



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique
Université Larbi Tébessi - Tébessa
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature
et de la Vie



Département : Mathématiques et Informatique

Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de MASTER
Domaine : Mathématiques et Informatique
Filière : Informatique
Option : Réseaux et Sécurité informatique

Thème

***Développement d'une stratégie de prévision de la
consommation d'énergie dans les Cloud centre de***

Présenté Par :

Bouak̄k̄az Djamel

Devant le jury :

Pr. Benjana Hak̄im MCA Université Larbi Tébessi Président

Dr. Souah̄i Med Saleh MAA Université Larbi Tébessi Examinatrice

Mr MERZOUG Soltane MCB Université Larbi Tébessi Encadreur

Date de soutenance : 28/06/2020

Abstract

Cloud computing is a technology that provides services to suppliers through resources to provide these services on demand. The rapid growth in the use of cloud-based services in recent years has increased their efficiency. On the other hand, it made suppliers suffer from the high costs of these services, which reduced their margin of profits, in addition to the increased emission of CO₂ due to the increased energy consumption to provide these services. Several ideas have been proposed to reduce energy consumption in cloud computing data centers. In this note, we have proposed a model to address this problem, and this model is based on forecasting. In order to confirm our technology improvements, we performed simulation using the Network Emulator NS2.

Résumé

Le Cloud Computing est une technologie qui fournit des services aux fournisseurs via des ressources pour fournir ces services à la demande. La croissance rapide de l'utilisation des services Cloud ces dernières années a accru leur efficacité. En revanche, elle a fait souffrir les fournisseurs du coût élevé de ces services, ce qui a réduit leur marge bénéficiaire, en plus de l'augmentation des émissions de CO2 à cause de l'augmentation de la consommation d'énergie pour fournir ces services. Plusieurs idées ont été proposées pour réduire la consommation d'énergie dans les centres de données de Cloud Computing. Dans cette note, nous avons proposé un modèle pour résoudre ce problème, et ce modèle est basé sur des prévisions. Afin de confirmer nos améliorations technologiques, nous avons effectué une simulation à l'aide de Network simulator NS2.

ملخص

الحوسبة السحابية هي تقنية تقدم خدمات للموردين عن طريق الموارد لتوفير هذه الخدمات حسب الطلب. إن النمو السريع لاستخدام الخدمات المستندة إلى السحابة في السنوات الأخيرة أمر زاد من كفاءتها. ولكن من جهة أخرى، جعلت الموردين يعانون من التكاليف العالية لهذه الخدمات التي قلصت من هامش أرباحهم، بالإضافة إلى انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون المتزايد جراء استهلاك الطاقة المتزايد لتوفير هذه الخدمات. تم اقتراح العديد من الأفكار من أجل تقليص استهلاك الطاقة في مراكز بيانات الحوسبة السحابية. في هذه المذكرة، اقترحنا نموذج لمعالجة هذه المشكلة، وهذا النموذج يعتمد على التنبؤ. من أجل تأكيد التحسينات التي أدخلتها تقنيتنا، أجرينا محاكاة باستخدام محاكي شبكة NS2 .

Remerciements

Je voudrais tout d'abord exprimer mes plus profonds remerciements à mon encadreur Dr.Merzoug Sultane pour son accord d'être mon directeur de mémoire et de sa disponibilité et son aide pendant toute la préparation de ce travail.

Je tiens aussi à remercier tous les membres de jury : Pr.Benjana Hakim et Dr .Souahi Med Saleh, pour leur disponibilité et acceptation d'examiner et de rapporter mon travail.

Je remercie ainsi Dr. Nouiua Tarek pour ses conseils et son encouragement ainsi que tous les enseignant de département Mathématique et informatique.

Je remercie tous mes collègues de l'université de Tébessa, pour leurs encouragements et précieuses orientations pendant toute la période de l'élaboration de ce travail.

Je ne saurais oublier de remercier mes parents ainsi que mes frères pour leur soutien moral, leurs encouragements et leur patience durant les étapes de réalisation de ce travail.

Enfin, Que tous ceux qui directement ou indirectement m'ont apporté leur aide, trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements.

Dédicace

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance,
c'est tous simplement que je dédie cette mémoire à :*

À ma charmante mère :

*Tu représente pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé
de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon
chemin dans leur vie et leurs études.*

À Mon très cher Père :

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai
toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation
et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon
éducation et ma formation le long de ces années.*

À Mes chers frères :

Je leur souhaite du succès dans leur vie personnelle et académique.

À Mes chers amis :

*Pour tous les souvenirs éternels dans nos cœurs, je les remercie pour leur soutien et pour
m'accompagner, merci.*

A tous ceux dont l'oubli du nom n'est guère celui du cœur...

Table des matières

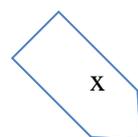
<i>Abstract</i>	ii
<i>Résumé</i>	iii
<i>ملخص</i>	iv
<i>Remerciements</i>	v
<i>Dédicace</i>	vi
<i>Table des matières</i>	vii
<i>Liste des abréviations</i>	x
<i>Liste des tableaux</i>	xii
<i>Liste des figures</i>	xiii
<i>Introduction générale</i>	1
<i>Problématiques et Objectifs</i>	2
<i>Terminologies</i>	3
<i>Structure de mémoire</i>	4
<i>Chapitre 1 Cloud Computing et les Centres de Données</i>	7
1.1 <i>Introduction</i>	7
1.2 <i>Cloud Computing</i>	8
1.2.1 <i>Historique de Cloud Computing</i>	8
1.2.2 <i>Définition de Cloud Computing</i>	8
1.2.3 <i>Les modèles de service Cloud</i>	9
1.2.4 <i>Les types de déploiement du Cloud</i>	10
1.3 <i>Datacenter</i>	12
1.3.1 <i>Définition de Datacenter :</i>	12

1.3.2	<i>Les caractéristiques de Datacenter</i>	12
1.3.3	<i>Types de Datacenter</i>	13
1.3.4	<i>L'architecture réseau du Datacenter:</i>	14
1.4	<i>Conclusion</i>	16
Chapitre 2 Consommation et Prédiction énergétique dans le DataCenter		18
2.1	<i>Introduction</i>	18
2.2	<i>Consommation & Prédiction énergétique:</i>	19
2.2.1	<i>Concepts et Définitions</i>	19
2.2.2	<i>L'énergie consommée par les ressources de Datacenter</i>	19
2.2.3	<i>Les modèles mathématiques de l'énergie consommée par chaque ressource Datacenter</i>	21
2.2.4	<i>Les principaux algorithmes de consommation d'énergie</i>	23
	-Algorithme 1: est un sélecteur de conteneur basé sur la politique Mcor ou la politique MU	26
	-Algorithme 2: destination hôte surchargée.....	26
	-Algorithme 3: destination hôte sous-chargée.	27
	-Migration basée uniquement sur la charge de l'hôte.	26
2.3	<i>Conclusion</i>	34
Chapitre 3 Contribution		36
3.1	<i>Introduction</i>	36
3.2	<i>Modélisation énergétique du Datacenter</i>	37
3.2.1	<i>Modèles de consommation d'énergie</i>	38
3.2.2	<i>Notre mécanisme de prédiction proposé</i>	42
3.3	<i>Conclusion</i>	45
Chapitre 4 Implémentation et Résultats d'Expérimentation		47
4.1	<i>Introduction</i>	47
4.2	<i>Présentation des terminologies</i>	48
4.2.1	<i>Machine virtuel</i>	48
4.2.2	<i>Network Simulator 2(NS2):</i>	48
4.2.3	<i>Tool command language (TCL) :</i>	49
4.2.4	<i>Ubuntu</i>	49

4.3	<i>Simulation</i>	49
4.4	<i>Résultats de la simulation</i>	54
4.5	<i>Conclusion</i>	57
	<i>Conclusion générale</i>	59
	<i>Bibliographie</i>	61

Liste des abréviations

AR	Auto Regressive
ARIMA	Auto Regressive Integrated Moving Average
ARMA	Auto Regressive Moving Average
BDES	Time series predictor
BFD	Best Fit Decreasing
BW	Bandwidth
DC	DataCenter
DOP	Degree Of Parallelism
DVFS	Dynamic Voltage Frequency Scaling
EOR	End Of Rack
EWMA	Exponential Weighted Moving Average
FF	First Fit
FFT	Fast Fourier Transform
HPC	High Performance Computing
IaaS	Infrastructure as a Service
MAD	Median Absolute Deviation
MC	Maximum Correlation
MMT	Minimum Migration Time
NaaS	Network as a Service
NS	Network Simulator
OS	Operating System
PaaS	Platform as a Service
PAM	Partitioning Around Medoid
PM	Physical Machine
PPA	Power consumption Per Application
PSO	Particle Swarm Optimization
RS	Random Selection



RSLR	Robust Stepwise Linear Regression
SaaS	Software as a Service
SECaaS	Security as a Service
SLA	Service Level Agreement
SVM	Support Vector Machine
TCL	Tool Command Language
TMPSO	Time-stage Multi-type Particle Swarm Optimization
TOR	Top Of Rack
VM	Virtual Machine
VR	Ventilateur de Refroidissement
WEEC	Workload aware Energy-Efficient Container
WMA	Weighted Moving Average

Liste des tableaux

Tableau 1 : Définition de la taille du centre de données.....	14
Tableau 2 : Techniques existantes de planification des ressources de conteneur.	26
Tableau 3 : Les ressources du Datacenter.	50

Liste des figures

Figure 1 : L'architecture du Datacenter dans Cloud Computing [22].	15
Figure 2 : Consommation d'énergie du serveur par composant serveur [30].	20
Figure 3 : Consommation d'énergie des composants du centre de données [31].	21
Figure 4 : Flux de puissance du rack dans le centre de données [30].	37
Figure 5 : Flux de puissance du rack dans le centre de données [30].	38
Figure 6 : Détaillé du modèle de prévision de la consommation d'énergie [30].	42
Figure 7 : Graphique de l'algorithme de prédiction [30].	43
Figure 8 : Taux d'utilisation des simulateurs de réseaux [30].	48
Figure 9 : Topologie de prédiction en langage C++.	50
Figure 10 : Program d'utilisateur en langage C++.	51
Figure 11 : Création de topologie dans terminal.	52
Figure 12 : Création d'utilisateur de Cloud et les paramètres de simulation dans terminal.	52
Figure 13 : Rapport de simulation.	53
Figure 14 : Collection de données et transformation en graphiques.	53
Figure 15 : Statistiques globales de Datacenter.	54
Figure 16 : Serveurs alloués aux machines virtuelles.	54
Figure 17 : Tâches serveurs physiques de centre de données.	55
Figure 18 : Prédiction de l'énergie et de l'énergie consommée par les serveurs.	55
Figure 19 : Prédiction de l'énergie et de l'énergie consommée par le Datacenter.	55

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction générale

Ces dernières années, les fournisseurs ont commencé à travailler dans une nouvelle technologie appelée Cloud Computing, et cette technologie leur offre des services pour faire le travail au mieux. Cependant, pour exécuter ces services, il est nécessaire d'utiliser des machines virtuelles, et en l'utilisant, une énergie élevée sera consommée, ce qui affectera les coûts des fournisseurs. Depuis lors, ils recherchent une solution pour découvrir comment exécuter ces services sans frais supplémentaires. Nous avons proposé la prédiction comme une solution.

La prédiction aide les fournisseurs à recueillir des informations afin de leur permettre de voir ce qu'ils vont faire facilement et correctement. Pour y parvenir, nous devons analyser et comprendre l'environnement sur lequel ils travaillent afin de pouvoir prévoir. Cet environnement qui s'appelait Cloud datacenter à besoin de ressources pour exécuter les services, et de chaque ressource (CPU, RAM, Stockage, VMs) a son propre degré de consommation d'énergie. Ce qui nous amène à prévoir chacun d'eux pour éliminer les déchets. Et en éliminant les déchets, la consommation d'énergie diminuera, ce qui signifie que les coûts pour les fournisseurs diminueront également.

Dans ce sujet de fin d'étude, on a créer un modèle de prédiction qui utilise des techniques, des métriques mathématiques et des algorithmes pour éliminer les surcoûts et aider les fournisseurs à exécuter ces services sans problème.

Dans ce qui suit, nous présentons la problématique et les objectifs, et ensuite la terminologie, et enfin un structure de sujet de fin d'étude.

Problématiques et Objectifs

Depuis que les fournisseurs ont commencé à utiliser les services du centre de données Cloud, cela les a aidés à faire leur travail sous une forme simple, mais à l'opposé, les ressources qu'ils utilisent pour obtenir les services consomment beaucoup d'énergie, ce qui réduit leur bénéfices. Mais comme nous avons mentionné la prévision comme une solution bonne, nous pensons que l'utilisation de techniques, de mesures mathématiques et d'algorithmes dans l'historique et les anciennes données aidera à prévoir comment réduire la consommation d'énergie en analysant les données de l'historique de leur travail, ce qui signifie que nous effectuons des analyses dans les données et découvrons comment cette énergie est consommée par les ressources du centre de données et appliquons les techniques pour obtenir des résultats.

Cependant, pour y parvenir, nous devons d'abord atteindre les objectifs énumérés ci-dessous:

- ✓ Comprendre l'environnement (Cloud Computing et datacenter) en l'étudiant avec son histoire et ces différents concepts.
- ✓ Définir et déterminer les ressources du data center Cloud qui consomme l'énergie.
- ✓ Définir les techniques, métriques mathématiques et algorithmes à utiliser pour la prévision afin de créer un nouveau modèle de prévision.
- ✓ Exécuter ce nouveau modèle de prévision avec ces techniques et algorithmes pour déterminer la meilleure technique de prévision.

Terminologies

Dans cette partie, nous avons présente les plus importantes terminologies dans notre sujet :

1. Prédiction :

La prédiction est une technique qui utilise des données historiques comme entrées pour faire des estimations éclairées qui sont prédictives pour déterminer la direction des tendances futures [1].

2. Datacenter :

Un centre de données est une installation composée d'ordinateurs en réseau et de stockage que les entreprises et autres organisations utilisent pour organiser, traiter, stocker et diffuser de grandes quantités de données [2].

3. Energie :

L'énergie est une propriété quantitative qui doit être transférée à un objet pour effectuer un travail ou pour chauffer l'objet [3].

4. Ressources Cloud :

Les ressources de Cloud sont des ressources (RAM, CPU, Stockage, VMs.....etc.) qui est utilisé par les fournisseurs et qui consomme l'énergie pour exécute les services de Cloud.

5. Techniques de prévision :

Ensemble des métriques mathématiques et des algorithmes utilisent pour mettre un résultat prédictif à partir des donnes historiques.

6. Cloud Computing :

Utilisé par les entreprises pour stocker et accéder aux données et programmes sur Internet au lieu du disque dur de l'ordinateur [4].

Structure de mémoire

Ce sujet de fin d'étude est divisé en 4 chapitres. Le chapitre 1 expliquera les définitions, l'histoire, l'architecture, plusieurs types et services du Cloud Computing et du Cloud data center. Le chapitre 2 définira les tâches et les ressources de Cloud qui consomment l'énergie en détail, avec plusieurs techniques qui vont être utilisées dans ce sujet expliqué avec des politiques, des avantages et des inconvénients. Le chapitre 3 se concentrera sur l'analyse des techniques en ressources Cloud avec des métriques et algorithmes mathématiques avec une proposition de notre modèle. Le dernier chapitre présentera des simulations, des résultats obtenus et la discussion pour déterminer la meilleure technique pour notre modèle.

1. Chapitre 01 : Cloud Computing et Les Centres de Données

Dans le premier chapitre, nous présentons, avec explication les deux domaines suivant (Cloud Computing et Datacenter) en présentant les notions clés liées à ces domaines. Il se compose en deux sections : une première section présente ce qu'est le Cloud Computing avec leur historique et ces différents modèles de service et types de déploiement. Une deuxième section présente aussi ce qu'est datacenter et leur différentes caractéristiques, et types expliqué dans un tableau. Enfin, l'architecture de datacenter avec les métriques de calcul de consommation énergétique.

2. Chapitre 02 : Consommation et Prédiction énergétique dans le DC

Le deuxième chapitre, présente quelque concept pour comprendre la consommation d'énergie dans le Cloud Computing. Aussi, il présente les ressources de Cloud Computing (CPU, RAM, Stockage...) et l'énergie consommée par ces ressources. Ensuite, les modèles mathématiques de l'énergie consommée par chaque ressource de Datacenter de Cloud et Les principaux algorithmes et politiques Prédiction d'énergie consommait.

3. Chapitre 03 : Système de Prédiction de consommation énergétique dans le DC

Le troisième chapitre expliquera en détail la modélisation de datacenter de Cloud, et présentera les 3 niveaux dans la consommation d'énergie en détail avec les métriques mathématique en comment calculer l'énergie consomme par chaque ressource de datacenter dans chaque niveau. Ensuite, il présent le mécanisme de prédiction propose, avec l'algorithme de prédiction d'énergie.

4. Chapitre 04 : Implémentation et Résultats d'Expérimentation

Dans le quatrième chapitre, Nous allons présenter les outils dont nous avons besoin (NS3, TCL) afin de les appliquer dans notre modèle proposé, puis expliquer en détail l'installation de TCL et NS3 dans le système d'exploitation Ubuntu 16.04, puis présenter les paramètres et les étapes afin de obtenir les résultats de la prédiction à partir des ressources du Cloud datacenter.

CHAPITRE 1

CLOUD COMPUTING ET LES CENTRES DE DONNÉES

Chapitre 1

Cloud Computing et les Centres de Données

1.1 Introduction

Le Cloud Computing est considéré comme une nouvelle technologie utilisé pour le traitement des charges de travail informatiques. Le Cloud est une infrastructure pour exécuter des applications via des plateformes avec connexion réseaux. Cependant, la demande croissante de l'infrastructure Cloud par les fournisseurs a augmenté la consommation d'énergie des centres de données, ce qui ce devient un grand problème. La consommation d'énergie élevée se traduit non seulement pour le coût opérationnel important, ce qui réduit la marge de profit de fournisseurs de Cloud, mais conduit également à de fortes émissions de Co2, impactant directement le climat. Pour cette raison tous les fournisseurs de Cloud cherchent toujours une solution permanente qui réduise la consommation énergétique et les émissions de Co2.

Ce chapitre présente en détail les informations sur le Cloud Computing et le datacenter sous forme de sections organisées comme suit: dans la section 1, nous présentons la définition du Cloud Computing avec les différents concepts associés. Dans la section 2, nous présentons la définition du Datacenter avec ses différents concepts, caractéristiques, types. Enfin, la section 3 conclut le chapitre par une conclusion.

1.2 Cloud Computing

1.2.1 Historique de Cloud Computing

Pour comprendre la technologie Cloud Computing, il est important de connaître l'évolution de l'informatique de ses premiers pas jusqu'à la naissance du concept de Cloud Computing. L'idée du Cloud Computing a pris naissance en 1991 avec la naissance d'Internet et la mise sur le marché de logiciels accessibles par le Web. L'idée a progressé avec l'apparition de nouvelles solutions IT, le lancement du navigateur web Mosaic en 1993 et celui du navigateur Netscape en 1994. En 2004, Google a favorisé une réelle émergence du Cloud Computing avec leur applications de messageries en ligne (Web mail), en particulier lorsqu'ils ont proposé un service de messagerie gratuit avec une capacité de stockage très volumineuse. Le Cloud Computing connaît une belle croissance car moins de 10% des sociétés y avaient recours en 2009. On prévoit que 30 à 50 % des sociétés devraient utiliser ce service bien que les entreprises semblent préférer le Cloud type privé [5].

1.2.2 Définition de Cloud Computing

Le concept de Cloud Computing est devenu très difficile en raison du manque d'accord des experts sur une définition précise, mais la plupart s'accordent à dire qu'elle inclue la notion de services disponibles à la demande extensibles à volonté et à distance ou sur le net. Afin de discerner la plus grande partie de la notion Cloud Computing nous allons présenter un ensemble de définitions qui ont circulés:

Selon [6] : Le Cloud Computing est un modèle qui permet un accès réseau à la demande et pratique à un pool partagé des ressources informatiques configurables (telles que réseaux, services, serveurs, applications, stockage...etc.) qui peuvent être provisionnées rapidement et distribuées avec un minimum de gestion ou d'interaction avec le fournisseur de services.

Selon [7] : Cloud Computing est un concept où les ressources informatiques sont virtualisées et dynamiquement élastiques (provisionnement et dé-provisionnement automatique). Ces ressources sont fournies comme un service à travers Internet, de manière transparente pour les utilisateurs.

Selon [8] le Cloud Computing est un modèle émergeant, de développement, déploiement et livraison, qui permet d'offrir des services en temps réel sur Internet.

1.2.3 Les modèles de service Cloud

Le Cloud Computing est décomposé en plusieurs modèles, notamment :

- SaaS (Software as a service)
- PaaS (Platform as a service)
- IaaS (Infrastructure as a service)
- SECaaS (Security as a service)
- NaaS (Network as a service)

A. Software as a service: SaaS

Selon [6] et [9], SaaS est un modèle de déploiement de logiciels par lequel un éditeur offre à ses clients la licence d'utilisation d'une application à la demande sans l'acheter, avec une facturation à l'usage réel. Le client ne gère plus que ses données métier.

Dans SaaS, Il n'est plus nécessaire pour l'utilisateur d'effectuer les installations, les mises à jour ou encore les migrations de données car ils sont fait automatiquement. Aussi, La licence de l'utilisation d'un logiciel sur le Cloud est toujours associée à un contrat de niveau de service.

B. Platform as a service: PaaS

Selon [6] et [10], L'offre de PaaS recouvre la possibilité pour les utilisateurs de louer une plateforme sur laquelle il peut développer, tester et exécuter ses applications dans la mesure où celles-ci sont basées sur des langages de programmation et des outils supportés par le provider de «Cloud Computing».Le client ne gère et ne contrôle ici que ses applications métier.

C. Infrastructure as a service: IaaS

Selon [6] et [11], IaaS fournit une infrastructure informatique (typiquement via une plateforme virtualisées) comme un service. Ensuite, le fournisseur propose la location de composants informatiques comme des espaces de stockages, une bande passante, des unités centrales et des systèmes d'exploitation. Après ça, les utilisateurs utilisent à la demande des serveurs virtuels situés dans des Datacenter sans avoir à gérer les machines physiques (remplacement de matériel, coûts de gestion, électricité, climatisation...etc.).

D. Security as a service: SECaaS

Security as a service est un modèle commercial dans lequel un fournisseur de services intègre ses services de sécurité dans une infrastructure d'entreprise sur une base d'abonnement de manière plus rentable que la plupart des individus ou des sociétés peuvent fournir seuls, lorsque le coût total de possession. Ce modèle commercial s'inspire du modèle du "Software as a service" appliqué aux services de type sécurité de l'information et ne nécessite pas de matériel sur site, évitant des dépenses en capital substantielles [12].

E. Network as a service: NaaS

NaaS décrit les services de connectivité de transport réseau. Il implique l'optimisation des allocations de ressources en considérant les ressources de réseau et de calcul comme un tout unifié.

Le NaaS inclut parfois la fourniture d'un service de réseau virtuel par les propriétaires de l'infrastructure réseau à un tiers. Cela inclut souvent la virtualisation du réseau [13].

1.2.4 Les types de déploiement du Cloud

Les services de cette technologie dépendent sur des ressources physiques. En plus des modèles de livraison les services Cloud, on trouve un ensemble de modèles de déploiement de services. Ces modèles permettent de définir le degré d'accès de l'utilisateur final aux

fournisseurs de services Cloud. On peut diviser ces modèles en trois groupes Cloud (Public, Privé, Hybride) [6].

A. Cloud public

Un Cloud public est un service SaaS, PaaS ou IaaS proposé et géré par un tiers à l'entreprise. De plus en plus de fournisseurs proposent un Cloud public dans lequel n'importe quel entreprise (ou utilisateur privé) peut y héberger ses applications, ses différents services et données. Il n'y a donc aucun investissement initial pour le client, paie généralement uniquement pour les ressources qu'il on utilise [14].

L'infrastructure de ce Cloud n'est pas seulement accessible publiquement, mais aussi accessible pour un groupe industriel. Son propriétaire est une entreprise qui vend de l'informatique en tant que service [6].

B. Cloud privé

Le Cloud privé est ce type de Cloud qu'on trouve sur des réseaux privés et qui n'est accessible que par un ensemble de clients qui ont l'autorisation d'y accéder [15]. L'utilisation d'un Cloud privé permet de garantir, par exemple, que les ressources matérielles allouées ne seront jamais partagées par deux clients différents [6].

C. Cloud Hybride

Les Clouds hybrides combinent des Clouds publics et privés, liés par une technologie qui permet de partager des données et des applications entre eux. En permettant aux données et aux applications de se déplacer entre les clouds privés et publics, un Cloud hybride offre à votre entreprise une plus grande flexibilité, davantage d'options de déploiement et optimise votre infrastructure, votre sécurité et votre conformité existantes [16].

1.3 Datacenter

1.3.1 Définition de Datacenter :

Un Datacenter ou centre de données, est une infrastructure composée d'un réseau d'ordinateurs et d'espaces de stockage. Cette infrastructure peut être utilisée par les entreprises pour organiser, traiter, stocker et entreposer de grandes quantités de données. Généralement, une entreprise repose fortement sur les applications, les services et les données contenues dans un centre de données. Il est une part très essentielle de l'entreprise au quotidien. [17]

1.3.2 Les caractéristiques de Datacenter

Selon [18] et [19]: pour fonctionner le Datacenter en douceur. Il faut assurer que les caractéristiques ci-dessous sont respectées :

- **Facilité de gestion:** les Datacenters doivent fournir une gestion flexible, simple, et intégrée pour automatiser et réduire les interventions manuelles pour les tâches reproductibles.
- **Intégrité des données:** les Datacenters doivent disposer de mécanismes pour garantir que les données sont stockées et récupérées exactement telles qu'elles ont été reçues en mettant en œuvre des contrôles d'intégration de données tels que des codes de correction d'erreur ou des bits de parité.
- **Disponibilité:** les Datacenters doivent veiller à ce que les données et autres ressources informatiques du centre de données soient disponibles pour l'entreprise 24/7.
- **Sécurité:** Toutes les procédures, politiques et intégrité des éléments clés sont identifiés et développés pour empêcher tout accès non autorisé aux informations.

- **Évolutivité:** les ressources et les installations du Datacenter (calcul, stockage, réseau) doivent être évolutives pour répondre aux exigences commerciales changeantes sans interrompre les opérations commerciales.
- **Capacité:** le centre de données doit être en mesure de fournir une capacité et des ressources supplémentaires pour stocker et traiter efficacement des quantités importantes et croissantes de données, sans interrompre la disponibilité ou avec une interruption minimale.
- **Performance:** les composants du Datacenter doivent être performants en fonction des niveaux de service requis.

1.3.3 Types de Datacenter

Selon [20] et [21], Les experts des centres de données ont créé une échelle pour déterminer les différents types de centres de données. Elle calcule le nombre d'étagères par installation, en plus du nombre de mètres carrés affectés aux composants informatiques uniquement. Les types sont suivants:

A. Datacenter Méga

Le Datacenter méga est une installation avec un nombre de racks supérieurs à 9000 installés dans un espace de calcul supérieur à 22500 m² [20].

B. Datacenter Massif

Le Datacenter massif est une installation avec un nombre de racks entre 3001 et 9000 installés dans un espace de calcul entre 7501 et 22500 m² [20].

C. Grand Datacenter

Le grand Datacenter est une installation avec un nombre de racks entre 801 et 3000 installés dans un espace de calcul entre 2001 et 7500 m² [20].

D. Datacenter Moyen

Le Datacenter moyen est une installation avec un nombre de racks entre 201 et 800 installés dans un espace de calcul entre 501 et 2000 m² [20].

E. Petit Datacenter

Le petit Datacenter est une installation avec un nombre de racks entre 11 et 200 installés dans un espace de calcul entre 26 et 500 m² [20].

F. Mini Datacenter

Le mini Datacenter est une installation avec un nombre de racks entre 1 et 10 installés dans un espace de calcul entre 1 et 25 m² [20].

Tableau 1 : Définition de la taille du centre de données.

Taille de datacenter		
Taille métrique	Rendement en rack	Calculer l'espace (m ²)
Méga	>=9001	>=22501
Massif	3001-9000	7001-22500
Grand	801-3000	2001-7000
Moyen	201-800	501-2000
Petit	11-200	26-500
Mini	1-10	1-25

1.3.4 L'architecture réseau du Datacenter:

L'architecture réseau du Datacenter comprend trois niveaux principaux dans les environnements Cloud:

- **Cœur (Core):** comprend les commutateurs principaux pour se connecter à Internet ou WAN via la couche IP, établissant le point d'agrégation final pour le réseau et gérant les commutateurs d'agrégation pour fonctionner ensemble.
- **Agrégation:** inclut des commutateurs de fin de rack (EOR) pour accéder à d'autres serveurs en établissant des connexions appropriées entre eux et en fournissant un débit plus élevé et une couverture plus large.
- **Accès:** la connexion entre les serveurs et les commutateurs d'agrégation est organisée par des commutateurs Ethernet à haut niveau de rack (TOR) à ce niveau.

Les serveurs sont constitués de commutateurs virtuels et de machines virtuelles. Ils sont connectés par un adaptateur Ethernet physique pour accéder aux commutateurs [22].

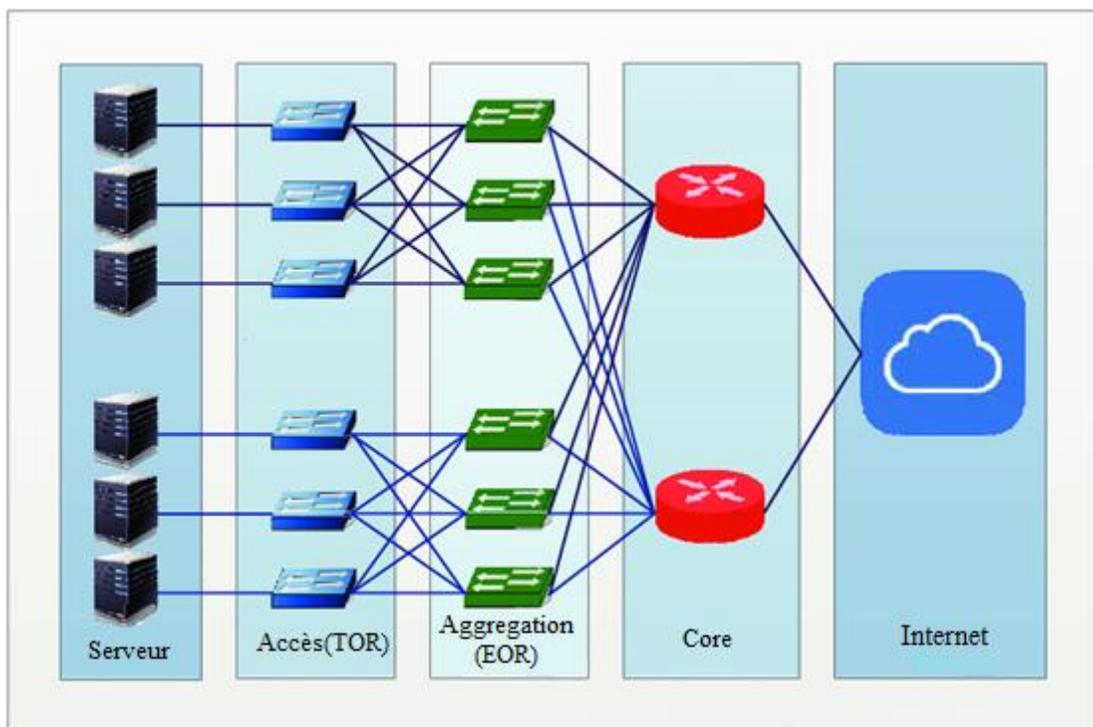


Figure 1 : L'architecture du Datacenter dans Cloud Computing [22].

1.4 Conclusion

En conclusion dans ce chapitre, nous avons survolé les principaux concepts du Cloud Computing et Datacenter, nous avons commencé par présenter un historique de la technologie Cloud avec une définition et leur principales caractéristiques. Nous avons présenté aussi le concept Datacenter avec ses types, les caractéristiques clés, l'architecture et les métriques de calcul.

Dans le chapitre 2, on va commencer à présenter les différents concepts utilisés dans la consommation et prédiction énergétique dans le Datacenter, en plus les ressources qui consomme l'énergie et les métriques mathématique et les algorithmes de consommation d'énergie.

CHAPITRE 2

CONSOMMATION ET PRÉDICTION ÉNERGÉTIQUE DANS LE DATACENTER

Chapitre 2

Consommation et Prédiction énergétique dans le DataCenter

2.1 Introduction

En raison de la forte consommation d'énergie des Datacenters et des ressources de Cloud, le coût a augmenté tandis que la qualité de service reste la même, ce qui a rendu difficile pour les fournisseurs de faire leur travail.

Parmi les vrais challenges dans ce type de technologie, Connaitre comment on peut prédit la quantité d'énergie qu'elle sera consommé dans Datacenters et les ressources de Cloud. Notre objectif est de développer un mécanisme de prédiction d'énergie qu'il sera consommé par les ressources de Cloud pour informer les fournisseurs de la quantité d'énergie consommée. Nous présentons dans ce chapitre quelques notions clés et quelques modèles mathématiques de l'énergie consommait par chaque ressource DC, algorithmes et politiques de Prédiction proposant des solutions dans ce contexte

2.2 Consommation & Prédiction énergétique:

2.2.1 Concepts et Définitions

1. *Les tâches :*

Une tâche est une entité élémentaire localisée dans le temps, par une date de début et une date de fin, et dont la réalisation nécessite une durée préalablement définie. Elle est constituée d'un ensemble d'opération qui requièrent, pour son exécution, certaines ressources et qu'il est nécessaire de programmer de façon à optimiser un objectif [26].

2. *Les ressources :*

La ressource est un moyen technique ou humain destiné à être utilisé pour la réalisation d'une tâche et disponible en quantité/capacité limitée.

3. *Les ressources Cloud :*

Les Ressources Cloud peuvent être vues comme n'importe quelle ressource (physique ou virtuelle) que les utilisateurs peuvent demander au Cloud. Par exemple, les utilisateurs peuvent demander des ressources telles que CPU, la RAM et le stockage. Les ressources sont situées dans un Datacenter qui est partagé par plusieurs clients, et doivent être attribués et ajustés dynamiquement à partir la demande de clients [27].

2.2.2 L'énergie consommée par les ressources de Datacenter

Pour une bonne maîtrise de l'énergie dans le Cloud Computing, on s'intéresse généralement à ses différents composants tels que les Datacenter, les serveurs et le système de refroidissement. Les serveurs consomment 80% de l'énergie totale de l'infrastructure informatique et 40% de l'énergie totale des centres de données. Les éléments qui sont les principaux responsables de la consommation d'énergie au niveau des serveurs sont le CPU, la mémoire vive, le disque de stockage [28], les périphériques de réseaux. [29]

Le CPU consomme la plus grande partie de l'énergie fournie à un serveur dans un centre de données.

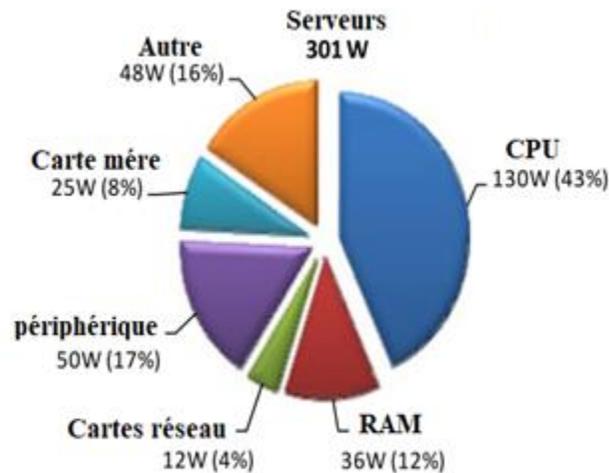


Figure 2 : Consommation d'énergie du serveur par composant serveur [30].

Cependant, en raison de l'amélioration de l'efficacité du processeur, il ne domine plus la consommation d'énergie. D'un autre côté, l'énergie consommée par le processeur dépend fortement des types de processeur. Par exemple, les nouveaux processeurs Intel ont des mécanismes d'économie d'énergie. L'énergie consommée par un centre de données peut être économisée jusqu'à 50% en effectuant efficacement la consolidation des VM. Par exemple, une consolidation efficace des machines virtuelles peut garantir que les machines virtuelles sont regroupées dans le moins de serveurs afin que les autres serveurs soient arrêtés, économisant ainsi plus d'énergie. En effet, un serveur inactif consomme 70% de l'énergie lorsqu'il est pleinement utilisé [31].

Outre la charge informatique IT (CPU, stockage sur disque, mémoire et réseau), l'énergie est également consommée par le refroidissement et pendant la distribution. Lorsque les serveurs de datacenter sont utilisés, ils émettent de la chaleur, qui doit être éliminée pour éviter un gaspillage d'énergie supplémentaire et une défaillance matérielle [31].

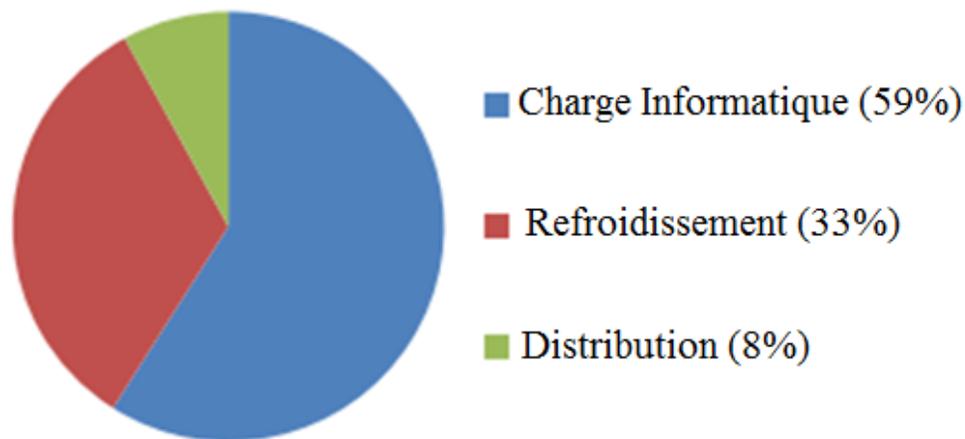


Figure 3 : Consommation d'énergie des composants du centre de données [31].

Comme la montre la figure 3, 33% de l'énergie du centre de données va au refroidissement, ce qui représente plus de 60% de celle utilisée pour la charge informatique. La quantité de chaleur générée est fonction de trois facteurs : la fréquence et la tension du circuit intégré, la technologie utilisée dans la fabrication des composants, l'efficacité de la conception des composants et, surtout, la quantité de travail effectuée [31].

2.2.3 Les modèles mathématiques de l'énergie consommée par chaque ressource Datacenter

Selon [32], La consommation d'énergie des nœuds de calcul dans les centres de données Cloud est principalement déterminée par le processeur, la mémoire, le stockage sur disque et les interfaces réseau. L'un des modèles de consommation d'énergie les plus courants est le modèle linéaire, où il existe une corrélation linéaire entre la consommation d'énergie et l'utilisation du processeur. Par conséquent, dans notre système cible, nous définissons la consommation d'énergie du i -ème serveur au temps t comme :

$$\begin{aligned} EC_i(t) &= \rho \times EC_i^{\text{full}} : \text{le } H_i \text{ est inactif} \\ EC_i(t) &= \rho \times EC_i^{\text{idle}} + (1-\rho) \times EC_i^{\text{full}} \times U_i(t) : \text{le } H_i \text{ est} \\ &\quad \text{occupé} \end{aligned}$$

$EC_i(t)$: consommation d'énergie de l'i-ème serveur au temps t

H_i est inactif : Serveur H en état inactif

$U_i(t)$: Utilisation du processeur i du temps t en tant que variable indépendante

ρ : coefficient statique représentant le rapport d'énergie du processeur inactif

EC_i^{full} : représente la consommation d'énergie du nœud physique i à pleine charge

EC_i^{idle} : représente la consommation d'énergie du nœud physique i inoccupé

H_i est occupé : Serveur H en état occupé.

Lorsque le serveur H est inactif, ρ est un coefficient statique représentant le rapport d'énergie du processeur inactif (c'est-à-dire 70%). L' EC_i^{full} représente la consommation d'énergie du nœud physique i à pleine charge. Étant donné que l'utilisation du processeur change dynamiquement en fonction de la charge de travail, l'utilisation du processeur est fonction du temps t en tant que variable indépendante, qui est notée $U_i(t)$. La consommation d'énergie du serveur H_i tout au long du processus peut être exprimée comme :

$$EC_i = \int_{t_0}^{t_1} EC_i(t) dt$$

Ensuite, la consommation totale d'énergie d'un centre de données Cloud avec n nœuds est :

$$EC = \sum_{i=1}^n x_i EC_i$$

Où $x_i=0$: le H_i est arrêté

$x_i=1$: autre.

2.2.4 Les principaux algorithmes de consommation d'énergie

Cette dernière section met en évidence certaines des techniques paramétriques les plus prédictives. D'abord, on va parler sur les techniques proposé par les auteurs dans le tableau 2:

1. les auteurs dans [38] proposent des techniques basées sur conteneurs VM qui utilise les ressources (CPU, BW, mémoire, et disque de stockage) dans Cloud privé mais ces techniques ont des inconvénients : la Migration basée uniquement sur la charge de l'hôte. En plus, les retards de démarrage et les frais généraux de cette migration ont été négligés.
2. les auteurs dans [39] proposent une technique basée aussi sur conteneurs VM mais elle utilise les ressources (Cloud DC, Plateforme Cloud Hybride) dans CPU, système d'exploitation, et mémoire. Cette technique a des inconvénients : Serveurs homogènes, et la consolidation dynamique du conteneur n'a pas été effectuée.
3. les auteurs dans [40] proposent une technique basée aussi sur conteneurs VM mais elle utilise les ressources (Cloud privé, SaaS) dans CPU et mémoire. Cette technique a des inconvénients : Modèle d'architecture globale ne peut pas s'adapter à de nouveaux clients, et les expériences ne concernent qu'un seul type de serveur.
4. les auteurs dans [41] proposent des techniques basées sur Conteneurs en métal nu qu'utilisent Conteneur Docker basé sur plusieurs racks de serveurs Cloud dans CPU, RAM, et disque de stockage. Ces techniques ont un seul inconvénient : Le modèle ppA de ces techniques n'est pas justifiée.
5. les auteurs dans [42] proposent aussi des techniques basées sur Conteneurs en métal nu, mais elles utilisent Cloud DC dans un Cœur. Ces techniques ont beaucoup des inconvénients :
 - Serveurs homogènes.
 - Le degré de parallélisme (DOP) n'est pas pris en compte.

- Complexité temporelle très élevée en programmation dynamique.
 - La solution générée par les deux autres heuristiques peut ne pas être optimale.
6. les auteurs dans [43] proposent des techniques basées sur Conteneurs de machines virtuelles nus qu'utilisent Cloud DC et les Clouds hybrides dans les ressources hétérogènes. Ces techniques ont un seul inconvénient que les ressources et le modèle énergétique ne sont pas spécifiés.

Ces techniques de ces différents auteurs sont mentionnées dans le tableau 2.

Techniques de régression

Les méthodes de régression prévisionnelle sont généralement utilisées pour prédire et inférer la relation causale entre les variables dépendantes et indépendantes. La régression linéaire est le modèle de régression simple; il permet de mieux comprendre les facteurs influençant les valeurs futures estimées.

Pour augmenter l'utilisation des ressources et réduire le coût des ressources tout en répondant à l'évolution de la demande, un algorithme de mise à l'échelle automatique basé sur la prédiction de charge a été proposé dans [33]. Ici, la régression linéaire prédit la charge la prochaine fois en fonction de la charge de la période récente. Cependant, pour prévoir le faible taux d'utilisation des ressources pendant l'extension, une meilleure correspondance des chaînes Knuth – Morris – Pratt a été utilisée pour prédire la charge du moment suivant en fonction de la tendance de la séquence de charge au lieu de la valeur absolue. Il prend les premières données historiques et les données actuelles en entrée, puis complète l'extension verticale et horizontale automatique rapide avant que des changements dans les besoins en ressources ne se produisent. En comparant l'algorithme proposé avec les modèles ARMA et ESM, les résultats montrent que la méthode de mise à la métrique proposée fournit l'erreur minimale et l'utilisation totale des ressources avec le moindre coût. Néanmoins, il est nécessaire de comprendre comment l'utilisation des ressources affecte la consommation d'énergie. Un nouveau modèle sensible à l'énergie a été introduit dans [34] pour attribuer une

consommation d'énergie relativement inactive et active aux PM à des VM homogènes et hétérogènes fonctionnant simultanément sur le même PM. La charge de travail des machines virtuelles (CPU, mémoire, disque et réseau) a d'abord été prédite à l'aide du modèle ARIMA saisonnier basé sur des données de charge de travail chronologiques stationnaires historiques. Ensuite, l'utilisation de PM CPU a également été prédite car elle est corrélée avec la charge de travail des machines virtuelles. Ensuite, en appliquant un modèle de régression linéaire, la consommation d'énergie PM a été estimée et en conséquence la consommation d'énergie VM prédite.

Étant donné que la régression linéaire dans certains cas peut prédire des valeurs en dehors de la plage, la régression logistique peut être utilisée pour toujours produire des valeurs dans la plage valide. À cette fin, un algorithme de détection de surcharge d'hôte est proposé dans [35]. Il est basé sur MAD pour déterminer le seuil d'utilisations supérieures et le modèle de régression logistique pour prédire la surcharge de l'hôte. En effet, l'algorithme HOPBLR proposé surpasse des mesures de performances globales par rapport à d'autres algorithmes de référence, encore une fois, afin de réduire les violations de SLA et en même temps la consommation d'énergie, tout en adaptant les changements de différents types de charges de travail s'exécutant sur le fournisseur de Cloud DC. Cet algorithme proposé [36] utilise une valeur prédite linéaire adaptée d'utilisation de l'hôte multipliée par un paramètre de sécurité comme entrée dans le modèle de régression logistique, pour prédire la probabilité de surcharge de l'hôte. Le modèle proposé fonctionne mieux dans la réduction de la consommation d'énergie, violation de SLA ainsi que le nombre de migrations de VM en comparaison avec RS, MU, MMT et MC.

Un autre cadre de prédiction appelé CloudInsight pour les charges de travail irrégulières a été créé en [37]. Ce cadre combine au total huit prédicteurs de charge de travail dans un pool de prédictions, qui sont une régression linéaire également appliquée comme régression locale car seule une quantité limitée de charge de travail passée a été utilisée, des prédicteurs de séries chronologiques: WMA, BDES, AR, ARMA, ARIMA, puis linéaire et support du classificateur gaussien machines vectorielles pour prédire la charge de travail avec des

facteurs de tendance clairs ou avec des caractéristiques non linéaires (gaussiennes). Il a été démontré dans cette étude ultérieure que l'utilisation de modèles uniques tels que ARIMA, SVM, FFT (Fast Fourier Transform) ou RSLR (Robust Stepwise Linear Regression) fonctionne différemment sous différents types de charges de travail (charge de travail de cluster, charge de travail Web et charge de travail HPC). Cependant, le cadre de prédicteurs multiples proposé est plus précis et constant car il continue d'ajuster les pondérations pour chaque prédicteur et crée périodiquement un nouveau modèle d'ensemble pour s'adapter aux changements de la charge de travail. Ainsi, le modèle de régression peut être combiné avec tous les autres types de techniques de prédiction pour donner un résultat plus précis en fonction des instances du problème. (Plus d'apprentissage d'ensemble sera discuté dans les dernières sous-sections.) Ainsi, nous pouvons conclure que même si inférer les relations futures entre les facteurs peut aider à prédire facilement les valeurs futures, prédire les fluctuations futures à très court terme ou en temps réel nécessite parfois plus modèles appropriés se référant aux séries de données ordonnées. La section suivante décrit les techniques de séries chronologiques les plus courantes utilisées pour prédire l'utilisation future des ressources Cloud en temps réel.

Tableau 2 : Techniques existantes de planification des ressources de conteneur.

Études	Type de conteneurs	Environnement	Ressource	Techniques et algorithmes	Inconvénient
[38]	Conteneurs VM	Cloud privé	CPU-BW- Mémoire- Disque	-Algorithme 1: est un sélecteur de conteneur basé sur la politique Mcor ou la politique MU -Algorithme 2: destination hôte	-Migration basée uniquement sur la charge de l'hôte. -Les retards de démarrage et les frais généraux

				<p>surchargée.</p> <p>-Algorithme 3: destination hôte sous-chargée.</p> <p>-Algorithme 4: est un algorithme de sélection d'hôte implémenté en 2 et 3, il utilise les stratégies d'algorithme de sélection d'hôte les moins complètes de sélection d'hôte et de seuil de corrélation.</p>	<p>de migration ont été négligés.</p>
[39]	Conteneurs VM	CPU-Mémoire-OS	Cloud DC Plateforme Cloud hybride	<p>-Algorithme 1 TMPSO(Two-stage Multitype Particle Swarm Optimization): optimisation de l'essaim de particules multi-types en deux étapes qui utilise:</p> <p>-L'algorithme</p>	<p>-Serveurs homogènes.</p> <p>-La consolidation dynamique du conteneur n'a pas été effectuée.</p>

				<p>First Fit(FF) pour sélectionner une heuristique VM.</p> <p>-PSO appropriée basée sur trois opérateurs:</p> <p>-L'opérateur de soustraction pour obtenir la différence entre deux positions.</p> <p>-L'opérateur d'addition met à jour le vecteur de probabilité et de vitesse en mettant à jour différents bits des deux vecteurs de vitesse.</p> <p>-L'opérateur de multiplication formulé comme la particule dans la position actuelle multipliée par la vitesse suivante, met à jour la position des</p>	
--	--	--	--	--	--

				particules.	
[40]	Conteneurs VM	CPU-Mémoire	Cloud privé Software as a service	-Modèle d'architecture globale contenant plusieurs composants. -Le composant classificateur de tâches utilise l'algorithme X-means qui recherche efficacement l'espace des emplacements de cluster et le nombre de clusters, donc il ne se contente pas de minima locaux comme K-means.	-Ne peut pas s'adapter à de nouveaux clients. -Les expériences ne concernent qu'un seul type de serveur.
[41]	Conteneurs en métal nu	CPU-RAM-Disque	Conteneur Docker basé sur plusieurs racks de serveurs Cloud	-WEEC: système de courtage de conteneurs éco-énergétique sensible à la charge de travail, divisé en deux événements:	-Le modèle ppA n'est pas justifié

				<p>-Demander un événement d'arrivée</p> <p>-Surveillance périodique des ressources qui: dérive la valeur moyenne estimée de l'utilisation des ressources mondiales à l'aide de la moyenne mobile pondérée exponentielle (EWMA), puis, le cluster optimal de la charge de travail actuelle est déterminé à l'aide de l'algorithme de partitionnement autour de Medoids (k-medoids) de PAM</p> <p>-Un solveur de programmation linéaire: résout la</p>	
--	--	--	--	--	--

				fonction de coût objectif par rapport au ppA minimum et génère le plan d'allocation de demande optimal pour les demandes d'arrivée	
[42]	Conteneurs en métal nu	Cœur	Cloud DC	-Une programmation dynamique qui résout de manière optimale l'allocation de cœur de conteneur économe en énergie avec DVFS par serveur et DVFS par conteneur -Une heuristique gourmande qui consiste à régler d'abord la fréquence de base de chaque conteneur sur sa	-Serveurs homogènes -Le degré de parallélisme (DOP) n'est pas pris en compte -Complexité temporelle très élevée en programmation dynamique -La solution générée par les deux autres heuristiques peut ne pas être optimale

				<p>fréquence maximale, puis à la ralentir progressivement, puis à déployer des conteneurs sur les serveurs en fonction du nombre de cœurs requis par chaque conteneur à l'aide de Best Fit Decreasing (BFD).</p> <p>-L'heuristique d'allocation consécutive divise d'abord la séquence de conteneurs d'entrée en ensembles disjoints et détermine quels conteneurs consécutifs doivent être dans le même ensemble. Ensuite, décide du</p>	
--	--	--	--	---	--

				nombre de cœurs et de la fréquence des conteneurs	
[43]	Conteneurs de machines virtuelles nus	Ressources hétérogènes	Cloud DC Clouds hybrides	-Planificateur H ² : prédit la charge de travail et catégorise si elle doit relever du baremetal HPC, VM ou du conteneur en fonction des données historiques. -H ² orchestrator s'exécute périodiquement et prédit si une charge de travail doit être migrée	-Les ressources et le modèle énergétique ne sont pas spécifiés

À partir ces différentes études dans ce tableau, nous voyons que chaque technique ou algorithme a son propre environnement et ses propres ressources. Par exemple, dans la première étude, les chercheurs ont utilisé ces ressources (CPU-BW-Mémoire-Disque) pour appliquer ces techniques sans avoir besoin d'utiliser par exemple Internet, qui nous conduisent au prochain chapitre où nous allons utiliser des ressources supplémentaires à notre technique pour une meilleure performance afin de réduire la consommation d'énergie et augmenter la qualité de service.

2.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes particulièrement intéressés à ces techniques et algorithmes dans le Cloud Computing pour mettre une technique de prédiction plus efficace. A ce stade, nous avons présenté quelque concept et définitions avec l'explication de l'énergie consommée par les ressources Cloud, avec plusieurs algorithmes, techniques et modèles mathématiques proposées pour la prédiction dans le Cloud Computing.

Ce chapitre a permis de présenter un cadre comparatif entre les algorithmes et techniques de prédiction proposées pour chacun d'entre eux. L'apparition des approches hybrides qui sert à tirer profit de plusieurs paradigmes existants conduit à l'émergence de la nouvelle notion la prédiction efficace et intelligente. Nous avons conclu ce chapitre par une table de comparaison de quelques approches de prédiction liées à notre domaine de recherche selon un ensemble de critères bien définis.

Ainsi dans le prochain chapitre nous présentons un autre point important dans notre sujet de thèse, tel que l'addition des ressources dans notre technique.

CHAPITRE 3

SYSTÈME DE PRÉDICTION

DE CONSOMMATION

ÉNERGÉTIQUE DANS LE DC

Chapitre 3

Contribution

3.1 Introduction

Aujourd'hui, les ingénieurs et les chercheurs aspirent à minimiser la consommation d'énergie, car il s'agit de l'une des recherches les plus importantes du Cloud Computing [44]. Il y a un problème de prédiction d'énergie dans le Datacenter Cloud, ce qui pousse de nombreux chercheurs et ingénieurs à travailler sur le développement de mécanismes prédictifs de consommation d'énergie. Cependant, afin de prédire davantage la future consommation d'énergie, les chercheurs doivent construire leur propre système énergétique. Lors de la prévision de la consommation d'énergie, les chercheurs doivent capturer les relations entre les ressources matérielles et leurs consommations d'énergie [30].

Dans ce chapitre, nous analyserons la consommation d'énergie du datacenter par chacune des ressources informatiques, analyserons les performances de prédiction de la consommation énergétique de tous les datacenters. La contribution est comme de suite [30]:

- Diagramme de puissance du rack de datacenter proposé pour montrer 3 niveaux de consommation d'énergie.
- Nous analyserons la prédiction de la consommation d'énergie par toutes les ressources du datacenter et nous proposerons notre mécanisme de prédiction.
- Nous implémenterons la première partie de l'infrastructure du datacenter dans la simulation Cloud.

3.2 Modélisation énergétique du Datacenter

Dans cette partie, nous décrivons comment nous avons organisé les ressources du centre de données entre tous les niveaux comme le montre la figure 4. Une présentation plus détaillée de la figure 5 donne une vue d'ensemble de l'organisation de la modélisation de la consommation d'énergie Cloud Computing. Nous définirons également des modèles mathématiques afin de calculer la consommation électrique de ces ressources.

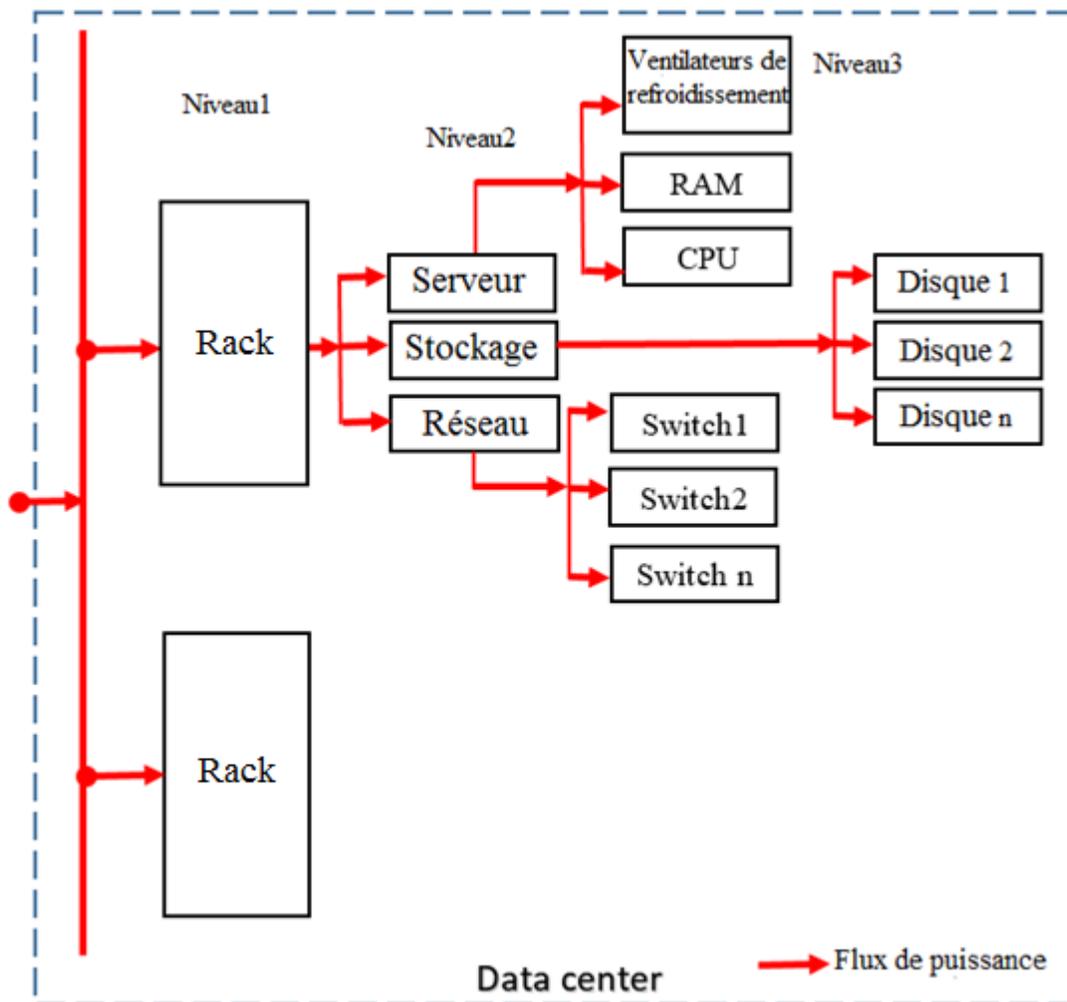


Figure 4 : Flux de puissance du rack dans le centre de données [30].

- ✓ Niveau 1: Rack contenu installé dans un centre de données.
- ✓ Niveau 2: Serveurs confinés, serveur de stockage et équipement réseau.
- ✓ Niveau 3: Contient toutes les ressources comme (CPU, RAM, Disque, Switch,).

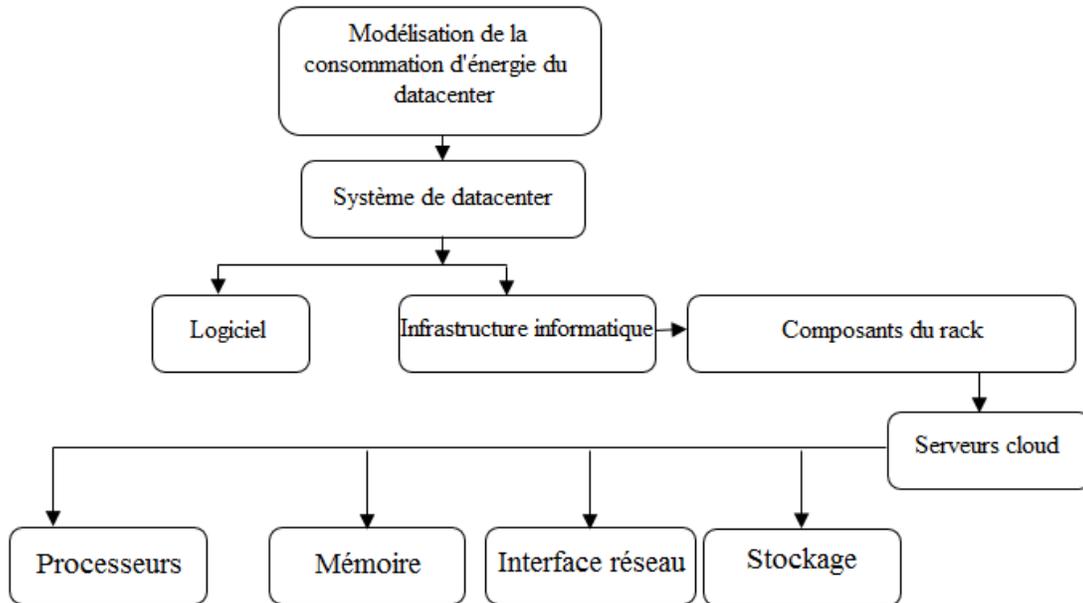


Figure 5 : Flux de puissance du rack dans le centre de données [30].

3.2.1 Modèles de consommation d'énergie

Dans cette partie, nous décrivons les modèles d'énergie consommée à chaque niveau [30]:

- **Niveau 1: Energie de rack**

$E_{\text{rack}} = \text{énergie de toutes les ressources installées dans le rack} = (E_{\text{CPU}} + E_{\text{RAM}} + E_{\text{VR}}) + (E_{\text{Disque}}) + (E_{\text{Switch}})$

- **Niveau 2: Consommation d'énergie pour le serveur, stockage, réseau**

Nous calculons l'énergie du serveur selon la formule suivante :

E.serveur = Toute l'énergie consommée par tous les composants de ce serveur = (E.CPU+E.RAM+E.VR)

Modèle de consommation d'énergie pour les composants de stockage :

E.Stockage = (E.DisqueActif*M)

M = nombre total de stockage sur disque actif.

Modèle de consommation d'énergie pour les équipements réseau :

E.Network= (E.Switch*N)

N = nombre total de Switch actifs.

- **Niveau 3 :**

CONSOMMATION D'ÉNERGIE DU PROCESSEUR

Les processeurs nouveaux tels que Intel Xeon se composent de plusieurs milliards de transistors, ce qui leur fait utiliser une énorme quantité d'énergie. De ce fait, le CPU puissant est considéré comme l'un des plus grands consommateurs d'énergie d'un serveur, les principales catégories de processeurs utilisées dans les systèmes multicentriques actuels du processeur [30].

Selon [30], Nous modélisons l'activité CPU dans le(s) serveur(s) associée à l'allocation de nouvelles VMs que sa consommation apporte au serveur. Cette valeur représente l'augmentation de la consommation induite par l'hébergement de cette nouvelle VM sur ce serveur.

$$E.Cpu(Vm, S) = Cpu(Vm) + \frac{(E.actif(S)*\mu) - (E.idel(S)*\mu)}{Cpu\ max(S)}$$

$E.Cpu(Vm,S)$: représente l'énergie consommée par CPU lorsque le serveur S alloue une nouvelle machine virtuelle.

$E.actif(S)$: représente l'énergie consommée par CPU actif sur le serveur S.

$E.idel(S)$: représente l'énergie consommée par CPU inactif sur le serveur S.

$Cpu\ max(S)$: représente l'énergie maximale consommée par CPU dans le serveur S

$Cpu(Vm)$: représente le CPU alloué dans la nouvelle machine virtuelle.

μ : taux d'utilisation du CPU.

CONSUMMATION D'ÉNERGIE DE LA MÉMOIRE

Selon [30], La mémoire est le deuxième plus grand consommateur d'énergie dans un serveur consomme environ $\approx 30\%$ de la puissance totale. L'augmentation rapide de la capacité de mémoire et de la bande passante a contribué à ce que le sous-système de mémoire consomme une partie importante de la puissance totale du serveur.

Nous modélisons l'énergie RAM consommée en serveur(s) associée à une nouvelle demande d'allocation VM que sa consommation a apportée au serveur. Cette valeur représente l'augmentation de la consommation induite par l'hébergement de cette nouvelle VM sur ce serveur.

$$E.Ram(Vm,S) = RAM(Vm) + \frac{(E.actif(S) * \partial) - (E.idel(S) * \partial)}{RAM\ max(S)}$$

$E.Ram(Vm,S)$: représente l'énergie consommée par RAM lorsque le serveur S alloue une nouvelle machine virtuelle.

$E.actif(S)$: représente l'énergie consommée par RAM actif sur le serveur S.

$E.idel(S)$: représente l'énergie consommée par RAM inactif sur le serveur S.

$RAM\ max(S)$: représente l'énergie maximale consommée par RAM dans le serveur S.

$RAM(Vm)$: représente le CPU alloué dans la nouvelle machine virtuelle

∂ : taux d'utilisation du RAM.

CONSOMMATION D'ÉNERGIE DES VENTILATEURS DE REFROIDISSEMENT

Nous modélisons l'énergie des ventilateurs de refroidissement consommée dans le(s) serveur(s) liée à l'exécution de l'application sur le serveur. Cette valeur représente l'augmentation de la consommation induite par l'hébergement de la nouvelle application d'exécution sur ce serveur [30].

$$E.refroidir(S) = (\sum(E.VentilateursActif)) / (E.max(S))$$

$E.refroidir(S)$: représente l'énergie consommée par le système de refroidissement du serveur S

$E.VentilateursActif$: représente l'énergie consommée par chaque ventilateur actif du serveur S

$E.max(S)$: représente l'énergie maximale consommée par le serveur S

CONSOMMATION D'ÉNERGIE DE STOCKAGE

Le disque dur est actuellement le principal type de support de stockage utilisé dans les serveurs de centre de données. L'augmentation rapide de la capacité du disque dur a un impact positif sur le stockage de masse des serveurs de centre de données pouvant stocker jusqu'à 20 téraoctets [30].

Nous modélisons l'énergie consommée par la capacité de stockage des serveurs liée à l'allocation de nouvelles VM.

$$E.stockag(Vm,S) = Stockag(Vm) + ((E.DisqueActif(S)) / (E.max(S)))$$

$E.stockag(Vm,S)$: représente l'énergie consommée par stockage lorsque le serveur S alloue une nouvelle machine virtuelle.

- Suivi des ressources VM : Ce modèle suit l'état de toutes les machines virtuelles allouées sur le serveur. Plus précisément, ce modèle suit les ressources allouées à chaque VM et maîtrise leur consommation d'énergie.
- Ressources du système de gestion et traçage d'énergie : Ce modèle suit l'état de tous les PM. Plus précisément, ce modèle suit les ressources physiques installées et allouées dans chaque serveur et contrôle la consommation d'énergie de chaque PM.
- Contrôleur de charge de travail: ce modèle contrôle toutes les demandes d'allocation. En outre, envoyez les informations de chaque demande d'allocation au modèle de suivi des ressources de machine virtuelle.
- Modèle de calcul d'énergie: ce modèle basé sur notre modèle de consommation d'énergie.
- Modèle de base de prédiction: ce modèle de base en algorithme de prédiction pour donner une estimation de la consommation d'énergie du système.

Algorithme de prédiction

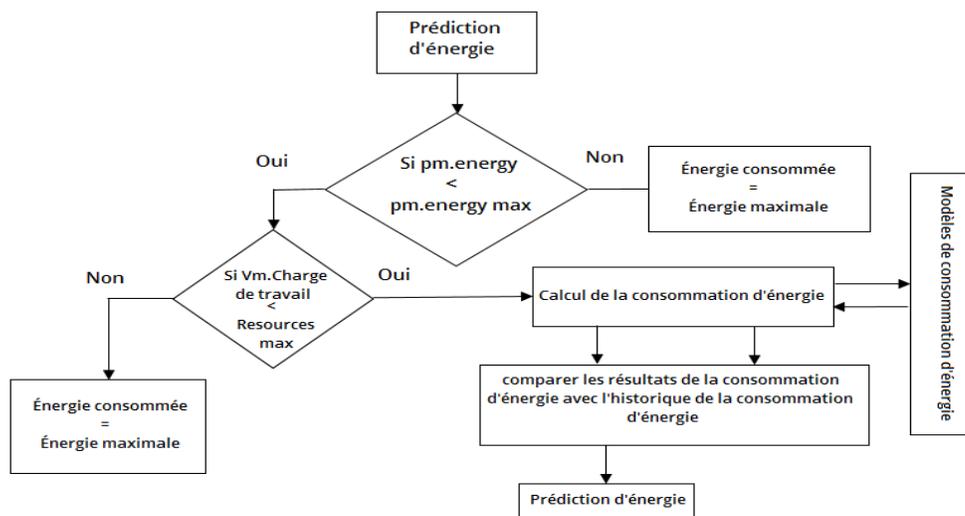


Figure 7 : Graphique de l'algorithme de prédiction [30].

Prédiction d'énergie

Input :

- (i) : Information des ressources VM
- (ii) : Information d'énergie de serveur
- (iii) : Calcul d'énergie

Output :

- (o) : Ressource nécessaire
- (o) : Energie nécessaire

1 : À la fin de chaque période, vérifie la latence de chaque VM.

2 : Calculer le taux d'utilisation des ressources par chaque VM, avec la somme des latences

3 : Calculer le nombre de CPU physiques utilisés

4 : Calculer le nombre de RAM utilisées

5 : Calculer la taille de l'espace de stockage utilisé

6 : Pour la période de temps (T_i) faire

Si ((latence VM) est toujours <seuil prédéterminé) et (les ressources allouent <ressources serveur max), alors

1. Calculer la consommation d'énergie

2. Si (nouvelles ressources allouées + ressources précédentes allouées <seuil prédéterminé) alors

a. Comparer les résultats de la consommation d'énergie avec l'historique de la consommation d'énergie précédente

b. Consommation d'énergie dérivée en réseau pour l'instant (T_i) prédéterminée par notre système.

c. Donner l'énergie de prédiction nécessaire pour le prochain T_{i2} basée sur la consommation d'énergie pour le temps courant (T_i)

3.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le problème de la consommation d'énergie des datacenter Cloud avec des détails. Ensuite, nous avons présenté dans cette approche de modélisation papier à l'énergie mesurée consommée par chaque ressource dans le centre de données. Nous avons combiné des stratégies de prédiction avec notre modèle de puissance pour calculer la consommation d'énergie. La simulation vise à clarifier l'efficacité de la fonction interne (traçage de l'énergie consommée par chaque ressource), et de la fonction externe (consommation d'énergie et énergie prédite). Dans le prochain chapitre, nous appliquerons cette stratégie de prédiction et nous mettrons à jour les résultats d'expériences et de simulations de notre application.

CHAPITRE 4

IMPLÉMENTATION ET

RÉSULTATS

D'EXPÉRIMENTATION

Chapitre 4

Implémentation et Résultats d'Expérimentation

4.1 Introduction

Afin de mettre en œuvre notre modèle de prévision, les techniques seront utilisées, et la simulation affichera les résultats de cette opération. Avant de donner les détails de cette simulation, nous parlerons d'abord des outils de simulation qui sont des machines virtuelles et du type de système d'exploitation qui va être installé sur ces machines. En plus de NS2 (Network Simulator 2) qui est considéré comme une motivation pour faire la simulation, et TCL (tool command language) sur lequel les commandes seront mises. Enfin, nous allons installer les machines virtuelles avec des systèmes d'exploitation en plus de ces deux outils (NS2 et TCL) puis exécuter ces techniques sur ces ressources et la simulation nous donnera les résultats pour choisir la meilleure technique de prévision.

4.2 Présentation des terminologies

Dans cette partie, nous présenterons les outils qui vont être utilisés dans cette simulation :

4.2.1 Machine virtuel

Une machine virtuelle est un système d'exploitation isolé par son hyper-viseur d'hôte physique (comme vmware). Il est généralement créé à partir de plusieurs paramètres: un hôte configuré qui émule un hôte physique avec CPU virtuel, RAM et disques de stockage virtuels; et une image qui donne un aperçu du système d'exploitation [30].

4.2.2 Network Simulator 2(NS2):

1. Définition

Network Simulator (NS) est simplement un outil de simulation de réseau piloté par événements discrets pour étudier la nature dynamique des réseaux de communication. Network Simulator 2 (NS2) fournit un support substantiel pour la simulation de différents protocoles sur des réseaux câblés et sans fil. Il fournit une plate-forme hautement modulaire pour les simulations filaires et sans fil prenant en charge différents éléments de réseau, protocoles, trafic et types de routage [45].

La figure suivante montre que NS2 est fortement recommandé dans ce type de simulation.

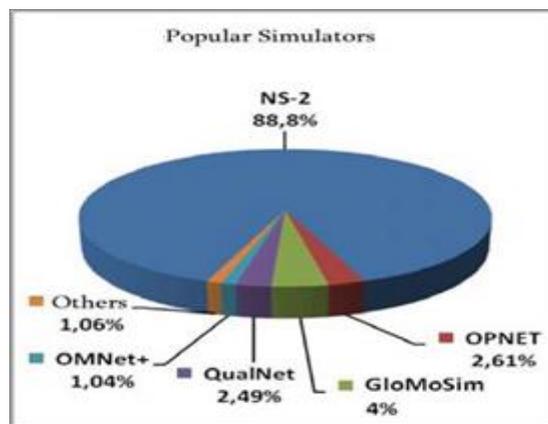


Figure 8 : Taux d'utilisation des simulateurs de réseaux [30].

2. Etapes d'installation

Pour installer NS2, on installe d'abord *Ubuntu 16.04* (Version). On a choisi la version NS2.35. L'installation de NS2.35 sous *Ubuntu 16.04* s'effectue en 3 étapes qui se résument-en :

- Copier le package d'installation NS2.35 dans le répertoire Home du système
- Accéder au répertoire NS2.35 sur le terminal
- Taper la commande d'installation './Install' dans le terminal de commandes

4.2.3 Tool command language (TCL) :

Ce langage est connu comme étant un langage de commandes interprété *et* extensif. En effet, les programmes écrits en TCL sont des fichiers texte constitués de commandes TCL qui est traités via un interpréteur TCL au moment de l'exécution. L'avantage d'implémenter notre algorithme en TCL est de pouvoir facilement l'interpréter avec l'interpréteur TCL intégré dans le simulateur NS2 [46], ce qui nous permet de simuler son fonctionnement afin d'évaluer ses performances.

4.2.4 Ubuntu

Ubuntu est un système d'exploitation (OS) open source basé sur la distribution Debian GNU / Linux. Il intègre toutes les fonctionnalités d'un système d'exploitation Unix avec une interface graphique personnalisable ajoutée. Il est principalement conçu pour être utilisé sur des ordinateurs personnels, bien qu'il existe également des éditions serveur [47].

4.3 Simulation

Après avoir donné les détails sur les outils que nous allons utiliser dans cette partie, nous allons commencer à faire la simulation de prédiction sur ces ressources.

Tout d'abord, nous présenterons le tableau qui montre les ressources du centre de données auxquelles nous avons appliqué le modèle proposé

Tableau 3 : Les ressources du Datacenter.

N°DC	Les ressources du Datacenter		
	Rack	Serveur	Stockage
1	100	Cpu dual core Ram 16 g	1To

Après ça, on présente le programme avec les techniques et les algorithmes dans langage C++, la figure suivante montre notre topologie de prédiction :

```
1 # -----
2 # ----- Creating data center topology -----
3 # -----
4
5 # SWITCHES
6
7 switch $sim(dc_type) {
8   "three-tier high-speed" {
9     set top(NCore)          2          ;# Number of L3 Switches in the CORE network
10    set top(NAggr)          [expr 2*$top(NCore)] ;# Number of Switches in AGGREGATION network
11    set top(NAccess)        256        ;# Number switches in ACCESS network per pod
12    set top(NRackHosts)     3          ;# Number of Hosts on a rack
13  }
14  "three-tier debug" {
15    set top(NCore)          1          ;# Number of L3 Switches in the CORE network
16    set top(NAggr)          [expr 2*$top(NCore)] ;# Number of Switches in AGGREGATION network
17    set top(NAccess)        3          ;# Number switches in ACCESS network per pod
18    set top(NRackHosts)     48        ;# Number of Hosts on a rack
19  }
20  "three-tier heterogenous debug" {
21    set top(NCore)          1          ;# Number of L3 Switches in the CORE network
22    set top(NAggr)          [expr 2*$top(NCore)] ;# Number of Switches in AGGREGATION network
23    set top(NAccess)        3          ;# Number switches in ACCESS network per pod
24    set top(NRackHosts)     48        ;# Number of Hosts on a rack
25  }
26  # three-tier
27  default {
28    set top(NCore)          8          ;# Number of L3 Switches in the CORE network
29    set top(NAggr)          [expr 2*$top(NCore)] ;# Number of Switches in AGGREGATION network
30    set top(NAccess)        64        ;# Number switches in ACCESS network per pod
31    set top(NRackHosts)     3          ;# Number of Hosts on a rack
32  }
33 }
34
35 # Number of racks
36 set top(NRacks) [expr $top(NAccess)*$top(NCore)]
```

Figure 9 : Topologie de prédiction en langage C++.

Cette partie du programme explique les paramètres qui doivent être définis, tels que le nombre de commutateurs dans les cœurs, l'agrégation, l'accès et le nombre d'hôtes dans les racks afin de passer à la partie suivante qui est la partie utilisateur. Cette partie du programme est illustrée dans la figure suivante:

```
1 # -----
2 # -----Creating DataCenter CloudUsers -----
3 # -----
4
5 puts ""
6 puts "*****"
7 puts "Creating cloud users"
8 puts "*****"
9 puts "Data center total computing capacity: [$Dcenter set mips_capacity_] MIPS"
10 # Number of cloud users
11 set top(NCloudUsers) 1
12
13 # Compute task generation rate
14 set task(genrate) [expr [$Dcenter set mips_capacity_]/$task(mips)*$dc(target_load)] ;# Number of ta
15 set task(netrate) [expr $task(genrate)*$task(size)*8] ;# Required bit
16
17 # Creating Cloud Users
18 puts "Creating $top(NCloudUsers) cloud user(s)..."
19 for {set i 0} {$i < $top(NCloudUsers)} {incr i} {
20     set clouduser_($i) [new Application/Traffic/ExpCloudUser]
21     $clouduser_($i) set id_ $i
22     $clouduser_($i) set packetSize_ $task(size)
23     $clouduser_($i) set tskmips_ $task(mips)
24     $clouduser_($i) set memory_ $task(memory)
25     $clouduser_($i) set storage_ $task(storage)
26     $clouduser_($i) set tsksize_ $task(size)
27     $clouduser_($i) set tskmaxduration_ $task(duration)
28     $clouduser_($i) set toutputsizes_ $task(outputsize)
29     $clouduser_($i) set tintercom_ $task(intercom)
30
31     $clouduser_($i) set burst_time_ 950ms
32     $clouduser_($i) set idle_time_ 50ms
33 # Use this values if you would like to test more variable load:
34 # $clouduser_($i) set burst_time_ 2000ms
35 # $clouduser_($i) set idle_time_ 1000ms
36     $clouduser_($i) set rate_ $task(netrate)
```

Figure 10 : Program d'utilisateur en langage C++.

Cette partie du programme présente les informations de l'utilisateur du centre de données Cloud telles que son identifiant, la quantité de services qu'il va utiliser comme le stockage, la mémoire, la durée ...etc.

Après la préparation du programme, son exécution dans le terminal affichera le scénario de prédiction.

```
*****
** Starting load=0.3 **
*****
Starting simulation using following parameters:
/usr/bin/time -f 0.3 %e %U %S %M -o /home/greencloud/greencloud/traces/simulation-2020-05-15.00.05.29/time.out -a /home/greencloud/greencloud/build/ns-2.35/ns main.tcl 0.3 5 1000000 /home/greencloud/greencloud/traces/simulation-2020-05-15.00.05.29 1 Green three-tier debug

three-tier debug

*****
BUILDING TOPOLOGY
*****

Data center architecture: three-tier debug
Creating switches CORE(1) AGGREGATION (2) ACCESS(3)...
Creating 144 servers...
Loading resource specifications configuration files...
Selected DC scheduler: Green
█
```

Figure 11 : Création de topologie dans terminal.

Après la création de la topologie avec l'utilisateur, le programme dans le terminal définira les paramètres de simulation puis commencera la progression.

```
Data center architecture: three-tier debug
Creating switches CORE(1) AGGREGATION (2) ACCESS(3)...
Creating 144 servers...
Loading resource specifications configuration files...
Selected DC scheduler: Green
VM static configuration...

*****
Creating cloud users
*****
Data center total computing capacity: 576057600 MIPS
Creating 1 cloud user(s)..

*****
SIMULATION PARAMETERS
*****

Simulation time: 65.5 seconds

Power management of computing servers: DVFS DNS
Power management of network switches: DVFS

Progress to      0 %
█
```

Figure 12 : Création d'utilisateur de Cloud et les paramètres de simulation dans terminal.

Après la fin de la progression, le rapport de simulation affichera :

```
Power management of computing servers: DVFS DNS
Power management of network switches: DVFS

Progress to      0 %
Progress to     10 %
Progress to     20 %
Progress to     30 %
Progress to     40 %
Progress to     50 %
Progress to     60 %
Progress to     70 %
Progress to     80 %
Progress to     90 %
*****
SIMULATION REPORTS
*****
-
Total tasks submitted: 32689
DC load: 26.1%
-
Energy consumed by servers: 143.5 W*h
Energy consumed by switches: Core(51.4 W*h) Aggregation(102.8 W*h) Access(9.1 W*
h) - 163.2 W*h
Total energy consumed (servers + switches): 306.7 W*h
```

Figure 13 : Rapport de simulation.

Enfin, le programme dans le terminal rassemblera les données et les formera ensuite sous forme des graphiques :

```
Tasks failed (rejected) on DC scheduler level: 0
Average load per vm: 0.3
Tasks failed on vms: 0
Cloud User:      0      : all tasks finished sucesfully.

*****
BUILDING GRAPHS
*****

Simulation time: 1 minutes

Fixing NAM file ordering...
processing /home/greencloud/greencloud/traces/simulation-2020-05-15.00.05.29/main.nam -> /home/greencloud/greencloud/traces/simulation-2020-05-15.00.05.29/main.nam.sorted
0+0 records in
0+0 records out
0 bytes (0 B) copied, 0.000234617 s, 0.0 kB/s
Done with load=0.3.

Generating data.js for GreenCloud Dashboard...
processing /home/greencloud/greencloud/traces/simulation-2020-05-15.00.05.29/dCLoadMem.tr
```

Figure 14 : Collection de données et transformation en graphiques.

4.4 Résultats de la simulation

Voici les résultats que nous avons obtenus en appliquant la méthode de prédiction, à partir de la simulation du Datacenter :

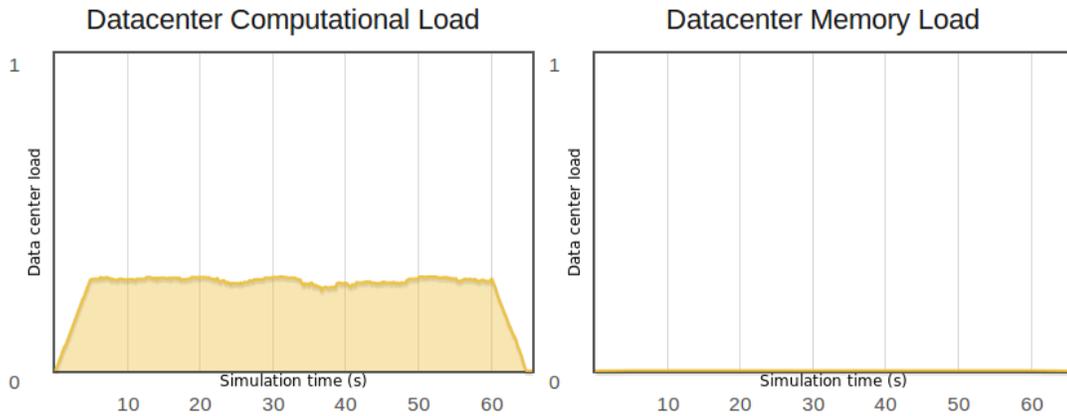


Figure 15 : Statistiques globales de Datacenter.

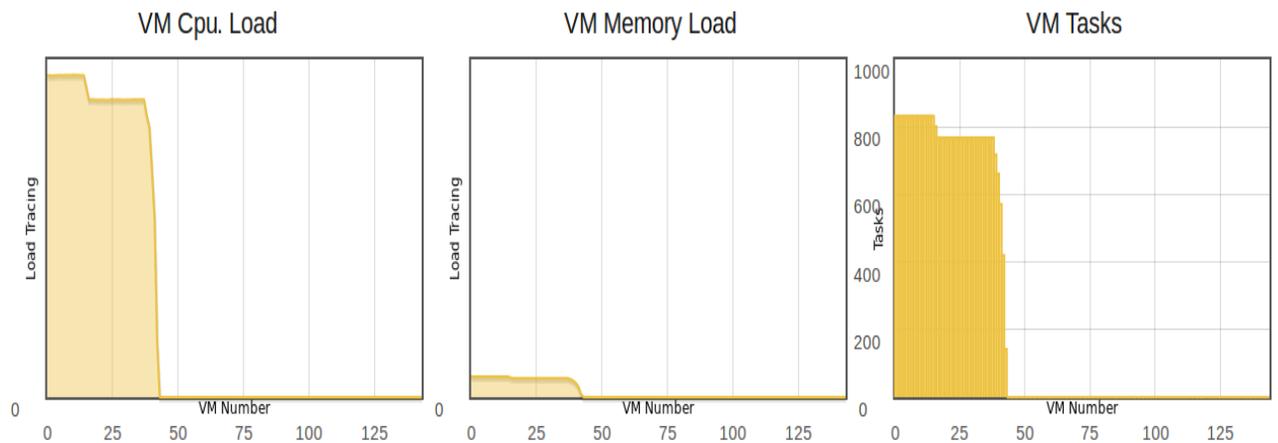


Figure 16 : Serveurs alloués aux machines virtuelles.

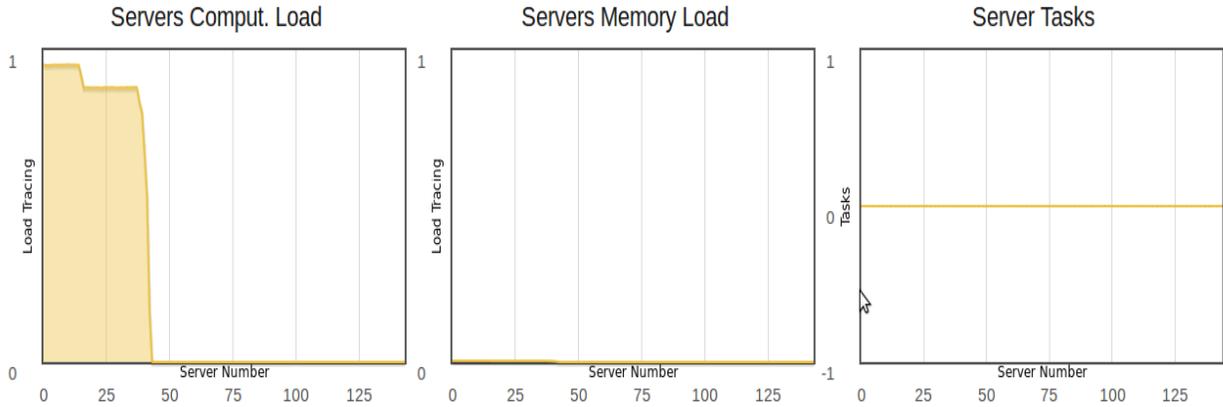


Figure 17 : Tâches serveurs physiques de centre de données.

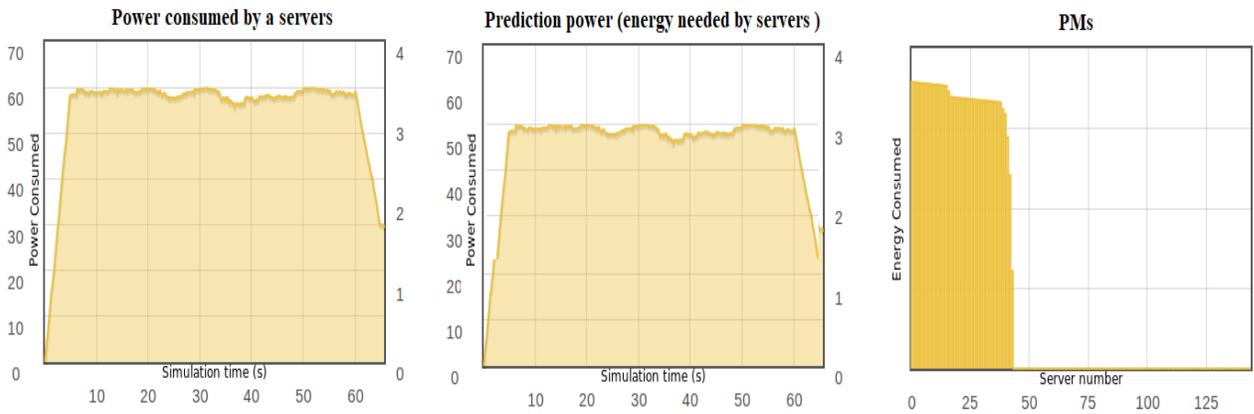


Figure 18 : Prédiction de l'énergie et de l'énergie consommée par les serveurs.



Figure 19 : Prédiction de l'énergie et de l'énergie consommée par le Datacenter.

Chapitre 04 : Implémentation et Résultats d'Expérimentation

Avec tous ces résultats appliqués par notre méthode, nous avons remarqué la différence entre la consommation d'énergie avant et après la prédiction, ce qui signifie que notre méthode de prédiction s'est bien déroulée et nous a donné les résultats souhaités.

4.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les outils nécessaires pour appliquer notre méthode de prédiction et expliqué l'installation de Network Simulator 2 dans Ubuntu 16.04, puis nous avons présenté en détail comment exécuter la méthode de prédiction à partir du code source C ++, puis l'exécuter. programme dans le terminal qui à la fin collecte des données et les forme dans des graphiques qui nous montrent le résultat de la simulation avec la différence de consommation d'énergie avant et après la prédiction, et avec ces résultats, nous avons vu que notre méthode de prédiction s'est bien déroulée avec une bonne prédiction de consommation d'énergie.

CONCLUSION

GÉNÉRALE

Conclusion générale

L'utilisation de la prédiction en informatique s'est avérée utile pour obtenir des informations sur la consommation d'énergie à l'avenir en utilisant l'historique de la consommation d'énergie de la dernière période, et à partir de là, il sera plus facile de contrôler la consommation d'énergie en éliminant les déchets qui apparaissent d'utiliser des ressources de Cloud Computing qui réduiront la consommation d'énergie pour ces ressources et réduiront également les coûts des factures pour les fournisseurs.

Les études dans le domaine de la prédiction se sont concentrées sur l'utilisation des algorithmes et des métriques mathématiques pour les appliquer dans les ressources du data center Cloud afin de bénéficier de tous les avantages des services pour les fournisseurs qu'offrait le Cloud Computing ce qui nous amène à proposer un nouveau modèle de prédiction dans ce sujet. Ce nouveau modèle de prédiction évalue la consommation d'énergie des ressources en lisant les données historiques de consommation, puis exécute ces algorithmes et métriques mathématique sur eux pour éliminer les déchets des ressources du centre de données Cloud qui consomment de l'énergie.

Notre contribution consiste en la création d'un modèle de prédiction basé sur des données antérieures et sa mise en œuvre sous l'environnement de simulation NS2. Les résultats préliminaires obtenus par la simulation prouvent que notre modèle offre un meilleur moyen de gestion de l'énergie et le degré de consommation est considérablement réduit, donc les services de Cloud Computing exécutés, en utilisant des ressources, sans gaspillage.

Enfin, nous prévoyons d'améliorer les performances de notre modèle de prédiction en utilisant nos techniques (algorithmes et métriques mathématiques) qui pourraient être considérées comme une solution pour les fournisseurs qui utilisent les services de Cloud Computing.

Conclusion générale

À la fin, notre objectif est de continuer à étudier dans ce domaine et de découvrir de nouvelles façons et d'acquérir une certaine expérience pour améliorer ce modèle et le rendre plus efficace afin qu'il devienne si utile en réalité.

Bibliographie

- [1] : <https://www.investopedia.com/terms/f/forecasting.asp>
[2] : <https://searchdatacenter.techtarget.com/definition/data-center>
[3] : <https://en.wikipedia.org/wiki/Energy>
[4] : <https://me.pcmag.com/networking-communications-software-products/1758/what-is-cloud-computing>
[5]: [http://www.cloud-entreprise.info/historique-cloud-computing/.....11/06/2017 a 11.48](http://www.cloud-entreprise.info/historique-cloud-computing/)
[6]: <http://vixra.org/pdf/1605.0018v1.pdf>
[7]: <http://www.vmware.com/cloud-computing>
[8]: <http://blogs.idc.com/ie/?p=190>

[9]: <http://www.bibsonomy.org/bibtex/2a5228c1a4057026333619d53f753e449/vonposer>

[10]: https://en.wikipedia.org/wiki/Platform_as_a_service
[11]: https://en.wikipedia.org/wiki/Infrastructure_as_a_service
[12]: https://en.wikipedia.org/wiki/Security_as_a_service
[13]: https://en.wikipedia.org/wiki/Network_as_a_service#cite_note-focus-1
[14]: Warin, S. (2011, Février 07). Un livre blanc sur le Cloud Computing. Consulté le Novembre 01, 2011, sur Wygwam: <http://www.wygwam.com/documents/cloud-computing.pdf>
[15]: Milojevic, D. and Wolski, R. (2011) ‘Eucalyptus: Delivering a Private Cloud. Computer, Vol. 44, No. 4, pp. 102–104.
[16]: <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-cloud-computing/>
[17]: Kliazovich, D.; Bouvry, P.; Khan, S.U. GreenCloud: A packet-level simulator of energy-aware cloud computing data centers. J. Supercomput. 2012, 62, 1263–1283.
[18]: <http://www.mycloudwiki.com/san/characteristics-of-a-datacenter.html>
[19]: <https://www.storagefreak.net/2013/11/key-characteristics-of-a-data-center>
[20]: <https://www.zdnet.com/article/how-hyperscale-data-centers-are-reshaping-all-of-it/>
[21]: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/mega-data-center-market>
[22]: S. Azodolmolky, P. Wieder, and R. Yahyapour, “Cloud Computing Networking: Challenges and Opportunities for Innovations,” IEEE Communication Magazine, vol. 51, no. 7, pp. 54-62, July 2013.
[23]: Make IT Green Cloud Computing and its Contribution to Climate Change.pdf
[24]: ISO: International Organisation for Standardization
[25]: <https://www.greenit.fr/2012/11/27/data-center-trois-nouveaux-indicateurs-environnementaux>
[26]: P. Ronak ET P. Sanjay, “Survey on Resource Allocation Strategies in

Cloud Computing”, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), February 2013.

[27]: N. Asha ET G. Raghavendra Rao, “A Review on Various Resource Allocation Strategies in Cloud Computing”, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (IJETAEE), July 2013.

[28]: <https://archipel.uqam.ca/12143/1/M15850.pdf>

[29]: http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00002803/01/Mayap_Kamga.pdf

[30]: Merzoug soltane. Predictions & modelling energy consumption for IT datacenter infrastructure, Gestion de la Qualité de Service dans les Réseaux de capteurs Multimédia Sans Fil. merzoug-soltane@univ-eloued.dz

[31]: <https://pdfs.semanticscholar.org/ac71/de07e46e826aef772ac6a36707bf9fe858cd.pdf>

[32]: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8641327/references#references>

[33]: Li T, Wang J, Li W, Xu T, Qi Q. Load prediction-based automatic scaling cloud computing. In: The international conference on networking and network applications (NaNA). Hakodate, Japan; 2016. pp. 330–335. <https://doi.org/10.1109/nana.2016.49>.

[34]: Aldossary M, Djemame K, Alzamil I, Kostopoulos A, Dimakis A, Agiatzidou E. Energy-aware cost prediction and pricing of virtual machines in cloud computing environments. Future Gener Comput Syst. 2019;93:442–59. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.10.027>.

[35]: Jararweh Y, Bani Issa M, Daraghmeh M, Al-Ayyoub M, Alsmirat MA. Energy efficient dynamic resource management in cloud computing based on logistic regression model and median absolute deviation. Sustain Comput Inform Syst. 2018;19:262–74. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2018.07.005>.

[36]: Daraghmeh M, Bani Melhem S, Agarwal A, Goel N, Zaman M. Linear and logistic regression based monitoring for resource management in cloud networks. In: The IEEE 6th international conference on future internet of things and cloud (FiCloud). Barcelona, Spain; 2018. pp. 259–266. <https://doi.org/10.1109/ficloud.2018.00045>.

[37]: Kim IK, Wang W, Qi Y, Humphrey M. CloudInsight: utilizing a council of experts to predict future cloud application workloads. In: IEEE 11th international conference on cloud computing (CLOUD). San Francisco, CA USA; 2018. pp. 41–48. <https://doi.org/10.1109/cloud.2018.00013>.

[38]: Piraghaj SF, Dastjerdi AV, Calheiros RN, Buyya R. A framework and algorithm for energy efficient container consolidation in cloud data centers. In: IEEE international conference on data science and data intensive systems. Sydney; 2015. pp. 368–375. <https://doi.org/10.1109/dsdis.2015.67>.

[39]: Tao S, Hui Ma, Gang CH. Energy-aware container consolidation based on PSO in cloud data centers. In: IEEE congress on evolutionary computation (CEC). Rio de Janeiro; 2018. pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/cec.2018.8477708>.

- [40]: Piraghaj SF, Dastjerdi AV, Calheiros RN, Buyya R. Efficient virtual machine sizing for hosting containers as a service. In: IEEE world congress on services. New York, NY; 2015. pp. 31–38. <https://doi.org/10.1109/SERVICES.2015.14>.
- [41]: Dong-Ki K, Gyu-Beom C, Seong-Hwan K, Il-Sun H, Chan-Hyun Y. Workload-aware resource management for energy efficient heterogeneous Docker containers. In: IEEE region 10 conference (TENCON). Singapore; 2016. pp. 2428–2431. <https://doi.org/10.1109/tenco.n.2016.7848467>.
- [42]: Ching-Chi L, Jian-Jia C, Pangfeng L, Jan-Jan W. Energy-efficient core allocation and deployment for container-based virtualization. In: IEEE 24th international conference on parallel and distributed systems (ICPADS). Singapore; 2018. pp. 93–101. <https://doi.org/10.1109/padsw.2018.8644537>.
- [43]: Ayaz A, Zakarya M, Khan R. H2—a hybrid heterogeneity aware resource orchestrator for cloud platforms. IEEE Syst J. 2019. <https://doi.org/10.1109/jsyst.2019.2899913>.
- [44]: Hooper, A. (2008). Green computing. Communication of the ACM, 51(10), 11-13.
- [45]: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/network-simulator>
- [46]: Information Sciences Institute, "The Network Simulator ns-2" <http://www.isi.edu/nanam/ns/>, University of Southern California
- [47]: <https://www.techopedia.com/definition/3307/ubuntu>