

---

## Modélisation et Evaluation de Performances de la Solution Cloud Computing de l'entreprise ICOSNET Alger

Outamazirt A., Dehdouh A., Drizi F., Aïssani D. et Bouallouche-Medjkoune L.

outamazirt.assia@gmail.com, lamos\_bejaia@hotmail.com, louiza.medjkoune@yahoo.fr

**Résumé** En Algérie, la majorité des entreprises n'ont pas encore opté pour les nouvelles technologies d'information et de communication, ainsi, une feuille de route relative au Cloud Computing est en cours d'élaboration, et le gouvernement compte la présenter à l'ensemble des opérateurs afin de les inciter à investir dans ce domaine. Parmi les entreprises ayant lancé leurs solutions Cloud, on trouve, l'entreprise ICOSNET, une entreprise dotée d'un data center présent au sein de son organisme. Dans ce travail, nous étudions le processus de cheminement d'une demande de client du Cloud ICOSNET depuis son arrivée jusqu'à sa supervision en modélisant le système de la création de ressources sous forme d'un réseau de Jackson ouvert avec cinq stations et le système de la supervision sous forme d'une file d'attente  $M/M/1$ . Nous évaluons les performances de nos deux systèmes et, les résultats obtenus ont été validés par simulation. Les résultats obtenus montre la grande responsabilité de l'entreprise ICOSNET sur la prise en charge de son client en lui assurant une disponibilité de ressources informatiques tout en répondant à l'évolution de ses besoins et d'éviter toute relation déséquilibrée entre clients-fournisseurs.

**Mots clés :** Solution Cloud d'ICOSNET, Evaluation de Performances, Réseaux de Files d'Attente, Simulation.

### 9.1 Introduction

Le cloud computing est devenu la nouvelle norme pour l'exécution d'applications et de charges de travail dans l'industrie. La plupart des entreprises hébergent aujourd'hui leurs services sur des clouds privés ou publics, et des fournisseurs du service cloud public (Google Cloud Platform, Amazon Web Services, et Microsoft Azure) offrent un support pour la plupart des services requis par les systèmes et applications complexes. L'infrastructure en tant que service (IaaS), la plate-forme en tant que service (PaaS) et le service en tant que service (SaaS) sont les modèles de services de cloud computing les plus populaires utilisés dans l'industrie [1].

En Algérie, la majorité des entreprises n'ont pas encore opté pour cette technologie, ainsi, une feuille de route relative au Cloud Computing est en cours d'élaboration et le gouvernement compte la présenter à l'ensemble des opérateurs afin de les inciter à investir dans ce domaine [2]. Parmi les entreprises ayant lancé leurs solutions Cloud, on trouve, par exemple, ICOSNET, Electronic Business Services, Algérie Presse Service Cloud,... Dans ce travail, nous nous intéressons à l'entreprise ICOSNET où le stage de fin de cycle Master II de nos étudiants a été effectué. Cette entreprise est dotée d'un data center présent au sein de son organisme, ce qui a facilité à nos étudiants de comprendre l'architecture du data center ainsi que le processus de cheminement d'une demande de client depuis son arrivée jusqu'à sa supervision.

ICOSNET est une entreprise créée en 1999, elle se positionne comme un opérateur d'accès internet et de solutions de télécommunication et s'impose aujourd'hui sur le marché de la convergence voix et données pour les PME/PMI et les grands comptes multinationaux installés en Algérie. Avec son équipe, elle a su capitaliser une importante expérience et nouer un relationnel conséquent avec les différents acteurs du secteur des télécommunications en Algérie et à l'étranger. ICOSNET se distingue par son approche technique et qualitative. La société a ainsi

montré son savoir-faire et sa maîtrise, notamment auprès des entreprises multi-sites. Sur le marché algérien, ICOSNET est un opérateur à part entière (autorisations ISP, VoIP et Wi-max). Ce positionnement lui permet de s'adresser à une clientèle large, de convaincre des clients de taille significative et de pouvoir proposer des solutions de connexion et de communication économiquement plus avantageuses et plus abouties. Car à partir de 2009, toute la connectivité internet est acheminée depuis Londres, ce qui a largement contribué à la fiabilité du réseau ICOSNET. Aujourd'hui, plusieurs entreprises algériennes et grands groupes internationaux implantés en Algérie ont fait confiance à ICOSNET, qui ambitionne d'étendre son implantation sur le territoire national.

Le Cloud d'ICOSNET est un Cloud privé où le fournisseur est bien l'Entreprise elle-même et les éditeurs sont les clients qui consomment les services du Cloud. Ces clients peuvent être soit internes comme les différents départements et services de l'entreprise, soit externe comme les banques, assurances, boîtes d'intégrations et startup ou des clients individuels. Le Cloud d'ICOSNET est sous l'architecture SaaS, il repose sur la solution Cloud VMware qui offre toute la sécurité et la qualité de service exigée par le client, et ce, en engageant des contrats SLA. Afin de gérer le contrôle du Cloud, l'Entreprise utilise le système d'information CRM, et pour la tarification, elle utilise l'application charge Back qui offre plusieurs possibilités d'arrangement pour tarifier le client selon la demande.

### 9.1.1 Position du problème

L'introduction des Technologies d'Information et de Communication dans nos vies quotidiennes requiert un changement d'habitudes et un temps d'apprentissage qui implique une contribution médiatique plus forte. Le Cloud Computing avance timidement dans l'environnement des services informatiques en Algérie, malgré même qu'il soit très en vogue à l'échelle mondiale. Les entreprises tardent à y investir, mais elles commencent à innover tout en l'intégrant dans leurs structures et elles sont très intéressées de savoir comment sauvegarder des informations et des données vitales afin d'assurer la continuité de leur fonctionnement même après des préjudices matériels subis en cas d'accidents, séismes, incendies ou même de sabotage. D'un autre côté, les clients (futurs utilisateurs) montrent une certaine réticence quant à la virtualisation de l'intégralité de leurs données à distance sur un Cloud et une crainte et méfiance sur le fait de confier leurs données sur le plan sécurité et confidentialité. C'est pourquoi, il nous semble intéressant d'étudier le Cloud Computing et analyser les performances du data centers afin d'évaluer sa flexibilité, de répondre à l'évolution des besoins et d'éviter toute relation déséquilibrée entre clients et fournisseurs.

Le travail présenté dans ce document consiste à l'étude de la solution Cloud de l'entreprise ICOSNET où le suivi d'un processus de cheminement d'une demande d'un service cloud du client a été effectué et analysé étape par étape. Pour ce faire, nous avons opté pour la modélisation analytique stochastique en utilisant les formalismes de files et de réseaux de files d'attente. Deux modèles ont été construits : le premier représente le processus de la création de ressources modélisé sous forme d'un réseau de Jackson ouvert avec cinq stations et le deuxième représente le processus de surveillance modélisé par une file d'attente  $M/M/1$ . la solution de ces modèles a été obtenue analytiquement et par simulation.

Le reste de ce document est structuré comme suit. Dans la section 2, nous présentons le fonctionnement du Cloud d'ICOSNET. Dans la section 3, nous proposons une modélisation analytique stochastique de deux systèmes "création de ressource" et "la supervision", puis une

évaluation de performances de ces deux systèmes a été présentée dans la section 3. Enfin, la section 4 conclut le document.

## 9.2 Fonctionnement du Cloud d'ICOSNET

### Côté administratif et technique (voir Figure 9.1) :

Pour que le client puisse accéder au Cloud, il doit suivre une certaine procédure administrative. En effet, le client communique sa requête (demande) au service commercial, puis ils négocient tous ensemble une offre qui les arrange. Une fois que les deux partenaires trouvent un terrain d'entente, la requête est transmise au Service technique qui étudie la faisabilité de la demande, puis il crée une version test pour une durée déterminée afin que le client puisse tester le produit, et cela, en posant leurs conditions sur la faisabilité selon les moyens disponibles et le type de la demande du client. Enfin, le Service technique transmet le produit test et les contraintes au Service Commercial, qui à son tour les propose au client.

Si le client n'est pas satisfait du produit test, il quitte le système en informant le service commercial pour libérer les ressources qui lui ont été attribuées ; Sinon il communique son souhait de garder ressources au Service Commercial et d'accepter de signer le contrat SLA qui est renouvelable tous les ans. Le Service Commercial informe le Service technique afin de prendre en charge la demande du client. Une fois ces ressources sont créés, le client pourra les gérer selon ses besoins.

En cas d'incident (problèmes techniques), le client envoie une requête au Support technique qui va étudier le problème, puis la requête sera dispatchée au service concerné dans le but d'y remédier.

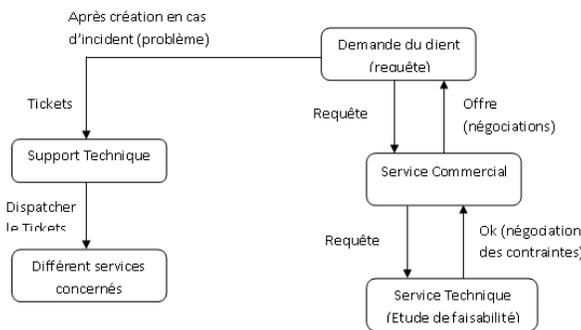


FIGURE 9.1. Fonctionnement du Cloud d'ICOSNET du côté technique.

### Côté virtuel (voir Figure 9.2) :

À la demande du client (interne ou externe à l'Entreprise), le fournisseur ICOSNET lui fournit un pool qui a une capacité finie de ressources (RAM, CPU, Disque). Le client gère son pool selon ses besoins. Il peut aussi créer à l'intérieur des Machines Virtuelles "VMs", des sous-pools ou des groupes de VM (VApps). Si le client demande une petite capacité de ressources, le Service technique d'ICOSNET peut lui allouer des VMs/VApps qu'il affecte directement au pool créé préalablement. Ainsi, il dispose à l'intérieur de ses services qu'il alloue à son tour à ses propres clients. Ce service peut être un espace de stockage, applications, logiciels, ...

La consommation du client ne peut dépasser la capacité du pool, VM ou VApps) qui lui est attribué. Au-delà de cette capacité, il doit demander au fournisseur d'augmenter sa capacité ce qui engendre une augmentation des frais.

Dès la génération d'une requête, une fiche technique lui est destinée dans le système d'information et la base de données CRM du Service Technique d'ICOSNET. Ainsi, une "VM test" disposant de ressources finies est créée pour une durée déterminée (un mois) afin que le client puisse tester le produit. Le cas de satisfaction de la part du client donnera naissance à la "VM de production", qui sera gérée par le client, comme suit :

- Préparation de VM (allouer les ressources : RAM, CPU, Disque).
- Choix du système d'exploitation (selon les besoins du client et les moyens disponibles dans l'Entreprise).
- Installation du système.
- Configuration des services.
- L'accès réseau (Adresse IP, Port).

Du côté du fournisseur ICOSNET, la gestion de ces VMs se fait à travers le CRM, car il offre la possibilité de planifier les tâches, de conserver les contacts et les fiches techniques, de surveiller les équipements POP (Switch, Routeur, Wimax) et les équipements téléphoniques IPBX (standard pour la voie, la messagerie) qui raisonnent avec le protocole IP. Le CRM fournit aussi un tableau de bord pour surveiller et gérer les incidents, les données et faire des statistiques sur le nombre de réclamations et actions. On peut trouver dans le CRM un espace de travail propre à chaque individu travaillant dans l'Entreprise, un espace de vente, marketing, ...

Lors d'utilisation d'une VM, le client peut rencontrer des problèmes. Il envoie un ticket au fournisseur qui va le dispatcher vers le service concerné à travers la boîte de messagerie du CRM afin de régler le problème. Une fois que celui-ci est réglé, un ticket sera renvoyé au client pour lui confirmer la résolution du problème.

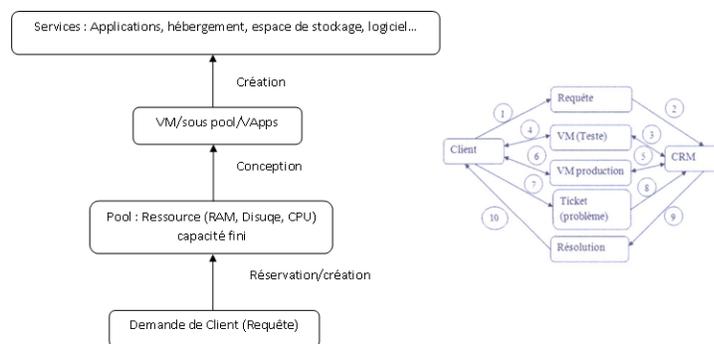


FIGURE 9.2. Fonctionnement du Cloud d'ICOSNET du côté virtuel.

Le tableau suivant décrit les flux existants dans le modèle de fonctionnement du cloud d'ICOSNET du point de vue virtuel présenté dans la Figure 9.2.

### 9.3 Modélisation Analytique

Après avoir étudié le Cloud d'ICOSNET et assimilé son fonctionnement sur ses différents aspects administratif, technique et virtuel, nous avons suivi l'enchaînement de la requête depuis

Numéro du flux	Les flux
1	Génération d'une requête
2	Création d'une fiche technique
3	Création d'une VM test
4	Tester la VM test
5	Naissance de la VM production
6	Exploitation de la VM production
7	L'envoi du ticket
8	Réception du ticket
9	Résolution du problème
10	Confirmation de la résolution du problème

TABLE 9.1. Les différents flux.

son lancement de la part du client jusqu'à sa supervision finale de la part de l'Entreprise. Cette étude approfondie du système met en évidence deux grandes étapes, qui sont la création et la supervision. Dans ce qui suit, nous allons modéliser et analyser les performances de ces deux étapes séparément.

### 9.3.1 Système de la création et de la supervision

Les clients envoient des requêtes. Ces dernières vont passer par plusieurs étapes techniques comme suit :

- Création du pool de ressources.
- Affectation du pool de ressources.
- Création du VM.
- Exploitation de VM par le client.

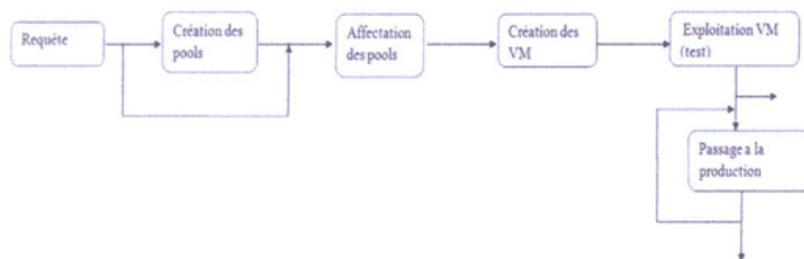


FIGURE 9.3. Les étapes de la création d'une VM

Dès son arrivée à ce niveau au système, la requête passe par plusieurs étapes techniques :

- Supervision des VM et consommation des ressources.
- Table de shooting (Résolution du problème).

L'objectif d'étude comme nous l'avons cité auparavant est d'évaluer les performances de la plateforme du Cloud Computing d'ICOSNET, ce qui nous ramène en premier lieu à la modélisation.

Les deux modèles conceptuels (voir les Figures 9.3 et 9.4) que nous avons conçus décrivent le cheminement d'une (ou plusieurs) requêtes dès son arrivée dans le système et son passage par



FIGURE 9.4. Les étapes de la supervision.

les différents services. Nous avons remarqué que s'il y a plusieurs arrivées, on se retrouve dans le cas d'attente, ce qui nous a amené à modéliser nos systèmes par des réseaux de files d'attente. Aussi, nous avons opté pour les réseaux de files d'attente, car nous sommes face à un réseau de télécommunication et la modélisation d'un tel réseau se fait en général par les réseaux de files d'attente.

### 9.3.2 Modélisation du système de la création par un réseau de Jackson ouvert

Nous considérons le système de la création comme étant un réseau de Jackson ouvert avec cinq stations (voir la Figure 9.5), où les arrivés (les demandes de clients) suivent un processus de Poisson, les serveurs sont : 1) Serveur de la création des pools ; 2) Serveur d'affectation des pools ; 3) Serveur de création des VMs ; 4) Serveur d'exploitation des VMs (VM test) ; 5) Serveur de passage à la VM de production. Les durées de services sont des variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées de loi exponentielle. La capacité de chaque file d'attente (station) est supposée infinie et la discipline de service est FIFO (First In first Out). Pour plus de détails sur les réseaux de Jackson ouvert, le lecteur peut se référer à [3, 4].

### 9.3.3 Modélisation du système de la supervision par une file d'attente $M/M/1$

Nous considérons le système de la supervision comme étant un modèle de file d'attente  $M/M/1$  [3, 5] (voir la Figure 9.6) où les arrivés (ressources : CPU, RAM et Disque ; applications ; pools ; VMs ...) suivent un processus de Poisson. Les durées de services sont des variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées de loi exponentielle. Un seul serveur : Serveur de Table Shooting et une capacité infinie du système. Les serveurs : Serveur de Table Shooting.

Afin de confirmer notre choix pour la file  $M/M/1$ , nous utilisons un échantillon de données récolté durant le stage à l'entreprise ICOSNET et effectuons un test Kolmogorov-Smirnov. Les

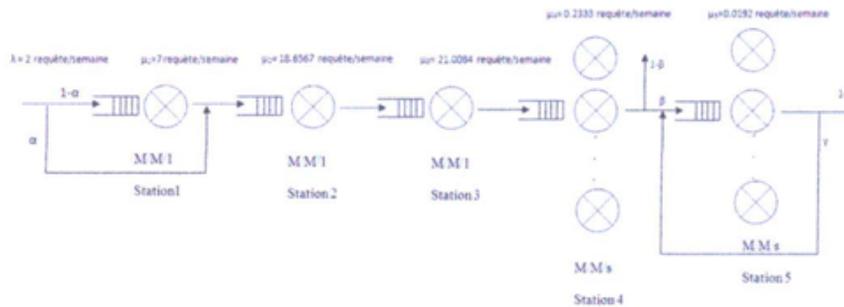


FIGURE 9.5. Modélisation du système de la création par un réseau de Jackson ouvert.

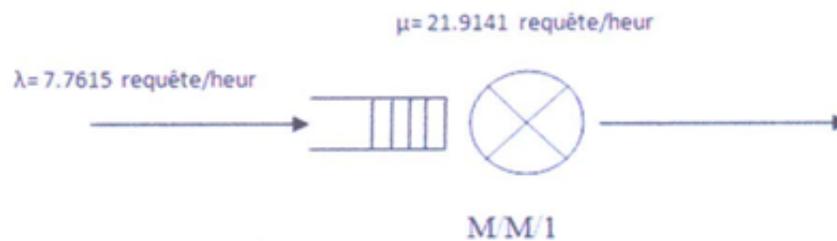


FIGURE 9.6. Modélisation du système de la supervision par une file d'attente M/M/1.

résultats obtenus de l'ajustement démontrent que le test de Kolmogrov-Smirnov ne rejette pas la loi exponentielle. Le tableau suivant représente les résultats d'ajustement :

Qualité d'ajustement - Détails [masquer]					
<b>Exponential [≠10]</b>					
Kolmogorov-Smirnov					
Taille de l'échantillon	16				
Statistique	0,42056				
Valeur de P	0,2576				
Rang	32				
$\alpha$	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Valeur critique	0,44698	0,50945	0,56328	0,62718	0,66853
Rejeter?	Non	Non	Non	Non	Non

### 9.3.4 Etude Statistique

Dans cette sous-sections, nous allons présenter une étude statistique réalisée sur la qualité de service fourni par la solution Cloud d'ICOSNET. Plus précisément sur la disponibilité des machines virtuelles qui hébergent les ressources des clients ; le volume des incidents et le volume

de résolution des incidents. Le but de cette étude est de voir si le Cloud d'ICOSNET arrive à satisfaire les clients de sorte que ces derniers auront accès à ses ressources à n'importe quel moment. La Figure (9.7) montre l'étude statistique faite sur la disponibilité des VMs durant les périodes : une journée, une semaine et un mois.

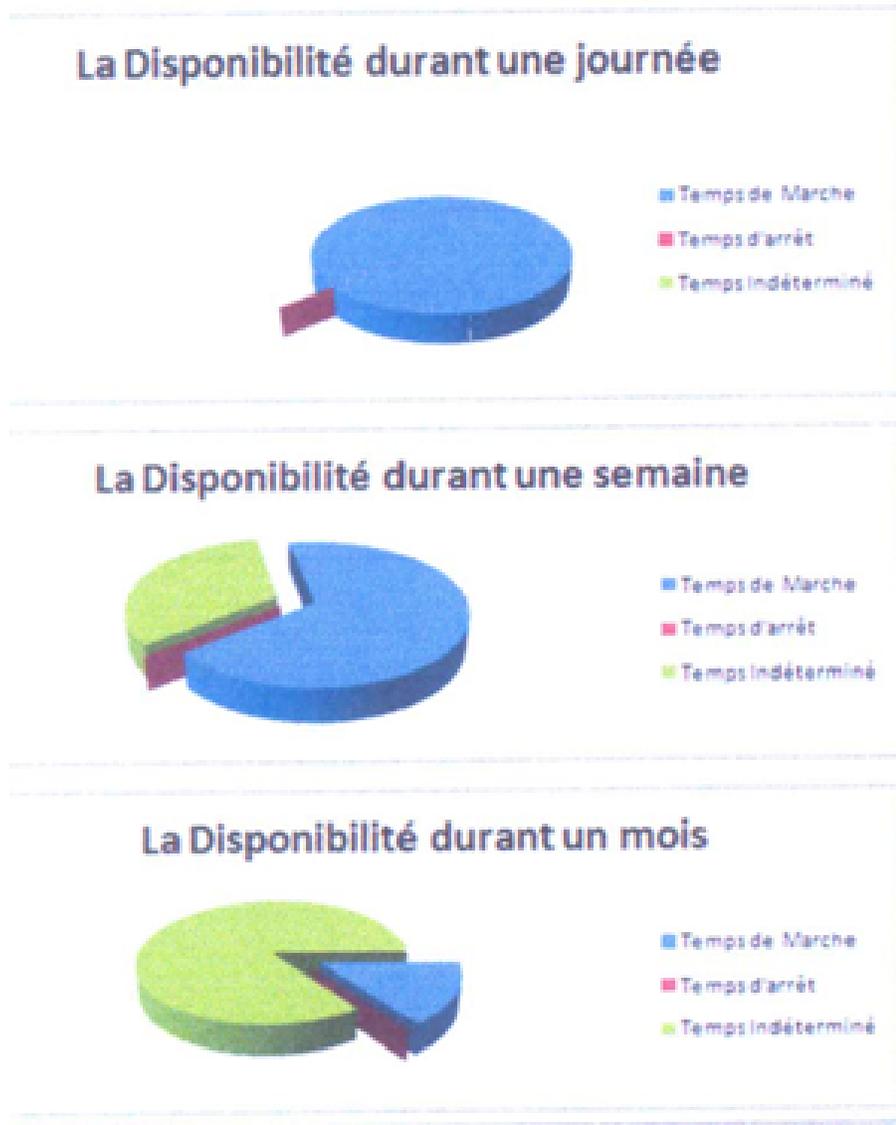


FIGURE 9.7. Disponibilité des VMs

Parmi les données fournies par des ingénieurs de l'Entreprise ICOSNET, nous avons celles qui concernent la disponibilité des machines virtuelles de leur solution Cloud. Nous avons pu les exploiter et les représenter sous forme de graphes de secteurs, où : le premier secteur représente la disponibilité des VMs durant une journée. Comme on peut le voir, les VMs sont quasiment en marche avec un pourcentage négligeable d'arrêts.

Pour le deuxième secteur, on remarque une réduction du temps de marche avec une augmentation du temps indéterminé et une quasi absence de temps d'arrêt. Par contre le troisième secteur, on remarque que le temps indéterminé dépasse largement le temps de marche durant le mois, avec le même temps négligeable d'arrêt. Où le temps indéterminé se définit par le fait que la VM est en état de veille. Cela signifie qu'elle est en marche mais qu'elle n'effectue pas de tâches durant une période donnée. Ainsi, on peut conclure que les VMs du Cloud sont toujours disponibles.

La Figure (9.8) montre l'étude statistique faite sur le volume des incidents.

Les données récoltées montrent qu'avec le temps (d'une journée à la semaine, à un mois ou à une l'année) que le volume des Warning diminue avec la hausse du volume des incidents Critical.

Les chiffres du volume d'incidents cités sont importants. En effet, il faut savoir qu'il y a trois types d'incidents :

- Les incidents de type Unknown : sont les incidents inconnus, qui sont des anomalies survenues dans le système, et qui se résolvent automatiquement dans une durée de temps qui pourrait être négligeable. Donc qu'il ne s'agit pas en réalité d'un incident qui aurait besoin de résolution.
- Les incidents de type Warning : sont juste des avertissements permettant de prévenir en cas de changement d'état pour éviter les incidents.
- Les incidents de type Critical : sont des incidents engendrés par des problèmes techniques (équipement, réseaux), non accessibles au service ; saturation de la capacité des ressources donné au client, etc. Certains de ces incidents se résolvent automatiquement et n'ont pas besoin d'une intervention pour leur résolution.

En résumé, nous sommes en face d'un grand volume d'incidents des équipements physiques et virtuels du Cloud. Néanmoins, ce ne sont pas des incidents qui influencent directement sur la qualité et la disponibilité de service fourni au client.

Les résultats présentés sur la Figure 9.9 montre le volume de résolution des incidents.

Les graphes ci-dessus présentent le volume de résolution des incidents durant une journée, une semaine, un mois et une année. La résolution de la majorité des incidents (78 % à 80 %) se fait dans une durée qui ne dépasse pas 5 min. Entre (13 % et 17 %) sont des incidents résolues dans une période variant de 5 à 20 min. Le reste qui constitue un petit pourcentage (5 %) de cas d'incidents importants à résoudre dans une période supérieur ou égale à 20 min. Ces résultats s'expliquent par la présence des trois types d'incidents cités auparavant.

## 9.4 Evaluation de performances

### Le premier réseau : a) Etude analytique

Le premier réseau représente un réseau jacksonien ouvert, ce qui nous a permis de simplifier son analyse en l'étudiant station par station. Les performances de chaque station sont obtenues à l'aide des formules du réseau de Jackson. Nous avons réalisé une application permettant d'obtenir les résultats analytiques de ce système. En faisant varier dans un premier temps les probabilités  $a$ ,  $p$  et  $y$  et dans un deuxième temps, nous fixons  $a = p = y = 0.8$  et nous varions le taux d'entrée au réseau à "requêtes/semaine" (dans les conditions du régime stationnaire des stations et du système), et cela, en fixant le nombre de serveurs dans les files M/M/s à 100 ; Ceci

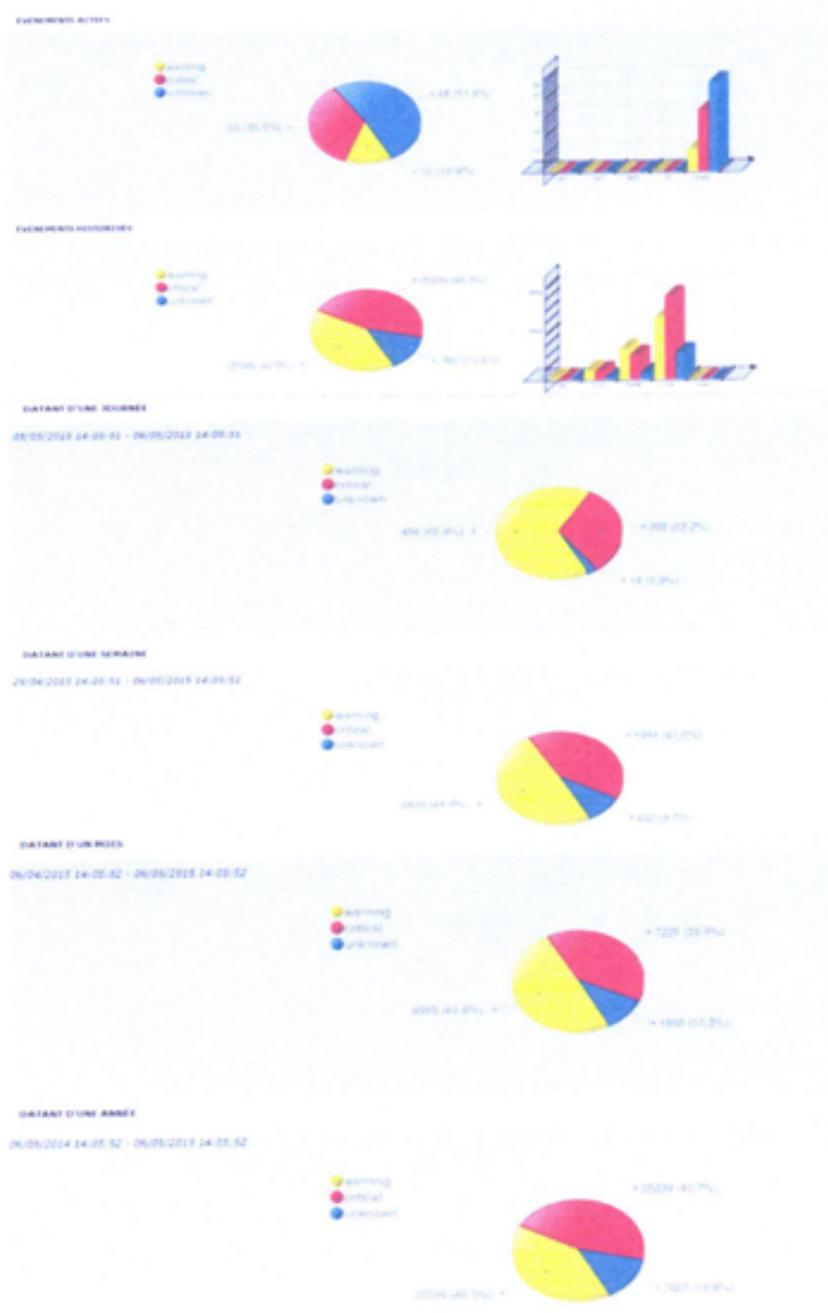


FIGURE 9.8. Volume des incidents

est dû à la diversité des ressources fournies aux clients. Les résultats sont représentés dans les tableaux suivants :

Remarque : Le taux d'arrivée dans le réseau = 2clients/semaine est vraiment faible, mais avec l'arrivée des nouvelles solutions Cloud conçues par ICOSNET comme V AZII, lancés après notre récolte de données et qui a augmenté  $\lambda$ . Ainsi, on va le faire varier pour voir le



FIGURE 9.9. Résolution des Incidents

changement lié aux performances du réseau. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

**b) Simulation** Nous avons résolu le modèle par une deuxième approche à savoir la simulation. Un simulateur adapté au réseau de files d'attente a été conçu. En gardant la même procédure suivie dans la méthode analytique et pour une durée de simulation  $T_{max} = 500$  semaines, les résultats sont présentés dans les tableaux suivants :

**c) Interprétation des résultats** D'après les résultats que nous avons obtenu, nous remarquons que les stations 3 et 4 ne sont pas atteintes par la variation des probabilités  $a$ ,  $p$  et  $y$  comme le montrent les résultats analytiques, tandis que les stations 1, 2 et 5 sont légèrement influencées car elles sont concernées par cette variation en restant tout de même performantes. En variant les taux d'arrivée des requêtes dans le réseau, nous remarquons que les stations tou-

		$\rho$	E(n)	E(L)	E(T)	E(w)	P <sub>0</sub>	P <sub>100</sub>
$\alpha=0.8$ $\beta=0.8$ $\gamma=0.8$	File 1	0.0571	0.0606	0.0035	0.1515	0.0087	0.9429	0
	File 2	0.4610	0.8552	0.3942	0.0994	0.0458	0.539	1.2638 10 <sup>-34</sup>
	File 3	0.8881	7.9333	7.0452	0.4252	0.3776	0.1119	7.85 10 <sup>-7</sup>
	File 4	0.9005	92.0302	1.9814	4.3806	0.0943	7.2512 10 <sup>-40</sup>	0.0218
	File 5	0.1052	10.5208	6.0880 10 <sup>-62</sup>	52.0833	3.0139 10 <sup>-61</sup>	2.6969 10 <sup>-5</sup>	4.6331 10 <sup>-61</sup>
	Réseau		111.4001		55.7000			
$\alpha=0.7$ $\beta=0.9$ $\gamma=0.6$	File1	0.0857	0.0938	0.0080	0.1563	0.0134	0.9143	0
	File2	0.4502	0.8190	0.3687	0.0975	0.0439	0.5498	1.2044 10 <sup>-35</sup>
	File3	0.8881	7.9333	7.0452	0.4252	0.3776	0.1119	7.85 10 <sup>-7</sup>
	File4	0.9005	92.0302	1.9814	4.3806	0.0943	7.2512 10 <sup>-40</sup>	0.0218
	File5	0.1154	11.5359	2.4763 10 <sup>-58</sup>	52.0833	1.1180 10 <sup>-57</sup>	9.7674 10 <sup>-6</sup>	1.6867 10 <sup>-57</sup>
	Réseau		112.4122		56.2061			
$\alpha=0.5$ $\beta=0.4$ $\gamma=0.7$	File1	0.1429	0.1667	0.0238	0.1667	0.0238	0.8571	2.7306 10 <sup>-65</sup>
	File2	0.4288	0.7507	0.3219	0.0938	0.0402	0.5712	9.5999 10 <sup>-38</sup>
	File3	0.8881	7.9333	7.0452	0.4252	0.3776	0.1119	7.85 10 <sup>-7</sup>
	File4	0.9005	92.0302	1.9814	4.3806	0.0943	7.2512 10 <sup>-40</sup>	0.0218
	File5	0.0556	5.5604	8.3305 10 <sup>-68</sup>	52.0833	7.8030 10 <sup>-67</sup>	0.0038	1.3843 10 <sup>-66</sup>
	Réseau		106.4413		53.2206			

$\lambda$		$\rho$	E(n)	E(L)	E(T)	E(w)	P <sub>0</sub>	P <sub>100</sub>
$\lambda = 4$	File 1	0.1143	0.1290	0.0147	0.1613	0.0184	0.8857	5.6483 10 <sup>-85</sup>
	File 2	0.3467	1.2061	0.6594	0.1182	0.0646	0.4533	2.6996 10 <sup>-21</sup>
	File 3	0.8881	7.9333	7.0452	0.4252	0.3776	0.1119	7.85 10 <sup>-7</sup>
	File 4	0.9005	92.0302	1.9814	4.3806	0.0943	7.2512 10 <sup>-40</sup>	0.0218
	File 5	0.1052	10.5208	6.0880 10 <sup>-62</sup>	52.0833	3.0139 10 <sup>-61</sup>	2.6969 10 <sup>-5</sup>	4.6331 10 <sup>-61</sup>
	Réseau		111.8195		55.9098			
$\lambda = 6$	File1	0.1714	0.2069	0.0355	0.1724	0.0296	0.8286	2.0865 10 <sup>-71</sup>
	File2	0.6325	1.7209	1.0885	0.1458	0.0922	0.3675	4.6915 10 <sup>-21</sup>
	File3	0.8881	7.9333	7.0452	0.4252	0.3776	0.1119	7.85 10 <sup>-7</sup>
	File4	0.9005	92.0302	1.9814	4.3806	0.0943	7.2512 10 <sup>-40</sup>	0.0218
	File5	0.1052	10.5208	6.0880 10 <sup>-62</sup>	52.0833	3.0139 10 <sup>-61</sup>	2.6969 10 <sup>-5</sup>	4.6331 10 <sup>-61</sup>
	Réseau		112.4122		56.2061			
$\lambda = 8$	File1	0.2286	0.2963	0.0677	0.1852	0.0423	0.7714	6.2359 10 <sup>-65</sup>
	File2	0.7182	2.5491	1.8309	0.1902	0.1366	0.2818	1.1871 10 <sup>-15</sup>
	File3	0.8881	7.9333	7.0452	0.4252	0.3776	0.1119	7.85 10 <sup>-7</sup>
	File4	0.9005	92.0302	1.9814	4.3806	0.0943	7.2512 10 <sup>-40</sup>	0.0218
	File5	0.1052	10.5208	6.0880 10 <sup>-62</sup>	52.0833	3.0139 10 <sup>-61</sup>	2.6969 10 <sup>-5</sup>	4.6331 10 <sup>-61</sup>
	Réseau		113.3298		56.6649			
$\lambda = 10$	File1	0.2857	0.4000	0.1143	0.2000	0.0571	0.7143	2.7855 10 <sup>-35</sup>
	File2	0.8040	4.1021	3.2981	0.2735	0.2199	0.196	6.5748 10 <sup>-11</sup>
	File3	0.8881	7.9333	7.0452	0.4252	0.3776	0.1119	7.85 10 <sup>-7</sup>
	File4	0.9005	92.0302	1.9814	4.3806	0.0943	7.2512 10 <sup>-40</sup>	0.0218
	File5	0.1052	10.5208	6.0880 10 <sup>-62</sup>	52.0833	3.0139 10 <sup>-61</sup>	2.6969 10 <sup>-5</sup>	4.6331 10 <sup>-61</sup>
	Réseau		114.9864		57.4932			

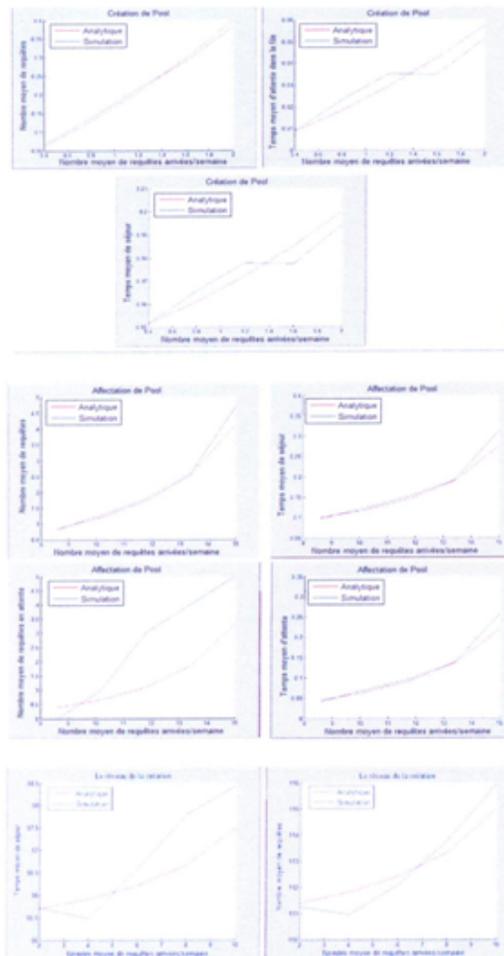
		E(N)	E(T)	E(L)	E(W)
$\alpha=\beta=\gamma=0.8$	File 1	0.0665	0.1518	0	0.0089
	File 2	0.8230	0.0965	1	0.0429
	File 3	7.6239	0.4111	3	0.3635
	File 4	92.0521	4.3289	0	0.3409
	File 5	10.6924	52.1542	2	0.0047
	Réseau	111.2579	55.7241		
$\alpha=0.7$ $\beta=0.9$ $\gamma=0.6$	File 1	0.0879	0.1480	2	0.0051
	File 2	0.6652	0.0876	0	0.0340
	File 3	7.2773	0.3900	5	0.3424
	File 4	92.9546	4.7861	4	0.8491
	File 5	11.4978	52.0987	1	0.0032
	Réseau	112.4828	56.5401		
$\alpha=0.5$ $\beta=0.4$ $\gamma=0.7$	File 1	0.0726	0.1494	1	0.0066
	File 2	0.6973	0.0884	2	0.0348
	File 3	8.8320	0.4741	10	0.4265
	File 4	92.8421	3.8631	7	0.
	File 5	5.6751	52.1409	0	0.0019
	Réseau	108.1191	53.0598		

chées sont seulement les deux premières, mais en général elles arrivent à satisfaire largement les besoins des clients car le nombre de clients dans la file ainsi que le temps d'attente sont faibles.

Il y a une légère différence entre les résultats analytiques et ceux de la simulation. Cela est dû au caractère aléatoire de la simulation. Une augmentation du temps de simulation donne de meilleurs résultats. Les graphes suivants présentent la variation du temps moyen de séjour, du

		E(N)	E(T)	E(L)	E(W)
$\lambda = 4$	File 1	0.1377	0.1661	0	0.0233
	File 2	1.2758	0.1232	1	0.0696
	File 3	6.6942	0.3608	8	0.3132
	File 4	91.9051	4.8647	3	0.0713
	File 5	10.9478	52.714	0	0.0019
	Réseau	110.9606	55.4718		
$\lambda = 6$	File 1	0.2153	0.1780	0	0.0351
	File 2	1.7787	0.1514	3	0.0978
	File 3	9.0597	0.4781	6	0.4305
	File 4	90.8252	4.9781	2	0.0248
	File 5	10.2154	51.9783	4	0.0124
	Réseau	112.0943	56.5897		
$\lambda = 8$	File 1	0.2888	0.1775	0	0.0347
	File 2	2.5794	0.1911	4	0.1375
	File 3	7.5526	0.4047	7	0.3571
	File 4	92.1049	5.1004	4	0.1521
	File 5	11.2481	52.5487	2	0.0418
	Réseau	113.7738	57.7841		
$\lambda = 10$	File 1	0.3823	0.1942	0	0.0513
	File 2	4.6946	0.3119	5	0.2583
	File 3	7.6979	0.4110	10	0.3634
	File 4	93.5791	4.9825	1	0.0687
	File 5	9.5781	52.8721	3	0.0087
	Réseau	115.932	58.4308		

nombre moyen de requêtes et du temps moyen d'attente en fonction de taux moyen d'entrée au système des stations 1 et 2 et du réseau sont représentés dans les figures ci-dessous :



### Le système de réparation : a) Etude analytique

Les performances du système de réparation sont calculées : Nous allons faire varier les taux d'arrivée des évènements (incidents) comme dans le premier réseau, et ce, pour voir les performances du système de réparation en augmentant le taux d'arrivés. LE tableau suivant présente les résultats obtenus :

	$\rho$	E(N)	E(L)	E(T)	E(W)	$P_0$	$P_{100}$
$\lambda = 2.8812$ $\mu = 21.9141$	0.1315	0.1514	0.0199	0.0525	0.0069	0.8685	$6.7818 \cdot 10^{-89}$
$\lambda = 7.7615$ $\mu = 21.9141$	0.3542	0.5484	0.1942	0.0707	0.0250	0.6458	$5.4319 \cdot 10^{-46}$
$\lambda = 8.0222$ $\mu = 21.9141$	0.3661	0.5775	0.2114	0.0720	0.0264	0.6339	$1.4521 \cdot 10^{-44}$
$\lambda = 8.3333$ $\mu = 21.9141$	0.3803	0.6136	0.2333	0.0736	0.0736	0.6197	$6.3799 \cdot 10^{-43}$
$\lambda = 11.8095$ $\mu = 21.9141$	0.5389	1.1687	0.6298	0.0990	0.0533	0.4611	$6.5254 \cdot 10^{-28}$

### b) Simulation

Nous avons aussi simulé ce système en faisant varier le taux d'arrivée des incidents, pour une durée de simulation  $T_{max} = 1000$  heures. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	E(N)	E(T)	E(L)	E(W)
$\lambda = 2.8812$ $\mu = 21.9141$	0.1480	0.0505	0	0.0049
$\lambda = 7.7615$ $\mu = 21.9141$	0.5286	0.0696	0	0.0240
$\lambda = 8.0222$ $\mu = 21.9141$	0.5653	0.0702	0	0.0245
$\lambda = 8.3333$ $\mu = 21.9141$	0.6117	0.0743	0	0.0286
$\lambda = 11.8095$	1.1332	0.0961	0	0.0505

### c) Interprétation des résultats

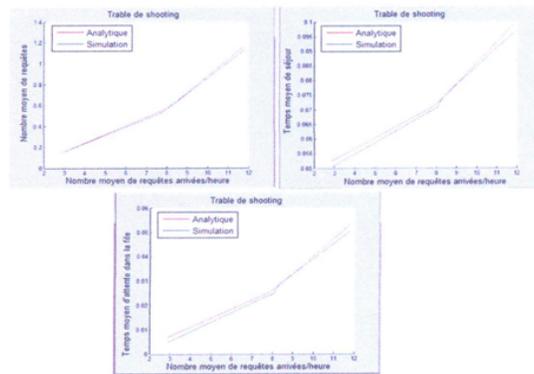
Les résultats analytiques et de simulation montrent que le système de réparation résout parfaitement les incidents, et cela est bien prouvé par les performances, car la longueur de la file d'attente et le temps d'attente sont faibles. On remarque toujours une légère différence entre les résultats analytiques et ceux la simulation. Cela est dû au caractère aléatoire de la simulation.

Les graphes suivants présentent la variation des temps moyen de séjour, du nombre moyen de requêtes et du temps moyen d'attente en fonction du taux moyen d'entrée au système :

#### 9.4.1 Discussion des résultats obtenus

D'après les résultats de notre étude, nous pouvons conclure qu'ils se rapprochent du déroulement réel du processus de fonctionnement du Cloud d'ICOSNET ; ce qui nous amène à valider nos modèles. Aussi, les résultats de la simulation diffèrent légèrement des résultats analytiques, et ce, à cause du caractère aléatoire de la simulation. Ce qui conduit à la validation de notre modèle par la simulation, et nous donne ainsi la possibilité d'évaluer les performances dorénavant par la simulation, notamment lorsque les conditions des réseaux à forme produit ne sont pas vérifiés.

En analysant les résultats, on peut remarquer que :  $P_0$  se rapproche de 1, tandis que  $P$ , se rapproche de 0, cela signifie que nos processus (création, et supervision) sont fluides, et que



nos serveurs arrivent à satisfaire largement les besoins des clients car les taux d'arrivée sont inférieurs aux taux de service.

## 9.5 Conclusion

Dans ce travail, nous avons étudié la solution Cloud de l'entreprise ICOSNET. Pour ce faire, nous avons suivi la chaîne d'une demande de ressource d'un client depuis son arrivée jusqu'à son exploitation et sa supervision. Nous nous sommes focalisés sur l'analyse du système de la création de ressource (resp. du système de la supervision) que nous avons modélisés par un réseau de Jackson ouvert (resp. une file d'attente  $M/M/1$ ). Par la suite, nous avons procédé à une évaluation de performances, et enfin, les résultats obtenus ont été validés par la simulation.

D'après notre étude, nous avons remarqué que le système de la création de ressources est performant malgré l'augmentation du nombre de clients dans le réseau. Cela se traduit par une bonne qualité du service Cloud d'ICOSNET et de la prise en charge de ses clients tout en minimisant leur temps d'attente. Pour le deuxième système qui surveille la disponibilité et les pannes des équipements physiques, virtuels et les ressources des clients, nous avons constaté que le système de résolution de panne est fluide et résout toutes les pannes tout en veillant à la minimisation du temps d'attente et ceci afin d'éviter tout mécontentement du client.

Nous avons aussi constaté que le volume d'incidents est trop important, mais cela est dû aux trois types d'incidents (Warning, Unknown et Critical). Par ailleurs, il faut pas oublier que l'un des avantages du Cloud Computing est que malgré que l'équipement physique est en panne (serveur : disque, CPU et RAM), les ressources du client restent toujours disponibles et cela grâce à leurs deux méthodes de sauvegarde.

Le nombre de clients, individuels ou entreprises, montrent une crainte liée à l'investissement dans des solutions Cloud. Notre étude sur le Cloud d'ICOSNET, divulgue une grande responsabilité de la manière dont cette entreprise prend en charge le client de façon à répondre à l'évolution de ses besoins et de respecter la confidentialité et la disponibilité de ses ressources.

Enfin, il semblerait intéressant d'élargir le périmètre de notre étude en étudiant les performances de nos deux systèmes dans le cas non Markovien qui est bien le cas qui montre le dynamisme de l'environnement du Cloud Computing.

## Références

1. IBM Cloud (2021) *Iaas vs. paas vs. saas*, [Online]. Available : <https://www.ibm.com/cloud/learn/iaas-paas-saas>

2. AP Service (2020) *Une feuille de route relative au Cloud Computing en cours d'élaboration*. [Online]. Available : <https://www.aps.dz/sante-science-technologie/111107-une-feuille-de-route-relative-au-cloud-computing-en-cours-d-elaboration>
3. Jean-François Héche, Thomas M. Liebling, Dominique de Werra (2003) *Recherche opérationnelle pour ingénieurs II*. Tome 2, Editeur : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR), NB de pages 350.
4. Ouiza Lekadir, Djamil Aïssani (2001) *Stabilité forte d'un réseau de Jackson à deux stations en tandem*. Thèse de magister, Université Abderrahmane MIRA, Bejaia
5. Klenrock Leonard (1975) *Queueing Systems*. Volume1 : Theory, Editeur : Wiley-Interscience. ISBN 10 : 0471491101 ISBN 13 : 9780471491101