



CENTRE DEPARTEMENTAL DE GESTION DE  
LA FONCTION PUBLIQUE TERRITORIALE  
DE LA CORSE DU SUD

☒ : 18, cours Napoléon - BP 60321  
20178, Ajaccio, Cedex 1

☎ : 04.95.51.07.26 - ☎ : 04.95.21.60.75

**CONCOURS EXTERNE SUR TITRES AVEC EPREUVES D'ACCES AU GRADE DE  
TECHNICIEN TERRITORIAL**

**Spécialité : ingénierie, informatique et systèmes d'information  
Session 2012**

Epreuve d'admissibilité :

L'épreuve d'admissibilité consiste en des réponses à des questions techniques à partir d'un dossier portant sur la spécialité au titre de laquelle le candidat concourt.  
(durée : trois heures ; coefficient 1).

**Questions :**

**Question 1 : 3 points**

Définissez les principaux modèles d'usage en matière de cloud computing : SaaS, PaaS et IaaS.

**Question 2 : 3 points**

Détaillez les principaux risques en matière de sécurité informatique au niveau du cloud computing.

**Question 3 : 3 points**

Décrivez de manière synthétique quels sont les avantages du cloud computing.

**Question 4 : 3 points**

Décrivez de manière synthétique quels sont les inconvénients du cloud computing.

**Question 5 : 3 points**

Définissez les notions de cloud privé interne et externe, public et hybride et posez la problématique du choix entre ces différentes formes de cloud computing dans le cadre des collectivités territoriales.

**Question 6 : 2 points**

Dans le cas d'un cloud public, hybride ou privé externe, quelles prescriptions en termes de sécurité des données et de niveau d'accès, le contrat d'externalisation doit-il préciser pour protéger une collectivité territoriale ?

**Question 7 : 2 points**

Décrivez les critères de comparaison à retenir dans le cas du choix du mode de déploiement d'une application : en mode classique ou en mode SaaS.

**Question 8 : 1 point**

Pensez-vous qu'une solution de type PaaS soit envisageable pour une petite commune ? Justifiez votre réponse.

*Non le coût qui est pas de SI de capacités à héberger des appli à remonter sur un...*

## Documents joints :

*Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents volontairement non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.*

**Document 1** : « Le "cloud computing", un outil pour le passage des collectivités à l'administration électronique ? » - Luc Derriano – juillet 2010 - [www.localtis.info/](http://www.localtis.info/) - 2 pages

**Document 2** : Extrait du « Livre blanc Sécurité du Cloud Computing » – Syntec Numerique - 4ème Trimestre 2010 - [www.syntec-numerique.fr](http://www.syntec-numerique.fr) - 2 Pages

**Document 3** : « Dossier Cloud Computing : comment le PaaS promet de révolutionner l'informatique » - Christophe Bardy - 18 février 2011 - [www.lemagit.fr/](http://www.lemagit.fr/) - 4 pages

**Document 4** : « Comparer les coûts entre licence globale et SaaS : pas si simple » - Luc Sabot - 18 janvier 2012 - [www.journaldunet.com](http://www.journaldunet.com) - 1 page

**Document 5** : « Cloud Computing et Secteur Public, une révolution en marche » - CEGID - janvier 2012 - [www.cegid.fr](http://www.cegid.fr) - 1 page

**Document 6** : « Cloud computing : attention aux coûts cachés ! » - Jacques Cheminat - 6 décembre 2011 - [www.lemondeducloud.fr](http://www.lemondeducloud.fr) - 2 pages

**Document 7** : « Virtualisation : la sécurité des données hébergées en "Cloud computing" » - Martine Cournaud et Del Ry - 29 juin 2011- [www.internetmairie.com](http://www.internetmairie.com) - 1 page

**Document 8** : « Informatique en nuage : se prémunir des risques juridiques » - Martine Cournaud et Del Ry - 4 avril 2011- [www.internetmairie.com](http://www.internetmairie.com) - 1 page

**Document 9** : Extrait de l'article « Cloud computing » de Wikipedia – 2012 - [fr.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_computing](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing) - 2 pages

**Document 10** : « Le "cloud computing", opportunité pour l'État ? » - Olivier Silberzahn - 26 octobre 2011- [www.latribune.fr](http://www.latribune.fr) - 1 page

**Ce document comporte 19 pages (y compris celle-ci).**

### Consignes :

Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom, ni le nom d'une collectivité, ni signature, ni paraphe et ne devez écrire avec une autre couleur que bleue ou noire.

**Document 1 : « Le "cloud computing", un outil pour le passage des collectivités à l'administration électronique ? » - Luc Derriano – juillet 2010 - [www.localtis.info/](http://www.localtis.info/) - 2 pages**

La ville de Versailles a joué les candides face au leader mondial des systèmes d'exploitation, le 6 juillet 2010, à l'occasion d'une conférence des Rencontres de la modernisation de l'Etat et des acteurs publics. L'"informatique en nuage" devrait conduire les directeurs des systèmes d'information et les élus des collectivités locales à garder les pieds sur terre.

"Cloud computing" ou "informatique en nuage" est un "mode de traitement des données d'un client, dont l'exploitation s'effectue par l'internet, sous la forme de services fournis par un prestataire", définit le Journal officiel du 6 juin 2010.

"L'informatique en nuage est une forme particulière de gérance de l'informatique, dans laquelle l'emplacement et le fonctionnement du nuage ne sont pas portés à la connaissance des clients", prévient aussi la Délégation générale à la langue française et aux langues de France.

"L'objectif de cette informatique dans les nuages, c'est de combiner plusieurs technologies et des modèles commerciaux pour fournir des services à la demande à travers internet. Les utilisateurs ne sont plus propriétaires des logiciels mais accèdent à des services évolutifs, constamment remis à jour, sans avoir à gérer les infrastructures qui les supportent et sans investissement initial", a complété, ce 6 juillet à Paris, Bernard Ourghanlian, directeur technique et sécurité de Microsoft, leader mondial des systèmes d'exploitation. Les applications et données ne se trouvent pas sur un serveur local, comme actuellement, mais sur des ordinateurs distants reliés entre eux en haut débit.

"C'est un peu comme si vous louiez un appartement dans un immeuble : nous parlons de modèle dit multilocataires", a plaisanté le responsable informatique. Car il s'agit d'un nombre extrêmement important, de l'ordre de 100.000 serveurs, hébergés dans des centres de données, de calculs, de traitements "qui font entre 10 et 20 fois la taille d'un terrain de foot", a comparé l'expert, actualité sportive oblige.

#### **Valoriser les investissements de sociétés américaines**

La raison de l'apparition de ces centres est leur mise en place par des acteurs qui s'adressent au grand public pour offrir des services de messagerie, des sites collaboratifs, d'échanges de vidéos ou de musique entre des centaines de millions d'internautes à travers le monde : Amazon, Google, Microsoft, etc. Leur maîtrise et le niveau d'industrialisation atteint font que ces centres sont gérés aux meilleurs coûts.

Via des outils collaboratifs, ils offrent une informatique ubiquitaire aussi simple d'accès que l'eau, le gaz ou l'électricité, avec une facturation à la consommation, "comme lorsque l'on ouvre un robinet", a souligné le directeur technique. C'est donc un mode de consommation très différent des logiciels actuels. L'objectif : réaliser des économies puisqu'il n'y a pas besoin d'investissements mais que l'on fait appel aux services en réseaux. En outre, il y a transformation des budgets d'investissements en budgets opérationnels de consommation de besoins informatiques. "Les prix pour un service varient du simple au double ou au triple par rapport à l'acquisition traditionnelle de logiciels", a précisé Bernard Ourghanlian.

#### **Des avantages non négligeables**

Outre des économies alléchantes sur la diminution de l'investissement matériel (serveurs, développements, licences...), l'offre au plus près des besoins des administrations, y compris au moment de la montée en charge, est mise en avant. Pour le besoin ponctuel du calcul des payes, par exemple, le principe est bien "celui qui consomme plus, paye plus". La meilleure sécurité du système d'information avec l'externalisation de la maintenance et des sauvegardes est aussi un moyen d'augmenter la sécurisation des systèmes informatiques car celle-ci est ainsi assurée par des prestataires dont c'est le coeur de métier.

L'optimisation des ressources énergétiques : l'usage de ces services en supprimant les serveurs locaux, grands consommateurs d'énergie, favoriserait le développement durable. Enfin, "le PC se met au service de la croissance", s'est réjoui le responsable de la firme de Redmond (siège de la société, près de Seattle, aux Etats-Unis). En mettant à disposition de tous ces services informatiques quasiment sans coûts, de nouveaux entrants pourront offrir des services innovants à la fois aux entreprises et aux administrations. Des PME devraient donc pouvoir concurrencer des acteurs déjà installés sans acheter des moyens informatiques mais en consacrant l'essentiel de leur capital à innover et à offrir de nouveaux services.

#### **De grandes incertitudes**

C'est un modèle qui paraît miraculeux mais des questions restent posées notamment en termes de sécurité, de vie privée et de souveraineté nationale. "Des questions qui doivent être posées car nous ne vivons pas dans le village des Bisounours mais dans une réalité où les intérêts peuvent être divergents", a reconnu l'expert. Le "cloud computing" pose un problème juridique qui n'est toujours pas résolu. S'il est possible de mettre en oeuvre des audits de contrôle sur le service, quelle juridiction va s'appliquer en cas de fraude ? Celle de la collectivité qui utilise le service ? celle du lieu d'hébergement physique des données ? celle du siège social du prestataire ? "Si les données sont susceptibles de se promener, alors vous êtes dans l'instabilité totale. Il faut obtenir des garanties pour savoir où elles sont stockées. Il faut en outre une clause de réversibilité", a prévenu Bernard Ourghanlian.

Il est donc nécessaire de poser un cadre réglementaire adéquat pour que chaque acteur, notamment en Europe, puisse garantir les fonctions régaliennes de l'Etat. Les usages n'ont pas de frontière mais les Etats, eux, en ont et cela peut être un problème que certaines données soient stockées dans un autre pays que le pays utilisateur.

Peut-on créer des offres localement sur le marché français ? L'Anssi (Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information) devrait se prononcer prochainement sur ce sujet. Toutes les données régaliennes devraient probablement rester sur le territoire. Il est aussi nécessaire de réguler sur internet le respect de la vie privée. Car comment garantir que les boîtes aux lettres des agents voire des administrés, ainsi externalisées et déterritorialisées, ne seront pas utilisées pour l'envoi de publicité ciblée ?

"Nous pouvons imaginer le rôle de la France sur ce sujet dans l'agenda de la commissaire européenne Nelly Kroes, car c'est à ce niveau que ces questions doivent être débattues", a interpellé le directeur technique. Quand nous constatons le peu de poids de la Commission face aux lobbies sur la question des standards ouverts...

### Nouveaux services publics dans le nuage

La révision générale des politiques publiques (RGPP) prône une meilleure mutualisation des moyens. L'informatique en nuage est un moyen de fédérer les différents îlots administratifs, sous la houlette de la direction générale de l'Administration de l'Etat, et ainsi d'aboutir à une administration sans couture. "Evidemment, il faut pour cela que les systèmes soient interopérables", a poursuivi l'expert. Il est donc permis d'imaginer ainsi de nouveaux services citoyens, administratifs, d'enseignement, pour la recherche ou les entreprises : plateformes d'échanges interministériels, messagerie commune à l'ensemble des agents territoriaux, notamment des petites communes, solutions partagées entre collectivités locales (par exemple pour la création des sites web communaux standardisés), services de dématérialisation et de coffres-forts électroniques pour les citoyens pour l'e-administration, etc.

Philippe Houplain, directeur des systèmes d'information de la ville et de la communauté d'agglomération de Versailles, réfléchit actuellement au moyen d'économiser les 30 ou 40 euros de licences par poste informatique de ses 2.000 agents (environ 1.100 ordinateurs). S'il peut envisager de retenir une solution de "cloud computing" pour les 750 postes qui utilisent essentiellement des outils bureautiques, cela lui semble peu indiqué pour les applications métiers (l'état civil, par exemple).

Outre la question de la garantie du coût du service dans la durée, il s'est interrogé sur plusieurs points cruciaux : "Comment avoir des garanties sur la confidentialité des données ? Que se passe-t-il en cas d'événement majeur qui rend les services indisponibles (avion qui s'écrase sur le centre de données, tremblement de terre, coupure d'électricité, etc.) ? Comment réfléchir en même temps à une solution pour les différents profils d'utilisateurs : usagers réguliers de services bureautiques, techniciens utilisant principalement des applicatifs métier et agents débout ?"

### Réponses à tout

Le prestataire doit garantir un coût de disponibilité du service, prendre à sa charge les changements de version, les mises à jour. "Mais il faut cependant prévoir une clause de réversibilité pour sortir du système et changer éventuellement de prestataire...", a répondu Bernard Ourghanlian.

Deuxièmement, les services grand public gratuits sont financés sur le modèle "échange de données personnelles contre usage du service". Il en va tout autrement des services professionnels qui sont payants : "On ne va tout de même pas se faire payer deux fois pour le même service", s'est exclamé l'expert, à propos de la confidentialité. Cependant, "si les données sont susceptibles de se promener, alors vous êtes dans l'instabilité totale. Il faut obtenir des garanties pour savoir où elles sont stockées", a-t-il plaidé.

Par ailleurs, il est possible de mettre en oeuvre une solution de "cloud" hybride. C'est-à-dire avoir des services internes et un "cloud" externe, et faire coexister ces deux environnements. Pour les agents sans bureau, la mise en place d'un système en mode kiosque est préconisée. Enfin, "il est évidemment important qu'il y ait un système de redondance des données. Microsoft dispose ainsi de deux centres de traitement différents en Europe : l'un à Dublin (Irlande) et l'autre à Amsterdam (Pays-Bas)", a conclu Bernard Ourghanlian.

Fin 2009, le baromètre annuel Inéum de la fonction informatique dans les collectivités n'abordait pas la location de services (SAS, "software as a service") ou d'espace disque ("cloud computing"). Mais certains DSI de grandes agglomérations (Bordeaux, Lyon...) avaient reconnu qu'ils entendaient suivre aussi cette évolution de près. Quant à François Elie, président de l'Adullact (Association des développeurs et des utilisateurs de logiciels libres pour l'administration et les collectivités territoriales), il pointait récemment les dangers du "cloud computing" : "L'informatique dans le nuage se traduit par une disparition des logiciels au profit du service : le logiciel est partout mais on ne sait pas où..." Il invitait donc élus et décideurs à garder la maîtrise technique des applications.

En outre, si dans une commune il n'est pas très difficile d'obtenir des budgets d'investissement, il est beaucoup plus complexe de garantir des coûts de fonctionnement. D'ailleurs, il semble que très peu de collectivités se soient déjà saisies de cette opportunité. Malgré les perspectives avantageuses mises en avant, le passage à l'"informatique en nuage" pour le développement de l'administration électronique mutualisée semble encore relever du domaine des rêves.

## INTRODUCTION

### SUR LE CLOUD COMPUTING EN GÉNÉRAL

Avec l'apparition dans les années 1980 de la virtualisation, de l'infogérance et de l'externalisation ; avec la démocratisation de l'informatique dans les années 90 ; et - au cours de la dernière décennie - avec la généralisation d'Internet, le développement des réseaux à haut débit, la location d'application, le paiement à l'usage et la quête sociétale de mobilité... on peut expliquer à rebours l'avènement du Cloud Computing (CC).

Celui-ci consiste en une interconnexion et une coopération de ressources informatiques, situées au sein d'une même entité ou dans diverses structures internes, externes ou mixtes. Et dont les modes d'accès sont basés sur les protocoles et standards Internet.

Les solutions Cloud reposent sur des technologies de virtualisation et d'automatisation. Trois caractéristiques clés du Cloud le différencient de solutions traditionnelles :

- Services à la place de produits technologiques avec mise à jour en continu et automatiquement
- Self-service et paiement à l'usage (en fonction de ce que l'on consomme)
- Mutualisation et allocation dynamique de capacité (adaptation élastique aux pics de charge).

Vu des entreprises utilisatrices (du grand compte multinational à la PME locale), le Cloud Computing peut se définir comme une approche visant à disposer d'applications, de puissance de calcul, de moyens de stockage, etc. comme autant de « services ». Ceux-ci seront mutualisés, dématérialisés (donc indépendants de toutes contingences matérielles, logicielles et de communication), contractualisés (en termes de performances, niveau de sécurité, coûts...), évolutifs (en volume, fonction, caractéristiques...) et en libre-service.

Avec le CC, où passent donc les progiciels applicatifs, les bases de données, les serveurs et autres systèmes physiques de distribution, de communication, de sauvegarde et de stockage ?

Les machines, applications et données pourront être disséminées ou centralisées dans un, ou dans différents sites internes, chez des prestataires, dans un data center situé à l'autre bout de la planète ou sur une myriade de serveurs appartenant à un même « nuage ».

Partant de ces capacités d'abstraction et du paradigme des « services », le Cloud Computing peut être représenté en trois composantes principales – dont il est indifféremment l'une, les deux ou les trois combinées :

- **SaaS** (Software as a Service) : concerne les applications d'entreprise : CRM, outils collaboratifs, messagerie, BI, ERP,.... Le modèle SaaS permet de déporter une application chez un tiers. Ce modèle convient à certaines catégories d'applications qui se doivent d'être globalement identiques pour tout le monde, la standardisation étant un des principes du cloud. Le terme SaaS évoque bien un service dans le sens où le fournisseur vend une fonction opérationnelle, et non des composants techniques requérant une compétence informatique
- **PaaS** (Platform as a Service) : concerne les environnements middleware, de développement, de test,.... Le modèle PaaS consiste à mettre à disposition un environnement prêt à l'emploi, l'infrastructure étant masquée. Une plate-forme PaaS permet par exemple d'avoir un environnement de développement immédiatement disponible
- **IaaS** (Infrastructure as a Service) : concerne les serveurs, moyens de stockage, réseau, ... Le modèle IaaS consiste à pouvoir disposer d'une infrastructure informatique disponible via un modèle de déploiement cloud computing. L'accès à la ressource est complet et sans restriction, équivalent de fait à la mise à disposition d'une infrastructure physique réelle. Ainsi une entreprise pourra par exemple louer des serveurs Linux, Windows ou autres systèmes, qui tourneront en fait dans une machine virtuelle chez le fournisseur de l'IaaS.

logiciel /  
des données

Applicatif

Infrastructure

### DIFFÉRENTS MODÈLES DE CLOUD COMPUTING

Si, pour le grand public, l'informatique « dans les nuages » fait référence globalement et sans autre précision à Internet, pour les entreprises il n'en est pas de même. Différents modèles de Cloud co-existent.

- a. **Cloud privé/privatif** : Il peut s'agir d'un « nuage » interne à la DSI (propriétaire des infrastructures) ou d'un Cloud entièrement dédié et accessible via des réseaux sécurisés, hébergé chez un tiers, mutualisé entre les différentes entités d'une seule et même entreprise. Ouvert aux partenaires privilégiés de l'entreprise (fournisseurs, bureaux d'études, grands clients, institutions financières, prestataires-clés...) voire à un groupement professionnel, le Cloud peut être également de type « communautaire ».
- b. **Cloud privé externalisé** : plate-forme de Cloud Computing qui vise à fournir, de manière externalisée, les garanties équivalentes à celles offertes par un Cloud Privé interne- avec, notamment, un accès à la plate-forme par des infrastructures privées (pas d'accès via Internet) – mais avec un niveau de mutualisation moindre que pour les plates-formes de Cloud Public, ce qui positionne économiquement ces offres entre le Cloud Public et le Cloud Privé.
- c. **Cloud public** : Il est externe à l'organisation, accessible via Internet, géré par un prestataire externe propriétaire des infrastructures, avec des ressources partagées entre plusieurs sociétés.
- d. **Cloud hybride** : Ici, il s'agit de la conjonction de deux ou plusieurs Cloud (public+privé) amenés à « coopérer », à partager entre eux applications et données.

## LES PROBLÉMATIQUES SÉCURITAIRES ASSOCIÉES AU CLOUD COMPUTING

La « sécurité » est souvent citée comme le frein principal à l'adoption des services Cloud. Qu'en est-il réellement ?

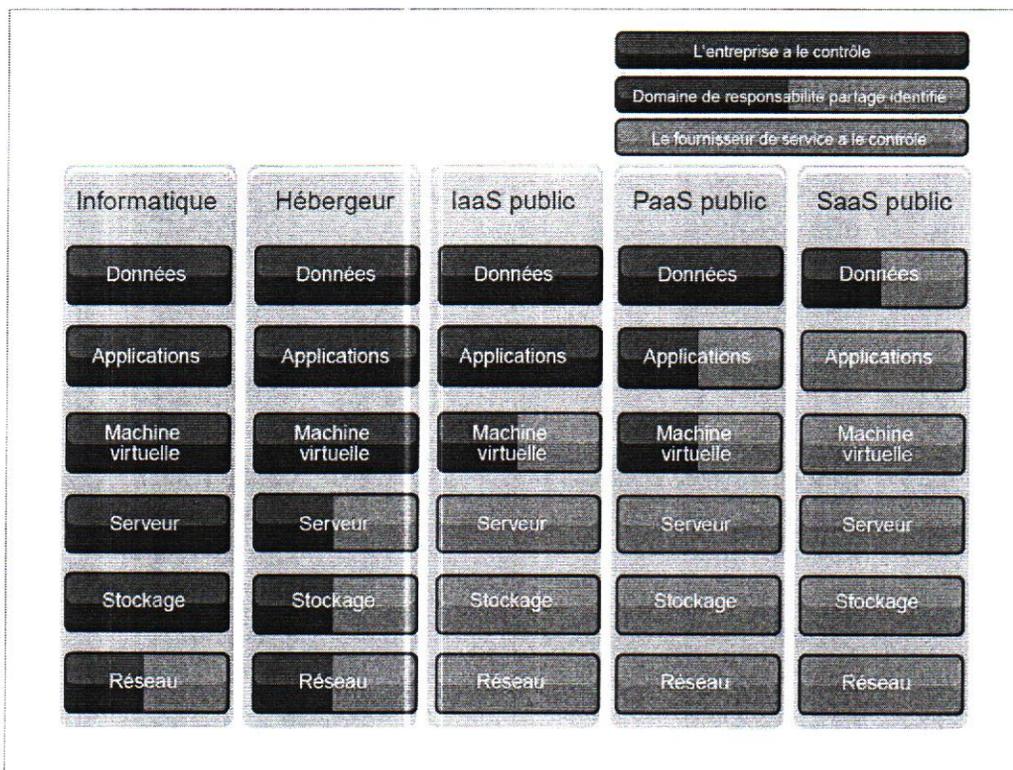
L'accès aux données hébergées dans le Cloud présente en général un haut niveau de sécurité en raison des mécanismes d'authentification mis en place par les fournisseurs de service. Ces mécanismes peuvent d'ailleurs être renforcés par les solutions Corporate clients, de gestion d'identités, qui sont alors placées en amont d'un lien unique avec le fournisseur de solutions Cloud ; notons cependant que certains fournisseurs seulement acceptent une telle architecture. Les entreprises clientes doivent toutefois considérer les points suivants :

- Quels types d'informations sont accessibles dans le Cloud ? Qui peut y accéder et comment sont-elles isolées des éléments non sécurisés ?
- Qui dispose de droits pour envoyer et recevoir des données sensibles en dehors du périmètre de l'entreprise ?
- Quels sont les mécanismes de sécurité qui garantissent la confidentialité des données de l'entreprise au sein du cloud public ?
- Comment les données sensibles doivent-elles être envoyées et comment sont-elles accessibles ? En clair ou en cryptant certaines d'entre elles ?

D'autres problèmes spécifiques au Cloud restent posés, notamment :

- Difficulté d'obtenir que certaines données restent localisées dans un pays désigné, le Cloud ne connaît pas de frontières ! Il faut alors être prêt à ce que le fournisseur doive se conformer à des réglementations comme la Directive Européenne de Protection des Données ou le USA Patriot Act, qui peuvent autoriser les autorités locales à prendre connaissance des données (cette possibilité est toutefois largement théorique)
- Impossibilité d'assurer la traçabilité des données, par exemple en vue des certifications SAS 70, Sarbanes Oxley ou autres, qui doivent garantir que nul n'a pu modifier des données sans qu'il en reste une trace. A noter : certains prestataires de services Cloud sont d'ores et déjà certifiés SAS 70 (type II).

Ces problèmes peuvent être en partie contournés par des architectures applicatives adaptées (encryption ou occultation de la propriété des données, et ségrégation des données contractuellement auditées).



Qui a le contrôle ?

### Une définition du cloud

Qu'est ce que le cloud computing ? Cette question, posée à un groupe de personnes, produit en général autant de réponses différentes que de participants. Il en va des plus surréalistes comme le fameux « une méta-virtualisation de l'informatique par elle-même » (si, si...), suggéré récemment par Philippe Hedde, le patron de NextiraOne dans l'éditorial d'un très sérieux livre blanc sur le cloud produit par Syntec numérique, aux plus nébuleuses telle que ce « le cloud computing, ou informatique dans les nuages ( ou en nuages ) est un concept d'organisation informatique qui place Internet au coeur de l'activité des entreprises » proposé par un de nos confrères dont on taira le nom.

Histoire de ne pas réinventer la roue, LeMagIT a choisi de se référer à la plus communément admise, celle du National Institute of Standards and Technology (NIST) américain. Selon cet organisme rattaché au gouvernement fédéral US, le Cloud computing est « un modèle permettant un accès facile et à la demande, via le réseau, à un pool partagé de ressources informatiques configurables (par exemple, réseaux, serveurs, stockage, applications et services) qui peuvent être rapidement mises à disposition des utilisateurs ou libérées avec un effort minimum d'administration de la part de l'entreprise ou du prestataire de service fournissant les dites ressources ».

### Les cinq grands caractéristiques du cloud selon le NIST

Le NIST met en avant plusieurs caractéristiques essentielles des services de cloud notamment l'élasticité des ressources offertes par les services en cloud, leur simplicité d'accès via le réseau, la mutualisation des ressources, l'agilité accrue des SI en cloud ainsi que la facturation à l'usage des services cloud :

- **Elasticité des ressources** : Dans le cloud, de nouvelles capacités peuvent être automatiquement mises à disposition des utilisateurs en cas d'accroissement de la demande. A l'inverse, elles peuvent être rapidement mises en sommeil lorsqu'elles ne sont plus nécessaires. Cette élasticité des services en nuage crée pour l'utilisateur final, l'illusion d'une capacité infinie qui peut être mise en service à tout moment. Pour les entreprises clientes, cette caractéristique d'élasticité permet par exemple de faire face aux pics d'activité, que l'infrastructure interne n'aurait pu absorber, mais aussi d'envisager de nouvelles applications, par exemple des applications de calcul intensif nécessitant plusieurs centaines de machines pendant seulement quelques heures, applications que le coût d'une infrastructure interne aurait rendu impossible sans le cloud. Comme l'explique Bernard Ourghanlian le directeur technique et sécurité de Microsoft, à propos du cloud : « Virtuellement, la puissance est infinie ».
- **Un accès simple via le réseau** : les services de type Cloud sont accessibles au travers du réseau, qu'il s'agisse du réseau de l'entreprise pour un cloud interne ou d'Internet (ou d'un accès VPN) pour un cloud externe. Cet accès s'effectue au moyen de mécanismes et protocoles standards qui permettent notamment l'utilisation des services cloud depuis de multiples types de terminaux.
- **Des coûts contrôlés grâce à la mutualisation des ressources et aux effets d'échelle** : les ressources en nuage sont mises en commun et mutualisées afin de servir de multiples utilisateurs (plusieurs départements ou divisions dans le cadre d'un Cloud interne à l'entreprise ou plusieurs entreprises dans le cas d'un service en Cloud public). Cette mutualisation peut intervenir à de multiples niveaux qu'il s'agisse des ressources physiques (serveurs, stockage, réseau) ou des ressources applicatives (mutualisation des bases de données, serveurs d'applications, serveurs web...). Dans le dernier cas, qui s'applique au cloud applicatif et aux modèles de type SaaS (voir plus loin), on parle de « modèle multi-locataires » (ou multitenant en anglais). Grâce à cette mise en commun des ressources, ces dernières sont réallouées de façon dynamique en fonction de la demande et des SLA sans que l'utilisateur n'ait à effectuer quelque opération que ce soit. Chaque utilisateur est ainsi assuré de l'atteinte des objectifs de performances définis dans le cadre de son contrat. Comme l'expliquait cette semaine Bernard Ourghanlian, lors des Microsoft TechDays, cette mutualisation a des bénéfices économiques qui sont encore accrus par les effets d'échelle permis par le cloud. « Ainsi, les capacités informatiques qui ne sont pas consommées en Europe la nuit, peuvent être allouées à des entreprises américaines (pour lesquelles il fait jour). De même, le fait de disposer d'un infrastructure gigantesque permet à Noël d'absorber les pics de charges des e-marchands, puis au printemps des sociétés de comptabilité et d'audit, puis en été des voyagistes.... Le cloud fonctionne ainsi comme une usine géante dont les ressources sont toujours utilisées. Ce qui est loin le cas des infrastructures propre à l'entreprise.
- **Un SI plus agile** : Dans le cloud, l'utilisateur final du service peut provisionner rapidement les ressources dont il a besoin (serveurs, réseaux, stockage, applications...) et en disposer sans avoir à passer par de longues et complexes étapes de configuration manuelle. Ces capacités de provisioning rapide et de « self-service » permettent au SI de répondre plus vite aux besoins des métiers, aux demandes de changements, ainsi qu'aux exigences croissantes de time-to-market. Dans certains modèles de consommation, cette agilité est poussée à l'extrême notamment dans les modèles de type SaaS ou PaaS, où l'entreprise s'affranchit d'un grand nombre de contraintes de mise en place de ses applications.
- **Une facturation à l'usage** : Avec le cloud se généralise un nouveau mode de facturation à l'usage qui peut être résumé simplement : on ne paie que ce que l'on consomme réellement. Cette affirmation doit être modérée, ne serait-ce que parce que le cloud génère aussi des effets de paliers. Mais il est vrai que dans la plupart des scénarios d'utilisation, les mécanismes avancés de suivi de la consommation des services cloud permettent de facturer de façon très granulaire l'usage des ressources. Dans le cloud d'infrastructure on paie ainsi au nombre de coeurs processeurs consommé, à la quantité de mémoire utilisée, au nombre

(3)

Partage des ressources  
infos

Facilité d'adaptation rapide  
2 cont. fo  
Calcul ne  
à la fois  
de ressources

d'opérations d'entrées/sorties effectuées ou à la quantité de données stockée. Dans un mode SaaS, on paie au nombre d'utilisateurs et en fonction de leur usage des ressources...

#### Cloud public, privé ou hybride ?

Chacun des trois grands modèles d'usage du Cloud (IaaS, PaaS et SaaS) peut être déployé en interne par l'entreprise ou hébergé chez un tiers.

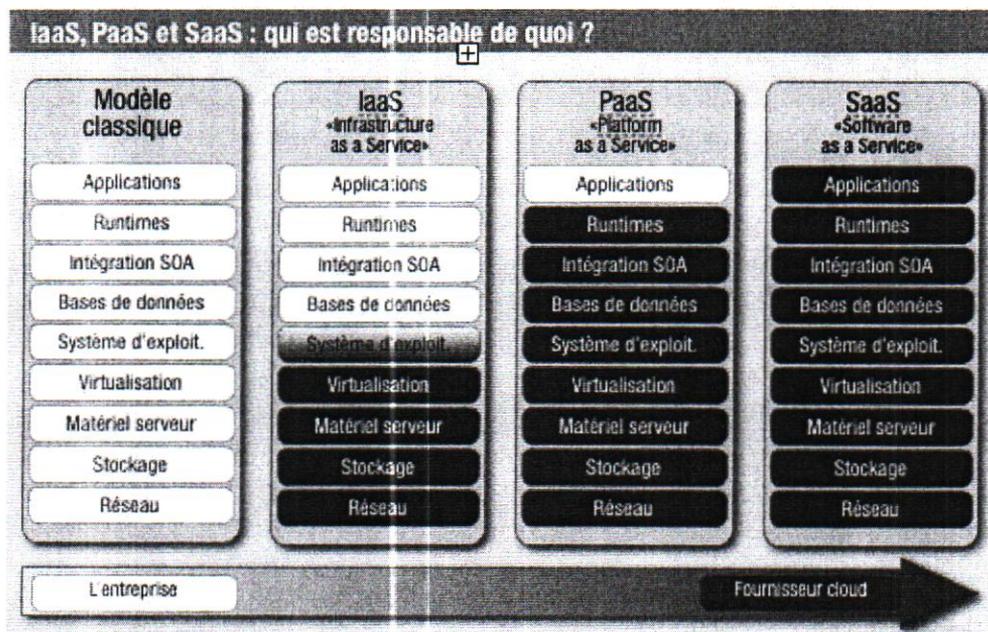
On parle de Cloud privé lorsque l'entreprise dispose en propre de son infrastructure (qu'elle soit dans son propre datacenter ou hébergée chez un tiers).

L'appellation Cloud public est utilisée lorsque les ressources sont fournies par un prestataire tiers et mutualisées pour un usage par plusieurs clients.

Enfin il existe un modèle qualifié d'hybride où une partie de la production informatique de l'entreprise est réalisée sur le Cloud interne et une autre sur le Cloud public (avec la possibilité de basculer des applications d'un modèle à l'autre de façon transparente).

#### Les grands modèles d'usage pour le cloud

Trois grands modèles d'usage du Cloud se dégagent actuellement : le Cloud d'infrastructure (IaaS ou Infrastructure as a Service), le Cloud applicatif (PaaS ou Platform as a Service) et le logiciel à la demande (SaaS ou Software as a Service). Tous présentent des caractéristiques différentes et n'ont pas le même niveau de maturité.



#### SaaS : le modèle cloud le plus populaire

Le plus utilisé aujourd'hui est sans doute le modèle SaaS. Dans ce modèle, une entreprise accède à une application en mode hébergé sans avoir à se préoccuper ni de la plate-forme d'infrastructure ni de la plate-forme logicielle. L'utilisateur achète alors une fonction qu'il consomme à la demande. Quelques exemples connus d'applications SaaS sont le CRM de Salesforce, les solutions de collaboration et de messagerie BPOS, Google Apps et LotusLive de Microsoft, Google et Lotus, les applications en ligne de Zoho.com... Pour avoir une idée du succès du modèle il suffit de regarder quelques chiffres. Salesforce aurait ainsi plus de 87000 clients (soit plus de 2,1 millions d'utilisateurs). En France, plus de 250 000 utilisateurs en entreprise (en incluant l'ajout récent d'Alstom) utilisent BPOS. Et Zoho compte plus de 3 millions d'utilisateurs de ses logiciels en mode SaaS, dont 400 000 pour le seul Zoho CRM.

Le modèle SaaS est souvent vu comme une alternative au mode de déploiement traditionnel de logiciels. Il propose aux entreprises de vrais bénéfices comme le fait de ne plus avoir à mettre en place et à exploiter en interne l'infrastructure informatique sous-jacente au logiciel. De même, il n'est plus nécessaire de gérer les processus de mise à jour d'applications ou d'installation de correctifs ceux-ci relevant du fournisseur SaaS. Enfin, le mode de facturation à l'utilisateur est souvent cité comme un avantage, d'autant que la plupart des contrats SaaS prévoient d'ajuster le nombre de licences à la hausse et à la baisse alors que dans le mode traditionnel, une licence achetée l'est à titre définitif.

Fondamentalement, l'utilisation du SaaS n'est toutefois guère transformatrice techniquement, même si tarifairement il est apprécié pour son mode de tarification au fil de l'eau (certains arguent toutefois du fait qu'à long terme un logiciel en mode SaaS peut être plus coûteux qu'un logiciel traditionnel). Le modèle pose aussi de vraies questions de réversibilité, notamment lorsque le logiciel proposé en mode SaaS n'est pas disponible sous

forme traditionnelle. Il pose enfin la question de la fragilité du fournisseur, sa disparition entraînant souvent la fin immédiate du service (ce qui n'est pas le cas dans un mode de licence traditionnelle).

Les grands modèles d'usage pour le cloud

### L'laaS révolutionne l'infrastructure

**Le second modèle de cloud le plus utilisé** (en termes de revenus générés) est le cloud d'infrastructure ou IaaS (Infrastructure as a Service), incarné par des pionniers tels qu'Amazon EC2, JoyentCloud ou Terramark vCloud Express. Un cloud d'infrastructure c'est un peu comme un datacenter prêt à l'emploi, sauf qu'on n'en est plus propriétaire, qu'il est extensible à la demande et consommable en tranche. Un cloud de type IaaS fournit un socle d'infrastructure informatique virtualisé distribué et très largement automatisé capable de répondre aux exigences de mise en production des applications de l'entreprise. Ce socle d'infrastructure est composé d'un ensemble de ressources (serveurs, réseaux, stockage) accessibles de façon granulaire et avec de multiples niveaux de service prédéterminés. L'unité de consommation de base dans un cloud d'infrastructure est la machine virtuelle, en général proposée en plusieurs formats du style petit, moyen et grand (selon le format la VM a plus ou moins de coeurs CPU, de mémoire et de stockage). Le cloud d'infrastructure est aussi en général facturé en fonction du temps d'utilisation de cette VM, de sa consommation en nombre d'entrées sorties stockage et réseau.



Le cloud d'infrastructure a révolutionné l'informatique pour certaines start-ups mais aussi pour des entreprises plus établies. Il leur a permis en effet de se concentrer sur le développement de leurs applications sans avoir à se préoccuper de construire des datacenters, de provisionner des serveurs ou de gérer leur infrastructure. L'IaaS a en quelque sorte fourni une abstraction du datacenter sur laquelle ses entreprises sont venues déposer leurs environnements systèmes et leurs applications. Et ce sans se poser de question de dimensionnement ou de « scaling », l'infrastructure du fournisseur de cloud étant virtuellement élastique à l'infini. Un exemple type est Dropbox qui sans investir dans un seul serveur a bâti le service de stockage en cloud le plus utilisé de la planète (l'entreprise utilise désormais près de 20 000 instances virtuelles sur Amazon EC2 pour servir ses clients). Un autre est le Gilt Groupe (l'équivalent US de ventes privées) qui a bâti l'ensemble de son infrastructure sur le cloud de Joyent. Gilt a réalisé un CA de près de 400 M\$ avec plus de 3 millions de clients en 2010 mais son infrastructure lui a coûté moins de

1% de ce chiffre. Cette infrastructure dynamique doit pouvoir monter en charge brutalement tous les jours entre midi et 14h pour passer de 100 000 visiteurs à 1 millions de visiteurs simultanés, ce que permet le cloud de Joyent par activation dynamique de nouvelles VM pour faire face aux pics d'utilisation du site de Gilt.

Une des grands avantages de l'IaaS est qu'il est très facile à consommer pour l'entreprise. Celle-ci retrouve en effet une unité d'oeuvre familière qui est le serveur virtuel. Et l'administration des VM dans le cloud ressemble trait pour trait à l'administration de VM dans un datacenter virtualisé. A la différence près que l'entreprise n'a plus à acheter ses propres serveurs, à les configurer, les câbler, les administrer... Bref la responsabilité d'exploiter la « puissance » informatique est sous-traitée à un tiers. L'entreprise n'a plus à se préoccuper que de la gestion des environnements systèmes et des applications installées sur les VM dans le cloud.

#### L'offre de cloud IaaS

Le premier grand fournisseur de services de cloud d'infrastructure est Amazon EWS avec son service Amazon EC2 qui a lui seul détient près de 60% du marché des services de cloud IaaS. Parmi ses concurrents figurent des acteurs comme RackSpace (Cloud Servers), IBM (Blue cloud), Joyent (JoyentCloud), TerreMark (vCloud Express et Enterprise Cloud).

En France on peut aussi citer des grands acteurs tels qu'Orange Business Services (Flexible Computing Premium), SFR Business Team (Infrastructure SI), Colt (Colt Entreprise Cloud), Osiatis, Steria (Infrastructure on Command) et des acteurs plus petits tels que So Privé ou Waycom (cVirtual).

Les principales barrières à l'entrée du cloud restent les incertitudes sur la sécurité, sur la localisation géographique des VM et des données, mais ces barrières s'effritent peu à peu avec la maturation de l'offre et l'apparition de fournisseurs locaux. Un autre obstacle est le niveau d'adhérence qu'impose la technologie choisie par chaque fournisseur de cloud. Amazon utilise ainsi l'hyperviseur open source Xen, ce qui impose de packager ses machines virtuelles au format Amazon. Il en va de même de RackSpace qui lui utilise XenServer. Joyent s'appuie quant à lui sur le système de containers de Solaris et sur KVM (pour les VM Windows et Linux) tandis

qu'AT&T, Colt, Terremark, Orange Business Services, Steria et Verizon utilisent VMware ESX. IBM s'appuie quant à lui sur KVM pour Blue Cloud tandis que SFR et Osiatis ont fait le choix d'Hyper-V.

Il est à noter que VMware à une petite longueur d'avance pour ce qui est de la mobilité des VM entre un datacenter d'entreprise et un cloud public, ses outils vCloud Director permettant le déplacement de VM internes vers un cloud public vCloud (et vice-versa). Mais Citrix travaille à une fonction similaire dans son outil d'administration XenCenter avec les clouds Xen Opencloud (la fonction a été montrée lors du dernier Synergy) tandis que Microsoft espère montrer une fonction similaire avec la prochaine mouture de System Center (attendue sans doute lors du Microsoft Management Summit 2011, qui se tiendra à Las Vegas du 21 au 25 mars).

#### **Les grands modèles d'usage pour le cloud**

##### **Platform as a Service : le cloud qui transformera l'informatique ?**

Le cloud de type IaaS a déjà sérieusement modifié la façon dont certains développeurs abordent la question du test et de la mise en production de leurs applications en leur permettant de s'abstraire largement des contraintes matérielles et de disposer d'une capacité informatique virtuellement illimitée. Toutefois, il n'a pas totalement supprimé le besoin de devoir gérer son infrastructure. Si celle-ci n'est plus dans les locaux de l'entreprise, si elle est provisionnable à la volée en quelques minutes, il n'en reste pas moins qu'il faut continuer à gérer des machines virtuelles, avec leur système d'exploitation, leurs middlewares, leurs outils de monitoring. Bref, qu'il faut pour les développeurs d'applications continuer à se préoccuper de la gestion des composants d'infrastructure, ce qui suppose en général de disposer d'administrateurs systèmes résidents. Contrairement à ce que laissent entendre les fournisseurs de cloud IaaS, le cloud d'infrastructure ce n'est donc pas de l'informatique consommée comme de l'électricité. Au mieux, c'est une puissance informatique disponible mais qu'il faut encore savoir maîtriser.

C'est là qu'intervient le PaaS ou Platform as a Service. Le PaaS fournit un niveau d'abstraction supplémentaire par rapport à l'IaaS. Non content de fournir l'infrastructure, il l'habille d'une couche applicative composée des principaux éléments nécessaires pour permettre aux développeurs de déployer des applications. Si l'IaaS abstrait l'infrastructure, le PaaS abstrait aussi les systèmes d'exploitation, les bases de données, la couche Middleware (Bus de message, serveurs d'applications et runtime, orchestration) ainsi que la couche de serveur web nécessaire au déploiement de la plupart des applications modernes. En général, cette abstraction s'accompagne de la fourniture d'un certain nombre d'outils de développement et de déploiement destinés à faciliter le travail des développeurs sur la plate-forme.

Pour les développeurs d'applications, le PaaS est un nirvana. Ils peuvent en effet se concentrer sur l'architecture et le codage de leurs applications sans avoir à se préoccuper de leur déploiement ou de la nature des technologies qui seront utilisées pour les exécuter. Plus la peine de se préoccuper de l'OS sous-jacent, de la nature du serveur d'application, du bus de message, du serveur web ou du système de load balancing. Si on utilise les outils de modélisation d'applications et de développement préconisés par la plateforme, on est sûr que les applications fonctionneront comme prévu et surtout que leur montée en charge se fera de façon quasi-linéaire sur la plate-forme. Un autre bénéfice est que l'unicité de la plate-forme garantit que les phases de développement, de test et de recette se feront à iso-plate-forme avec la production, ce qui est quasiment impossible aujourd'hui avec des environnements physiques (à moins de disposer d'un budget conséquent). Tous ces avantages sont de nature à simplifier considérablement le développement, à raccourcir le cycle de développement ce qui se traduit par un « time-to-market » raccourci pour les utilisateurs.

##### **Course au PaaS entre les grands acteurs**

Il n'est donc pas étonnant qu'après s'être affrontés sur le secteur du SaaS et de l'IaaS, les grands acteurs de l'informatique aient entamé une course au PaaS. Microsoft, qui avait largement raté le coche de l'IaaS, a sans doute été le plus rapide à comprendre l'intérêt du PaaS et a sans doute pris une longueur d'avance sur ses concurrents avec son offre de PaaS Azure qui offre des caractéristiques assez uniques par rapport à ses concurrentes notamment au niveau de la couche base de données. Salesforce qui avait lui aussi débuté tôt avec Force.com a encore renforcé son offre en acquérant Heroku, un spécialiste du PaaS Ruby on Rails, et en s'alliant avec VMware pour offrir des services de PaaS Java. Joyent, une start-up californienne, a elle aussi pris ce marché à bras le corps avec son offre Smart Datacenter et ses offres smartmachines, connues pour leur support de Ruby on Rails mais qui supportent aussi nombre d'environnements tel que PHP, Java... Google de son côté, semble avoir pris du retard avec App Engine, tandis qu'Amazon ne s'est qu'intéressé que récemment à la question avec Elastic Beanstalk. VMware, enfin, a assemblé à force de rachat une offre de PaaS Java baptisée vFabric, mais reste évasif sur sa stratégie et notamment sur son désir ou non de lancer son propre cloud vFabric. Notons pour terminer qu'un grand nombre de start-ups se sont lancées sur le marché du PaaS en s'appuyant sur les offres IaaS d'acteurs comme Amazon pour déployer leur propre plate-forme (c'était d'ailleurs le cas de Heroku, récemment racheté par Salesforce).

**Document 4 : « Comparer les coûts entre licence globale et SaaS : pas si simple » - Luc Sabot - 18 janvier 2012 - [www.journaldunet.com](http://www.journaldunet.com) - 1 page**

*Aujourd'hui, une entreprise qui déploie une infrastructure logicielle a le choix entre plusieurs paradigmes, voire une combinaison maison. Si le SaaS et le cloud computing sont les modèles qui font le plus parler, ils ne représentent pas toujours la meilleure option pour toutes les structures.*

De nombreux facteurs régissent une décision aussi importante que le choix d'un logiciel pour une entreprise. Le coût est bien entendu l'un des critères déterminants. Cependant, si le SaaS offre des tarifs très compétitifs face aux achats de licences et le déploiement sur site, la comparaison n'est pas toujours aussi simple. Les solutions externalisées comportent un certain nombre de frais annexes qui peuvent saler la note à l'entrée ou sur le long terme. **En réalité, la comparaison licence contre abonnement est trop simpliste pour évaluer le coût global d'un logiciel.** Il convient de prendre en compte un certain nombre de facteurs trop souvent négligés. La répartition des coûts est différente mais ne plaide pas toujours en faveur de l'externalisation, surtout dans le cadre d'applications professionnelles utilisées à grande échelle.

#### Licence globale vs abonnement

En ce qui concerne les coûts directs, le SaaS tient bien souvent la dragée haute au déploiement sur site. Il offre une disponibilité rapide voir immédiate contre un tarif réparti sur la période d'utilisation, proportionnel au nombre d'utilisateurs, aux fonctions activées ou à d'autres paramètres eux-mêmes relatifs à l'activité générale de l'entreprise. Le modèle économique de la licence, en revanche, implique une dépense conséquente dès le déploiement, mais fixe ou presque. Toutefois, dans le cas de solutions destinées à être utilisées sur du long terme sans évoluer de manière importante, la licence illimitée et globale peut s'avérer nettement plus rentable.

#### Coûts de migration

Autre coût direct à prendre en compte lors du choix : les ressources, matérielles et humaines engagées dans le projet de migration vers une autre solution. Bien entendu, ils interviennent dans le cadre de n'importe quel projet mais peuvent varier d'une entreprise à l'autre et engendrer des frais supplémentaires avec une solution SaaS. En particulier si l'infrastructure technique et les ressources humaines sont jusqu'alors rodées à d'autres paradigmes.

#### RH et formation

Un projet SaaS peut également générer des coûts supplémentaires de manière indirecte. En premier lieu du côté du personnel technique, qui peut nécessiter une formation particulière et, en même temps, être plus souvent sollicité par les utilisateurs finaux. Si les outils externalisés sont par essence plus faciles à prendre en main et à gérer, ils requièrent tout de même, s'ils sont nouveaux, une période d'apprentissage qui n'existe pas nécessairement avec des solutions plus traditionnelles. Le temps d'adaptation aura inéluctablement des répercussions sur la productivité et sur le confort de travail.

#### Personnalisation et intégration

Un des revers de la médaille de la simplicité des applications en mode SaaS est sans conteste la faible marge qu'elles offrent parfois en termes de personnalisation. Que ce soit pour des raisons esthétiques ou fonctionnelles, elles peuvent s'avérer plus difficiles voir impossibles à intégrer à l'identité visuelle ou aux processus de l'entreprise. Modifier l'ergonomie, utiliser d'éventuelles interfaces de programmation, ou créer des passerelles pour échanger des données avec d'autres applications, peut s'avérer cher en temps et en argent.

**Pire encore, si la personnalisation est impossible, l'optimisation des processus de travail et donc la productivité peuvent être détériorées.** En outre, le modèle SaaS rend difficile le contrôle des mises à jour puisqu'elles sont propagées par le fournisseur. Or elles peuvent endommager des passerelles mises en place ou altérer l'expérience utilisateur et la productivité générale.

#### Mise à jour de l'infrastructure réseau

C'est intrinsèque au concept, les solutions SaaS requièrent pour fonctionner une connexion réseau permanente, stable et un débit conséquent ou tout du moins supérieur dans bien des cas à une utilisation plus traditionnelle. Leur déploiement peut entraîner une augmentation du trafic, particulièrement entre le réseau interne et internet. **L'utilisation d'une solution SaaS doit donc se faire en accord avec les possibilités offertes**, en termes techniques et tarifaires, par les opérateurs télécoms, puisque la réactivité globale de l'application et donc la productivité sera affectée par le débit proposé. Le volume de données transféré doit impérativement être considéré.

#### Sécurité et continuité

Un des freins majeurs à l'utilisation du cloud computing en entreprise est le questionnement autour de la sécurité et de la continuité. Premièrement, certaines organisations sont astreintes à des normes de protection des données qu'il peut être difficile de respecter dans le cadre de l'utilisation de solutions SaaS. **Leur maintien peut entraîner l'addition de systèmes de sécurités à la solution SaaS et générer des dépenses supplémentaires.**

Deuxièmement, mais plus important encore, les offres SaaS posent le problème de la continuité de l'activité en cas de défaillance du fournisseur. Nombreuses sont les applications SaaS qui conservent toutes les données utilisateurs dans des formats monolithiques et propriétaires sans assurer une portabilité ou des possibilités d'exportations. **La mise en place de passerelles ou de systèmes de conservation des données dans un format plus universel peut parfois se faire mais à un prix.**

Enfin, l'hypothèse la plus extrême mais absolument réaliste est celle où l'application dont le support est arrêté n'a tout simplement pas d'alternative possible, ce qui oblige l'entreprise à revoir ses processus de travail en profondeur. **Dans ce cas précis, inutile de préciser que le déploiement sur site présente des avantages incommensurables puisque une application locale peut fonctionner indépendamment de la survie de son fournisseur.**

**Document 5 : « Cloud Computing et Secteur Public, une révolution en marche » - CEGID - janvier 2012 - [www.cegid.fr](http://www.cegid.fr) - 1 page**

3

Rapidité de déploiement, sécurité accrue, simplicité d'utilisation, maîtrise des coûts, accessibilité, ou encore évolutivité, les bénéfices du Cloud Computing sont nombreux et séduisent de plus en plus.

Si le secteur privé a donné le ton en adoptant massivement ce nouveau modèle, le secteur Public, quant à lui, l'examine de très près notamment à travers le SaaS (Software as a Service), à savoir le service Cloud de location d'applications logicielles accessibles à la demande au travers d'internet et facturées en fonction de la consommation.

Les bénéfices du Cloud Computing et du SaaS apportent en effet une réponse concrète aux enjeux des établissements et des collectivités publics en quête de modernité et d'efficacité dans une époque régie par des contraintes économiques fortes. Ce sont donc d'ores et déjà plusieurs collectivités territoriales qui ont franchi le pas en adoptant le modèle SaaS et qui ont pu ainsi s'affranchir des contraintes financières et techniques du modèle standard (ou « on premise »).

Le recours au Cloud Computing par le secteur Public dans les années à venir ne devrait pas faiblir mais plutôt s'accélérer notamment avec la mise en place de la réforme territoriale pour laquelle le SaaS apparaît comme une évidence.

### Pourquoi le SaaS séduit le secteur Public ?

7

Depuis plusieurs années, les élus et les responsables informatiques des établissements publics et des collectivités locales examinent attentivement l'accès aux logiciels délivrés en mode SaaS (Software as a Service). Le secteur public est en effet très sensible aux arguments du SaaS comme la rapidité de déploiement ou la fourniture de services clé en main comprenant la gestion des infrastructures, l'exploitation informatique, la maintenance des logiciels ou encore les mises à jour réglementaires. Grâce au SaaS, les établissements publics se déchargent des contraintes informatiques pour un budget totalement maîtrisé, sans coût caché. Souvent démunis de service informatique, ces organisations accèdent ainsi facilement à un service de qualité qu'il leur aurait été difficile ou coûteux de mettre en place avec une solution « on premise », installée dans leurs locaux et maintenue par leurs équipes.

Le SaaS apparaît donc particulièrement bien adapté aux petites structures qui pourront rapidement accéder à une informatique de pointe pour un coût raisonnable sans investissement initial et limité à un loyer mensuel tout compris. Un argument qui pèse lourd, à une époque où les collectivités ont été amenées, notamment avec la crise, à revoir au plus près leurs budgets de fonctionnement et où l'accès au crédit peut être aléatoire.

### Un enjeu fort : accompagner les changements d'organisation des collectivités

La réforme des collectivités territoriales, en cours de déploiement, et qui redessine le maillage de la gouvernance locale devrait accélérer l'enjeu de mutualisation pour le secteur Public, et renforcer davantage la valeur ajoutée du SaaS.

Cette réforme qui prévoit la fusion des 5 660 conseillers généraux et régionaux en 3 471 conseillers territoriaux oblige en effet à réorganiser les compétences obligatoires en matière de services sociaux, voirie, collèges et lycées, et favorise l'accroissement de l'intercommunalité. Les services supports (financiers, ressources humaines, informatique...) en sont de facto impactés car en réorganisant les compétences, la réforme des collectivités territoriales entraîne des modifications porteuses d'échanges nouveaux et de communication accrue entre des agents éparpillés dans différents services et différents lieux.

Ces changements ne peuvent s'envisager sans une évolution du système d'information.

Ce dernier doit devenir central afin d'être facilement accessible par tous les services opérant pour la communauté de commune et permettre la mutualisation des efforts, des moyens et des ressources. Il doit également garantir la sécurité des accès et la confidentialité des données. Il nécessite donc une infrastructure de pointe que seul un fournisseur spécialisé peut offrir.

C'est pourquoi les collectivités s'intéressent au mode SaaS. Dans ce modèle, les applications sont en effet hébergées sur une plateforme hautement sécurisée entièrement opérée par l'éditeur. Les différents utilisateurs (par exemple les agents des organisations membres d'une même communauté de commune) accèdent en ligne et en toute sécurité à leur application d'où qu'ils soient et à tout moment. Les collectivités n'ont plus à se soucier des infrastructures ni de leur évolution dans le temps. Même si la structure et l'organisation des communautés de communes changent (mouvements géographiques, nouveaux agents, modification de gouvernance etc...), l'éditeur se charge des adaptations nécessaires et le service reste disponible.

### Un service tout compris et des risques limités

En mode SaaS, la collectivité paie une redevance mensuelle. Il n'y a pas de coût caché, puisque l'abonnement comprend tous les services associés.

3

L'éditeur se transforme en opérateur de services, il devient le prestataire unique capable de répondre à l'ensemble des problématiques. Il fournit des applications pré-paramétrées et prêtes à l'emploi, s'occupe des mises à jour et s'engage d'une part sur le suivi des évolutions réglementaires mais aussi sur un niveau de service global comme les taux de disponibilité ou la fréquence des sauvegardes. C'est donc une garantie supplémentaire pour la collectivité qui limite ainsi le risque.

Les risques contractuels sont également limités puisque la collectivité a un droit de réversibilité : si un établissement change d'orientation, il peut résilier le contrat et récupérer ses données pour ré-internaliser la solution logicielle.

**Une réforme à mettre en place, un contexte économique difficile, des ressources humaines à optimiser, autant d'arguments qui engagent les collectivités à s'interroger sur le mode de consommation de leur système d'information. En tout état de cause, un sujet qui les passionne et qui engage bien des discussions même au plus haut niveau. Pour preuve, l'intérêt porté par l'Etat à travers le grand emprunt qui place le Cloud Computing comme un enjeu National. Le secteur Public a donc véritablement engagé sa révolution Cloud qui devrait sonner le début d'une ère nouvelle résolument tournée vers l'avenir.**

**La plupart des experts s'accordent à le dire: Le cloud a dépassé le simple niveau de phénomène pour commencer à offrir des avantages tangibles, au premier rang desquels la flexibilité et l'agilité. Mais l'aventure du cloud peut également signifier des coûts supplémentaires, dont certains sont cachés, estiment des DSI qui ont vécu l'expérience.**

Si de plus en plus de DSI s'interrogent sur l'opportunité d'aller vers le cloud, certains d'entre eux les avertissent de coûts induits liés à cette migration. Stockage des données, intégration applicative, test des logiciels, sont autant de sujet qui peut faire grimper la facture.

#### **Le stockage des données**

La migration des données vers un cloud public et leur conservation pendant une longue durée peuvent coûter plusieurs dizaines de milliers de dollars par an. Beaucoup d'entreprises ne se rendent pas compte des dépenses engagées. « Une heure de transfert peut coûter des milliers de dollars », explique Hernan Alvarez, DSI de WhitePages, société basée à Seattle qui fournit des informations de contact en ligne pour plus de 200 millions de personnes et 15 millions d'entreprises.

Le principal coût dans le transfert des données réside dans la partie bande passante. Les fournisseurs de cloud peuvent imposer des frais sur le download et l'upload. De plus, il y a un coût de fonctionnement interne si les données et les systèmes sont hébergés hors site. « Les gens pensent qu'il n'existe pas de coût de fonctionnement [avec le cloud], mais comme vous, ils doivent gérer des charges de travail, la complexité des instances dans le cloud et un grand nombre de serveurs », explique Hernan Alvarez. Un autre coût important est la longue durée de stockage des données dans le cloud. « Quand on considère les taux de croissance du volume des données au cours des trois prochaines années, le coût du cycle de vie des données peut être apparaître très élevé », précise le DSI et d'ajouter « vous continuez à payer chaque mois pour conserver les données dans le cloud ».

La société WhitePages a envisagé d'utiliser le cloud pour la sauvegarde des données, mais après avoir évalué 8 fournisseurs, elle a calculé que cette solution serait trois à quatre fois plus coûteuse par rapport à un stockage en interne. Ainsi, la société a opté pour gérer à long terme le stockage de données sur site, dans son cloud privé. Hernan Alvarez précise que malgré les coûts induits, l'utilisation du cloud public en dehors du stockage peut se révéler bénéfique pour éliminer le déploiement et la maintenance des applications en interne. WhitePages y a eu recours et utilise aujourd'hui 11 applications basées sur le cloud comme Salesforce.com, SuccessFactors, ADP, WebEx, Yammer et d'autres fournisseurs.

#### **L'intégration des apps provenant de plusieurs fournisseurs**

Pacific Coast Building Products (groupement d'entreprises américaines dans les produits de construction) a commencé à utiliser des services clouds en évaluant plusieurs fournisseurs. Mais son DSI, Mike O'Dell a limité l'usage de ces services. A cela deux raisons, la difficulté d'intégration des logiciels issus d'une diversité des fournisseurs clouds, et les dépenses supplémentaires engagées par Pacific Coast s'il prend en charge cette intégration dans son propre SI.

Par exemple, l'entreprise utilise Microsoft Exchange pour la messagerie et Cisco Unity Unified Messaging pour la messagerie vocale. Elle souhaitait utiliser ces deux applications comme des services cloud. « L'intégration entre Exchange et Unity dans le cloud, au moins la dernière fois que nous avons regardé, n'existait pas, constate Mike O'Dell. Cela implique que, sans cette intégration, les salariés perdraient certaines fonctionnalités comme la suppression automatique des messages vocaux sur leur téléphone, quand ils reçoivent ce message par courriel. Le DSI explique que les problèmes d'intégration se retrouvent aussi sur des applications plus complexes comme les ERP. Par exemple, « pour nous, mettre [SAP] dans le cloud signifie que nous aurions dû renoncer à certaines caractéristiques ou dépenser beaucoup d'argent sur l'intégration ».

#### **Le test logiciel**

La nécessité de tester les logiciels avant de migrer vers le cloud peut également entraîner des coûts imprévus. « Nous avons été obligés d'investir dans le test et le débogage d'une application tierce qui n'avait pas été validée dans un environnement cloud », explique Bill Thirsk, DSI du Marist College à Poughkeepsie dans l'Etat de New York. L'université a migré à grande échelle un ERP sur un cloud privé. Ce dernier utilisait des serveurs que l'éditeur n'avait pas encore validés. L'établissement universitaire utilise un cloud privé pour fournir des services en ligne tels que l'inscription, la facturation des étudiants et le paiement des professeurs et des organismes de recherche.

Bill Thirsk relate que « 99% » des activités du collège ont été migrées sur l'ERP et cela s'est très bien déroulé. Sur l'ensemble nous avons économisé des centaines de milliers de dollars en utilisant une configuration cloud ». Mais il ajoute qu'« obtenir un système stable au sein du cloud qui comprend déjà 900 serveurs virtualisés a été un véritable défi ». Les coûts supplémentaires ont concerné « le véritable labyrinthe de quels systèmes d'exploitation et quelles bases de données devaient travailler » déclare

le DSI. « Il était juste question de changer un peu de code, mais il a fallu un certain temps et beaucoup d'efforts pour comprendre exactement quelles lignes il fallait modifier ».

#### Les pilotes clouds gratuits sont souvent coûteux

Soyez conscient que les programmes pilotes gratuits pour les services de cloud computing peuvent rapidement se transformer en dépenses. « De nombreux fournisseurs proposent ce type d'offres, avec des approches différentes, mais au final elles se transforment automatiquement en offre payante », explique Frank Ridder, un analyste du Gartner et de compléter « ces offres d'essai gratuit sont souvent d'une durée très courte ». Il convient donc, selon l'analyste, avant d'entreprendre un pilote de négocier tous les termes du contrat, ainsi que les remises si le programme pilote est un succès. Les coûts d'installation sont un autre élément à regarder. « Les clients sont souvent attirés par le prix peu élevé du service et ils ne voient pas les coûts de transition et d'intégration parfois élevés », dit Franck Ridder. Pour un service comme l'email, prévient-il, ces coûts peuvent facilement monter à 10 \$ à 30 \$ par poste.

Des coûts cachés peuvent également surgir si les applications ne sont pas paramétrées pour profiter pleinement des fonctionnalités du cloud. Le DSI du Marist College confirme : « nous étions sûr que le paramétrage de notre ERP était assez sophistiqué pour profiter de toutes les ressources de processeurs, de mémoire, de cache, de capacités de stockage et des connexions réseau offerts par le cloud ». Mais ce n'était pas le cas et la révision du code logiciel a nécessité un « montant considérable » en temps homme pour les développeurs. Au terme de ces travaux, le dirigeant explique : « nous avons vu une augmentation de 30% de la performance, mais ce n'était pas gratuit ».

#### Loyer et énergie

Les responsables informatiques qui migrent leurs systèmes vers le cloud pourraient rencontrer une autre dépense imprévue si tout à coup ils se trouvaient à payer certains éléments qui ne sont pas de leur responsabilité. « Il y a, bien sûr, de nombreux coûts associés à l'hébergement d'un système en interne, mais pas tous, comme l'énergie et des loyers, qui étaient payés hors de mon budget informatique », explique Jonathan Alboum, DSI du ministère américain de l'Agriculture. « Avec le cloud, ces charges d'infrastructures de base sont incluses dans le coût global, donc je paye pour certaines choses qui, auparavant, ne rentraient pas dans mon budget ».

Depuis l'été 2010, le ministère utilise un service du cloud Amazon.com pour héberger une application qui fournit l'équivalent de coupons alimentaires, et baptisée Supplemental Nutrition Assistance Program qui (SNAP). L'outil, appelé le SNAP Retailer Locator présente une carte en ligne qui aide les gens à trouver les commerces qui acceptent les cartes de débit SNAP. Le ministère a décidé de mettre cette application dans le cloud, car cette offre a pu être lancée rapidement et elle est très évolutive.

Avec le cloud, Jonathan Alboum doit payer de nouveaux frais mensuels et prendre une autre approche budgétaire. « Globalement, le cloud est très flexible et les résultats sont à des coûts globalement inférieurs pour le gouvernement. Mais cela demande de revoir son schéma de pensée en matière budgétaire » annonce le DSI. Il considère cette vision « comme un problème de trésorerie ».

La virtualisation des ressources informatiques permet de bénéficier de services plus puissants (calcul, stockage, serveurs...), en répartissant les machines, les applications et les données dans de multiples sites ou serveurs, interconnectés à distance ; c'est le Cloud computing, ou informatique en nuage. Les utilisateurs accèdent ainsi à de nombreux services en ligne, sans gérer l'infrastructure de matériels et de logiciels. En matière de Cloud computing, il convient de bien vérifier les protections de sécurité proposées par le prestataire.

La virtualisation des ressources informatiques permet de bénéficier de services plus puissants (calcul, stockage, serveurs...), en répartissant les machines, les applications et les données dans de multiples sites ou serveurs, interconnectés à distance ; c'est le Cloud computing, ou informatique en nuage. Les utilisateurs accèdent ainsi à de nombreux services en ligne, sans gérer l'infrastructure de matériels et de logiciels. En matière de Cloud computing, il convient de bien vérifier les protections de sécurité proposées par le prestataire, comme l'explique Syntec numérique dans un livre blanc(1). Plusieurs risques sont identifiés. Par exemple, les prestataires hébergent souvent les données à l'étranger ; or, une collectivité doit exiger que ses données soient stockées en France. Les ressources stockées peuvent être difficiles à localiser et il convient aussi de vérifier l'étanchéité entre données des divers clients du prestataire, qui respecte la confidentialité. Les données doivent être accessibles en permanence, afin d'éviter à la collectivité une coupure de service.

#### Les données et leurs sauvegardes doivent être cryptées

Le dispositif doit comporter des antivirus et des firewall puissants, afin d'isoler les différentes informations stockées pour le compte de plusieurs clients. Il est aussi possible de chiffrer les données (cryptage) : seul le destinataire des informations peut les déchiffrer, à l'aide d'une clef qu'il est le seul à connaître et que ne détient pas le fournisseur. Cette méthode, très sécurisée, est sélective : il est possible de chiffrer seulement ce qui est nécessaire. Il faut aussi crypter les sauvegardes. Les virus peuvent détériorer les applications ou faciliter la corruption de données ; le prestataire doit effectuer régulièrement des tests (vulnérabilité, intrusion...) pour vérifier que l'intégrité des données est maintenue. Il doit aussi adopter des mécanismes d'authentification des personnes autorisées à accéder aux données qui prouvent leur identité et facilitent la traçabilité. La politique de sécurité doit prévoir, par exemple, le changement de mots de passe tous les trois mois, la formation du personnel...

#### Vérifier les garanties apportées par le prestataire

Le fournisseur de Cloud doit être en mesure d'apporter des garanties sur l'hébergement physique des données, en particulier sur le contrôle d'accès aux data centers (salles d'hébergement informatique), où les allées et venues du personnel constituent un risque. La collectivité doit s'assurer que les locaux informatiques sont sécurisés : zones où sont isolées les données les plus sensibles, installation extérieure des sites de maintenance (eau, électricité, ascenseurs...), éloignement et répartition sur plusieurs sites des supports de sauvegarde (CD...), caméras de surveillance, enregistrement vidéo des entrées et des sorties... En outre, une architecture de secours répliquant la première, installée sur un autre site, permet de réaliser un plan de continuité d'activité en cas de panne, d'incident ou d'acte de malveillance.

#### Spécifier les responsabilités de la commune et du fournisseur

Le client — la collectivité — est juridiquement responsable de ses données et de leur utilisation (contraintes juridiques...). Le prestataire s'engage à en préserver l'intégrité et la confidentialité. La collectivité doit sécuriser les mots de passe ou les certificats qui lui permettent d'accéder à son environnement de Cloud computing et ne pas laisser d'accès ouvert au service par le biais de son réseau. Le contrat de service doit spécifier le partage de responsabilité.

6 **La collectivité peut confier le traitement de ses données informatiques à un prestataire qui s'appuie sur plusieurs serveurs, répartis dans le monde entier... Le contrat d'externalisation doit alors prévoir différentes clauses pour protéger les données hébergées.**

Le Cloud Computing, ou informatique en nuage, est une forme d'externalisation qui consiste à déporter sur des serveurs, répartis dans le monde entier, les traitements informatiques traditionnellement stockés sur un serveur local ou sur un poste client. Les utilisateurs restent uniquement propriétaires des données, hébergées sur les serveurs distants, et accèdent à de nombreux services en ligne (stockage de données, traitement de texte, sécurité...). Cette formule, qui transfère la gestion de l'infrastructure informatique, diminue les budgets. Toutefois, avant de s'engager avec un prestataire, une collectivité doit s'assurer que de nombreux aspects juridiques soient respectés.

6 **Les données doivent demeurer disponibles**

Il convient, tout d'abord, de déterminer le périmètre des données qui seront confiées au prestataire. Les plus sensibles doivent être préservées en interne, afin d'être toujours disponibles, en cas de demande d'un administrateur technique ou d'un salarié habilités. Le contrat doit prévoir la gestion des droits d'accès. Le prestataire doit s'engager, à travers une convention de niveaux de services (Service Level Agreement ou SLA), dans laquelle seront déterminés des indicateurs, souvent évolutifs, assortis d'une clause de pénalité. La convention peut également inclure d'autres référentiels de qualité et de sécurité, liés à l'externalisation du système d'information : tests et jeux d'essais, clause de recette, audits internes ou externes, politique de sécurité. Elle doit aussi prévoir la disponibilité des données dans différents cas : cessation d'activité du prestataire, rachat par un concurrent avec lequel la collectivité ne souhaite pas travailler, niveau de qualité insuffisant, faute du prestataire... Pour cela, une clause de réversibilité précisera utilement les modalités pratiques de fonctionnement du système d'information pendant la transition entre deux prestataires (la continuité du service). Il est également nécessaire d'identifier tous les serveurs utilisés pour héberger les données de la collectivité et permettre leur traçabilité. Le prestataire doit aussi assurer le chiffrement des données de la collectivité et leur étanchéité avec les multiples données, issues d'autres clients, qui peuvent partager le même nuage. Le contrat d'externalisation doit comprendre une clause de confidentialité des données, assortie d'une clause pénale destinée à sanctionner les manquements du prestataire ou de son personnel (superviseurs, administrateurs...).

6 **Le prestataire doit être soumis à une législation rigoureuse**

Déléguer la gestion des traitements de données à un prestataire n'exonère pas la collectivité de sa responsabilité, civile et pénale, issue de la loi Informatique et libertés (art. 34 et 35). En effet, en tant que responsable du traitement informatique, elle doit prendre toutes précautions utiles "pour préserver la sécurité des données et, notamment, empêcher qu'elles soient déformées, endommagées, ou que des tiers non autorisés y aient accès". Le contrat d'externalisation doit être écrit et comporter les obligations du prestataire en matière de protection de la sécurité et de confidentialité des données à caractère personnel, ainsi que des mesures techniques nécessaires. La collectivité doit choisir un prestataire installé dans un pays dont les règles de droit, en matière de protection des données à caractère personnel, sont, au minimum, aussi protectrices que celles en vigueur dans l'Union européenne.

## Présentation générale

Le concept d'informatique dans le nuage est comparable à celui de la distribution de l'énergie électrique. La puissance de calcul et de stockage de l'information est proposée à la consommation par des entreprises spécialisées et facturé d'après l'utilisation réelle. De ce fait, les entreprises n'ont plus besoin de serveurs dédiés, mais confient le travail à effectuer à une entreprise qui leur garantit une puissance de calcul et de stockage à la demande.

Selon les approches des entreprises, se distinguent trois formes de *cloud computing* :

- les *clouds privés internes*, gérés en interne par une entreprise pour ses besoins,
- les *clouds privés externes*, dédiés aux besoins propres d'une seule entreprise, mais dont la gestion est externalisée chez un prestataire,
- et les *clouds publics*, gérés par des entreprises spécialisées qui louent leur services à de nombreuses entreprises.

Ces notions sont regroupées par les anglo-saxons sous le vocable *elastic computing capacity*. Le National Institute of Standards and Technology en a donné une définition succincte qui reprend ces principes de base : « L'informatique dans les nuages est un modèle pratique, à la demande, pour établir un accès par le réseau à un réservoir partagé de ressources informatiques configurables (réseau, serveurs, stockage, applications et services) qui peuvent être rapidement mobilisées et mises à disposition en minimisant les efforts de gestion ou les contacts avec le fournisseur de service. »

Le *cloud* a émergé principalement pour répondre aux exigences de continuité et de qualité du service. Pour approcher de ces objectifs, des travaux ont été entrepris afin de trouver des méthodes dans tous les niveaux impliqués afin d'établir un service entre un client final et un fournisseur de service :

- l'*application*, qui est en contact avec le client ;
- la *plate-forme*, qui exécute l'application ;
- l'*infrastructure*, qui est le support de la plate-forme ;
- les *données*, qui sont fournies sur demande.

Comme solution, le *cloud* est la mise en flexibilité (ou en disponibilité) de ces 4 niveaux. Les moyens employés sont essentiellement l'isolation verticale et le découpage horizontal de chaque niveau. Il faut en effet toujours être en mesure de remplacer chaque élément de la solution globale pour que le service au client final ne s'interrompe pas. L'isolation est assurée par des normalisations existantes ou à inventer, et est obligatoire, car les 4 niveaux étant de nature différentes, ils ne peuvent s'interpénétrer.

Même si les techniques utilisées pour atteindre ce résultat ne sont pas fixées, elles comportent généralement au moins la virtualisation et la décomposition granulaire (d'entités habituellement monolithiques). En cela, il y a un rapprochement évident avec la philosophie générale d'Unix, qui décompose toute fonction finale en briques élémentaires simples, stables et compréhensibles. Cependant, pour Unix, c'est le développeur qui fait ce travail d'assemblage, alors que dans le cas du *cloud* c'est parfois l'utilisateur final. La transformation en *cloud* et donc la mise en flexibilité de ces 4 niveaux correspond aux termes généralement notés ainsi :

- Software as a Service (SaaS) : l'application est découpée en services ;
- Platform as a Service (PaaS) : la plate-forme est granulaire ;
- Infrastructure as a Service (IaaS) : l'infrastructure est virtualisée
- Data as a Service (DaaS) : les données sont fournies à un endroit précis.

## SaaS

Le software as a service établit une interface avec l'utilisateur. Il réalise une fonction et, pour l'utilisateur, peu importe comment il le fait, ce qui compte c'est que le service fonctionne.

La fonction logicielle est décomposée en briques élémentaires appelées services, qui peuvent être recomposées librement pour réaliser une fonction de plus haut niveau.

Par exemple dans le cas du Web :

- une cartographie ajoutée dans un site de vente de biens immobiliers ;
- une messagerie instantanée dans un site de petites annonces ;
- l'ajout de commentaires dans un site de publication d'articles polémiques ;
- l'ajout d'une vidéo dans une page Web.

Dans le cas de la vidéo, celle-ci peut provenir du serveur qui a généré la page, c'est la façon *non-cloud* de procéder. Mais elle peut aussi provenir d'un autre emplacement, elle est alors indépendante et devient un service. L'isolation vers l'utilisateur est assurée par les standards du W3C (URL, HTML, RSS, etc.).

Le SaaS, souvent associé au *cloud computing*, peut aussi être vu comme un modèle économique de consommation des applications. Consommées et payées à la demande (par utilisateur et par minute d'utilisation par exemple) et non plus acquises par l'achat de licences, le SaaS peut donc à ce titre reposer sur une infrastructure informatique dans le nuage.

## PaaS

La Platform as a service a pour rôle l'exécution du logiciel. Elle est composée de briques utilisant des langages de programmation de haut niveau, généralement des langages de script (console de commande, Python, SQL, serveur d'application, etc.). De nos jours, tout est réalisable avec ces langages, du traitement de l'information au calcul intensif. L'isolation provient du fait que leur fonctionnement est documenté et que cette documentation, publique, a les mêmes caractéristiques qu'une norme ; ce sont donc des standards de facto.

Flexibiliser ce niveau correspond à offrir un environnement d'exécution pour ces langages de haut niveau, tout en faisant disparaître la complexité inhérente à leur bon fonctionnement. Ce qui compte, c'est que la fonction logicielle soit assurée correctement et continuellement. On utilise pour cela des flottes (ou nuages) de serveurs. Les techniques utilisées sont variées : le basculement (fail-over), la répartition de charge (load-balancing).

## IaaS

L'Infrastructure as a service crée la plateforme et exécute les langages de programmation de bas niveau (C++, C, assembleur, etc.), c'est le niveau du système d'exploitation et de l'accès aux fichiers. L'isolation est obtenue par les normes qui lui sont propres, par exemple POSIX dans le cas d'Unix. Des connecteurs réseau sont utilisés préférentiellement aux connecteurs vers les ressources locales, qui n'existent pratiquement plus.

En cloud, la flexibilité et la granularité sont obtenues par la virtualisation du système d'exploitation. La plateforme, où qu'elle soit, est exécutée par des machines virtuelles et les ressources peuvent être allouées et relibérées à la demande, sans interruption.

## DaaS

Le Data as a Service sous-entend qu'un service peut fournir des données de qualité à un endroit précis. Ces données sont nettoyées, enrichies et à disposition de différents systèmes, applications ou utilisateurs, quel que soit l'endroit où ils sont dans leur organisation ou sur le réseau.