

# Study and Deployment of a monitoring system for network load balancing cluster

Cluade NTUMBA TSHIBUABUA

Sciences Informatiques

Université de Kananga, UNIKAN

Kananga, République Démocratique du Congo

[Claudentumba24@gmail.com](mailto:Claudentumba24@gmail.com)

**Abstract:** Monitoring or supervision is a technique that makes the best use of IT resources to obtain information on the state of networks and their components. This data will then be processed and displayed in order to highlight possible problems. Supervision can resolve problems automatically or otherwise notify administrators via an alert system (email or SMS for example). Several actions are thus carried out: Data acquisition, analysis, then visualization and reaction. Such a process is carried out at several levels of a machine park: At the interconnection level (Network), at the level of the machine itself (System) and at the level of the services offered by this machine (Applications) while the cluster is a set of independent servers that work together to increase the availability of services and applications on a computer network. Services, particularly on the Internet, require an increase equivalent to the growing number of users using them; To ensure this increase and guarantee availability of these services, several methods were possible, including updating the hardware architecture in order to increase the processing power of the machine, increasing the number of computers running the service in using a process for balancing the workload.

**Keywords—** Network administration; Study; Deployment; Monitoring; Cluster; System; Technology; Load Balancing; Spervision; Quality of Service; Principle; High Availability.

**Resumé:** Le monitoring ou supervision est une technique utilisant au mieux les ressources informatiques pour obtenir des informations sur l'état des réseaux et de leurs composants. Ces données seront ensuite traitées et affichées afin de mettre en lumière d'éventuels problèmes, La supervision peut résoudre les problèmes automatiquement ou dans le cas contraire prévenir via un système d'alerte (email ou SMS par exemple) les administrateurs. Plusieurs actions sont ainsi réalisées : Acquisition de données, analyse, puis visualisation et réaction. Un tel processus est réalisé à plusieurs niveaux d'un parc de machines : Au niveau interconnexions (Réseau), au niveau de la machine elle-même (Système) et au niveau des services offerts par cette machine (Applications) tandis que le cluster est un ensemble des serveurs indépendants qui fonctionnent ensemble pour augmenter la disponibilité de services et d'applications sur un réseau informatique. Les services notamment sur internet nécessitent une montée équivalente au nombre grandissant d'utilisateurs leur faisant appel ; Pour assurer cette montée et garantir une disponibilité de ces services, plusieurs méthodes étaient envisageables entre autres la mise jour de l'architecture matérielle afin d'augmenter la puissance de traitement de la machine, l'augmentation du nombre d'ordinateurs exécutant le service en utilisant un processus permettant l'équilibrage de la charge de travail.

## 1. INTRODUCTION

En guise d'introduction, La haute disponibilité est à la mode que les nombreux fournisseurs des applications et des matériels aiment utiliser pour vous inciter à acheter leurs produits. Des nombreuses options différentes sont disponibles pour atteindre une haute disponibilité, et il semble également exister un certain nombre des définitions et des variantes qui aident les fournisseurs à vendre leurs produits en tant que solution à haute disponibilité.

En fin de compte, la haute disponibilité signifie simplement fournir des services avec une disponibilité maximale en évitant les temps d'arrêt imprévus. Souvent, la reprise après sinistre est étroitement liée aux discussions sur la haute disponibilité, mais la reprise après l'incident englobe les processus commerciaux et techniques utilisées pour récupérer une fois qu'un sinistre s'est produit.

En effet, produire les systèmes stables demande de passer beaucoup de temps en études et en analyses. Heureusement, il existe des techniques simples permettant de pallier à la fiabilité des systèmes complexes, qu'ils soient matériels ou logiciels. On parle alors de la disponibilité des services, voire de la haute disponibilité selon la nature de l'architecture mise en place. Aujourd'hui, la trop grande importance que relèvent les services qu'on offre impose un certain niveau de sécurité, les solutions de RAID et autres viennent se greffer à des nouvelles solutions pour assurer la haute disponibilité des services vitaux, car en effet très souvent d'énormes revenus sont liés à la disponibilité plus ou moins parfaite de certains services et ceux, en fonction des domaines d'activités.

Le monitoring ou supervision est une technique utilisant au mieux les ressources informatiques pour obtenir des informations sur l'état des réseaux et de leurs composants. Ces données seront ensuite traitées et affichées afin de mettre en lumière d'éventuels problèmes. La supervision peut résoudre les problèmes automatiquement ou dans le cas contraire prévenir via un système d'alerte (email ou SMS par exemple) les administrateurs.

Plusieurs actions sont ainsi réalisées : Acquisition de données, analyse, puis visualisation et réaction. Un tel processus est réalisé à plusieurs niveaux d'un parc de machines : Au niveau interconnexions (Réseau), au niveau de la machine elle-même (Système) et au niveau des services offerts par cette machine (Applications) tandis que le cluster est un ensemble des serveurs indépendants qui fonctionnent ensemble pour augmenter la disponibilité de services et d'applications sur un réseau informatique. Les services notamment sur internet nécessitent une montée équivalente au nombre grandissant d'utilisateurs leur faisant appel[ 1] ;

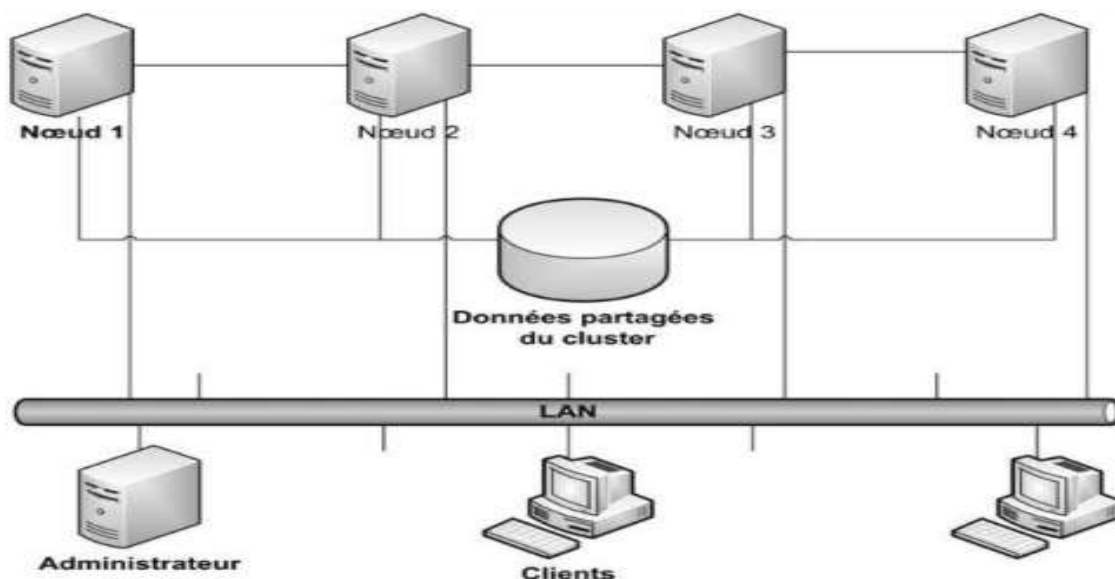
Pour assurer cette montée et garantir une disponibilité de ces services, plusieurs méthodes étaient envisageables entre autres la mise jour de l'architecture matérielle afin d'augmenter la puissance de traitement de la machine, l'augmentation du nombre d'ordinateurs exécutant le service en utilisant un processus permettant l'équilibrage de la charge de travail[ 2].

## 2. LE CLUSTER NETWORK LOAD BALANCING

Un cluster network Load Balancing dit cluster d'équilibrage de charge réseau est un ensemble des machines physiques travaillant en collaboration ou à minima, échangeant des informations sur leurs propres fonctionnement.

C'est donc un ensemble des nœuds (serveurs physiques) participant dans le même cluster. L'ensemble de ces serveurs physiques indépendants fonctionnant comme un seul système est ce qu'on appelle une grappe des serveurs. Le client communique avec cette grappe comme s'il s'agissait d'une machine unique.

Dans sa forme la plus simple, un cluster est un ensemble de deux ordinateurs ou plus, appelés nœuds ou « node » en anglais, qui travaillent ensemble pour fournir un service. Et donc la disponibilité d'un serveur est sa capacité à fournir un service en tout temps, sous toutes conditions, de l'ordre de 99,99%.



### 2.1 AVANT

*Figure 1. Cluster de serveur*

l'augmenter la satisfaction des clients du système.

Le Load Balancing est donc un moyen économique d'augmenter les performances d'un système informatique. En conséquence, le Load Balancing augmente la satisfaction des requêtes et la consommation des ressources informatiques (il n'est plus nécessaire d'investir dans les ressources supplémentaires qui ne seront utilisées que 10% de temps).

<sup>1</sup> K.R. ANOOP & V.R EMBAR S. DHAMAL, S. BHAT, Pattern clustering using co-operative game theory, Wiley, BANGALORE, 2011.

<sup>2</sup> CHOUMELE NANDONG Lucry Maël, « l'IAI-Cameroun, Centre d'Excellence Technologique PAUL BIYA », 2018 – 2019,

### A. avantages

Le cluster d'équilibrage de charge réseau a comme avantage :

- ✓ Augmenter la disponibilité des ressources sur le cluster :

Celles-ci sont garanties disponibles à 99,9% du temps. Dans le cas où l'un des nœuds du cluster ne pourrait plus fournir des réponses aux requêtes des clients, alors les autres nœuds du cluster prennent le relai. Ainsi, la communication avec les clients et l'application hébergée ou autres ressources sur le cluster ne subit pas d'interruption ou une très courte interruption<sup>[ 3]</sup>.

- ✓ Faciliter l'évolutivité :

Lorsque la charge totale excède les capacités des systèmes du cluster, d'autres systèmes peuvent lui être ajoutés. En architecture multiprocesseur, pour étendre les capacités du système il faut dès le départ opter pour des serveurs haut de gamme couteuse autorisant l'ajout d'autres processeurs, des lecteurs et la mémoire supplémentaire.

- ✓ Faciliter l'adaptabilité

Il est possible d'ajouter un ou plusieurs nœuds ou d'ajouter des ressources physiques (disques, processeurs, mémoires vives) à un nœud du cluster. En effet, il est possible que de par les trop nombreuses requêtes sur les serveurs que celui-ci soit en saturation au niveau de la charge processeur, mémoire ou autre, dans ce cas il est nécessaire d'ajouter des éléments, voire un autre nœud en vrais dire.

- ✓ Faciliter la gestion du processeur, mémoire vive, disque dur, bande passante réseau.

### B. Inconvénients

Le cluster NLB, autant que tout système nous présente des inconvénients qui sont les suivants :

- Cout élevé ;
- Déploiement technique complexe ;
- Cout de maintenance élevé ;
- Ne prend pas en compte l'utilisation des ressources pour effectuer l'équilibrage de charge ;
- Les serveurs peuvent posséder une charge inégale ;
- En cas de panne d'un serveur lors du traitement d'une requête, il n'y a pas de transfert des requêtes vers d'autres serveurs.

## 2.2 PRÉSENTATION DES ARCHITECTURES DU CLUSTER

### 2.2.1 SANS RÉPARTITEUR

La méthode la plus simple de faire une répartition de charge consiste à dédier des serveurs à des groupes des clients prédéfinis. Si cette méthode est simple à mettre en œuvre pour un intranet, elle est très complexe, voire impossible pour des serveurs internet [4].

Dans ce cas, un paramétrage spécifique du DNS (Domain Name Server) au niveau réseau et/ou l'optimisation applicative (Niveau 7) sont un premier pas vers une démarche de répartition de charge sans répartiteur.

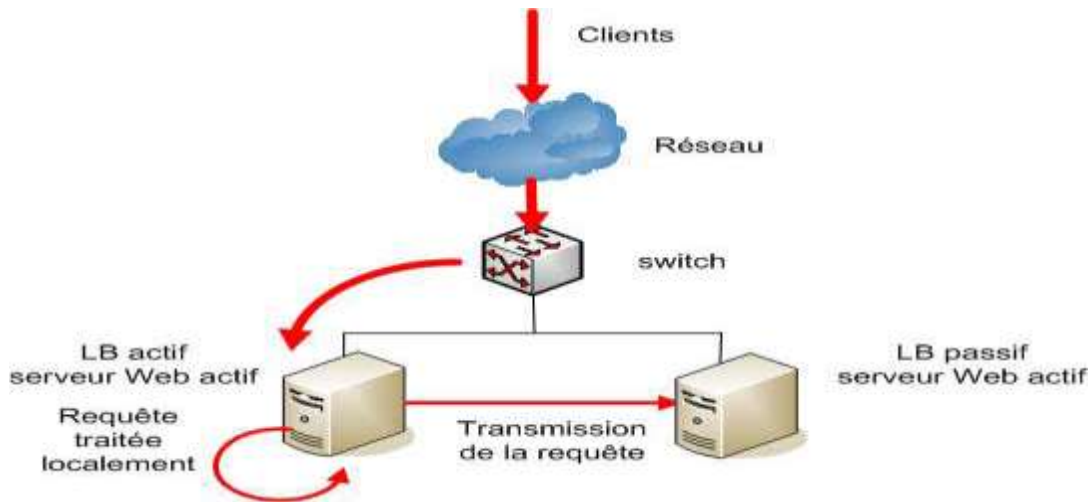
Dans la majorité des cas, la méthode du DNS en rotation (round robin) est un bon début en matière de répartition de charge. Pour un même nom de serveur particulier, le serveur DNS dispose de plusieurs adresses IP de serveurs, qu'il présente à tour de rôle aux clients, dans un ordre cyclique.

Pour l'utilisateur, cette méthode est totalement transparente car il ne verra que l'adresse du site. On utilise généralement la répartition par DNS pour les moteurs de recherche, des serveurs POP (messagerie) ou des sites proposant des contenus statiques.

---

<sup>3</sup> S. SABRI, Application de la théorie des jeux pour la définition, d'enveloppement et implémentation d'un algorithme de clustering, Mémoire de Magistère, Université de Bejaia, Algérie, 2011.

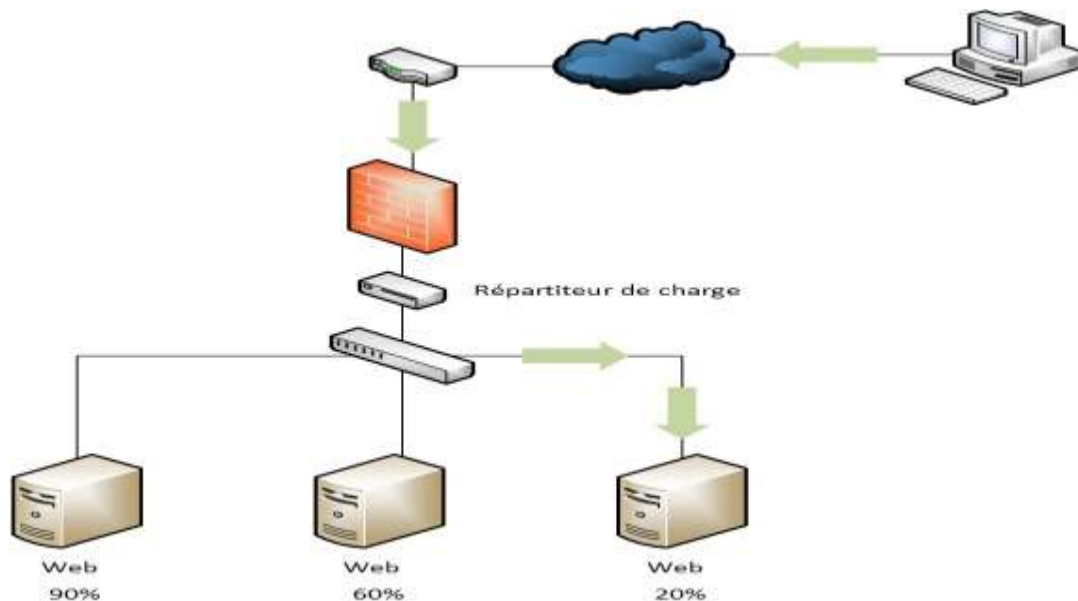
<sup>4</sup> J. Zupan, Clustering of Large Data Sets, Research Studies Press, Chichester, 1982



*Figure 2. Load balancing sans répéteur*

### 2.2.2 AVEC REPARTITEUR DE CHARGE (LOAD BALANCING)

Le répartiteur de charge ou Load Balancer est la couche supplémentaire qui permet d'optimiser et de réguler le trafic, tout en soulageant les serveurs, en répartissant la charge selon les algorithmes prédéfinis (niveau 3, 4 et 7) et/ou selon des fonctions intelligentes capables de tenir compte du contenu de chaque requête (Niveau 7).



*Figure 3. Load-balancer*

Le répartiteur peut être un routeur, un Switch, un système d'exploitation ou un logiciel applicatif. Il répartit les demandes en les distribuant automatiquement aux serveurs disponibles. Le destinataire des demandes peut également être imposé. Le répartiteur simule la présence d'un serveur : les clients communiquent avec le répartiteur comme s'il s'agissait d'un serveur<sup>21(\*)</sup>. Celui-ci répartit les demandes provenant des clients, les transmet aux différents serveurs. Lorsqu'un serveur répond à une demande, celle-ci est transmise au répartiteur ; puis le répartiteur transmet la réponse au client en modifiant l'adresse IP de l'expéditeur pour faire comme si cette réponse provenait du serveur.

#### 1. La répartition de charge de niveau 3 / 4

Celle-ci consiste à travailler sur les paquets réseaux en agissant sur leur routage (TCP/IP). Le répartiteur de niveau 3 / 4 intervient donc à l'ouverture de la connexion TCP puis aiguille les paquets en fonction des algorithmes retenus, selon 3 méthodes :

- ❖ **Le routage direct** : Avec cette méthode, le répartiteur distribue les cartes. Elles se chargent de répartir les requêtes sur une même adresse entre les serveurs locaux. Les serveurs répondent ensuite directement aux clients. On parle alors de DSR (Direct Server return) ; retour direct du serveur en français. Simple à mettre en œuvre car ne nécessitant aucune modification au niveau IP, cette méthode requiert des solides compétences du modèle TCP/IP pour obtenir une configuration correcte et optimale. Elle implique en outre la proximité des serveurs, qui doivent se trouver sur le même segment réseau que le répartiteur.
- ❖ **Le tunneling** : Le tunneling est une évolution du routage direct qui permet de s'amender de la problématique de proximité des serveurs grâce à la mise en place des tunnels entre des serveurs distants et le répartiteur.
- ❖ **La translation d'adresses IP** : Dans ce cas, le répartiteur centralise tous les flux : les requêtes (comme dans le cas du routage direct) sont réparties entre les serveurs mais aussi les réponses. Il masque ainsi l'ensemble de la ferme de serveurs, qui ne nécessitent aucun paramétrage particulier. En revanche, cette méthode implique une configuration applicative très stricte afin notamment que les serveurs évitent de retourner leurs adresses internes dans les réponses[5].

## 2. La répartition de charge de niveau 7 (Applicatif)

En s'attaquant à la couche applicative, le répartiteur de charge ne se contente pas plus d'aiguiller aveuglement les requêtes. Il analyse le contenu de chaque requête HTTP, RDP ou autre pour décider du routage.

- ❖ **Le reverse proxy** : Dans son rôle de transmission du trafic, le répartiteur de niveau 7 agit comme un reverse proxy et prétend être serveur. Il a alors pour rôle d'accepter les connexions à destination du client et d'établir des connexions avec les serveurs pour faire transiter les données (requêtes et réponses). Cette méthode implique que les serveurs ne puissent pas être joints directement par les utilisateurs et nécessite aucune configuration particulière côté serveur. Dans ce cas, le répartiteur de niveau 7 nécessite plus de puissance que les solutions matérielles agissant au niveau du réseau. Ils fournissent cependant un premier niveau de sécurité en ne transmettant au serveur que ce qu'ils comprennent.
- ❖ **Le reverse proxy transparent** : Parfois, la répartition de charge de niveau 7 peut se heurter à des contraintes d'intégration des serveurs (surveillance des logs ou pare-feu de niveau 3 / 4) ou de protocole FTP. Dans ce cas, le répartiteur peut simuler l'adresse IP du client en source des connexions qu'il établit vers les serveurs. On parle alors du reverse proxy transparent. Nécessitant un mode coupure, le reverse proxy transparent implique que les serveurs soient non seulement configurés pour joindre les clients à travers le Load Balancer, mais aussi se trouver sur un segment réseau différent des clients.

## 2.3 FONCTIONNEMENT

### 2.3.1 FONCTIONNALITES DE LA REPARTITION DE LA CHARGE RESEAU

La répartition de charge réseau fonctionne en trois modes différents de répartition :

#### a. La répartition manuelle

Elle permet de répartir le poids pour chaque nœud du cluster basé sur un poids de charge. Si trois serveurs sont configurés avec le poids 50, 30 et 20 ; le premier va recevoir la moitié des requêtes, le second 30% et le dernier 20%.

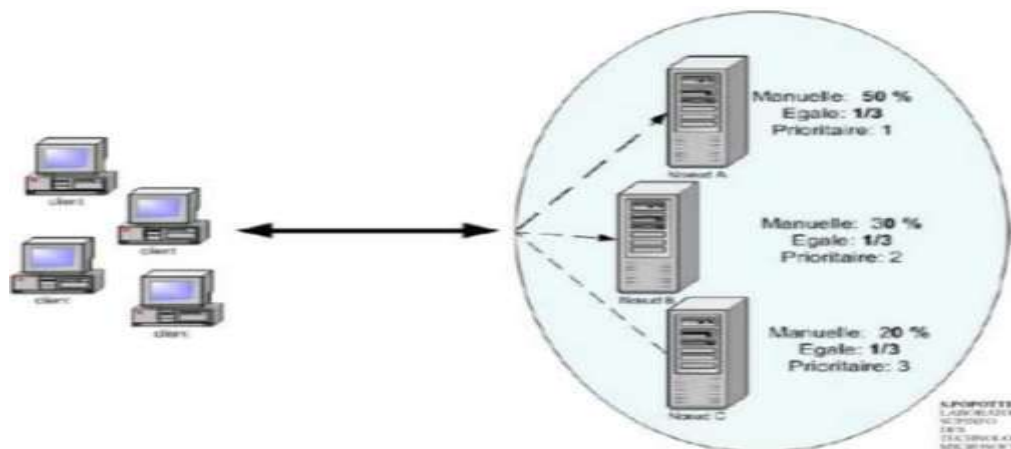
#### b. La répartition égale

Elle permet de répartir de façon égale les requêtes sur l'ensemble des serveurs composant le cluster. S'il y a trois serveurs dans la ferme du cluster, chacun recevra 33% des requêtes.

#### c. La répartition prioritaire

<sup>5</sup> J. Zupan, op.cit., P 98

Elle permet de mettre en place la notion de tolérance de panne en spécifiant un serveur prioritaire. L'ensemble du trafic est tout d'abord acheminé sur l'hôte ayant la priorité 1. Si celui-ci tombe en panne, l'ensemble du trafic sera envoyé au serveur de priorité 2 et ainsi de suite.

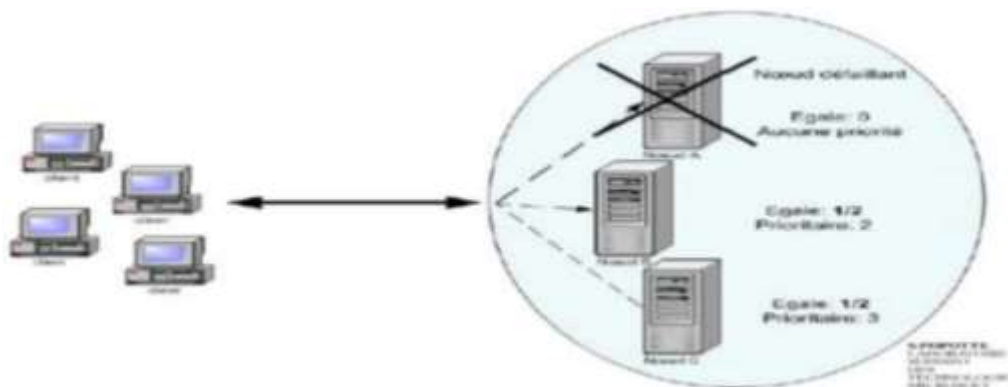


**Figure 4. Répartition prioritaire de charge**

Lorsqu'un serveur membre de la ferme du cluster tombe en panne, le cluster passe en mode de convergence pendant lequel une élection est effectuée afin de repartir selon les règles de la configuration de répartition de charge réseau.

Pendant ce temps les clients en communication avec le serveur en panne n'accèdent pas aux services jusqu'au moment où la convergence est terminée. Ce qui permet de repartir ces clients sur les autres serveurs.

Dans le cadre d'une répartition égale entre trois serveurs, les requêtes sont réparties à 33% sur chacun des serveurs. Si l'un des serveurs tombe en panne, la convergence démarre et la répartition se fait à 50% sur les deux serveurs.



**Figure 5. Convergence en cas de panne du serveur**

Lors de la montée en charge d'un serveur pour un service web, un service VPN ou autre... il est intéressant d'envisager une solution adoptant la technologie de répartition de charge réseau. Le mode NLB proposé par Microsoft permet l'intégration de 32 nœuds au sein d'un même cluster, l'ensemble de ces nœuds pourront répondre aux requêtes simultanément.

Le service d'équilibrage de charge réseau (NLB) augmente la disponibilité et l'évolution des applications serveurs Internet, telles que celles utilisées sur les serveurs web, FTP, pare-feu, proxy, VPN et d'autres serveurs stratégiques.

L'équilibrage de la charge réseau permet à tous les ordinateurs du cluster d'être adressés via le même ensemble d'adresses IP du cluster (mais il préserve également leurs adresses IP dédiées uniques). Pour les applications faisant objet de l'équilibrage de charge lorsqu'un hôte présente une défaillance ou est mis en mode hors connexion, la charge est automatiquement redistribuée parmi les ordinateurs en état de fonctionnement.



## 2.4 LES MODES D'OPERATIONS DU CLUSTER

### 2.4.1 MODES D'OPÉRATIONS

Trois modes d'opération du cluster sont disponibles : monodiffusion, multidiffusion et multidiffusion IGMP[6].

#### 2.4.1.1 MONODIFFUSION (UNICAST)

Ce mode attribue une adresse MAC unique à l'ensemble des noeuds du cluster. Ce pendant cela pose problème au niveau de Switch puis que par définition un Switch attribue une adresse MAC par port. Il ne peut pas enregistrer deux fois la même adresse MAC.

Ce problème de diffusion obligera le Switch à floodier l'ensemble des ports pour savoir réellement à qui appartient cette adresse. Cela fonctionnera mais va générer une quantité de trafic importante. Une solution annexe mais ne faisant pas partie des bonnes pratiques, consiste à placer un hub entre le Switch et les noeuds du cluster, comme ça l'adresse MAC sera enregistrée uniquement sur un port du Switch et le trafic redistribué à l'ensemble des noeuds grâce au hub.

#### 2.4.1.2 MULTIDIFFUSION (MULTICAST)

Ce mode règle les problèmes liés à l'unicité de l'adresse MAC lorsqu'un de type multidiffusion est utilisé, tout en empêchant les équipements réseaux de mémoriser l'adresse MAC du cluster.

Par contre, ce mode ne résout pas le problème de flooding sur le port du Switch. Certains commutateurs peuvent être configurés partiellement en hub, ce qui permet d'indiquer à l'équipement de transférer systématiquement les paquets pour l'adresse MAC du cluster au port où sont connectés les noeuds.

#### 2.4.1.3 MULTIDIFFUSION IGMP

Ce mode reprend le comportement du mode précédent sauf que l'on y ajoute l'utilisation de l'IGMP (Internet Group Management Protocol) de ce fait, les noeuds du cluster s'enregistrent avec une adresse IP de classe D. avec ce mode le problème de flooding n'existe plus. Pour rappel, la classe D contient les adresses IP de 224.0.0.0 à 239.0.0.0 et est réservée uniquement aux communications multicast[7].

## 2.5 LES CARACTERISTIQUES DU NETWORK LOAD BALANCING

Le network Load Balancing doit répondre à des certaines caractéristiques qui sont :

- ✓ Support de TCP/IP ;
- ✓ Répartition de charge ;
- ✓ Haute disponibilité ;
- ✓ Mise à l'échelle ;
- ✓ Administration distante.

## 2.6 LES REGLES DE PORTS DE L'EQUILIBRAGE DE LA CHARGE RESEAU

L'équilibrage de la charge réseau va être défini grâce à la création de la règle de port qui va permettre de spécifier les propriétés de répartition selon les critères suivants : numéro de port et protocoles (TCP et UDP) concernés par la règle, le mode d'équilibrage de charge (hôte multiple, hôte unique, désactiver les ports) et l'ensemble des paramètres propre au mode sélectionné[8].

## 2.7 AUTRES LOGICIELS DE LOAD BALANCING

- ❖ **Nginx** : réalise le Load Balancing en proxy inverse et s'est démarqué par ses grandes performances (meilleures que celle d'Apache) à partir de peu des ressources. Nginx est très flexible puisqu'il prend en charge des nombreux protocoles comme HTTP, HTTPS, IMAP, SMTP, ... ce qui n'est pas le cas des toutes les solutions proposées. Pour autant, Nginx n'est pas le plus facile des softwares de Load Balancing à prendre en main. La difficulté de création des modules sous Nginx Load Balancing a été des nombreuses fois soulignées[9].

---

<sup>6</sup> Réseaux informatiques "Notions fondamentales et administrations sous Windows server ou linux, Edition ENI, France, Novembre 2014, P. 72.

<sup>7</sup> LOHIER.S et QUIDELLEUR.A, Le réseau Internet, DUNOD, Paris, 2010, P. 59.

<sup>8</sup> <https://www.ionos.fr/digitalguide/serveur/know-how/load-balancer-repartition-de-charge-sur-un-serveur/> cette page nous a permis de déterminer le fonctionnement du load-balancer 20/04/2022.

<sup>9</sup> Fabrice Legond-Aubry, Note de cours d'administration réseau sous Windows I, L1 Adm & Exploit réseaux. 2018– 2019

- ❖ **HA Proxy** : C'est la solution d'équilibrage de charge la plus discrète et la plus légère, ce logiciel convient bien pour les petites applications qui utilisent de préférence l'algorithme de répartition en fonction du nombre de connexion.
- ❖ **Varnish** : est pratique et se distingue parce qu'il est formé d'un plugin. Conçu spécifiquement pour fonctionner en tant que proxy inverse (au contraire de Nginx), Varnish est particulièrement adapté pour les sites à données massives où les utilisateurs ont tendance à revenir. En effet, il évite que les utilisateurs qui aient déjà visités la page n'aient pas à la retélécharger et donc à utiliser les ressources des serveurs du site. Néanmoins, Varnish ne gère que le protocole http, ce qui peut fortement bloquer l'utilisation pour certaines applications. Microsoft a implémenté à part la technologie du clustering à équilibrage de charge, deux autres technologies de clustering.

N.B : Connaissant que les software (matériels) eux-mêmes ne peuvent pas offrir un service à un besoin soulevé sans la présence de hardware (Logiciels) des bases ou d'application et cela étant donné que nous faisons une administration dans le cluster on doit juste faire appel aux logiciels de base faisant office de l'administration qui est Windows serveur.

### 3. ESSENTIEL DE WINDOWS SERVEURS

Windows server est un NOS (Network Operating System) ou système d'exploitation réseau de la firme Microsoft qui comporte un ensemble d'outils non seulement pour la gestion des utilisateurs, mais également la supervision du fonctionnement général du réseau et tout particulièrement de la machine serveur[10].

#### 3.1 VERSIONS DE WINDOWS SERVEUR

L'histoire de Windows Server commence en 1993 avec Windows NT 3.1 Advanced Server et aujourd'hui nous avons Windows Server 2019.

C'est ainsi que dans notre projet nous avons eu à utiliser le Windows Serveur 2016 pour bien faire cat Administration.

##### 3.1.1 WINDOWS SERVEUR 2016

Dans cette partie, nous vous fournissons une vue d'ensemble de la fonctionnalité d'équilibrage de charge réseau (NLB) dans Windows Server 2016. Vous pouvez utiliser l'équilibrage de charge réseau pour gérer deux serveurs ou plusieurs serveurs en tant que cluster virtuel unique. L'équilibrage de charge réseau améliore la disponibilité et l'évolutivité des applications serveur Internet telles que celles utilisées sur le web, FTP, le pare-feu, le proxy, le réseau privé virtuel (VPN) et d'autres serveurs critiques. Windows Server 2016 inclut un nouveau logiciel inspiré par Azure Load Balancer (SLB) comme composant de l'infrastructure SDN (Software Defined Networking)[11].

La fonctionnalité d'équilibrage de la charge réseau répartit le trafic entre plusieurs serveurs à l'aide du protocole réseau TCP/IP. En combinant plusieurs ordinateurs qui exécutent des applications dans un cluster virtuel unique, l'équilibrage de la charge réseau assure la fiabilité et les performances des serveurs Web et d'autres serveurs critiques. Les serveurs d'un cluster d'équilibrage de la charge réseau sont appelés *hôtes* et chacun d'eux exécute une copie distincte des applications de serveurs. L'équilibrage de la charge réseau répartit les demandes de client entrantes entre les hôtes du cluster. Vous pouvez configurer la charge qui doit être gérée par chaque hôte. Vous pouvez également ajouter des hôtes de façon dynamique au cluster afin de traiter une charge accrue.

L'équilibrage de la charge réseau permet de traiter tous les ordinateurs du cluster à l'aide du même ensemble d'adresses IP. Il permet également de conserver un ensemble d'adresses IP dédiées uniques pour chaque hôte. Pour les applications à charge équilibrée, en cas d'échec ou de passage hors connexion d'un hôte, la charge est automatiquement redistribuée entre les ordinateurs toujours en cours de fonctionnement. Lorsqu'il est prêt, l'ordinateur hors connexion peut rejoindre de manière transparente le cluster et récupérer sa part de la charge, ce qui permet aux autres ordinateurs du cluster de traiter moins de trafic.

L'équilibrage de la charge réseau est utile pour s'assurer que les applications sans état, par exemple les serveurs Web qui exécutent Internet Information Services (IIS), sont disponibles avec un temps d'interruption minimal et qu'elles sont extensibles (via l'ajout de serveurs supplémentaires au fur et à mesure de l'augmentation de la charge). Les sections suivantes expliquent comment l'équilibrage de la charge réseau prend en charge la haute disponibilité, l'extensibilité et la simplicité de gestion des serveurs en cluster qui exécutent ces applications.

##### 3.1.2 FONCTIONNALITES IMPORTANTES

L'équilibrage de charge réseau est installé en tant que composant de pilote réseau de serveur standard Windows. Ses opérations sont transparentes pour la pile de réseau TCP/IP.

<sup>10</sup> <http://technet.microsoft.com/en-us/library/jj679892.aspx> consulté 19/03/2022

<sup>11</sup> <https://softetrader.fer/acheter-des-licences/microsoft-windows-serveur/#2016>



Voici les principales fonctionnalités de l'équilibrage de charge réseau sous Windows Serveur 2016 :

- Elle ne nécessite aucune modification du matériel pour pouvoir s'exécuter.
- Elle fournit des outils d'équilibrage de la charge réseau pour configurer et gérer plusieurs clusters, ainsi que tous les hôtes de cluster, à partir d'un seul ordinateur distant ou local.
- Elle permet aux clients d'accéder au cluster à l'aide d'un seul nom Internet logique et d'une seule adresse IP virtuelle, appelée adresse IP du cluster (elle conserve des noms individuels pour chaque ordinateur). L'équilibrage de la charge réseau autorise plusieurs adresses IP virtuelles pour les serveurs multi résidents.

### 3.1.3 CONFIGURATION MATERIELLE REQUISE

Voici la configuration matérielle requise pour exécuter un cluster NLB :

- Tous les hôtes du cluster doivent résider sur le même sous-réseau.
- Il n'existe aucune restriction sur le nombre de cartes réseau de chaque hôte. Par ailleurs, les différents hôtes peuvent avoir un nombre distinct de cartes.
- Au sein de chaque cluster, toutes les cartes réseau doivent être soit multidiffusion, soit monodiffusion. L'équilibrage de la charge réseau ne prend pas en charge un environnement mixte de multidiffusion et de monodiffusion au sein d'un seul cluster.
- Si vous utilisez le mode de monodiffusion, la carte réseau qui permet de gérer le trafic entre le client et le cluster doit prendre en charge la modification de son adresse MAC (Media Access Control).

### 3.1.4 CONFIGURATION LOGICIELLE REQUISE

Voici la configuration logicielle requise pour exécuter un cluster NLB.

- Seul le protocole TCP/IP peut être utilisé sur la carte pour laquelle l'équilibrage de la charge réseau est activé sur chaque hôte. N'ajoutez pas d'autres protocoles (par exemple, IPX) à cette carte.
- Les adresses IP des serveurs du cluster doivent être statiques.

L'équilibrage de la charge réseau ne prend pas en charge le protocole DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). L'équilibrage de la charge réseau désactive le protocole DHCP sur chaque interface configurée.

## 4. PRINCIPES DE MONITORING ET QUALITE DE SERVICE

Déprime abord, le principe de la supervision est de s'assurer du bon fonctionnement d'un système. Il peut être appliqué sur plusieurs entités : serveurs, équipements réseaux, firewall, etc.

La notion de qualité de service (QoS, Quality of Service) offre une possibilité de partager le plus équitablement possible une ressource et devenant de plus en plus rare, car partagée par un grand nombre de flux applicatifs qui peuvent interférer les uns avec les autres. Elle introduit également la possibilité de déterminer différents niveaux de service en fonction de la nature de ce flux (une visioconférence, un transfert de fichier, etc.).

### 4.1 LES DIFFERENTS OUTILS DE MONITORING

- Zabbix ;
- Centreon ;
- NetMRG ;
- Cacti ;
- Nagios.

### 4.2 CRITAIRES DE QUALITE DES SERVICES

Les principaux critères permettant d'apprécier la qualité de service sont les suivants[12]:

---

<sup>12</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Qualité\\_de\\_service](https://fr.wikipedia.org/wiki/Qualité_de_service)

- Débit (en anglais bandwidth), parfois appelé bande passante par abus de langage, il définit le volume maximal d'information (bits) par unité de temps ;
- Gigue (en anglais jitter) : elle représente la fluctuation du signal numérique, dans le temps ou en phase ;
- Latence, délai ou temps de réponse (en anglais delay) : elle caractérise le retard entre l'émission et la réception d'un paquet ;
- Perte de paquet (en anglais packet loss) : elle correspond à la non-délivrance d'un paquet de données, la plupart du temps dû à un encombrement du réseau ;
- Déséquilibrage (en anglais desequencing) : il s'agit d'une modification de l'ordre d'arrivée des paquets.

## 5. PLANNING PREVISIONNEL ET DEPLOIEMENT DE LA SOLUTION

### 5.1 PLANNING PREVISIONNEL

#### 5.1.1 ANALYSE DES BESOINS DU PROJET

Après une analyse avancée, nous suggérons que ce projet pourra avoir deux acteurs principaux qui pourront interagir dans notre système par rapport aux besoins.

Consternant cet état d'esprit, après les examens et études faits nous voyons que ce projet assure une grande importance pour permettre à tous les utilisateurs d'interagir en permanence avec le serveur (serveur web) en toute quiétude sans interruption aucune de service. Ce projet aidera également l'entreprise et les administrateurs réseaux (ouvriers) en matière de la haute disponibilité des services.

#### A. BESOINS FONCTIONNELS

- La productivité au sein d'une structure d'entreprise ou autres structures commerciales constituent une mesure de l'utilisation efficace des facteurs de production, c'est-à-dire l'ensemble des moyens techniques, financiers et humains dont dispose cette entité. Cette productivité doit être optimale et surtout ininterrompue. Malgré la complexité de gestion des ressources systèmes de l'administration réseaux, les besoins se multiplient pour élargir les tâches administratives de chaque entreprise quel que soit sa taille. Les besoins fonctionnels représentent les actions que le système doit exécuter.

Cependant, la gestion des utilisateurs est l'une de tâches absolument essentielles dévolus aux administrateurs pour assurer les problèmes de connexion, d'authentifier des utilisateurs, donner les droits d'accès. En principe, le partage des ressources informatique des entreprises devient de plus en plus à une décentralisation des tâches.

#### B. BESOINS NON FONCTIONNELS

Après avoir défini les besoins fonctionnels, nous allons pouvoir montrer l'ensemble des besoins non fonctionnels pour lesquels les exigences ne concernent pas spécifiquement le comportement du système ; mais plutôt ils identifient les contraintes internes et externes à respecter pour garantir la performance du système.

A la lumière de ce qui précède, le système permettra aux administrateurs réseau de gérer en temps réel les serveurs de l'entreprise et de remédier à chaque alerte d'un défaut ou d'une panne, il est impérativement nécessaire que la durée d'exécution des traitements s'approche le plus possible des attentes des utilisateurs.

#### C. RECENSEMENT DES ACTEURS

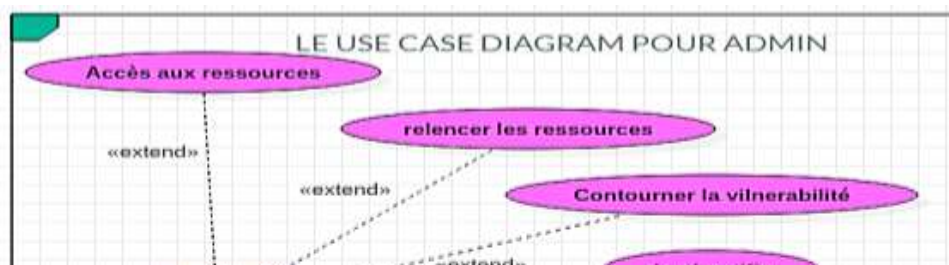
Dans ce projet nous avons compris que dans sa finalité il aura deux principaux utilisateurs à savoir :

- Un user administratif (Personne autorisée) ;
- Un user simple (Client).

### 5.2 MODELISATION AVEC UML

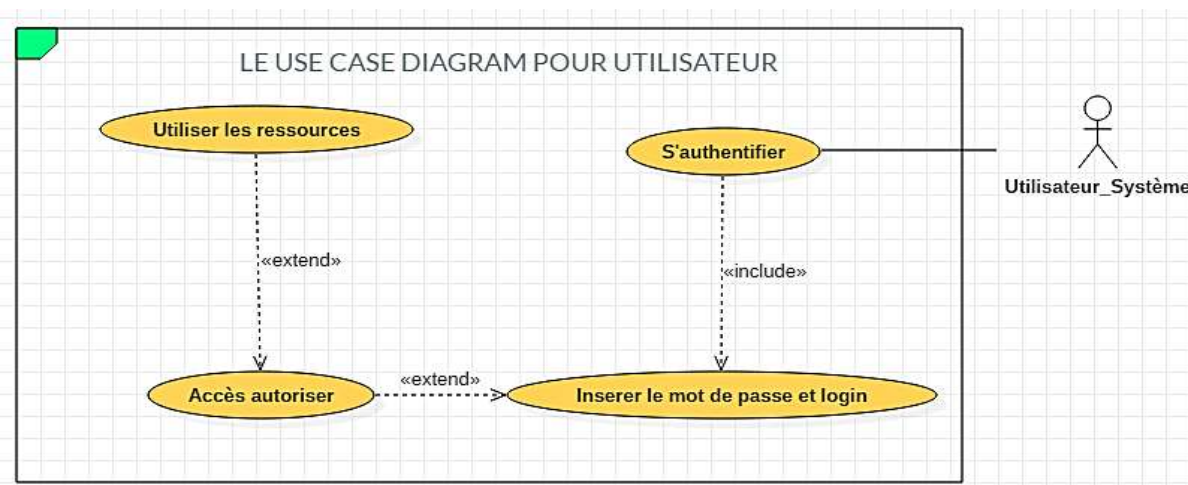
#### 5.2.1 LE DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION

- Le diagramme pour l'Administrateur



**Commentaire :** Ce diagramme montre le degré de la légitimité d'un administrateur réseau au sein du système et des actions qu'il opère pour une bonne gestion du système vu comme besoins fonctionnels.

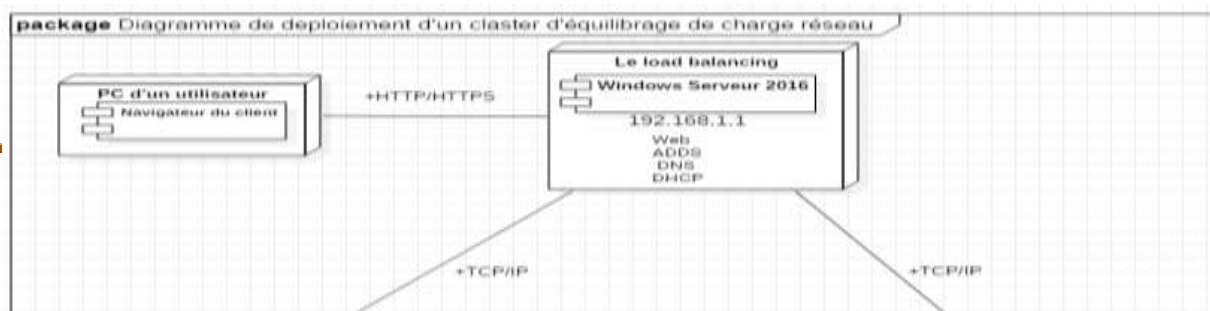
➤ **Le diagramme pour l'utilisateur (Client)**



**Figure 7. Diagramme de cas d'utilisation pour l'utilisateur**

**Commentaire :** Dans ce diagramme, nous voyons le degré de la légitimité qu'à un utilisateur au sein du système pour y participer de manière à ce qu'il soit servi par ce dernier selon ses demandes ou service.

➤ **Le diagramme de déploiement**



**Commentaire :** Ce diagramme permet de présenter la disposition des ressources physique matérielles qui constitue le système et montre la répartition des composants (élément logiciels), qui s'exécutent sur ces matériels et aussi les chemins communication entre les différentes ressources matérielles[13].

Par ricochet, les éléments des ressources matérielles sont ici représentés comme les nœuds et les chemins de communication représenter par une droite reliant les nœuds.

## 6. CAHIER DE CHARGE

*Tableau 1. Cahier de charge*

| N° | EQUIPEMENT                     | MARQUE                          | PERFORMANCE   | QUANTITE |
|----|--------------------------------|---------------------------------|---|----------|
|    | Serveur dédié                  | Dell Serveur                    | HDD: 1To<br>CPU: 8GHz<br>RAM: 16Gio                   | 2        |
| 2  | Système d'exploitation serveur | Windows serveur 2016            | Edition Standard                                      | 1        |
| 3  | Câble UTP                      | Net digital                     | 6a Câble catégorie                                    | 120 m    |
| 4  | Connecteurs RJ45               | -----                           | -----   | 70       |
| 5  | Switch                         | Catalyst Cisco de la série 2960 | IOS-XE, 24port Fast Ethernet, 2 Port Gigabit-ethernet | 1        |
| 6  | PC Exécutant Windows 10        | Samsung                         | HDD: 200 Go<br>CPU: Core due<br>RAM: 4Gio             | 1        |

**Commentaire :** Ce tableau qui suit, nous présentons tous les éléments dont nous aurons besoin pour la Mise en place d'un cluster NLB avec Windows Server 2016.

## 7. ESTIMATION DE COUT

*Tableau 2. Les coûts estimés*

<sup>13</sup> Di Gallo Frédéric, Méthodologie des systèmes d'information – UML, 2000-2001

| N°    | LIBELLE                        | QUANTITE | P. U     | P. T      |
|-------|--------------------------------|----------|----------|-----------|
| 1     | Serveur dédié                  | 2        | 6.000 \$ | 12.000 \$ |
| 2     | Système d'exploitation serveur | 1        | 700 \$   | 700 \$    |
| 3     | Câble UTP                      | 120 m    | 40 \$    | 4.800 \$  |
| 4     | Connecteurs RJ45               | 70       | 15 \$    | 1.050 \$  |
| 5     | Switch                         | 1        | 95 \$    | 95 \$     |
| 6     | PC Exécutant Windows 10        | 10       | 650 \$   | 6.500 \$  |
| TOTAL |                                |          |          | 24.445 \$ |

**Commentaire :** Ce tableau consiste à montrer les différents coûts estimés que doit comprendre notre projet et pour avoir une idée générale sur la dépense que coûter l'entreprise pour sa réalisation.

## 8. LES TACHES ET LEURS PONDERATIONS

*Tableau 3. Tâches et leurs pondérations*

| CODE | TACHE   | ANTERIORITE | DUREE |
|------|---|-------------|-------|
| A    | Acquisition de cahier de charge.                | -           | 3     |
| B    | Analyse des besoins                             | A           | 7     |
| C    | Evaluation des coûts                            | A           | 9     |
| D    | Achat des équipements                           | A           |       |
| E    | Possession des équipements et leur déploiement  | B, D        | 5     |
| F    | Installation des équipements                    | C           | 12    |
| G    | Configuration de commutateur et routeur         | E           | 7     |
| H    | Configuration de cluster Load Balancing         | F, G        | 9     |
| I    | Configuration des fonctionnalités de monitoring | H           | 12    |
| J    | Essaie d'utilisation                            | I           | 7     |

**Commentaire :** A ce point, nous allons donner une chronologie des différentes tâches et les antériorités avec leur durée en fin d'évaluer le temps qu'a pris le projet.

## 8.1 CALCUL DE LA DUREE DE L'IMPLEMENTATION DU PROJET AVEC LA METHODE MPM

### 8.1.1 DETERMINATION DE LA DUREE AU MOYEN D'UN GRAPHE MPM

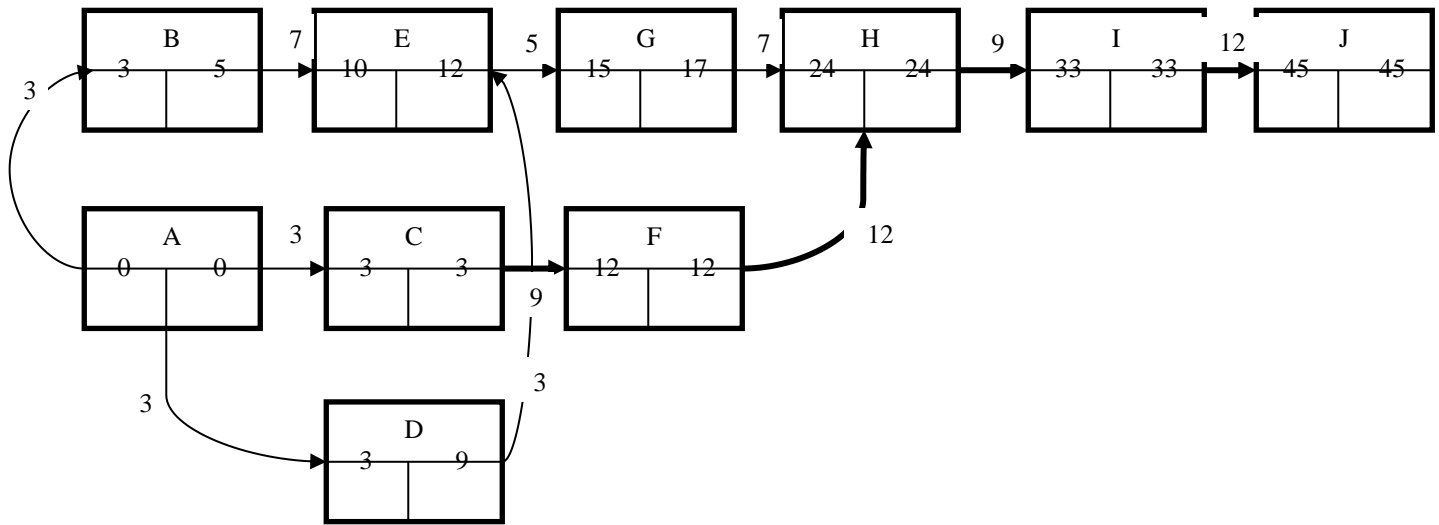


Figure 9. Graphe MPM

### 8.1.2 LE CHEMIN CRITIQUE OU LE CHEMIN LE PLUS COURT DU GRAPHE MPM

CR = {C, F, H, I, J}

## 9. DEPLOIEMENT DE LA SOLUTION

### 9.1 INTRODUCTION

Le NLB (Network Load Balancing) est une fonctionnalité propre à Windows Server. Elle permet de disposer d'une ferme de serveurs hautement disponibles au travers d'un système de répartition de charge avancé au niveau réseau. Plus concrètement, lorsque ce service est configuré, une IP virtuelle est émulée par l'ensemble des noeuds (ou serveurs) du cluster. De cette façon, même si un serveur venait à s'arrêter, le cluster continuerait d'exister et le service resterait ininterrompu.

Cette solution présente toutefois quelques inconvénients mineurs. Tout d'abord les performances globales ne dépendent pas (ou très peu) du matériel utilisé sinon de la capacité de votre réseau à acheminer le trafic. Enfin, NLB prend en charge jusqu'à 32 noeuds sur un même cluster et l'ensemble de ces noeuds doivent être situés dans le même sous-réseau.

Il est également important de noter qu'il existe deux modes de fonctionnement du NLB : « Unicast et Multicast »[14].

Elle est souvent utilisée avec IIS/FTP/RDS. NLB fonctionne avec une adresse IP virtuelle qui est disponible pour l'ensemble des hôtes du cluster., d'après les bonnes pratiques de Microsoft, il est conseillé de créer des clusters de maximum 8 noeuds.

### 9.2 EXIGENCE DE CONCEPTION

Le déploiement d'un cluster Network Load Balancing exige au moins :

- Deux serveurs ayant le même service d'installation et deux cartes réseaux. Une carte sera pour le mangement du serveur et une carte dédiée au cluster NLB. Si le cluster NLB est configuré en Multidiffusion il n'est pas nécessaire d'avoir deux cartes réseaux ;
- Une IP pour le cluster qui sera virtuelle et une adresse IP pour chaque nœud dans une configuration Monodiffusion.

<sup>14</sup> <https://opensourceeducation.net/linux-load-balancer-using-lvs-heartbeathighly-available-mysql-using-drbd-heartbeat-by-babar-zahoor> cette page nous a permis de déterminer le fonctionnement du load-balancer 17/07/2019].



### 9.3 CHOIX DE LA TECHNOLOGIE

La technologie NLB (Network Load Balancing) permet de mettre en place un site Web redondant sur plusieurs serveurs (nœuds). Le processus NLB fourni avec Windows Server 2016, vous permet de faire de la tolérance de pannes en plus de l'équilibrage de charge. Le fonctionnement de ce processus est basé sur l'affectation d'un serveur à la gestion du cluster. À ce serveur sont ajoutés les ordinateurs cible du cluster. Le cluster se voit affecter une adresse IP ainsi qu'un nom de domaine permettant d'y accéder.

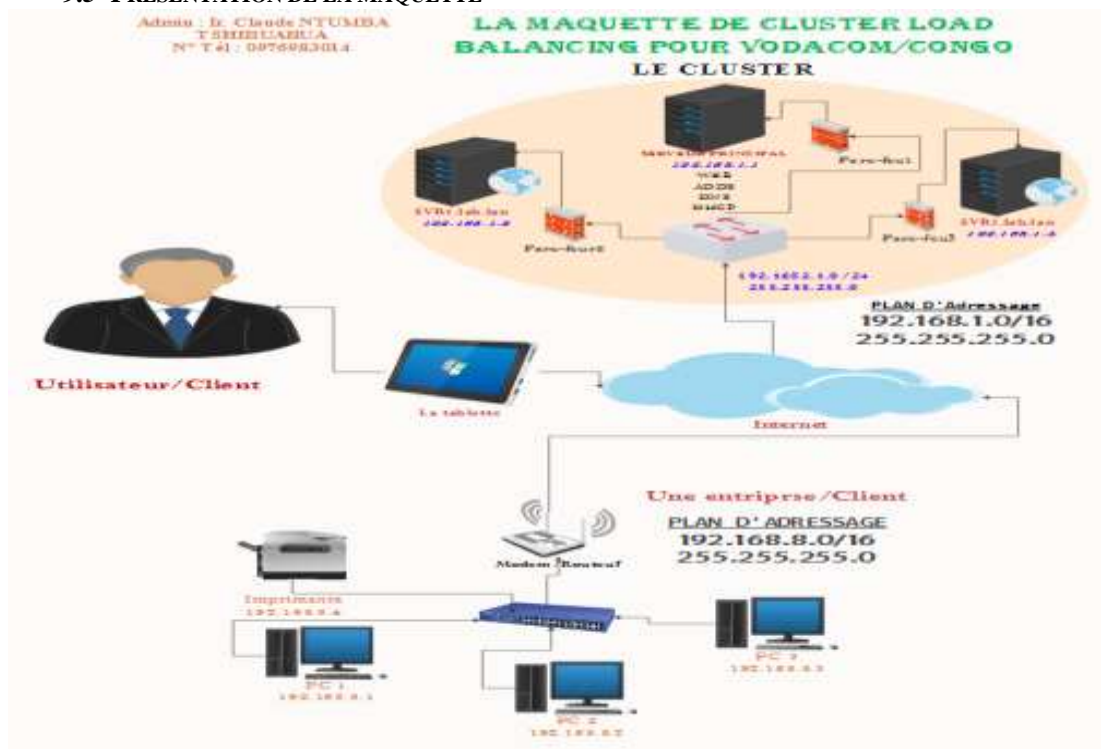
*Tableau 4. Tableau de fonctionnement logique et l'adressage*

| PERIPHERIQUE  | MODELE              | OS                            | SERVICE                    | INTERFACE    | ADRESSE IP                       |
|---------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------------|
| DC001.lab.lan | PowerEdge R930 Dell | Windows serveur 2016 Standard | ADDS<br>WEB<br>DNS<br>DHCP | NIC          | 192.168.1.1/24                   |
| SVR1.lab.lan  | PowerEdge R930 Dell | Windows serveur 2016 Standard | DHCP + Cluster             | NIC1<br>NIC2 | 192.168.1.2/24<br>192.168.1.3/24 |
| SVR2.lab.lan  | PowerEdge R930 Dell | Windows serveur 2016 Standard | DHCP+ Cluster              | NIC1<br>NIC2 | 192.168.1.4/24<br>192.168.1.5/24 |

**Commentaire :** ce tableau consiste à démontrer les fonctionnements logiques du système que nous allons justement mettre en place en donnant une représentation concrète de l'équilibrage de charge en réseau.

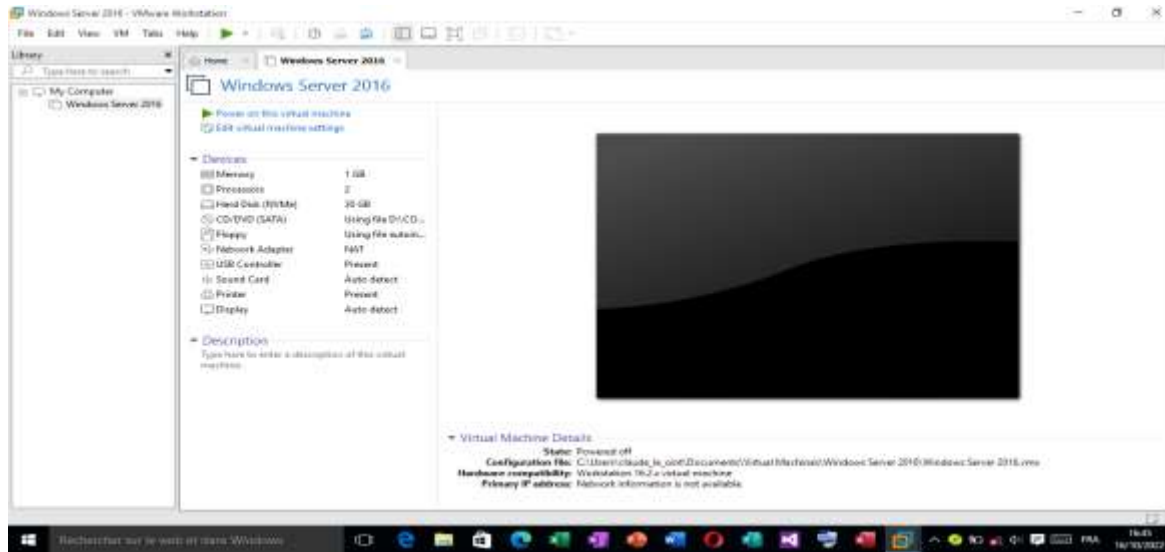
### 9.4 LA MISE EN RESEAU

### 9.5 PRESENTATION DE LA MAQUETTE



*Figure 10. La maquette du cluster*

## 9.6 INTERFACE DE DEMARRAGE DE LA MACHINE VIRTUELLE

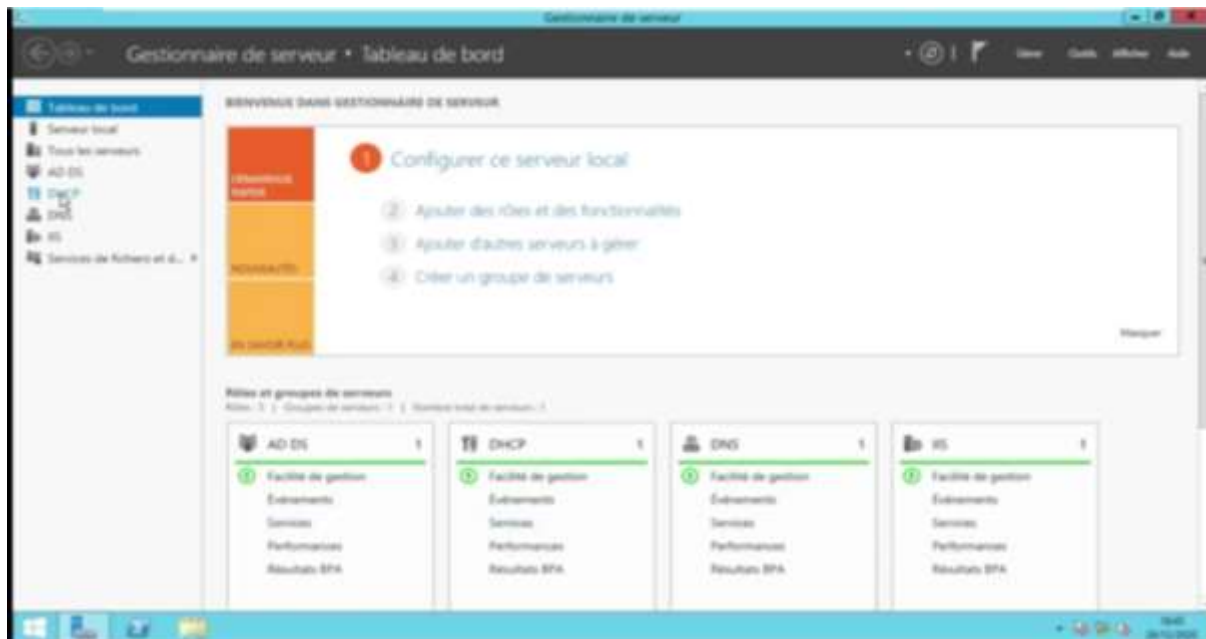


*Figure 11. Interface de la machine virtuelle*

Commentaire : Pour mieux faire l'équilibrage de charge réseau, il faut préparer au préalable des machines virtuelles sur les machines physiques comme dans notre cas nous avons utilisé le logiciel de création des machines virtuelles qui est le VMware-workstation-full-16.2.2-19200509 et chaque machine comprend le Windows Serveur 2016.

C'est sur cette interface s'appelle VMware Workstation qui représente en détail la capacité de notre serveur en RAM, Processeur, HDD, etc. De serveur, alors c'est sur elle que nous allons pouvoir effectuer toutes nos configurations d'équilibrage de charge.

### 9.6.1 PRESENTATION DE L'INTERFACE DU PREMIER SERVEUR



*Figure 12. Interface du contrôleur de domaine*

Commentaire : Pour ne pas faire la redondance, nous disons c'est comme ça que l'interface de la deuxième machine sera affichée et à ce point nous allons passer à l'installation de la fonctionnalité IIS (Internet Information Services) sur le premier serveur IIS et pour se faire nous avons procédé de la manière suivante :

- Sur le tableau de bord au coin supérieure droite on clique sur l'onglet Gérer ;
- Dans la boîte à outil qui s'affiche on clique sur la commande « Ajouter des rôles et Fonctionnalités »

### 9.6.2 PRESENTATION DE LA FENETRE ASSISTANT AJOUT DES ROLES ET FONCTIONNALITES

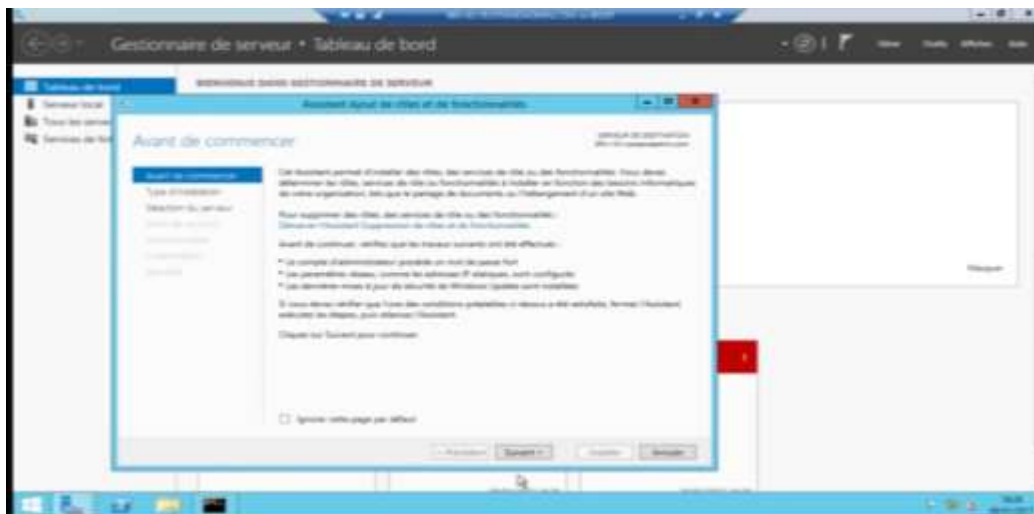


Figure 13. Interface du tableau de bord

Commentaire : Une fois que la fenêtre assistant s'affiche on ne doit pas passer le temps, on fait un clic sur le bouton « Suivant » deux fois pour atteindre la fenêtre de rôle qui s'affiche de la manière suivante.

En ce qui concerne notre cas, nous avons pris pour le nom complet du serveur IIS dans le cluster « Cluster Web ». Et le mode d'opération du cluster nous avons coches la case de « Multidiffusion » puis on fait suivant et en fin terminer pour que notre serveur démarre en passant en état de la couleur verte. Et après cette étape nous allons passer à la définition de règles des ports dont l'interface est la suivante :

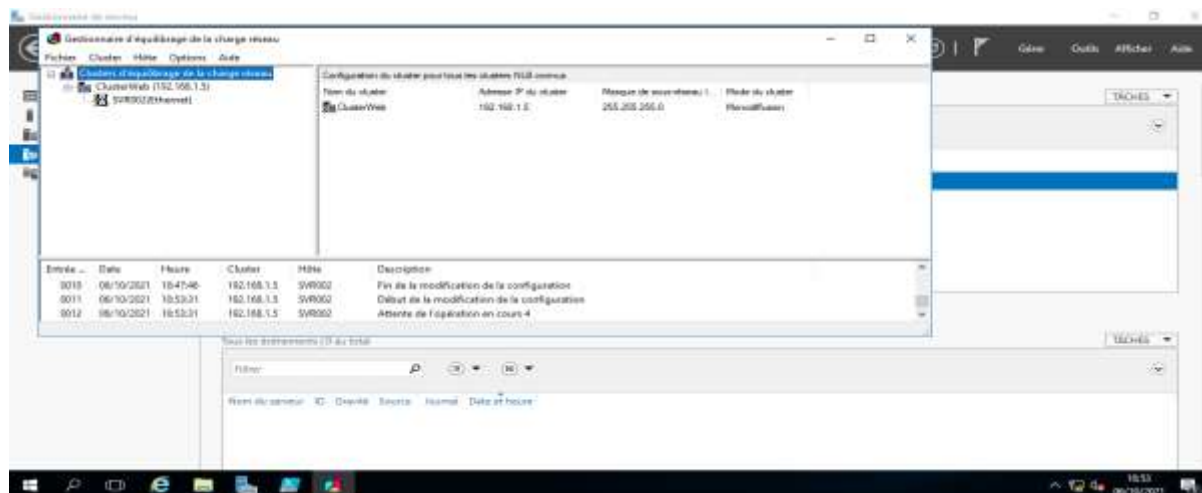
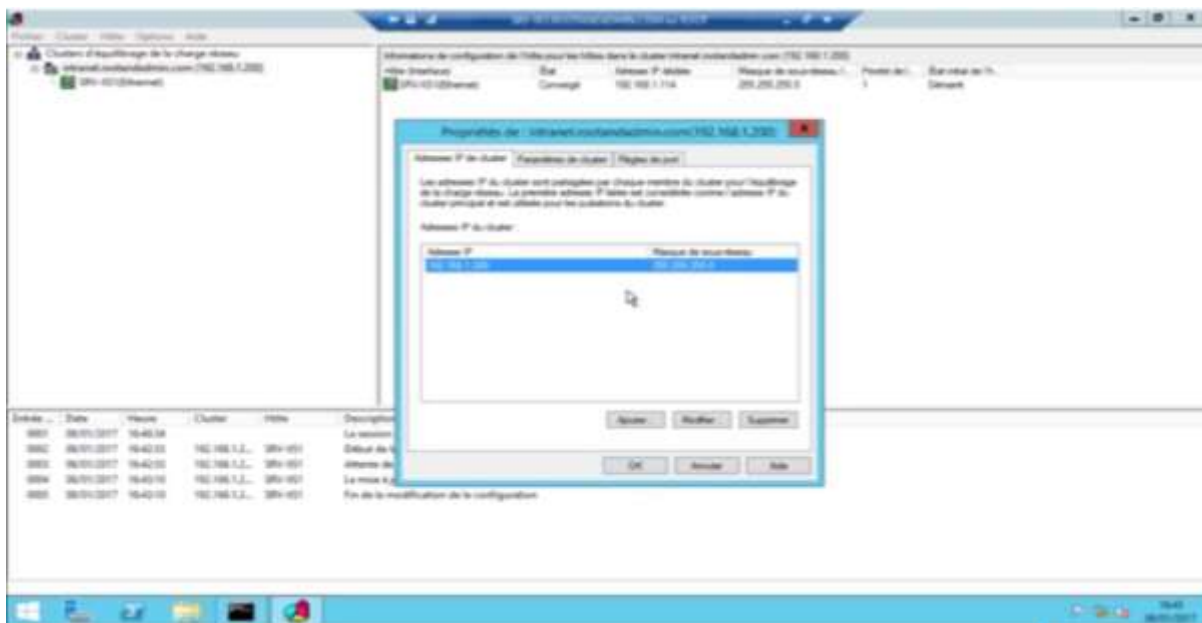


Figure 14. Interface de démarrage de l'hôte dans le cluster

Une fois que notre premier serveur s'est bien installé dans le cluster, nous allons passer à la définition des règles de port et en connaissance de tout, les trafics en ligne via le protocole http écoute souvent le port « 8080 » pour une certaine communication et pour le faire on fait clic-droit sur le cluster puis dans la fenêtre qui s'affiche on clique sur « propriétés du cluster » dont l'interface est ainsi :



*Figure 15. Interface des règles de port*

10

Une fois que notre serveur IIS2 s'est bien ajouté dans le cluster, nous allons maintenant passer au mode de partage de pourcentage des requêtes, en fait nous connaissons que le cluster répond à un double besoin d'une part « les demandes de traitement des applications en augmentation constante auxquelles un serveur peut difficilement répondre ».

Et d'autre part « une demande forte de haute disponibilité des applications » maintenant ce c'est deuxième besoin qui amène à la redondance des serveurs pour garantir à la fois la continuité des services et de prévenir à des pannes ; alors cela doit nous amener à deux types de cluster dont l'un est Actif/Passif : le principe ici est de doubler un serveur avec un serveur similaire et dans ce type les deux serveurs sont démarrés mais un seul serveur traite les requêtes et l'autre bien démarré est en veille donc passif. Mais il est à noter que le cluster Actif/Passif répond juste à la disponibilité et non à la montée en charge.

Tandis que, le second type qui est cluster Actif/Actif : ici le principe est de redonder le serveur actif avec d'autres serveurs similaires et la charge de travail est donc répartie entre ses serveurs actifs et si le serveur du cluster tombe en panne ce sont les autres qui doivent prendre le relais et supporter une montée en charge pour compenser la défaillance du serveur indisponible et sa spécialité est de gérer la montée en charge et permet d'avoir une meilleure disponibilité puisque le cluster repose sur plusieurs serveurs et non plus sur un seul serveur.

Maintenant la répartition des requêtes ce c'est qu'on appelle le Load Balancing en anglais qui est aussi de deux modes, l'un statique et l'autre Dynamique. En ce qui concerne le mode Statique : ici la répartition de charge est décidée en amont par avant le Déploiement du serveur c'est-à-dire chaque serveur du cluster est bien réservé à un groupe spécifique et chaque groupe pourra y accéder par un point de connexion spécifique au travers un URL dédié et dans ce mode l'utilisation d'un équipement technique pour la répartition de charge ne pas encaisser donc n'y a pas d'équilibre en raison de la synchronisation de serveur.

Tandis que dans le mode Dynamique : il s'agit ici d'un équipement spécialisé dans la répartition de charge entre les différents serveurs et cet équipement spécialisé a pour but de vérifier si les différents serveurs du cluster sont bien disponibles pour éviter d'envoyer les requêtes vers le serveur indisponible et ce mode est caractérisé par : la répartition des requêtes entre les serveurs se fait de manière précise, l'indisponibilité d'un serveur n'entraîne pas l'indisponibilité des applications et la répartition de charge s'est faite de manière transparente car les utilisateurs ne sont pas reliés à un seul serveur et afin l'équipement spécialisé comprend les trois algorithmes qui sont prédéfinis depuis sa fabrication pour gérer la répartition de charge entre autres :

- Round Robin : la première requête est envoyée au premier serveur et la deuxième requête est envoyée au second serveur ainsi de suite ;
- Round Robin pondéré : dans ce cas la répartition est pondérée en fonction du serveur par exemple un serveur A s'est vu attribuer un poids de 1 et un serveur B s'est vu attribuer un poids de 3 c'est-à-dire 25% des requêtes iront au serveur A et 75% iront au serveur B du cluster ;
- List connexion : dans ce cas le répartiteur de charge assigne d'avantage des requêtes au serveur qui en exécute le moins.

- Au-delà du fait l'équipement spécialisé intègre des algorithmes et aussi il comprend les agents de tolérance aux pannes en lieu et place de :
- Fail Over : qui est assure le transfert d'un processus d'un serveur à un autre sur le cluster en cas de défaillance ;
- Fail Back : qui est la capacité de réintégrer dans un cluster un serveur qui a été retiré suite à une défaillance.

Eu égard à ce qui précède, notre cluster repose sur le type de cluster dynamique et le mode adopté est aussi dynamique en utilisant l'algorithme du répartiteur Round Robin pondéré afin d'attribuer le poids de requêtes à chaque serveur qui est de 50% par chacun du cluster.

C'est à ce point que nous mettons un point final à la configuration de notre cluster d'équilibrage de charge réseau.

## 11. REFERENCES

- 1 K.R. ANOOP & V.R EMBAR S. DHAMAL, S. BHAT, Pattern clustering using co-operative game theory, Wiley, BANGALORE, 2011.
- 1 CHOUMELE NANDONG Lucry Maël, « l'IAI-Cameroun, Centre d'Excellence Technologique PAUL BIYA », 2018 – 2019,
- 1 S. SABRI, Application de la théorie des jeux pour la définition, d'enveloppement et implémentation d'un algorithme de clustering, Mémoire de Magistère, Université de Bejaia, Algérie, 2011.
- 1 IJ. Zupan, Clustering of Large Data Sets, Research Studies Press, Chichester, 1982
- 1 J. Zupan, op.cit., P 98
- 1 Réseaux informatiques "Notions fondamentales et administrations sous Windows server ou linux, Edition ENI, France, Novembre 2014, P. 72.
- 1 LOHIER.S et QUIDELLEUR.A, Le réseau Internet, DUNOD, Paris, 2010, P. 59.
- 1 <https://www.ionos.fr/digitalguide/serveur/know-how/load-balancer-repartition-de-charge-sur-un-serveur/> cette page nous a permis de déterminer le fonctionnement du load-balancer 20/04/2022.
- 1 Fabrice Legond-Aubry, Note de cours d'administration réseau sous Windows I, L1 Adm & Exploit réseaux. 2018– 2019
- 1 <http://technet.microsoft.com/en-us/library/jj679892.aspx> consulté 19/03/2022
- 1 <https://softetrader.fer/acheter-des-licences/microsoft-windows-serveur/#2016>
- 1 [https://fr.wikipedia.org/wiki/Qualité\\_de\\_service](https://fr.wikipedia.org/wiki/Qualité_de_service)
- 1 Di Gallo Frédéric, Méthodologie des systèmes d'information – UML, 2000-2001
- 1 <https://opensourceeducation.net/linux-load-balancer-using-lvs-heartbeat-highly-available-mysql-using-drbd-heartbeat-by-babar-zahoor> cette page nous a permis de déterminer le fonctionnement du load-balancer 17/07/2019].

## Authors

**Claude NTUMBA TSHIBUABUA.**

