

Table des matières	5
--------------------	---

6 Conclusion générale	67
------------------------------	-----------

Introduction

Le Cloud Computing est un mot à la mode (Buzz Word) dans les technologies de l'information (IT) d'aujourd'hui auquel personne ne peut échapper. Mais qu'est-ce qui se cache vraiment derrière ? Il existe de nombreuses interprétations de ce terme, mais aucune définition normalisée ni même uniforme. Le cloud computing favorise la fourniture et l'utilisation d'infrastructures informatiques, de plates-formes et d'applications de toute nature sous la forme de services disponibles électroniquement sur le Web. Le terme cloud fait allusion au fait que ces services sont fournis par un fournisseur sur Internet (ou sur l'intranet d'une organisation plus grande). Les utilisateurs de services cloud, en revanche, peuvent proposer leurs propres offres en tant que services sur Internet ou sur un intranet.

Généralement, les ressources en Cloud sont virtualisées : De cette façon, les utilisateurs du Cloud ont toujours la vue souhaitée et nécessaire sur leur infrastructure et leurs applications ne sont pas soumis à des dépendances systémiques ou contraintes.

De plus, les services Cloud peuvent être mis à l'échelle de manière dynamique : si une application nécessite des ressources supplémentaires, celles-ci peuvent être ajoutées immédiatement et sans trop d'effort par un processus automatique. Ainsi, les développeurs d'applications Web ayant des idées innovantes n'ont pas à investir massivement dans de nouveaux matériels lors de la création d'une entreprise. Ils peuvent obtenir les ressources nécessaires de manière flexible auprès d'un fournisseur tout en se concentrant sur leur idée d'entreprise. Avec une demande croissante, l'infrastructure peut être adaptée automatiquement aux exigences étendues.

Le cloud computing adopte le model *pay-as-you-use* payer ce que vous utiliser. Le nombre requis de ressources mis à disposition doit être payé. Pour les ressources inutilisées, rien ne sera facturé. Le Cloud a donc une importance économique car, en raison de sa flexibilité dans l'approvisionnement et l'utilisation de ses services, des économies considérables sont possibles. Le cloud fournira des capacités permettront de créer des économies d'échelle avec un rapport qualité-prix très favorable.

Entre-temps, plusieurs fournisseurs commerciaux, comme Amazon, Google ou Microsoft, se sont impliqués dans ce domaine. Cependant, leurs offres sont de différents types :

Amazon propose des ressources virtualisées à usage générique tandis que les cloud fournis par Google et Microsoft permettent l'hébergement d'applications. Chaque fournisseur recherchant un avantage concurrentiel, toutes les offres actuelles sont en effet propriétaires et il n'y a pas de normes, de sorte qu'en général, un changement rapide de fournisseur n'est pas une tâche facile.

Les critiques du Cloud Computing aiment alléguer ce danger de blocage des fournisseurs en plus des problèmes de sécurité possibles. Les responsables informatiques et les chefs de département, principalement établis, prônent la prudence. Mais un examen plus attentif révèle que ces arguments semblent très souvent viser à défendre leurs droits acquis «hérités» dans les centres de données classiques. Pour cette raison, la plupart des jeunes entreprises (startups) qui ne souffrent pas de ces dépendances profitent de cette nouvelle technologie. Mais il existe également des entreprises établies qui ont abordé le sujet du cloud computing et peuvent déjà se targuer d'une augmentation durable de l'efficacité grâce à son utilisation. En plus de profiter des clouds publics, les entreprises s'appuient de plus en plus sur leurs propres clouds privés.

Ce cours discute les éléments essentiels du cloud computing d'une manière adaptée aux débutants ainsi qu'aux praticiens qui ont besoin de connaître ou d'en savoir plus sur le cloud computing. Il est composé de 4 chapitre principaux.

Pour commencer, le chapitre 2 vise à donner une introduction de base et discute des concepts fondamentaux du cloud. Il inclue l'historique et le contexte, quelques définitions et la définition standardisé du NIST, les principes et les exigences d'un Cloud Computing.

Chapitre 3, donne une introduction aux technologies du Cloud Computing. Il inclue les concepts de base tel que l'écosystème, l'architecture et l'anatomie du Cloud, la gestion du cloud (hardware et applications), et la migration des applications vers le Cloud.

Chapitre 4, discute en détail les modèles de déploiement et les modèles de service du Cloud Computing. Commençant par présenter les modèles de déploiement privé, publique, communautaire et hybride. Leurs applications, leur utilisation et leur conception sont également discutées, ce qui donne une image claire et facilite un choix approprié de modèles de déploiement. Ensuite, les modèles de services cloud IaaS (*Infrastructure as a Service*), PaaS (*Platform as a Service*) et SaaS (*Service as a Service*) sont aussi discuté. Ce chapitre terminera par présenté l'idée des propriétés, de l'architecture et de l'application de ces modèles de service cloud.

Le dernier chapitre 5, discute les technologies support du Cloud Computing. Il couvre

les technologies suivante : SOA et Web Services, la technologie de processeur multi-cœurs, la virtualisation et l'hyperviseur. Ce chapitre donne une vue globale de la façon dont ces technologies sont liées au cloud et leurs contribution au succès du Cloud Computing.

Introduction au Cloud Computing

Sommaire

2.0.1	Historique	6
2.0.2	Contexte	7
2.1	Définitions	7
2.1.1	Caractéristiques du cloud computing	9
2.1.2	Modèles de services	10
2.1.3	Modèles de déploiement	10
2.2	Exigences du cloud	11
2.3	Avantages et inconvénients	13
2.3.1	Avantages	13
2.3.2	Inconvénients	13
2.4	Conclusion	13

2.0.1 Historique

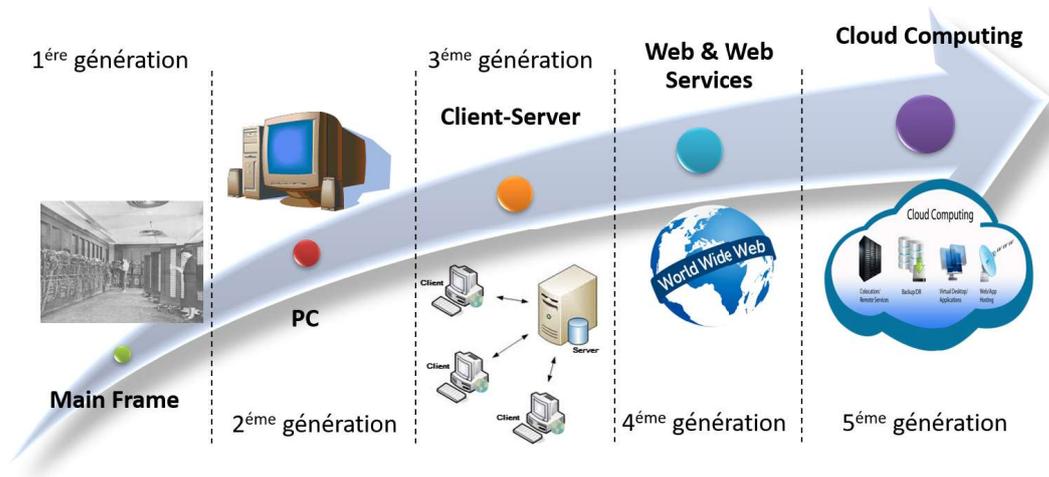


FIGURE 2.1: Historiques et générations de l'informatique

La figure 2.1 illustre l'évolution et les générations de l'informatique. Plus précisément, on parle de l'hébergement des applications.

- **1^{re} génération (MainFrame)** : Le terme se référait à l'origine aux grandes armoires qui abritaient l'unité centrale de traitement et la mémoire principale des premiers ordinateurs. Ces architectures de système ont été établies dans les années 1960, mais continuent d'évoluer. Les applications sont installées sur un ordinateur de grande puissance de traitement et qui sert d'unité centrale à un réseau de terminaux.
- **2^{me} génération (PC)** : Apparu en 1970s, l'utilisateur installe/accède ses applications directement sur son PC sans avoir besoin d'une tiers partie (réseau ou serveur).
- **3^{me} génération (Client-Serveur)** : Dans ce type d'architecture, l'application est divisée en 2 entités : (1) le fournisseur de service appelé *Serveur* et le consommateur de service appelé *Client*. Les deux entités doivent être connectées par un réseau.
- **4^{me} génération (www)** : Le web permet d'héberger des applications (dites applications web) sur des serveurs distants. Ces applications peuvent être accédées via le réseau internet en utilisant un navigateur.
- **5^{me} génération (cloud computing)** : Apparu au début du 21^{me} siècle, il consiste

à utiliser des serveurs informatiques distants par l'intermédiaire d'un réseau, généralement Internet, pour héberger/fournir des application. Ces serveurs sont loués à la demande, le plus souvent par tranche d'utilisation, selon des critères techniques (puissance, bande passante, etc.).

2.0.2 Contexte

La figure 2.2 montre la consommation journalière moyenne des ressources informatique dans une entreprise. On voit clairement que ces ressources ne sont pas exploitées entièrement. En effet, l'entreprise dépense son argent sur des actifs physiques qu'on utilise à leur capacité maximale occasionnellement.

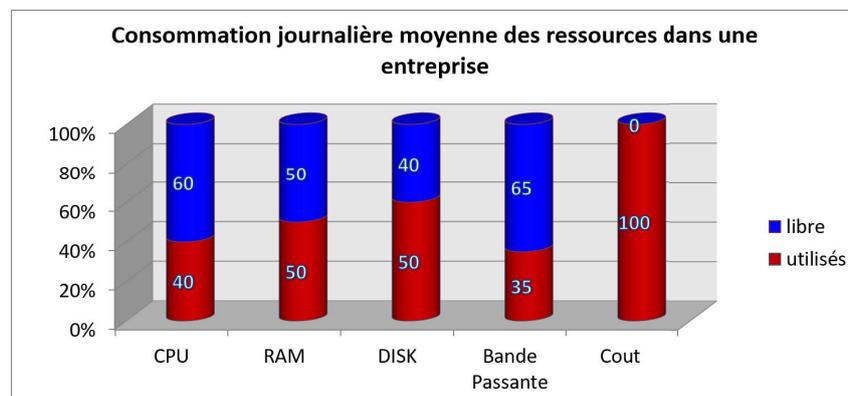


FIGURE 2.2: Consommation journalière des ressources informatique.

Si l'entreprise ne paye que les ressources informatiques qu'elle utilise ?

- ✓ Elle n'aurait plus s'investir dans l'achat de matériel.
- ✓ Elle passe de dépenses en capital (CapEx) à dépenses de fonctionnement(OpEx).
- ✓ Elle n'a plu qu'a recourir à un fournisseur de service en se basant sur le modèle (pay-as-you-use) ⇒ cloud computing.

2.1 Définitions

Definition 2.1.1 *By using virtualized computing and storage resources and modern Web technologies, cloud computing provides scalable, network-centric, abstracted IT infrastructures, platforms, and applications as on-demand services. These services are billed on a*

*usage basis*¹.

Definition 2.1.2 *Le cloud est un service de location de ressources informatiques par une organisation ou un individu et de payer seulement pour les ressources utilisées*².

D'autres définitions ont été proposées pour le cloud par exemple :

- Le cloud computing correspond à l'élimination d'investissements dans les infrastructures informatiques sans compromettre la productivité de l'entreprise.
- Le cloud permet d'économiser de l'argent.
- Si une ressource informatique est endommagée ou perdue, les données enregistrées sont sauvegardées sur le serveur du fournisseur de cloud.
- Les données et applications sont accessibles depuis n'importe quel équipement connecté à internet.

Définition standard Plusieurs définitions ont été proposées pour définir le cloud qui a causé une ambiguïté pour comprendre c'est quoi le cloud. Par conséquent, plusieurs fournisseurs de services affirment proposer un service cloud alors que ce n'est pas le cas comme par exemple : l'hébergement des sites internet.

Pour cet effet, Le NIST³ a publié une définition du cloud en 2009, puis une mise à jour de la définition en 2011.

Selon le NIST le cloud est :

Definition 2.1.3 *cloud computing is a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction. This cloud model is composed of five essential characteristics, three service models, and four deployment models.*

Cette définition est utilisée par l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) et l'ISO (The International Organization for Standardization). Elle spécifie :

- 5 caractéristiques essentielles du cloud.
- 3 modèles de services différents.
- 4 modèles de déploiement différents.

1. Christian Baun, cloud computing : Web-based Dynamic IT Services, livre, 2011.

2. K Chandrasekaran, Essentials of cloud computing, CRC Press, 2014.

3. Laboratoire National Institute of Standards and Technology aux USA.

2.1.1 Caractéristiques du cloud computing

Le cloud a 5 caractéristiques essentielles qui sont illustrées dans la figure 2.3. Si une de ces caractéristiques est absente alors ce n'est pas le cloud :



FIGURE 2.3: Caractéristiques du cloud computing

1. *On-demand self-service* : libre service à la demande, l'utilisateur peut s'approvisionner des services, tel que serveur de calcul ou stockage réseau, au besoin automatiquement sans aucune interaction humaine avec le fournisseur du service.
2. *Broad network access* : Accessible à sur l'ensemble du réseau, les ressources/services sont disponible sur le réseau (local/internet) grâce à des mécanismes standards.
3. *Elastic resource pooling* : ressources mutualisés, les ressources sont partagées pour permettre la fourniture des services en parallèle à plusieurs utilisateurs (multi-tenant model). Ces ressources virtuelles/physiques sont assignées dynamiquement suivant le besoin de l'utilisateur.
4. *Scalable and Elasticity* : Les ressources sont rapidement approvisionnées ou libérées en diverses quantités afin que les systèmes puissent mise à l'échelle selon les besoins. Pour le consommateur, les ressources semblent être illimitées
5. *Measured service* : Service mesurable, L'utilisation des ressources peut être surveillée, contrôlée et signalée, ce qui assure la transparence pour le fournisseur et le consommateur du service utilisé.

2.1.2 Modèles de services

Le NIST identifie 3 modèles de services proposés par les fournisseurs du cloud.

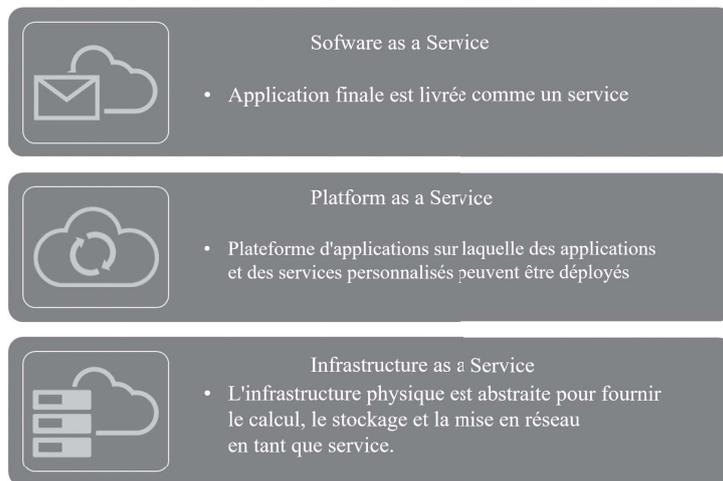


FIGURE 2.4: Les modèles de services du cloud computing

1. *cloud Software as a Service (SaaS)* : Permet aux consommateurs d'utiliser des applications qui se trouvent dans le cloud. Les applications sont accessibles depuis n'importe quel appareil connecté à internet.
2. *cloud Platform as a Service (PaaS)* : Les services fournis sur la couche PaaS sont destinés aux développeurs. Ces services sont des environnements de programmation ou d'exécution où un logiciel (programme) propriétaire écrit dans un langage de programmation spécifique peut être exécuté. Dans ce modèle, l'utilisateur n'a pas de contrôle sur l'infrastructure.
3. *Infrastructure as a Service (IaaS)* : Ce modèle donne aux utilisateurs une vue abstraite sur le matériel i.e., processeurs, mémoire, systèmes de stockage, réseaux. Il permet aux utilisateurs d'avoir le contrôle sur l'ensemble des ressources allouées, exemple : Création et suppression des instances de machine, démarrage et arrêt des OS, définition des topologies réseaux.

2.1.3 Modèles de déploiement

Le modèle de déploiement fait une distinction basée sur la mesure dans laquelle les unités organisationnelles des utilisateurs et des fournisseurs sont séparées les unes des autres.

On distingue 4 modèles de déploiement :

1. *cloud Public* : Aussi appelé cloud Externe. Il comprend toutes les offres cloud où les fournisseurs et les utilisateurs potentiels n'appartiennent pas à la même unité organisationnelle. Dans ce modèle, les fournisseurs rendent leur cloud accessible au public et proposent généralement un portail Web en libre-service
2. *cloud Privé* : Aussi Appelé cloud Interne. Les Fournisseurs et utilisateurs appartiennent à la même unité organisationnelle (Entreprise, université, gouvernement ? etc). Dans ce modèle, le contrôle sur les données reste avec les utilisateurs ou leur organisation.
3. *cloud Communautaire* : Ce cloud est partagé par plusieurs organisations regroupées au sein d'une communauté. Cette communauté a des intérêts communs (réglementaire, sécurité des données). Ce cloud peut être géré par les organisations ou un tiers.
4. *cloud Hybride* : L'infrastructure cloud est une composition de deux ou plusieurs infrastructures cloud distinctes (privées, communautaires ou publiques) qui restent des entités uniques mais sont liées par une technologie standardisée ou propriétaire qui permet la portabilité des données et des applications (par exemple, l'éclatement du cloud pour l'équilibrage de charge entre les clouds.

2.2 Exigences du cloud

Un fournisseur du cloud doit respecter certaines exigences pour que son service soit considéré comme un service cloud, parmi ces exigence on trouve :

1. **Multitenancy (location multiple)** : c'est une caractéristique essentielle des systèmes cloud visant à isoler les différents utilisateurs du système cloud (tenant) tout en maximisant le partage des ressources. Pour une application, multitenancy correspond au fait qu'une seule instance de l'application satisfait plusieurs utilisateurs.
2. **Service Life Cycle Management (Gestion du Cycle de vie du service)** : Les services cloud sont payés selon l'utilisation et peuvent être démarrés et arrêtés à tout moment. Par conséquent, il est nécessaire qu'un service cloud prenne en charge l'approvisionnement automatique des services. De plus, la facturation et le

règlement de la facturation doivent être fournis pour les services qui sont créés, modifiés et publiés de manière dynamique dans des environnements virtuels.

3. **Sécurité** : La sécurité doit être assurée pour les services. De plus, la sécurité de l'infrastructure doit également être assurée en appliquant un contrôle strict des ressources allouées à l'utilisateur.
4. **Responsiveness (Réactivité)** : Le fournisseur du cloud doit permettre une détection, un diagnostic et une solution rapide en cas d'incidents ou de panne dans l'infrastructure.
5. **Un déploiement de service intelligent** : Le fournisseur doit déployer les services de manière efficace. Aussi, Il doit maximiser le nombre de services déployé tout en respectant les engagements pris avec les clients.
6. **Portabilité** : Les services proposés par le fournisseur du cloud doivent être portable vers d'autre infrastructure en cas de besoin.
7. **Interopérabilité** : Le fournisseur doit mettre en œuvre des procédés pour permettre aux systèmes hétérogènes dans les environnements cloud de fonctionner ensemble.
8. **Qualité de service (QoS)** : Les services fournis doivent être disponible et fiable à tout moment.
9. **Accès au service** : Les utilisateurs doivent être capable d'accéder au services depuis n'importe quel équipement connecté a internet (pc, tablette ou smart phone).
10. **Respect de la législation** : Toutes les réglementations applicables doivent être respectées, y compris la protection de la vie privée.
11. **Flexibilité** : Il est prévu que le service cloud soit capable de prendre en charge plusieurs modèles de déploiement cloud et catégories de services cloud
12. **Traitement des données massives** : Il est prévu qu'un cloud prenne en charge des mécanismes de traitement massif de données (par exemple, l'extraction, la transformation et le chargement de données). Il convient de noter dans ce contexte que des systèmes de traitement distribués et/ou parallèles seront utilisés dans les déploiements d'infrastructure cloud pour fournir des capacités de stockage et de traitement de données intégrées à grande échelle qui évoluent avec des techniques de tolérance de panne.

2.3 Avantages et inconvénients

2.3.1 Avantages

Parmi les avantages du cloud computing on peut citer :

- L'accessibilité, Les services, les données ou les applications sont accessibles partout et depuis n'importe quels équipements.
- Les ressources sont optimisées pour les besoins de l'application et de l'utilisateur ⇒ pas de pertes de performances.
- La facturation de la consommation permet de faire des économies. Pas besoin d'acquérir du matériel onéreux.
- Scalability ou évolutivité permet d'acquérir automatiquement des ressources supplémentaires au besoin.
- La maintenance de l'infrastructure est déléguée au fournisseur du cloud.

2.3.2 Inconvénients

- Si la connexion internet est perdue, l'accès au cloud n'est plus possible.
- Les données sont accessibles au fournisseur du cloud ⇒ Problème de privacy.
- Les données sont colocalisées avec d'autres utilisateurs ⇒ Problème de sécurité.
- L'utilisateur n'a pas de contrôle sur les ressources physiques déployées par le fournisseur.
- L'utilisateur n'a pas de contrôle sur les versions des systèmes et des logiciels déployés.

2.4 Conclusion

Pour une compréhension claire du cloud computing, il y a certains concepts fondamentaux à connaître. Ce chapitre commence par la motivation du cloud computing et examine brièvement la raison pour laquelle le cloud a été introduit, la nécessité du cloud computing et la définition de base du cloud. Ensuite, il présente la définition standard du cloud computing fournie par le NIST. Le chapitre termine par introduire les exigences, les avantages et les inconvénients du cloud computing.