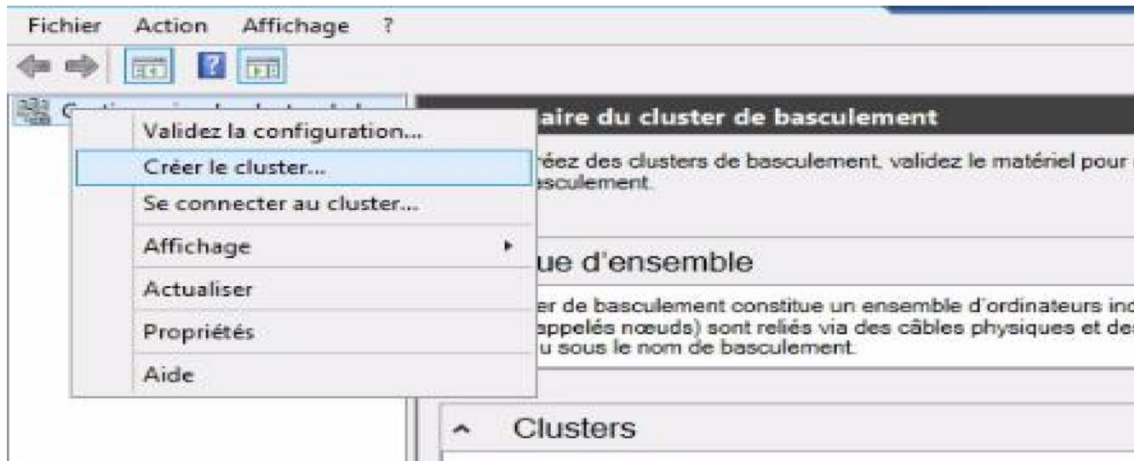


On clique sur créer pour terminer.

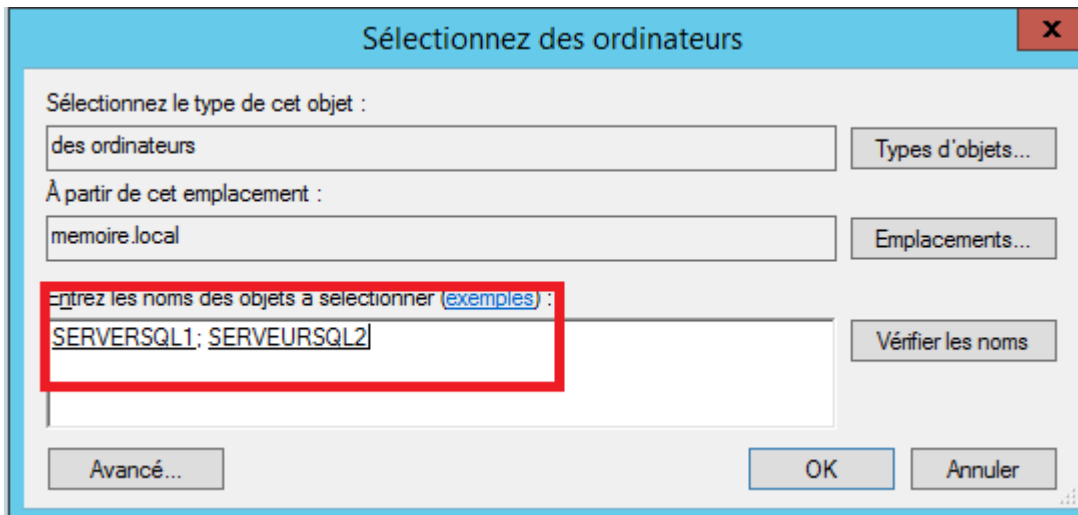
Création et validation du cluster

Pour créer et valider un cluster, on suit les étapes suivantes :

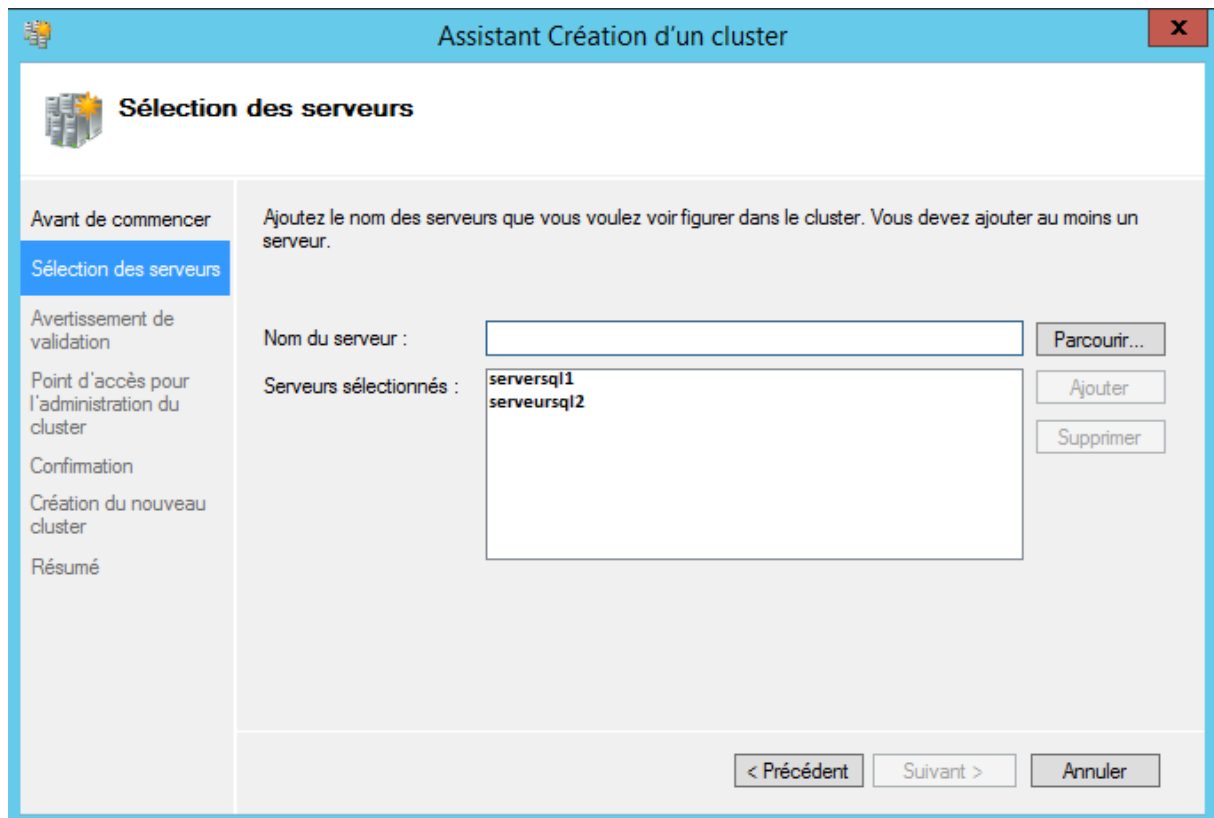




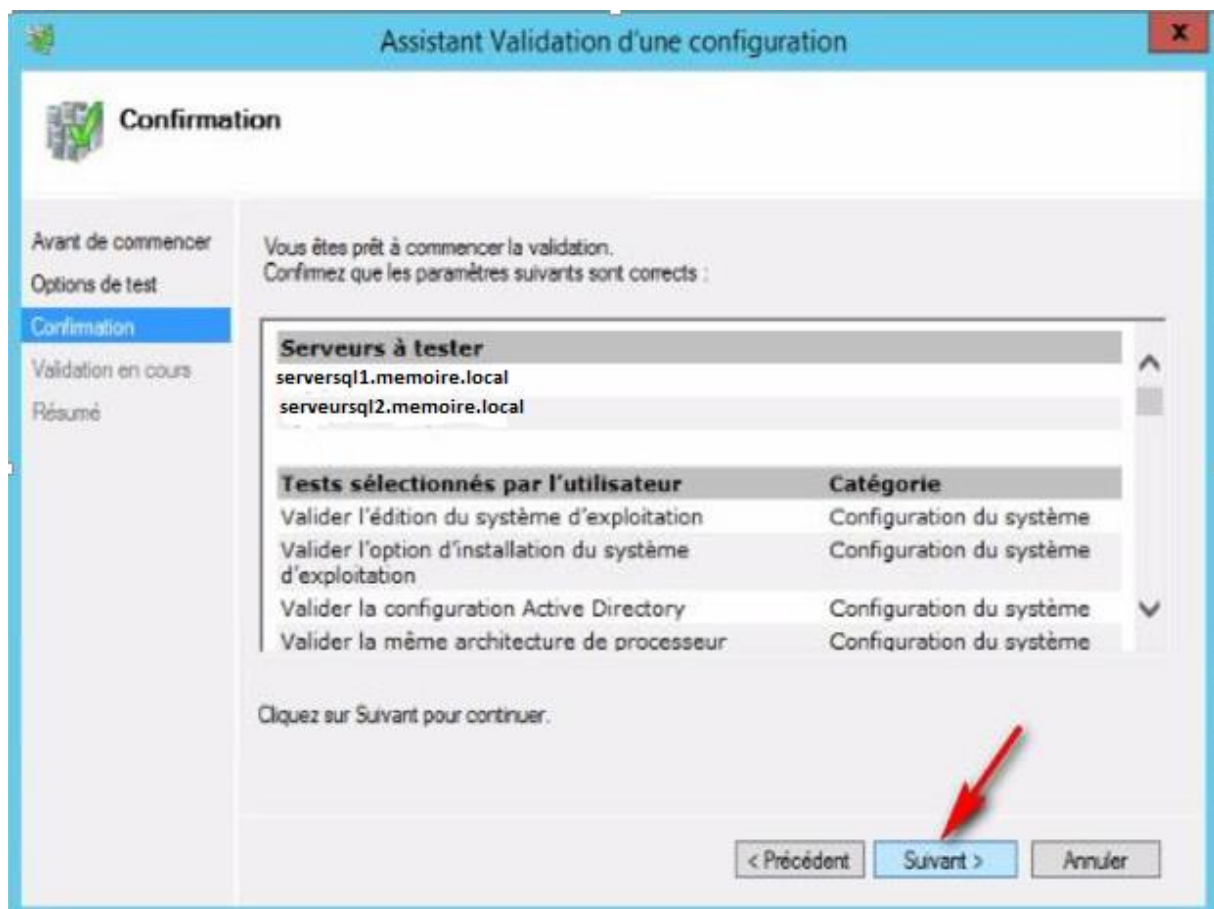
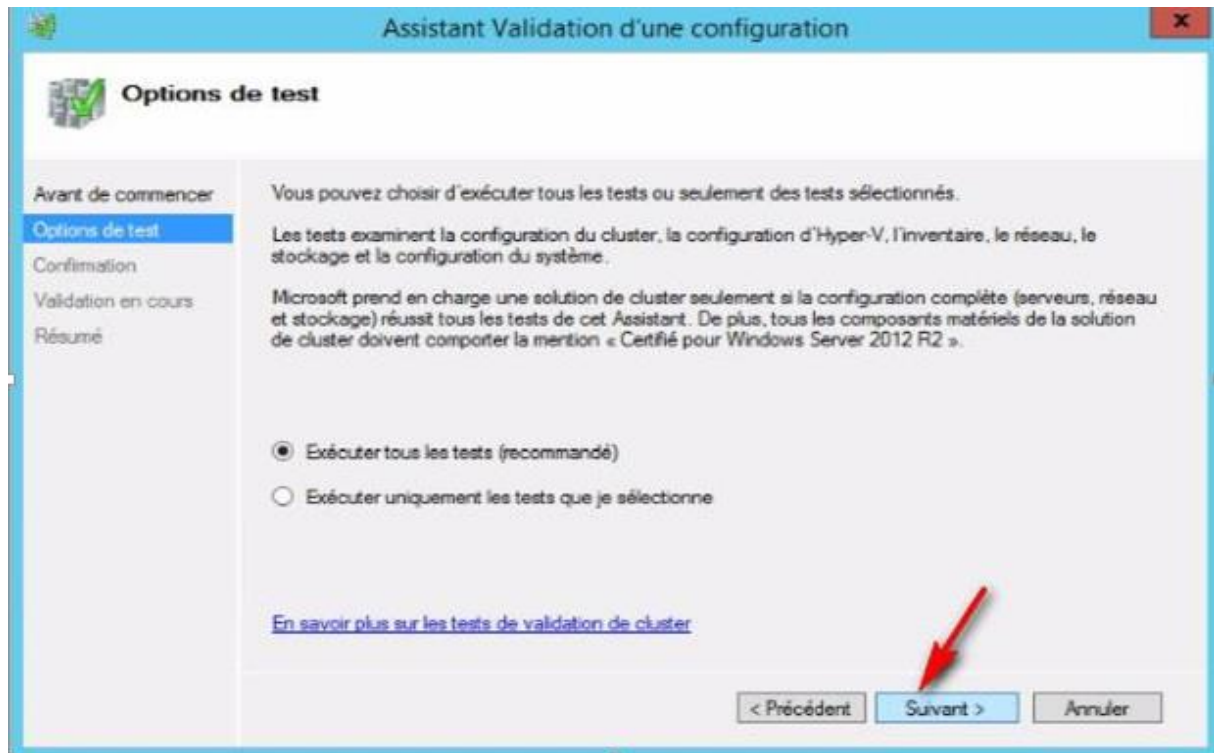
Nous procédons à la sélection des deux serveurs 1 et 2 qui constitueront les nœuds du cluster

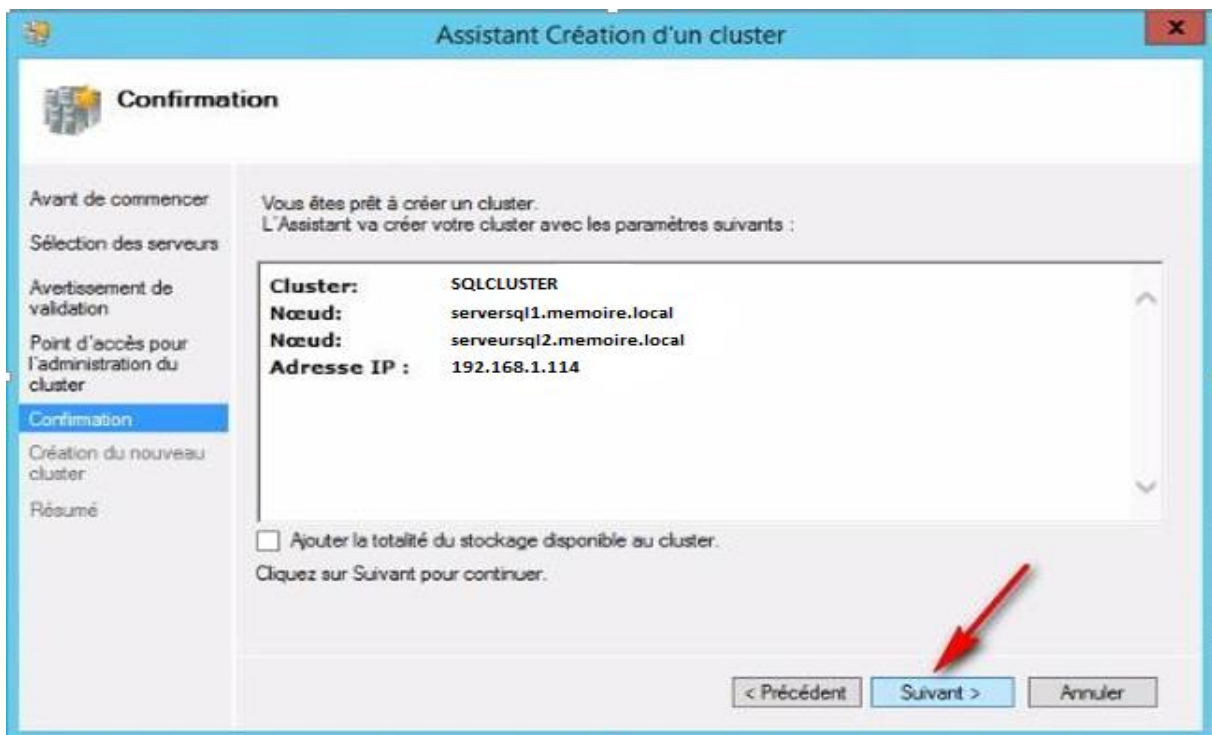
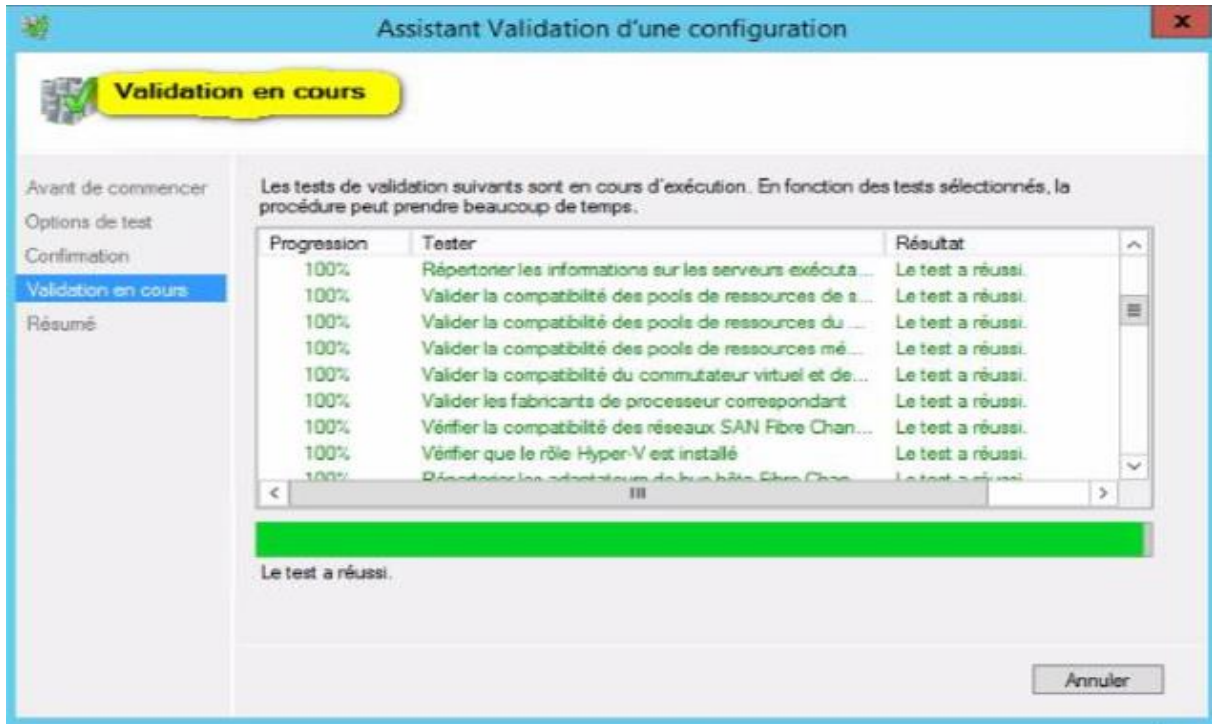


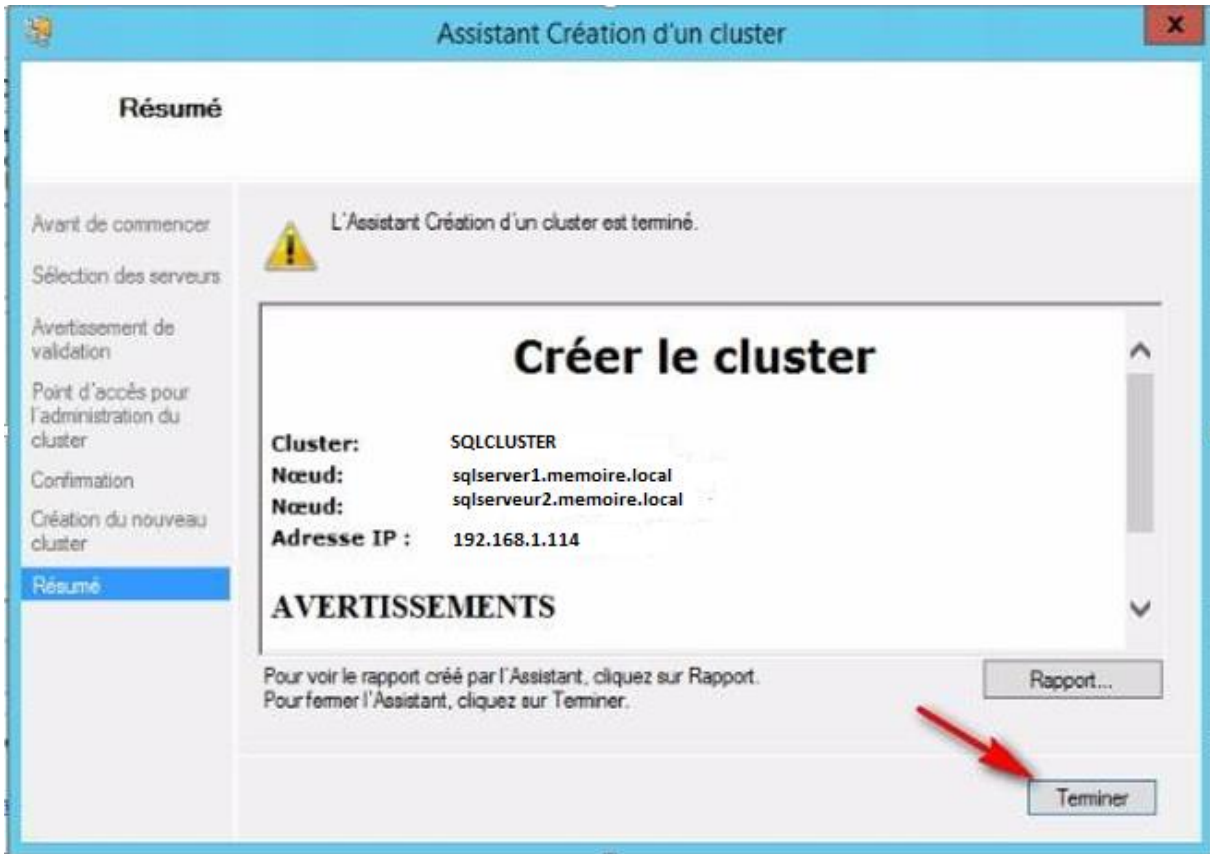
Cliquer OK puis suivant.



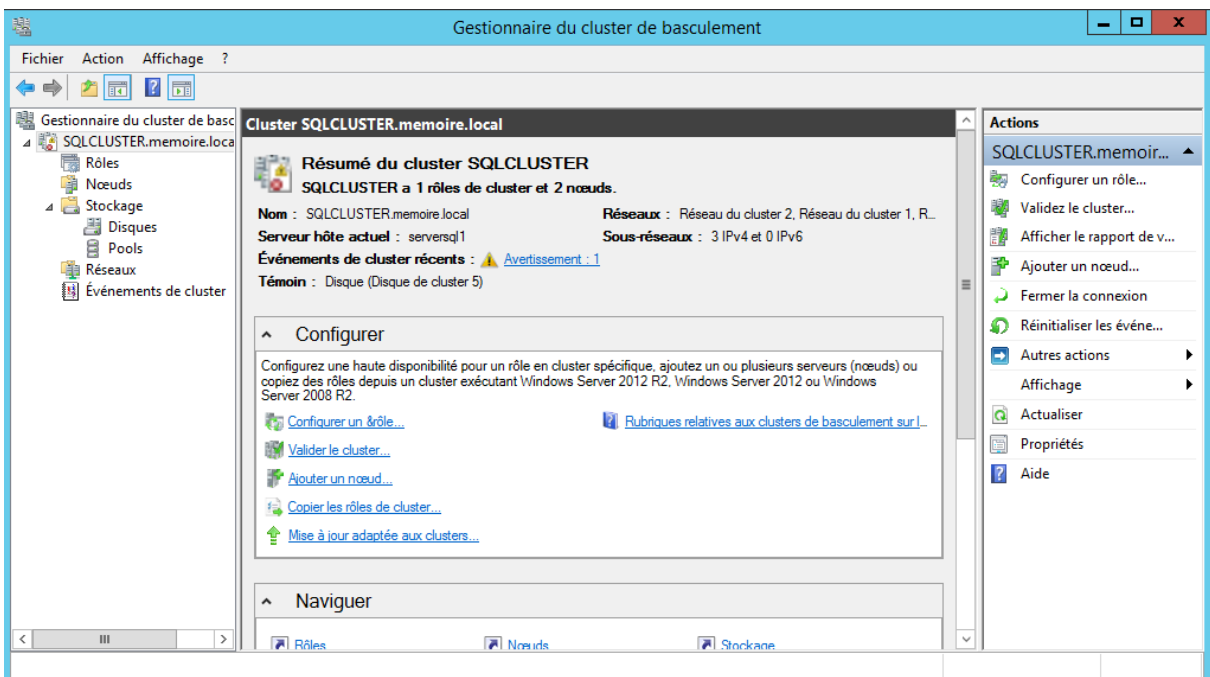








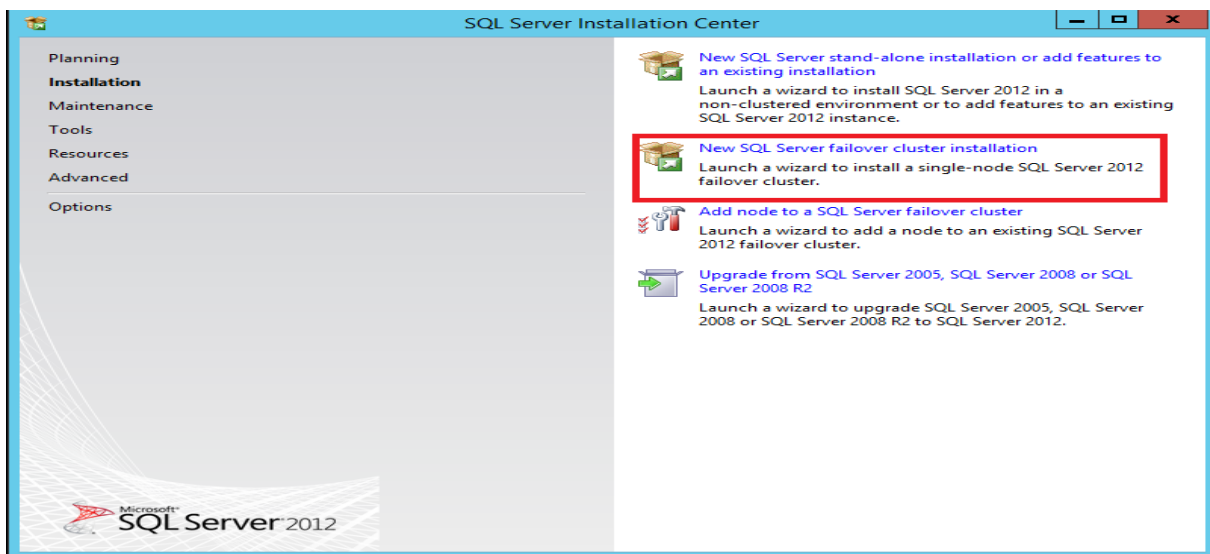
La création et la validation du cluster est terminé.



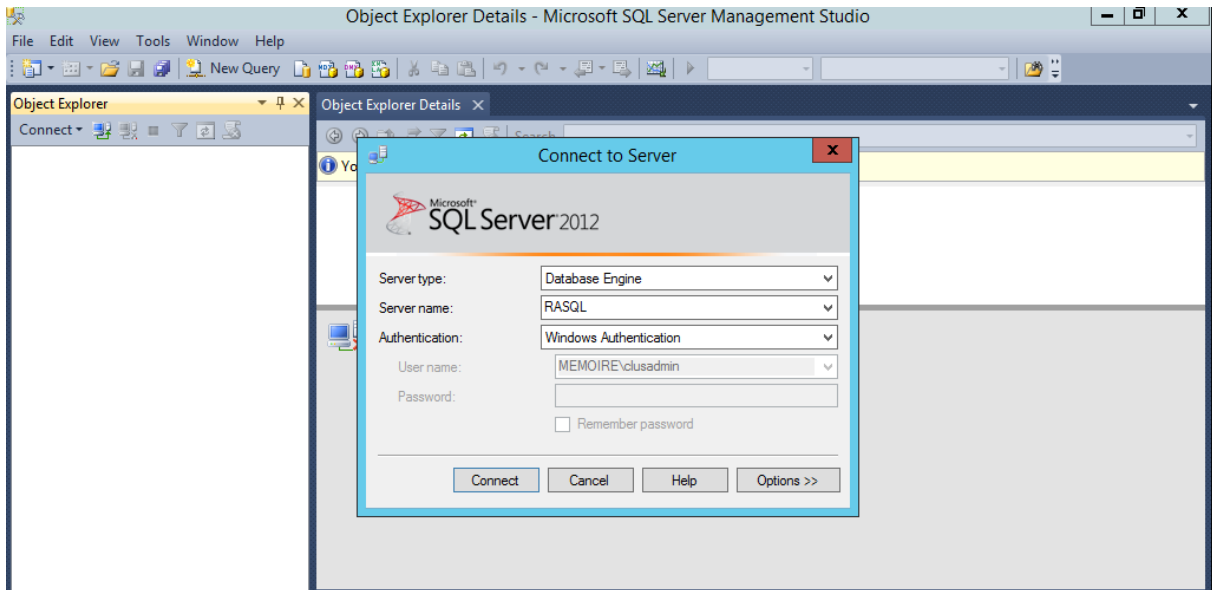
Une fois notre cluster créé, nous installerons le serveur de base de données SQL Server 2012 nos deux nœuds sur afin de pouvoir tester la fonctionnalité de clustering à basculement.

10. Installation de SQL Server 2012 avec la fonctionnalité new SQL Server failover cluster installation

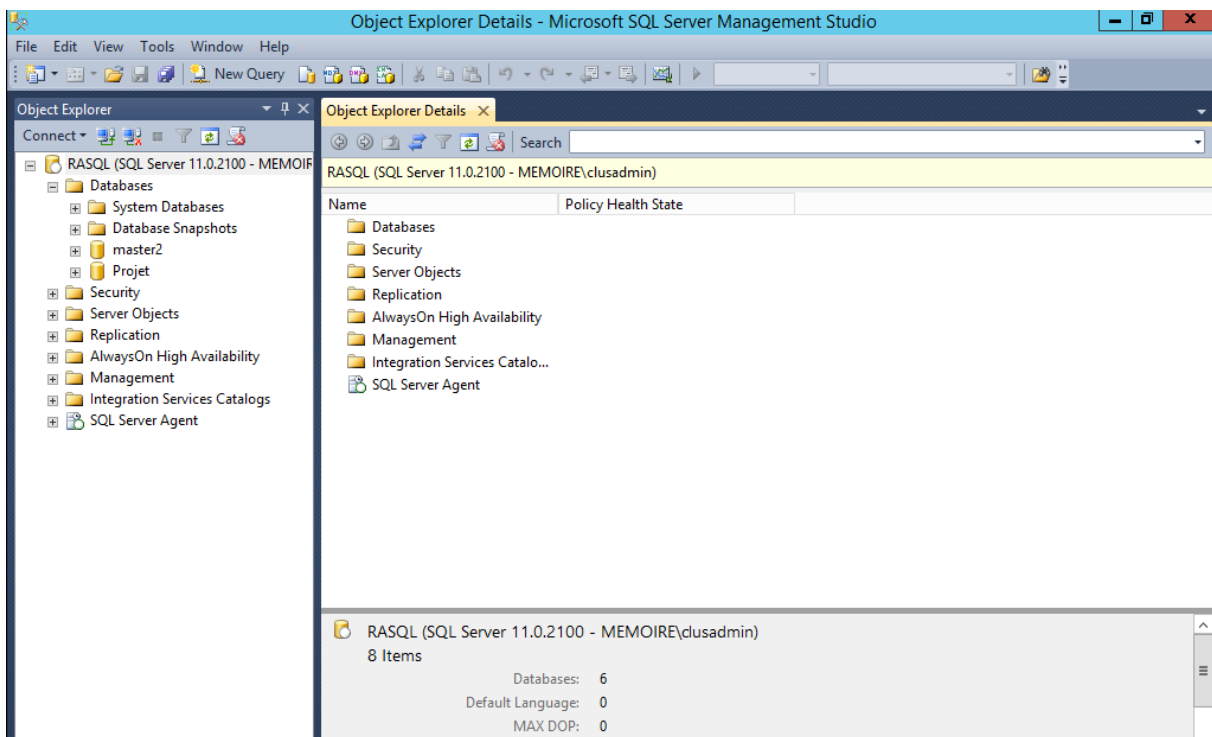
Afin d'installer SQL Server 2012 dans un environnement Clustering, nous installerons SQL Server d'abord sur le premier nœud, ensuite nous ajouterons le deuxième nœud au cluster de basculement SQL Server crée avec l'option Add node to a SQL Server failover cluster.rer



Une fois le serveur sql installé, on accède à l'interface principale avec SQL Server management studio.



Une fois connecté au serveur sql RASQL, l'interface suivante s'affiche.



11. Tests de basculement

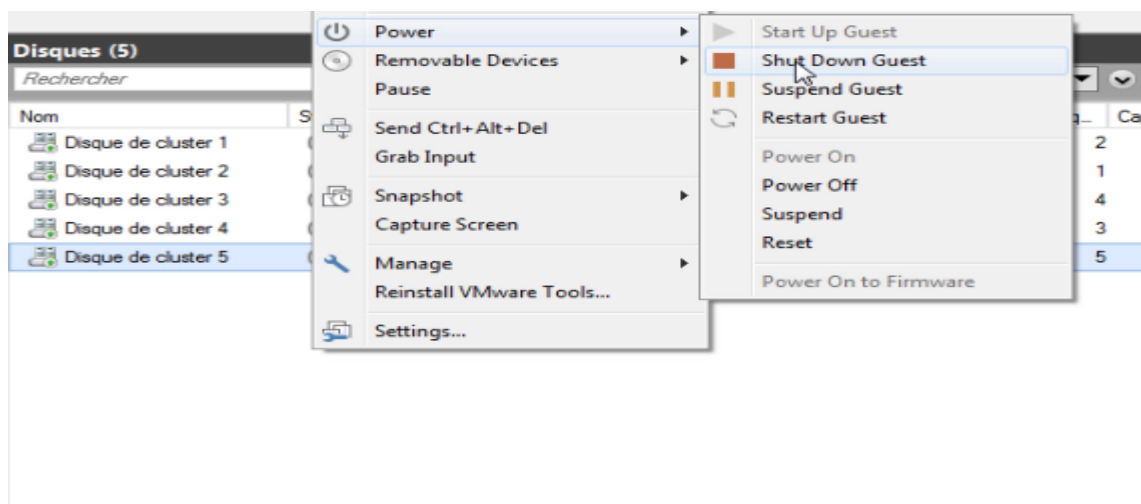
Une fois notre cluster configuré, nous allons réaliser le basculement entre les nœuds afin de tester la haute disponibilité du clustering et pour ce faire nous allons tester le basculement

entre le serversql1 et serveursql2, puis nous testerons le basculement entre les ressources du SQL Server.

Les images suivantes nous montre le test :

Nom	Statut	Attribué à	Nœud propriétaire	Numéro du disq...	Cap
Disque de cluster 1	En ligne	SQL Server (MSSQLSERV...	serveursql2	2	
Disque de cluster 2	En ligne	SQL Server (MSSQLSERV...	serveursql2	1	
Disque de cluster 3	En ligne	Stockage disponible	serveursql2	4	
Disque de cluster 4	En ligne	Stockage disponible	serveursql2	3	
Disque de cluster 5	En ligne	Disque témoin dans le quor...	serveursql2	5	

Cette image nous montre que le nœud propriétaire des ressources (disque quorum, ressources SQL) est le serveur serveursql2.

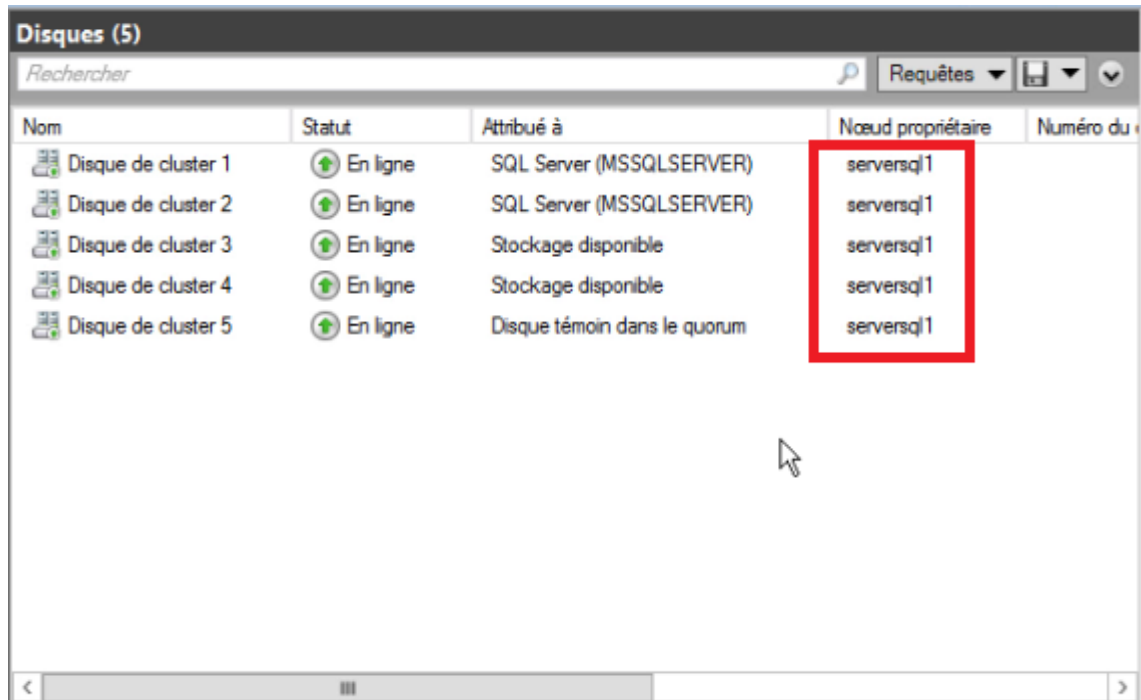


Nous effectuons un arrêt du serveur 2.

Nom	Statut	Attribué à	Nœud propriétaire	Numéro du
Disque de cluster 1	En ligne	SQL Server (MSSQLSERVER)	serveursql2	
Disque de cluster 2	En ligne	SQL Server (MSSQLSERVER)	serveursql2	
Disque de cluster 3	En ligne en a...	Stockage disponible	serveursql1	
Disque de cluster 4	En ligne en a...	Stockage disponible	serveursql1	
Disque de cluster 5	En ligne en a...	Disque témoin dans le quorum	serveursql1	

Après l'arrêt du serveur 2 nous remarquons les ressources ont basculé de manière automatique vers le serveur serversql1, s'en suit le basculement des ressources SQL.

Nom	Statut	Attribué à	Nœud propriétaire	Numéro du
Disque de cluster 1	Hors connexi...	SQL Server (MSSQLSERVER)	serveursql2	
Disque de cluster 2	Hors connexi...	SQL Server (MSSQLSERVER)	serveursql2	
Disque de cluster 3	En ligne	Stockage disponible	serveursql1	
Disque de cluster 4	En ligne	Stockage disponible	serveursql1	
Disque de cluster 5	En ligne	Disque témoin dans le quorum	serveursql1	



Nom	Statut	Attribué à	Nœud propriétaire	Numéro du
Disque de cluster 1	En ligne	SQL Server (MSSQLSERVER)	serversql1	
Disque de cluster 2	En ligne	SQL Server (MSSQLSERVER)	serversql1	
Disque de cluster 3	En ligne	Stockage disponible	serversql1	
Disque de cluster 4	En ligne	Stockage disponible	serversql1	
Disque de cluster 5	En ligne	Disque témoin dans le quorum	serversql1	

Conclusion

Durant ce chapitre nous avons illustré les différentes procédures nécessaires à la réalisation d'un cluster de serveurs afin de garantir une haute disponibilité dans un environnement clustering en utilisant le système d'exploitation Windows Serveur 2012 R2 dans le but de réaliser notre projet.

Conclusion

Générale

CONCLUSION GÉNÉRALE

Au cours de ce projet, nous nous sommes initié aux serveurs informatiques. Nous avons étudié les différentes pannes liées aux serveurs et nous avons implémenté une infrastructure qui nous permet de garder un ensemble de serveurs fonctionnelle même en cas d'échec de l'un des serveurs. Les clusters à basculement sont des systèmes fiables, sûrs et optimaux. Ils permettent d'atteindre une haute disponibilité sans équivoques.

En premier lieu, nous avons fait le tour des pannes sur les serveurs puis nous avons résumé les différentes techniques de tolérance aux pannes dans les environnements serveurs à savoir l'équilibrage de charge et le basculement, en fin nous nous sommes focalisé sur une des techniques, le basculement dans les clusters de serveurs.

En étudiant les clusters à basculement en profondeur, nous avons abouti à la réalisation d'un cluster de basculement à base de trois serveurs, l'un autant que contrôleur et les deux autres autant que nœuds du cluster.

Les infrastructures Windows Server dont Windows Server 2012 R2 en fait partie sont des systèmes d'exploitation complets qui permettent de satisfaire les besoins des entreprises dans différents services (Cloud, Virtualisation, Stockage réseau, etc.) et dans service beaucoup plus générale à savoir la haute disponibilité. En effet, chaque entreprise souhaite fournir des services aux clients continuellement sans interruption.

En installant SQL Server 2012 sur les nœuds de notre cluster, nous avons réussi le test de basculement d'une base de données d'un nœud échoué vers un nœud passif, ce qui nous a permis de garder les ressources disponibles sans que le client ne ç'aperçoive du changement.

Ceux-ci reste que pour bien comprendre la solution implémentée, il faudrait à l'avenir prendre comme perspective d'implémenter la solution haute disponibilité sur des serveurs physiques puissants (RAM de 32Go et processeur appropriés) ainsi qu'on utilisant des espaces de stockages considérables capable de stocker de grandes quantités d'informations.

Bibliographie

Et

Webographie

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Généralités sur les réseaux informatiques, RIAHLA Mohamed Amine, Université Boumerdes
- [2] : Architecture des réseaux et études de cas, second édition traduit par Christian Soubrier, éditeur : Campus Press France, 2000.
- [4] : Réseaux (1) : modèle de référence OSI, Scott Ruffin, Support Technique, 4D.US, 2000.
- [5] : Cours Réseaux et Telecoms avec exercices et corrigés, 3ème édition, Guy Pujolle, Groupe EYROLLES, 2008.
- [6]: Réseaux, Guy Pujolle, EYROLLES, 2008.
- [7]: Tout sur les Réseaux et Internet, 4ème édition, Jean François Pillou, Fabrice Le Mainque, DUNOD, Juin 2015.
- [8] : Cours n°5 : Hyper text transport protocol, V.Poupet, IUT Montpellier, 2007.
- [12]: Pro Linux High Availability Clustering, Sander van Vugt, APRESS 2014.
- [13]: Introduction to Microsoft WINDOWS NT Cluster Server: Programming and Administration, Raj Rajagopal, CRC Press, 2000.
- [18]: WINDOWS Server 2012, Les bases indispensables pour administrer un serveur, Nicolat Bounet, édition ENI, 2013.
- [20]: Clustering Windows Servers A Road Map for Enterprise Solutions, Gary Mauler, Milton Beebe Digital Press of Butterworth–Heinemann; 2002.

WEBOGRAPHIE

[3] : <http://www.coursnet.com/2014/11/reseaux-client-serveur-et-poste-a-poste.html#>

[9]: <https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/fr/linuxonibm/liaaz/mailflow.htm>

[10]: http://www.clubic.com/dell_independants_petites_entreprises/news-543662-tour_rack_ou_lame_quel_serveur_choisir.html

[11]: <https://msdn.microsoft.com/>

[14]: <https://www.nginx.com/resources/glossary/load-balancing/>

[15]: <https://docs.citrix.com/en-us/netscaler/11/traffic-management/load-balancing/load-balancing-how-it-works.html>

[16]: <https://www.1and1.fr/digitalguide/serveur/know-how/load-balancer-repartition-de-charge-sur-un-serveur/>

[17]: <http://networksandservers.blogspot.com/2011/09/failover-clustering-iv.html>

[19]: <https://technet.microsoft.com/>

