



Université de Fribourg, Suisse

Département d'informatique

Bachelor en Gestion d'entreprise

# **Les enjeux du Cloud Computing en entreprise**

## **L'intégration dans le Cloud**

Travail de Bachelor

Thibaud Chardonnens

[thibaud.ch@gmail.com](mailto:thibaud.ch@gmail.com)

Dr. Stefan Hüsemann

# Table des matières

<b>1. Introduction.....</b>	<b>2</b>
1.1 Description du problème .....	2
1.2 Objectifs du travail .....	2
1.3 Procédure et structure du travail.....	4
<b>2. Concepts et définition du cloud computing.....</b>	<b>6</b>
2.1 Définition du contexte .....	6
2.2 Définition du cloud computing .....	10
2.3 Architecture .....	14
2.3.1 SaaS.....	15
2.3.2 PaaS .....	15
2.3.3 IaaS .....	16
2.4 Virtualisation .....	16
2.4.1 Hyperviseur de type 1/natif .....	17
2.4.2 Hyperviseur de type 2/hosted.....	18
2.5 Types de Cloud .....	19
2.5.1 Cloud privé .....	19
2.5.2 Cloud public.....	20
2.5.3 Cloud hybride .....	20
2.6 Cloud Computing et SOA.....	20
2.6.1 Définition de SOA .....	20
2.6.2 Combiner le Cloud et SOA .....	21
<b>3. Les principaux acteurs du cloud computing .....</b>	<b>22</b>
3.1 Amazon .....	22
3.2 Google .....	25
3.3 Salesforce .....	26
3.4 Microsoft.....	27
3.5 IBM .....	29
3.6 VMware.....	30
<b>4. Les aspects économiques .....</b>	<b>33</b>

4.1	Analyse des différents coûts .....	35
4.2	Capital Budgeting .....	37
<b>5.</b>	<b>Sécurité et risques liés au Cloud Computing.....</b>	<b>39</b>
5.1	Localisation des données .....	41
5.2	Résilience et changement de prestataire.....	42
5.3	Principales certifications .....	43
5.4	Le cloud privé : la meilleure alternative ?.....	44
<b>6.</b>	<b>L'intégration des systèmes.....</b>	<b>46</b>
6.1	La notion d'intégration .....	46
6.2	Méthodologies d'intégration .....	48
6.2.1	<i>Caractéristiques des produits et solutions d'intégration.</i> .....	49
6.3	Produits, services et plateformes d'intégration SaaS .....	50
6.3.1	<i>Jitterbit</i> .....	50
6.3.2	<i>Boomi AtomSphere</i> .....	50
6.3.3	<i>Bungee connect</i> .....	51
6.3.4	<i>Snap Logic</i> .....	51
6.3.5	<i>The pervasive DataCloud</i> .....	52
6.3.6	<i>IBM CastIron</i> .....	52
<b>7.</b>	<b>Développement du Cloud Computing.....</b>	<b>53</b>
<b>8.</b>	<b>Description du problème et du scénario d'intégration.....</b>	<b>59</b>
<b>9.</b>	<b>Description de la solution d'intégration avec CastIron.....</b>	<b>62</b>
9.1	Création d'un nouveau projet et tour d'horizon du logiciel. ....	62
9.2	Création des nœuds finaux .....	65
9.2.1	<i>Configuration du nœud vers Salesforce.com</i> .....	66
9.2.2	<i>Création du nœud vers la base de données</i> .....	66
9.2.3	<i>Création du nœud vers le protocole http</i> .....	67
9.3	Création des activités.....	67
9.3.1	<i>Recevoir une requête HTTP</i> .....	68
9.3.2	<i>Demander les objets à Salesforce.com</i> .....	69
9.3.3	<i>Insérer les lignes dans la base de données</i> .....	70
9.3.4	<i>Envoyer la réponse http</i> .....	71

9.4 Démarrer l'orchestration .....	73
9.4.1 Vérification du déroulement de l'orchestration.....	74
<b>10. Evaluation de la solution.....</b>	<b>75</b>
<b>11. Conclusion .....</b>	<b>79</b>
<b>12. Bibliographie.....</b>	<b>83</b>

# Liste des figures

Figure 1: Représentation d'internet dans un diagramme. (Velte, Velte, & Elsenpeter, 2009) .....	6
Figure 2 : Hype Cycle of emerging technologies (Gartner 2011) .....	8
Figure 3 : Google trend « cloud computing » (Google, 2011a) .....	9
Figure 4 : Utilisation des ressources .....	11
Figure 5 : Local vs Cloud (Google, 2011b). .....	12
Figure 6 : Les 3 couches du cloud computing (Warin, 2011) .....	14
Figure 7 : Hyperviseur de type 1 (Wikipedia, 2012e) .....	18
Figure 8 : Hyperviseur de type 2 (Wikipedia, 2012e) .....	19
Figure 9 : AWS Management Console .....	23
Figure 10 : Facturation App Engine .....	26
Figure 11 : L'application Word en ligne .....	28
Figure 12 : Tarification IBM SmartCloud (IBM, 2011) .....	30
Figure 13 : La gamme vFabric de VMware (VMware, 2012) .....	31
Figure 14 : Réduction des coûts d'après IBM (IBM, 2011) .....	34
Figure 15 : Coûts cumulés d'investissement .....	35
Figure 16 : Freins et inhibiteurs en France (Pierre Audoin Consultants, 2010) .....	39
Figure 17 : Qui a le contrôle ? (Syntec, 2010) .....	40
Figure 18 : Avantages et intérêts d'un cloud privé sur un cloud public (Pierre Audoin Consultants, 2010) .....	44
Figure 19: Le système de SnapLogic (SnapLogic, 2012) .....	51
Figure 20: Le marché du CC en Europe (PAC, 2010) .....	53
Figure 21 : Utilisateurs d'internet (Google, 2012) .....	56
Figure 22 : Diagramme du scénario d'intégration .....	61
Figure 23 : Création d'un nouveau projet .....	63
Figure 24 : Projet d'intégration vide .....	64
Figure 26 : Configuration du noeud Salesforce.com .....	66
Figure 27 : Configuration du noeud de connexion à la base de données .....	67
Figure 28 : Activité "Recevoir requête" .....	69
Figure 29 : Demander les objets à salesforce.com .....	70
Figure 30 : Mappage des champs .....	71
Figure 31 : L'orchestration complète .....	73
Figure 32 : Analyse SWOT de la solution d'intégration .....	76

# **I. Introduction**

# 1. Introduction

## 1.1 Description du problème

Le Cloud Computing ou « informatique dans les nuages » en français promet en théorie de révolutionner le monde de l'IT en proposant des services accessibles à la demande au travers d'internet. A partir de 2010 le Cloud Computing a été massivement médiatisé, les rachats stratégiques s'enchaînent, les offres se multiplient. En réalité c'est une notion qui reste assez confuse, c'est un terme à la mode et souvent utilisé de manière abusive à des fins marketings. Mais la tendance est bel et bien réelle et présente, toutes les grandes entreprises du domaine informatique s'engagent très fortement dans cette nouvelle approche.

Selon IDC, d'ici à 2013, les dépenses informatiques liées au cloud devraient être jusqu'à six fois supérieur à celles de 2009, année où tout de même 17 milliards de dollars ont été dépensés dans les technologies du cloud (logiciels et matériels), soit 5% des investissements TIC mondiaux. En 2013 ces dépenses devraient s'élever à 45 milliards de dollars soit une croissance annuelle de 25% (Zedi, 2010).

Aujourd'hui quasiment toutes les entreprises, de la petite PME à la grande multinationale, ont recours à l'informatique pour gérer leurs activités. Jusqu'à maintenant la solution qui prédominait était de disposer de ressources locales avec un grand nombre de paramètres à gérer, maintenance, mises à jours, refroidissement, sécurité, sauvegardes, interface logicielle etc.

Désormais un nouveau moyen est mis à disposition : le cloud computing, qui permet de délocaliser ces ressources afin de les confiés à des fournisseurs professionnels. Quels en sont les avantages, les risques, les freins, les problèmes et les développements possibles et probables ? C'est à cette question que va répondre de manière globale ce travail

## 1.2 Objectifs du travail

Le but de ce travail est, dans une première partie purement théorique, de définir clairement les principes du cloud computing, ses avantages et inconvénients, d'observer les risques d'un tel service, parcourir les différentes offres disponibles.

La seconde partie est pratique et tentera de résoudre un des problèmes du cloud computing : celui de l'intégration de différentes applications. Pour ce faire l'outil d'intégration IBM CastIron sera utilisé.

Quatre questions de recherche qui serviront de « fil rouge » durant le travail ont été définies :

1. Qu'est ce que le cloud computing ?

On en parle de plus en plus, c'est un sujet à la mode, mais concrètement quels sont les réels avantages (ou désavantages) du cloud computing. Existe-t-il différents types de cloud computing, quelles solutions choisir en fonction de ses besoins et chez qui les choisir ?

2. Quels sont les apports réels en terme de coûts ?

On l'aura compris un des principaux avantages serait des économies au niveau des coûts des infrastructures informatiques. Mais quand est-il réellement, est-ce vraiment plus économique de changer ? Le cloud computing permet en tout cas d'éliminer les coûts fixes des ressources informatiques. N'avoir plus que des coûts variables est très intéressant pour une entreprise afin de faire face aux différents cycles conjoncturels de manière optimale. Comment les entreprises envisagent-elles le cloud computing ?

3. Pourquoi et comment intégrer différents systèmes de l'entreprise ?

Une fois avoir choisi les composants que l'on veut utiliser, le prochain challenge est de savoir comment on va pouvoir les faire « interagir » entre eux. En effet un service est rarement utilisé seul de plus un service « in the cloud » sera peut-être amené à échanger des données avec un service local. Quels moyens a-t-on afin de relier au mieux tous ces composants différents ? Par quels moyens va-t-on intégrer nos applications ? Quels types d'intégration existent ?

4. Le cloud computing demain ?

Si le cloud computing au sens propre du terme existe depuis déjà quelques années, ce n'est que récemment qu'il connaît un réel développement. A quoi faut-il s'attendre pour les années à venir ?

Durant le travail une entreprise fictive, MyStartup, sera quelquefois utilisée pour illustrer certains exemples. MyStartup est une jeune société active dans la vente de vêtements en



ligne et connaît un succès grandissant la poussant à opter régulièrement pour de nouvelles ressources informatiques.

## 1.3 Procédure et structure du travail

Afin de répondre aux objectifs de la première partie du travail, la partie théorique, un travail de recherche sur les thèmes en question sera effectué. Le thème du Cloud Computing étant encore relativement récent, la recherche se focalisera essentiellement sur des documents, articles provenant de sites web ainsi que sur quelques ouvrages spécifiques au Cloud Computing.

La partie pratique aura pour but de démontrer comment les problèmes d'intégration peuvent être réglés. Pour se faire, le logiciel d'intégration CastIron d'IBM a été préalablement choisi. Pour mener à bien le projet d'intégration, la documentation du logiciel et des applications intégrées sera utilisée.

Chacune de ces deux parties regroupe plusieurs chapitres. Chaque chapitre comporte une brève introduction qui présente rapidement le contenu du dit chapitre.

Le chapitre 2 est une introduction générale au Cloud Computing, il définit les bases, donne une définition, présente le fonctionnement général du Cloud Computing. Les principaux acteurs dans le domaine seront analysés dans le chapitre 3. Le quatrième chapitre traitera des aspects économiques du cloud computing. Quels sont les coûts à prendre en compte, quelles méthodes de calculs utilisées etc. Le sujet sensible de la sécurité sera développé dans le cinquième chapitre. Les problèmes d'intégrations et les différentes solutions pour les résoudre seront analysés dans le chapitre 6 et finalement le dernier chapitre de la partie théorique, le sept traitera du futur de notre sujet, le cloud computing.

La partie pratique est aussi subdivisée en plusieurs chapitres. Le huitième introduira cette seconde partie en détaillant les résultats attendus. Le chapitre 9 décrira en détail la solution d'intégration avec le logiciel CastIron au moyen de plusieurs captures d'écran. Et finalement le onzième chapitre analysera la solution trouvée dans le précédent chapitre.

Une conclusion se trouvera évidemment à la fin du travail pour résumer les observations faites durant le travail. Juste après la conclusion suivra la bibliographie.

## **II.      Partie théorique**

## 2. Concepts et définition du cloud computing

Ce chapitre répond en grande partie à la première question formulée dans l'introduction, c'est à dire « qu'est ce que le cloud computing ? ». Il va traiter des différentes définitions du cloud computing, un bref historique ainsi que les différentes structures du cloud computing. Les différents acteurs seront analysés dans le chapitre suivant.

### 2.1 Définition du contexte

Le « Cloud Computing » que l'on pourrait traduire en français par « informatique dans les nuages » doit son nom à la représentation faite d'internet dans les diagrammes réseaux. L'internet est souvent représenté par un nuage, comme le démontre la Figure 1, signifiant généralement « tout le reste » ou tout ce qui est en dehors du périmètre du réseau local. Le cloud computing représente donc des ressources informatiques quelque part en dehors du réseau propre à l'entreprise ou à un particulier.

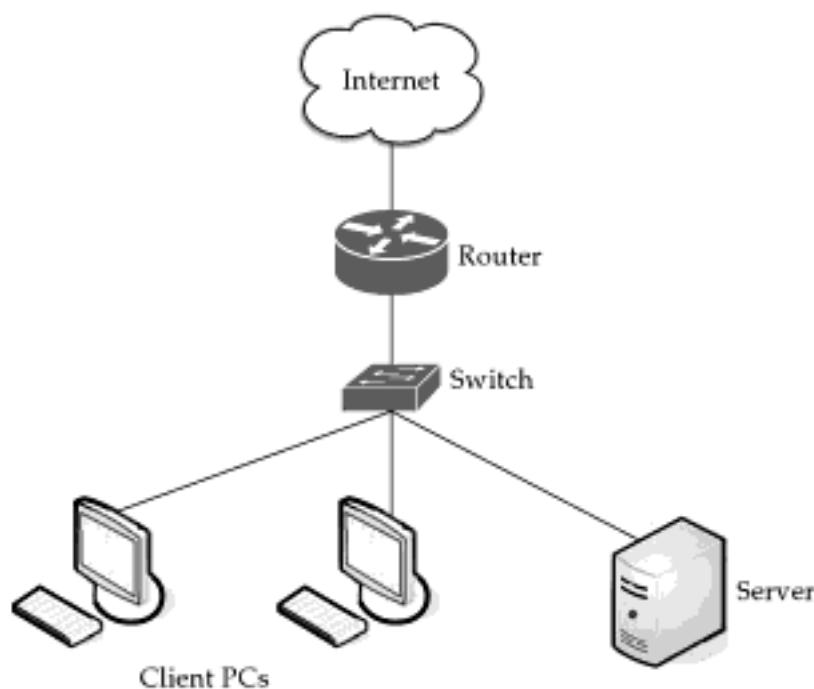


Figure 1: Représentation d'internet dans un diagramme. (Velte, Velte, & Elsenpeter, 2009)

Cette notion n'est toutefois pas complètement nouvelle, il y a quelques années proposer une application sous forme de service s'appelait ASP (Application Service Provider). Dans les années 60, IBM proposait déjà un service d'informatique à la demande. Les années 80 furent

le début de la virtualisation, tout ces concepts on amené pas à pas une nouvelle manière de proposer et de consommer les ressources informatiques, comme un service (Warin, 2011).

Le cloud computing n'est probablement pas une révolution en soi mais bel et bien l'évolution logique d'internet et du monde de l'IT en général. Dans une situation économique où l'on cherche à rentabiliser au mieux ses investissements tout en limitant l'impact sur l'écologie, le cloud computing à toutes les cartes en mains pour être la solution de demain.

Si l'on regarde un peu en arrière, ce n'est que depuis quelques années que le terme « cloud computing » a fait son apparition, selon certains on le doit à John McCarty, le pionner dans le domaine de l'intelligence artificielle, d'autres y voient l'influence de J.C.R Licklider, un avant-gardiste dans les technologies de l'information et plus particulièrement dans le développement d'internet (Zedi, 2010).

Avec l'outil Google Trend (Google, 2011a) on peut remarquer que le terme de cloud computing fait son apparition au 4ème trimestre 2007. Depuis les recherches n'ont cessé d'augmenter. On peut mettre en lien le graphique de Google Trend (cf. Figure 3) avec le « Hype Cycle of emerging technologies » de Gartner (cf. Figure 2), une analyse des technologies émergentes positionnées sur un cycle des tendances. Selon Gartner, les nouvelles technologies suivent généralement toujours le même cycle ; dans un premier temps elles sont très médiatisées, à la mode, mais la mode comme dans tous les domaines ne dure jamais très longtemps. S'en suit donc une perte d'intérêt et de visibilité puis soit la technologie est complètement oubliée soit elle mûrit, s'adapte au marché et est utilisée et adoptée.

Figure 1 Hype Cycle for Emerging Technologies, 2011

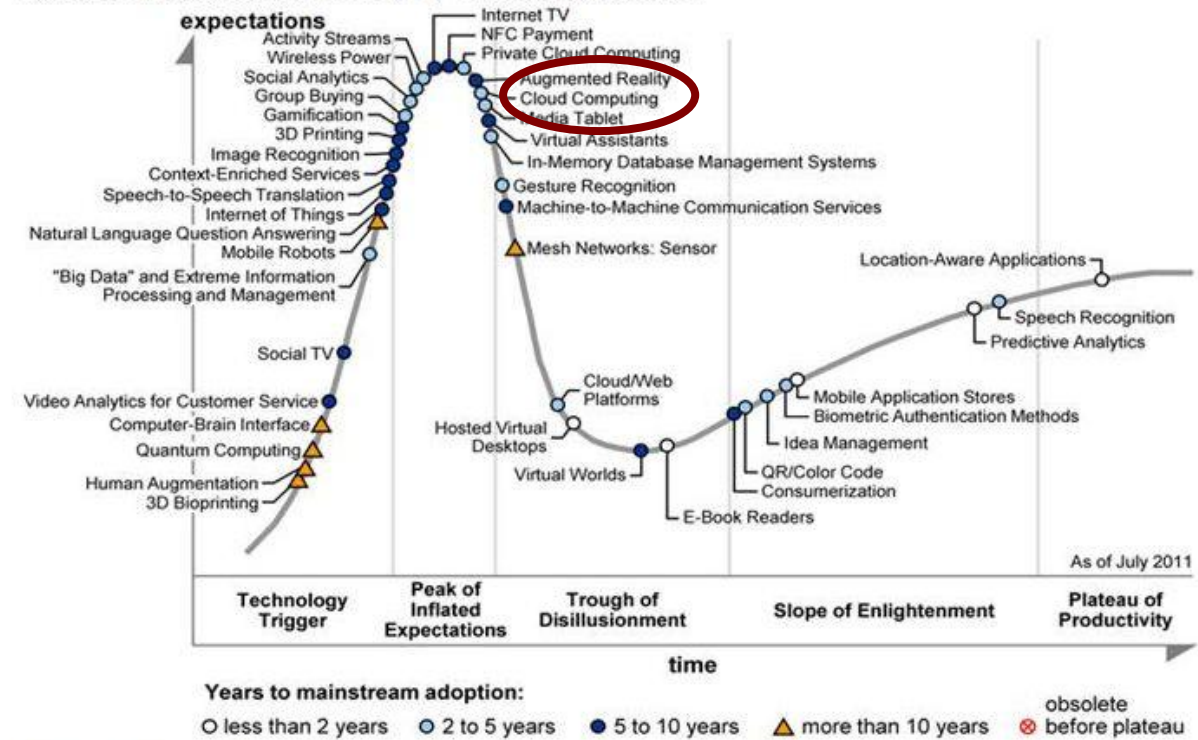


Figure 2 : Hype Cycle of emerging technologies (Gartner 2011)

En ordonnée les attentes de la technologie, en abscisse le temps. Les technologies traversent 5 états de maturité :

1. **Technology Trigger** : pourrait être traduit par phase de buzz, c'est pendant cette période que les technologies se font connaître
2. **Peak of inflated Expectations** : Pic de popularité
3. **Through of Disillusionment** : chute de la popularité du produit, soit par non médiatisation soit par déception.
4. **Slope of Enlightenment** : La technologie arrive en phase de maturité et est de plus en plus utilisée.
5. **Plateau of Productivity** : La technologie est mature et est adoptée à grande échelle.

En juillet 2011, selon Gartner, le cloud computing va bientôt entrer dans la phase de « Through of disillusionment ». Après avoir été un des « buzzword » de 2010, le cloud computing suit le chemin logique de la courbe. Ca ne veut pas dire que d'ici quelques années on aura totalement oublié jusqu'au terme de cloud computing, mais simplement que cette

nouvelle technologie, cette nouvelle manière de consommer des ressources informatique doit maintenant être adoptée plus massivement et faire ses preuves sur le « terrain ».

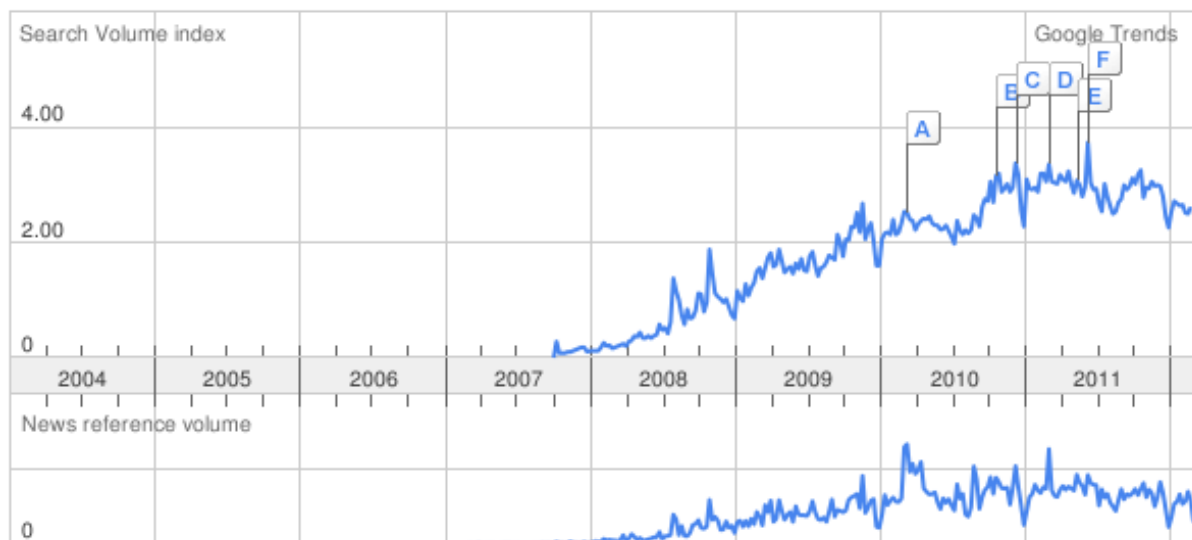


Figure 3 : Google trend « cloud computing » (Google, 2011a)

Comme vu précédemment, dès le 4<sup>ème</sup> trimestre 2007, l'expression « cloud computing » fait son apparition sur le web avec un nombre de recherche plus ou moins croissant jusqu'en 2011. La courbe du haut dans la Figure 3 représente le nombre de recherches effectuées sur Google pour le terme « Cloud computing ». La courbe du bas représente le nombre de fois que le terme en question a été cité dans une news de Google. Les données sont mises à l'échelle par rapport au nombre de recherches moyen sur toutes les années (2004 à 2012). La valeur « 1 » sur l'axe vertical représente le nombre moyen de recherche. L'année 2010 et 2011 semble être le pic de popularité et si l'on en croit les prévisions de Gartner l'intérêt porté au cloud computing devrait suivre une baisse au cours des prochains mois.

Ces graphiques démontrent bien que le cloud computing est actuellement très à la mode, c'est pourquoi il faut être vigilant car de nombreux fournisseurs de services l'utilisent à des fins marketing. A l'instar d'autres domaines, il n'y a pour l'instant pas de certification « cloud », tel que la certification A.O.C pour l'alimentaire par exemple. Il n'existe donc pas de définition exacte du cloud computing (Warin, 2011). Le chapitre suivant va tenter de définir plus clairement en quoi consiste le cloud computing.

---

## 2.2 Définition du cloud computing

Même si les experts ne sont pas d'accords sur sa définition exacte, la plupart s'accordent à dire qu'elle inclue la notion de services disponibles à la demande, extensibles à volonté. En contradiction avec les systèmes actuels, les services sont virtuels et illimités et les détails des infrastructures physiques sur lesquels les applications reposent ne sont plus du ressort de l'utilisateur.

Par exemple quelques définitions qui ont circulés sur internet (Rhoton, 2010, pp. 7-8) :

- *The 451 Group* : « The cloud is IT as a Service, delivered by IT resources that are independant of location »
- *Gartner* : « Cloud computing is a style of computing where massively scalable IT-related capabilities are provided 'as a service' across the Internet to multiple external customers »
- *Forrester* : « A pool of abstracted, highly scalable, and managed infrastructure capable of hosting end-customer applications and billed by consumption. »
- *Wikipedia* : « A style of computing in which dynamically scalable and often virtualized resources are provides as a service over the Internet. Users need not have knoledge of, expertise in, or control over the technology infrastructure 'in the cloud' that supports them. »

Un des points essentiels de ces définitions est la notion de « scalability » ; d'extensibilité à la demande, d'élasticité, c'est à dire qu'on ne paie que ce qu'on utilise. C'est un avantage considérable par rapport à une infrastructure propre à l'entreprise où les serveurs sont très souvent sous-utilisés. Pour illustrer ce principe analysons la Figure 4 : Utilisation des ressources.

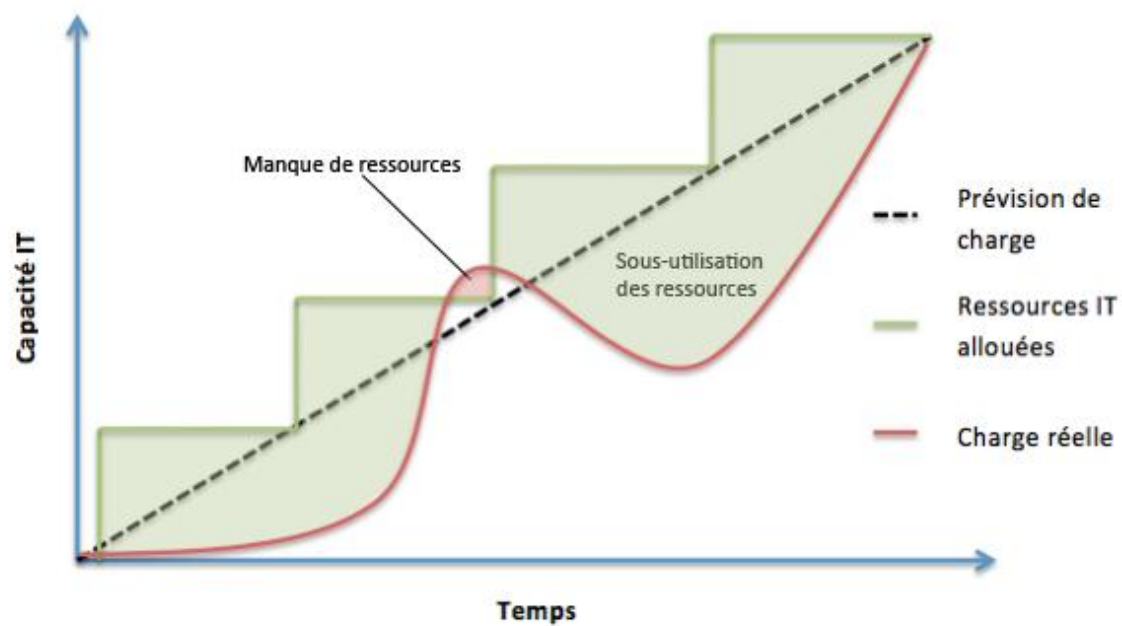


Figure 4 : Utilisation des ressources

Illustrons cet exemple avec notre entreprise MyStartup, en vu de son succès, l'entreprise planifie la charge des prochains trimestres comme étant linéaire et croissante. A chaque fois que les ressources actuelles sont au même niveau que la prévision de charge, l'entreprise investit dans de nouvelles infrastructures. Cependant dans la réalité, la charge est très rarement linéaire, elle fluctue selon de nombreux critères pas toujours bien prévisibles. De ce fait les ressources seront souvent en excédant est parfois lors de forte montée en charge en insuffisance.

Etant donné qu'avec un service dans le cloud on ne paie que ce que l'on utilise et que les services sont flexibles on tend à limiter voir éliminer cette sous ou sur-utilisation des ressources IT. Les ressources allouées suivent la charge réelle, par exemple lors de montée en charge le client paiera plus cher ses services dans le cloud, il aura besoin de plus de ressources de calcul, de mémoire etc. Puisque moins d'énergie est utilisée dans le vide, un tel service est également plus respectueux de l'environnement. A ce sujet, une petite étude de Google démontre les bienfaits énergétiques de son service mail pour entreprise : « Le cloud computing est sécurisé, simple, vous permet de rester productif et vous fait gagner de l'argent. Mais le cloud peut aussi vous faire économiser de l'énergie » (Google, 2011b). Nommé « Google's Green Computing : Efficiency at Scale » (Google, 2011c), le rapport de Google au sujet des économies d'énergies grâce au cloud computing cherche à mettre en



avant l'économie d'énergie réalisée en supprimant certaines étapes du processus de consultation des mails, à commencer par leur transfert sur une machine locale comme c'est le cas lors de l'utilisation d'un logiciel de messagerie de type Outlook ou Thunderbird. « Les serveurs des systèmes de messageries locaux sont souvent sous-utilisés et installés dans des lieux qui ne sont pas optimisés efficacement en matière d'énergie » explique la firme. La sous-exploitation des serveurs dédiés à la messagerie dans les entreprises apparaît comme le premier vecteur de gaspillage d'énergie : plus l'entreprise est petite, plus l'énergie consommée (ou gaspillée) annuellement par employé est grande. Google estime qu'une petite entreprise de moins de 50 salariés utilise 175 kWh d'énergie par an et par personne, rien que pour la messagerie. Une entreprise moyenne (500 employés) en consomme 28,4 kWh, contre 7,6 kWh pour une grande (jusqu'à 10 000 employés). Google se sert de cette étude pour démontrer qu'un utilisateur de Gmail dans le cloud consomme moins de 2,2 kWh par an. La raison de ces économies est simple : les serveurs, par ailleurs optimisés et virtualisés, sont tous totalement exploités et le rapport serveur/nombre d'utilisateurs est donc bien plus faible (Oeillet, 2011). Pour illustrer ces exemples, la Figure 5 est tirée du rapport de Google, démontrant la meilleure efficacité des serveurs mails dans le cloud qu'en local.

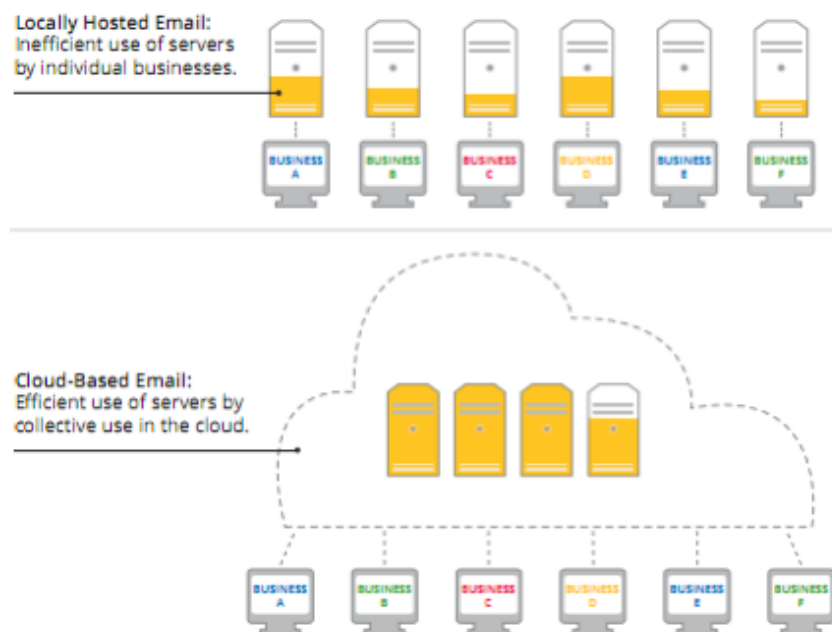


Figure 5 : Local vs Cloud (Google, 2011b).

De plus une infrastructure locale est souvent compliquée à mettre en place, il est nécessaire de disposer de Datacenters puissants, avec des solutions de refroidissements, de bande passante, des serveurs, beaucoup d'espace de stockage mais aussi des solutions de sauvegarde et de sécurité, le tout doit être adapté à une couche logicielle pas toujours évidente. Il faut donc beaucoup d'experts pour installer, configurer et maintenir cet ensemble.

Avec le cloud computing tout ceci se simplifie en théorie, au lieu de s'occuper de ses propres applications et infrastructures, le tout est géré par un « Virtual Datacenter » partagé. Pour ajouter un nouveau service il suffit de se loguer sur le service de cloud, de sélectionner une application parmi un catalogue et de la configurer.

Une fois les notions principales du cloud computing acquises et avant d'entrer dans le sujet plus en détail on pourrait se poser la question suivante : quand avoir recours (ou non) au cloud computing ? Il n'y a évidemment pas de réponse type, mais il est important de retenir que le cloud computing peut être utilisé dans trois principaux scénarios. Premièrement en tant qu'unités de calculs qui exécutent du code. Deuxièmement en tant qu'unités de stockage qui permettent de stocker vos données. Finalement en tant que fournisseur d'applications préconçues. Nous verrons par la suite que certains fournisseurs proposent ces trois scénarios parfois au sein d'une même offre. Il est à noter que le cloud computing ne peut pas être utilisé pour absolument toute l'infrastructure IT de l'entreprise, de nombreux points tels que le type de données, la capacité de calcul, les différents coûts sont à analyser.

Pour résumer le cloud computing c'est (Bojoly, 2010) :

- L'abstraction sur la localisation
- L'utilisation de ressources partagées
- L'élasticité qui permet d'ajouter à la demande des ressources au système
- La facturation à la demande
- Le self-service via internet

Maintenant que la description et l'intérêt général du cloud computing sont compris, penchons nous plus en détail sur l'architecture de ces solutions.

## 2.3 Architecture

Le cloud computing peut être décomposé en trois couches :

- Applicative (**SaaS**, Software as a Service)
- Plateforme (**PaaS**, Platform as a Service)
- Infrastructure (**IaaS**, Infrastructure as a Service)

La Figure 6 ci-dessous représente les différentes couches du cloud computing de la couche la moins visible pour les utilisateurs finaux à la plus visible. L'infrastructure as a Service (IaaS) est plutôt gérée par les architectes réseaux, la couche PaaS est destinée au développeurs d'applications et finalement le logiciel comme un service (SaaS) est le « produit final » pour les utilisateurs.

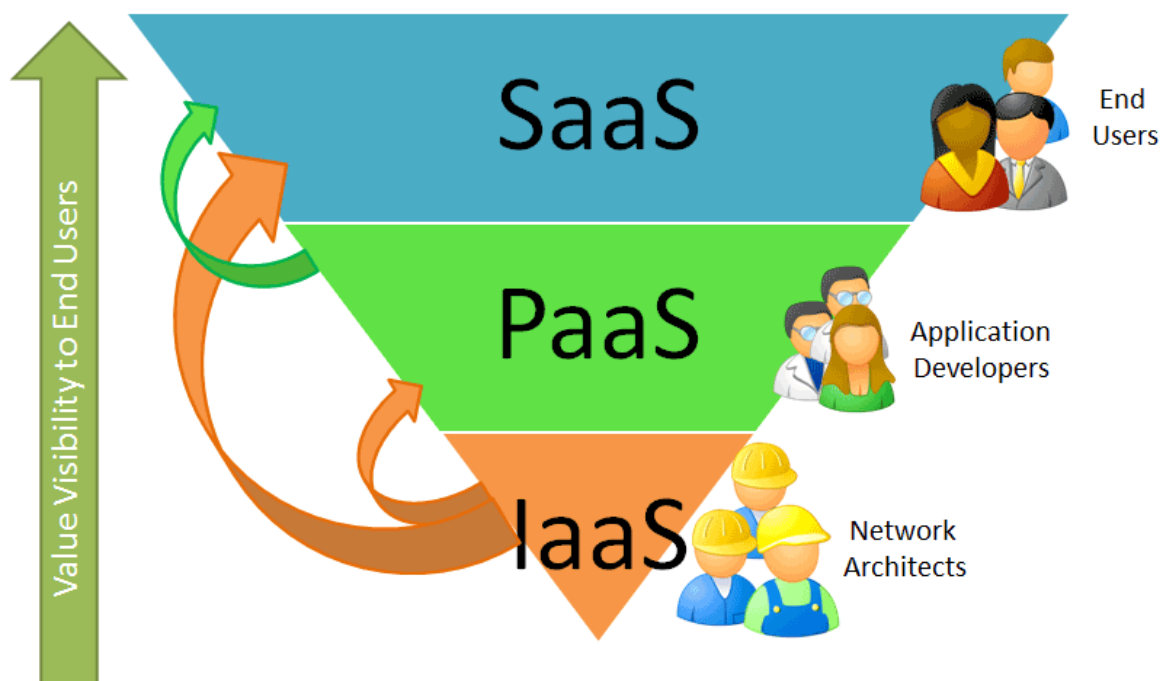


Figure 6 : Les 3 couches du cloud computing (Warin, 2011)

---

### 2.3.1 SaaS

Le logiciel en tant que service ou plus connu en anglais en tant que Software as a Service (**SaaS**) repose sur la mise à disposition à travers internet d'applications en contrepartie d'un abonnement, la plupart du temps calculé en fonction du nombre d'utilisateurs. C'est en quelque sorte la partie « visible » du cloud computing pour l'utilisateur final. On y trouve différents types d'application, du CRM à la gestion des ressources humaines, comptabilité, messagerie etc....

Aujourd'hui, selon Gartner, 90% des entreprises utilisent des applications en mode SaaS ou envisagent de le faire.

Il y a très peu de prérequis, si ce n'est un accès à internet pour utiliser les applications généralement directement via le navigateur. Le déploiement, stockage, maintenance, sauvegarde sont du ressort du fournisseur de service. C'est certainement un avantage mais de ce fait, le client est dépendant du mode de fonctionnement de l'application et mis à part quelques réglages il ne peut pas la personnaliser à sa guise.

Un bon exemple de SaaS est Salesforce.com qui propose des applications à la demande du type CRM et autres outils de collaborations. Il est donc très facile pour le client de bénéficier d'une application de manière quasi instantanée et à la demande sans aucun frais en immobilisation (serveurs et licences), aucun déploiement ou maintenance à assurer. Nous verrons les solutions de salesforce.com et d'autres fournisseurs plus en détails par la suite.

### 2.3.2 PaaS

La plateforme comme un service (**PaaS**), est la plateforme d'exécution, de déploiement et de développement des applications. Le client maintient ses applications, le fournisseur maintient : les runtimes, l'intégration SOA, les base de données, le logiciel serveur, la virtualisation, le matériel serveur, le stockage et les réseaux (Wikipedia, 2011).

Un service PaaS met à disposition des environnements de développement prêts à l'emploi, fonctionnels et performants. Parmi les solutions : Windows Azure de Microsoft, App Engine de Google, Force.com de Salesforce. Chaque fournisseur de PaaS propose des environnements de développement différents, Google App Engine se limite à Java et Python,

tandis Windows Azure permet de travailler avec les langages .NET, PHP, Python, Ruby et Java.

### 2.3.3 IaaS

La dernière couche du cloud computing, la plus complexe en terme de gestion est l'infrastructure comme un service (**IaaS**). L'infrastructure fournit des capacités de calcul, de stockage et une bande passante suffisante. Cette infrastructure est mise à disposition de façon à gérer automatiquement la charge de travail requise par les applications.

Il y a très peu de limitation pour le client si ce n'est la partie matérielle qui peut être contournée grâce aux systèmes de virtualisation. Les applications vont dès lors pouvoir être déployées sans être liées à un serveur spécifique. La virtualisation répond de manière dynamique là où les serveurs physiques fournissent un ensemble de ressources allouées selon les besoins, et où la relation entre les applications et les ressources de calcul, de stockage et de réseau pourront s'adapter de manière automatique pour répondre à la charge de travail et aux exigences demandées (Warin, 2011).

Pour simplifier ces différentes définitions, on peut retenir qu'avec le SaaS on **utilise** une application, avec le PaaS on **construit** ses applications et finalement l'IaaS permet d'**héberger** le tout.

## 2.4 Virtualisation

Revenons maintenant plus en détail sur le principe de virtualisation évoqué plus haut. La virtualisation a été la première pierre vers l'ère du cloud computing, c'est une technologie qui permet une gestion optimisée des ressources matérielles en disposant de plusieurs machines virtuelles sur une machine physique. Certains noms tels que VMware ou VirtualBox sont désormais relativement familiers.

Aujourd'hui la plupart des serveurs possèdent des ressources matérielles importantes, mais celles-ci sont rarement utilisées à 100%. Il est fréquent qu'une entreprise dispose d'une quinzaine de serveurs fonctionnant chacun à 15% de ses capacités. C'est pourquoi les prestataires d'offres dans le cloud y installent des outils de virtualisations qui vont permettre de disposer, sur une machine, de plusieurs systèmes d'exploitations. Lorsque l'on sait que serveur tournant à 90% de ses capacités ne consomme pas beaucoup plus qu'un serveur à

10% on comprend logiquement la démarche de virtualisation, même si généralement environ 30% de la charge machine est utilisé par la virtualisation en elle-même (Wikipedia, 2012e).

Le principe de virtualisation permet aussi d'être plus flexible dans l'allocation des ressources, par exemple si une machine virtuelle manque de ressources car le serveur physique sur lequel elle repose n'est pas ou plus assez puissant il est dès lors très simple de virtualiser cette machine virtuelle sur un autre serveur plus puissant.

Il existe plusieurs techniques de virtualisation, les deux sous-chapitres suivants détaillent les deux principales solutions utilisées dans le cloud.

#### **2.4.1 Hyperviseur de type 1/natif**

Un hyperviseur désigne simplement une plateforme de virtualisation. Dans le cas d'un hyperviseur de type 1 ou natif, l'hyperviseur s'exécute directement sur la plateforme matérielle, c'est en quelque sorte un noyau très léger optimisé pour gérer les accès des noyaux des systèmes d'exploitations invités à l'architecture matérielle sous-jacente. De ce fait, plusieurs systèmes d'exploitation peuvent être exécutés quasiment directement au-dessus du matériel, sans être dépendant d'un OS hôte.

Si les systèmes d'exploitations invités fonctionnent en ayant « conscience » d'être virtualisés et sont optimisés pour ce fait, on parle alors de para-virtualisation.

C'est avec cette technique de virtualisation que fonctionnent par exemple : VMware ESX/ESXi, Microsoft Hyper-V server, Parallels server Bare Metal. (Wikipedia, 2012e)

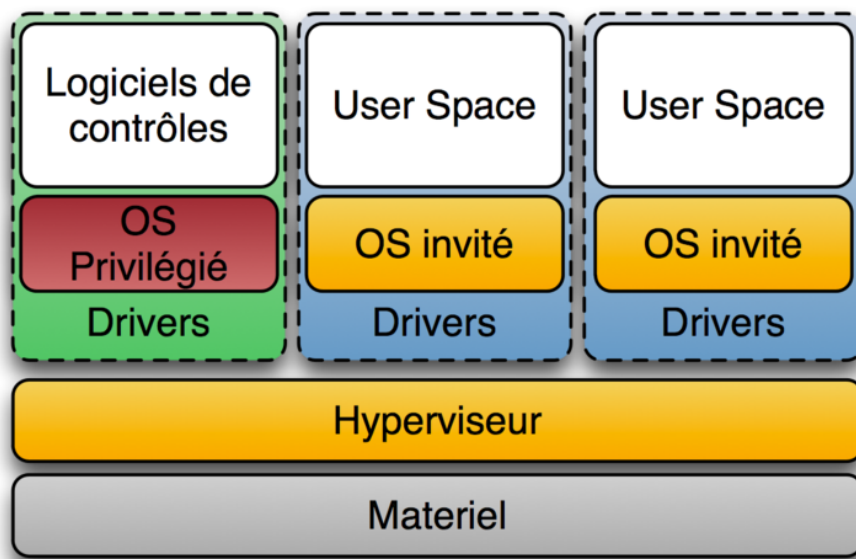


Figure 7 : Hyperviseur de type 1 (Wikipedia, 2012e)

### 2.4.2 Hyperviseur de type 2/hosted

Un hyperviseur de type 2 est un logiciel généralement assez lourd, qui tourne sur l'OS hôte. Ce logiciel permet de gérer les OS invités. La machine virtualise et/ou émule le matériel pour le OS invités afin que ceux-ci croient dialoguer directement avec la couche matérielle.

Cette solution isole bien les OS invités mais elle perd en performance. Le coût en performance peut être élevé si le processeur doit être émulé. En revanche cette solution permet de faire cohabiter plusieurs OS hétérogènes sur une même machine.

Quelques exemples reposant sur cette technique de virtualisation : Oracle VM VirtualBox, Parallels Desktop, VMware Fusion/Player/Server/Workstation, Microsoft Virtual PC/Server (Wikipedia, 2012e).

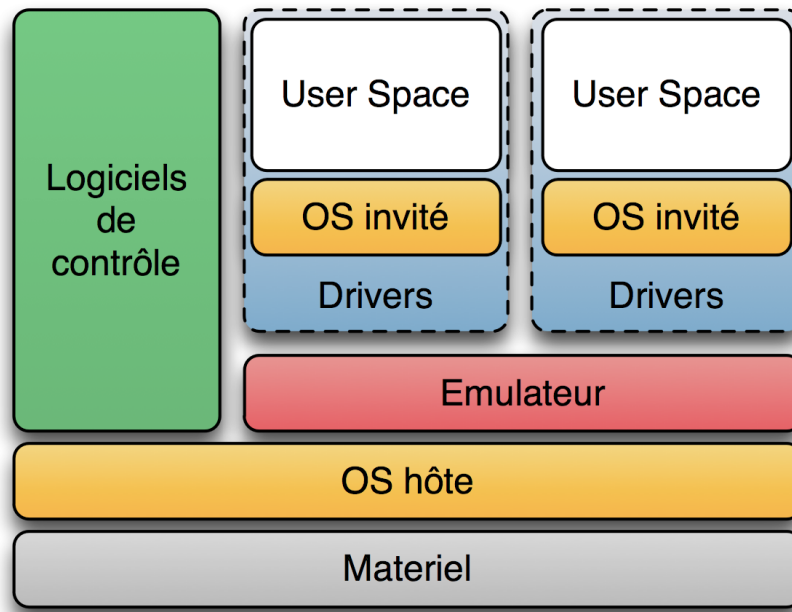


Figure 8 : Hyperviseur de type 2 (Wikipedia, 2012e)

## 2.5 Types de Cloud

Un service dans le cloud doit bien évidemment reposer sur des ressources physiques. La question qui se pose alors est où sont ces ressources ?

Une entreprise a le choix entre se construire ou louer un cloud privé, bénéficier des offres dans un cloud public ou choisir différentes options avec un cloud hybride. Analysons ces trois possibilités plus en détail.

### 2.5.1 Cloud privé

La notion de « **cloud privé** » peut-être divisée en deux : le cloud privé interne et le cloud privé externe. Généralement lorsque l'on parle de cloud privés, se sont des clouds privés externes qui sont dédiés à une seule entreprise mais dont la gestion est externalisée à un prestataire. C'est le cas par exemple avec Amazon Virtual Private Cloud (Amazon VPC) qui permet de mettre en service une section privé et isolé du cloud Amazon Web Service (AWS) que nous verrons plus en détail par la suite.

Les clouds privés internes sont gérés par l'entreprise elle-même. On peut se poser la question si un cloud privé interne est réellement un cloud ? En effet nous avons vu plus haut



que dans le cloud les infrastructures et la maintenance sont externalisés ce qui n'est pas le cas avec un cloud privé interne (Warin, 2011).

### 2.5.2 Cloud public

Un **cloud public** est un service SaaS, PaaS ou IaaS proposé et géré par un tiers à l'entreprise. De plus en plus de fournisseurs proposent un cloud public dans lequel n'importe quel entreprise (ou utilisateur privé) peut y héberger ses applications, ses différents services et données. Il n'y a donc aucun investissement initial pour le client, et l'on paie généralement uniquement pour les ressources que l'on utilise (Warin, 2011).

### 2.5.3 Cloud hybride

Un **cloud hybride** est l'utilisation de plusieurs clouds, qu'ils soient privés ou publics. Par exemple, on pourra exporter nos applications dans un cloud public mais ces applications utiliseront également des données stockées sur un cloud privé. On se trouve donc dans le cas d'un cloud hybride.

Le cloud hybride pose donc un problème important du Cloud Computing : celui de l'intégration. Comment faire pour que plusieurs applications hébergées sur différents clouds puissent communiquer entre elles? Nous traiterons ce problème en détail dans la partie pratique de ce travail.

## 2.6 Cloud Computing et SOA

Les services clouds ont quelques caractéristiques clés : élasticité, self-service, à la demande etc. Pour fournir ces caractéristiques, les bases du service, de l'infrastructure cloud doivent être bien conçus et bien architecturés. Afin de rendre cette approche possible, l'architecture du cloud devrait être basée sur une approche modulaire. Une architecture modulaire permet la flexibilité et la réutilisation du service. L'approche cachée sous cette flexibilité n'est autre que SOA, une architecture orientée service. Ce sous-chapitre donne un aperçu de SOA ainsi que la relation entre SOA et le Cloud (Hurwitz, Bloor, Kaufman, & Halper, 2010).

### 2.6.1 Définition de SOA

L'architecture orientée service (SOA) est une approche de conception et de construction de systèmes d'informations qui utilise des composants d'applications existantes. Les

applications existantes exposent leurs fonctionnalités à travers des interfaces services qui peuvent être mis à disposition à l'intérieur même d'une entreprise ou par le biais d'internet. SOA facilite grandement la réutilisation de fonctionnalités (Hüsemann, 2009).

Cette approche permet de :

- Augmenter la flexibilité des applications
- Réduire les coûts de l'intégration
- Mettre à disposition des services réutilisables à travers différentes applications et/ou systèmes d'information (Hüsemann, 2009).

### 2.6.2 Combiner le Cloud et SOA

Premièrement il est important de ne pas mélanger les deux termes. Selon David Mitchell Smith, vice président de Gartner, la confusion est généralement faite à cause du terme « service » utilisé à la fois pour le cloud et pour le SOA. Dans le monde du SOA, l'on parle de services en faisant références aux logiciels, aux composants actifs et aux objets (éléments techniques), mais dans le monde réel quand on parle de service, on pense résultats. M. Smith continue : « Avec le cloud, vous payez pour des résultats, pas pour la technologie. »

Cependant, les deux services sont liés, le fait de bénéficier du SOA représente une bonne base pour le cloud. Les deux concepts sont donc compatibles sans être basés sur la même idée : Le cloud computing est une architecture de déploiement et non une approche architectural dans le but de construire le système IT de l'entreprise comme l'est SOA (Le Monde du Cloud, 2010).

SOA est donc une approche au niveau de l'architecture afin de proposer un système comprenant des services réutilisables et interchangeable. Le Cloud Computing a pour but de délivrer une infrastructure et des services réutilisables en rapport avec les besoins de l'entreprise. Certains principes du cloud peuvent être basés sur une architecture SOA mais le but en soi des ces deux concepts est différent.

## 3. Les principaux acteurs du cloud computing

Dans ce chapitre nous allons parcourir les principaux fournisseurs de services dans le cloud et observer les offres ainsi que les prix proposées. Ce chapitre traite également de la question de recherche : « Qu'est ce que le cloud computing ? ».

### 3.1 Amazon

« Amazon Web Services » (AWS) met à disposition un cloud public depuis 2006. Au départ le but d'Amazon était de rentabiliser ses énormes infrastructures requises pour assumer les montées en charge pendant la période de Noël sur leur boutique en ligne.

Aujourd'hui Amazon propose de nombreux services en ligne, à commencer par l'IaaS probablement le plus connu : Elastic Compute Cloud (EC2).

« Amazon EC2 présente un environnement informatique vraiment virtuel, vous permettant d'utiliser des interfaces de service Web pour lancer des instances avec une variété de systèmes d'exploitation, de les charger avec votre environnement d'applications personnalisées, de gérer les autorisations d'accès à votre réseau, et d'exécuter votre image en utilisant autant ou aussi peu de systèmes que vous le désirez.

Pour utiliser Amazon EC2, il suffit de :

- Sélectionner une image préconfigurée, avec un modèle afin de démarrer immédiatement. Ou créer une Amazon Machine Image (AMI) contenant votre application, vos bibliothèques et données, et vos paramètres de configuration associés.
- Configurer la sécurité et l'accès au réseau sur votre instance Amazon EC2.
- Choisir quel(s) type(s) d'instances et quel système d'exploitation vous voulez, puis démarrer, arrêter et surveiller autant d'instances de votre AMI que nécessaires, à l'aide des API (Application Programming Interface) de service Web ou la variété d'outils de gestion proposés.

- Déterminer si vous voulez exécuter dans plusieurs emplacements, utiliser des points de terminaison d'IP statique, ou annexer du stockage persistant par bloc à vos instances.
- Payer seulement les ressources que vous consommez, comme les heures-instance ou le transfert de données. » (Amazon, 2011)

Un grand nombre d'AMI sont déjà préconfigurée et prêtes à l'emploi avec différents systèmes d'exploitations disponibles dont Windows Server, Ubuntu, RedHat, OpenSolaris, Oracle Enterprise Linux... Avec chaque AMI des logiciels sont présent pour la gestion d'une base de données (IBM DB2, MySQL ...) , l'hébergement web, le développement d'applications, l'encodage et la diffusion en continu de vidéos etc.

Ensuite les ressources sont configurables avec des logiciels tiers grâce aux API ou directement depuis la console de management Web d'Amazon : la AWS management Console (cf. Figure 9).

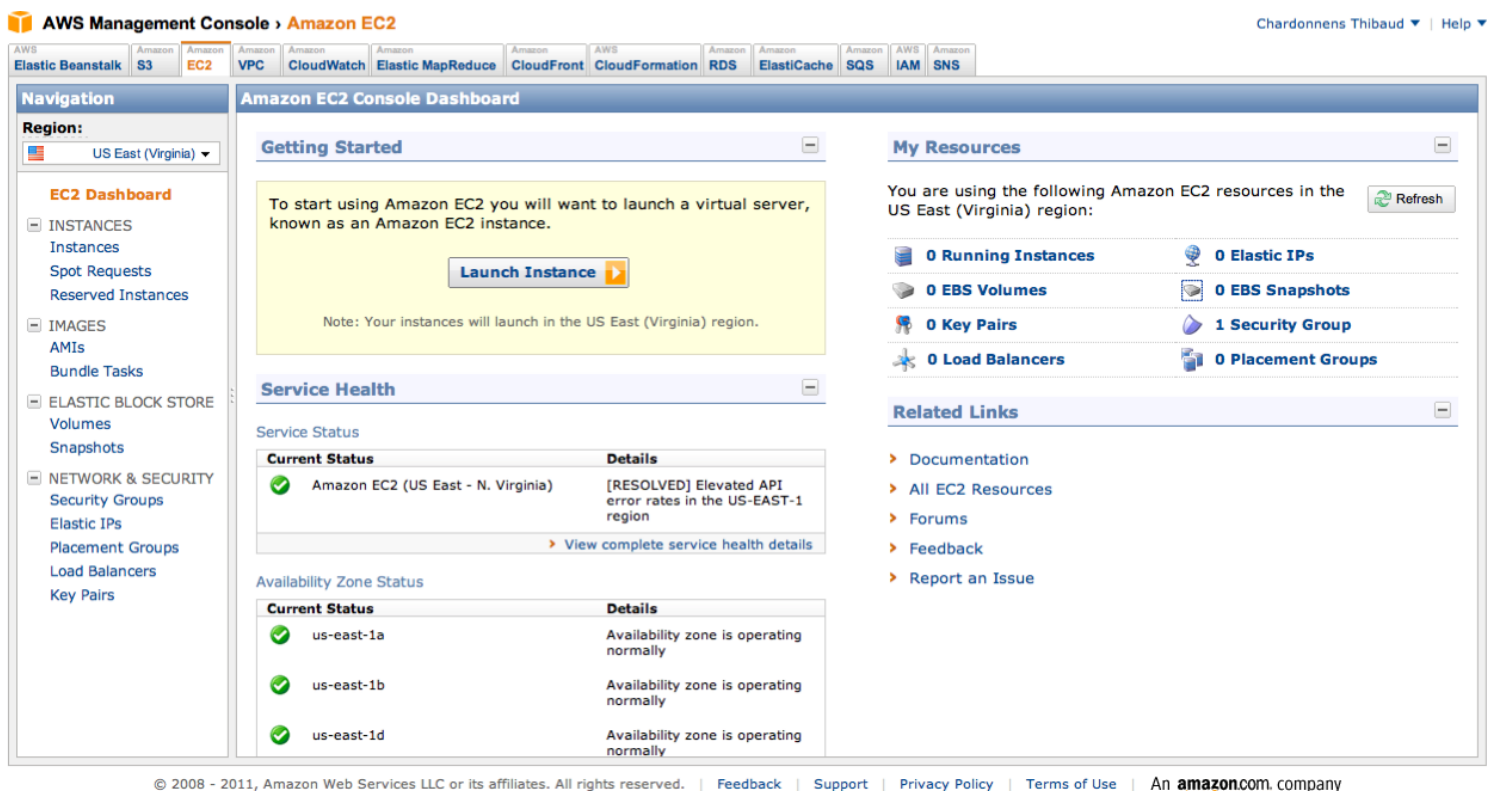


Figure 9 : AWS Management Console

La facturation se fait en fonction des instances choisies. Amazon propose trois types d'instances : à la demande, réservée et spot. Avec les instances à la demande on paie la

capacité de calcul sans engagement à long terme (de 0,02\$/h pour la micro instance à 2,48\$/h pour la « Extra Large Quadruple »). Avec les instances réservées on effectue un paiement unique pour une durée d'au minimum un an. Les coûts à l'heure sont donc beaucoup plus faible (0,01\$/h pour la micro à 1,28\$/h pour l'extra large quadruple). Finalement les instances spot permettent de faire des offres pour acheter de la capacité Amazon EC2 non utilisée. Les instances sont facturées à un prix fixé par Amazon qui fluctue en fonction de l'offre et de la demande. Les prix sont donc généralement encore plus bas que pour les instances réservées.

Il faut encore prendre en compte le prix des transferts de données sortantes (upload) le premier GB par mois est gratuit. Le prix est ensuite décroissant en fonction de la taille du transfert. De 0,120\$/GB pour un transfert jusqu'à 10To/mois à 0,050\$/GB jusqu'à 350To/mois. Pour plus de 350To/mois le prix est à discuter avec Amazon. Les données entrantes sont gratuites.

Amazon propose également des services PaaS avec « Amazon Simple Storage » (Amazon S3), un service de stockage en ligne. Amazon S3 est utilisé conjointement avec d'autres fonctionnalités des services cloud d'Amazon. Par exemple avec le nouveau service ElasticMapReduce permettant d'effectuer des calculs parallèles distribués de données généralement très volumineuses. Les données traitées par le service ElasticMapReduce sont stockées dans un « bucket » Amazon S3. Le tarif de stockage varie de 0.125\$ par Go/Mois pour le premier To et diminue linéairement à 0.055\$ par Go/Mois avec un stockage de plus de 5000To. Ces tarifs varient sensiblement suivant le pays où sont stocké les données. Au tarif de stockage s'ajoute à nouveau un tarif de demande (0.01\$ pour 1000 demandes PUT, COPY, POST ou LIST et 0.01\$ pour 10000 demandes GET) et un tarif de transfert de données (gratuit jusqu'à 1 Go/mois, 0.120\$/Go jusqu'à 10To par mois et 0.050\$/Go jusqu'à 350To par mois) (Amazon, 2012b).

Amazon propose également de nombreux autres services dans le cloud mentionnons rapidement Amazon SQS un système de gestion de files d'attentes pour stocker les messages alors qu'ils se déplacent entre les ordinateurs, Amazon DynamoDB qui permet de créer en quelques clics une base de données NoSQL (non-relationnel), ElasticMapReduce déjà cité plus haut etc.

Amazon est à l'heure actuelle le plus grand fournisseur de services dans le cloud qui a compris le potentiel du cloud computing bien avant la démocratisation et l'explosion de cette tendance. Amazon semble donc bien en place pour garder sa position de leader avec de nouvelles offres basées sur des technologies à l'avenir prometteur (MapReduce, base de données No-SQL, ...), ce que peu de concurrents proposent.

## 3.2 Google

Google mise beaucoup sur le cloud computing et propose des services PaaS et SaaS.

A grande échelle, les solutions de Google dans le cloud sont surtout connues des consommateurs privés au travers des ses Google Apps telles que Google Docs, Calendar ou encore Gmail. Toutes ces « web apps » sont dans le domaine du SaaS et gratuites pour une utilisation privée.

Google App Engine dont la première version beta est sortie en avril 2008 est le service PaaS de Google. Au départ le service ne supportait que le développement d'applications en Python. Depuis, le support de Java Virtual Machines (JVMs) a été ajouté et permet de développer des applications non seulement en Java mais aussi au moyen de JRuby, JPython, Scala ou Clojure. Le SDK (software development kit) inclut un environnement complet de développement qui simule App Engine en local sur le bureau du développeur (Rhoton, 2010).

La plateforme inclut également des services sous formes d'API permettant de manipuler des images, d'envoyer des mails ou encore d'utiliser les comptes Google pour les identifications au sein de l'application.

La Figure 10 ci-dessous détaille la facturation d'App Engine :

Ressource	Unité	Coût unitaire
Outgoing Bandwidth (Bande passante sortante)	gigaoctets	0,12 USD
Incoming Bandwidth (Bande passante entrante)	gigaoctets	0,10 USD
CPU Time (Temps processeur)	CPU hours (Heures processeur)	0,10 USD
Stored Data (Données stockées)	gigaoctets par mois	0,15 USD
Recipients Emailed (Destinataires contactés par e-mail)	destinataires	0,0001 USD

Figure 10 : Facturation App Engine

Un service de base de données est également disponible sous le nom de Datastore. Ce service est basé sur la technologie propriétaire « BigTable » et utilise le langage GQL pour manipuler les données.

### 3.3 Salesforce

Salesforce.com est une société pionnière dans le domaine du SaaS, elle a été créée en 1999 déjà par Marc Benioff. Ces dix dernières années l'entreprise n'a cessé de croître et d'enchaîner les acquisitions. En 2004 la société est introduite à la bourse de New-York sous le symbole boursier CRM, apportant ainsi pas loin de 110 millions de dollars. (Wikipedia, 2011b)

Basée sur la base de données database.com et une place de marché de logiciels, l'appexchange, les solutions de Salesforce.com sont regroupées dans différentes grandes catégories : Sales Cloud, Service Cloud, Force.com et Chatter Collaboration Cloud.

- Sales Cloud : l'outil de CRM (customer relationship management) par excellence disponible en plus de 25 langues et accessible depuis des appareils mobiles. Le produit fournit des outils de gestion des comptes et contacts clients, outils marketing, de ventes, plateforme de discussion, AppExchange un catalogue de services développés pour Salesforce par des tierces parties...
- Service Cloud : Un service client de nouvelle génération permettant aux entreprises d'être plus sociable et collaborative. Service Cloud propose des services rapides et réactifs intégrant tous les canaux de communication ; du centre d'appel aux réseaux sociaux.

- Chatter Collaboration Cloud est une plateforme de collaboration en temps réel reprenant un peu la forme d'un réseau social.

Les prix pour Sales Cloud vont de 1,60€ par utilisateur et par mois pour un maximum de 5 utilisateurs, à 270€ par utilisateur par mois pour la version unlimited. Service Cloud varie de 70 à 285€/utilisateur/mois.

Salesforce.com propose également un solution PaaS : Force.com qui permet de créer des applications au moyen de Visualforce (un framework pour la création d'interfaces graphiques) et Apex, un langage de programmation propriétaire qui reprend la syntaxe de Java mais qui est plus tourné vers la gestion des bases de données.

La tarification va de 15€/utilisateur/mois permettant de développer une application à 80€/utilisateur/mois pour la version illimitée (Salesforce.com, 2011).

### 3.4 Microsoft

Microsoft s'avère être actuellement l'un des seul acteur au niveau mondial à proposer des offres sur les trois modèles SaaS, PaaS et IaaS.

Les principales solutions SaaS sont Offices 365 et Microsoft Online Services. Office 365 propose des applications web compatibles avec les formats de la suite Microsoft Office classique (Word (cf. Figure 11), Excel, PowerPoint, Publisher...). Plusieurs personnes peuvent donc éditer un document en même temps, il est possible d'avoir ensuite un aperçu des personnes ayant consulté et édité vos documents.



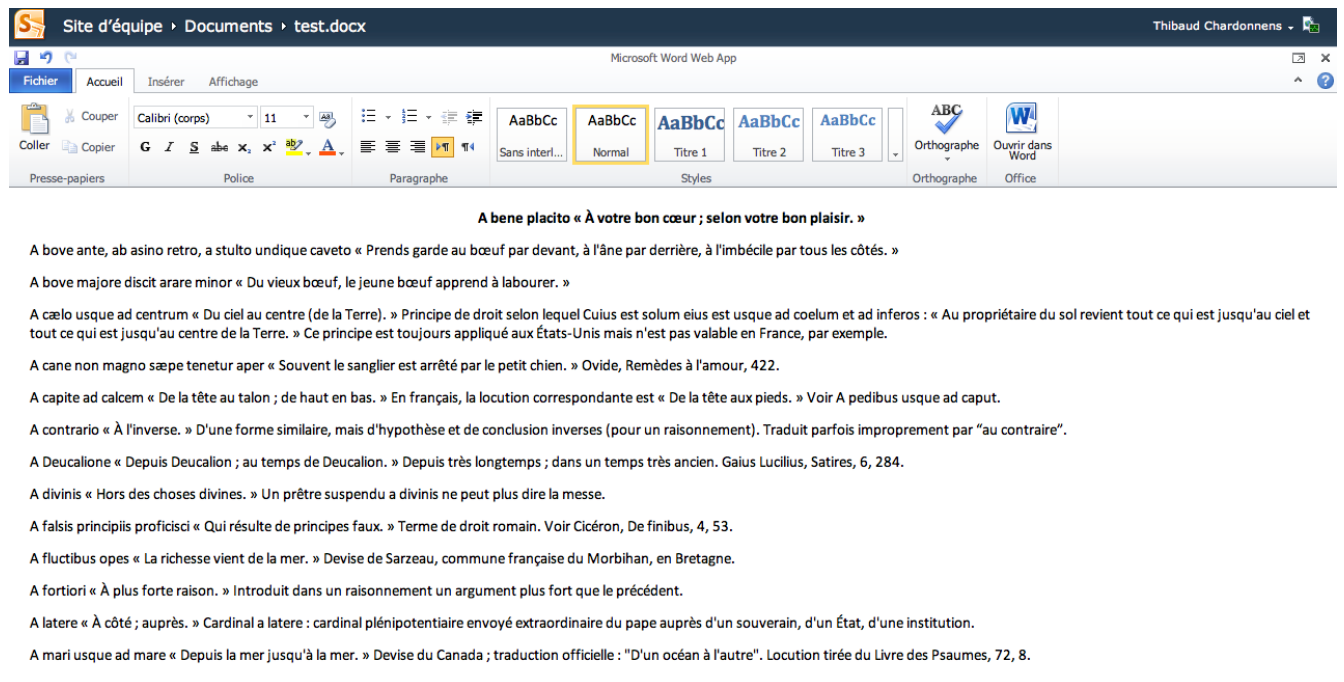


Figure 11 : L'application Word en ligne

Les applications web sont accessibles directement au travers de votre navigateur web et sont relativement proches des versions « classiques ».

Office 365 est disponible en 3 versions :

- professionnels et petites entreprises (jusqu'à 25 employés) pour 5,25€ par utilisateur et par mois.
- moyennes et grandes entreprises, 9 à 25,50€ par utilisateur et par mois selon les fonctionnalités désirées.
- éducation (destiné aux établissements scolaires)

L'offre « Microsoft Online Services » comprend les solutions Exchange Online, Sharepoint Online, Office Communications Online et Office Live Meeting pour offrir une solution complète répondant à l'ensemble des besoins de messagerie, de communications unifiées et de collaboration des entreprises. Toutes ces solutions sont disponibles individuellement mais les entreprises bénéficient de conditions avantageuses en les acquérant dans le cadre de la suite complète (Microsoft, 2011).

Windows Azure est le service PaaS phare de Microsoft. Avec la plateforme il est possible de migrer une application existante ou d'en développer dans différents langages de

programmation dont .NET, Rubis, Python, Java ou PHP à l'aide d'outils de programmation classiques tel que Visual Studio ou Eclipse.

La plateforme met également à disposition le service SQL Azure, un service de base de données basée sur Microsoft SQL Server. Depuis l'interface d'administration il est possible de créer simplement une base de données SQL Server sur une infrastructure fiable garantissant une disponibilité de plus de 99,95%.

La tarification se fait en fonction de trois critères : le temps de traitement, le stockage et le transfert de données. Il est possible de bénéficier d'un abonnement ou d'un paiement à l'usage.

Au niveau IaaS, Microsoft propose une solution de cloud privé qui repose sur Windows Server 2008 R2 Hyper-V et System Center. Hyper-V est un système de virtualisation basée sur un hyperviseur 64 bits. La configuration du cloud se fait grâce au Microsoft System Center pour l'administration des environnements physiques et virtuels, systèmes et applicatifs, ainsi que la gestion des processus et des interfaces de monitoring des services.

Microsoft Hyper-V peut se déployer sur un cloud privé en interne ou chez un partenaire de Microsoft.

## 3.5 IBM

IBM propose principalement une solution IaaS complète appelée « SmartCloud » à laquelle on peut ajouter une multitude d'application SaaS. L'offre couvre sept domaines principaux d'un système IT en entreprise :

1. Développement et tests
2. Analyse de données
3. Stockage
4. Serveurs
5. Collaboration
6. Processus métiers
7. Postes de travail

La mise en place du service se fait en trois étapes :

- Premièrement il faut choisir le centre d'hébergement des serveurs et de l'image logicielle désirée. IBM propose de nombreuses images, la plupart basée sur un système Linux mais Windows Server est également disponible.
- Choisir la configuration matérielle du serveur ainsi que l'adresse réseau et les clés de sécurité afin d'accéder de manière sécurisée au serveur.
- Provisionner le serveur et confirmer les choix effectués. Un processus automatisé crée votre instance et fournit un serveur prêt à l'emploi, le tout en quelques minutes seulement.

Il est possible de choisir entre quatre types de configuration serveur : Copper, Bronze Silver et Gold. Le nombre de cœur la mémoire et la capacité de stockage change suivant la configuration choisie. La figure ci-dessous résume les caractéristiques ainsi que le prix de chacune des offres au 05 décembre 2011.

Machines virtuelles	Configurations 32-bit				Configurations 64-bit				
	Copper	Bronze	Silver	Gold	Copper	Bronze	Silver	Gold	Platinum
Virtual CPU's with 1.25GHz	1	1	2	4	2	2	4	8	16
Virtual Memory (Gigabytes)	2	2	4	4	4	4	8	16	16
Instance Storage (Gigabytes)	60	175	350	350	60	850	1024	1024	2048
Prix par heure d'utilisation (sans engagement)									
Avec Redhat Linux OS	€ 0,097	€ 0,113	€ 0,179	€ 0,280	€ 0,234	€ 0,312	€ 0,374	€ 0,576	€ 1,137
Avec SUSE Linux OS	€ 0,074	€ 0,090	€ 0,156	€ 0,257	€ 0,210	€ 0,288	€ 0,351	€ 0,553	€ 1,083
Avec Windows Server	€ 0,078	€ 0,093	€ 0,187	€ 0,288	€ 0,265	€ 0,312	€ 0,389	€ 0,748	€ 1,550
OS Linux fournit par le client	€ 0,058	€ 0,074	€ 0,140	€ 0,241	€ 0,195	€ 0,273	€ 0,335	€ 0,537	€ 1,067

Figure 12 : Tarification IBM SmartCloud (IBM, 2011)

## 3.6 VMware

VMware est une société fondée en 1998 elle propose notamment plusieurs produits propriétaires de virtualisation d'architectures x86. En 1999 la société proposa la première version de VMware Workstation, un logiciel client permettant la virtualisation de machines virtuelles (Wikipedia, 2011c).

Depuis 2008, l'entreprise n'a pas cessé d'investir sur le marché du cloud computing en rachetant notamment plusieurs entreprises comme Zimbra (application SaaS de collaboration) qui appartenait à Yahoo ou SpringSource pour étoffer son offre PaaS (Warin, 2011).

L'offre SaaS de VMware s'articule autour de la plateforme Zimbra, une application web collaboratif qui fournit une boîte aux lettres, la possibilité de stocker, organiser et partager des contacts, des documents et des agendas.

Le marché PaaS de VMware s'est développé après le rachat en 2008 de Springsource. Désormais l'entreprise propose sa gamme « vFabric » dans laquelle on trouve (Warin, 2011) :

- Tc Server : une plateforme permettant de développer et d'exécuter des applications Java Spring
- Enterprise Ready Server (ERS) : une version d'entreprise du serveur web Apache.
- Hyperic : permet de surveiller les applications web sur les machines physiques ou au sein d'un environnement d'infrastructure virtuelle d'un cloud privé, public ou hybride.
- GemFire : une plateforme de gestion des données distribuées en temps réel.
- RabbitMQ : un logiciel de mise en file d'attente qui simplifie la gestion du trafic des messages.

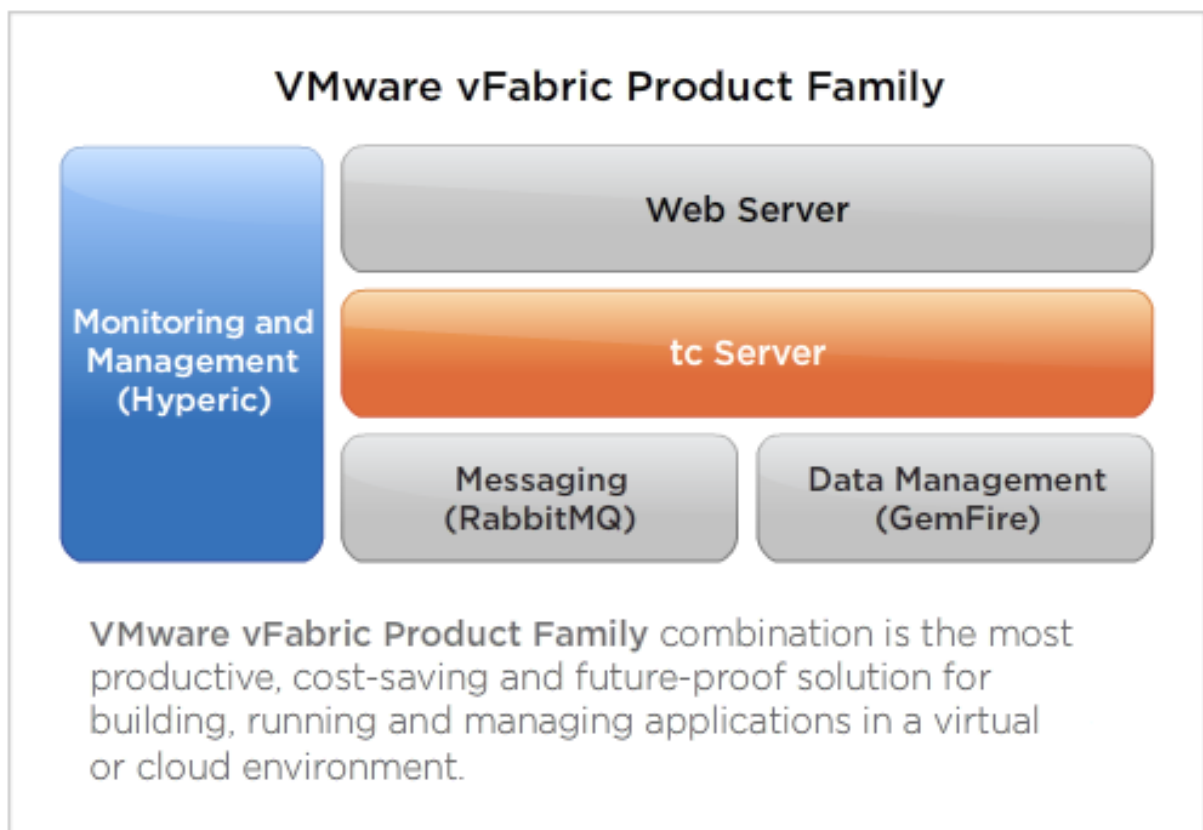


Figure 13 : La gamme vFabric de VMware (VMware, 2012)

Une autre possibilité intéressante de la plateforme PaaS vFabric est qu'elle peut être utilisée sur une infrastructure VMware évidemment mais également sur une infrastructure de Salesforce.com. Cette collaboration a donné lieu à VMForce. VMware et Google travaillent actuellement à l'intégration de vFabric au sein de la plateforme App Engine de Google.

Du côté IaaS VMware n'est pas en reste, grâce à sa grande expérience dans le domaine de la virtualisation l'entreprise propose un produit complet nommé vSphere disponible en version 5 depuis juillet 2011. Selon VMware, vSphere et la suite d'applicatifs qui l'accompagnent se veulent « le système d'exploitation du cloud computing » basé sur les hyperviseurs de la gamme ESX/ESXi. (Laurent, 2011)

En simplifiant vSphere met à disposition des unités de calculs, de stockage et de réseau. Le tout repose sur des clusters d'hyperviseurs (de type 1) ESX/ESXi sur lesquels tournent les machines virtuelles.

vSphere est une infrastructure de virtualisation très agile qui s'adapte en fonction des ressources physiques, notamment grâce à vMotion qui permet la migration des machines virtuelles à chaud d'une source de stockage à une autre, sans interruption de service. Grâce à « Fault Tolerance » il est possible d'exécuter en parallèle une même machine virtuelle sur plusieurs hyperviseurs. Uniquement une machine virtuelle est définie comme principale et peut écrire sur les disques ou envoyer des informations via le réseau mais en cas de panne le basculement vers un hyperviseur sera possible en moins d'une seconde, garantissant une disponibilité maximale.

Pour terminer VMware propose la technologie DRS pour « Distributed Resource Scheduler » qui permet au moyen de vMotion de répartir les machines virtuelles sur les différents hyperviseurs en fonction de leur charge. (Warin, 2011)

## 4. Les aspects économiques

Comme vu précédemment, l'un des principaux avantages du Cloud Computing serait des économies sur l'infrastructure informatique de l'entreprise. En effet avec des services dans le Cloud l'entreprise n'a plus besoin de disposer de locaux pour entreposer ses serveurs, l'installation et la maintenance sont gérées par les fournisseurs des services. Le client paie désormais un abonnement « à la demande » extensible en fonction de ses besoins. Cette approche tend à éliminer les coûts fixes d'une infrastructure informatique. Ce chapitre répond à la deuxième question de recherche : « Quels sont les apports réels en terme de coûts ? ».

Avant d'entrer dans le vif du sujet il est important de faire le point sur quelques fausses idées reçues. Premièrement, plusieurs études dont celle conduite par IDG pour VMware portant sur plus de 600 entreprises démontrent que l'adoption de services Cloud est en premier lieu motivée par la souplesse et l'agilité de ces services avant l'aspect de réduction des coûts. En envisageant le cloud computing uniquement sous l'angle des économies de coûts nous risquons de passer à côté de l'essentiel (IDG Research Services, 2011).

En vu de la situation économique actuelle, les entreprises sont confrontées à un marché volatil et changeant rendant les prévisions très difficiles. La demande peut varier très fortement en peu de temps et les entreprises doivent éviter à tout prix de se retrouver en situation de sous ou sur capacité. La cloud computing consacre dans ce domaine une avancée majeure dans la mesure où une entreprise peut très rapidement adapter son infrastructure en fonction des besoins du moment et payer uniquement pour la capacité utilisée. Cette agilité permet également des économies sur les coûts même si le but premier est de rester compétitif et réactif par rapport aux changements de situation.

L'aspect des économies sur les coûts est dans de nombreux cas l'argument numéro un des fournisseurs car peut-être plus percutant, plus direct que les autres avantages de services cloud. C'est néanmoins un facteur à prendre au sérieux et de nombreux points sont à analyser. Par exemple les fournisseurs omettent généralement que l'entreprise qui migre ses solutions sur le cloud bénéficie déjà d'un système IT pas forcément amorti, ce qui engendre

également des coûts à prendre en compte. Un exemple d'IBM démontrant la baisse des coûts due à l'adoption de son service SmartCloud :



Figure 14 : Réduction des coûts d'après IBM (IBM, 2011)

Cette analyse n'est probablement pas complètement fausse mais néglige sûrement quelques points importants.

Pour analyser concrètement l'impact financier sur l'entreprise on utilise plusieurs indicateurs. Le plus répandu est généralement le retour sur investissement (ROI).

De manière générale, le profit d'une entreprise est égal au revenu moins les coûts.

$$\text{Profit} = \text{Revenu} - \text{Coûts}$$

Le but d'une entreprise est généralement de maximiser son profit. En optant pour des services Cloud la variable touchée sera principalement celle des coûts avec pour but de les diminuer. Avant tout investissement dans un nouveau projet il est donc nécessaire de pouvoir quantifier l'impact sur les coûts et le revenu de façon à déterminer si ce projet est profitable.

Dans un scénario classique, l'entreprise fait un investissement initial (par exemple une migration vers un service Cloud), ce qui augmente temporairement les coûts au dessus de la ligne de rentabilité, l'entreprise perd donc de l'argent à court terme. Cependant sur le plus long terme le projet devient rentable une fois le seuil de rentabilité franchi. La Figure 15 illustre ce phénomène.

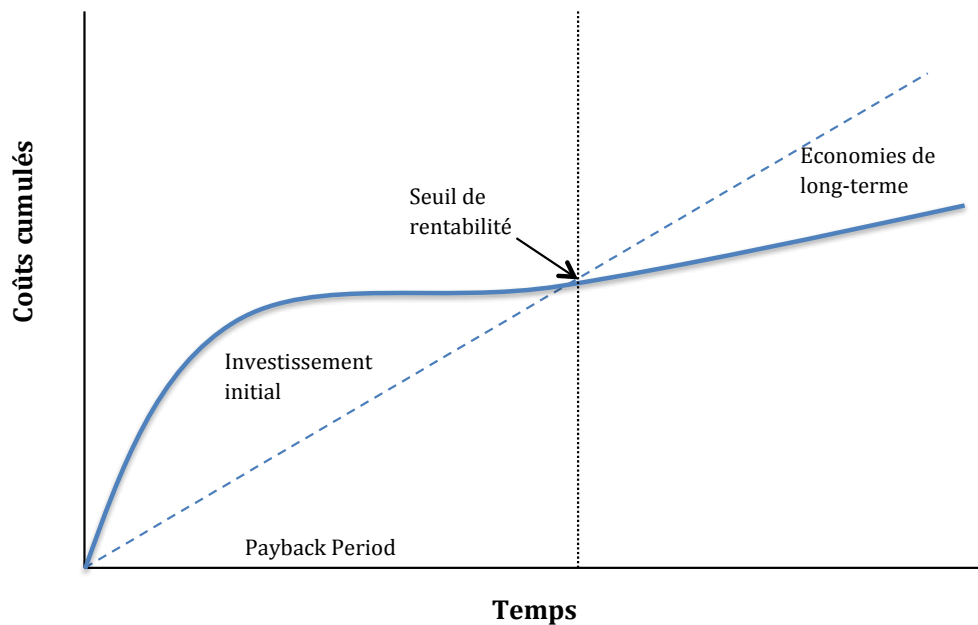


Figure 15 : Coûts cumulés d'investissement

Comme pour la plupart des projets, investir dans des solutions Cloud ne sera pas bénéfique pour l'entreprise à court terme. Certains fournisseurs de services Cloud mettent en avant leurs offres ainsi que leurs prix attractifs sans pour autant prendre en compte que le client subira différents coûts dans l'adoption de ces services.

Les services Cloud étant encore à leurs débuts, actuellement, peu d'entreprises ont déjà pu bénéficier du recul nécessaire afin d'observer de réelles économies grâce à l'adoption de services cloud. Néanmoins la fiabilité, la sécurité et la flexibilité des offres ne sont généralement pas remises en cause.

## 4.1 Analyse des différents coûts

Pour analyser « le prix » d'un passage dans le cloud, il est nécessaire d'analyser ce que l'on appelle les coûts pertinents ou significatifs. Un coût est dit pertinent par rapport à une décision donnée s'il est susceptible d'être modifié par cette décision, en bien ou en mal.

Voici les principales catégories de coûts qui peuvent être pertinentes dans l'adoption de services cloud de manière générale :

**Les coûts en capital :** l'implication attendue de l'informatique à la demande est justement une réduction des coûts en capital. Sur le long terme ceux-ci vont probablement diminuer.



Cependant généralement une grande partie des coûts en capital ont déjà été pris en compte et ne sont donc pas ou peu pertinents à court-terme. L'entreprise aura probablement déjà des infrastructures locales qui sont toujours opérationnelles. On ne peut donc pas dire que les coûts en capital sont pertinents tant que les infrastructures actuelles ne sont pas complètement amorties.

**Les coûts de transition** : incluent la migration des données et des applications dans le service cloud choisi. Les coûts de transition n'interviennent en général qu'une seule fois dans le processus de migration vers un service cloud.

**Les coûts opérationnels** : Les coûts opérationnels sont intéressants à examiner. Il y a des bénéfices que le fournisseur peut transmettre au client en terme d'économies d'échelle et d'une position avancée sur la courbe d'expérience. Les coûts opérationnels peuvent diminuer sensiblement particulièrement pour des petites entreprises qui ne peuvent bénéficier d'économies d'échelle importantes.

**Les coûts de personnel** : si la transition vers le cloud a un impact sur le rôle et la responsabilité des employés et particulièrement si cette transition implique un besoin significatif d'employés externes à l'entreprise (outsourcing), il est nécessaire d'examiner l'impact financier.

**Les coûts de support** : peuvent changer si après la transition du service, on remarque une différence notable dans les coûts de support, par exemple le nombre d'appels pour demander de l'aide par utilisateurs et par mois ou encore le temps de résolution moyen d'un problème.

**Des coûts divers** : Il y a beaucoup de mesures internes sur les coûts qui sont difficilement chiffrable. Par exemple une baisse de la productivité des salariés ou la satisfaction des employés peuvent avoir un impact direct sur les coûts.

Afin de pouvoir proposer un aperçu quantitatif d'une solution cloud il faut également prendre en compte les coûts de la solution elle-même, c'est à dire :

- Hardware serveur
- Hardware de stockage

- Hardware client (ordinateurs)
- Infrastructure réseau (routeurs, gestion de charge, bande passante)
- Sécurité (firewalls, VPN, détection d'intrusions)
- Licences (clients et serveurs)
- Opérations de maintenance (backup, restauration, mise à jours)
- Support (dépannage)
- Gestion du système
- Gestion des contrats (fournisseurs)

Evidemment il n'est pas toujours possible de déterminer un coût pour tous les points. Parfois il n'y a pas de raison que le coût change, par exemple il est fort possible que le hardware client ne sera pas affecté dans le cas d'une migration vers le cloud.

Il serait difficile d'analyser la structure des coûts avant et après le passage dans le cloud de manière concrète car les éléments à prendre en compte sont énormes. Chaque entreprise est différente, dispose de sa propre expérience de ses propres capacités au changement qu'il serait trop réducteur de calculer simplement le coût des infrastructures avant et après le cloud.

Toutefois d'après les commentaires des entreprises ayant loués des services cloud il ne ressort jamais que les coûts ont radicalement augmenté à moyen terme. Et sur le long et très long terme une infrastructure cloud est probablement meilleur marché car permet de bénéficier des économies d'échelles et de la connaissance du fournisseur. Peu d'études ont encore été réalisés dans ce domaine, car peu d'entreprises ont bénéficié d'un recul assez important pour observer réellement les avantages en terme de coûts (Rhoton, 2010, pp. 130-138).

## 4.2 Capital Budgeting

La budgétisation du capital regroupe un ensemble d'outils qui peuvent être utilisés pour mesurer le coût d'opportunité d'un investissement, dans notre cas le choix d'un fournisseur cloud, ou de comparer les différentes alternatives envisageables (pour par exemple choisir le fournisseur le plus intéressant). Elle représente en quelque sorte la valeur temporelle de l'argent. Si on n'investit pas dans le projet il est alors possible de gagner un intérêt à la

banque ou au travers d'autres placements financiers. Cette opportunité s'appelle le coût du capital. Pour tenir compte de ce coût il suffit d'actualiser tous les cash flows futurs (positifs ou négatifs) par le taux d'intérêt. Cet indicateur s'appelle la valeur actualisée nette (VAN). On la calcule de la manière suivante :

$$VAN = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

On calcule la somme des cash flow au temps t divisé par 1 plus le taux d'intérêt à la puissance t. Si la valeur actualisée nette est supérieure à zéro, il est bénéfique d'entreprendre le projet. On peut également comparer les différents projets et choisir celui qui à la VAN la plus élevée.

Une autre approche de budgétisation également très répandue est celle du taux de rendement interne (TRI). Le TRI détermine le taux d'intérêt pour une VAN égal à zéro. Un projet d'investissement ne sera retenu que si son TRI est suffisamment supérieur au taux bancaire, pour tenir compte notamment de la prime de risque propre au type de projet.

Le plus grand défi dans l'utilisation de ces formules est que le rendement attendu, ou le taux de rendement minimal, dépend du risque de l'investissement en question. S'il est possible de quantifier ce risque on peut alors utiliser le « Capital Asset Pricing Model » (CAPM) pour déterminer le rendement attendu avec la formule suivante :

$$E(r_j) = rf + [E(r_m) - rf] \cdot b_j \quad E(r_j) = rf + [E(r_m) - rf] \cdot b_j$$

$E(r_j)$  est le retour attendu,  $rf$  représente le taux de rendement sans risque,  $E(r_m)$  est le taux de rendement du marché et  $b_j$  est la volatilité de la rentabilité de l'actif considéré rapporté à celle du marché. Mathématiquement le beta correspond au rapport entre la covariance de la rentabilité de l'actif et de la rentabilité du marché et la variance de rentabilité du marché.

Cependant nous n'avons pas défini comment déterminer le risque. Et c'est là que le problème se pose, comme déjà évoqué dans l'analyse des coûts, nous n'avons pas encore de données empiriques sur les retombées possibles du cloud computing. En l'absence de données historiques il est impossible de calculer une variance (et par conséquent l'écart-type) précise et par conséquent le risque. (Rhoton, 2010, pp. 130-138)

## 5. Sécurité et risques liés au Cloud Computing

Ce chapitre complète la première question de recherche : « Qu'est ce que le Cloud Computing ? » en analysant l'aspect critique de la sécurité dans le cloud souvent cité comme étant le plus grand désavantage du concept.

Selon une étude réalisée en 2010 par le cabinet Pierre Audoin Consultants, le plus grand frein à l'adoption de services dans le cloud en France est celui de la sécurité/confidentialité (Pierre Audoin Consultants, 2010).

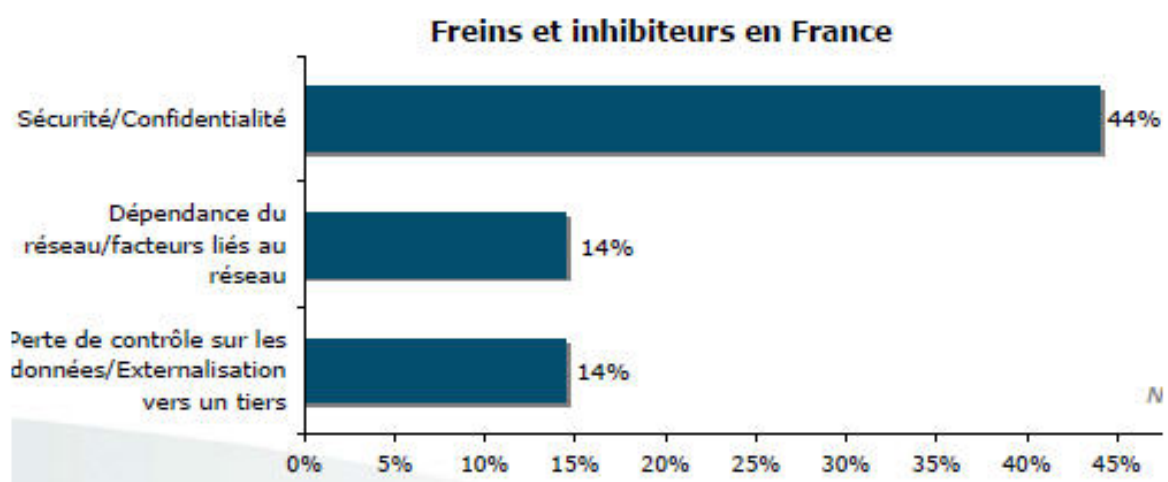


Figure 16 : Freins et inhibiteurs en France (Pierre Audoin Consultants, 2010)

On comprend facilement que pour une entreprise, confier ses données à un prestataire externe n'est pas une mince affaire, dès lors de nombreuses inconnues viennent s'ajouter à l'équation. Le sentiment de perte de maîtrise peut se faire ressentir, en effet l'entreprise ne contrôle plus, ou du moins plus totalement l'aspect matériel et logiciel qui lui permettrait de mettre en place elle-même des solutions sécurisées adaptées à ses besoins. Même si les principaux acteurs mettent tout en œuvre pour fournir des services sécurisés et ont généralement plus de moyen pour le faire qu'une PME, le fait de ne plus gérer et maîtriser cet aspect peut-être un frein important dans l'adoption des services cloud.

La Figure 17 ci-dessous représente la part de contrôle de l'entreprise et du fournisseur pour différents services cloud (et non cloud) :

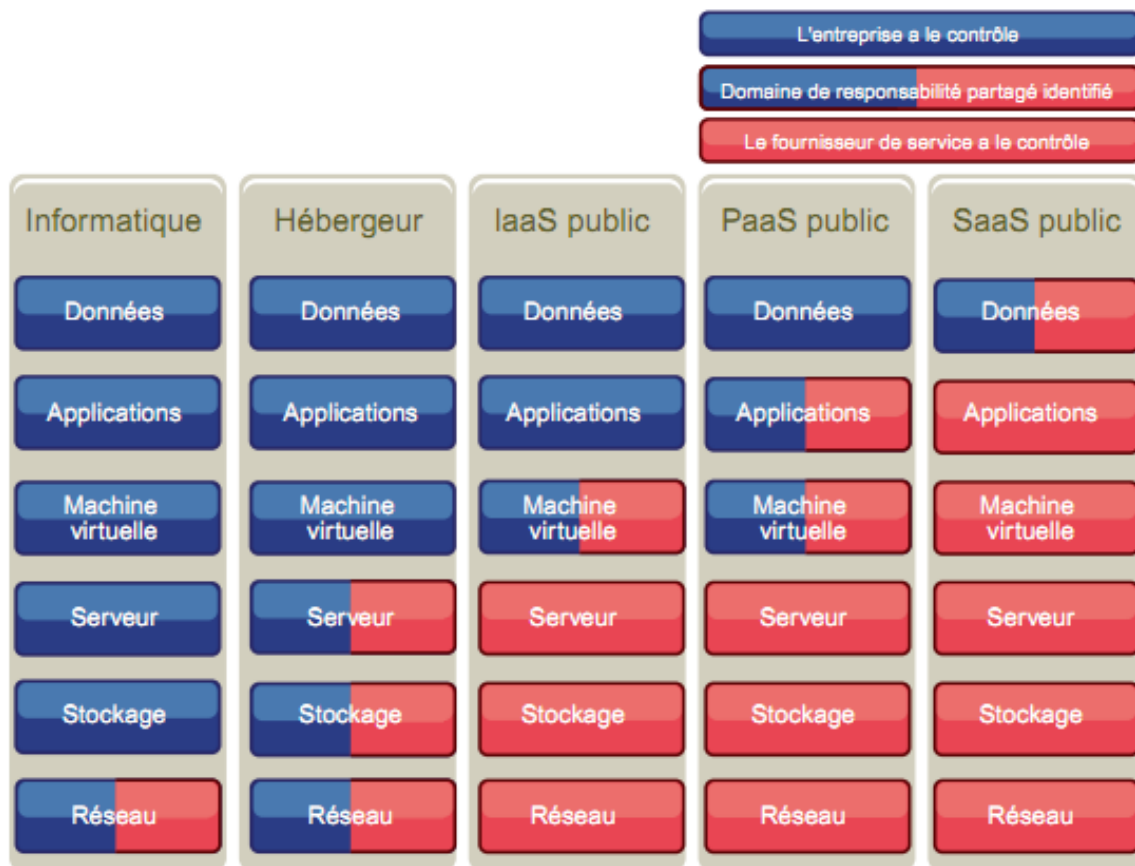


Figure 17 : Qui a le contrôle ? (Syntec, 2010)

De manière générale, pour qu'un service cloud soit sécurisé il doit répondre à trois critères indispensables en matière de sécurité :

1. La confidentialité des données
2. L'intégrité des données
3. La disponibilité des informations.

Les définitions qui suivent sont tirées de la FISMA (Federal Information Security Management Act) :

**La confidentialité** doit maintenir les restrictions autorisées sur l'accès et la divulgations des informations, y compris les moyens de protéger la vie privée et les informations propriétaires (Federal Information Security Management Act of 2002, 2002). Une perte de confidentialité est une divulgation non autorisée des informations.

**L'intégrité** protège contre une modification ou une destruction improprie des informations et inclue une garantie de non-répudiation et d'authenticité des informations (Federal

Information Security Management Act of 2002, 2002). Une perte d'intégrité est une modification ou une destruction non autorisée des informations.

**La disponibilité** garantit un accès opportun et fiable aux informations et à leur utilisation (Federal Information Security Management Act of 2002, 2002). Une perte de disponibilité est une interruption de l'accès à l'information ou à son utilisation ou au système d'information.

## 5.1 Localisation des données

Pour éviter une trop grande perte de maîtrise il est important que les fournisseurs de services Cloud puissent définir clairement où se trouve physiquement toutes les données du client ainsi que les sauvegardes.

Le problème de l'emplacement des données n'est pas seulement un facteur de sécurité mais aussi un problème juridique, en effet comment savoir quelle est la législation applicable ? Il y a des contraintes nationales différentes, par exemple sur la protection de la vie privée ou sur les exigences de sécurité ou même des contraintes réglementaires sectorielles pour les banques, les assurances ou l'industrie. Entre la société qui gère le cloud, l'emplacement géographique des données et l'entreprise qui loue les services, la question se pose de savoir quelle législation va s'appliquer. Par exemple en cas de fuite de données portant sur la vie privée d'un individu, il est important de savoir qui est responsable au niveau pénal.

Généralement le client est juridiquement responsable de ses données et de leur utilisation. Le fournisseur est soumis à des obligations techniques et organisationnelles, il s'engage à préserver l'intégrité et la confidentialité des données. Il est donc tenu pour responsable en cas d'accès, d'utilisation frauduleuse ou de perte, altération ou destruction de données.

Lorsqu'un fournisseur héberge les données d'une entreprise européenne aux Etats-Unis, celui-ci agit généralement dans le cadre des principes de la sphère de sécurité « Safe Harbor ». Ces principes permettent à une entreprise américaine de certifier qu'elle respecte la législation de l'Espace économique européen (EEE) afin d'obtenir l'autorisation de transférer des données personnelles de l'EEE vers les Etats-Unis (Wikipedia, 2011d).

En plaçant ses données sur le serveur d'un tiers il est nécessaire de s'assurer que la sécurité est adaptée à ses besoins et satisfait nos contraintes légales. Les contrôles et les procédures du fournisseur doivent également être conformes aux lois nationales du pays dans lequel le

serveur se trouve. Par exemple, si le fournisseur est européen mais qu'il héberge les données sur un serveur américains, il est probable que vous soyez soumis aux lois américaines en cas de transfère des données vers ou hors du système (Winkler, 2011, pp. 82-84).

Ces lois peuvent être d'autant plus dures suivant où se situe le serveur. Dans certains pays, comme la Chine, les lois locales accordent un accès illimité aux données par le gouvernement quelle que soit leur sensibilité. Le chiffrement des données peut même être interdit si l'on ne fournit pas aux autorités les moyens de les déchiffrer (Winkler, 2011).

## 5.2 Résiliation et changement de prestataire

Pour éviter toutes pertes ou indisponibilités, les données sont généralement copiées au minimum trois fois selon les fournisseurs, il est donc indispensable que la fin du contrat, qu'il soit arrivé à l'échéance ou que la résiliation se fasse pour cause exceptionnelle, soit envisagée sérieusement car c'est à ce moment précis que les données sont soumises au plus grand risque. Une résiliation exceptionnelle peut survenir lorsque le fournisseur du Cloud cesse ses activités, le contrat n'est pas respecté par l'une des parties ou si le fournisseur fait faillite.

Au cours de cette période la première préoccupation est généralement la recherche d'un nouveau fournisseur au lieu de passer du temps avec le fournisseur actuel. Néanmoins nos données seront toujours présentes sur les serveurs du fournisseur et dans ses sauvegardes, pour une question de confidentialité peut-on s'assurer que nos données soient effacées ? Bien évidemment, puisque le contrat est résilié, notre désormais ancien fournisseur du Cloud sera probablement moins disponible pour nous assister dans le nettoyage de nos données. Si ce point est crucial, il est nécessaire de définir dans le contrat initial les opérations obligatoires suite à la terminaison du contrat afin de disposer d'une bonne base légale pour s'assurer que nos données seront effectivement nettoyées comme convenu dans le contrat.

Lors d'un transfert des services d'un fournisseur vers un autre (à la fin ou en cours de contrat), il faut définir un plan de transfert sécurisé des données entre les prestataires. Selon la quantité de données, on peut simplement les télécharger au sein de notre entreprise puis

les uploader ensuite chez le nouveau fournisseur Cloud ou l'on peut chercher à faire un transfert direct entre les deux prestataires. Quelle que soit la méthode retenue, il faut s'assurer que les données sont sécurisées dans chacun des transferts, généralement par leur chiffrement pendant le transit.

## 5.3 Principales certifications

Sans l'accréditation d'un tiers vis-à-vis de la sécurité annoncée par un fournisseur, il est impossible de certifier que les déclarations et les représentations des politiques et de l'infrastructure de sécurité du fournisseur sont exactes. De plus il serait peu prudent pour un fournisseur Cloud de donner des détails techniques sur la sécurité de son infrastructure. Par conséquent, la meilleure méthode pour aborder cet aspect consiste à accorder de la valeur aux certifications données par des tiers.

Voici la liste des principales certifications que les fournisseurs de Cloud peuvent utiliser :

- **SAS70, Type II.** Statement on Auditing Standards n° 70 Type II, développée par l'AICPA (American Institute of Certified Public Accountants).
- **ISO 27001/2** . Ces normes sont généralement vues comme des approches plus générales de la sécurité de l'information par rapport à la SAS70. Elles se focalisent plus sur l'étude de la manière dont les entreprises assurent la gestion de la sécurité de l'information.
- **PCI.** Norme développée par la Payment Card Industry, elle doit être appliquée par tout service qui gère des données de cartes bancaires. Elle définit les standards et les exigences de sécurisation des informations sensibles, notamment les informations personnelles, les numéros de cartes...
- **CSA (Cloud Security Alliance).** Vise à certifier des compétences individuelles dans les pratiques de sécurité du Cloud.
- **FISMA, FedRAMP et NIST 800-53R3.** Programmes du gouvernement fédéral des Etats-Unis dont le but est de mesurer la sécurité des systèmes informatiques des agences fédérales. Cependant, ces publications peuvent être adoptées par le secteur privé en remplacement d'autres certifications commerciales (Winkler, 2011, p. 225).



## 5.4 Le cloud privé : la meilleure alternative ?

Face aux différentes craintes liées au cloud, il semblerait que dans un premier temps la tendance des entreprises européennes serait de plutôt favoriser les clouds privés que publics. L'étude de Pierre Audoin Consultants le démontre, parmi un échantillon comprenant 152 entreprises françaises, 71% vont investir prioritairement dans un cloud privé, 13% des interviewés feront appel à un cloud hybride. Seulement 11% envisagent l'option du cloud public afin d'y externaliser certains éléments du SI, principalement des éléments à la marge ou peu critiques. (Pierre Audoin Consultants, 2010)

La même étude a logiquement interrogé les participants sur les avantages et intérêts d'un cloud privé par rapport à un cloud public.

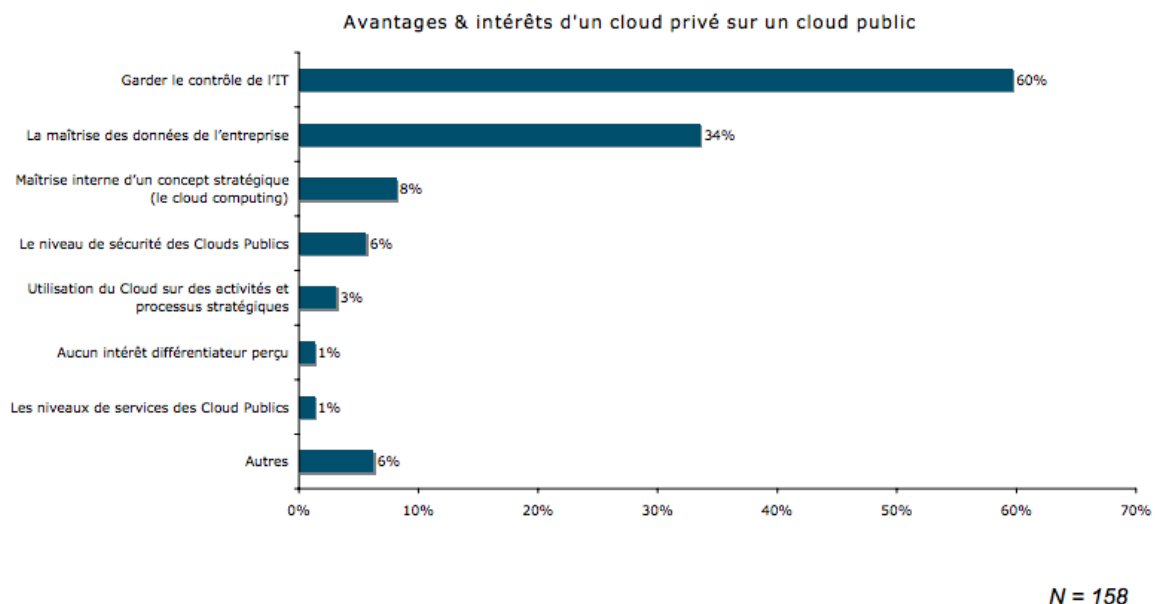


Figure 18 : Avantages et intérêts d'un cloud privé sur un cloud public (Pierre Audoin Consultants, 2010)

Ainsi, comme le démontre la Figure 18, pour 60% des répondants, garder le contrôle sur l'IT est l'avantage essentiel du cloud privé sur le cloud public. Le problème de la localisation des données arrive en second avec 34%.

Ces chiffres illustrent parfaitement les craintes perçues par les dirigeants informatiques face au cloud computing. Il semble également plus judicieux pour les entreprises de maîtriser les principes du cloud computing d'abord en construisant des clouds privés afin de comprendre et d'utiliser au mieux par la suite des offres de clouds publics.

---

Les clouds hybrides représentent probablement le futur du cloud computing. Certaines données, applications ou processus devront probablement toujours rester en interne pour des raisons réglementaires de sécurités et ne pourront pas être déployé dans le « nuage ». Les clouds hybrides posent quant à eux d'autres problèmes dont celui de l'intégration des applications entre cloud public et privé. Ces problèmes seront traités dans le chapitre suivant : l'intégration des systèmes.

## 6. L'intégration des systèmes

L'intégration des systèmes ou la notion d'interopérabilité est un problème crucial dans le domaine du cloud computing. Cela permet de définir la manière dont les différentes applications ou les différents systèmes vont communiquer entre eux. Actuellement de nombreux travaux tentent de standardiser, normaliser les transferts et exportations de données d'un service cloud à un autre afin d'opter pour des formats standard. Cependant à l'heure actuelle les fournisseurs ne répondent pas encore à ces normes et utilisent des formats propriétaires différents qui posent certains problèmes d'intégration.

Ce chapitre répond à la question « Pourquoi et comment intégrer différents systèmes de l'entreprise ? ». La partie pratique propose un exemple concret d'intégration, ce chapitre pose les bases théoriques et les différents principes de l'intégration de différents systèmes.

### 6.1 La notion d'intégration

L'entreprise, après avoir analysé tous les différents critères relatifs aux diverses solutions cloud, doit finalement mettre en place son nouveau système. C'est probablement de loin la partie la plus intéressante mais également la plus complexe. Une entreprise migrant ses données et applications va rarement utiliser qu'un seul fournisseur. Imaginons que notre petite entreprise de vente en ligne, MyStartup, loue des unités de stockage chez Amazon Simple Storage (S3) mais conserve ses données critiques en local, utilise Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) comme unités de calcul et une base de données gérée par Azure SQL Server de Microsoft le tout avec une application provenant de Salesforce.com. Voilà un bon exemple des différentes possibilités offertes par le cloud. Seulement voilà toutes ses fonctionnalités doivent pouvoir échanger des informations entre elles, c'est tout le problème de l'intégration.

Le problème peut encore se compliquer lors de rachat d'entreprise, cette dernière à son propre système d'informations à intégrer à celui de l'acquéreur. Il peut également être intéressant de pouvoir échanger des informations entre deux entreprises partenaires. Les possibilités et problèmes de l'intégration sont très larges. On distingue trois différents scénarios d'intégrations :

- Entreprise à entreprise (E2E)
- Entreprise à Cloud (E2C)
- Cloud à Cloud (C2C)

Les raisons de l'intégration peuvent être de deux types : économiques et techniques.

Raisons économiques :

- Augmenter l'efficacité : moins de coûts pour copier les données d'une application à l'autre, moins de temps pour échanger des infos.
- Eviter des erreurs de transfert de données manuel
- Avoir la possibilité d'ajouter de nouvelles applications afin d'offrir de nouveaux services.
- Régler les problèmes de duplication lors d'un rachat d'une entreprise.
- Processus plus flexible : modifier le processus sans modifier les applications.

Raisons techniques :

- De plus en plus d'applications et de systèmes d'informations dans les entreprises.
- Plus de confort pour l'utilisateur.
- Minimiser le nombre de connexions entre applications.

Jusqu'ici les données et applications des entreprises étaient reliées généralement par une architecture intergicielle permettant à des applications hétérogènes de gérer leurs échanges via des connecteurs au travers du réseau de l'entreprise (Wikipedia, 2011f). Mais aujourd'hui grâce à la montée en puissance des processeurs, des bandes passantes, et des appareils mobiles connectés un système centralisé peut réaliser des millions d'opérations pour répondre à des milliers d'utilisateurs, aujourd'hui tout le monde possède son propre ordinateur et prochainement une multitude d'objets intelligents et d'appareils électroniques seront parfaitement capable de collaborer les uns avec les autres de manière à comprendre les besoins d'un ou plusieurs utilisateurs. Grâce notamment au développement d'internet, l'informatique tend à être partout et tout le temps (Buyya, Broberg, & Goscinski, 2011). Le problème de l'intégration est et sera un sujet essentiel dans l'informatique d'aujourd'hui et de demain.

Avec l'arrivée des services cloud et les problèmes d'intégrations, un nouveau terme est apparu : « Integration as a Service », l'intégration comme un service. Ce service tend à faciliter le transport des données entre n'importe quelle entreprise et application dans le cloud (SaaS). Les utilisateurs s'inscrivent à ce service auprès d'un fournisseur comme n'importe quelle autre application SaaS. Une couche middleware dans le cloud est l'évolution logique des traditionnelles solutions middleware.

En fonction des différentes exigences et divers scénarios possibles, il y a plusieurs technologies et produits middlewares par exemple compatible JMS (Java Message Service) avec des méthodes d'intégrations telles que EAI (Enterprise Application Integration), ESB (Enterprise Service Bus), EII (Enterprise Information Integration), EDB (Enterprise Data Bus), CEP (Complex Event Processing) etc. Pour l'intégration de service, on parle de Enterprise Service Bus (ESB) et de Enterprise Data Bus (EDB) pour l'intégration des données. Par ailleurs pour relier des applications des « Message-Oriented Middleware » (MOM) sont utilisés. Les événements arrivent généralement rapidement et sont traités par des moteurs CEP (Complex Event Processing) qui reçoivent des flux provenant de divers événements et divers sources, ces événements sont décodés puis acheminer vers l'application source (Buyya, Broberg, & Goscinski, 2011).

La notion d'intégration dans le cloud est généralement relative aux applications SaaS. Une architecture cloud (IaaS) ou une plateforme de développement (PaaS) n'ont pas vraiment d'utilité si aucune application ne fonctionne sur ces services.

## 6.2 Méthodologies d'intégration

Si l'on exclu l'intégration par programmation pure, on distingue trois types d'intégration cloud (Buyya, Broberg, & Goscinski, 2011).

1. Au travers des traditionnels outils d'intégrations d'entreprise auxquels on ajoute des connecteurs spéciaux pour accéder aux applications basées dans le cloud. Cette approche reste la plus utilisée pour les entreprises qui ont déjà investi auparavant dans des outils d'intégration. Avec l'importance que prennent les services clouds, des drivers spéciaux, des connecteurs et adaptateurs sont créés et incorporés aux

plateformes d'intégrations existantes afin d'activer et de gérer la connexion avec les différents services clouds.

2. Au travers d'outils traditionnels hébergés dans le cloud. Cette approche est relativement similaire à la première excepté que la solution d'intégration est hébergée dans une infrastructure cloud. De cette manière l'entreprise en question ne se soucie pas de l'installation et de la gestion de l'outil d'intégration. C'est une bonne approche pour les entreprises qui externalisent leurs projets d'intégration et particulièrement pour une intégration Cloud to Cloud (C2C). Un tunnel VPN est toutefois évidemment requis.
3. Au moyen d'un service d'intégration – Integration as a Service. Comme vu précédemment se sont des services accessibles en ligne de la même manière qu'une application SaaS.

### 6.2.1 Caractéristiques des produits et solutions d'intégration.

Les attributs clés lors du choix d'une plateforme et/ou d'un logiciel d'intégration sont la connectivité, la médiation sémantique, la médiation des données, l'intégrité, la sécurité et la gouvernance (Buyya, Broberg, & Goscinski, 2011).

- La connectivité se réfère à la capacité du moteur d'intégration de collaborer entre l'application/le système source et l'application/système cible.
- La médiation sémantique se réfère à la capacité à tenir compte des différences sémantiques entre deux ou plusieurs applications. La sémantique signifie comment l'information est comprise, interprétée et représentée au sein d'un système d'information. Lorsque deux systèmes d'information sont reliés, les différences entre leurs sémantiques doivent être couvertes.
- La médiation des données convertit les données du format de la source au format de la destination
- La migration des données est le processus de transfert des données entre différents types, format ou système de stockage.
- L'intégrité des données signifie que les données sont complètes et cohérentes.
- La sécurité des données désigne la capacité de garantir que les données extraites du système source sont placées de manière sécurisée dans le système cible.

- La gouvernance se réfère aux technologies et processus qui entourent le ou les systèmes, qui contrôlent la façon dont ces systèmes sont accessibles et exploités. (Buyya, Broberg, & Goscinski, 2011)

## 6.3 Produits, services et plateformes d'intégration SaaS

Ce chapitre présente brièvement les principaux produits, services et plateformes d'intégration d'applications. Le logiciel d'intégration d'IBM, CastIron, sera quant à lui analysé plus en détail dans le chapitre suivant.

### 6.3.1 Jitterbit

Jitterbit est une solution d'intégration entièrement graphique qui offre aux utilisateurs une plateforme polyvalente et une suite d'outils afin de réduire fortement les efforts d'intégrations, en particulier pour les services de force.com et salesforce.com. Jitterbit peut être utilisé seul ou en parallèle ou avec une application d'intégration d'entreprise (EAI). Les utilisateurs peuvent créer des nouveaux projets ou utiliser et modifier ceux fournis par la communauté. La solution Jitterbit permet l'intégration parmi les données de l'entreprise, les diverses applications de l'entreprise, les web services, les données sous forme XML, les anciens systèmes ...

### 6.3.2 Boomi AtomSphere

Boomi AtomSphere est un service d'intégration complètement à la demande et peut connecter n'importe quelle combinaison de services SaaS, PaaS ou autres applications sans les problèmes de maintenance et de dépendances d'une application classique. N'importe qui peut mettre en place un processus d'intégration au travers un simple navigateur web. AtomSphere est présenté comme une plateforme centralisée qui peut offrir des solutions d'intégration avec tous les avantages que l'on peut attendre d'une solution SaaS. Dès qu'une nouvelle application est connectée à AtomSphere, elle est instantanément disponible à toute la communauté sans adaptation ou mises à jour à installer (Buyya, Broberg, & Goscinski, 2011, p. 74).

### 6.3.3 Bungee connect

Conçu pour les développeurs professionnels, Bungee Connect propose une plateforme de développement et déploiement d'applications hautement interactives intégrant des sources de données multiples. Conçu spécialement pour le développement dans le Cloud, Bungee Connect réduit les efforts pour intégrer différents services web au sein d'une application.

Bungee connect s'utilise via un IDE (environnement de développement intégré) pour la plateforme Eclipse et permet aux développeurs à l'aise avec les langages java ou C# d'intégrer facilement les différents systèmes.

### 6.3.4 Snap Logic

SnapLogic fonctionne autour d'un serveur qui exécute des modules appelés « Snap ». Le « SnapStore » permet d'acheter les composants dont notre système d'information à besoin. Des « Snaps » sont déjà disponibles pour de nombreux outils tels que Salesforce.com (pour 3495\$), Amazon EC2 (gratuit), Oracle (gratuit), SAP (9495\$) ... Un programme pour développeurs permet de construire ses propres Snaps, de les faire valider par SnapLogic puis de les commercialiser au travers de SnapStore. Le développeur peut fixer le prix de son « Snap » et 70% du prix de vente lui sera reversé.

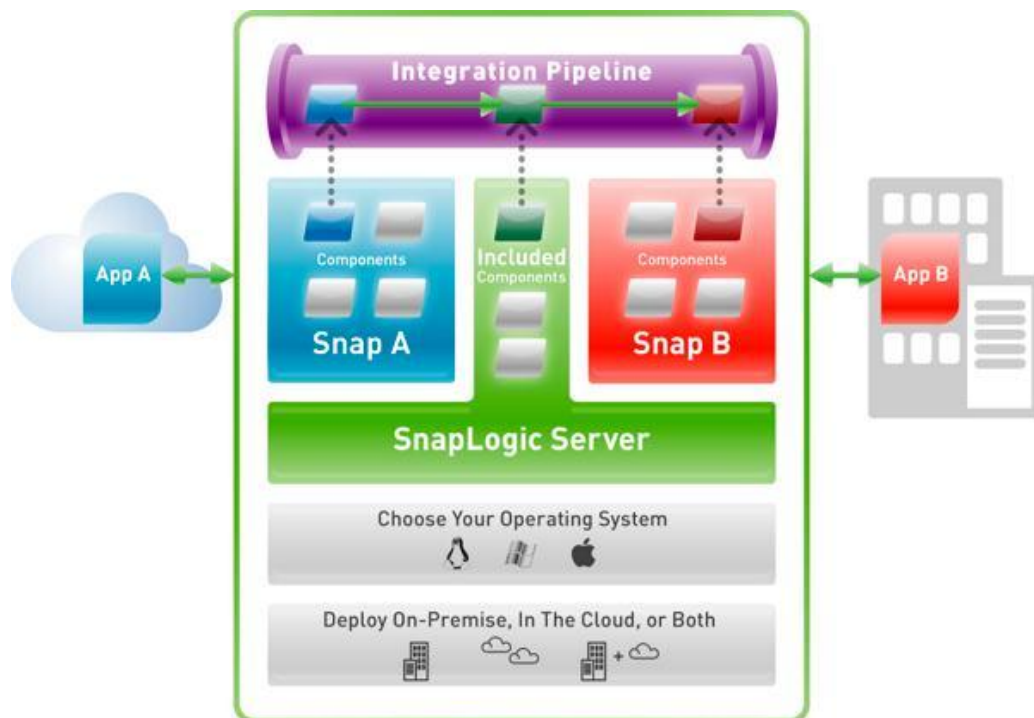


Figure 19: Le système de SnapLogic (SnapLogic, 2012)



---

### 6.3.5 The pervasive DataCloud

« The pervasive integration » fournit une plateforme d'intégration à la demande et d'intégration de données. Pervasive DataCloud est une plateforme multi-tenant qui peut fournir (Buyya, Broberg, & Goscinski, 2011, p. 77) :

- L'intégration comme un service pour des applications locales ou en ligne ainsi que différentes sources de données.
- Des paquets d'intégrations préconfigurés
- Des connecteurs pour des centaines d'applications et sources de données.

La solution de Pervasive fournit un service multi-tenant, gérable par plusieurs utilisateurs et pour plusieurs applications.

Le service est accessible via un navigateur internet, flexible il permet d'intégrer des applications dans le cloud et locale et utilise les meilleures technologies en matière de sécurité. En accord avec un service de cloud computing la solution ne facture que les éléments utilisés.

### 6.3.6 IBM CastIron

Le logiciel phare d'intégration d'IBM, CastIron, se décline en deux versions : Studio à installer sur son ordinateur et Cloud accessible via internet. Dans les chapitres 9 et 10, la version studio sera utilisée et détaillée.

## 7. Développement du Cloud Computing

Ce chapitre répond à la question « Le cloud computing demain ? » formulée dans l'introduction.

En guise d'introduction revenons sur les faits marquants et les principaux chiffres liés au cloud computing. Le terme « cloud computing » apparaît pour la première fois à la fin 2007, que c'est-il passé depuis ?

Au niveau mondial, le cabinet d'étude IDC estime qu'en 2009 les services Cloud représentaient 5% des investissements TIC, soit 17 milliards de dollars. Avec une croissance annuelle phénoménale de 25%, le Cloud Computing représenterait d'ici 2013 10% des investissements mondiaux, soit 44 milliards de dollars.

A l'échelle européenne, selon une étude réalisée par le cabinet PAC (cf. Figure 20), le marché du Cloud Computing en Europe atteignait 4 milliards d'euros en 2009, soit environ 1,5% du marché total des logiciels et services.

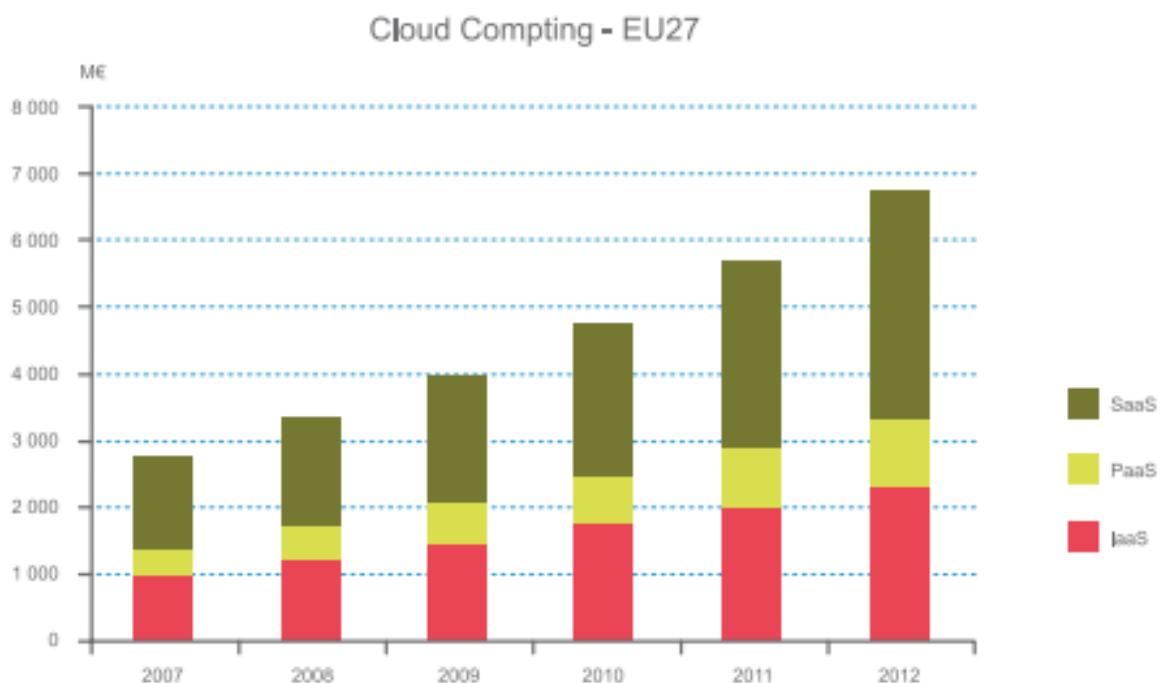


Figure 20: Le marché du CC en Europe (PAC, 2010)

On observe que peu importe l'année, environ 50% des investissements cloud sont dédiés aux services SaaS. Cette observation n'est pas vraiment surprenante, les applications SaaS sont généralement les plus simples à mettre en place et sont relativement bon marché.

Au niveau mondial, le cloud computing atteignait les 68 milliards de dollars en 2010 soit une hausse de 16% par rapport aux 58 milliards de dollars générés en 2009. Cette tendance à la hausse devrait se poursuivre, les analystes prévoient qu'en 2014, le marché mondial du cloud computing représentera pas moins de 149 milliards de dollars.

Cependant il est difficile de prédire exactement le développement du Cloud Computing. En France la tendance actuelle privilégie plutôt les cloud privés afin de garder le contrôle sur ses données. Le futur proche nous laisse prévoir une démocratisation des cloud hybrides, afin de pouvoir garder les données sensibles au sein de l'entreprise et profiter des bénéfices du cloud pour d'autres applications.

Essayons d'imaginer à plus long terme quel sera l'avenir du cloud computing. Il est fort probable que dans quelques dizaines d'années le cloud computing sera indissociable du monde de l'informatique en général autant du point de vue des entreprises que du point de vue des utilisateurs privés. Google l'a bien compris et a d'ores et déjà mis au point un système d'exploitation entièrement basé sur le Cloud : Chrome OS. Il est intéressant d'analyser un peu plus en détails ce système d'exploitation qui en dit long sur les prévisions de Google en terme d'informatique.

Google dévoile contre toute attente Chrome OS le 19 novembre 2009. Minimaliste, ce système d'exploitation conçu sur la base d'un noyau linux se concentre sur l'essentiel : le web. En effet dans sa vidéo de présentation, Google démontre que les utilisateurs d'ordinateurs passent 90% de leur temps à lancer leur navigateur web pour surfer sur internet, écouter de la musique, chatter, regarder des vidéos ou encore faire des achats. A partir de ce postulat, Google estime que le navigateur web est le programme central, le plus important et qu'il prévaut sur les autres applications « classiques ». Même si cette affirmation présente une part de vérité, le raccourci est assez brutal et probablement beaucoup trop en avance sur son temps. Chrome OS se résume donc à un navigateur web depuis lequel on peut lancer différentes applications dans le cloud, telles que Google Docs, Google Calendar, Youtube etc. L'utilisateur n'aura plus à installer quoi que ce soit et les

soucis liés aux mises à jour ne seront plus de son ressort. Quasiment toutes les données sont stockées en ligne sur des serveurs distants.

Certes cet OS est encore beaucoup trop limité, les applications web ne rivalisent pas (encore ?) avec les programmes conventionnels, le système est quasi inutilisable hors connexion... Les utilisateurs ne sont également probablement pas encore prêts à délaisser complètement leur « bureau ». Mais environ deux ans après son annonce, avec l'explosion du cloud computing et des applications web, la démocratisation des connexions internet à hauts débits, on comprend peut-être mieux les intentions de Google avec cet OS en avance sur son temps.

Avant d'en arriver à un tel système, la transition va probablement se faire comme toujours en informatique (et dans d'autres domaines) de manière « hybride », en mélangeant les avantages de l'un et de l'autre. C'est à peu près ce que l'on constate actuellement, nous adoptons de nombreuses solutions clouds : messagerie, documents, partage de fichiers, sauvegarde, écoute de musique... Tout en gardant de nombreux éléments en local : OS, données, applications spécialisées etc.

Les fonctionnalités clouds vont probablement se développer et être adoptées petit à petit par les utilisateurs jusqu'à pourquoi pas un OS entièrement basé sur le cloud comme a voulu le faire prématurément Google.

Grâce à la démocratisation des connexions internet à hauts débits, à l'accès internet mobile, nous vivons dans un monde de plus en plus connecté. Aujourd'hui de plus en plus de personnes disposent d'un Smartphone connecté à internet à un tel point que cette surconnexion à grande échelle pose certains problèmes. C'est vers la fin des années 1970 que l'on a conçu l'espace d'adressage IPv4. IPv4 est un espace d'adressage 32 bits qui permet de définir 4 294 967 296 adresses possibles. Une capacité jugée inépuisable au moment de sa conception... Or aujourd'hui, une trentaine d'années seulement après, la plage d'adressage de l'IPv4 est quasiment totalement consommée. L'arrivée du protocole IPv6 permet tout de même difficilement d'imaginer que l'espace d'adressage correspondant est épuisable avec 340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456 adresses possibles, soit 655 570 793 348 866 943 898 599 adresses par mètre carré de la surface du globe (Microsoft TechNet).

Le rapport entre le développement du cloud computing et le protocole IPv6 n'est peut-être pas forcément évident au premier abord mais dans le monde de l'IT beaucoup de choses influent les unes sur les autres. Ainsi avec le nombre impressionnant d'adresse IPv6 possibles il est probable que dans un futur proche de nombreux micro-appareils connectés fassent leur apparition. Nous pouvons imaginer des puces, ayant chacune son IP, présentes dans des vêtements, des chaussures ou dans divers autres accessoires qui calculent diverses informations avant de les transférer sur un serveur distant. Dans le monde professionnel de nombreuses avancées sont également probables. Si ces suppositions se réalisent les bases du cloud computing seront présentes quasiment partout, dans n'importe quel appareil connecté.

En plus du problème d'adresse limité du protocole IPv4, la forte croissance du nombre d'utilisateurs d'internet pose également certains problèmes aux niveaux des infrastructures. Ces dernières sont-elles prêtes à supporter cette croissance ? Afin d'illustrer ces propos analysons quelques données proposées par la banque mondiale (cf. Figure 21).

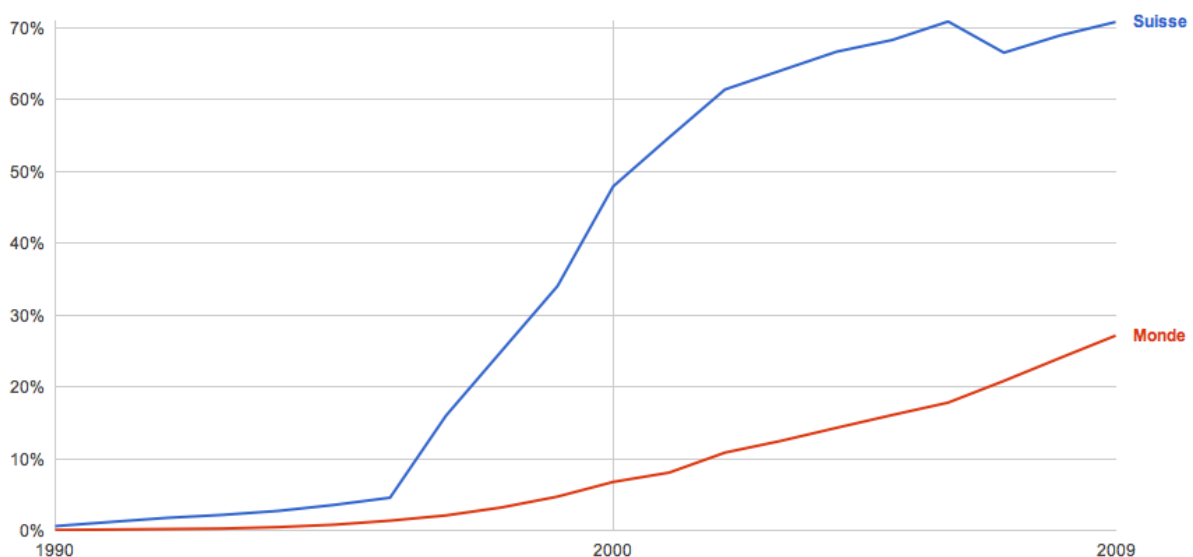


Figure 21 : Utilisateurs d'internet (Google, 2012)

En moins de dix ans, les utilisateurs d'internet au niveau mondial ont quasiment quadruplé, passant d'un peu moins de 7% en 2000 à 27% en 2009. Concrètement cela représente 405 millions utilisateurs en 2000 à 1,8 milliards en 2009. En 2015 le nombre d'utilisateurs devrait s'approcher des 3 milliards si la croissance continue de la sorte. Cela représente une demande en énergie, serveurs et bande-passante énorme. De ce fait, le cloud computing

---

semble être une bonne solution d'avenir afin de rentabiliser au maximum les serveurs grâce notamment à la virtualisation (Google, 2012).

Afin de clore ce chapitre, ces quelques exemples le démontre, il est fort probable que le cloud computing soit plus que présent dans les années à venir. Une fois que les réticences vis-à-vis de la sécurité et de la délocalisation des données seront franchies, cette manière de consommer des ressources informatiques se démocratisera probablement à une échelle mondiale.

### **III.      Partie pratique**

## 8. Description du problème et du scénario d'intégration

Le but général de cette partie pratique est de tenter de régler un des problèmes du cloud computing, celui de l'intégration au travers d'un exemple pratique.

Le nombre de fournisseurs Cloud et plus particulièrement d'applications SaaS ont considérablement augmenté au cours de ces dernières années. Cependant dans beaucoup de cas les fonctionnalités d'intégrations sont un peu laissées pour compte au profit d'autres arguments plus vendeurs. C'est pourquoi il est très souvent nécessaire de faire recours à une application externe pour parvenir à ses besoins.

Comme vu dans la partie théorique, actuellement de nombreuses entreprises préfèrent des solutions dans un cloud privé plutôt que dans un cloud public. Cette solution leur permet de garder un certain contrôle sur leurs données. Cependant à court terme les analystes prévoient un développement relativement élevé pour les cloud hybrides. Un cloud hybride est un mélange entre un cloud privé (sur lequel seront conservés les données sensibles) et un cloud public. C'est donc cette solution qui va être retenu comme scénario d'intégration.

Le but de cette partie pratique est de pouvoir intégrer une application SaaS de Salesforce.com avec un serveur local. Ce sera donc ce qu'on appelle une intégration Cloud to Enterprise (C2E).

Pour illustrer cet exemple reprenons notre société fictive, MyStartup, active dans la vente de vêtements en ligne. Après ses débuts fulgurants la société décide donc d'investir dans les solutions de gestion de Salesforce.com. Cependant MyStartup, préfère garder les opérations de paiement en local, au sein de l'entreprise. Un problème se pose, les données des clients sont gérées en ligne via Salesforce et le paiement du client se fait sur un système local. Il est donc nécessaire d'intégrer les données clients au sein du système local. Dans un premier temps, la société décide de réaliser l'intégration elle-même grâce à ses informaticiens. Cette solution peut sembler acceptable et relativement bon marché en comparaison aux services fournis par des professionnels du domaine.



Cependant une telle intégration devient rapidement problématique. Au fil des ans, la société sera probablement amenée à intégrer d'autres services et risque de se retrouver avec ce qu'on pourrait appeler une « architecture spaghetti », chaotique et non-planifiée où différentes machines sont reliés entre elles de manière pas toujours évidente (Hüsemann, 2009). Pour faire face à ce problème la meilleure solution est d'utiliser une infrastructure d'intégration afin d'intégrer son SI de manière propre en vue de :

- augmenter l'efficacité du SI (moins de temps et de coûts pour échanger des informations entre systèmes)
- éviter des erreurs de transfert de données
- pouvoir ajouter plus facilement de nouveaux SI pour offrir de nouveaux services
- minimiser le nombre de connexions entre systèmes
- disposer d'un processus plus flexible de manière générale

Notre scénario d'intégration est donc relativement simple et consiste à intégrer les contacts/clients de la plateforme Salesforce.com avec un serveur local. C'est une tâche relativement basique mais qui démontre bien l'utilisation d'une application d'intégration et les outils utilisés.

L'application en question utilisée pour réaliser cette intégration est le logiciel CastIron d'IBM qui permet de réaliser ce genre d'intégration de manière propre et sans connaissance en programmation.

La Figure 22 représente un diagramme basique présentant l'emplacement des éléments à intégrer. D'un côté on retrouve quelque part dans le cloud un serveur stockant les données de salesforce.com de l'autre, notre entreprise MyStartup bénéficiant également d'un propre serveur et d'une base de données.

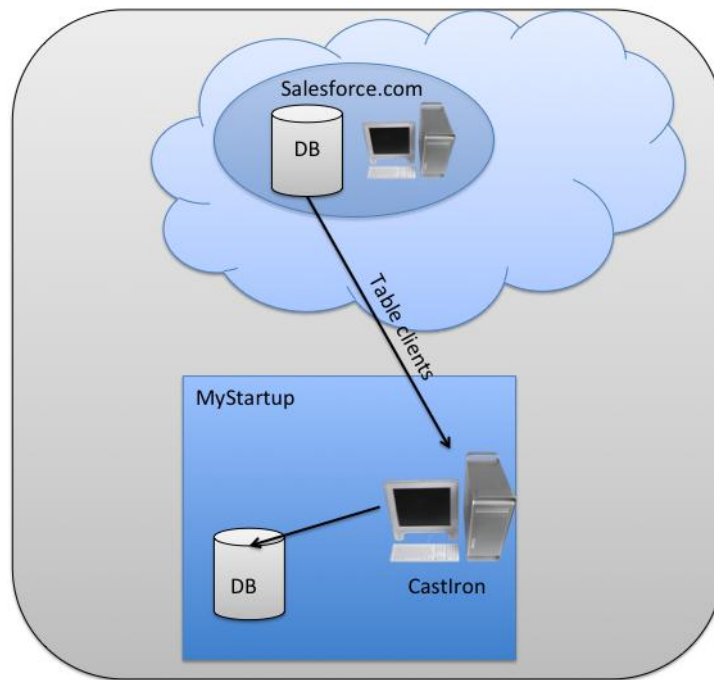


Figure 22 : Diagramme du scénario d'intégration

## 9. Description de la solution d'intégration avec CastIron

Ce chapitre détail pas à pas comment réaliser le scénario d'intégration cité plus haut. Avant d'entrer dans le vif du sujet, quelques mots sur les outils utilisés.

Logiciel d'intégration :

- IBM WebSphere CastIron Studio version 6.0.0.2.
- Tournant sur un PC sous Windows 7.

SalesForce :

- Compte développeur.
- Contacts importés d'un compte Google.

Serveur local :

- NAS Synology DiskStation 109.
- Accessible sur internet via DynDNS.org.
- MySQL version 5.1.49

Cette configuration pourrait être assez semblable à celle d'une petite entreprise. A l'exception près du serveur local qui est peu performant.

### 9.1 Création d'un nouveau projet et tour d'horizon du logiciel.

Le logiciel CastIron est du point de vue de l'apparence très ressemblant avec n'importe quel autre logiciel tout domaine confondu. C'est un point positif pour l'utilisateur qui ne se sent pas perdu dès l'ouverture du programme.

Commençons par quelques informations concernant la terminologie utilisée au sein du logiciel :

- Un « Endpoint » ou « nœud final » en français définit les informations requises afin de communiquer avec un système externe. Les différents nœuds finaux seront listés un peu plus loin, retenons déjà qu'ils peuvent représenter soit un protocole internet ou des applications.
- L'« orchestration » représente l'enchaînement des activités, nœuds finaux et des types de données définis et configurés avec le logiciel.
- Une « activité » représente une étape au sein de l'orchestration qui est configurée afin de réaliser une tâche.
- Un « projet » est l'ensemble des documents de configuration qui décrivent les données et composants, tels que les nœuds finaux et les orchestrations impliqués dans une solution d'intégration.

La première chose à faire est donc de créer un nouveau projet d'intégration. Pour cela il y a deux possibilités. Premièrement on peut rechercher des solutions en ligne dans le référentiel de solutions WebSphere Cast Iron. Ces solutions s'appellent des TIP(s). Ce sont des modèles d'intégration déjà conçus pour de nombreux scénarios d'intégrations classiques. La deuxième possibilité, celle que nous utiliserons dans notre exemple, est de créer un nouveau projet « from scratch », entièrement vide. A l'ouverture du programme nous choisissons donc l'option « Création de projet » que nous appellerons : « SalesforceToMySQL ».

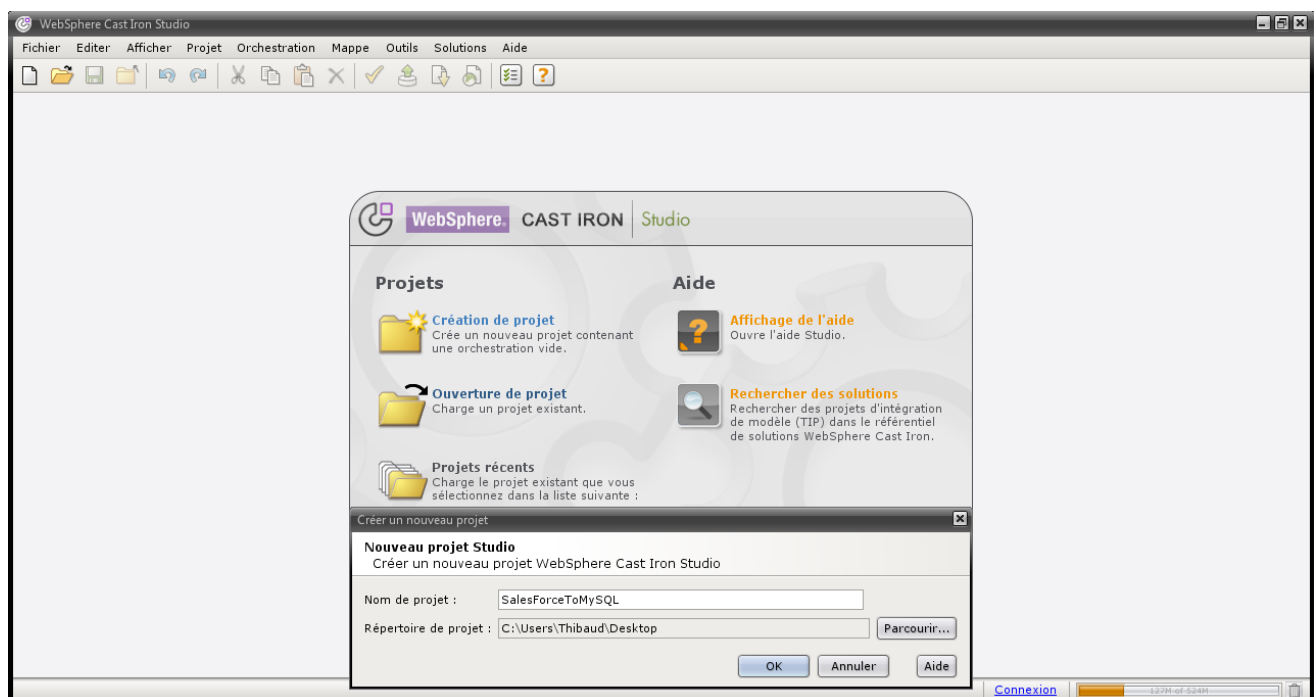


Figure 23 : Création d'un nouveau projet.

Après avoir créé notre projet on se retrouve avec la vue suivante :

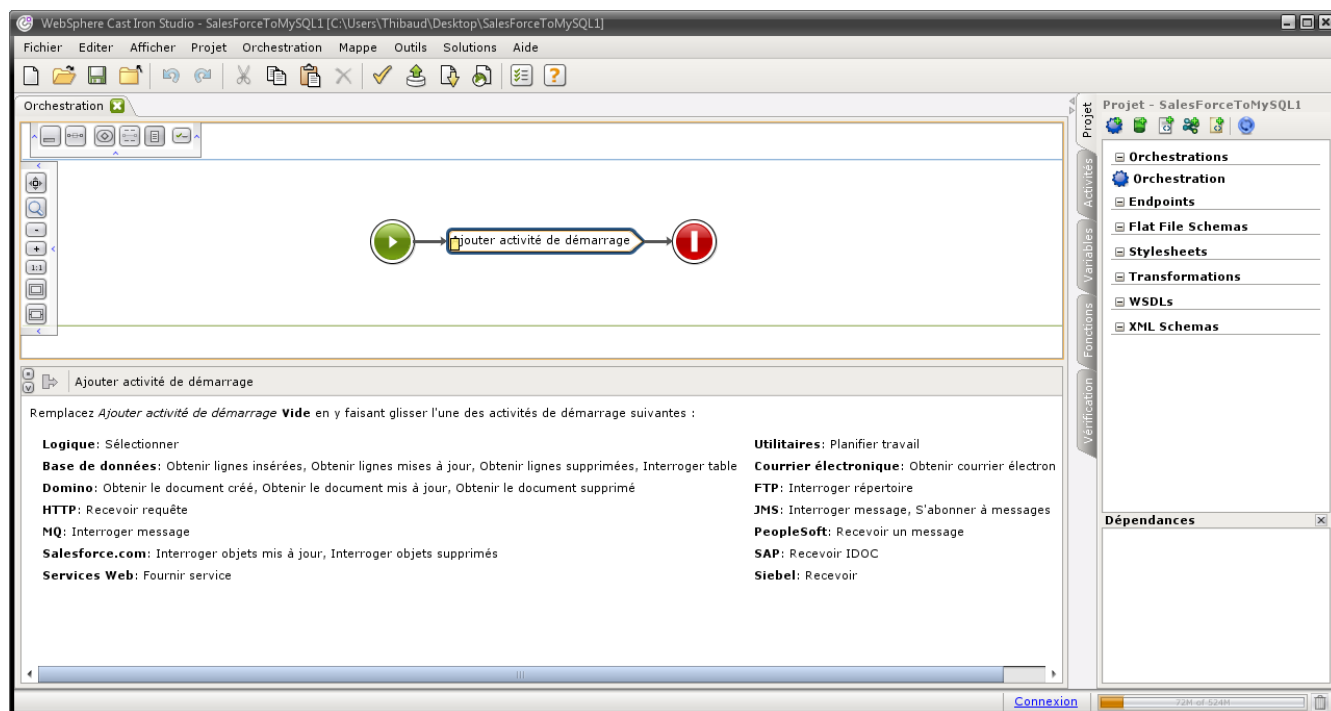


Figure 24 : Projet d'intégration vide

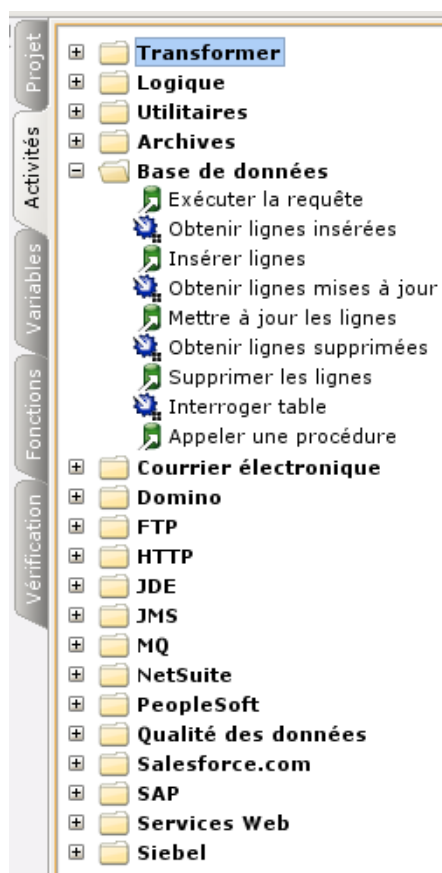


Figure 25 : Panneau latéral de CastIron

La capture d'écran ci-dessus représente un projet d'intégration vide. Le logiciel est découpé en trois zones principales. Dans la partie supérieure gauche se trouve la représentation graphique de l'orchestration. Pour l'instant elle ne contient qu'un point de départ et un point d'arrivée et rien entre deux. Les activités se trouveront toujours entre ces deux points dans un ordre chronologique de gauche à droite. La prochaine étape consiste donc à créer une activité de démarrage juste après le point de départ, qui lancera l'orchestration.

Le panneau latéral droit (cf. Figure 25) se divise en plusieurs onglets. Le premier nommé « projet » résume comme son nom l'indique les éléments présents dans notre orchestration. Le second « activités » regroupe tout un ensemble d'activités à « glisser déposer » dans la fenêtre principal de l'orchestration. Parmi ces activités

on en trouve de nombreuses sur une base de données, afin d'exécuter une requête, interroger une table, insérer des éléments dans une base mais également des activités spécifiques à la plateforme Salesforce.com. C'est principalement ces deux groupes d'activités (Base de données et Salesforce.com) que nous utiliserons dans notre projet. L'onglet « variables » affiche toutes les variables, autrement dit les données échangées entre nos deux applications. Les fonctions permettent principalement de modifier les données, de les compter, d'en faire la somme de modifier les chaînes de caractères etc. Finalement l'onglet vérification permet de détecter les éventuelles erreurs lorsque l'orchestration est démarrée.

La partie inférieure permet de configurer chaque activité ou élément de la partie graphique supérieur. Comme on le verra plus tard elle permet de configurer l'accès à la base de données ou à son compte Salesforce par exemple.

## 9.2 Création des nœuds finaux

Après avoir créé un nouveau projet, la première chose à faire est de configurer les nœuds finaux (endpoints). Un nœud final comme nous l'avons déjà vu précédemment n'est rien d'autre qu'un accès à une ressource externe. Par exemple à une base de données ou une connexion à Salesforce.com. CastIron gère de nombreux nœuds finaux :

- Protocoles : HTTP (client et serveur), FTP, SMTP et client POP3 (serveur mail).
- Web services
- Applications : base de données (MySQL, DB2, Oracle, Microsoft SQL Server, Informix etc.), Salesforce.com, SAP, Peoplesoft, JD Edwards, Siebel, NetSuite
- Messages : MQ (Message queues) et JMS (Java Message Service)

Nous utiliserons donc deux nœuds finaux : Salesforce.com afin de récupérer nos contacts et « Base de données » afin d'intégrer nos contacts Salesforce.com à notre base de données locale MySQL.

Il est important de noter que les nœuds finaux ne sont pas des « activités » de notre orchestration CastIron. Chaque nœud fera référence à une activité que nous ajouterons par la suite.

### 9.2.1 Configuration du nœud vers Salesforce.com

Afin de se connecter à notre compte Salesforce.com il est nécessaire de fournir deux informations principales : notre nom d'utilisateur ainsi que notre mot de passe. Seulement le mot de passe seul ne suffit pas, pour des raisons de sécurité un jeton de sécurité doit être placé directement après votre mot de passe. La génération d'un jeton de sécurité se fait dans votre compte Salesforce.com sous configurer -> Mes informations personnelles -> Réinitialiser votre jeton de sécurité. Après avoir réalisé cette étape, votre nouveau jeton de sécurité vous sera envoyé par email.

Maintenant que toutes les informations nécessaires sont réunies pour se connecter à notre nœud final Salesforce.com ajoutons ce nouveau nœud. Pour se faire il suffit de faire un clic droit dans le panneau latéral, dans l'onglet « Projet » sur « Endpoints » puis « Créer un nœud final » et finalement choisir Salesforce.com.

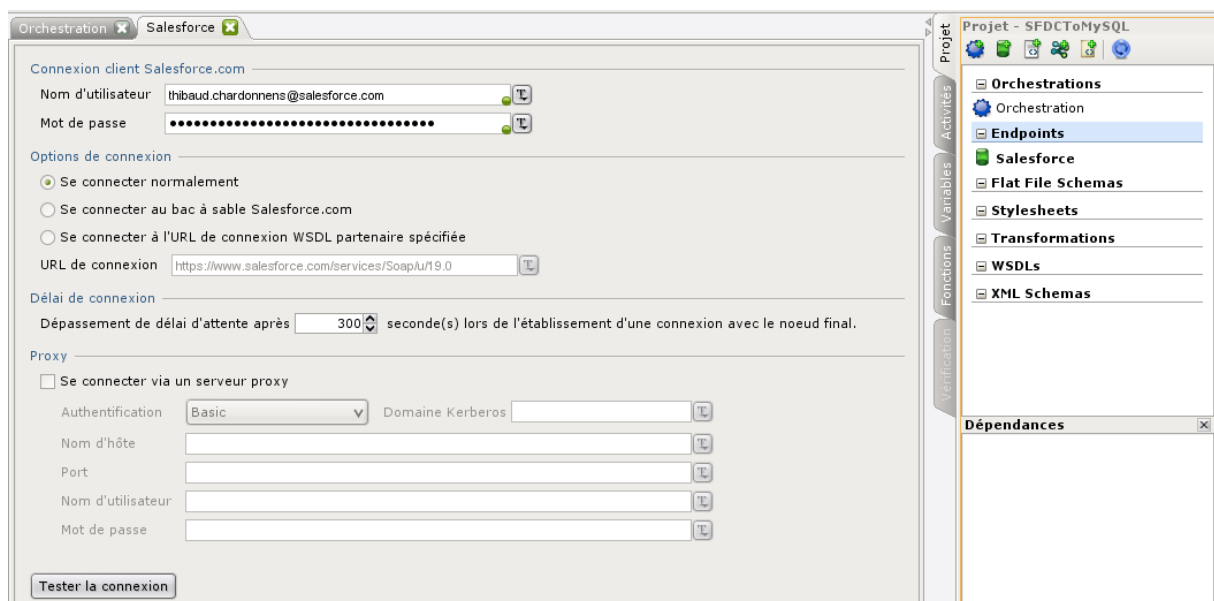


Figure 26 : Configuration du nœud Salesforce.com

Une fois les informations complétées il est possible de tester la connexion pour contrôler si tout c'est bien passé. Dans notre exemple nous n'avons pas besoin de modifier les options de connexions.

### 9.2.2 Création du nœud vers la base de données

Même principe que pour la connexion à Salesforce.com : clique droit sur « Endpoints » de l'onglet « Projet » du panneau latéral puis « Créer un nœud final » et choisir base de

données. Dans cet exemple nous utilisons une base de données MySQL, c'est donc celle-ci que nous choisissons dans le champ « type de base de données ». Remplir ensuite les champs relatifs au nom de la base de données, à l'emplacement du réseau et à l'authentification. Il est également important de ne pas négliger le champ concernant l'encodage afin de ne pas rencontrer des problèmes avec les caractères spéciaux par la suite.

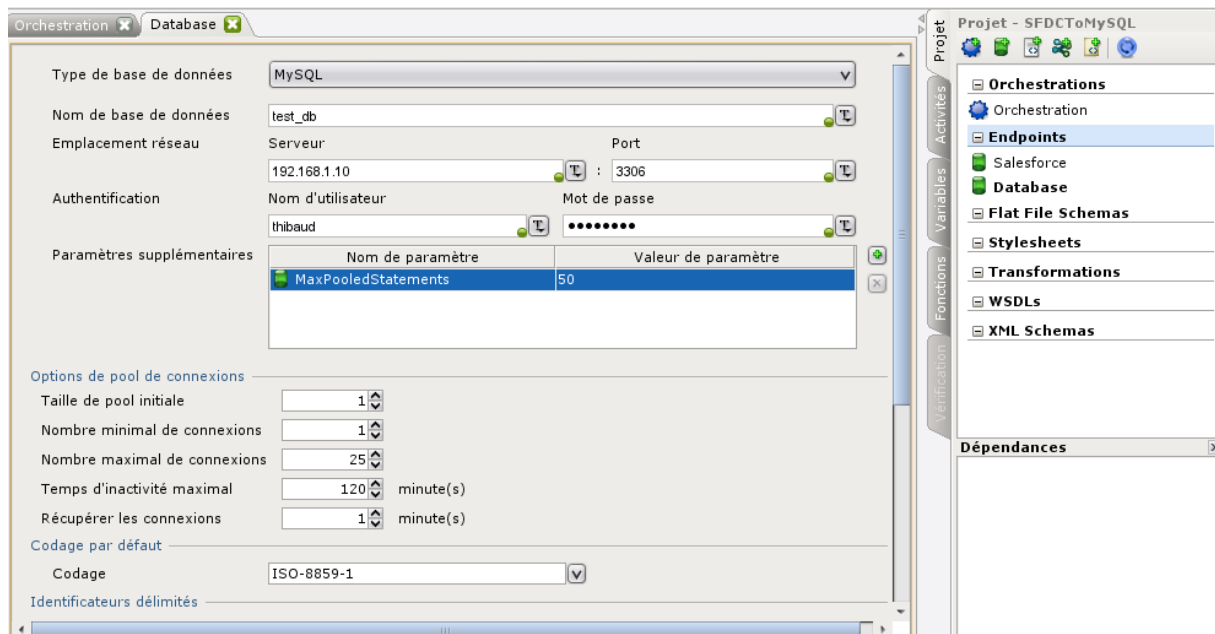


Figure 27 : Configuration du nœud de connexion à la base de données

### 9.2.3 Création du nœud vers le protocole http

Ce nœud est probablement le plus opaque. En effet son utilité n'est pas encore très claire pour l'instant. Il servira par la suite afin de démarrer l'orchestration. Nous verrons son utilité plus en détail par la suite.

Pour le créer, à nouveau un clic droit sur « Endpoints », créer un nœud final et choisir simplement « http ».

Aucune configuration supplémentaire n'est nécessaire, laisser les options par défaut, c'est à dire « Le dispositif d'intégration reçoit la requête ». Renommons le simplement HTTPReceive.

## 9.3 Création des activités

Maintenant que nos nœuds finaux sont configurés nous pouvons commencer à construire notre orchestration en lui ajoutant des activités.



Les activités se glissent depuis le panneau latéral vers la représentation graphique de l'orchestration. Notre orchestration comportera quatre activités que nous allons détailler une à une.

### 9.3.1 Recevoir une requête HTTP

C'est cette activité qui va nous permettre de démarrer l'orchestration, c'est pourquoi elle est importante. Notre orchestration va donc démarrer après avoir reçu une requête http. On l'aura compris cette activité est liée à notre nœud final correspondant au protocole http. De façon plus claire, l'orchestration démarrera par exemple lors d'une consultation d'une page. Dans notre exemple le logiciel CastIron propose un utilitaire de publication http, c'est de cette manière que nous « lancerons » notre orchestration.

Concrètement on cherche l'activité dans le panneau latéral sous l'onglet « activités », on déroule le dossier « http » puis l'on glisse l'activité « Recevoir requête » dans la représentation graphique de l'orchestration, juste après le point de départ.

On configure ensuite notre activité grâce à la zone inférieure du logiciel. On sélectionne avant tout notre nœud final « HTTPReceive » définit plus haut. Sous l'onglet « Configurer » on remplit le champ « Ecouter sur » par le nom de notre projet, c'est à dire « SalesforceToMySQL ». Dans les options on coche encore la case « Réponse requise ».

Dans la représentation graphique on voit que notre activité est maintenant liée à notre nœud final.

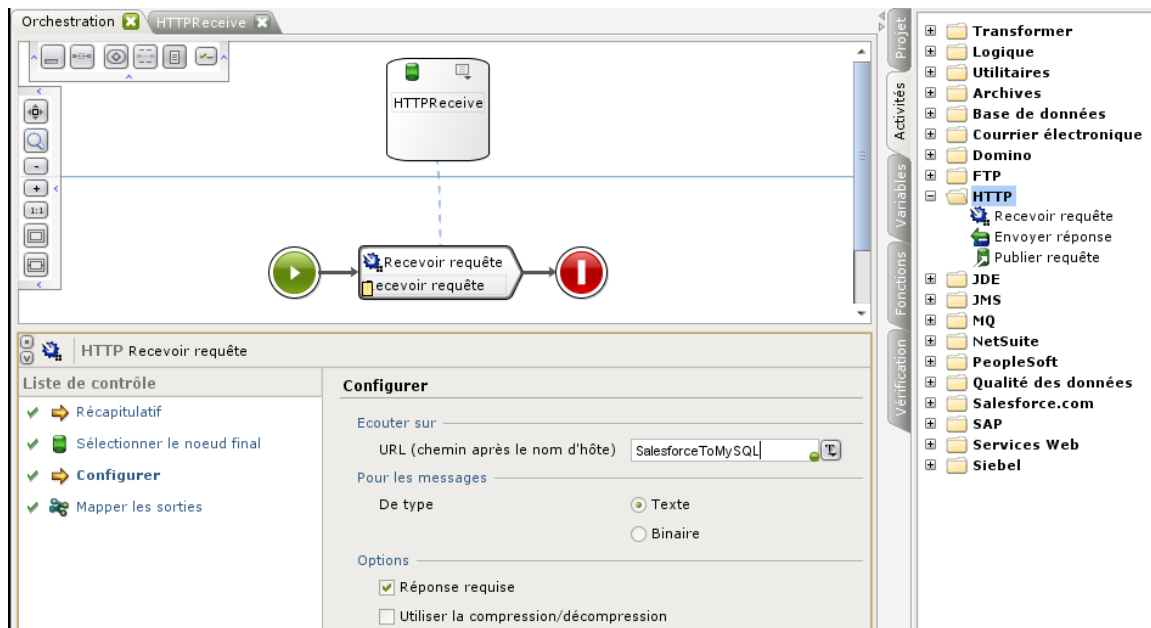


Figure 28 : Activité "Recevoir requête"

### 9.3.2 Demander les objets à Salesforce.com

La seconde activité consiste à récupérer des objets, dans notre exemple les contacts de la plateforme Salesforce.com. Pour se faire, rien de plus simple, on étend le dossier Salesforce.com dans l'onglet « Activités » puis on glisse l'activité « Demander objets » juste après notre première activité « Recevoir requête ».

On sélectionne ensuite notre nœud final « Salesforce ». La configuration de l'activité est légèrement plus complexe. En effet il est maintenant nécessaire de spécifier quels objets l'on veut demander à Salesforce.com, dans notre cas, les contacts. Pour se faire on doit écrire une requête SOQL (Salesforce Object Query Language). La structure d'une requête SOQL est très proche d'une requête SQL standard. On désire donc sélectionner les informations principales de nos contacts. Afin de récupérer les bons champs pour notre requête une documentation très complète existe au sujet de la plateforme Salesforce.com à l'adresse : <http://www.salesforce.com/us/developer/docs/api> . Voici la requête à insérer :

```
SELECT Id, Name, FirstName, LastName, Email, MailingStreet, MailingPostalCode,
MailingCity, MailingCountry, MobilePhone, BirthDate, Description, CreatedDate,
LastModifiedById From Contact
```

On valide ensuite la requête afin de contrôler qu'elle ne comporte pas d'erreurs. Si tel n'est pas le cas il est nécessaire dans la zone de configuration de « mapper les sorties ». Dans le

cas de cette activité il n'y a aucune entrée à mapper car l'activité précédente ne renvoie pas d'informations. Les objets de l'activité présente devront être transférés à l'activité suivante (insérer les lignes dans la base de données), c'est pourquoi il est indispensable de mapper les sorties. On sélectionne donc l'onglet « Mapper les sorties » dans la liste de contrôle du panneau inférieur et comme l'on veut sélectionner tous les objets (Id, FirstName, LastName etc.) on choisi simplement l'option copier vers l'orchestration. Ainsi tous nos champs seront prêts à être récupérés dans la prochaine activité.

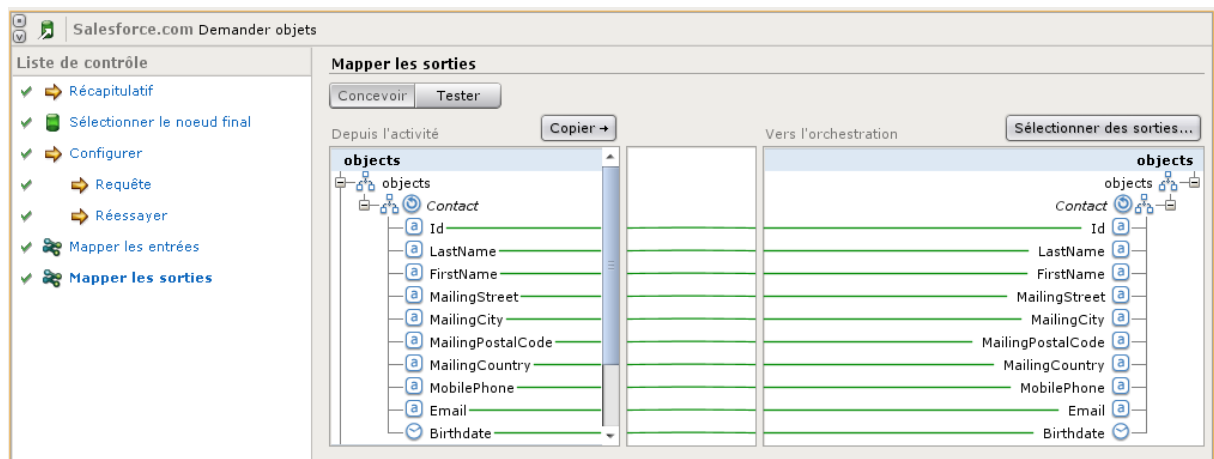


Figure 29 : Demander les objets à salesforce.com

### 9.3.3 Insérer les lignes dans la base de données

Après avoir récupérer nos contacts il faut maintenant les insérer dans notre propre base de données. Pour cela, toujours le même principe, on sélectionne l'activité « Insérer ligne » dans le dossier « Base de données » de l'onglet « Activités » du panneau latéral droit et on la glisse dans notre orchestration, juste après la demande d'objets à Salesforce.com. On indique dans la zone inférieure que l'activité se réfère à notre nœud final « Database » configuré préalablement.

Dans la configuration du nœud vers la base de données nous sommes passé un peu vite sur la configuration requise pour notre base de données MySQL locale. Il est évident que les données provenant de Salesforce.com seront stockées dans une table MySQL. Il faut pour cela créer une table Contact reprenant les champs demandés dans la requête SQL précédente. Les champs doivent évidemment être de même type. Par exemple le nom et prénom sont des chaînes de caractères on crée donc un champ de type VARCHAR dans notre table Contact, un champ DATE pour l'anniversaire etc. Il est important que les champs

puissent accepter une valeur nulle, il est fort probable que pour certains contacts la date d'anniversaire par exemple soit non renseignée.

Notre base locale prête à recevoir du contenu, il nous reste à mapper les entrées de l'orchestration vers l'activité en question. On commence par récupérer les informations de notre base de données grâce à l'onglet « Sélectionner la table » de la liste de contrôle. On choisit donc notre table « Contact » préalablement créée. On configure également les règles de distribution de façon à distribuer les messages au moins une fois car on intégrera probablement plusieurs contacts. On sélectionne également le champ « Obtenir le nombre de ligne » afin de connaître le nombre de contacts exportés. Pour réaliser le mappage on sélectionne l'onglet « Mapper les entrées » dans la liste de contrôle puis on glisse simplement le champ désiré de gauche à droite (depuis l'orchestration vers l'activité) sur son correspondant dans la base de données locale. L'image ci-dessous clarifie la situation :

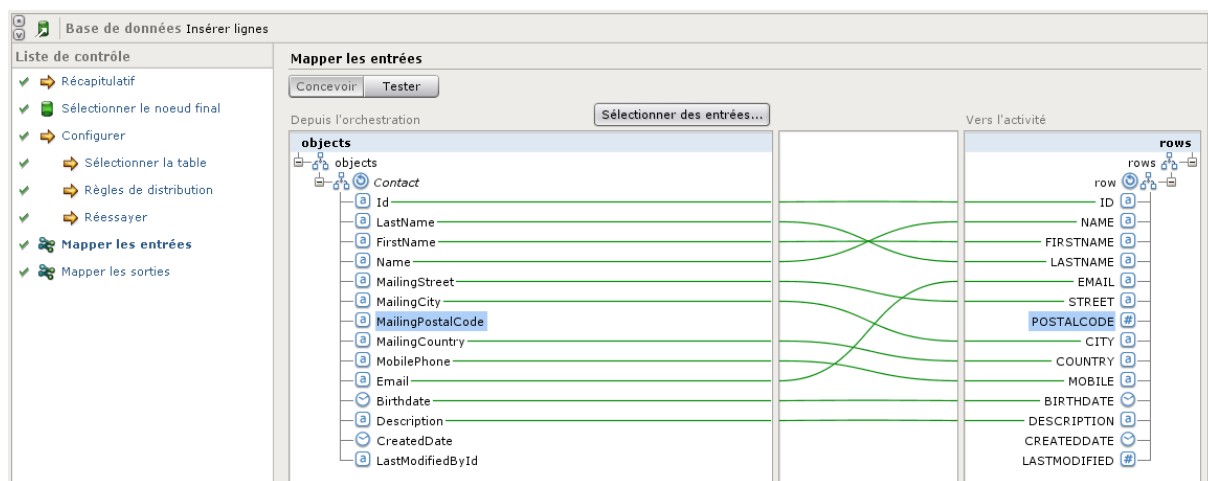


Figure 30 : Mappage des champs

Dans l'onglet « Mapper les sorties » on copie l'unique champ « rowCount » vers l'orchestration. C'est grâce à ce champ que nous connaissons le nombre de contacts créés.

### 9.3.4 Envoyer la réponse http

Notre orchestration commençait par recevoir une requête par le protocole http, elle se termine en renvoyant une réponse toujours par le protocole http. De cette manière le démarrage de l'orchestration se fait simplement de la même manière que si l'on visitait un site web. On entre l'adresse du site, dans notre cas de l'orchestration, le site nous renverrait un document html, l'orchestration nous renvoie simplement le nombre de contacts ajoutés.

Pour réaliser cette dernière activité, on sélectionne l'activité « Envoyer réponse » dans le panneau latéral dans le dossier http sous l'onglet activités. Comme précédemment on la glisse à la suite de notre dernière activité.

La configuration de l'activité est relativement simple il suffit de mapper les entrées, dans notre cas on va récupérer seulement une entrée, le nombre de lignes insérées. Le mappage s'effectue depuis l'orchestration vers l'activité dont l'objet se nomme « body » de type chaîne de caractères. L'objet body n'est autre que le « corps » de la page qui va être renvoyée. Il y a cependant une petite particularité : si l'on tente de mapper directement l'objet rowCount vers l'objet body une erreur nous indiquera : « Mappage non autorisé : Vous ne pouvez pas effectuer un mappage d'un nœud récurrent sur un nœud non récurrent. ». En effet, l'objet rowCount est un nœud récurrent dans le sens où à chaque entrée dans la base de données il renverra le nombre 1 pour une entrée ajoutée. C'est là qu'interviennent les fonctions du panneau latéral. Ces fonctions permettent de nombreuses opérations sur les chaînes de caractères, par exemple afin d'aligner le texte, de convertir la chaîne en majuscule, minuscule etc. Mais ces fonctions permettent également de réaliser des opérations mathématiques. Dans notre cas nous allons utiliser la fonction mathématique « somme » afin de faire la somme de toutes nos lignes insérées. On glisse donc la fonction somme dans la zone de mappage entre les deux objets. On relie ensuite l'objet rowCount à la fonction puis la fonction à l'objet body. Un clic droit afin de sélectionner « Appliquer un graphique de fonction » et le tour est joué. Notre activité renverra la somme de lignes insérées.

Notre projet est maintenant complet. Pour résumer :

- L'orchestration commence lorsqu'une requête est reçue.
- On récupère les données des contacts de la plateforme Salesforce.com
- On insère ces contacts dans notre base de données
- On renvoie une réponse avec le nombre de contacts créés.

Le chapitre qui suit détail donc comment démarrer concrètement notre orchestration.

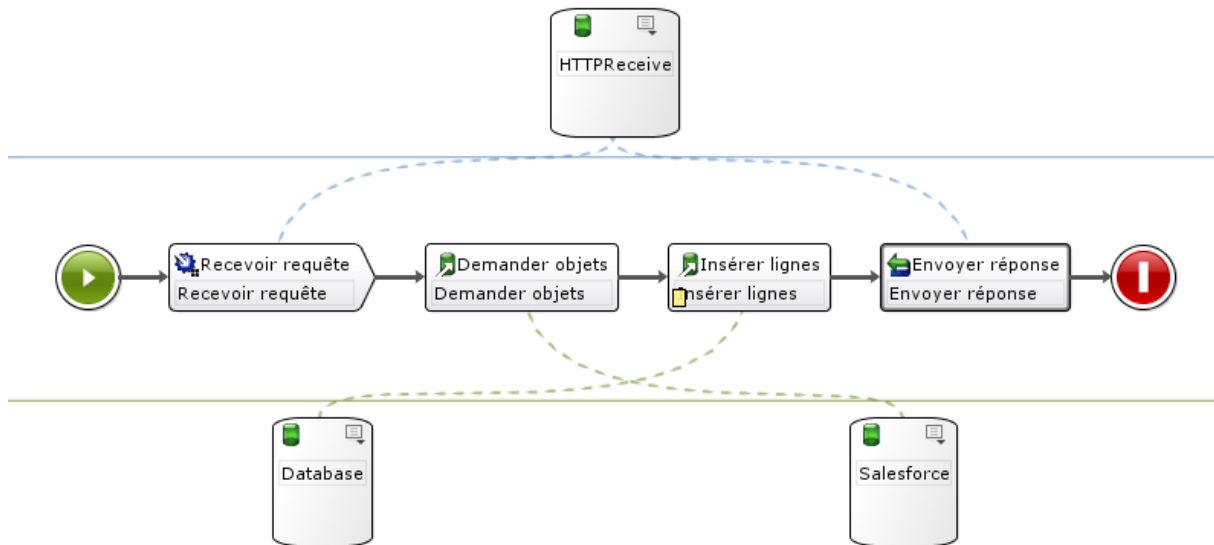


Figure 31 : L'orchestration complète.

## 9.4 Démarrer l'orchestration

Notre projet est maintenant prêt à fonctionner il suffit pour cela de simplement démarrer l'orchestration. Le procédé est très simple on démarre l'orchestration soit par le menu Orchestration puis démarrer l'orchestration, soit par le panneau latéral en cliquant sur l'icône « play » ou encore au moyen du raccourci clavier Alt+R.

Une fois l'orchestration démarrée, celle-ci est prête à enchaîner les activités. Les activités s'enchaîneront dans un ordre chronologique, l'une après l'autre. La première activité est donc importante, dans notre exemple la première activité « attend » une requête avant de continuer. Il faut donc envoyer une requête pour commencer concrètement l'enchaînement de l'orchestration. Pour le faire il y a deux possibilités :

- Depuis le logiciel Cast Iron sous Outils sélectionner « Utilitaire de publication http ». Dans le champ URL du connecteur entrant indiquer simplement l'adresse de l'ordinateur / le nom du projet. Par exemple : <http://192.168.1.10/SalesforceToMySQL>.
- Depuis n'importe quel navigateur web entrer le nom ou l'adresse de l'ordinateur sur lequel l'orchestration est démarrée / le nom du projet. Par exemple : <http://monsite.com/SalesforceToMySQL> . Si l'ordinateur sur lequel est démarré l'orchestration se nomme « monsite.com »

Si aucune erreur ne se produit et que la requête a été lancée via un navigateur, la page retournée affiche simplement le nombre de contacts intégrés. Tous nos contacts provenant de Salesforce.com sont maintenant copiés dans notre base MySQL et prêts à être réutilisés par une application fonctionnant sur un serveur local par exemple.

### 9.4.1 Vérification du déroulement de l'orchestration

Il peut être très utile voir indispensable de pouvoir suivre le déroulement de l'orchestration surtout dans le but de corriger d'éventuelles erreurs.

Ces « logs » peuvent être consultés sous l'onglet « Vérification » du panneau latéral. Lorsque l'orchestration est démarrée et qu'une requête a été reçue, l'état de chaque activité est détaillée et peut au final soit être complète (COMPLETED), l'activité s'est déroulée sans problème, soit contenir des erreurs (ERRORED) et l'orchestration est stoppée.

Dans notre exemple les erreurs les plus fréquentes peuvent apparaître lors de l'insertion des données dans la base MySQL. Il se peut en effet qu'un champ provenant de Salesforce.com n'ait pas le même format que le champ de la base locale ce qui générera une erreur et stoppera l'orchestration. L'erreur est détaillée dans le champ « Données de message de paramètre/variable » toujours dans le panneau latéral et peut en principe grâce à ces informations être corrigée facilement.

## 10. Evaluation de la solution

Ce chapitre a pour but d'évaluer le logiciel d'intégration Castiron en relation avec le scénario d'intégration énoncé au chapitre 8. Après la lecture de ce chapitre, le lecteur devrait pouvoir être en mesure de décider si ce logiciel est intéressant pour ses besoins ou non. Pour tenter de structurer l'évaluation une analyse SWOT (forces-faiblesses-opportunités-menaces) sera effectuée.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, de manière globale, le scénario d'intégration a pu être réalisé avec succès et sans problème majeur. Il paraît donc logique de pouvoir dire qu'avec les outils et services utilisés, le logiciel CastIron tient ses promesses ; intégrer différents systèmes en quelques jours sans ligne de code.

Afin d'évaluer la solution d'intégration d'IBM d'une manière claire et simple plaçons les différents éléments analysés dans une matrice SWOT. SWOT est un acronyme provenant de l'anglais, pour S-trenghts (forces), W-eaknesses (faiblesses), O-pportunities (opportunités) et T-hreats (menaces). Une analyse SWOT est généralement représentée dans une matrice 2x2 comme outil d'analyse stratégique d'un produit/service.



FORCES	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interface claire</li> <li>• Facilité d'utilisation</li> <li>• Aucune connaissances en programmation requise</li> <li>• Nombreux « TIPS »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins adapté aux petits fournisseurs cloud</li> <li>• Limitation aux services fournis par le logiciel</li> </ul>
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concept unique d'intégration simplifiée en quelques jours et sans ligne de code</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forte croissance du marché, nouveaux concurrents</li> <li>• Nombreux nouveaux fournisseurs non pris en considération</li> </ul>

Figure 32 : Analyse SWOT de la solution d'intégration

Commençons par les principales forces du logiciel. L'interface est bien conçue et après un petit temps d'adaptation les différents onglets sont très clairs et on comprend facilement leurs rôles. Tous les projets se déroulent plus ou moins de la même façon : un point de départ, un point d'arrivée, des activités reliés aux nœuds finaux entre les deux points. Aucune connaissance en programmation n'a été requise pour l'élaboration de se projet. Néanmoins une connaissance du langage SQL et la compréhension de la syntaxe XML peuvent tout de même s'avérer très utile. Les TIPS fournit par la communauté augmente encore le potentiel du logiciel en proposant des solution préconfigurées utile lors de scénarios d'intégration plus complexes.

Passons maintenant aux faiblesses. Il est tout de même à prendre en compte que le scénario d'intégration décrit plus haut peut être certes très utile mais est relativement basique et utilise un des plus grand fournisseur de services cloud : salesforce.com. Castiron dispose de base de nombreuses fonctionnalités autour de la plateforme. On l'a vu il est très facile de récupérer des données grâce aux requêtes SOQL (un langage très proche de SQL), l'intégration des objets dans une base de données locale est également un jeu d'enfant. Une

question se pose donc : qu'en est-il lors de scénarios d'intégration beaucoup plus complexes ou en présence d'outils moins répandus ? La première chose à faire est, comme vu précédemment, de se tourner vers les TIPs, ces « templates » de projet fournis par la communauté. Cette option semble être relativement bonne et couvrir une partie des besoins. Si toutefois aucun des TIPs ne correspond à nos besoins il faudra alors se débrouiller avec les outils à disposition de CastIron en se connectant à nos services web et nos bases de données. L'intégration de services peu connus n'est probablement pas impossible mais certainement (beaucoup) plus compliqué que l'exemple réalisé dans ce travail et CastIron est logiquement moins adapté à l'intégration de services peu connus.

Les opportunités sont simples : continuer sur le créneau de l'intégration en quelques jours sans ligne de codes. Dans un contexte où normalement intégrer différents SI prend généralement plusieurs mois le fait de réduire ce temps d'intégration à quelques jours seulement démontre relativement bien la puissance du logiciel, sa simplicité et sa rapidité de mise en oeuvre permet de se démarquer des concurrents.

Les menaces : sur un marché à forte croissance il n'y a pas de doute que de nombreux concurrents dans le domaine de l'intégration vont faire leur apparition de même que de nombreux fournisseurs de services cloud vont apparaître. Pour pouvoir se démarquer, et offrir un service fonctionnel, IBM doit continuer à mettre à jour son logiciel régulièrement afin de prendre en compte les nouveaux fournisseurs et ne pas se laisser dépasser par la concurrence.

En guise de conclusion, dans notre exemple cet outil d'intégration remplit parfaitement son rôle, les possibilités sont tout de même très étendues grâce notamment aux TIPs. Il est vrai, et en même temps c'est tout à fait logique, que l'intégration des grandes plateformes est passablement simplifiée par rapport aux autres plus petites. Mais avec l'aide de la communauté, les différents TIPs disponibles, la simplicité et la clarté de l'interface et les nombreuses possibilités du logiciel, CastIron est un très bon moyen d'intégrer ses applications sans dépenser trop de temps et d'argent dans la réalisation du projet.

## **IV. Conclusion**

## 11. Conclusion

L'objectif global de ce travail était de décrire les principaux enjeux du cloud computing en entreprise. Le but était d'analyser les différents points clés du Cloud et de vérifier que le concept n'est pas juste un phénomène de mode passager.

En guise de fil rouge, quatre questions de recherche ont été formulées dans l'introduction :

- Qu'est ce que le cloud computing ?
- Quels sont les apports réels en terme de coûts ?
- Pourquoi et comment intégrer différents systèmes de l'entreprise
- Le cloud computing demain ?

Le concept général du cloud computing devrait maintenant être clair. S'il fallait résumer le cloud computing en une phrase se serait un concept qui consiste à délocaliser au travers d'internet ses unités stockage et de calcul sur des serveurs gérés par une entreprise spécialisée afin de ne payer que les ressources que l'on a utilisé.

Les questions économiques sont encore un peu floues à l'heure actuelle. La question de recherche concernant les apports réels du cloud d'un point de vue des coûts n'a malheureusement pas pu être traitée de manière quantitative. Les fournisseurs mettent en avant les économies réalisées grâce au cloud. Ils n'ont probablement pas tort mais il est encore trop tôt pour bénéficier du recul nécessaire afin d'analyser en détail et de manière significative la baisse des coûts engendrés.

L'intégration des différents systèmes d'une entreprise à toujours été un sujet délicat, bien avant l'arrivée du cloud computing. Du point de vu de l'intégration, le cloud computing n'apporte malheureusement pas beaucoup de solutions, peut-être même au contraire cela ajoute encore de nouveaux éléments à intégrer. Comme il a été vu il existe cependant de nombreux moyens d'intégrer de manière propre différents systèmes. La partie pratique de ce travail en donne un bon exemple, il vaut souvent mieux utiliser et investir dans un logiciel complet et relativement simple d'utilisation que de tenter de coder soi-même un projet d'intégration pas toujours évident et surtout très peu modifiable et réutilisable.

Quant à savoir si le cloud computing est simplement un phénomène de mode passager, aujourd'hui on peut clairement affirmer que non. Le terme a certes été utilisé et parfois détourné à des fins marketings, mais les faits sont là, les différentes analyses le prouvent, le cloud computing aura une place prédominante dans les systèmes IT des entreprises pour les années à venir.

Avant d'en arriver à ce que l'on pourrait appeler un passage massif vers le cloud, de nombreux points sont toutefois encore à améliorer. En premier lieu, celui de la sécurité qui est en soi plus un problème utopique que réel, les grands fournisseurs sont aujourd'hui très au point dans le domaine même si le risque zéro n'existe pas, quasiment aucun problème de sécurité majeur n'a été relevé sur les grandes plateformes cloud. La seconde peur, liée à la première est celle de la perte de maîtrise sur les données de l'entreprise. Confier ses données à une entreprise méconnue n'est de toute évidence pas une mince affaire et l'une des réticences majeures dans l'obtention de services Cloud. Comme il a été vu, même s'il existe des moyens de les résoudre, les problèmes d'intégrations ne sont également pas à négliger. Des normes et standards du Cloud seraient la bienvenue afin de palier justement aux problèmes d'intégrations et aux craintes liées à la sécurité.

Comme c'est le cas dans de nombreux domaines, les changements prennent en principe beaucoup de temps. Une entreprise dont le système d'information est encore pleinement opérationnel n'a pas forcément de raison d'opter pour des services cloud. Elle va probablement le faire petit à petit en remplaçant au fur et à mesure les services les plus anciens. De cette manière l'entreprise se retrouve avec un cloud hybride avec une partie de son infrastructure IT dans le cloud et l'autre en local. La solution hybride semble être à relativement court terme une bonne alternative et permet de garder un contrôle total sur certaines données critiques.

Comme traitée dans le chapitre sur l'avenir du cloud computing, à plus long terme le concept pourrait prendre une tournure différente, en étant pourquoi pas la base même de nos futurs systèmes d'exploitations. Avec la démocratisation des Smartphones, des connexions à haut-débit, des connexions sans fils et des micro-appareils connectés le cloud computing a également un très grand rôle à jouer en terme d'unité de calcul pour une

---

multitude d'appareils récoltant diverses informations afin de, en théorie, nous faciliter la vie et améliorer les performances d'une entreprise.

Ce travail donne donc un aperçu relativement large des possibilités du cloud computing sans se pencher en détail sur les différentes solutions et les différents principes. Il serait intéressant dans de futurs travaux d'analyser plus en détail certains points. Par exemple dans quelques années la question des économies réalisées grâce au cloud computing, des questions plus techniques portant sur l'architecture des systèmes dans le cloud, la virtualisation ou encore traiter plus en détail d'un sujet survolé dans ce travail : l'impact du cloud computing sur l'environnement.

## **V. Bibliographie**

## 12. Bibliographie

Amazon. (2011). *Amazon Elastic Compute Cloud*. Consulté le Octobre 2011, sur Amazon: <http://aws.amazon.com/fr/ec2/>

Amazon. (2012b). *Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)*. Consulté le Février 15, 2012, sur Amazon: <http://aws.amazon.com/fr/s3>

Bojoly, M. (2010, janvier 05). *Cloud Privé*. Consulté le octobre 27, 2011, sur Ocot: <http://blog.octo.com/cloud-prive-partie-14/>

Buyya, R., Broberg, J., & Goscinski, A. (2011). *Cloud Computing Principles and Paradigms*. Hoboken, New Jersey, USA: Wiley.

Elyan, J. (2010, juillet 07). *Ne confondez pas Cloud et SOA explique Gartner*. Consulté le Décembre 2011, sur Le monde du cloud: <http://www.lemondedcloud.fr/lire-ne-confondez-pas-soa-et-cloud-explique-le-gartner-31308.html>

Federal Information Security Management Act of 2002. (2002). *III - Information security*. Consulté le Décembre 20, 2011, sur <http://csrc.nist.gov/drivers/documents/FISMA-final.pdf>

Google. (2011b, juillet 07). *Gmail : It's cooler in the cloud*. Consulté le septembre 03, 2011, sur Googleblog: <http://googleblog.blogspot.com/2011/09/gmail-its-cooler-in-cloud.html>

Google. (2011a). *Google trends*. Consulté le septembre 30, 2011, sur Google trends: <http://www.google.com/trends>

Google. (2011c). *Google's Green Computing: Efficiency at Scale*. Consulté le novembre 09, 2011, sur [http://static.googleusercontent.com/external\\_content/untrusted\\_dlcp/www.google.com/fr/green/pdfs/google-green-computing.pdf](http://static.googleusercontent.com/external_content/untrusted_dlcp/www.google.com/fr/green/pdfs/google-green-computing.pdf)

Google. (2012). *Public Data*. Consulté le janvier 24, 2012, sur Google Public Data: <http://www.google.com/publicdata>

Hüsemann, S. (2009). *Systèmes d'information*. Fribourg.



Hurwitz, J., Bloor, R., Kaufman, M., & Halper, F. (2010). *Cloud Computing for Dummies*. Wiley.

IBM. (2011, Décembre 05). *IBM SmartCloud Enterprise*. Consulté le Janvier 2012, sur IBM SmartCloud: [http://www-935.ibm.com/services/fr/igs/pdf/Presentation\\_1\\_Page\\_SCE\\_05122011.pdf](http://www-935.ibm.com/services/fr/igs/pdf/Presentation_1_Page_SCE_05122011.pdf)

IDG Research Services. (2011, Janvier). *CIO Global Cloud Computing Adoption Survey Results*. Récupéré sur VMware: <https://upgrade.vmware.com/files/pdf/resources/CIO-Global-Cloud-Computing-Adoption-Survey-Results-PP-EN.pdf>

ITRManager. (2010, Avril 7). *1re enquête sur le cloud computing en France*. Consulté le Octobre 19, 2011, sur ITR Manager: <http://www.itrmanager.com/articles/103242/1re-enquete-cloud-computing-france-br-virtualisation-serveurs-cloud-prive.html>

Krutz, R. L., & Dean Vines, R. (2010). *Cloud Security: A Comprehensive Guide to Secure Cloud Computing*. Wiley.

Laurent, A. (2011, juillet 13). *VMWare lance vSphere 5 et sa nouvelle suite dédiée à la gestion du cloud*. Consulté le novembre 19, 2011, sur Clubic: <http://pro.clubic.com/it-business/actualite-435346-vmware-vsphere-5-dediee-gestion-cloud.html>

Le Monde du Cloud. (2010, juillet 07). *Ne confondez pas SOA et Cloud explique le Gartner*. Consulté le Décembre 2011, sur Le monde du cloud: <http://www.lemondeducloud.fr/lire-ne-confondez-pas-soa-et-cloud-explique-le-gartner-31308.html>

Microsoft. (2011). *Le solutions SaaS de Microsoft*. Consulté le Octobre 20, 2011, sur Microsoft: <http://www.microsoft.com/france/entreprises/decideur-it/cloud/solutions-saas.aspx#mos>

Microsoft TechNet. (s.d.). *Espace d'adressage IPv6*. Consulté le Janver 20, 2012, sur Microsoft TechNet: [http://technet.microsoft.com/fr-fr/library/cc781652\(WS.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/fr-fr/library/cc781652(WS.10).aspx)

Oeillet, A. (2011, septembre 08). *Google : l'email dans le cloud a des bienfaits énergétiques*. Consulté le septembre 08, 2011, sur Clubic: <http://www.clubic.com/internet/google/actualite-445486-google-email-cloud-bienfaits-energetiques.html>

Pierre Audoin Consultants. (2010). *Le Cloud Computing en France*. Récupéré sur EMC 2 France: <http://france.emc.com/collateral/hardware/white-papers/cloud-etude-pac.pdf>

Rhoton, J. (2010). *Cloud computing explained*. Recursive Press.

SalesForce. (s.d.). *CRM - The enterprise cloud compagny*. Consulté le Novembre 15, 2011, sur SalesForce: <http://www.salesforce.com>

Salesforce.com. (2011). *Service Cloud*. Consulté le octobre 15, 2011, sur Saleforce.com: <http://www.salesforce.com/fr/crm/customer-service-support/>

SnapLogic. (2012). *SnapLogic Integration Platform*. Consulté le Janvier 10, 2012, sur SnapLogic: <http://www.snaplogic.com/what-we-do/integration-platform/index.php>

Syntec. (2010, Novembre). *Sécurité du Cloud Computing*. Consulté le Octobre 18, 2011, sur Medinsoft: [http://www.medinsoft.com/website/custom/module/cms/content/file/2011\\_04\\_13\\_Syntec\\_Livre\\_Blanc\\_Cloud\\_Computing\\_Securite.pdf](http://www.medinsoft.com/website/custom/module/cms/content/file/2011_04_13_Syntec_Livre_Blanc_Cloud_Computing_Securite.pdf)

Velte, A. T., Velte, T. J., & Elsenpeter, R. (2009). *Cloud Computing A Practical Approach*. McGraw-Hill.

VMware. (2012). *VMware vFabric*. Récupéré sur VMware: <http://www.vmware.com/products/application-platform/vfabric.html>

Warin, S. (2011, Février 07). *Un livre blanc sur le cloud computing*. Consulté le Novembre 01, 2011, sur Wygwam: <http://www.wygwam.com/documents/cloud-computing.pdf>

Wikipedia. (2011f, Décembre 20). *Intégration d'applications d'entreprise*. Consulté le Janvier 11, 2012, sur Wikipedia: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Int%C3%A9gration\\_d%27applications\\_d%27entreprise](http://fr.wikipedia.org/wiki/Int%C3%A9gration_d%27applications_d%27entreprise)

Wikipedia. (2011, octobre 20). *Platform as a Service*. Consulté le octobre 29, 2011, sur Wikipedia: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Platform\\_as\\_a\\_service](http://fr.wikipedia.org/wiki/Platform_as_a_service)

Wikipedia. (2011d, Octobre 30). *Safe Harbor*. Consulté le Octobre 19, 2011, sur Wikipedia: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Safe\\_Harbor](http://fr.wikipedia.org/wiki/Safe_Harbor)

---

Wikipedia. (2011b, septembre 22). *Salesforce.com*. Consulté le octobre 29, 2011, sur Wikipedia: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Salesforce.com>

Wikipedia. (2012e, Janvier 2). *Virtualisation*. Consulté le Janvier 5, 2012, sur Wikipedia: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Virtualisation>

Wikipedia. (2011c, octobre 21). *VMware*. Consulté le novembre 19, 2011, sur Wikipedia: <http://fr.wikipedia.org/wiki/VMware>

Winkler, V. (. (2011). *La sécurité dans le Cloud*. Pearson.

Zedi, J. (2010, novembre 18). *Comprendre le Cloud Computing : acteurs et enjeux*. Consulté le septembre 15, 2011, sur Clubic: <http://pro.clubic.com/it-business/cloud-computing/article-376690-1-cloud-computing.html>