

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	1
REMERCIEMENTS	2
RESUME	3
ABSTRACT	3
TABLE DES MATIERES	4
LISTE DES ABREVIATIONS	6
LISTE DES TABLEAUX	7
LISTE DES FIGURES	8
AVANT PROPOS	11
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GENERALE	13
1.1. Contexte	14
1.2. Problématique	14
1.3. Objectif et Méthodologie	15
CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART	17
2.1. Définition	17
2.2. Pourquoi les laboratoires virtuels ?	17
2.3. Laboratoires existants	19
2.4. Avantages & Inconvénients des laboratoires virtuels	21
CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN LABORATOIRE INFORMATIQUE VIRTUEL	24
3.1. Qu'est-ce que la virtualisation ?	24
3.1. Pourquoi virtualiser ?	24
3.3. Etude comparative des solutions de virtualisation Système	32
3.4. Etude comparative des solutions de virtualisation réseau	35
3.4. Choix Technologique	38
3.5. Architecture Proposée	39
3.6. Implémentation	40

3.6.1. Installation et et mise en place de Proxmox	40
3.6.2. Mise en place de Dynamips/Dynagen	42
3.6.3. Conception de l'outil d'administration	43
3.6.4. Intégration.....	46
3.6.5. Test et Validation.....	50
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	67
REFERENCES.....	68
ANNEXE	70

LISTE DES ABREVIATIONS

LV : Laboratoire virtuel

UCAD : Université Cheikh Anta Diop de Dakar

LDAP: Lightweight Directory Access Protocol

DNS: Domain Name System

DHCP: Dynamic Host Configuration Host

FTP: File transfer Protocol

VM: Virtual Machine

VCPU: Virtual Central Processing Unit

TP : Travaux Pratiques

KVM : Kernel-Based Virtual Machine

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau comparatif des solutions de virtualisation Système

Tableau 2 : Tableau comparatif des solutions de virtualisation Réseau

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : virtualisation des serveurs

Figure 2 : Virtualisation des postes de travail

Figure 3 : Diagramme de l'architecture d'un isolateur

Figure :4 Diagramme d'architecture du user mode kernel

Figure 5 : Diagramme de l'architecture de l'émulation

Figure 6 : Diagramme d'architecture d'un Hyperviseur

Figure 7 : Architecture Fonctionnelle

Figure 8 : Maquette de Test

Figure 9 : Console d'administration de proxmox

Figure 10 : Interface des iso de proxmox

Figure 11 : Interface des iso de proxmox

Figure 12 : Console de lancement de dynamips

Figure 13 : Table de la base de données

Figure 14 : Interface de connexion à l'interface Web

Figure 15 : Interface d'inscription à l'interface Web

Figure 16 : Interface de réservations de ressources

Figure 17 : Formulaire de réservations de ressources

Figure 18 : Script d'insertion dans la base de données

Figure 19 : Script bash de réservation de ressources

Figure 20 : Script bash de transfert des scripts

Figure 21 : Automatisation du Script de transfert des scripts vers le serveur proxmox

Figure 22 : Script d'exécution des réservations

Figure 23 : Interface choix nombre de routeurs

Figure 24 : Interface choix type de routeurs

Figure 25 : Script envoi par mail des paramètres de connexion

Figure 26 : Réservation Ressources via Formulaire

Figure 27 : Insertion données formulaire dans la base de données

Figure 28 : Génération script réservation VM

Figure 29 : Vérification script réservation vm dans le serveur proxmox

Figure 30 : Réception du mail paramètres de connexion à la VM

Figure 31 : Connexion de l'utilisateur test

Figure 32 : Page d'accueil de l'utilisateur test

Figure 33 : Démarrage du conteneur

Figure 34 : Réservation Ressources via Formulaire

Figure 35 : Insertion données formulaire dans la base de données

Figure 36 : Génération script réservation VM

Figure 37 : Vérification script réservation vm dans le serveur apache

Figure 38 : Vérification script réservation vm dans le serveur proxmox

Figure 39 : Réception du mail paramètres de connexion à la VM

Figure 40 : Connexion de l'utilisateur soso

Figure 41 : Page d'accueil de l'utilisateur soso

Figure 42 : Démarrage de la machine windows

Figure 43 : Réservation Ressources vm ubuntu via Formulaire

Figure 44 : Insertion données formulaire dans la base de données

Figure 45 : Génération script réservation VM ubuntu

Figure 46 : Vérification script réservation vm ubuntu dans le serveur apache

Figure 47 : Vérification script réservation vm ubuntu dans le serveur proxmox

Figure 48 : Réception du mail paramètres de connexion à la VM ubuntu

Figure 49 : Connexion de l'utilisateur soso

Figure 50 : Page d'accueil de l'utilisateur soso

Figure 51 : Démarrage de la machine ubuntu

Figure 52 : Choix nombre de routeurs

Figure 53 : Choix Types de routeurs

Figure 54 : Définition de la topologie

Figure 55 : Insertion dans la base de données

Figure 56 : Génération des 2 scripts

Figure 57 : Script Topologie

Figure 58 : Script Envoi par mail des paramètres de connexion

Figure 59 : Réception du mail de paramètres de connexion

Figure 60 : Connexion au routeur R1

Figure 61 : Démarrage du routeur R1

Figure 62 : Connexion au routeur R2

Figure 63 : Connexion au routeur R2

AVANT PROPOS

La Section Informatique de la Faculté des Sciences et Techniques, de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) forme en 3 ans des étudiants spécialisés dans le domaine de l'Informatique et de la Télécommunication, capables de répondre au développement des technologies de l'information et de la communication

A la fin de la formation, les étudiants sont amenés à faire un mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de Master Informatique. Ils doivent réaliser un travail de recherche, de conception et de réalisation débouchant sur un résultat concret applicable dans la structure d'accueil. Ce travail doit obligatoirement être suivi et validé par un encadrant selon les normes de l'établissement.

C'est dans ce cadre, que nous avons opté pour « **Etude et mise en place d'un laboratoire informatique virtuel Opens ource : Cas de la Section Informatique** », un sujet proposé par Mr Bassirou KASSE du Département des Ressources Technologiques et Pédagogiques (DRTP ex. Centre de Calcul).

CHAPITRE 1 :

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GENERALE

Un des phénomènes marquant ces dernières décennies est l'irruption des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans tous les secteurs d'activité. L'enseignement n'a pas échappé à ce mouvement qui se traduit aujourd'hui par le fait que l'étude des sciences Technologiques est devenue une partie incontournable dans les milieux Universitaires. Du coup, les TICs sont de plus en plus utilisées et de façon variable par les établissements supérieurs

C'est dans cette dynamique que l'Université Cheikh Anta Diop met continuellement en place de nouvelles méthodes pédagogiques alliant la pratique à la théorie pour ne pas que ses étudiants ne soient lésés face à l'essor des Technologies. Cependant, les moyens dont disposent les étudiants ne sont pas suffisants. En effet, il n'y a pas de matériel dédié aujourd'hui aux étudiants à la section informatique. Pour faire certains TP, les étudiants sont obligés d'installer eux même des simulateurs sur leurs propres machines, ce qui comporte de réels soucis dans la mesure où les machines des étudiants ne sont pas si puissantes et donc ont des ressources limitées, ensuite, les simulateurs sont des outils développés et ont donc soit des bugs, des retards de mises à jour ou sont limités.

Ainsi pour faire face à ce problème, l'objectif de notre mémoire est de mettre en place un laboratoire informatique virtuel qui permettra de mettre à la disposition des étudiants des ressources performantes auxquelles ils auront accès à distance. Les utilisateurs auront accès, grâce à une plateforme web accessible en réseau, des machines virtuelles dont ils vont eux même faire la demande et aussi avoir la possibilité de faire leurs TP en réseau et ainsi avoir accès à des routeurs en fonction de leur propre topologie. Notre solution sera basée sur des solutions Open/source intégrant un ensemble de technologies allant de l'octroi de machines virtuelles à des labs réseaux.

Pour mieux appréhender notre sujet, notre mémoire sera divisé en quatre parties :

Le chapitre 1 concerne l'introduction générale qui nous permettra d'amener le sujet en contextualisant le mémoire, définir la problématique et annoncer les objectifs fixés et la méthodologie à adopter.

Le chapitre 2 traite l'état de l'art sur les laboratoires virtuels pour la bonne maîtrise du concept.

Le chapitre 3 s'intéresse à la conception d'un laboratoire virtuel, en se basant sur des solutions open source. Il consiste à faire une étude technologique, suivi du choix des solutions de l'environnement, proposer une architecture et terminer par une implémentation.

1.1. Contexte

La section Informatique est rattachée au département Mathématique-Informatique de la Faculté des Sciences Et techniques de l'Université Cheikh Anta Diop. Elle Dispense aujourd'hui des formations sanctionnées par des diplômes en Business Intelligence, Système d'informations Répartis et en Réseaux et Télécoms. Les inscriptions à la section Informatique faisaient à partir de la 3^e année, mais maintenant, il y a possibilité de s'inscrire dès la première année. Du coup, on assiste à une augmentation de l'effectif de la Section. Et qui parle d'informatique ou de Réseaux, parle de technologie et donc de travaux Pratiques.

Nous constatons un déficit de matériel. En effet, pour pouvoir effectuer certains de leur TP, les étudiants sont obligés de se rabattre sur les Simulateurs. Nous pouvons parler de ceux inscrits en Réseaux, qui, pour faire leur TP réseaux, doivent installer des simulateurs comme Packet Tracer pour y arriver. La même chose est constatée pendant les cours de services Réseau, où les étudiants se rabattent sur les émulateurs qui en passant ont eux-mêmes des limites, pour installer des machines virtuelles. Il faut noter que c'est un travail fastidieux dans la mesure où la machine réelle même de l'étudiant qui héberge l'émulateur n'est pas très souvent dotée de ressources Performantes.

De plus, les études scientifiques et technologiques sont basées sur la mise en pratique d'acquis théoriques, à travers la manipulation d'objets et d'instruments. Les travaux pratiques (T.P.) prévus à cet effet nécessitent un temps privilégié et un lieu donné. Les grands effectifs d'inscrits dans les premières années d'études supérieures universitaires et les limitations matérielles (nombre de salles, de moyens) et humaines rendent délicate l'acquisition des savoirs par la réalisation de T.P. Il devient primordial de chercher à parer cette carence.

1.2. Problématique

Les TIC sont apparus dans un contexte de crise persistante dans l'enseignement supérieur avec massification des effectifs, conséquence d'une forte demande d'enseignement supérieur. La conséquence est une baisse de la qualité et de la pertinence de l'offre de formation. Face à ces

difficultés, il devient primordial de doter les apprenants d'environnement adaptés pour mener à bien leurs études. Parmi les problèmes majeurs que nous rencontrons, on peut citer :

- Problème de matériel et de locaux

Nous nous rendons compte qu'à l'ucad, il n'y a pas assez de matériel physique disponible pour permettre aux élèves de mener à bien leurs différents projets. Dans le domaine des réseaux, rares sont ceux qui ont eu à pratiquer avec de réels équipements réseaux lors de leur TP, faute de matériel. De plus, L'ucad manque aussi de salles viabilisées pour accueillir du matériel pouvant servir aux travaux.

- Manque de budget

A l'heure actuelle, Les universités sont souvent coincées par le manque de finance dans la mesure où le matériel physique coûte cher et face à l'effectif pléthorique des étudiants il devient de plus en plus s'équiper. La restriction budgétaire est un frein non négligeable contre la montée en compétence des étudiants.

- Limite des simulateurs

Du coup, nous nous sommes tournés vers les simulateurs qui jusque-là, nous permettent de faire nos travaux pratiques mais l'utilisation de ceux-ci est plutôt contraignante parce que d'une part il nécessite d'avoir assez de ressources sur sa machine physique tels que la mémoire vive, le processeur, pour pouvoir émuler et d'autre part ils sont limités c'est à dire qu'il y a certaines commandes qui ne passent pas.

1.3. Objectif et Méthodologie

L'objectif est de mettre en place une infrastructure virtuelle informatique dédiée aux travaux pratiques. Pour cela nous allons procéder comme suit :

Nous allons d'abord cerner le principe des laboratoires virtuels, puis nous allons étudier les solutions technologiques permettant de mettre en œuvre un laboratoire virtuel. Nous allons ensuite concevoir l'outil d'administration de l'environnement. Nous allons ensuite proposer notre architecture et enfin, nous allons implémenter et tester le travail réalisé.

CHAPITRE 2 :

ETAT DE L'ART

CHAPITRE 2 : ETAT DE L'ART

Les progrès des communications numériques à grande vitesse commencent à révolutionner les pratiques dans le secteur de l'éducation. L'avènement des communications numériques à grande vitesse, avec la diminution des coûts des fonctionnalités fixes, a permis la croissance rapide de "laboratoires virtuels" (LV).

Nous allons d'abord commencer par définir par définir les laboratoires virtuels, dire pourquoi les laboratoires sont utilisés maintenant, ensuite faire une étude sur les laboratoires existants et enfin dresser les avantages et inconvénients des laboratoires Virtuels.

2.1. Définition

Nous pouvons définir les laboratoires virtuels comme étant Ensemble de machines virtuelles, agencées en fonction d'objectifs pédagogiques.

La réunion d'experts sur les laboratoires virtuels organisée par l'Institut international de physique théorique et appliquée (IITAP) Ames, Iowa 10-12 mai 1999 a adopté un large perspectif et défini un laboratoire virtuel comme "un espace de travail électronique pour la collaboration à distance et l'expérimentation dans la recherche ou dans d'autres activités créatives, en vue de générer et de diffuser des résultats au moyen de technologies partagées de l'information et de la communication".

Un LV se distingue d'un laboratoire "réel" (LR) ou "traditionnel". Cependant, un LV n'est pas conçu comme un substitut ou un concurrent d'un LR. En revanche, les LV peuvent être des extensions de LR et ouvrent de nouvelles opportunités qui ne peuvent se réaliser entièrement au sein d'un LR à un coût abordable.

On trouve, parmi les termes équivalents qui englobent le concept de LV, ceux de "collaboratoire", "groupe de travail virtuel", "entreprise virtuelle", "groupe inter organisations" et "groupe de collaboration à distance".

2.2. Pourquoi les laboratoires virtuels ?

Différents laboratoires sur ordinateur ont été développés depuis plusieurs années. Parmi ces laboratoires nous pouvons distinguer les laboratoires à distance et les laboratoires purement virtuels. Le but des laboratoires à distance est de pouvoir mener, à domicile ou n'importe où, des expériences réelles distantes par le biais d'une communication par internet. Les laboratoires à distance sont très bien adaptés aux expériences pour lesquelles les manipulations sont réduites,

ainsi ils sont particulièrement développés pour des expériences en électronique. Les mesures sur un circuit électrique nécessitent une courte période d'utilisation du laboratoire à distance, et le laboratoire peut donc enchaîner très rapidement des requêtes d'essais de nombreux étudiants. En mécanique, la flexion d'une poutre est un autre exemple de mesure rapide. D'autres domaines d'application pour les laboratoires éloignés sont l'optique ou la robotique. Les laboratoires à distance peuvent également être utilisés pour des expériences coûteuses ou des manipulations dangereuses. Si nous voulons un accès distant ouvert à un large public, les expériences doivent donc répondre à deux exigences : elles doivent être automatisées et courtes. Ce n'est pas le cas pour la métrologie dimensionnelle. Les Laboratoires Virtuels (L.V.) sont une autre façon de développer des laboratoires en ligne. Ils sont basés sur la simulation des phénomènes physiques en jeu. Les logiciels de simulation sont utilisés depuis longtemps pour l'enseignement.

Nous avons plusieurs arguments pour justifier l'essor des laboratoires virtuels

- Ressources partagées

Les laboratoires virtuels ont fait leur apparition grâce à l'ère des ressources partagées. En effet, avec l'avènement de la mutualisation, tout est regroupé et les ressources sont partagées. Nous n'avons plus besoin d'avoir des équipements dédiés à des tâches spécifiques

- Manque criard de ressources et budget

A l'heure actuelle, Les universités sont souvent coincées par le manque de finance dans la mesure où le matériel physique coûte cher et face à l'effectif pléthorique des étudiants il devient de plus en plus s'équiper. La restriction budgétaire est un frein non négligeable contre la montée en compétence des étudiants

- Accès à travers un réseau

Avant, il fallait venir participer aux Travaux pratiques en salle mais avec l'avancée des TICs, Pas besoin de se déplacer. Nous n'avons qu'à nous munir d'un ordinateur et être dans le même réseau (si localement) ou avoir accès à internet pour pouvoir accéder au laboratoire virtuel

- Licence

Si on avait besoin, d'avoir une licence pour chaque machine donnée, On ne dote de licence que la machine physique, les machines virtuelles n'en ont pas besoin.

Les LV peuvent améliorer la capacité à attirer des contrats de recherche et développement du secteur privé, du fait de leur flexibilité en matière d'accès au personnel, aux équipements de laboratoire ou à l'expertise, de présence géographique, de capacité d'expansion ou de réduction, etc. L'exemple spécifique qui suit illustrera les motivations qui président à la création d'un LV. Pour des raisons de sécurité, certains laboratoires nationaux du Department of Energy américain ont de vastes installations dont l'accès est restreint. Un équipement ordinaire, mais coûteux, peut être situé dans une telle zone à accès restreint. Dans des cas motivés par des objectifs scientifiques et technologiques de premier plan, cet équipement peut être rendu accessible à des experts par une connexion Internet, de telle sorte qu'ils puissent contrôler à distance leur expérience. On peut concevoir que les experts des pays en développement puissent envoyer leurs propres échantillons jusqu'au site d'expérimentation, et y avoir un accès numérique depuis leur bureau, en participant à un LV.

2.3. Laboratoires existants

► Logiciel : Laboratoire de l'UQAM

Le laboratoire virtuel est un service permettant aux étudiants et au personnel enseignant d'accéder à distance à des applications spécialisées livrées dans un environnement virtuel complémentaire au service de laboratoires informatiques. Les logiciels disponibles sont :

- ArcGIS : plateforme de cartographie.
- ArcMAP : application d'édition, d'analyse, de calculs, de cartographie
- JMP Pro : logiciel d'analyses de données statistiques complémentaire au logiciel SAS.
- MapInfo Pro, logiciel SIG (Système d'information géographique) pour la réalisation de carte en format numérique
- Notepad++ : logiciel utilisé pour de l'édition de codes.
- SAS : logiciel d'analyses statistiques utilisant un langage de programmation de 4^{ème} génération
- Spartan Modeling : logiciel de modélisation moléculaire.
- SPSS : logiciel d'analyses statistiques.
- Visual Paradigm for UML : diagrammes UML.

► Chimie : L'Université Carnegie Mellon

L'Université Carnegie Mellon offre un accès gratuit à un laboratoire virtuel de chimie. Celui-ci peut être utilisé sur Internet par un applet en Java ou téléchargé sous forme d'application

autonome. La réserve contient plus d'une centaine de produits qui peuvent être placés sur la section de travail. On y amène ensuite les récipients nécessaires (pipette, cylindres gradués, béchers), balance et brûleur Bunsen pour effectuer les manipulations. La section d'observation permet de connaître la composition de la solution, sa température et son pH. Le site propose une vingtaine d'activités de laboratoire.

► Analyses cliniques : HELMO

Il est composé d'un hôpital virtuel complété par des laboratoires qui proposeront des exercices, des ressources théoriques, des vidéos, des photos. Le laboratoire virtuel a pour objectif de préparer les étudiants de la section Biologie médicale à leur entrée dans le milieu professionnel, que ce soit dans le cadre de stages ou de leur premier emploi. Sur cette plateforme virtuelle, les étudiants ont accès à une information présentée sous différentes formes : vidéos, fichiers audio, photos, etc. Les étudiants pourront ainsi y développer leurs compétences en réalisant des tâches complémentaires aux travaux pratiques et aux cours magistraux et évaluer l'acquisition de ces compétences par l'intermédiaire d'exercices et de tests formatifs ou certificatifs.

L'étudiant retrouvera sur une même plateforme interactive l'ensemble des savoirs et savoir-faire à maîtriser avant de débiter ses stages cliniques. Cet outil permet de créer un pont entre l'apprentissage scolaire et la réalité professionnelle.

► Physique Chimie : Cahierlabo

C'est un environnement virtuel de travail qui permet aux élèves de réviser soit chez eux, soit au collège. Des contrôles déjà donnés les années précédentes y sont postés. Les gamins peuvent ainsi réviser, s'entraîner. Il propose aussi des thèmes d'étude comme le cycle de l'eau, les équations-bilan et aussi Un jeu de liens pour se documenter. Il y a aussi un serveur FTP pour transférer des fichiers de la maison au collège et réciproquement des QCM pour noter les élèves.

► Bureau Virtuel Mydesk

C'est un bureau hautement disponible, compatible et toujours à jour. MyDesk est accessible grâce à une simple connexion internet. Les mises à jour sont automatiques. Plus d'antivirus, ce bureau virtuel est un environnement sécurisé. Il fonctionne aussi bien sur PC, Tablette, Smartphone, Windows, Mac, Linux et Android.

► Le Centre de Calcul de Régional ROMEO

Le Centre de Calcul Régional ROMEO est une plateforme technologique de l'Université de Reims Champagne-Ardenne soutenue par le Conseil Régional depuis 2002. Son rôle est de mettre à disposition des industriels et chercheurs de la région, des ressources de calcul performantes, des espaces de stockage sécurisés, des logiciels adaptés, un accompagnement dans l'utilisation de ces outils ainsi qu'une expertise sur des domaines scientifiques et techniques avancés : le calcul à haute performance, les mathématiques appliquées, la physique, la biophysique et la chimie.

2.4. Avantages & Inconvénients des laboratoires virtuels

Les avantages des laboratoires virtuels sont nombreux. On peut citer :

- Quasi élimination des risques matériels

Puisque les apprenants ont accès à un environnement virtuel, On n'aura pas beaucoup de soucis sur le matériel physique dans la mesure où celui-ci n'est pas directement en contact avec les apprenants.

- Coûts de mise en œuvre et de maintenance

Si nous avons un parc important de machine physique à installer et/ou assurer la maintenance, cet effort devient moins important dans la mesure où le nombre de machine physique diminue si nous avons un environnement virtuel.

- Gestion Maitrisée du budget

On n'a plus besoin d'un parc physique très fourni, il suffit de mettre en œuvre un environnement virtuel et donner les accès à ceux qui en feront la demande.

Les inconvénients liés aux laboratoires virtuels

- Dépendance au réseau

Puisque l'accès au laboratoire se fera via un réseau (réseau local) ou internet, On dépend fortement de la stabilité du réseau, ou du débit.

- Matériel réel inaccessible

Ici il y a risque que les apprenants ne verront jamais le vrai matériel. En effet, en se rabattant sur les machines virtuelles, on peut ne jamais savoir ce à quoi ressemble un vrai serveur physique. Il en est de même pour les équipements.

Nous avons, dans ce chapitre, commencé par définir par définir les laboratoires virtuels, nous avons ensuite dit pourquoi les laboratoires sont utilisés maintenant, nous avons aussi fait une étude sur les laboratoires existants et enfin dresser les avantages et inconvénients des laboratoires Virtuels

CHAPITRE 3 :

CONCEPTION D'UN LABORATOIRE

INFORMATIQUE VIRTUEL

CHAPITRE 3 : CONCEPTION D'UN LABORATOIRE INFORMATIQUE VIRTUEL

Il s'agit dans cette partie, d'étudier les technologies permettant de mettre en œuvre l'environnement souhaité, de faire un choix technologique et d'implémenter le laboratoire informatique.

3.1. Qu'est-ce que la virtualisation ?

La virtualisation peut être définie comme la création d'une version virtuelle (par opposition à réelle) d'un ou de plusieurs éléments.

On appelle communément virtualisation la possibilité d'utiliser un même hardware (un même serveur physique) pour faire tourner plusieurs machines virtuelles. Ces machines virtuelles peuvent être du même type de système d'exploitation comme elles peuvent être complètement hétérogènes. En terme de nommage, on appelle « machine hôte » le serveur physique qui héberge les serveurs virtuels appelés « machines invitées » ou guest.

Il peut sembler a priori étrange de simuler d'autres machines sur une machine hôte : un système d'exploitation est conçu pour utiliser au mieux un matériel qui est entièrement sous son contrôle. La juxtaposition de plusieurs systèmes non conçus pour communiquer entre eux peut faire craindre des inefficiences auxquelles s'ajoute le fait que le processus de virtualisation lui-même va consommer des ressources.

Enfin, il est courant pour une entreprise de disposer d'une quinzaine de serveurs fonctionnant à 15 % de leur capacité, celle-ci n'étant là que pour faire face à tout moment aux pointes de charge sporadiques. Un serveur chargé à 15 % ne consomme pas moins d'énergie qu'un serveur chargé à 90 %, et regrouper quatre serveurs sur une même machine peut donc s'avérer rentable si leurs pointes de charge ne coïncident pas systématiquement. Enfin, la virtualisation des serveurs permet une bien plus grande modularité dans la répartition des charges et la reconfiguration des serveurs en cas d'évolution ou de défaillance momentanée (plan de secours, etc.)

3.1. Pourquoi virtualiser ?

- Les mots qui résument l'utilité de la virtualisation sont : optimiser et économiser !
- Utilisation optimale des ressources d'un parc de machines
- Economie sur le matériel par mutualisation (consommation électrique, entretien physique, monitoring, support, compatibilité matérielle, etc.)

- Installation, tests, développements, cassage et possibilité de recommencer sans casser le système d'exploitation hôte
- Allocation dynamique de la puissance de calcul en fonction des besoins de chaque application à un instant donné,
- Diminution des risques liés au dimensionnement des serveurs lors de la définition de l'architecture d'une application, l'ajout de puissance (nouveau serveur) étant alors transparent.
- Installation, déploiement et migration facile des machines virtuelles d'une machine physique à une autre, notamment dans le contexte d'une mise en production à partir d'un environnement de qualification ou de pré-production, livraison facilitée,

Les Types de virtualisation

- Virtualisation des serveurs

La plupart des serveurs utilisent moins de 15 % de leurs capacités, ce qui favorise leur prolifération et leur complexité. La virtualisation des serveurs résout ces problèmes d'efficacité en permettant d'exécuter plusieurs systèmes d'exploitation sur un même serveur physique sous la forme de machines virtuelles, dont chacune peut accéder aux ressources de calcul du serveur sous-jacent. L'étape suivante consiste à regrouper un cluster de serveurs en une seule et même ressource consolidée, de façon à optimiser l'efficacité globale et à réduire les coûts. La virtualisation des serveurs permet également d'accélérer le déploiement des charges de travail, de stimuler les performances applicatives et de maximiser la disponibilité



Figure 1 : virtualisation des serveurs

- Virtualisation de réseau

La virtualisation de réseau est la reproduction logicielle complète d'un réseau physique. Les applications du réseau virtuel s'exécutent de la même manière que si elles se trouvaient sur un réseau physique. La virtualisation de réseau présente les périphériques et services réseau logiques (ports, commutateurs, routeurs, pare-feu, répartiteurs de charge, VPN et autres) aux charges de travail connectées. Les réseaux virtuels offrent les mêmes fonctions et garanties que les réseaux physiques, avec les avantages opérationnels et l'indépendance vis-à-vis du matériel assuré par la virtualisation.

► Virtualisation des postes de travail

La virtualisation des postes de travail fait partie de la grande famille de la virtualisation avec celle dédiée aux serveurs et au stockage. Le grand principe de la virtualisation du poste de travail consiste à afficher sur un, des dizaines, centaines voire des milliers de postes physiques, une image virtuelle du poste utilisateur qui est en fait réellement exécutée sur un serveur distant

Le déploiement de postes de travail sous la forme d'un service géré vous offre la possibilité de réagir plus rapidement à l'évolution des besoins et des opportunités. Vous pouvez réduire les coûts et améliorer les niveaux de service en distribuant de façon rapide et simple des postes de travail et applications virtualisés aux filiales, aux employés externalisés et sous-traitants, ou encore au personnel mobile travaillant sur iPad ou sur tablette Android.

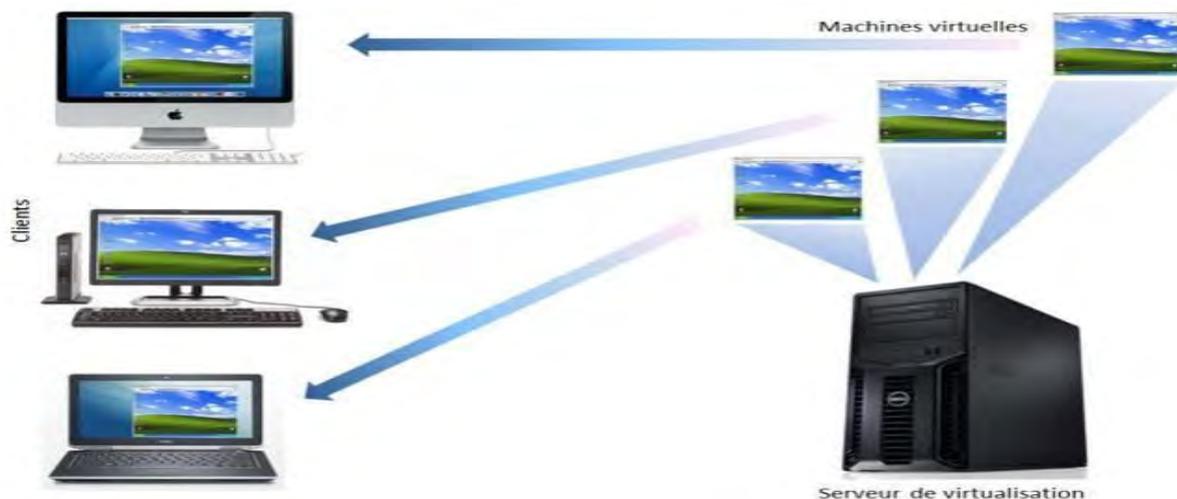


Figure 2 : Virtualisation des postes de travail

► La virtualisation de stockage

La virtualisation des stockages permet d'exploiter au maximum les ressources, d'exploiter au mieux le stockage des disques durs. Dans un premier temps pour centraliser et sécuriser les données, il faudrait que le centre de données s'équipe d'un SAN (Storage Area Network). Un des plus grands défis de la virtualisation reste le stockage. Dans les faits, c'est le plus souvent le stockage qui fait exploser les coûts, et crée des engorgements et des pertes de performances. L'infrastructure, en l'occurrence le stockage, s'il est mal dimensionné, ralentit les applications. Le NAS (Network Attached Storage) est effectivement un élément de stockage attaché directement au réseau local d'une entreprise. Il se configure par le biais d'une application web comme le navigateur par exemple.

Quatre techniques de virtualisation existent, les unes plus connues que les autres :

- Isolateur
 - Noyau en espace utilisateur
 - Para virtualisation ou Hyperviseur
 - Isolateur
- L'isolation

L'isolation (aussi appelé cloisonnement) est une technique qui intervient au sein d'un même système d'exploitation. Elle permet de séparer un système en plusieurs contextes ou environnements. Chacun d'entre eux est régi par l'OS hôte, mais les programmes de chaque contexte ne sont capables de communiquer qu'avec les processus et les ressources associées à leur propre contexte. Il est ainsi possible de partitionner un serveur en plusieurs dizaines de contextes, presque sans ralentissement. L'isolation est utilisée sous Unix pour protéger les systèmes. Via des mécanismes comme chroot ou jail il est possible d'exécuter des applications dans un environnement qui n'est pas celui du système hôte, mais un mini système ne contenant que ce dont l'application a besoin, et n'ayant que des accès limités aux ressources. Il est possible également de lancer des programmes dans une autre distribution que celle du système principal. Avec l'isolation, l'espace noyau n'est pas différencié, il est unique, partagé entre les différents contextes. Mais on définit de multiples espaces utilisateurs cloisonnés. C'est ainsi que l'on peut faire cohabiter différentes distributions de système d'exploitation, à condition qu'elles partagent le même noyau. L'isolation des contextes est une solution légère, tout particulièrement dans les environnements Linux.

Mais pour les besoins les plus courants de la virtualisation, la simplicité de mise en œuvre et le faible overhead sont d'excellents arguments.

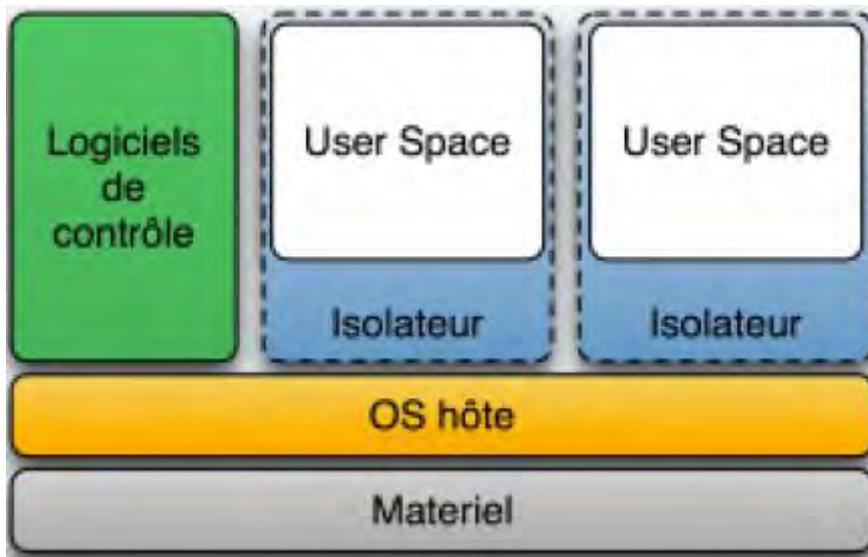


Figure 3 : Diagramme de l'architecture d'un isolateur

On voit bien que l'isolation ne peut être utilisée pour virtualiser tout un système d'exploitation, mais en contrepartie il offre des performances supérieures. Autre limitation : les isolateurs sont surtout disponibles pour les systèmes linux.

► Noyau en espace utilisateur

Dans cette situation, un noyau tourne comme une application dans l'espace utilisateur, ce qui lui donne son propre espace mémoire à gérer et lui permet le contrôle des applications. Cette méthode de virtualisation n'est pas très performante du fait que le système invité n'est pas tout à fait indépendant du système hôte. D'autre part, les deux noyaux empilés dans un même système physique ce qui rend les deux systèmes fortement dépendants.

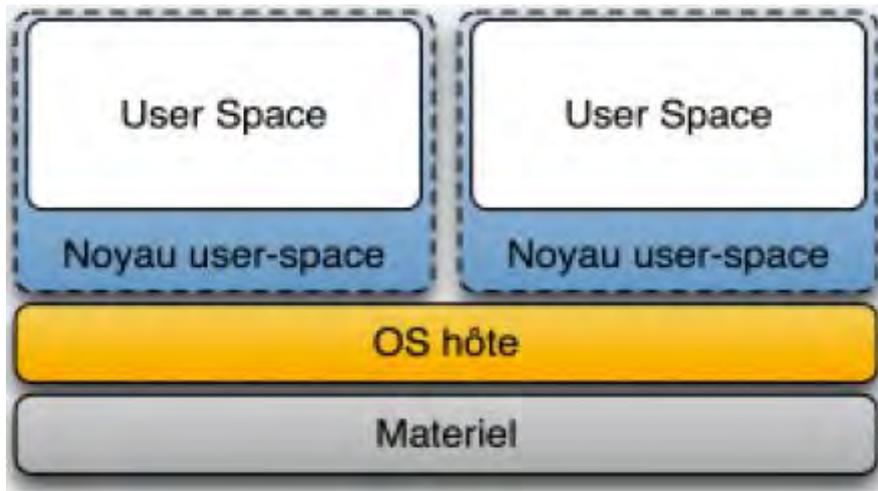


Figure 4 : Diagramme d'architecture du user mode kernel

► Coûts de mise en œuvre et de maintenance

L'émulation consiste à simuler l'exécution d'un programme en interprétant chacune des instructions destinées au micro-processeur. Il est possible d'émuler ainsi n'importe quel processeur et l'environnement complet d'un serveur. L'émulation est la technique qui offre le plus haut niveau d'abstraction de la plateforme. Pour les autres techniques de virtualisation tous les exécutables doivent être compilés pour le processeur physiquement disponible sur le serveur. L'émulation lève cette contrainte car les instructions ne sont jamais exécutées par le processeur, elles sont interprétées en simulant le processeur. Cette interprétation est coûteuse en performances, de sorte que l'émulation est rarement utilisée en dehors d'applications ludiques ou de recherche.

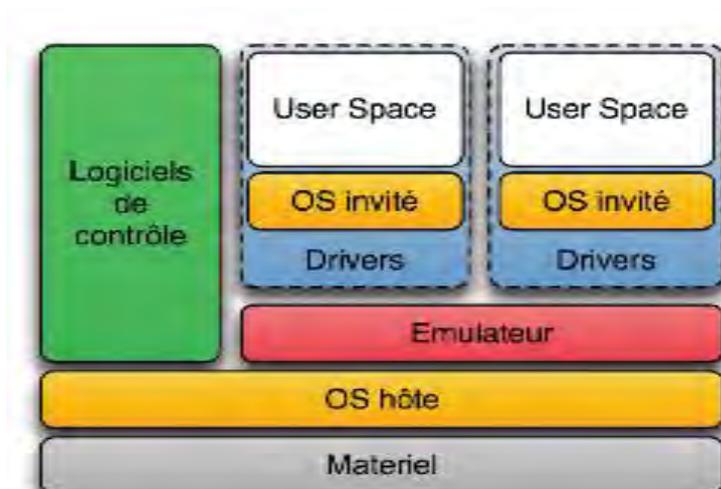


Figure 5 : Diagramme de l'architecture de l'émulation

► Paravirtualisation ou Hyperviseur

La para virtualisation et la virtualisation complète sont assez proches. Elles s'appuient sur une couche hyperviseur, qui gère totalement l'interface avec les ressources matérielles, et sur laquelle on peut installer différents systèmes d'exploitation.

La para virtualisation présente au système d'exploitation une machine générique spéciale, qui requiert donc des interfaces spéciales intégrées aux systèmes invités, sous la forme de drivers.

La para virtualisation est une technique de virtualisation de plus bas niveau que l'isolation. Elle partage avec cette dernière la nécessité d'utiliser un OS modifié. Plus précisément, en para virtualisation ce n'est plus seulement l'OS hôte qui doit être modifié mais également les OS appelés à s'exécuter sur les environnements virtuels.

Le cœur de la para virtualisation est un hyperviseur fonctionnant au plus près du matériel, et fournissant une interface qui permet à plusieurs systèmes hôtes d'accéder de manière concurrente aux ressources. Chaque système virtuel doit être modifié de façon à utiliser cette interface pour accéder au matériel. Contrairement à l'isolation, plusieurs OS de familles différentes peuvent fonctionner sur un même serveur physique. Il est ainsi possible de faire fonctionner Linux, NetWare, Solaris (et d'autres) simultanément sur une même machine. Chaque OS aura alors accès à ses propres périphériques de stockage, sa propre mémoire, sa ou ses propres interfaces réseau, son ou ses propres processeurs, chaque ressource matérielle virtualisée étant partagée avec les autres environnements.

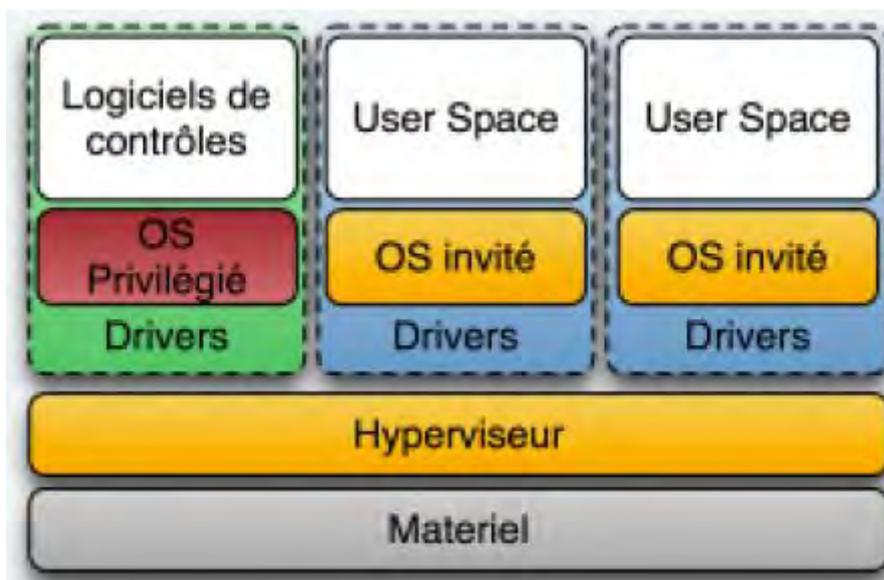


Figure 6 : Diagramme d'architecture de la para virtualisation

Les avantages de la virtualisation sont nombreux :

► L'économie sur le matériel

Une machine physique gère une dizaine de machines virtuelles. Grâce à cela, l'entreprise réduit le nombre de serveurs, de matériels informatiques, sa consommation électrique ainsi que la maintenance du parc informatique.

► Flexibilité de la virtualisation

Windows, Linux, Mac OS X, ces systèmes d'exploitation peuvent être installés sur une même machine. Les applications anciennes telles que des logiciels développés pour Windows 95 sont disponibles sur un PC récent (Windows 7). Ce qui peut être intéressant pour les entreprises qui ne renouvellent pas leurs logiciels à chaque nouveauté.

► Stabilité et sécurité

Lorsqu'une machine virtuelle plante, cela n'affecte pas les autres machines. Ce qui est également le cas pour les virus. En effet, il suffit de supprimer le fichier de la machine virtuelle et de le remplacer par la sauvegarde effectuée un jour plus tôt.

► Travailler à distance sur son poste

L'utilisateur a sous la main ses applications et son répertoire à partir de tout appareil (smartphone, ordinateur portable) à n'importe quel endroit.

La virtualisation présente toutefois quelques freins dans son utilisation

► Dépendance au réseau

Lors d'une virtualisation des postes clients : L'utilisateur ne peut travailler sur son environnement virtuel que s'il dispose d'une connexion réseau ou internet qui l'y amène, ce qui est impossible en avion. De plus, à distance, la qualité d'utilisation dépend fortement de celle de la connexion. Plus le débit est faible, plus l'affichage est saccadé. Par conséquent, la virtualisation n'est pas recommandée pour les applications graphiques (retouches de photographies ou affichage 3D). Il faut donc avoir recours à une virtualisation du système d'exploitation.

► Besoin d'adaptation

Etant un système complexe, la virtualisation nécessite un temps d'adaptation auprès des utilisateurs.

► Pannes généralisées

Si le serveur physique tombe en panne, les machines virtuelles tombent également en panne.

3.3. Etude comparative des solutions de virtualisation Système

Nous allons étudier ici les solutions de virtualisation système existantes

► HyperV

Egalement connu sous le nom de Windows Server Virtualisation, est un système de virtualisation basé sur un hyperviseur 64 bits de la version de Windows Server 2008. Il permet à un serveur physique de devenir Hyperviseur et ainsi gérer et héberger des machines virtuelles communément appelées VM. Grâce à cette technologie il est possible d'exécuter virtuellement plusieurs systèmes d'exploitation sur une même machine physique et ainsi d'isoler ces systèmes d'exploitation les uns des autres. Les ressources de l'hyperviseur sont alors mutualisées pour différentes VM, ce qui présente un intérêt économique car auparavant il fallait envisager une machine physique par serveur. Il est possible d'utiliser la console Hyper-V sur Windows 7. Dans le sens inverse, de nombreux systèmes d'exploitation peuvent tourner à l'intérieur d'Hyper-V.

► VMware vSphere Hypervisor

C'est un hyperviseur bare-metal de VMware qui permet aux utilisateurs de virtualiser leurs serveurs et de consolider leurs applications .

L'un des avantages de vSphere Hypervisor 6.0 réside dans sa légèreté : l'hyperviseur n'occupe quelques centaines de Mo d'espace disque. vSphere Hypervisor 6 est toutefois – et c'est logique – moins complet que vSphere. Ainsi, on doit se contenter d'une console d'administration minimaliste en lieu et place d'un véritable environnement. Tous les agents VMware sont par ailleurs exécutés directement sur le VMkernel.

La version 6 de vSphere améliore un certain nombre de caractéristiques de l'hyperviseur. Il par exemple possible de migrer des VM à chaud entre deux Distributed Switch, entre deux vSwitch ou d'un vSwitch vers un Distributed Switch (mais pas l'inverse) grâce à Cross vSwitch vMotion. Il est également possible de migrer une VM d'un vCenter à un autre, même s'ils ne partagent aucun Datastores. Il est en outre possible de mettre en place du Fault Tolerance avec un maximum de 4 vCPU, contre 1 seul vCPU auparavant. Enfin, vSphere Hypervisor 6 apporte le VM Hardware en version 11 et VSAN version 6.0.

► Citrix XenServer

C'est une plateforme de virtualisation gratuite, basée sur l'hyperviseur open-source Xen. Si l'hyperviseur Xen existe depuis de nombreuses années (la version 1.0 date d'octobre 2003), le rachat de XenSource par Citrix ne date que de 2007. XenServer est disponible gratuitement, mais il faudra en revanche opter pour une licence annuelle (à partir de 345 dollars par socket) ou perpétuelle (à partir de 763 dollars par socket) pour profiter du support de Citrix.

Une fois l'installation terminée, nous avons accès à une console permettant de configurer certains paramètres (en particulier au niveau du réseau et du stockage). L'interface d'administration, baptisée XenCenter, s'installe quant à elle sur n'importe quel poste Windows. Celle-ci donne accès à un certain nombre de réglages concernant l'hyperviseur. Il est également possible de créer, modifier, migrer et supprimer des machines virtuelles, ainsi que d'accéder à un certain nombre de logs et de surveiller des paramètres comme l'occupation CPU et mémoire, les temps d'accès et les débits.

► Proxmox Virtual Environnement

C'est une solution de virtualisation libre (licence AGPLv3) basée sur l'hyperviseur Linux KVM et offre aussi une solution de containers avec LXC. Proxmox est une solution de virtualisation de type "bare metal". Deux types de virtualisation sont supportés par Proxmox VE : une virtualisation matérielle et complète via l'hyperviseur (qui permet de virtualiser des systèmes Solaris, Linux ou Windows), qui demande toutefois un (ou plusieurs) processeurs disposant des technologies Intel VT ou AMD-V, et une virtualisation par isolateur grâce à des conteneurs LXC. Dans ce dernier cas, seuls des systèmes d'exploitation de type Linux peuvent être virtualisés. Il n'y a qu'une seule version libre et gratuite de la distribution, la société Proxmox Server Solutions proposant du support payant à ceux qui en auraient besoin.

Les fonctionnalités sont impressionnantes :

- Une interface en ligne de commande et web (disponible en français) permettant de gérer les machines virtuelles tant au format kvm que des conteneurs openvz
- Une belle intégration de la couche cluster de linux, permettant de reproduire les fonctionnalités comme HA (High Availability à la vmware), et la migration à chaud
- La prise en charge simplifiée des sauvegardes et des restaurations
- Les snapshots

► Kernel-based Virtual Machine

C'est une technologie de virtualisation Open Source intégrée à Linux. Avec KVM, on peut transformer Linux en un hyperviseur qui permet à une machine hôte d'exécuter plusieurs environnements virtuels isolés, appelés invités ou machines virtuelles.

KVM convertit Linux en un hyperviseur de type 1 (système nu). Pour exécuter des machines virtuelles, tous les hyperviseurs ont besoin de certains composants au niveau du système d'exploitation : gestionnaire de mémoire, planificateur de processus, pile d'entrées/sorties (E/S), pilotes de périphériques, gestionnaire de la sécurité, pile réseau, etc. La technologie KVM comprend tous ces composants, car elle est intégrée au noyau Linux. Chaque machine virtuelle est mise en œuvre en tant que processus Linux standard. Elle est gérée par le planificateur Linux standard et dispose de matériel de virtualisation dédié (carte réseau, carte graphique, un ou plusieurs processeurs, mémoire, disques).

► OpenVZ

C'est une technologie de para virtualisation de niveau système d'exploitation basée sur le noyau. Il permet à un serveur physique d'exécuter de multiples instances de systèmes d'exploitation isolés, connus sous le nom de serveurs privés virtuels (VPS) ou environnements virtuels (VE). OpenVZ fonctionne sur un mécanisme d'isolation des ressources système sur la machine hôte. Chaque machine virtuelle est sous le seul contrôle du noyau de la machine hôte... et a accès des ressources isolées dans un contexte – file system, CPU, adresse réseau et mémoire sont exécuté dans un contexte système particulier chaque processus de chaque machine virtuelle ne peut pas faire de déni de service hors de son système de partition openVZ.

Pour les deux premières solutions, elles sont juste gratuites pendant 6 mois, passé ce délai, il va falloir acquérir une licence pour continuer à utiliser le serveur. Et puisque nous mettons en place un environnement open-source, nous allons parler des quatre dernières solutions

Si un étudiant a besoin de mettre en place par exemple des services réseaux, on lui alloue une vm de type conteneur. Cette dernière est une solution très légère, n'a pas besoin d'énormément de ressources et les VM partagent le même noyau. En outre, si l'utilisation qu'il en fait a besoin de modifier le fonctionnement du noyau, on lui alloue une machine avec la virtualisation complète. Libre à l'étudiant aussi de choisir la machine dont il a besoin

Comparons donc les 4 technologies.

Solution	Citrix XenServer 6.5.0 SP1	KVM	OpenVZ	Proxmox VE 4.0
OS Hôte	CentOS	Linux	Linux	Debian
Virtualisation Complète	OUI	OUI	NON	OUI
Cloisonnement	OUI	OUI	OUI	OUI
Nombre de VM	650 vm Linux ou 500 vm windows	NA	NA	ILLIMITE
Console HTML	NON	NON	NON	OUI
Interface Web Native	NON	NON	NON	OUI

Tableau 1 : Tableau comparatif des solutions de virtualisation Système

3.4. Etude comparative des solutions de virtualisation réseau

Si on prend l'exemple des étudiants en réseau, certains ont du mal à accéder aux équipements réseau réels, faute de matériel, ou d'habilitations.

L'idée ici, est de permettre à l'étudiant de dessiner l'architecture réseau qui lui convient à travers une interface web. Une fois ceci fait, on lui donne les accès ssh et il pourra travailler sur son architecture réseau.

Dans nos universités, On se rabattait sur Packet tracer qui est un Simulateur de matériel réseau Cisco destiné aux centres de formation, étudiants et diplômés. C'est un outil très Pratique pour les TP et la préparation des certifications.

Cependant, cet outil a des limites. En effet, puisqu'il est développé, il peut y avoir des retards de mise à jour qui font que certaines commandes ne soient pas toutes disponibles à temps d'une part et d'autre part, il pourrait y avoir autant de bugs que de lignes de codes.

Comme alternative, Nous avons trouvé GNS3 qui est un Emulateur d'environnements réseau. Son gros avantage est qu'il Emule le matériel, Permet de connecter le périphérique ou réseau simulé au monde réel et prend en charge les périphériques et IOS de plusieurs fournisseurs tels que Cisco, Juniper, hôte Linux. Mais il faut noter qu'il a lui aussi ses limites.

Les solutions de virtualisation réseau permettent d'émuler un environnement réseau des plus optimal. C'est cette solution qui permettra à l'étudiant d'avoir accès à des routeurs qu'il aura au préalable réservé.

Nous allons nous pencher sur les solutions de virtualisation réseau

► Quagga

C'est un logiciel de routage open source basé sur le routeur Zebra dont le développement fut arrêté en 2003. Il supporte les principaux protocoles de routage standardisés comme RIP, OSPF et BGP et peut être installé sur n'importe quel système Linux muni d'un noyau 2.4 ou supérieur. Quagga est composé de plusieurs démons, un par protocole de routage et un autre appelé Zebra utilisé en tant que gestionnaire de routage. Chaque démon a son propre fichier de configuration et interface de terminal à laquelle on peut accéder par telnet. L'outil vtysh est fourni pour configurer le routeur Quagga depuis l'hôte local (localhost) en une interface unique.

Il est intéressant de relever que Quagga ne possède "que" des capacités de routage ainsi que des Fonctionnalités associées telles que des listes d'accès (access lists) ou des routes map (route maps). Il ne fournit pas de fonctionnalités hors routage comme un serveur DHCP, un Client/serveur NTP ou un accès ssh. Cependant, il est tout de même souvent possible de les activer sur le système d'exploitation supportant votre routeur Quagga.

► Vyatta

C'est un OS assurant des fonctions de routage, il peut donc servir à nous connecter à Internet, il peut être utilisé comme firewall dans votre réseau et il peut aussi permettre de séparer votre ordinateur du réseau local de votre maison et ainsi disposer d'un réseau local connecté mais indépendant du premier.

On pourrait ainsi comparer Vyatta aux OS des grands constructeurs de matériels réseau comme IOS de chez Cisco Systems ou JUNOS de Juniper Networks. Mais à la différence de ses concurrents, Vyatta n'est pas fourni sur un équipement physique, il s'agit d'un OS comme n'importe quelle distribution Linux que vous pouvez installer sur n'importe quelle machine disposant d'un processeur de type x86 (c'est-à-dire la quasi-totalité des ordinateurs actuels). Vyatta existe sous deux versions différentes, une payante et une open source gratuite. Il se pilote via une interface en ligne de commande, la syntaxe est proche de celle de JUNOS mais reste relativement proche d'IOS pour que les habitués de chez Cisco ne se sentent pas perdus. Basé

sur une distribution Debian, il est intéressant de noter que Vyatta peut être amélioré/complété en installant des packages supplémentaires (les dépôts Debian sont accessibles) ce qui est impossible chez les constructeurs commerciaux qui ne donnent pas accès à l'OS.

► GNS3

GNS3 est un logiciel open source qui vous permet d'établir avec précision la topologie d'un système d'exploitation réseau pour des fonctions avancées de routage de pare-feu ou d'hôte sans malmenager vos équipements. Il est utilisé pour simuler différents périphériques virtuels et les dispositifs réels comme les routeurs, commutateurs... Il utilise Dynamips qui est un logiciel d'émulation pour simuler des périphériques virtuels. L'interface est graphique, elle est simple et agréable d'utilisation. Le fonctionnement se fait en mode drag and drop, on sélectionne un élément puis on « l'amène » dans la fenêtre principale du logiciel, ensuite on peut par exemple ramener un switch, et on a un outil dans le menu à gauche pour câbler entre le switch et le routeur.

► Dynamips

Dynamips est un émulateur de routeurs Cisco capable de faire fonctionner des images Cisco IOS non modifiées comme si elles s'exécutaient sur de véritables équipements. Le rôle de Dynamips n'est pas de remplacer de véritables routeurs, mais de permettre la réalisation de maquettes complexes avec de vraies versions d'IOS. Contrairement à certains autres produits, il ne s'agit pas d'une émulation de la ligne de commande IOS et de son fonctionnement, mais d'une émulation complète du « hardware ». Dynamips peut être utilisé à des fins de formation, d'expérimentation, aide au diagnostic, validation de configurations...

Dynamips est écrit en langage C, sous licence GPL. Les plateformes hôtes supportées sont de type PC sous Linux, Mac Os X et Windows. Contrairement à des simulateurs classiques tels que Boson ou PacketTracer qui miment un IOS, Dynamips émule le hardware du routeur.

Les routeurs supportés sont C3600 C3700 C2600 C1700 C7200 et l'émulation de switches (de type Catalyst) n'est pas supportée.

Dynagen est un produit complémentaire écrit en Python s'interfaçant avec Dynamips grâce au mode hyperviseur. Il facilite la création et la gestion de maquettes grâce à un fichier de configuration simple décrivant la topologie du réseau à simuler et une interface texte interactive.

Nous allons dresser un tableau comparatif des différentes solutions.

Solutions	Quagga	Vyatta	GNS3	Dynamips/Dynagen
Type de logiciel	IOS-like	Junios-Like	Cisco IOS	Cisco IOS
hôte	Linux	Linux	Linux/Windows	Linux/Windows
DHCP	Non	Oui	Oui	Oui
TFTP	Non	Oui	Oui	Oui
Acces Réseau	Oui	Oui	Non	Oui
Mises à jour	Non		Oui	Oui
Support	Non	Non	Oui	Oui

Tableau 2 : comparatif des solutions de virtualisation orienté réseau

3.4. Choix Technologique

Après avoir fait l'état de l'art et une étude comparative sur les différents services que nous voulons intégrer, nous allons passer à la mise en place de notre plateforme.

Pour ce faire, nous allons d'abord faire notre choix parmi les solutions étudiées, ensuite présenter l'architecture proposée, et enfin nous allons passer à l'implémentation.

- Pour la virtualisation orientée système, nous allons utiliser proxmox qui est une solution de virtualisation libre (licence AGPLv3) basée sur l'hyperviseur Linux KVM et offre aussi une solution de containers avec LXC.

La version utilisée est la version 4.0

- Pour la virtualisation orientée réseau, nous allons utiliser dynagen/dynamips. Dynamips est un émulateur de routeurs Cisco capable de faire fonctionner des images Cisco IOS non modifiées comme si elles s'exécutaient sur de véritables équipements. Ici, nous utilisons dynamips 0.2.8
- Pour manager tout cela, nous allons mettre en place une application web, basée sur php/mysql

3.5. Architecture Proposée

L'architecture idéale est celle-ci

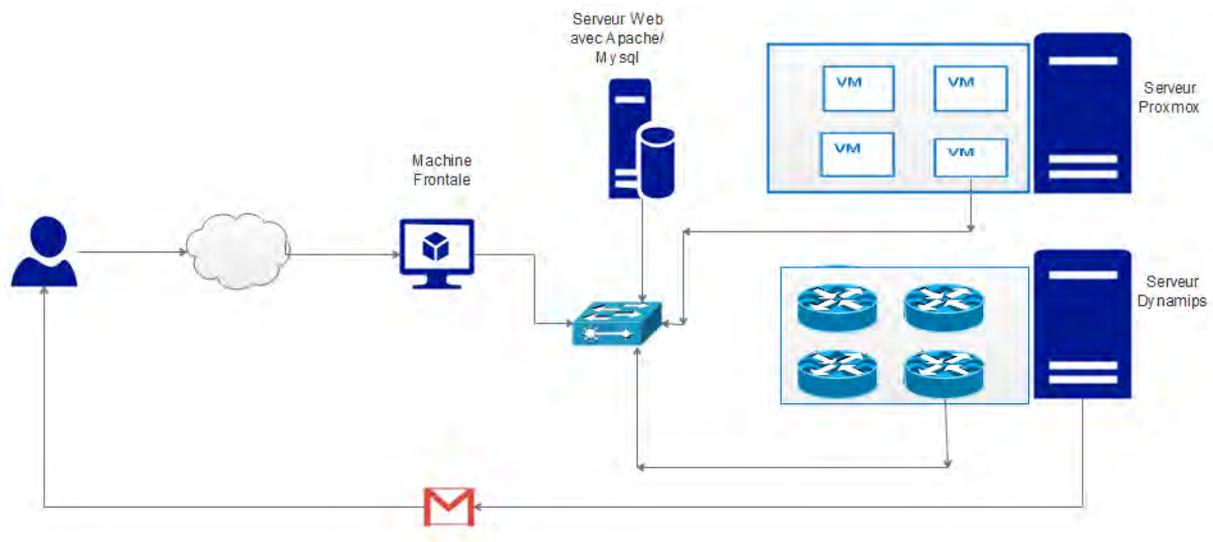


Figure 7 : Architecture Fonctionnelle

Elle comprend :

Un utilisateur qui peut accéder à notre laboratoire via une machine frontale qui lui permettra de réserver ses équipements d'une part et d'y accéder après validation d'autre part.

Une Machine frontale qui servira d'interface entre le lab et l'utilisateur de sorte que tout soit transparent pour lui.

Un serveur web Apache/mysql sur laquelle se font les réservations et génération de scripts devant être exécutés par les serveurs.

Un serveur Proxmox qui se charge de créer et d'octroyer les VM.

Un serveur Dynamips sur lequel se fait la création de routeurs.

Et deux serveurs mail installés sur les serveurs proxmox et Dynamips, pour aviser l'utilisateur sur ses informations de connexion.

Mais pour notre implémentation, voici notre maquette de test

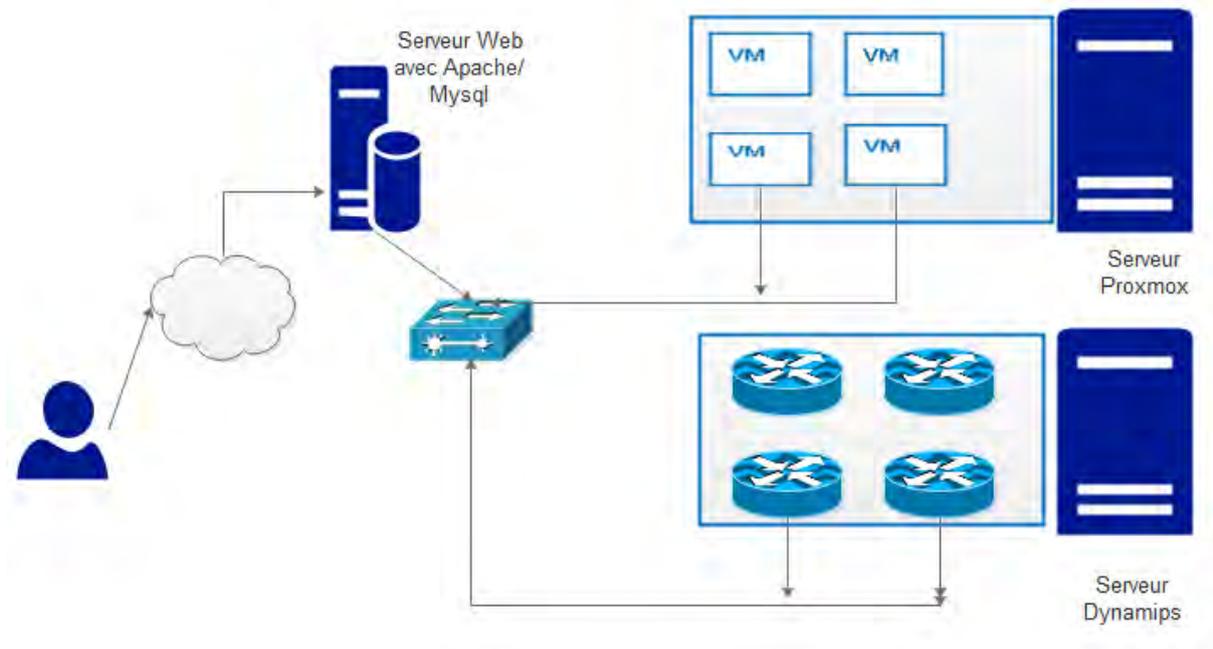


Figure 8 : Maquette de Test

3.6. Implémentation

3.6.1. Installation et mise en place de Proxmox

Proxmox permet d'effectuer deux types de virtualisation la première est la virtualisation matérielle à l'aide de KVM utilisant les instructions de virtualisation Intel-VT et AMD-V. Ce type de virtualisation virtualise le matériel et alloue une partie des ressources de la machine hôte à la machine virtuelle (VM). Les ressources allouées sont considérées comme « utilisées » par le système hôte.

Le second type de virtualisation est la virtualisation par conteneur LXC qui permet d'utiliser des systèmes linux uniquement. Cette solution est plus performante que KVM car elle consomme moins de ressources. Et dans le cas où l'on allouerait 2 Go de RAM par exemple à une VM openVZ si celle-ci n'en utilise pas 2 Go, il sera possible de les partager temporairement à une autre VM qui aurait besoin de plus de ressources

L'installation du système à partir du CD formate le disque dur, cela entraîne l'effacement complet des données qui pouvaient être présentes sur le serveur

Pour l'installation de Proxmox, voir annexe.

À la fin de l'installation, nous aurons la console d'administration comme suit

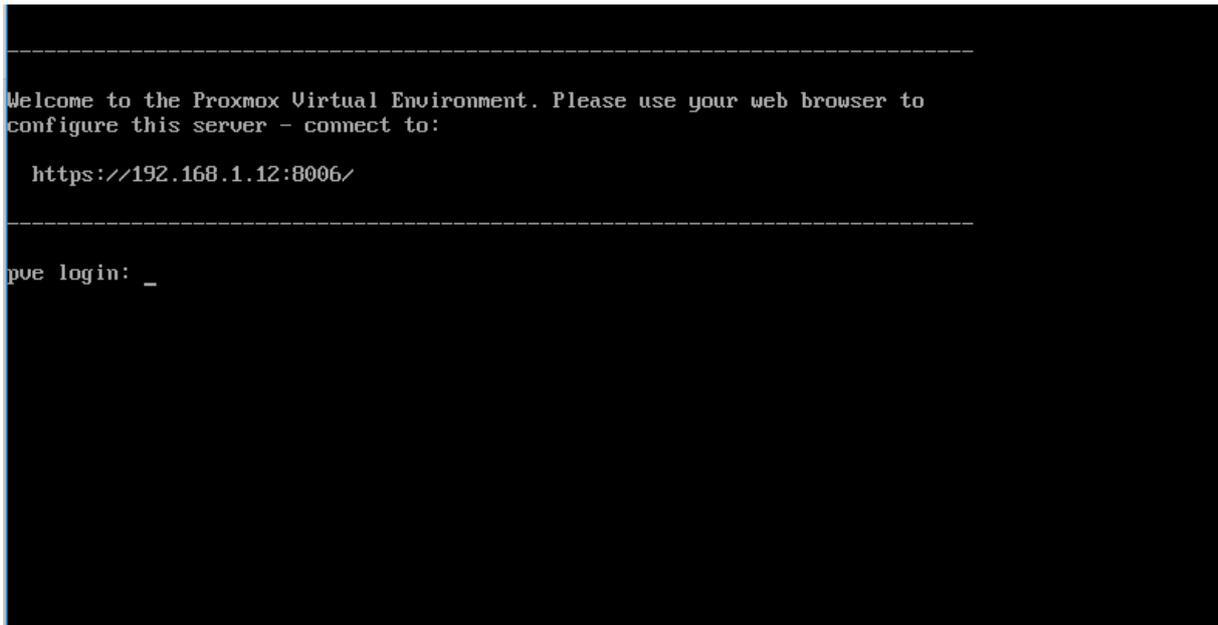


Figure 9 : Console d'administration de proxmox

Sur l'interface Web, on peut directement charger les iso dont aura besoin pour la virtualisation complète et les templates pour les conteneurs.

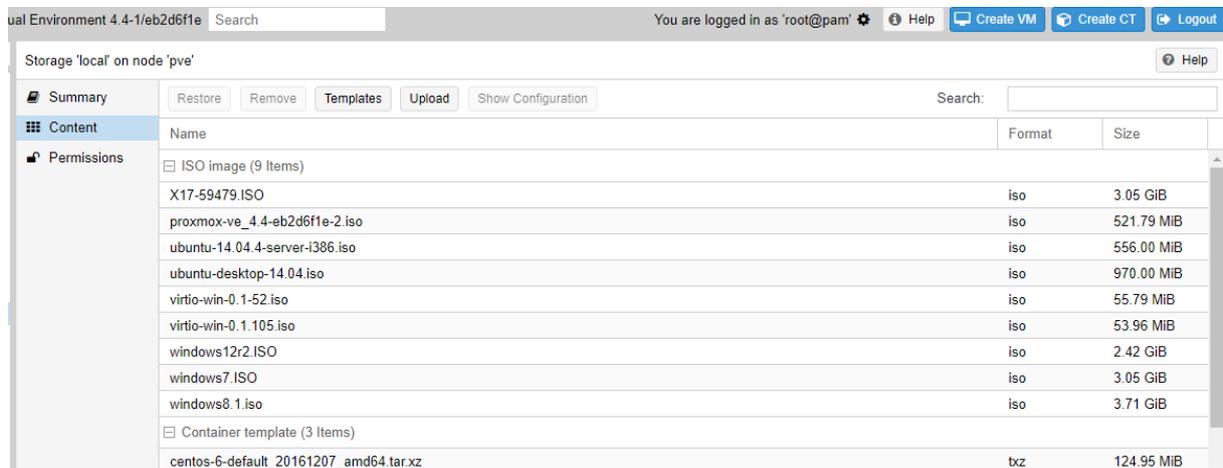


Figure 10 : Interface des iso de proxmox

L'administrateur a aussi une vue à temps réel sur les ressources.

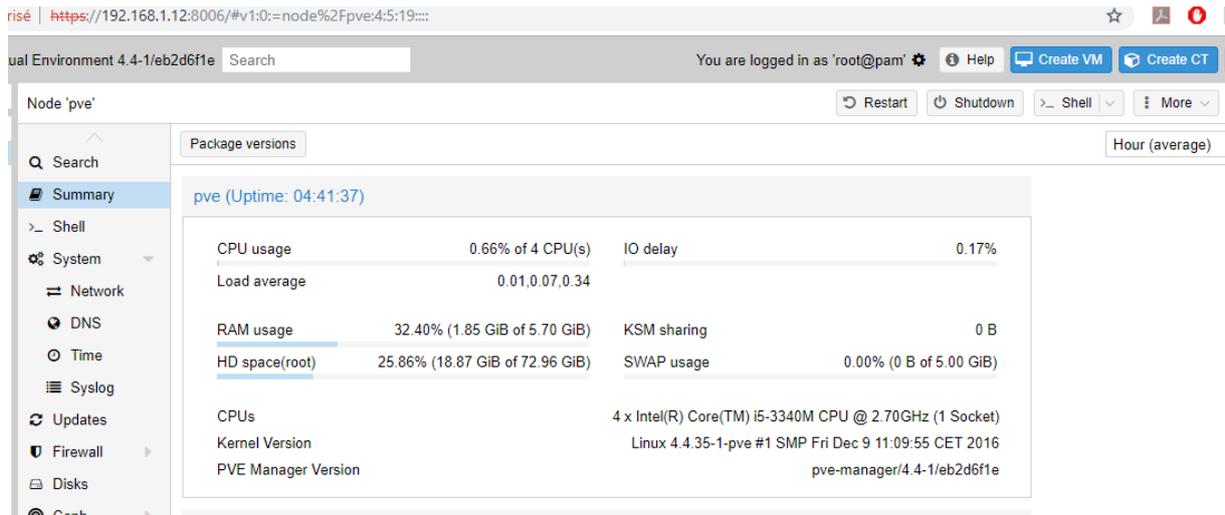


Figure 11 : Interface des iso de proxmox

3.6.2. Mise en place de Dynamips/Dynagen

Pour l'installation de Dynamips /Dynamips, voir annexe

A la fin de l'installation, dès qu'on lance dynamips, nous avons ceci. Il sera lieu de l'automatiser avec les cron.

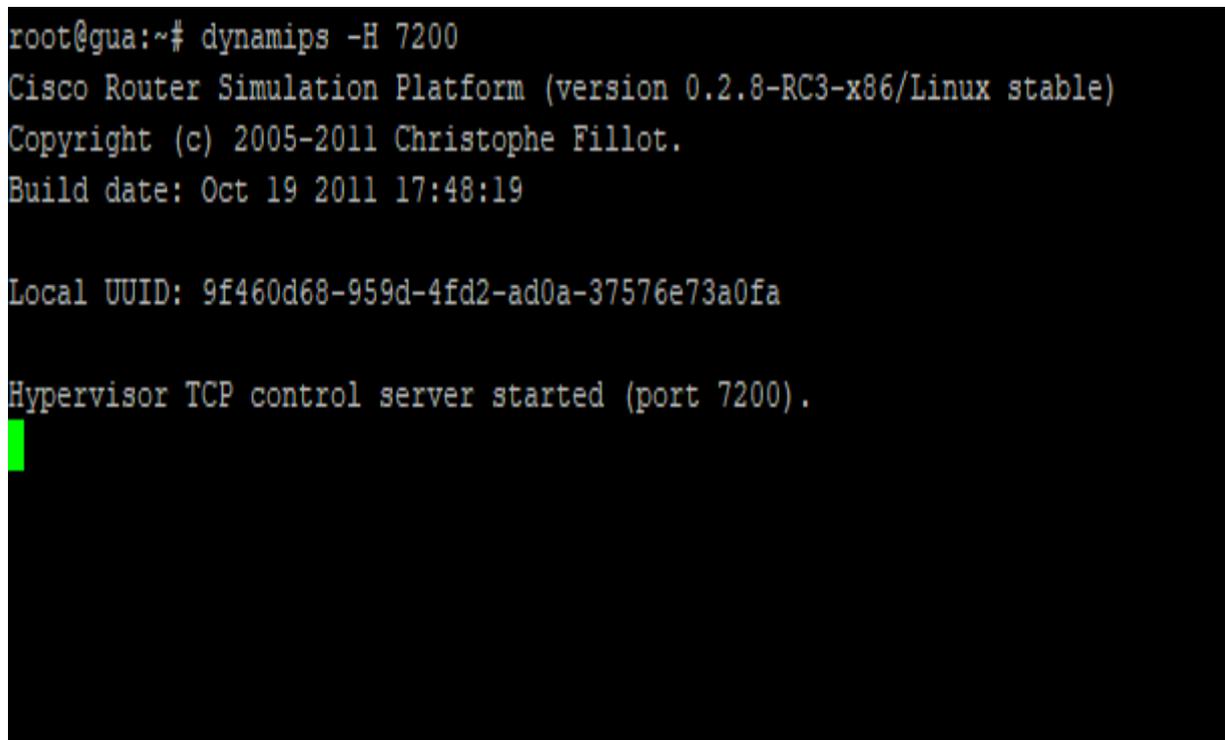


Figure 12 : Console de lancement de dynamips

3.6.3. Conception de l'outil d'administration

Nous allons commencer par installer un serveur web apache2 fonctionnel

Ensuite nous installons la base de données mysql.

```
mysql> use ConfRouteur;
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A

Database changed
mysql> show tables;
+-----+
| Tables_in_ConfRouteur |
+-----+
| Interfaces             |
| Routeur                |
| user                   |
| vm                     |
+-----+
4 rows in set (0.00 sec)

mysql>
```

Figure 13 : Table de la base de données

Ici nous avons :

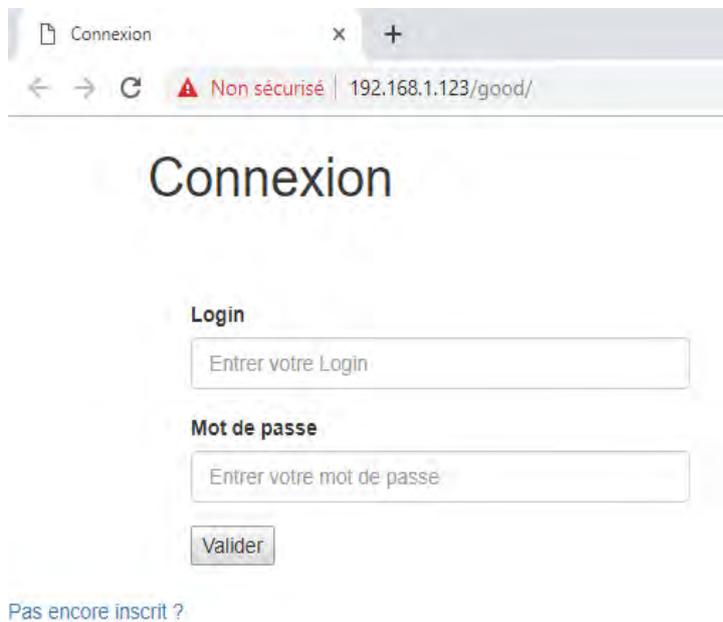
- La table Routeur dans laquelle sont renseignés les routeurs qui ont été réservés
- La Table Interfaces, parce que la topologie des routeurs se remplit lors de la déclaration des routeurs
- La table user aussi comprend les utilisateurs qui se sont inscrit à l'application, avec obligation de remplir tous les champs. Ceci sera nécessaire lors de l'envoi par mail des paramètres de connexion
- Enfin, nous avons la table vm qui comprend les réservations de machine virtuelle.

Toutes les réservations se font sur le serveur apache qui va communiquer ensuite avec le serveur proxmox pour l'exécution des Machines Virtuelles et le serveur dynamips pour l'exécution des topologies réseaux en leur transmettant les scripts générés lors des réservations.

Nous mettons en place aussi un serveur de Messagerie exim4 qui est un serveur de messagerie très complet il est le serveur de messagerie par défaut sur Debian. Il permet de recevoir et d'envoyer des mails.

Il sera installé sur les serveurs proxmox et dynamips, car ils enverront des notifications aux utilisateurs après exécution des scripts pour leur donner les liens de connexion pour les Vm et les ports d'accès pour les routeurs. Rappelons que lors de l'inscription, l'utilisateur doit renseigner son adresse mail et c'est sur cette dernière que seront envoyées les paramètres d'accès aux équipements qu'il aura réservé.

Toute connexion à l'application, passe par une connexion comme suit



The screenshot shows a web browser window with the title 'Connexion'. The address bar displays '192.168.1.123/good/' with a warning icon and the text 'Non sécurisé'. The main content area features a large heading 'Connexion' followed by a 'Login' section with an input field labeled 'Entrez votre Login'. Below this is a 'Mot de passe' section with an input field labeled 'Entrez votre mot de passe' and a 'Valider' button. At the bottom left, there is a link that says 'Pas encore inscrit ?'.

Figure 14 : Interface de connexion à l'interface Web

Sinon, une page d'inscription est proposée.

Connexion x +

← → ↻ ⚠ Non sécurisé | 192.168.1.123/good/inscription.php#ancre

Inscription

Nom d'utilisateur

Mot de passe

Confirmation Mot de passe

Prénom

Nom

Adresse Mail

Valider

Figure 15 : Interface d'inscription à l'interface Web

Dès la connexion, une autre interface web est proposée, pour permettre à l'utilisateur de faire son choix entre la réservation de routeurs ou de VM.



Figure 16 : Interface de réservations de ressources

3.6.4. Intégration

Lors d'une réservation de VM, il se passe deux cas :

► Premier cas :

Si l'utilisateur choisit de tester des services réseaux, nous mettons en place un script qui lui déploie une vm de type conteneur. Pour notre cas, il s'agit d'un template « ubuntu 12.04 standard ».

Un formulaire lui est présenté, dans lequel il remplit les caractéristiques voulues à savoir la Ram, la taille du disque dur, le nombre de cœurs mais aussi le nom de la VM

Choisir des Caracteristiques

Nom

Disque

Core

RAM

Figure 17 : Formulaire de réservations de ressources

Après validation du formulaire, nous avons l'insertion dans la base de données

```
$sql="INSERT INTO `ConfRouteur`.`vm` (`name`, `os`, `size`, `core`, `ram`, `id_unik`) VALUES (:name, :os, :size, :core,
```

```
$requete=$bdd->prepare($sql);

$requete->bindParam(':name', $nom);
$requete->bindParam(':os', $os);
$requete->bindParam(':size', $size);
$requete->bindParam(':core', $core);
$requete->bindParam(':ram', $ram);
$requete->bindParam(':id_unik', $id_unik);
```

Figure 18 : Script d'insertion dans la base de données

Ensuite, est généré le script sur le serveur apache

```
$fichier contenu ='pct create'. " $id_unik" . ' /var/lib/vz/template/cache/' ."$os".' --rootfs local-lvm:'."$size".'
--memory'. " $ram".' --cores'." $core". ' --net0 name=eth0,bridge=vbr0,ip=dhcp'."$n".
'pveum useradd' ." $login".'@pve'."$n".

'/usr/bin/pvesh set /access/password'. ' --userid'. " $login".'@pve'. ' --password'." $pwd". "$n".

'pveum aclmod /vms/'."$id_unik".' -user'. " $login".'@pve -role PVEVMUser'."$n".

'URL="https://192.168.1.12:8006/'."$n".
'MAIL="' ."$email" . "' . "$n".
'OBJET=" ACCES A VOS VM "'."$n".
'MESSAGE="Bonjour, LE LIEN POUR ACCEDER A LA vm est :$URL . Votre Login est'." $login".' Et le mot de passe est '."$pwd".'.'."$n".

'echo $MESSAGE |mail -s $OBJET $MAIL';

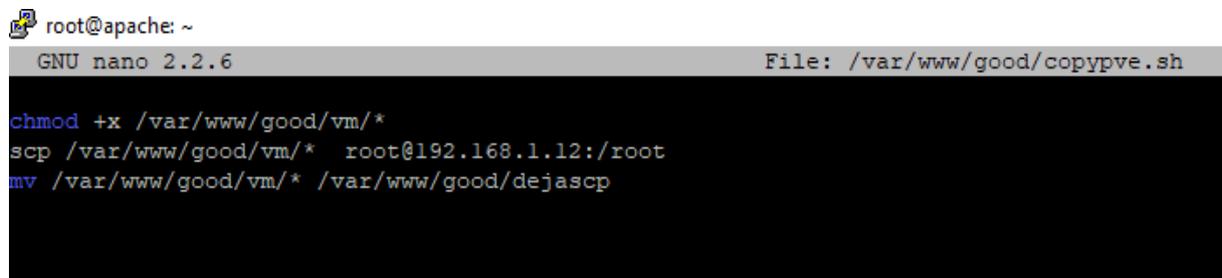
fputs($monfichier, $fichier_contenu); // On écrit le nouveau nombre de pages vues
```

Figure 19 : Script bash de réservation de ressources

Ce fichier comporte les caractéristiques renseignées sur le formulaire, crée le conteneur pour que seul cet utilisateur puisse y avoir accès, récupère l'adresse mail sur laquelle sera envoyée le mail avec les informations.

Apache se charge ensuite de le transférer via SSH au serveur proxmox et de déplacer le script dans un autre dossier, parce qu'il se pourrait que l'utilisateur fasse une seconde réservation, et c'est sur le même fichier qu'apache va écrire.

Tous les scripts ont pour nomenclature « prenomnom .id » pour différencier les utilisateurs



```
root@apache: ~
GNU nano 2.2.6 File: /var/www/good/copypve.sh
chmod +x /var/www/good/vm/*
scp /var/www/good/vm/* root@192.168.1.12:/root
mv /var/www/good/vm/* /var/www/good/dejascp
```

Figure 20 : Script bash de transfert des scripts

On automatise ce script dans le cron pour qu'il s'exécute chaque minute

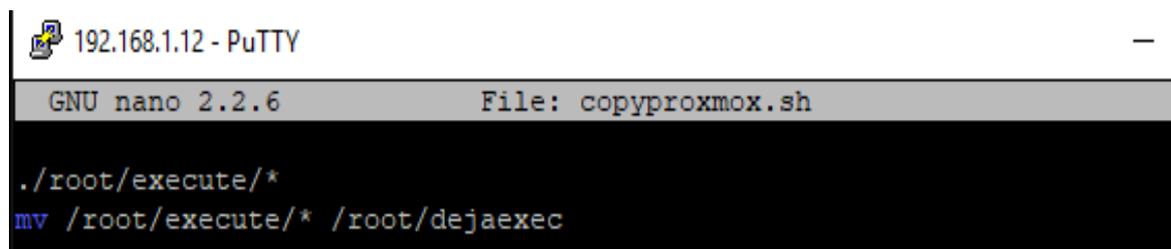
Il suffit de taper « crontab -e » et rajouter cette ligne



```
*/1 * * * 1-5 /var/www/good/copypve.sh
```

Figure 21 : Automatisation du Script de transfert des scripts vers le serveur proxmox

Le même script d'exécution est créé sur proxmox pour qu'il puisse tous les fichiers.sh déposés et les déplacer sur un autre dossier.



```
192.168.1.12 - PuTTY
GNU nano 2.2.6 File: copyproxmox.sh
./root/execute/*
mv /root/execute/* /root/dejaexec
```

Figure 22 : Script d'exécution des réservations

► Deuxième cas :

Il s'agit d'une vm de type virtualisation complète.

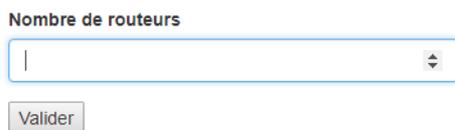
On présente à l'utilisateur un formulaire comme pour le 1^{er} cas.

Quand il valide, avec les caractéristiques voulues, il se passe deux choses. :

D'abord, il y a insertion dans la base de données, dans la table vm plus précisément et ensuite génération du script contenant les informations renseignées dans le formulaire préalablement renseigné.

La réservation de Routeurs se fait aussi depuis l'interface Web

Veillez remplir le nombre de routeurs

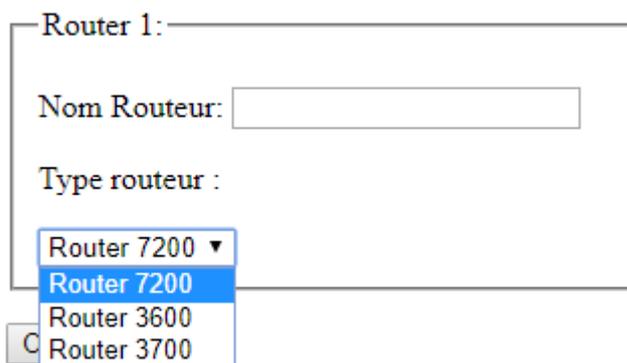


The screenshot shows a web form with the title "Nombre de routeurs". Below the title is a text input field containing the number "1". To the right of the input field is a small downward-pointing arrow icon. Below the input field is a button labeled "Valider".

Figure 23 : Interface choix nombre de routeurs

Ensuite, l'utilisateur choisit le nombre de routeurs ainsi que le type de routeur voulu.

Veillez Créer vos routeurs



The screenshot shows a web form titled "Router 1:". Below the title is a text input field labeled "Nom Routeur:". Below that is a dropdown menu labeled "Type routeur :". The dropdown menu is open, showing a list of router models: "Router 7200" (selected), "Router 7200", "Router 3600", and "Router 3700".

Figure 24 : Interface choix type de routeurs

Après insertion du type de routeur, il définit les interfaces et comme pour la virtualisation système, Il y a insertion dans la base de données et génération d'un script.

```
$fichier_contenu1 =  
  
'URL="https://192.168.1.12:8006/"' . "\n",  
'MAIL="' . "$email" . "' . "\n",  
'OBJET=" ACCES A VOS Routeur "' . "\n",  
'MESSAGE="Bonjour, Merci de Telecharger Putty et de mettre ce $URL . Les ports d'acces sont '$port"' . "\n",  
  
'echo $MESSAGE |mail -s $OBJET $MAIL';  
  
éputs($monfichier1, $fichier_contenu1); // On écrit le nouveau nombre de pages vues
```

Figure 25 : Script envoi par mail des paramètres de connexion

Comme toujours, un mail sera envoyé à l'utilisateur concerné.

3.6.5. Test et Validation

- Test 1 : Création de conteneur

La page qui suite sert de formulaire pour créer un conteneur

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying '192.168.1.123/good/ct.html'. The page title is 'Choisir des Caracteristiques'. The form contains the following fields:

- Nom**: A text input field containing the value 'container'.
- Disque**: A text input field containing the value '6'.
- Core**: A dropdown menu with '1' selected.
- RAM**: A dropdown menu with '512' selected.
- Valider**: A button to submit the form.

Figure 26 : Réservation Ressources via Formulaire

Après validation du formulaire, nous avons l'insertion dans la base de données

	id	name	os	size	ram	core	id_unik
   	1	test	windows	128	1024	2	110
   	2	officiel	windows7.ISO	20	512	2	111
   	3	container	ubuntu-12.04-standard_12.04-1_amd64.tar.gz	6	512	1	112



Figure 27 : Insertion données formulaire dans la base de données

Et création du script sur le serveur apache

```
pct create 112 /var/lib/vz/template/cache/ubuntu-12.04-standard_12.04-1_amd64.tar.gz
--rootfs local-lvm:6 --memory 512 --cores 1 --net0 name=eth0,bridge=vbr0,ip=dhcp
pveum useradd test@pve
/usr/bin/pvesh set /access/password --userid test@pve --password ucad2019
pveum aclmod /vms/112 -user test@pve -role PVEVMUser
URL="https://192.168.1.12:8006/"
MAIL="ucadtest.2019@gmail.com"
OBJET=" ACCES A VOS VM "
MESSAGE="Bonjour, le lien pour acceder à la VM est est :$URL . Votre Login est test $"
echo $MESSAGE |mail -s $OBJET $MAIL
```

Figure 28 : Génération script réservation VM

Ce fichier comporte les caractéristiques renseignées sur le formulaire, crée le conteneur pour que seul cet utilisateur puisse y avoir accès, récupère l'adresse mail sur laquelle sera envoyée le mail avec les informations.

Apache se charge ensuite de le transférer via SSH au serveur proxmox. Nous pourrons le retrouver là-bas.

Le nom du fichier indique que cette VM a été réservée par l'utilisateur Bass Kassé

```
root@pve:~/execute# ls
basskassé3.sh
root@pve:~/execute#
```

Figure 29 : Vérification script réservation vm dans le serveur proxmox

Lorsque proxmox l'exécute, l'utilisateur reçoit un mail d'information



Figure 30 : Réception du mail paramètres de connexion à la VM

L'utilisateur pourra ainsi se connecter.

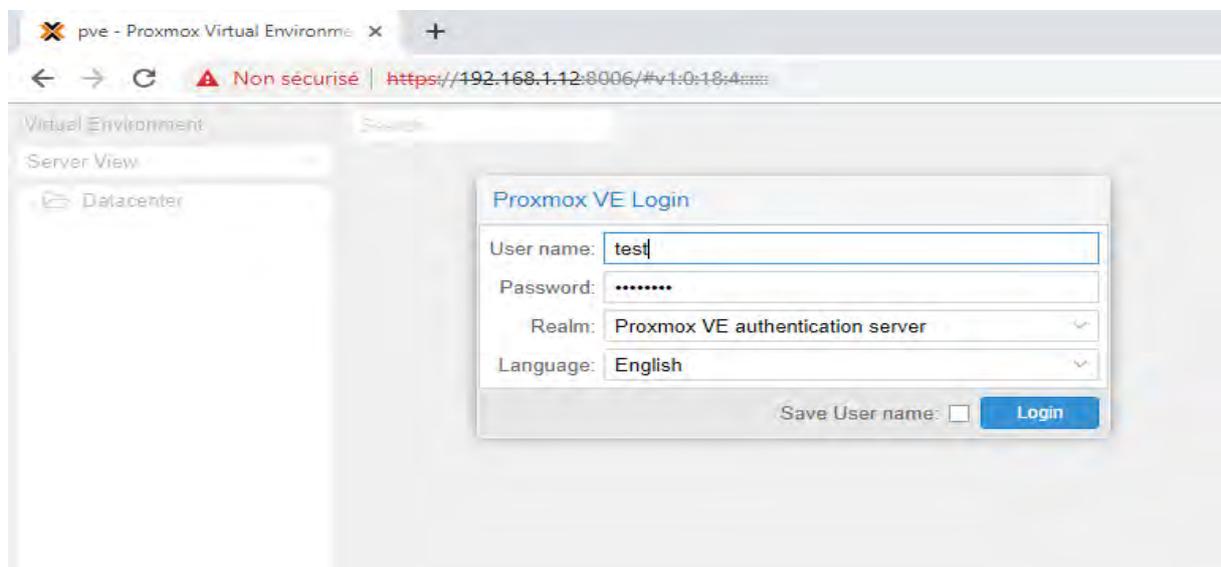


Figure 31 : Connexion de l'utilisateur test

Et il verra sa machine avec les caractéristiques choisies.

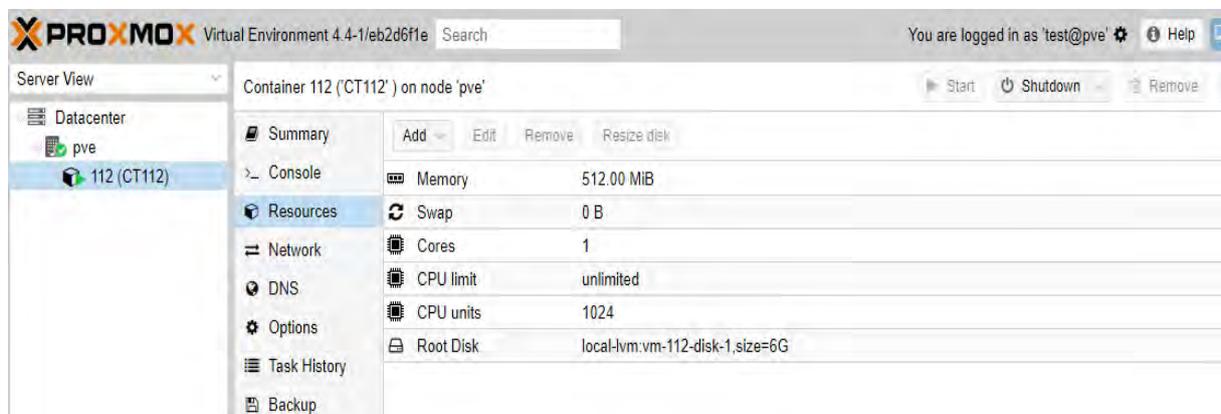


Figure 32 : Page d'accueil de l'utilisateur test

Il lui faut juste, cliquer sur la console pour que s'ouvre une nouvelle page avec la VM.

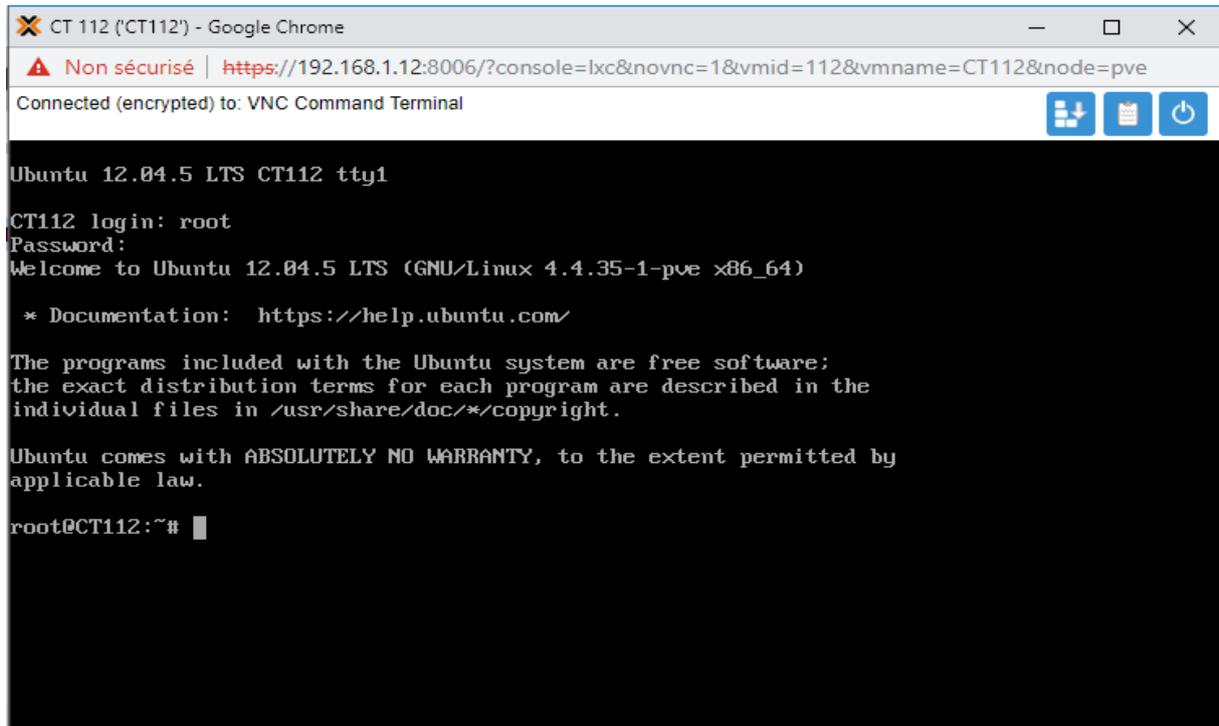


Figure 33 : Démarrage du conteneur

► Test 2 : Création de machine windows

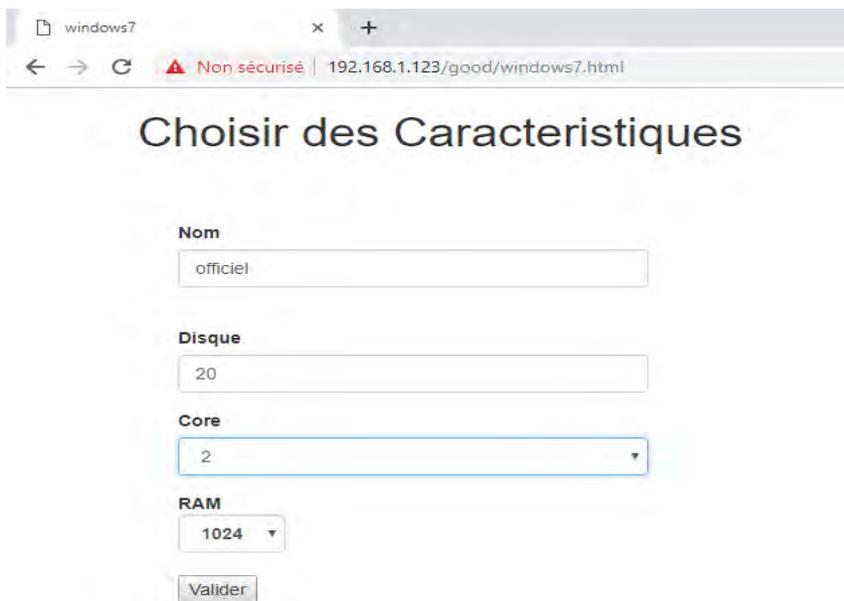


Figure 34 : Réserveation Ressources via Formulaire

D'abord, il y a insertion dans la base de données, dans la table vm plus précisément et ensuite génération du script contenant les informations renseignées dans le formulaire préalablement renseigné.

	id	name	os	size	ram	core	id_unik
Modifier Éditer en place Copier Effacer	1	test	windows	128	1024	2	110
Modifier Éditer en place Copier Effacer	2	officiel	windows7.ISO	20	1024	2	111
Modifier Éditer en place Copier Effacer	3	container	ubuntu-12.04-standard_12.04-1_amd64.tar.gz	6	512	1	112

Figure 35 : Insertion données formulaire dans la base de données

Comme montré sur cette capture ci-haut, cette table comprend les caractérisés demandées par l'utilisateur.

La création du script sur le serveur apache suit.

```
qm create 112 --memory 1024 --net0 virtio,bridge=vibr0 --cores 2
--cdrom /var/lib/vz/template/iso/windows7.ISO --ide0 local-lvm:20 --name
officiel --idel /var/lib/vz/template/iso/virtio-win-0.1-52.iso
pveum useradd soso@pve
/usr/bin/pvesh set /access/password --userid soso@pve --password passer
pveum aclmod /vms/113 -user soso@pve -role PVEVMUser
URL="https://192.168.1.12:8006/"
MAIL="astougawane93@gmail.com"
OBJET=" ACCES A VOS VM "
MESSAGE="Bonjour, Le lien pour acceder à la vm est :$URL . Votre Login est soso$
echo $MESSAGE |mail -s $OBJET $MAIL
```

Figure 36 : Génération script réservation VM

Comme montré sur cette capture ci-haut, cette table comprend les caractérisés demandées par l'utilisateur.

Le script est créé dans le serveur apache

```
root@apache:/var/www/good/vm# ls
sokhnasarr2.sh
root@apache:/var/www/good/vm#
```

Figure 37 : Vérification script réservation vm dans le serveur apache

Ensuite, c'est transféré vers le serveur proxmox

```
root@pve:~# ls
execute sokhnasarr2.sh
root@pve:~# █
```

Figure 38 : Vérification script réservation vm dans le serveur proxmox

Il suffit juste de l'exécuter sur le promox.

Il se chargera de créer la VM qui ne sera visible que par l'administrateur et l'utilisateur qui a créé la VM. Et l'utilisateur recevra un mail.



Figure 39 : Réception du mail paramètres de connexion à la VM

Il est important de rappeler que c'est le même identifiant qui permet de se connecter sur l'interface web qui le fait sur proxmox, raison pour laquelle, on le lui rappelle dans le mail.

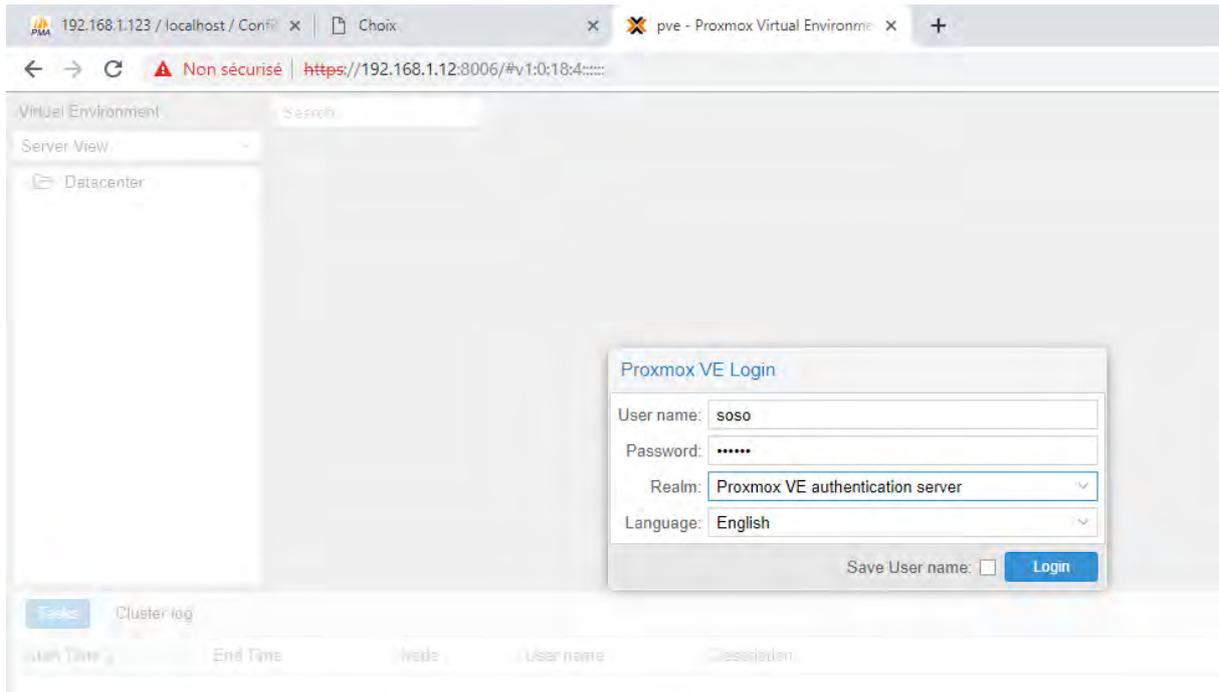


Figure 40 : Connexion de l'utilisateur soso

Une fois qu'il se connecte, il voit la machine nommée officielle, qu'il a réservée

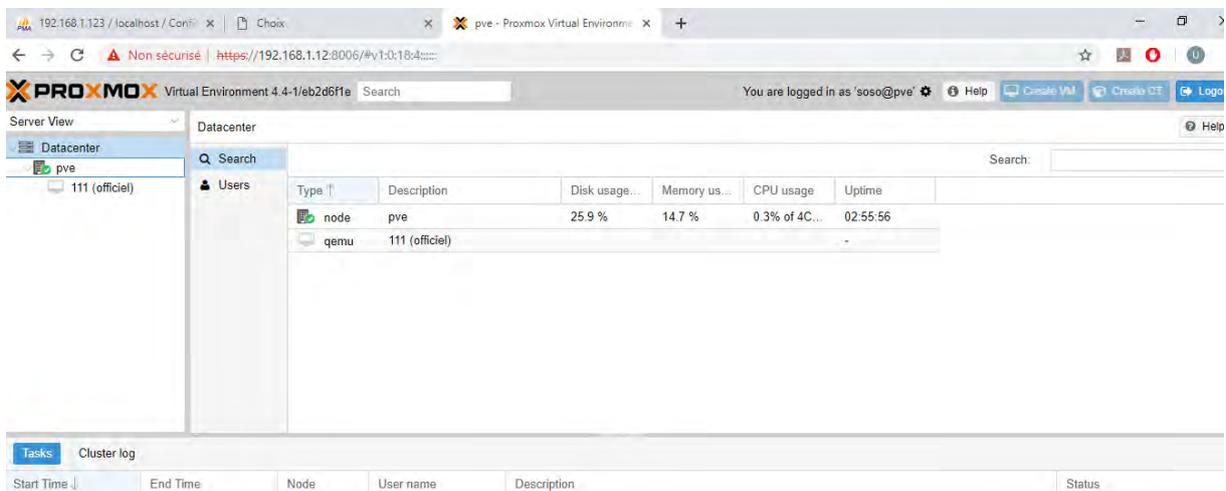


Figure 41 : Page d'accueil de l'utilisateur soso

Proxmox comporte sa propre console native, il suffit de démarrer la VM et cliquer sur la console, pour que la machine apparaisse sous forme de page web

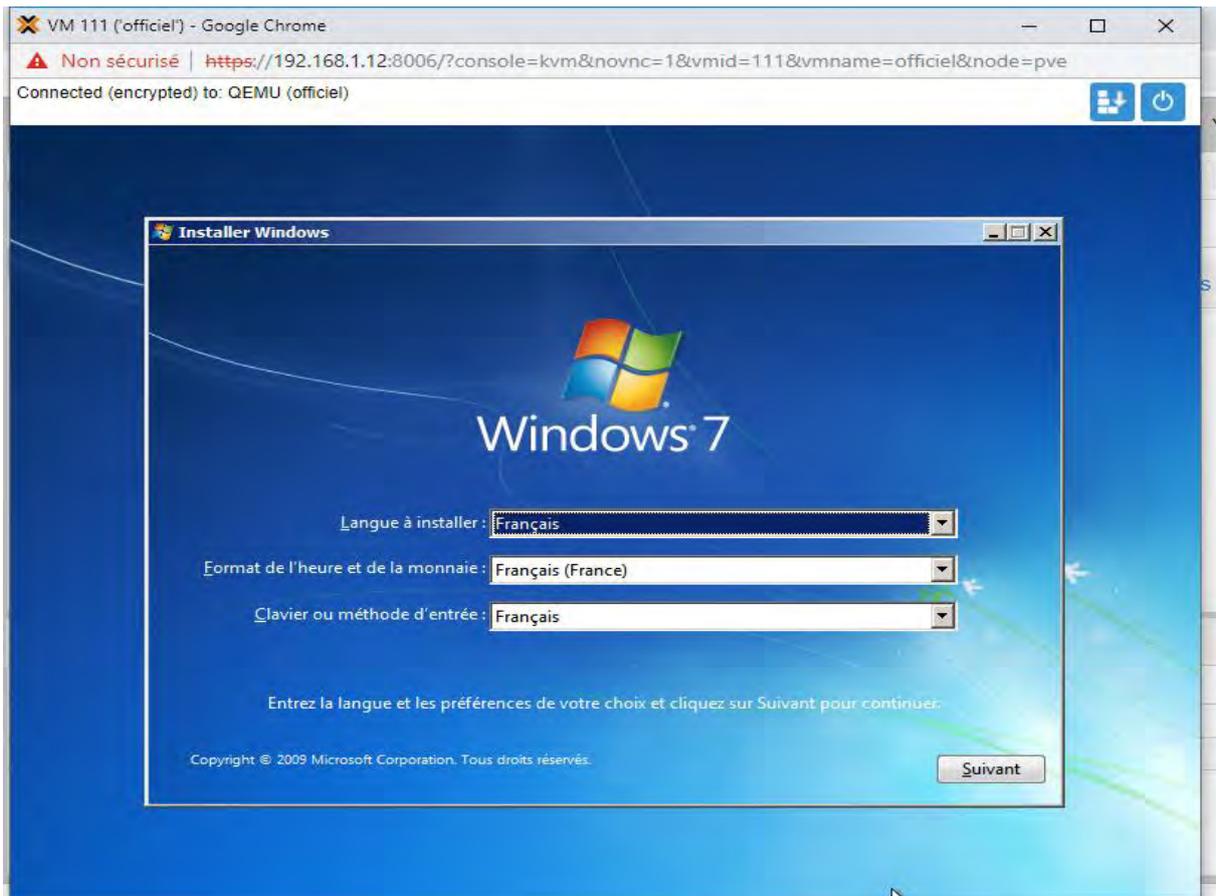


Figure 42 : Démarrage de la machine windows

► Test 3 : Création de machine ubuntu

Nom

ubuntu

Disque

20

Core

1

RAM

512

Valider

Figure 43 : Réserveation Ressources vm ubuntu via Formulaire

D'abord, il y a insertion dans la base de données, dans la table vm plus précisément et ensuite génération du script contenant les informations renseignées dans le formulaire préalablement renseigné.

   	5	ubuntu	ubuntu-desktop-14.04.iso	20	512	1	114
---	---	--------	--------------------------	----	-----	---	-----

Figure 44 : Insertion données formulaire dans la base de données

Comme montré sur cette capture ci-haut, cette table comprend les caractérisés demandées par l'utilisateur.

La création du script sur le serveur apache suit.

```
qm create l14 --memory 512 --net0 virtio,bridge=vibr0 --cores 1 --cdrom /var/lib/vz/template/iso/ubuntu-desktop-14.04.iso --ide0 local-lvm:20 --name ubuntu
pveum useradd soso@pve
/usr/bin/pvesh set /access/password --userid soso@pve --password passer
pveum aclmod /vms/l14 -user soso@pve -role PVEVMUser
URL="https://192.168.1.12:8006/"
MAIL="astougawane93@gmail.com"
OBJET=" ACCES A VOS VM "
MESSAGE="Bonjour, LE LIEN POUR ACCEDER A LA vm est :$URL . Votre Login est soso Et le mot de passe est passer"
echo $MESSAGE |mail -s $OBJET $MAIL
```

Figure 45 : Génération script réservation VM ubuntu

Comme montré sur cette capture ci-haut, cette table comprend les caractérisés demandées par l'utilisateur.

Le script est créé dans le serveur apache

```
root@apache: /var/www/good/vm# ls
sokhnasarr2.sh
root@apache: /var/www/good/vm#
```

Figure 46 : Vérification script réservation vm Ubuntu dans le serveur apache

Ensuite, c'est transféré vers le serveur proxmox

```
root@pve:~# ls
execute sokhnasarr2.sh
root@pve:~#
```

Figure 47 : Vérification script réservation vm ubuntu dans le serveur proxmox

Il suffit juste de l'exécuter sur le promox.

Il se chargera de créer la VM qui ne sera visible que par l'administrateur et l'utilisateur qui a créé la VM. Et l'utilisateur recevra un mail.



Figure 48 : Réception du mail paramètres de connexion à la VM ubuntu

Il est important de rappeler que c'est le même identifiant qui permet de se connecter sur l'interface web qui le fait sur proxmox, raison pour laquelle, on le lui rappelle dans le mail.

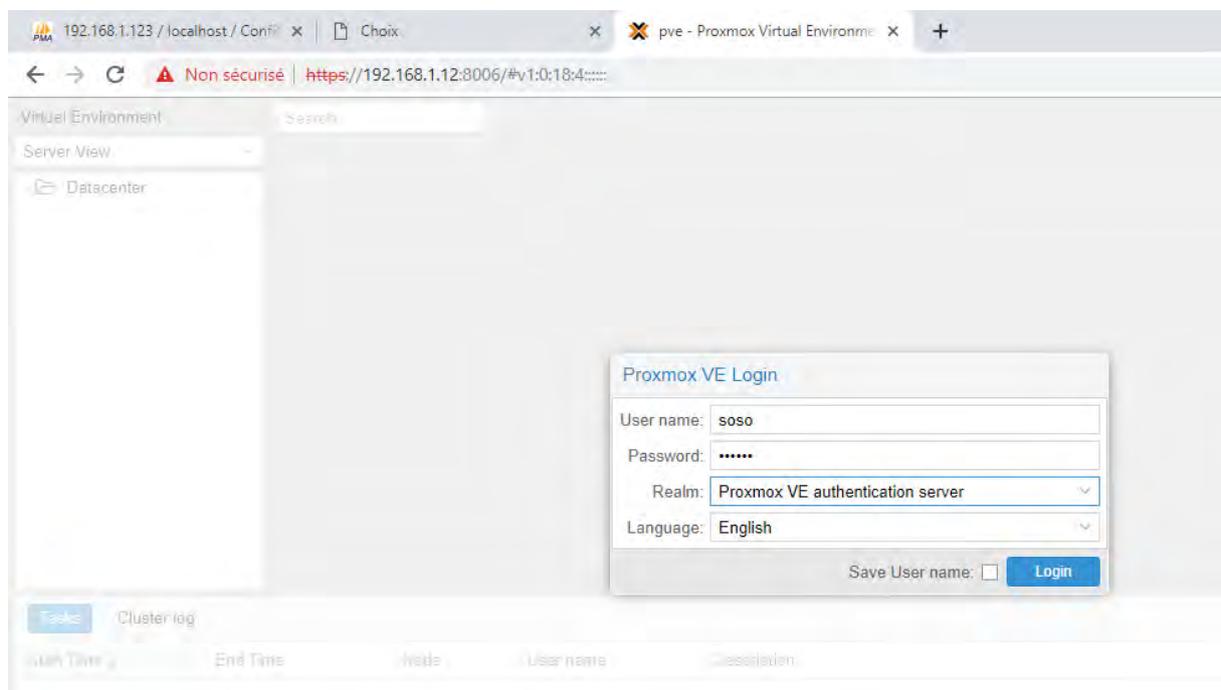


Figure 49 : Connexion de l'utilisateur soso

Une fois qu'il se connecte, il voit la machine nommée ubuntu, qu'il a réservée ainsi que la vm windows qui avait été réservée plus haut

Datacenter

Q Search

Users

Type ↑	Description	Disk usage...	Memory us...	CP
node	pve	25.9 %	14.7 %	0.4
qemu	111 (officiel)			
qemu	114 (ubuntu)			

Figure 50 : Page d'accueil de l'utilisateur soso

Proxmox comporte sa propre console native, il suffit de démarrer la VM et cliquer sur la console, pour que la machine apparaisse sous forme de page web

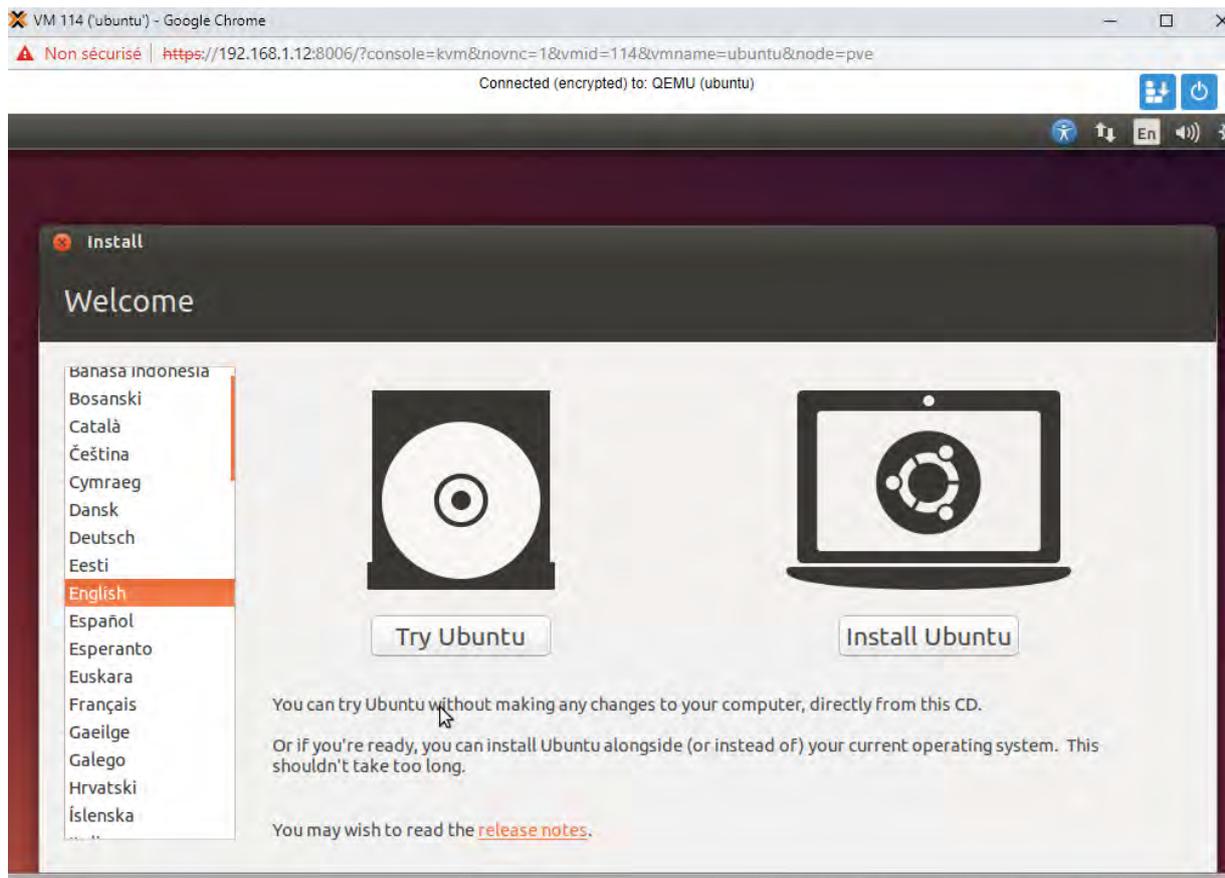


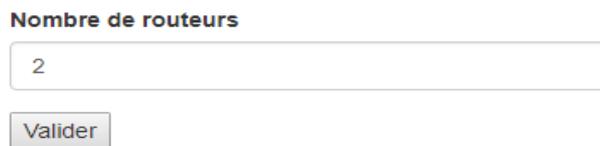
Figure 51 : Démarrage de la machine ubuntu

► Test 4 : Réserve de routeurs

Faisons juste un test avec deux routeurs.

Après connexion à l'interface web, nous avons un formulaire sur lequel on peut réserver le nombre de routeurs voulu.

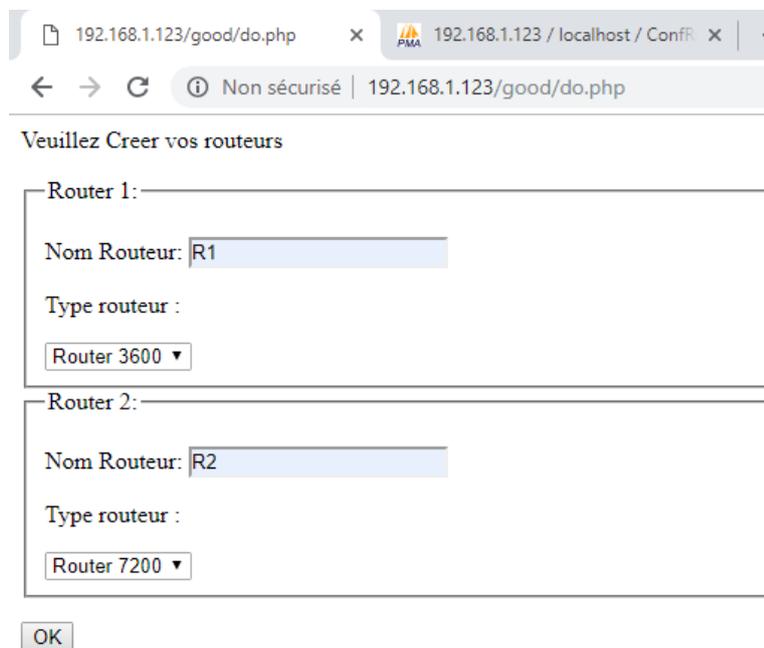
Veuillez remplir le nombre de routeurs



Nombre de routeurs

Figure 52 : Choix nombre de routeurs

Grace à la seconde interface, l'utilisateur peut définir le nom du routeur ainsi que le type de routeur souhaité.



Veuillez Créer vos routeurs

Router 1:

Nom Routeur:

Type routeur :

Router 2:

Nom Routeur:

Type routeur :

Figure 53 : Choix Types de routeurs

Puisque la déclaration des routeurs va de pair avec la définition des interfaces, une autre interface est mise en place.

Router R1:

fa0/0 : R2 fa0/0 ▼

fa0/1 : Select interface ▼

se1/0 : Select interface ▼

se1/1 : Select interface ▼

Router R2:

fa0/0 : R1 fa0/0 ▼

fa0/1 : Select interface ▼

se1/0 : Select interface ▼

se1/1 : Select interface ▼

OK

Figure 54 : Définition de la topologie

Après validation de ceci, commence l'insertion dans la base de données

					id	port	name	type
<input type="checkbox"/>	Modifier	Éditer en place	Copier	Effacer	1	2000	TEST	7200
<input type="checkbox"/>	Modifier	Éditer en place	Copier	Effacer	9	2003	R1	router3600
<input type="checkbox"/>	Modifier	Éditer en place	Copier	Effacer	10	2004	R2	router7200

Figure 55 : Insertion dans la base de données

Ensuite deux fichiers sont générés. L'un va lancer le dynamips, et l'autre donne les ports d'accès aux routeurs par mail.

```
root@gua:~/files# ls
sokhnasarr2.net  sokhnasarr2.sh
root@gua:~/files#
```

Figure 56 : Génération des 2 scripts

Le fichier .net comporte la topologie. Nous remarquons qu'il y a le type de routeur défini dans le formulaire ainsi que les chemins des ios des routeurs. La console représente le port d'accès et il est généré automatiquement pour éviter les doublons. Nous notons aussi que les interfaces sont déclarées dans la topologie.

```
[localhost]
[[7200]]
image =/opt/dynamips/images/c7200-advipservicesk9-mz.152-4.S5.bin
npe = npe-400
ram = 160
[[Router R1]]
console = 2003
fa0/0 = R2 fa0/0

[[Router R2]]
image =/opt/dynamips/images/c3660-1k9o3s-mz.123-22.bin
console = 2004
fa0/0 = R1 fa0/0
```

Figure 57 : Script Topologie

Le fichier.sh quant à lui, donne les paramètres de connexion à l'utilisateur.

Il peut utiliser des outils d'accès à distance tels que putty, avec comme info ceci :

Se connecter depuis l'adresse IP du serveur dynamips avec les ports renseignés ci-dessous.

```
$fichier_contenu =
'URL="https://192.168.1.12:8006/' . "\n".
'MAIL="' . "$email" . "' . "\n".
'OBJET=" ACCES A VOS Routeur "' . "\n".
'MESSAGE="Bonjour,Merci de Telecharger Putty et de mettre ce $URL . Les ports d'acces sont '$port' . "' . "\n".
'echo $MESSAGE |mail -s $OBJET $MAIL';

fputs($monfichier1, $fichier_contenu); // On écrit le nouveau nombre de pages vues
```

Figure 58 : Script Envoi par mail des paramètres de connexion

L'utilisateur reçoit ceci par mail.



Figure 59 : Réception du mail de paramètres de connexion

Et dans ce mail, il est demandé à l'utilisateur de télécharger putty qui est un outil d'accès à distance. Il permet après connexion, d'avoir accès au routeur souhaité. Il est léger, gratuit et facilement téléchargeable. Le mail précise que l'utilisateur doit se connecter sur le serveur dont l'adresse est 192.168.1.130 et avec les ports 2003 et 2004.

Du coup, dès que l'utilisateur renseigne ces paramètres, il aura accès à ses routeurs.

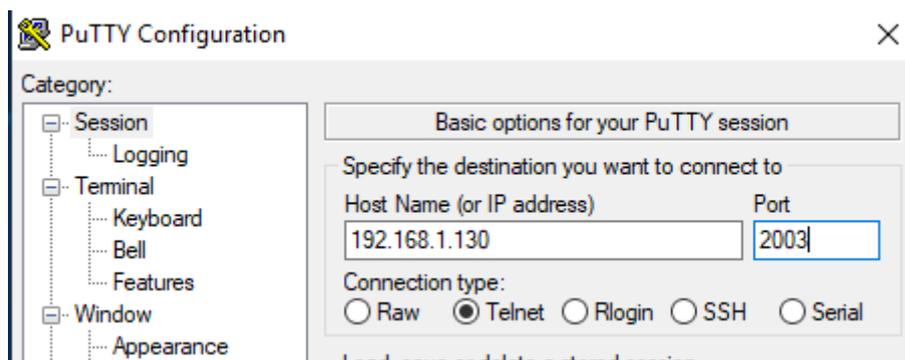
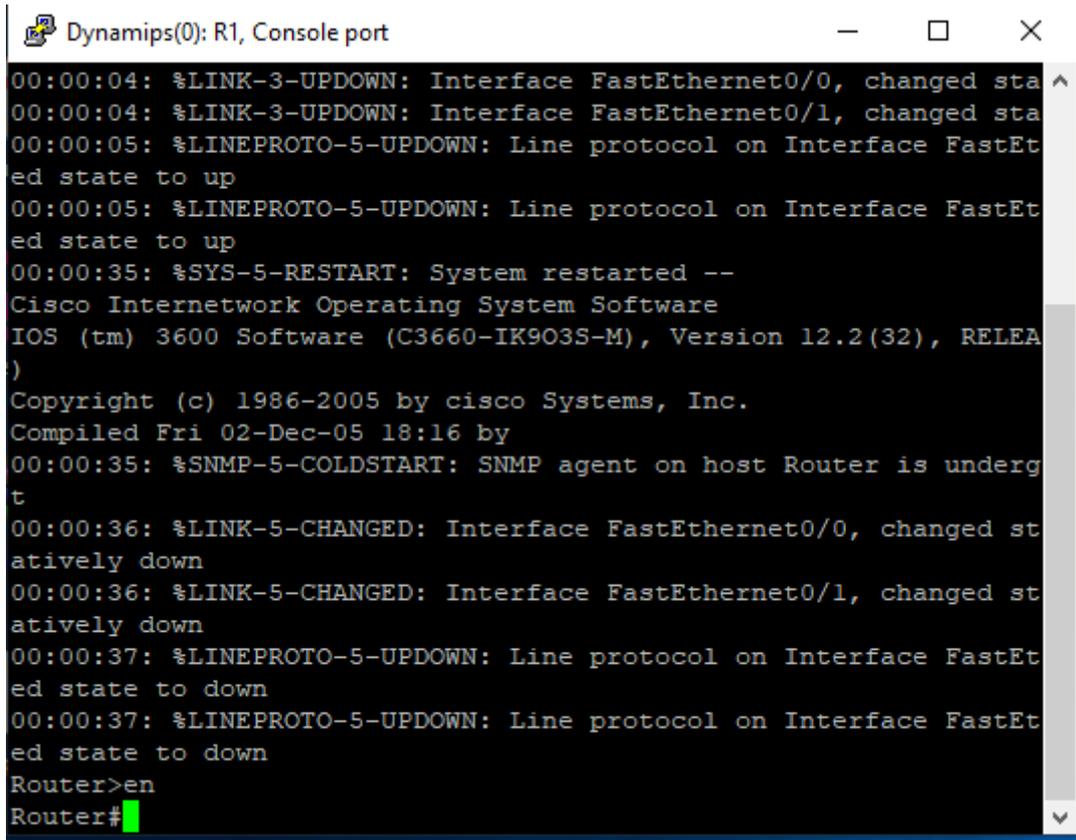


Figure 60 : Connexion au routeur R1

Le routeur R1 s'affiche



```
Dynamips(0): R1, Console port
00:00:04: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, changed sta
00:00:04: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/1, changed sta
00:00:05: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEt
ed state to up
00:00:05: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEt
ed state to up
00:00:35: %SYS-5-RESTART: System restarted --
Cisco Internetwork Operating System Software
IOS (tm) 3600 Software (C3660-IK9O3S-M), Version 12.2(32), RELEA
)
Copyright (c) 1986-2005 by cisco Systems, Inc.
Compiled Fri 02-Dec-05 18:16 by
00:00:35: %SNMP-5-COLDSTART: SNMP agent on host Router is underg
t
00:00:36: %LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed st
atively down
00:00:36: %LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/1, changed st
atively down
00:00:37: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEt
ed state to down
00:00:37: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEt
ed state to down
Router>en
Router#
```

Figure 61 : Démarrage du routeur R1

Ensuite, lançons R2

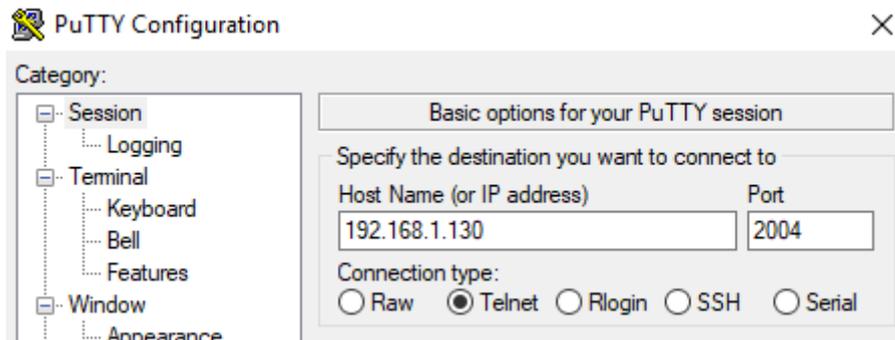
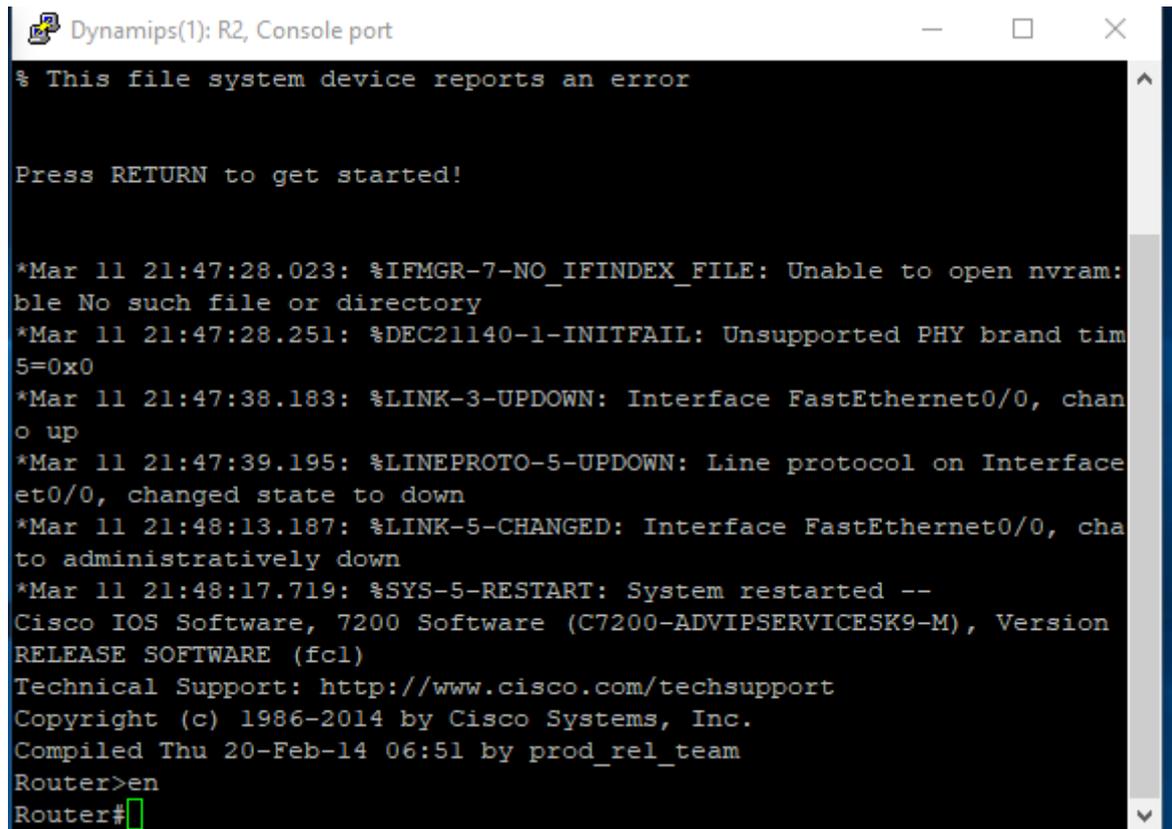


Figure 62 : Connexion au routeur R2



```
% This file system device reports an error

Press RETURN to get started!

*Mar 11 21:47:28.023: %IFMGR-7-NO_IFINDEX_FILE: Unable to open nvram:
ble No such file or directory
*Mar 11 21:47:28.251: %DEC21140-1-INITFAIL: Unsupported PHY brand tim
5=0x0
*Mar 11 21:47:38.183: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/0, chan
o up
*Mar 11 21:47:39.195: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface
et0/0, changed state to down
*Mar 11 21:48:13.187: %LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, cha
to administratively down
*Mar 11 21:48:17.719: %SYS-5-RESTART: System restarted --
Cisco IOS Software, 7200 Software (C7200-ADVIPSERVICESK9-M), Version
RELEASE SOFTWARE (fcl)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2014 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Thu 20-Feb-14 06:51 by prod_rel_team
Router>en
Router#
```

Figure 63 : Démarrage du routeur R2

A la fin de ces tests, nous pouvons conclure ceci :

La création de Vm et de conteneurs et possible via proxmox. L'accès à la VM est uniquement autorisée à l'administrateur et à l'utilisateur qui en avait fait la demande.

Les types de routeurs réservés depuis l'interface web sont aussi ceux que l'on retrouve après connexion par telnet.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans ce mémoire de fin d'études, l'objectif de notre travail était de mettre en place un laboratoire virtuel informatique dédié aux travaux pratiques. Cette plateforme intègre un ensemble de solutions open source à savoir une solution permettant d'avoir accès à des machines virtuelles en fonction de l'utilisation souhaitée et une autre permettant d'avoir accès à des routeurs.

Après avoir présenté la section informatique et fait l'état de l'art sur les laboratoires virtuels existants, nous avons fait une étude comparative des solutions les plus utilisées de chaque technologie pour en choisir les plus adaptées à notre contexte. Puis nous avons proposé une architecture fonctionnelle que nous avons implémentée.

Tous les services ont été installés, testés et validés séparément avec une base de données centralisée MySQL, qui gère les utilisateurs, et les réservations effectuées depuis l'application web que nous avons développé. Proxmox a permis la création et l'allocation des VM souhaités et pour ce qui est de la partie réseau, Dynamips/Dynagen a permis de mettre en place une solution gérant l'octroi des routeurs

Étant donné les différents résultats présentés, nous pouvons en conclure que notre laboratoire informatique fonctionne parfaitement puisqu'il permet aux utilisateurs d'accéder à des ressources et de manière gratuite.

Malgré les difficultés rencontrées pour la réalisation de ce travail, ce mémoire a été instructif et profitable, il nous a permis d'éclairer certaines zones d'ombres qui régnaient dans notre compréhension et de maîtriser l'environnement Linux et les différentes technologies étudiées. Comme perspective nous allons intégrer une interface frontale d'accès qui aura pour but de proposer à l'utilisateur une interface simple de connexion par un bureau. Ainsi, il n'aura plus besoin d'installer putty pour les routeurs, puisque ce sera un bureau pré-installé. Et de plus, il va passer par cette même interface pour avoir accès à ses machines virtuelles.

REFERENCES

- [1] Comparatif des virtualisations : les solutions gratuites. Disponible sur : <https://www.tomshardware.fr/2016/01/18/comparatif-virtualisation-les-solutions-gratuites/>
- [2] Vsphere Hypervisor. Disponible sur: <https://www.vmware.com/products/vsphere-hypervisor.html>
- [3] Windows Server 2012 Editions Et prix [En ligne]. Disponible sur https://blogs.technet.microsoft.com/fabricem_blogs/2012/09/04/windows-server-2012-conditions-et-prix/
- [4] Migration Hyper-V vers Hyper-V R2 Disponible sur https://labomicrosoft.supinfo.com/articles/migration_hyperv_r2/
- [5] VMware vs Hyper-V : qui gagne. Disponible sur: <https://www.lemagit.fr/conseil/VMware-vs-Hyper-V-qui-gagne>
- [6] Retour d'expérience sous Proxmox. Disponible sur: <https://blog.lrdf.fr/article2/retour-experience-proxmox>
- [7] Virtualisation Domestique Définition. Disponible sur : http://www.touteladomotique.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2110:virtualisation-domestique-definition-partie-2&catid=79:informatique&Itemid=90
- [8] Nouveautés, Installation Et configuration de proxmox 5.2. Disponible sur : <https://community.capensis.org/t/nouveautes-installation-et-configuration-de-proxmox-5-2/133>
- [9] Proxmox VE Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Proxmox_VE
- [10] Proxmox la Virtualisation Facile. Disponible sur : <https://linuxfr.org/news/proxmox-la-virtualisation-facile>
- [11] Dynamips, un emulateur de routeurs Cisco. Disponible sur: <http://2007.jres.org/planning/pdf/141.pdf>
- [12] Dynamips et Dynagen sous Linux. Disponible sur: <https://www.madrouter.com/dynamips-et-dynagen-sous-linux/>

[13] Creating a Cisco Lab with Dynamips/Dynagen on Ubuntu. Disponible sur:

<https://blog.marquis.co/creating-a-cisco-lab-with-dynamipsdynagen-on-ubuntu/>

[14] Citrix Xenserver, Installation, Configuration Disponible sur: [https://www.informatiweb-](https://www.informatiweb-pro.net/virtualisation/1-citrix/10--citrix-xenserver-installation-configuration-mises-a-jour-et-utilisation.html)

[pro.net/virtualisation/1-citrix/10--citrix-xenserver-installation-configuration-mises-a-jour-et-utilisation.html](https://www.informatiweb-pro.net/virtualisation/1-citrix/10--citrix-xenserver-installation-configuration-mises-a-jour-et-utilisation.html)

[15] Créer une Vm Avec Virt Manager. Disponible sur: [http://vstory.fr/kvm-creer-une-vm-](http://vstory.fr/kvm-creer-une-vm-avec-virt-manager/)

[avec-virt-manager/](http://vstory.fr/kvm-creer-une-vm-avec-virt-manager/)

ANNEXE

- Annexe 1 : Installation de proxmox

Voici l'interface d'installation de proxmox



Acceptons les termes de la licence

GNU AFFERO GENERAL PUBLIC LICENSE

This program is free software: you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU Affero General Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or (at your option) any later version.

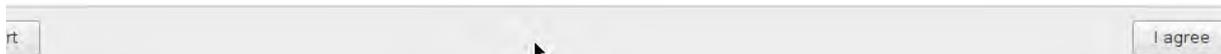
This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU Affero General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU Affero General Public License along with this program. If not, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>.

Also add information on how to contact you by electronic and paper mail.

If your software can interact with users remotely through a computer network, you should also make sure that it provides a way for users to get its source. For example, if your program is a web application, its interface could display a "Source" link that leads users to an archive of the code. There are many ways you could offer source, and different solutions will be better for different programs; see section 13 for the specific requirements.

You should also get your employer (if you work as a programmer) or school, if any, to sign a "copyright disclaimer" for the program, if necessary. For more information on this, and how to apply and follow the GNU AGPL, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>.



Vérifions que l'installation se fait sur le bon disque et passons au choix de la langue, du fuseau horaire et du clavier.

Location and Time Zone selection

The Proxmox Installer automatically makes location based optimizations, like choosing the nearest mirror to download files. Also make sure to select the right time zone and keyboard layout.

Press the Next button to continue installation.

- **Country:** The selected country is used to choose nearby mirror servers. This will speedup downloads and make updates more reliable.
- **Time Zone:** Automatically adjust daylight saving time.
- **Keyboard Layout:** Choose your keyboard layout.



L'étape suivante va nous permettre de définir un mot de passe Administrateur

Administration Password and E-Mail Address

Proxmox Virtual Environment is a full featured GNU/Linux system based on Debian. Therefore you should use a strong password with at least 5 characters.

All administrative emails are sent to the specified address.

Press the Next button to continue installation.

- **Password:** Please use strong passwords. Your password should be 8 or more characters in length. Also combine letters, numbers, and symbols.

- **E-Mail:** Administrator email address.

The screenshot shows a configuration window with three input fields. The 'Password' field contains seven black dots. The 'Confirm' field contains seven black dots and a vertical cursor. The 'E-Mail' field contains the text 'astougawane93@gmail.com'. At the bottom left is an 'Abort' button and at the bottom right is a 'Next' button.

Nous arrivons ensuite à la configuration du réseau. On vérifie que le DHCP est correctement renseigné, si nous utilisons ce dernier,

Dans notre cas, nous donnons notre adresse.

Network Configuration

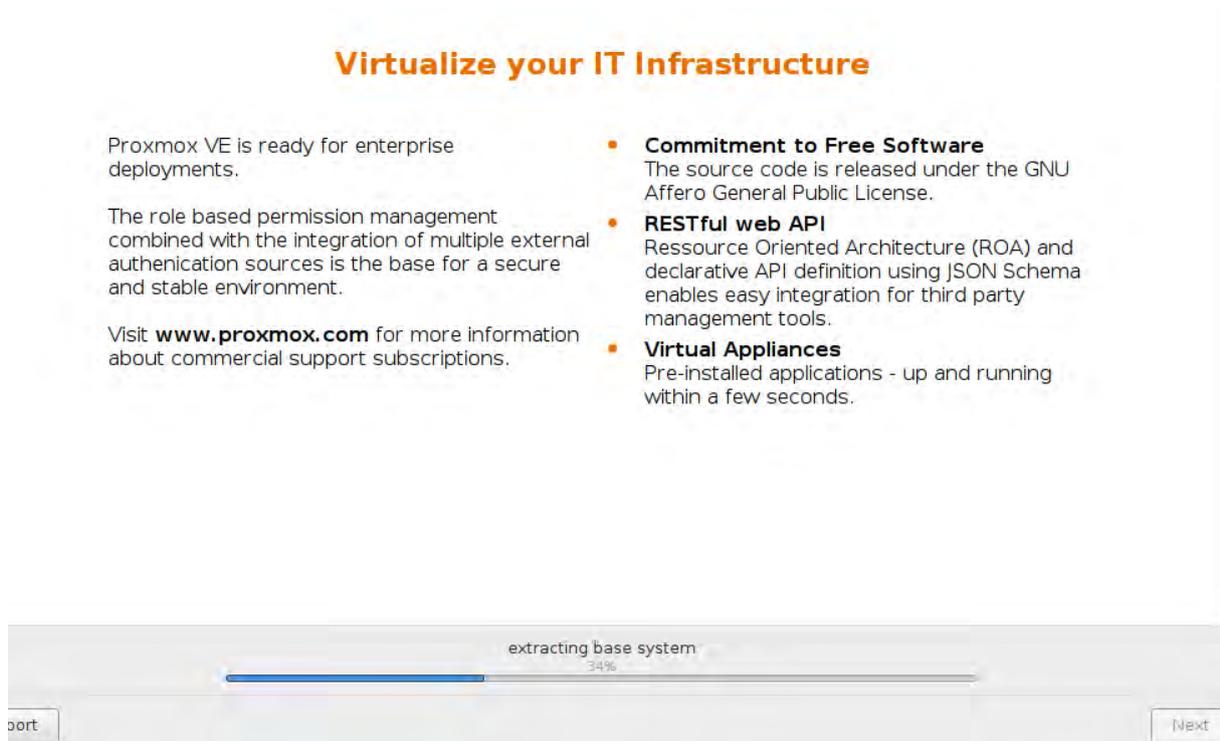
Please verify the displayed network configuration. You will need a valid network configuration to access the configuration interface after installation.

Afterwards press the Next button to continue installation. The installer will then partition your hard disk and start copying packages.

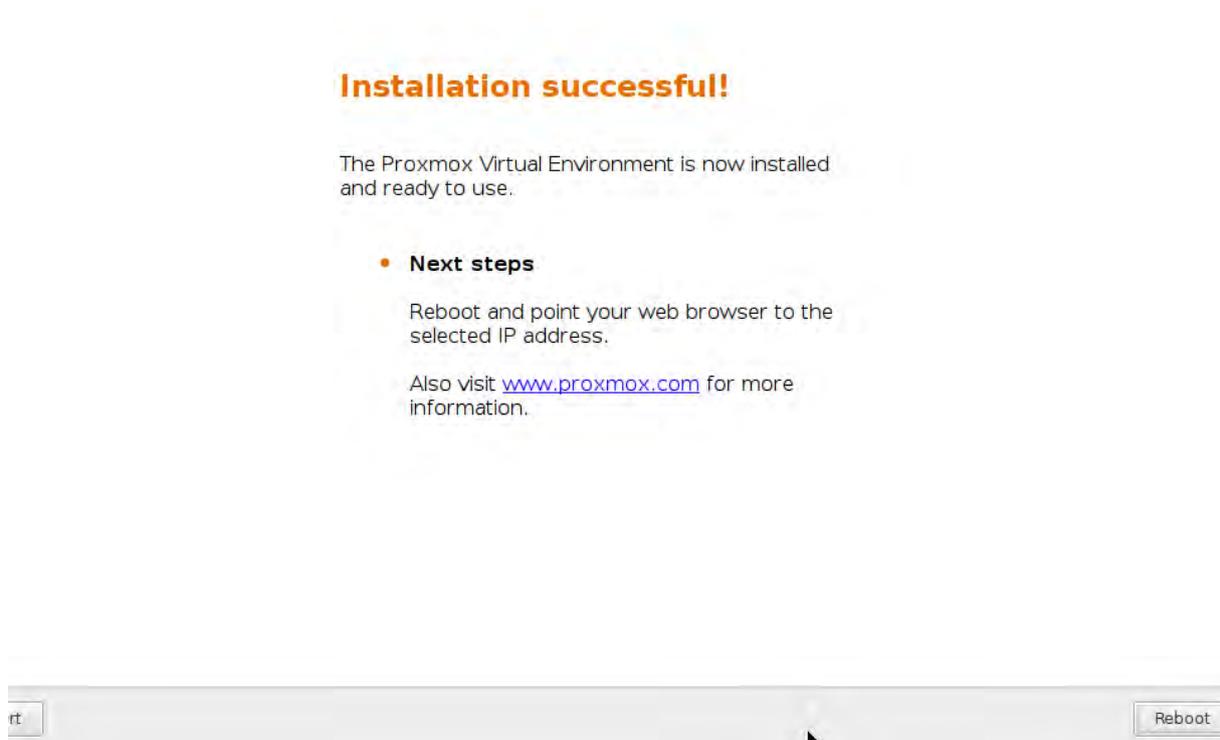
- **IP address:** Set the IP address for the Proxmox Virtual Environment.
- **Netmask:** Set the netmask of your network.
- **Gateway:** IP address of your gateway or firewall.
- **DNS Server:** IP address of your DNS server.

The screenshot shows a configuration window with five input fields. The 'Hostname (FQDN):' field contains 'pve.home'. The 'IP Address:' field contains '192.168.1.12'. The 'Netmask:' field contains '255.255.255.0'. The 'Gateway:' field contains '192.168.1.1'. The 'DNS Server:' field contains '8.8.8.8'. At the bottom left is an 'Abort' button and at the bottom right is a 'Next' button.

L'étape suivante représente l'installation proprement dite du serveur



Maintenant que l'installation s'est déroulée correctement, nous arrivons sur l'écran final qui nous propose de rebooter



Une fois le serveur complètement démarré, nous arrivons sur une invite de commande qui nous offre deux choix :

Soit administrer le serveur en ligne de commande en s'identifiant en tant que "root"

Soit administrer le serveur à l'aide du navigateur en nous connectant à l'adresse indiquée.

```
-----  
Welcome to the Proxmox Virtual Environment. Please use your web browser to  
configure this server - connect to:  
  
https://192.168.1.12:8006/  
-----  
pve login: _
```

► Annexe 2 : Installation de dynamips

Tout d'abord, téléchargeons les binaires.

Dynamips est téléchargeable sur le blog de dynamips, téléchargeons la dernière version pour Linux x86 dynamips-0.2.8-RC3-community-x86.bin télécharge aussi la dernière version dynagen dynagen-0.11.0.tar.gz

```
root@gua:~# ls  
dynagen-0.11.0.tar.gz dynamips-0.2.8-RC3-community-x86.bin  
root@gua:~# █
```

Nous créons les 4 dossiers dans le fichier /opt qui vont servir à contenir les binaires de dynamips, de dynagen, tes images IOS ainsi que les fichier .net

```
root@gua:~# ls /opt/  
dynagen  dynamips  images  labs  
root@gua:~#
```

Ensuite, nous copions le binaire de dynamips dans /opt/dynamips

```
root@gua:~# cp /root/dynamips-0.2.8-RC3-community-x86.bin /opt/dynamips/
```

Et nous faisons un lien symbolique

```
root@gua:~# ln -s /opt/dynamips/dynamips-0.2.8-RC3-community-x86.bin /usr/sbin/dynamips
```

Nous nous rendons dans le dossier /opt/dynagen et nous décompressons l'archive ici

```
root@gua:/opt/dynagen# tar -xvzf dynagen-0.11.0.tar.gz
```

Nous créons un lien symbolique

```
root@gua:~# ln -s /opt/dynagen/dynagen-0.11.0/dynagen/ /usr/sbin/dynagen
```

Pour lancer Dynamips

Dynamips -H 7200

```
root@gua:~# dynamips -H 7200
Cisco Router Simulation Platform (version 0.2.8-RC3-x86/Linux stable)
Copyright (c) 2005-2011 Christophe Fillot.
Build date: Oct 19 2011 17:48:19

Local UUID: 9f460d68-959d-4fd2-ad0a-37576e73a0fa

Hypervisor TCP control server started (port 7200).
```

► Annexe 3 : Installation de exim4

Installons le paquet

 192.168.1.12 - PuTTY

```
root@pve:~# apt-get install exim4
```

Pour configurer Exim4, utilisons la commande suivante

```
root@pve:~#
root@pve:~# dpkg-reconfigure exim4-config
```

Redémarrons le service

```
root@pve:~#
root@pve:~# update-exim4.conf
```

Utilisons la commande suivante pour lancer le démon *Exim4*.

```
root@pve:~#
root@pve:~# systemctl start exim4.service
```

Nous devons aussi renseigner une adresse mail qui se chargera d'envoyer les mails et renseigner dans le fichier `/etc/exim4/passwd.client`

Pour notre cas, nous avons créé une adresse mail sokhnatest.2019@gmail.com et la mot de passe est P@sser123

```
*.google.com:sokhnatest.2019@gmail.com:P@sser123
```