

Enterprise Cloud Strategy

2e édition | Barry Briggs et Eduardo Kassner

Votre découverte du Cloud :

ce que vous devez savoir sur les coûts,
la migration et la sécurité

PUBLIÉ PAR
Microsoft Press
Une division de Microsoft Corporation
One Microsoft Way
Redmond, Washington 98052-6399

Copyright © 2017, Microsoft Corporation

Tous droits réservés. Aucune partie du contenu de ce livre ne peut être reproduite ni transmise sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, sans l'autorisation écrite de l'éditeur.

Les livres Microsoft Press sont disponibles auprès des libraires et distributeurs du monde entier. Si vous avez besoin d'aide au sujet de ce livre, contactez le support Microsoft Press à l'adresse mspinput@microsoft.com. Veuillez nous faire part de votre avis sur ce livre à l'adresse <http://aka.ms/tellpress>.

Le livre en question est fourni « en l'état » et reflète les opinions des auteurs. Les informations et les points de vue exprimés dans cet ouvrage, y compris les adresses URL et les références à d'autres sites Internet, peuvent faire l'objet de modifications sans préavis.

Certains des exemples présentés sont fictifs et sont seulement fournis à des fins d'illustration. Toute ressemblance ou tout lien avec des situations existantes ou ayant existé est fortuit.

Microsoft et les marques commerciales répertoriées sur la page « Marques commerciales » accessible à l'adresse <http://www.microsoft.com> sont des marques du groupe Microsoft. Toutes les autres marques sont détenues par leurs propriétaires respectifs.

Rédacteur responsable des commandes : Janine Patrick

Rédacteur responsable du développement : Bob Russell, Octal Publishing, Inc.

Production éditoriale : Dianne Russell, Octal Publishing, Inc.

Responsable révision : Bob Russell

Définir une stratégie efficace en matière de Cloud computing d'entreprise est une tâche complexe, facile à comprendre mais difficile à maîtriser. C'est pourquoi le livre *Enterprise Cloud Strategy* constitue l'un des meilleurs ouvrages dédiés aux experts du Cloud qui souhaitent savoir comment passer efficacement au Cloud d'entreprise. Cet ouvrage couvre en détail tous les aspects de la stratégie Cloud. Il contient de nombreuses études de cas et des modèles reproductibles. Ce livre contient également des plans architecturaux du Cloud, qui permettent d'accélérer des cas d'utilisation spécifiques. C'est le guide idéal pour tous les conseillers, stratèges, et planificateurs d'entreprise chargés d'établir les feuilles de route complexes liées à la transition vers le Cloud. Par ailleurs, il doit impérativement être lu par l'ensemble de nos professionnels de la stratégie technologique. Même si les aspects non technologiques de la stratégie Cloud doivent être abordés dans ce livre, il est d'autant plus important que celui-ci guide les mises en œuvre de la stratégie Cloud. Il est surtout très agréable à lire et présente l'avantage de ne pas décourager les personnes qui découvrent le Cloud.

Miha Kralj, directeur général de la stratégie Cloud, Accenture

La transition au Cloud a créé de nombreuses possibilités. Elle a entraîné le besoin d'obtenir de bonnes pratiques et des conseils sur l'adoption des plateformes Cloud, avec une rigueur et une gouvernance de qualité professionnelle. Ce livre comble cette lacune très importante d'une manière claire, concise et pratique. Par ailleurs, il est extrêmement facile à lire. Il est basé sur les bonnes pratiques du service IT de Microsoft et celles de nombreuses entreprises mondiales, c'est pourquoi je vous recommande d'examiner cette approche et de la mettre en pratique. Je vous souhaite bonne chance dans votre parcours.

*Gavriella Schuster, Vice-présidente, One Commercial Partner,
Microsoft Corporation, juillet 2017*

Le livre *Enterprise Cloud Strategy* fournit une perspective stratégique et, plus important encore, une représentation globale des nombreuses préoccupations, difficultés et opportunités offertes aux entreprises à l'ère du Cloud computing. Qu'il s'agisse de raisonnement stratégique ou de conseils pratiques, permettant d'évaluer les besoins et de découvrir les pratiques éprouvées, ce livre explique à l'architecte ou au dirigeant d'entreprise la définition du Cloud computing et pourquoi il est essentiel que les entreprises modernes s'y intéressent dès maintenant.

Ulrich Homann, architecte de renom, ingénierie d'entreprise et du Cloud, Microsoft

Sommaire

Présentation de la deuxième édition.....	viii
Remerciements.....	ix
Livres blancs gratuits de Microsoft Press.....	ix
Partie I : Premiers pas.....	x
Chapitre 1 : Le Cloud : efficacité et innovation	1
L'informatique d'entreprise avant le Cloud.....	1
Les économies du Cloud.....	2
Au-delà du coût total de possession : l'aventure continue	4
Innovation.....	5
AccuWeather.....	6
GEICO.....	6
Rolls-Royce.....	6
Brainshark.....	7
Secours aux sinistrés : Oso, Washington, 2014 et Népal, 2015	8
Enseignements.....	9
Chapitre 2 : Le Cloud : quelle est sa définition ?	10
Clouds public, privé et hybride	11
Cloud privé	11
Cloud public	11
Cloud hybride	12
Le Cloud Hyperscale fait de l'informatique un service à la demande.....	12
« En tant que service ».....	13
Infrastructure en tant que service.....	13
Plateforme en tant que service.....	13
Logiciel en tant que service	14
Conteneurs	14
Comparaison des offres « en tant que service ».....	15
Chapitre 3 : À la découverte du Cloud : feuille de route	16
Ne manquez pas cette opportunité de modernisation.....	16
Évolution des cinq scénarios de modernisation.....	17
Migration du Cloud : trois étapes	19

Expérimentation.....	20
Migration.....	20
Transformation.....	20
Chapitre 4 : Expérimentation.....	21
Première application dans le cloud de Microsoft IT.....	21
Le Shadow IT et la culture de l'expérimentation.....	23
Principes d'une culture d'expérimentation.....	24
Partie II : Migration IT vers le Cloud.....	26
Chapitre 5 : Renforcer la capacité.....	27
Définir une stratégie et des objectifs.....	28
Responsabilités organisationnelles dans la création de la stratégie.....	31
Architecture d'entreprise.....	32
Sécurité des informations et gestion des risques.....	33
Classification des données.....	34
Gestion des risques dans l'entreprise.....	35
Finance.....	35
Opérations.....	36
Les ressources humaines et l'évolution des rôles.....	38
Développement des compétences.....	39
Équipes chargées des applications.....	41
Services.....	43
Chapitre 6 : Analyse de portefeuille.....	44
Conception du catalogue.....	44
Analyse du portefeuille de haut en bas.....	45
Analyse du portefeuille de bas en haut.....	47
Chapitre 7 : Élaboration et mise en œuvre du plan.....	50
Envisager de débiter par les environnements développement/test.....	50
Le plan de migration vers le Cloud.....	51
Outils.....	53
Gestion des abonnements.....	54
L'expérience de Microsoft IT.....	55
Chapitre 8 : Le DevOps améliore la productivité des équipes.....	57
Utilisation du Cloud pour le développement et les tests.....	58
La révolution DevOps.....	59
Intégration continue et déploiement continu.....	60
Pilotage et instrumentation.....	60
Utiliser DevOps pour optimiser votre infrastructure.....	62
Changer la conversation.....	63
Chapitre 9 : Sécurité et gouvernance du Cloud.....	64
Sécurité dans le Cloud.....	64

Sécurité physique.....	65
Mises à jour logicielles.....	65
Chiffrement en tout lieu.....	65
Chambres fortes et modules de sécurité matérielle.....	65
Logiciel antivirus.....	66
Authentification multifacteur.....	66
Cycle de vie du développement sécurisé.....	66
Surveillance des atteintes à la sécurité.....	67
Test d'intrusion.....	67
Comprendre les contrôles de sécurité dans le Cloud.....	67
Gouvernance, conformité et risques.....	68
Assurer la conformité réglementaire.....	69
Gouvernance des données.....	71
Gouvernance financière.....	72
Gestion du changement.....	72
L'ITIL et le Cloud.....	72
Partie III : Une nouvelle ère IT.....	75
Chapitre 10 : Aller-retour pour le Cloud.....	76
Sauvegarde et restauration.....	76
L'extension de vos solutions de stockage de données vers le Cloud.....	78
Continuité de service et récupération d'urgence.....	78
Intégration.....	78
Mise en réseau.....	79
Messagerie : Service Bus.....	80
Intégration d'applications sans serveur : Logic Apps.....	81
Extension des services d'annuaire vers le Cloud.....	81
Le Cloud computing dans votre datacenter.....	82
Gestion de Cloud hybride.....	83
Chapitre 11 : Nouveaux modèles d'applications.....	84
Que signifie le verbe « transformer » ?.....	85
Plateforme en tant que service.....	86
Conteneurs et orchestration.....	87
Microservices.....	89
Modèle d'acteur.....	90
Résilience dans le Cloud.....	90
Applications « sans serveur ».....	92
Chapitre 12 : Tout repose sur les données.....	96
La gestion des données d'entreprise avant le Cloud.....	97

Gestion des données structurées	97
Données non structurées.....	98
Gestion des données d'entreprise dans l'ère du Cloud.....	98
Concepts de stockage fondamental.....	98
Données relationnelles dans le Cloud	99
La montée des bases de données NoSQL.....	100
Le Big Data et les données plus volumineuses	101
Le Data Lake	102
Services d'analyse et visualisation des données.....	102
Chapitre 13 : L'intelligence artificielle transforme votre entreprise.....	104
Que sont l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique ?	105
Notions de base d'apprentissage machine	105
Apprentissage supervisé ou non supervisé	107
Réseaux de neurones.....	107
L'accélération de l'apprentissage automatique grâce au matériel.....	107
Applications d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique.....	108
Les bots et l'ordinateur conversationnel	108
Analyse prédictive.....	108
Objets autonomes	109
Détection des fraudes et autres applications financières	109
Applications de soins de santé	109
Résumé	109
Résumé	110
Annexes A : Plans d'architecture du cloud	112
Marketing numérique	113
Site Web de marketing numérique simple	113
Application Web Scalable Umbraco CMS	114
Mobile	115
Application mobile consommateur basée sur les tâches.....	115
Application personnalisée pour les travailleurs itinérants.....	116
Application Web et mobile sociale avec authentification.....	117
Sauvegarde et archivage.....	118
Développement et test.....	119
Développement et test pour IaaS.....	119
Développement et test pour PaaS	120
Développement et test de solutions de microservices.....	121
Récupération d'urgence.....	122
Récupération d'urgence à l'échelle de l'entreprise	122
La récupération d'urgence pour PME à l'aide d'Azure Site Recovery	123
SAP sur Azure	124

SAP HANA pour Azure.....	124
Architecture de SAP Hana sur Azure (grande instance)	125
Calcul haute performance	126
Solutions Big Compute en tant que service	126
Cluster HPC déployé dans le Cloud	127
Migration de la mise en œuvre d'un système HPC local vers Azure	128
Médias numériques	129
Médias numériques sous forme de vidéo à la demande	129
Médias numériques sous forme de streaming en direct.....	130
Médias numériques sous forme de recherche de mots clés/reconnaissance vocale/reconnaissance optique de caractères.....	131
Commerce électronique.....	131
L'Internet des objets	133
Applications de microservices	134
Business Intelligence	134
Big Data et analytique.....	134
Migration dans le Cloud	135
Data warehouse.....	135
Applications SaaS métier	136
Jeux.....	136
Blockchain.....	137
Applications métier	137
DevOps	139
SharePoint sur Azure.....	139
Dynamics sur Azure	140
Scénarios de Cloud hybride.....	140
Connectivité du Cloud hybride.....	140
Scénarios de base de données hybrides	142
Haute disponibilité dans le Cloud.....	143
Appareils connectés.....	145
Identité et authentification	147
Enterprise Mobility Management.....	148
Sites web	149
Autres lectures.....	151
Ressources Azure	151
Sites externes.....	152
Livres blancs.....	152
À propos des auteurs.....	153

Présentation de la deuxième édition

Durant les deux années qui ont suivi notre travail sur l'*Enterprise Cloud Strategy*, beaucoup de choses ont changé. Les technologies Cloud ont évolué en passant de « si » à « quand », et le Cloud est devenu une partie intégrante de la stratégie IT dans presque toutes les entreprises. En outre, il est de plus en plus reconnu que le Cloud computing représente un ensemble de possibilités techniques permettant d'accroître l'efficacité et les économies, tout en offrant la possibilité de transformer considérablement le champ d'application de l'IT en entreprise. Beaucoup d'entreprises constatent que le Cloud computing fournit des business models, des sources de revenus et des moyens permettant une connaissance plus approfondie de leurs clients.

Peu de changements technologiques sont susceptibles de changer aussi radicalement la façon dont nous exerçons nos activités. Le dernier changement d'une telle amplitude a été l'arrivée d'Internet lui-même.

Pourtant, comme nous l'avons mentionné dans la première édition de ce livre, lorsque nous informons des PDG et des responsables IT expérimentés de Microsoft, nous apprenons souvent que la migration de scénarios d'usage IT vers le Cloud figure parmi leurs priorités. Cette affirmation est généralement suivie des questions « Que dois-je faire pour commencer ? », « Comment puis-je organiser la migration vers le Cloud de mon portefeuille dans son ensemble ? » et « Dans quelle mesure mon organisation sera-t-elle concernée par ce changement ? ».

Aujourd'hui, une nouvelle question se pose : « Comment puis-je utiliser le Cloud computing pour devenir un véritable partenaire de l'entreprise ? ».

Ce livre, basé sur les expériences réelles dans le Cloud des équipes IT d'entreprise, vise à fournir des réponses à ces questions. Vous trouverez ici ce qui rend le Cloud si attrayant aux yeux des entreprises, quelles applications prendre en compte lorsque vous commencez votre aventure dans le Cloud, dans quelle mesure votre organisation va changer et de quelle manière les jeux de compétences vont évoluer, comment aborder les questions de la sécurité, de la conformité et de l'approvisionnement interne, et comment exploiter l'ensemble des fonctionnalités en développement constant que le Cloud propose, afin de profiter d'un avantage stratégique et concurrentiel.

Remerciements

Pour la deuxième édition, nous tenons à remercier Miha Kralj, directeur général de la stratégie Cloud chez Accenture, et Brian Cawelti d'Avanade pour leurs idées. Nous remercions également Brad Wright et Rick Ochs du service IT de Microsoft. Frank Simorjay, Ranger Due, Rodrigo Souza, David Cervigon Luna, Pete Apple, Andre de Beer, Brian Harrison, et William Bories de Microsoft nous ont également offert une aide précieuse.

Nous aimerions exprimer notre profonde gratitude aux personnes suivantes pour leur aide, leur accompagnement et leur enthousiasme et pour avoir accepté de partager leurs connaissances : Scott Woodgate, Javier Nino, Tom Schinder, Venkat Gattamneni, Martin Vliem, Ulrich Homann, Robert Hanegraaff, John Devadoss, Brenda Carter, Michael Washam, Zoiner Tejeda, Nadia Matthews, Rob Beddard, Jeff Fryling, Kevin Gee, Colin Nurse, Raman Johar, Walter Myers, Uwe Hoffman, Ashish Sharma, Ashutosh Maheshware, Rich Nickerson, Michel Declercq, Arlindo Alves, Dennis Mulder, George Moore, Richard Ochs, et Christopher Bennage.

Rob Boucher et Monica Rush ont créé les représentations graphiques des plans dans l'annexe A.

Livres blancs gratuits de Microsoft Press

Des présentations techniques aux informations approfondies spécifiques, les livres blancs gratuits de Microsoft Press abordent de très nombreux sujets. Ces livres blancs sont disponibles en téléchargement aux formats PDF, EPUB et Mobi pour Kindle, à l'adresse suivante :

<http://aka.ms/mspressfree>

Ou découvrez la collection complète à l'adresse <https://www.microsoftpressstore.com/>

Partie I

Premiers pas

Le Cloud : efficacité et innovation

La plupart s'accordent à dire que le Cloud constitue un élément fondamental de la stratégie technologique d'une entreprise. En effet, au cours des dernières années, les « et si » ont laissé la place aux questions « quand » et « comment ».

Néanmoins, le Cloud reste l'un des changements informatiques les plus perturbants de ces dernières années. Il est, par ailleurs, intéressant d'étudier ce qui le rend si attrayant pour les systèmes IT d'entreprise. La plus-value qu'il apporte est plurielle : des économies substantielles par rapport à une approche classique du Datacenter et la possibilité de développer rapidement des applications robustes qui peuvent s'adapter aux pics et aux creux de trafic.

L'informatique d'entreprise avant le Cloud

Pendant près d'un demi-siècle, l'économie de l'informatique d'entreprise est restée relativement constante. Les entreprises ont acheté des équipements informatiques et des logiciels à des fournisseurs, avant de les héberger dans leurs propres Datacenters. Les ordinateurs étaient comme toute autre dépense de capital : un achat unique (généralement important) suivi de plusieurs années d'amortissement.

Le nombre de Datacenters a augmenté au fur et à mesure du développement des entreprises et ce, pour diverses raisons. Souvent, lorsque de nouvelles installations ou usines étaient construites, un nouveau centre informatique voyait le jour à proximité. Comme ils ont été développés dans d'autres pays, un Datacenter à cet endroit s'avérait nécessaire pour des raisons techniques (réduire les coûts de mise en réseau) et pour respecter les réglementations locales. Et, enfin, alors que l'informatique est devenue indispensable aux opérations des entreprises, de nouveaux Datacenters ont été construits uniquement pour répondre aux exigences appliquées à la continuité de service et à la récupération d'urgence.

Pour le PDG, cet essor impliquait une organisation IT disséminée aux quatre coins du monde, tout en nécessitant un grand nombre de personnes qualifiées pour maintenir tous les systèmes. Il n'était pas rare qu'un tiers de l'équipe IT soit consacré aux « opérations ». Son rôle consistait à assurer la maintenance des Datacenters ; à acheter du nouveau matériel ; à déployer de nouveaux serveurs et logiciels et à retirer le matériel dévalorisé ; à gérer le réseau ; à garantir que les correctifs logiciels système étaient appliqués au bon moment ; à assurer le débogage des boucles de routeur ; et à traiter d'autres questions complexes.

De plus, la plupart des PDG ont compris intuitivement qu'à cette époque comme aujourd'hui, la demande des applications d'entreprise est, de manière générale, saisonnière. Les systèmes ERP (Enterprise Resource Planning) qui gèrent la comptabilité d'entreprise font l'objet d'une utilisation intensive vers la fin du trimestre et la fin de l'exercice. Les systèmes de gestion des performances pour les revues des collaborateurs sont fortement utilisés durant la période des révisions, alors qu'ils sont pratiquement inactifs le reste de l'année. De nombreux responsables IT ont établi des « règles empiriques » pour acheter trois ou quatre fois le montant du matériel prévu pour la charge de travail, afin de s'assurer que les applications ne fassent jamais défaut lors des périodes de forte utilisation.

Évidemment, la conséquence étonnante fut que le taux d'utilisation moyen de l'unité centrale dans le Datacenter s'exprima parfois à un seul chiffre. La virtualisation, consistant à placer plusieurs scénarios d'usage sur un seul serveur, s'est révélée relativement efficace pour améliorer l'utilisation, bien qu'elle soit restée faible dans l'ensemble. Cela laisse à penser que l'argent a été gaspillé dans les ressources IT, qui n'étaient pas encore pleinement utilisées.

Un service IT peut facilement consacrer 80 % de son budget au personnel chargé des opérations, à la gestion des biens d'équipement et à la maintenance des logiciels, en ne laissant qu'une petite somme pour l'innovation. Il n'est donc pas étonnant de constater que les PDG et directeurs financiers cherchent constamment des moyens de réduire le budget IT, étant donné que l'argent dépensé dans ce domaine est généralement de l'argent qui aurait pu être investi dans la croissance de l'entreprise.

Des modifications devaient être apportées.

Les économies du Cloud

Peu après le début du siècle, plusieurs fournisseurs de technologies ont commencé à offrir des services informatiques à la location : la naissance du Cloud. Il est rapidement devenu évident que ce modèle offrait des avantages importants aux entreprises clientes.

En adoptant le Cloud, les entreprises paient en fonction de leur utilisation, contrairement à ce qu'elles font auprès d'un fournisseur de services de télécommunications. Si la demande diminue et que vous n'avez plus besoin d'une telle capacité, il vous suffit de désactiver des systèmes pour ne plus être facturé. Ce modèle simple est tout le contraire du modèle d'IT en entreprise énoncé précédemment, *traditionnel et nécessitant un apport considérable en capital*.

Le Cloud, basé sur les abonnements, est un modèle découlant des *dépenses d'exploitation*. Dans le cloud, l'informatique devient un service pour lequel les clients sont facturés mensuellement. Comme pour d'autres services apparentés, il est mesuré selon l'utilisation. Plus vous utilisez de ressources de calcul, de réseau et de stockage, plus votre facture sera élevée. Bien entendu, l'inverse se vérifie également : moins vous utilisez, moins vous êtes facturé. En effet, la plupart des organisations IT constatent des variations importantes dans l'utilisation du système : certaines applications (liées, par exemple, à la vente au détail) sont saisonnières, d'autres (notamment les applications de formation) sont actives pendant une courte période avant d'être désactivées, tandis que d'autres encore sont tout simplement imprévisibles. Le Cloud résout parfaitement ce problème de variabilité (illustré dans la Figure 1-1) grâce à son modèle de paiement à l'utilisation.

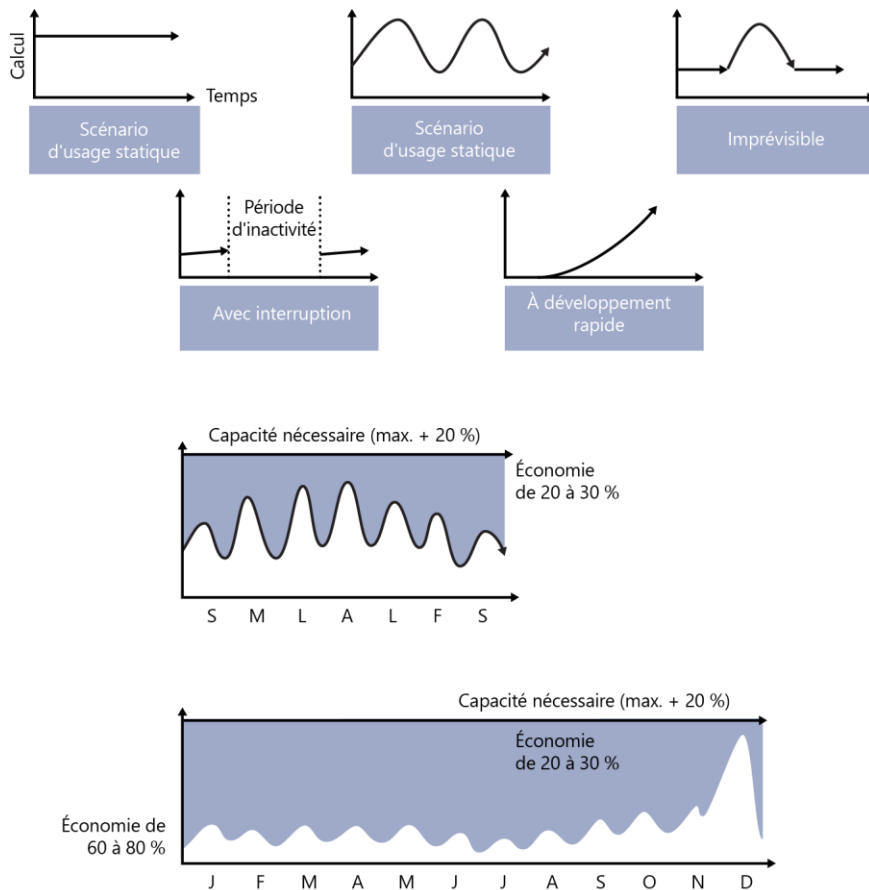


Figure 1-1 : Modèles courants d'utilisation d'applications

(Il est important de mentionner que dans un Datacenter sur site, l'utilisation *maximale* doit être planifiée et configurée, ce qui est bien moins intéressant d'un point de vue financier que le Cloud).

Mais c'est loin d'être tout. Le recours au Cloud libère les entreprises des tâches banales que sont la sauvegarde du système, la maintenance du réseau, les correctifs et les mises à niveau logicielles, car le fournisseur de services Cloud peut gérer celles-ci dans leur intégralité. En retour, le fournisseur de services Cloud ressent fortement la nécessité d'utiliser et, dans de nombreux cas, de créer des pratiques idéales innovantes en termes de maintenance du système. En fin de compte, ce sont les clients qui tirent parti des avantages associés.

En outre, les fournisseurs de services Cloud tels que Microsoft peuvent réaliser des économies d'échelle en achetant par lots des dizaines de milliers de serveurs à la fois, à titre d'exemple. Les Datacenters de très grande taille qui hébergent des Clouds publics peuvent également réaliser des économies en achetant d'autres ressources. Ainsi, les Datacenters basés dans le Cloud ne représentent qu'un quart du coût moyen lié à l'électricité aux États-Unis. Dans de nombreux cas, les Datacenters Cloud tirent parti des énergies renouvelables locales. Le Datacenter de Microsoft installé à Quincy, dans l'État de Washington, se trouve par exemple près d'une installation hydroélectrique et d'autres Datacenters utilisent l'électricité éolienne, ainsi que d'autres sources d'énergie verte.

La Figure 1-2 montre dans quelle mesure le coût total de possession par serveur chute sévèrement à grande échelle.

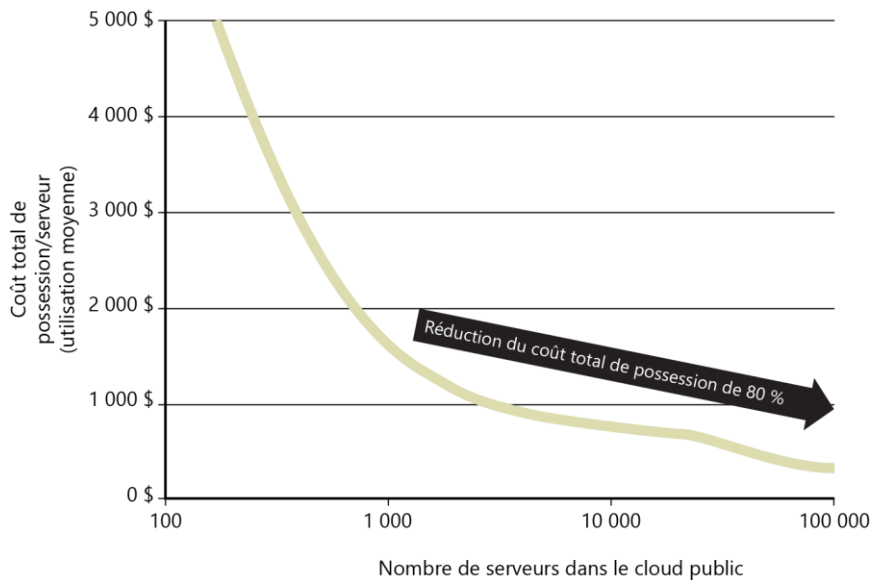


Figure 1-2 : Économies d'échelle dans le Cloud

Les utilisateurs bénéficient des économies liées au service Cloud.

Nous aborderons ultérieurement la manière dont les services IT peuvent quantifier les économies qu'il est possible d'obtenir en adoptant le Cloud.

Autre élément loin d'être négligeable : le cloud ne confronte pas à des choix restrictifs. Il est très certainement possible et, dans certains cas, souhaitable de conserver certaines applications dans un Datacenter local et classique, tandis que d'autres sont transférées vers le Cloud. Des fournisseurs tels que Microsoft ont consenti à des investissements de taille dans ce modèle de *Cloud hybride* qui connecte de manière sécurisée des applications dans le Cloud à celles exécutées dans le Datacenter d'un client. Comme nous pouvons le voir, le modèle hybride permet aux entreprises de transférer leurs applications vers le Cloud à *leur propre rythme*.

Dès qu'un service informatique à la demande est disponible, l'efficacité a le champ libre, dans tous les sens du terme. À titre d'exemple, les systèmes consacrés au développement et au test d'applications représentent un coût non négligeable pour les services IT, alors qu'ils ne proposent aucune plus-value directe pour les utilisateurs finaux. Grâce au Cloud, les développeurs et les testeurs peuvent rapidement affecter des ressources basées dans le Cloud, les utiliser pour leurs activités, puis les libérer quand ils n'en ont plus besoin. De même, étant donné le volume gigantesque d'espace de stockage peu onéreux disponible dans le Cloud, la sauvegarde de données dans celui-ci et sur plusieurs emplacements devient une démarche simple et bon marché. Nous aborderons ce sujet plus en détail dans la suite du livre.

Au-delà du coût total de possession : l'aventure continue

Beaucoup d'entreprises à qui nous avons parlé ont reconnu que la migration vers le Cloud les aidera à économiser de l'argent et à accroître leur efficacité (point sur lequel nous sommes d'accord avec elles). Nous abordons plus loin (dans le chapitre 7) la manière dont les entreprises peuvent optimiser leur utilisation du Cloud au quotidien après avoir adopté celui-ci, en adaptant leur consommation et leur utilisation pour atteindre leurs objectifs de coût.

Mais ce n'est là que la moitié du chemin. Comme beaucoup d'entreprises le découvrent, la démarche visant à réduire les coûts ne représente que la première étape du parcours.

Le Cloud crée toutes sortes de possibilités en termes d'innovation, ce qui améliore non seulement les capacités IT, mais fournit également un avantage direct à l'entreprise. Le PDG est ainsi considéré comme un réel partenaire dans l'ajout de valeur et la poursuite de la croissance pour l'entreprise, et non plus comme un centre de coûts.

En 2016, Microsoft a demandé à Forrester Consulting de mener une étude indépendante¹ sur le retour sur investissement lié à l'utilisation du Cloud. Cette étude s'est concentrée sur l'utilisation d'une plateforme en tant que service (sujet abordé plus en détail dans le chapitre 2). Les résultats ont été saisissants : un retour sur investissement de 466 %, avec une réduction du temps consacré à la maintenance IT de 80 %, ainsi que d'autres avantages :

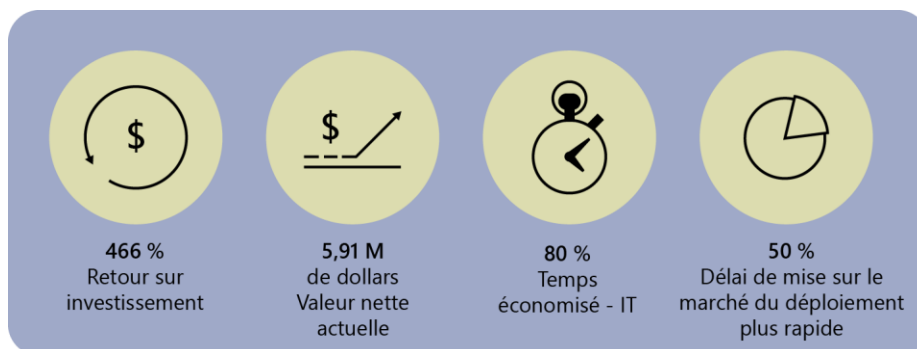


Figure 1-3 : Avantages d'une plateforme Cloud en tant que service

Bien sûr, votre utilisation peut varier. Nous abordons plus en détail l'évaluation des coûts et des économies liés au Cloud dans la partie II de cet ouvrage. Cependant, ce qu'il faut retenir actuellement, c'est que les entreprises ont été plus à même de concentrer leurs ressources IT sur *l'innovation commerciale*, en raison de la réduction importante des tâches sans valeur ajoutée, telles que la maintenance des serveurs et la gestion des correctifs.

Innovation

En fin de compte, l'objectif de toute stratégie d'entreprise est naturellement de parvenir à se distinguer et à en tirer parti face à la concurrence, et il fait peu de doutes que l'IT est devenu un élément clé de toute stratégie moderne. L'IT encourage désormais une innovation significative, ce qui permet aux entreprises d'entrer plus efficacement en concurrence en initiant des processus qui garantissent un avantage concurrentiel en continu.

Comme nous le verrons, l'émergence d'un Cloud computing global annonce l'arrivée d'un tout nouveau type d'innovation pour les applications et marchés. En effet, de telles formes d'innovation peuvent bel et bien *transformer* une organisation et une activité.

L'innovation transformationnelle engendre une culture et une approche différentes de celles suivies actuellement. Cette culture, qui affecte tant l'IT que la direction de l'entreprise dans son ensemble, nécessite une coopération étroite entre ces deux services.

Les pages suivantes nous donneront l'occasion de nous pencher sur toute une série d'études de cas issues de nombreuses sociétés mondiales, qui ont toutes pu tirer parti de leur utilisation du Cloud.

¹ « Total Economic Impact of Microsoft Azure PaaS » (Incidence économique globale de Microsoft Azure PaaS), juillet 2016

AccuWeather

AccuWeather est l'un des principaux fournisseurs des prévisions météorologiques dans le monde. L'entreprise avait besoin d'une meilleure solution pour gérer les plus de 4 milliards de demandes de données quotidiennes. AccuWeather utilise le Cloud à des fins de développement et de proof of concept, une tâche simple, étant donné que l'utilisation du Cloud permet de se passer de matériel.

La société a également renforcé son évolutivité à la demande, amélioré l'accès aux données météo en temps réel et réduit ses coûts IT de près de 40 %.

L'évolutivité était particulièrement importante : « À mesure que de plus en plus d'appareils connectés sont apparus sur le marché mondial, nous sommes passés de 2 millions à plus de 4 milliards de demandes par jour en cinq ans », déclare Chris Patti, vice-président de la technologie à AccuWeather. « L'évolutivité est devenue un défi ». Et dans quelques années, les demandes quotidiennes s'élèveront à 17 milliards.

La météo est évidemment dépendante des données. La société utilise des fonctionnalités d'analyse et d'intelligence artificielle dans le Cloud (Microsoft Cortana Intelligence Suite) pour intégrer les données de ventes aux renseignements météorologiques. Dans un récent projet avec Starbucks, AccuWeather a aidé le géant du café à résoudre des problèmes saisonniers, tels que le manque de glace et de gobelets par temps chaud. AccuWeather a également aidé un confiseur mondial à identifier les produits les plus vendus, et à déterminer si les pics de ventes étaient liés à la météo.

En un mot, grâce au Cloud, AccuWeather a découvert ce que de nombreuses entreprises ont constaté ou constateront : le Cloud permet d'économiser de l'argent et d'ouvrir de nouveaux marchés.

GEICO

GEICO est un assureur automobile direct établi depuis 1936 et désormais le deuxième assureur de véhicules de tourisme aux États-Unis. L'entreprise souhaitait améliorer sa présence numérique en vue de se rapprocher de ses clients, à l'aide de plusieurs établissements numériques. En se basant sur l'essor de l'Internet mobile et l'explosion de la participation aux réseaux sociaux, Fikri Larguet, directeur des services Cloud chez GEICO, déclare :

Au cours des cinq à huit dernières années, l'appétit de la clientèle pour le monde numérique a pris énormément d'ampleur. Les clients interagissent avec nous beaucoup plus fréquemment et d'une manière innovante et intéressante. Nous souhaitons être à l'avant-garde dans le domaine de l'innovation numérique.

Mais que signifie l'engagement numérique ? Cela implique une disponibilité 24 h/24 et 7 j/7, sur tout type d'appareil et quel que soit son emplacement.

À l'image d'AccuWeather, Geico a découvert que la transition vers un modèle Cloud lui a permis d'atteindre facilement tous ses clients, à tout moment et à n'importe quelle échelle. En outre, l'entreprise a constaté une réduction dans beaucoup de ses coûts IT : les équipes de développement ont optimisé leurs performances grâce à l'adoption du modèle DevOps (chapitre 7), ainsi qu'au développement du Cloud. Grâce à la capacité du Cloud à exécuter plusieurs copies d'applications dans différents Datacenters, les opérations de redondance, de continuité de service/récupération d'urgence sont grandement simplifiées. Encore une fois, n'importe quelle entreprise peut profiter de ces avantages.

Rolls-Royce

Forte de plus de 13 000 moteurs d'avions commerciaux en service dans le monde, Rolls-Royce offre depuis 20 ans des services de maintenance complets pour garantir la disponibilité et l'efficacité des avions. Face à l'énorme volume de données provenant de milliers d'équipements aéronautiques de différents types qui rendait difficile leur analyse, Rolls-Royce utilise désormais la plateforme Microsoft Azure pour transformer de manière fondamentale l'utilisation des données afin de mieux répondre aux attentes de ses clients.

Rolls-Royce utilise le caractère évolutif et à la demande des analyses (chapitre 12) proposées par Azure, ainsi que ses fonctionnalités d'intelligence artificielle (IA) (chapitre 13), pour effectuer la modélisation et l'analyse des données à l'échelle, en vue de détecter avec précision les anomalies opérationnelles et aider les clients à planifier des réponses pertinentes. Nick Farrant, vice-président principal de Rolls-Royce, déclare :

Les grandes flottes aériennes génèrent des téraoctets de données, ce qui représente des gigaoctets par heure, et non des kilo-octets, qu'il faut traiter et analyser. Les fonctionnalités de Microsoft Cortana Intelligence nous aident à isoler les informations clés parmi le flux de données. Ainsi, nous pouvons nous concentrer sur la recherche de la valeur réelle dans les données. Notre vision de la future fonctionnalité numérique devra rassembler plusieurs sources de données et fournir une plateforme permettant de collaborer avec nos clients.

Nous croyons que chaque entreprise deviendra une société axée sur les données, en raison des technologies remarquables qui existent actuellement et qui permettent aux entreprises de collecter d'énormes quantités de données sur leurs clients, leurs partenaires et leurs machines. Les PDG et les décideurs IT doivent inclure des données, l'analyse et l'intelligence artificielle dans leurs démarches en faveur du Cloud, en raison des avantages que ces fonctionnalités offrent à leur entreprise.

Brainshark

Brainshark est une plateforme de formation et de préparation à la vente basée sur le Cloud, qui permet aux commerciaux de maîtriser la présentation des supports de vente face aux clients. Elle permet également de réduire les coûts et les ressources nécessaires à la formation du personnel, tout en optimisant l'efficacité des engagements commerciaux.

Avec la moitié de ses clients classés au Fortune 100, Brainshark s'impose clairement comme un leader mondial dans son domaine. Par ailleurs, l'innovation et l'amélioration continue de la société ont permis à celle-ci de se démarquer pendant ses 17 ans d'activités, tout en conservant sa suprématie.

Brainshark a commencé par placer tous ses supports de formation vidéo dans le Cloud. Selon Michael Ferioli, vice-président de l'ingénierie chez Brainshark :

En déplaçant les vidéos sur Azure, nous avons pratiquement éliminé la gestion et les frais de maintenance dont nous avions l'habitude. En fait, avec Microsoft, nous avons dépensé moins d'argent que prévu pour une utilisation continue. Pour tout dire, cela fait plus de deux ans que je n'ai pas acheté de matériel.

Et qu'a fait l'entreprise avec ses économies ? Elle a commencé à innover, en cherchant de nouvelles méthodes de formation immersive en vente. Par exemple, à l'aide de l'appareil de réalité augmentée HoloLens Microsoft, Brainshark a pu créer des scénarios de formation beaucoup plus réalistes. Les personnes en formation bénéficient d'une interaction simulée avec les clients grâce à Microsoft HoloLens, qui présente des fonctionnalités de présentation et d'avatars réels représentant des clients. Contrairement aux technologies de réalité virtuelle, HoloLens associe espaces réels et éléments virtuels, en permettant aux étudiants de s'entraîner dans des endroits qui leur sont familiers.

En réduisant les coûts liés aux fonctions sans valeur ajoutée associées à un Datacenter sur site, Brainshark a pu véritablement innover et se différencier d'une nouvelle manière.

Secours aux sinistrés : Oso, Washington, 2014 et Népal, 2015

Étant donné que le Cloud permet à l'IT de créer des applications et de les rendre opérationnelles très rapidement, les équipes mondiales de secours aux sinistrés s'en servent pour apporter de l'aide rapidement aux personnes qui en ont besoin.

Le 22 mars 2014, une colline saturée par de fortes pluies s'est effondrée sur la petite ville du nord-ouest, Oso dans l'État de Washington, détruisant les maisons et tuant 43 personnes. Dans la foulée, près de 200 gouvernements et organismes d'aide humanitaire, notamment la Croix-Rouge, la Federal Emergency Management Agency, la garde nationale de Washington et l'équipe de recherche et de sauvetage de la marine américaine, ainsi que des milliers de représentants des médias, se sont mobilisés à Oso.

Les systèmes d'archivage et de coordination du gouvernement local ont été rapidement débordés. Microsoft Services Disaster Response, avec l'aide de l'équipe produit Azure, a donc pris le relais en transférant les dossiers d'Oso vers le Cloud. Grâce à sa capacité presque illimitée, le Cloud a permis à toute personne ayant besoin d'accéder aux dossiers de les extraire et de les trouver, rapidement et efficacement. À l'aide de Microsoft Office 365, l'équipe est également parvenue à déployer rapidement un système de commandement d'intervention qui a permis aux commandants et aux contacts d'urgence détachés par différentes agences de communiquer entre eux.

Un an plus tard, un tremblement de terre important a détruit environ 600 000 bâtiments et tué des milliers de personnes au Népal, en laissant à ce pays montagneux et reculé la charge monstrueuse de tout reconstruire. « Le secours aux sinistrés est toujours une tâche accablante », a déclaré à l'époque Dan Strode, chef de projet du [Programme des Nations unies pour le développement](#). « Il y a trop de choses à faire, trop de gens qui ont besoin d'aide, et jamais assez de temps, ni de ressources. »

La pénible tâche de reconstruction a commencé par la cartographie des anciennes structures. Par le passé, ce type de dossier était conservé sur papier. Cependant, pour accélérer la reconstruction, [Microsoft Innovation Center](#) au Népal a construit une application pour téléphone mobile (Figure 1-4), qui utilisait un GPS pour aider les travailleurs à enregistrer les contours d'une maison endommagée, en stockant ces données dans le Cloud avant de nettoyer les décombres. Pour permettre de relancer l'économie, l'application a également géré les paiements quotidiens versés en espèces aux travailleurs. Les applications Cloud, telles que Office 365 et l'outil de visualisation des données de Microsoft [Power BI](#), ont permis de coordonner et de suivre les progrès réalisés.



Figure 1-4 : Application de gestion des décombres au Népal

Enseignements

Qu'avons-nous appris ? Ces exemples montrent le potentiel qu'offre le Cloud. Nous avons étudié la manière dont les clients sont parvenus à effectuer les opérations suivantes :

- Concevoir et déployer rapidement des applications de grande ampleur et à large échelle qui n'auraient pas pu voir le jour à partir des Datacenters traditionnels
- Communiquer à l'aide d'appareils connectés à Internet partout dans le monde
- Tirer parti du Big Data et des services d'analyse pour garantir une certaine personnalisation, obtenir de meilleurs produits et mettre en place des processus plus efficaces
- Profiter de cycles de développement d'expérimentation test et d'innovation sans précédent

Chaque service IT est chargé d'assurer la protection des sources d'informations de son entreprise, tout en réduisant les coûts et en conservant une certaine efficacité. Ces fonctions sont et seront toujours, des composantes essentielles de toute organisation informatique. Cependant, l'IT doit également permettre et encourager l'innovation, à la fois pour rendre les processus existants plus rapides et moins onéreux, et pour prendre en charge de nouveaux modèles commerciaux.

Grâce au cloud, l'équilibre entre maintenance et innovation change. Comme nous pouvons le voir, la gestion dans le Cloud garantit de nombreux avantages en termes de coûts, ce qui permet aux services IT de se concentrer davantage sur l'innovation. L'exécution dans le Cloud peut réduire le besoin d'effectuer les tâches répétitives que sont notamment les mises à niveau de logiciels système et les correctifs, ce qui permet à l'IT de réaffecter du personnel à des activités centrées sur les revenus. Par ailleurs, de nouvelles possibilités dans le Cloud permettent la création de nouveaux types d'applications efficaces. Comme nous avons pu le voir dans les exemples précédents, de plus en plus de sociétés voient désormais le cloud comme un moyen d'accélérer l'innovation et la distinction concurrentielle.

Cependant, comme pour tout grand changement technologique, ce type de cycle de transformation concerne bien plus que les seules technologies. Cela requiert également un changement de la culture d'entreprise, des processus internes et IT, des rôles individuels, de la gouvernance et (en l'occurrence) de l'ingénierie. La suite de ce livre porte sur la manière dont une entreprise parvient à effectuer cette transformation.

Le Cloud : quelle est sa définition ?

Comme toute nouvelle technologie, le Cloud est associé à un nouvel ensemble de termes, acronymes et abréviations. Néanmoins, il est important de comprendre les différentes formes de Cloud computing, afin de prendre les bonnes décisions quant à son usage. Dans ce chapitre, nous examinerons la façon dont le Cloud se manifeste et comment vous pouvez l'employer dans l'IT en entreprise.

En quoi consiste le Cloud ?

Fondamentalement, le Cloud est physiquement constitué de millions de serveurs répartis dans plusieurs Datacenters de taille conséquente, situés partout dans le monde. Tous les fournisseurs de Cloud utilisent le matériel de serveur personnalisé, axé sur la réduction des coûts, l'amélioration de l'empreinte de l'environnement, et surtout sur la fourniture d'une plus grande capacité de calcul.

Les Datacenters qui contiennent les serveurs sont eux-mêmes conçus pour produire une efficacité maximale et un impact minimal sur l'environnement. De nombreuses recherches visent à produire des Datacenters aussi « verts » que possible. Par exemple, le Datacenter de Microsoft, installé à Quincy, dans l'état de Washington, se trouve à côté d'une centrale hydroélectrique établie sur les rives du fleuve Columbia. Il illustre parfaitement la manière dont les fournisseurs de Cloud tirent parti des possibilités locales pour réduire leur empreinte carbone. Dans d'autres climats plus froids, les Datacenters utilisent l'air ambiant plutôt que des systèmes de climatisation pour réduire leur consommation électrique. Certains fournisseurs ont recours à l'énergie éolienne, tandis que d'autres utilisent de l'eau non potable moins onéreuse dans les systèmes de climatisation, lorsque cela est nécessaire.

Une mesure clé de l'efficacité du Datacenter est appelée *Indicateur d'efficacité énergétique* (PUE, Power Usage Effectiveness). Celui-ci est utilisé pour mesurer l'efficacité énergétique d'un Datacenter. Un score parfait de PUE s'élève à 1.0, et signifie que toute l'énergie sert à alimenter l'équipement informatique (officiellement, le PUE est calculé en divisant l'énergie totale utilisée par celle consommée par les équipements IT). Les Datacenters d'entreprises classique obtiennent généralement un PUE de 2.0. Cela signifie que la moitié de l'énergie entrante est utilisée par des équipements non informatiques, comme la climatisation, l'éclairage, etc. Les Datacenters Cloud obtiennent désormais des scores PUE de 1.1 ou inférieurs. C'est le résultat de l'investissement et de l'innovation considérables réalisés par les fournisseurs de Cloud.

Clouds public, privé et hybride

Dans les paragraphes suivants, nous allons définir et examiner les trois modèles de Cloud principaux.

Cloud privé

Le premier ensemble de définitions que nous allons aborder consiste à différencier le Cloud « privé » du Cloud « public ».

Le terme *Cloud privé* est souvent mal employé. Certains diront qu'il s'agit de la même chose qu'un Datacenter sur site classique. En fait, ce sont deux choses très différentes. Dans le modèle traditionnel local, les services IT achètent le matériel dont les applications ont besoin, et souvent les serveurs de l'année en cours auront un aspect et un fonctionnement bien différents que ceux de l'année précédente. En outre, les services IT conservent généralement un mélange de matériel et de logiciels, allant de l'unité centrale aux serveurs PC, avec une variété de systèmes d'exploitation, de bases de données et d'autres logiciels système. Tout cela nuit à la notion d'informatique à la demande, qui est l'essence même du Cloud.

Dans un Cloud privé, les technologies spécifiques au modèle de Cloud sont hébergées dans un Datacenter local, avec un grand nombre d'équipements exécutant un logiciel système identique : en d'autres termes, un « Cloud » qui vous appartient. Les Clouds privés peuvent être utiles, car ils permettent l'implémentation d'une pile de technologies cohérentes avec le Cloud public. Cela peut être nécessaire dans les scénarios pour lesquels certaines applications ou données ne peuvent être transférées à l'extérieur de l'installation (nous discuterons des raisons justifiant le fait de ne pas transférer de données vers le Cloud public au chapitre 6).

Cependant, les Clouds privés sont d'une utilité très limitée. Les Clouds privés ne permettent pas les économies et l'efficacité inhérentes au Cloud public, étant donné que les Clouds privés nécessitent une dépense en capital considérable et davantage de personnel d'exploitation. C'est pourquoi ils pèsent toujours sur le bilan de votre entreprise. En outre, les entreprises individuelles ne peuvent pas réaliser les économies à grande échelle susmentionnées, offertes par un fournisseur de Cloud public. Leurs coûts sont donc proportionnellement plus élevés.

Cloud public

Le *Cloud public*, qui est le sujet principal de cet ouvrage, est construit, géré et maintenu par un fournisseur de technologies important qui assure la location des services de calcul, de stockage et de logiciels. Les principaux fournisseurs de services Cloud public possèdent des Datacenters disséminés dans le monde entier et littéralement des millions de serveurs disponibles. Les clients (entreprises) peuvent profiter des applications qui existent déjà dans le Cloud ou télécharger leurs propres applications propriétaires. Comme nous le verrons, il existe plusieurs façons dont les applications peuvent exister physiquement dans le Cloud, tout en apparaissant comme privées dans le réseau de l'entreprise.

Cloud hybride

Souvent, les entreprises souhaitent conserver certaines de leurs applications sur site, tout en en déplaçant d'autres sur le Cloud public. Il est évidemment souhaitable que toutes ces applications conservent leur fonctionnement, autrement dit, qu'elles agissent comme si elles étaient encore sur site et sur le même réseau. Lorsque certaines applications sont dans le Cloud et d'autres sur site, nous sommes en présence d'un *Cloud hybride*. À un moment donné, chaque entreprise possède un Cloud hybride. En effet, même si elle prévoit de transférer l'intégralité de ses applications hors site, certaines auront migré et d'autres pas pendant la période de transition : il s'agit d'un modèle hybride.

Pour connecter les deux environnements en toute sécurité, plusieurs solutions existent. Vous pouvez configurer un réseau privé virtuel (VPN), qui permet aux applications Cloud d'apparaître sur le même réseau interne que celui de l'entreprise. Vous pouvez configurer des VPN par application ou avec un périphérique matériel pour l'ensemble de l'écosystème de l'entreprise.

Par ailleurs, les entreprises peuvent acheter une ligne dédiée auprès de leur fournisseur de services de télécommunications, afin de relier le Datacenter de l'entreprise au Cloud. Une bande passante peut être achetée si besoin. Cette solution est recommandée si l'ensemble du trafic doit être maintenu hors de l'Internet public ou si une bande passante sensiblement supérieure est requise. Toutefois, cette solution entraîne évidemment des frais supplémentaires.

Le Cloud Hyperscale fait de l'informatique un service à la demande

Grâce au Cloud, l'informatique peut fonctionner à *très grande échelle*, ce qui signifie que les ressources informatiques évoluent en fonction de la demande qu'elles génèrent. L'informatique Hyperscale nécessite la disponibilité immédiate de toutes les fonctionnalités informatiques dont vous avez besoin, au moment opportun. Ainsi, si vous avez besoin de 10 000 serveurs pour une analyse nocturne du Big Data, mais seulement pour quelques heures, vous pourrez en disposer, puis les rendre lorsque vous aurez terminé. L'informatique Hyperscale implique également la notion de configurabilité (et de reconfigurabilité) à l'échelle. Aujourd'hui, un serveur donné peut être attribué à une application particulière en temps réel avec une entente sur les niveaux de service (ENS) très élevée. Demain, il pourra être affecté à une tâche en arrière-plan avec une ENS très différente, et tout cela à la demande du consommateur des fonctions Cloud.

L'informatique Hyperscale signifie également que les fonctionnalités informatiques peuvent être accessibles depuis n'importe où dans le monde avec une latence similaire. Par conséquent, cela implique que les fournisseurs de Cloud doivent construire d'énormes Datacenters sur l'ensemble du globe (ce qu'ils ont déjà fait). L'échelle mondiale du Cloud public offre à son tour un grand nombre de nouvelles fonctionnalités, telles que la géo-distribution des données et le basculement entre les régions, pour n'en citer que deux.

Le potentiel de l'informatique Hyperscale, ses fonctions et son économie, dépasse de loin celui de n'importe quel Datacenter d'entreprise.

En raison de cette incroyable échelle mondiale, l'informatique peut être fournie *en tant que service*. Ainsi, le Cloud propose un ensemble de fonctionnalités pouvant être louées et utilisées par les entreprises pendant une période donnée, laquelle peut être prolongée lorsque davantage de fonctionnalités sont requises, puis être rendues lorsqu'elles ne sont plus nécessaires. Comme nous l'avons souligné, ce modèle est analogue à d'autres services couramment utilisés, tels que la télécommunication, l'électricité, etc. : vous payez uniquement pour ce que vous utilisez.

« En tant que service »

Comme nous l'avons dit plus tôt, l'informatique est disponible en tant que service dans le Cloud. Il existe trois modèles d'application prédominants pour le Cloud computing. Regardons de plus près chacun d'entre eux.

Infrastructure en tant que service

Avec le modèle de l'infrastructure en tant que service (IaaS), vous louez uniquement le matériel de serveur et une petite quantité de logiciels (l'hyperviseur) pour héberger la machine virtuelle de votre application. La machine virtuelle comprend le système d'exploitation, le logiciel système associé et l'application elle-même. Dans une infrastructure IaaS, les machines virtuelles sont simplement *transférées* d'un emplacement physique vers le Cloud. La Figure 2-1 indique que de nombreux systèmes d'exploitation et d'applications peuvent coexister sur un serveur Cloud. Une petite partie du code, appelée *hyperviseur*, veille à ce que chaque élément s'exécute d'une manière opportune et efficace.

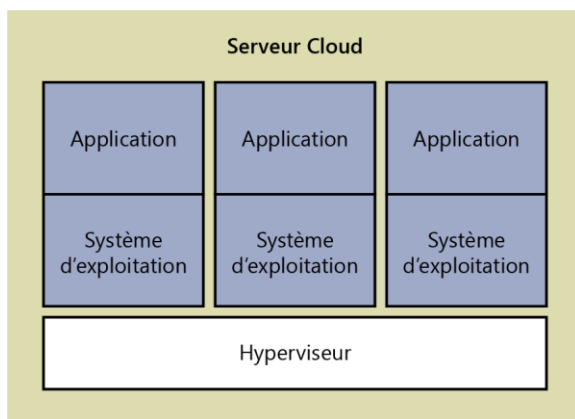


Figure 2-1 : Infrastructure en tant que service

En d'autres termes, vous fournissez — et maintenez — les parties surlignées en bleu dans la Figure 2-1.

Il s'agit de la stratégie de migration la plus simple et la plus rapide, sans compter les économies associées. Toutefois, cela signifie que votre personnel d'exploitation va devoir exécuter des tâches telles que la gestion des correctifs, des mises à jour et des mises à niveau. Néanmoins, l'IaaS est l'un des modèles de déploiement dans le cloud le plus courant à ce jour, car il réduit considérablement le temps entre l'achat et le déploiement. En outre, comme il s'agit du modèle le plus proche de la manière dont l'IT fonctionne à l'heure actuelle, l'accès à la culture et aux processus IT modernes n'a rien de compliqué. Comme nous pouvons le voir, l'essentiel de la migration, en particulier dans les premières phases de l'adoption du Cloud, s'effectue vers l'IaaS.

Plateforme en tant que service

Dans le cas d'une plateforme en tant que service (PaaS), le fournisseur de Cloud conserve l'ensemble des logiciels système, en supprimant le fardeau des mises à niveau et des correctifs du service IT. Dans un modèle de déploiement PaaS (Figure 2-2), l'entreprise doit avant tout se concentrer sur le déploiement de son code sur les machines PaaS ; le fournisseur de services Cloud garantit que les systèmes d'exploitation, les logiciels de base de données et les logiciels d'intégration, ainsi que d'autres fonctionnalités, sont contrôlés, tenus à jour et qu'ils satisfont aux critères d'une entente de niveau de service élevée.

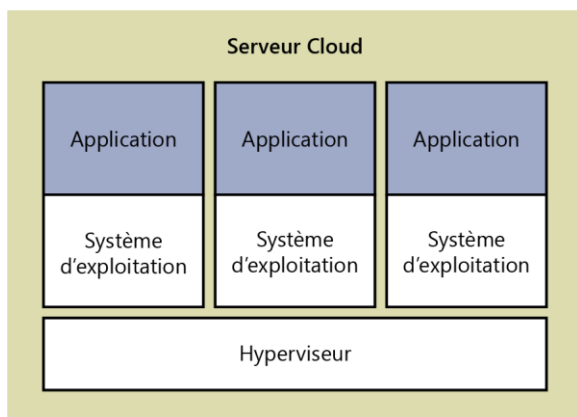


Figure 2-2 : Plateforme en tant que service (PaaS)

Notez que dans la Figure 2-2, les parties surlignées en bleu, celles que l'utilisateur doit fournir et maintenir, correspondent *uniquement* à l'application.

La PaaS offre des avantages considérables aux services IT. Parmi les avantages les plus importants figurent les économies de coûts associées à la réduction ou à l'élimination de la maintenance des logiciels système et d'autres fonctions habituelles. Cependant, la PaaS implique généralement une certaine refonte de l'application, afin d'optimiser l'utilisation du modèle.

Logiciel en tant que service

Dans le cas d'un logiciel en tant que service (SaaS), il vous suffit de louer une application auprès d'un fournisseur, comme Microsoft Office 365 pour le courrier électronique et la productivité. Il s'agit de loin de l'option la plus rentable, car la seule tâche concernée pour le service IT est généralement la configuration des utilisateurs et des données et, probablement, l'intégration de l'application avec authentification unique. Les applications SaaS sont principalement utilisées pour des fonctions qui ne permettent pas spécialement à l'entreprise de se démarquer de la concurrence ; des applications personnalisées encodent des modèles et règles commerciaux qui permettent une réelle différenciation.

Comme nous le verrons plus en détail dans le chapitre 6, lorsque vous décidez de transférer des fonctionnalités vers le Cloud, vous devez rechercher en permanence les occasions d'utiliser les applications basées sur le SaaS. D'une manière générale, les SaaS génèrent le retour sur investissement le plus élevé.

Conteneurs

Les conteneurs, qui se situent entre l'IaaS et la PaaS sur la gamme « En tant que service », permettent aux applications de partager une seule instance de système d'exploitation, tel qu'illustré à la Figure 2-3. Ils assurent un niveau d'isolation et de sécurité approprié tout en empêchant le chevauchement des applications. Dans la mesure où le démarrage d'une application en conteneur n'implique généralement pas le chargement et l'initialisation d'un système d'exploitation sur une machine virtuelle, son lancement est très rapide. La mise à l'échelle peut ainsi être très efficace.

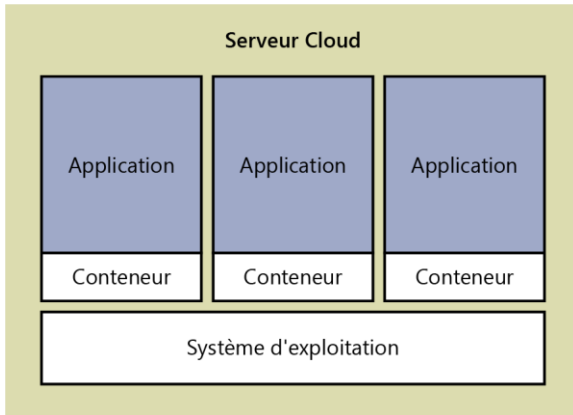


Figure 2-3 : architecture de conteneurs

Les conteneurs présentent de nombreux avantages. Il est souvent possible de n'apporter qu'un petit nombre de modifications à une application, pour que celle-ci puisse s'exécuter dans un conteneur. Après avoir créé des conteneurs, il est souvent utile de déployer plusieurs copies pour des raisons d'échelle ou de résilience. Une technologie associée, dénommée *orchestration*, permet d'automatiser le processus de déploiement de nombreuses copies, issues d'un grand nombre d'applications ou de composants différents sur un *cluster* de serveurs. Nous verrons ces sujets, y compris les compromis, plus en détail au chapitre 10.

Comparaison des offres « en tant que service ».

La Figure 2-4 compare les diverses technologies « en tant que service » avec une informatique sur site. Les éléments en bleu représentent les composants ou logiciels dont la maintenance incombe à l'entreprise (vous). Les éléments en orange relèvent de la responsabilité du fournisseur de Cloud.

Comme vous pouvez le voir, l'entreprise est responsable de tous les éléments d'un Datacenter local, qu'il s'agisse du fonctionnement du Datacenter, des installations, de l'électricité ou de la climatisation, tout au long de l'application. À mesure que la migration vers le Cloud progresse, de plus en plus de ces frais sont pris en charge par le fournisseur de Cloud.

Applications	Applications	Applications	Applications
Bases de données	Bases de données	Bases de données	Bases de données
Sécurité	Sécurité	Sécurité	Sécurité
Systèmes d'exploitation	Systèmes d'exploitation	Systèmes d'exploitation	Systèmes d'exploitation
Virtualisation	Virtualisation	Virtualisation	Virtualisation
Serveurs	serveurs	serveurs	serveurs
Stockage	Stockage	Stockage	Stockage
Mise en réseau	Mise en réseau	Mise en réseau	Mise en réseau
Datacenter	Datacenter	Datacenter	Datacenter
Datacenter sur site	Cloud IaaS	Cloud PaaS	Cloud SaaS

Figure 2-4 : Comparaison des offres « en tant que service »

À la découverte du Cloud : feuille de route

Que diriez-vous de pouvoir allier efficacité et innovation dans tous les secteurs d'activité et les applications de votre entreprise, et ce pour l'ensemble de votre portefeuille ? Et si vous pouviez tirer parti du Cloud ainsi que de toutes ses ressources et fonctionnalités pour profiter d'une plus-value, selon l'adage voulant que « le tout est supérieur à la somme des parties » ? Vous pouvez atteindre ces objectifs à l'aide d'une feuille de route adéquate. Ce chapitre aborde ce qu'implique l'adoption du Cloud par votre entreprise.

Pour n'importe quel changement de grande ampleur, il est indispensable d'avoir connaissance de l'objectif final et des étapes pour y parvenir. Il existe plusieurs objectifs potentiels pour n'importe quelle application, et le déploiement du Cloud est un mélange de chacun d'entre eux.

Ne manquez pas cette opportunité de modernisation

Avant de poursuivre, il est intéressant de noter que le Cloud donne l'occasion d'étudier l'écosystème IT dans son intégralité, ainsi que la manière dont vous pouvez le *moderniser*. Comme vous pouvez le voir, la migration vers le Cloud implique de se pencher sur chaque application et de déterminer comment celle-ci s'intègre dans ce nouvel environnement. Un investissement supplémentaire dans certaines applications est-il justifié ? Doivent-elles être mises hors service ?

De nombreuses entreprises ont conservé leurs applications bien trop longtemps sans songer à organiser une maintenance ou une mise hors service. Par conséquent, pour des raisons de complexité, ainsi que de manque de documentation, de ressources, de code source, ou pour toute autre raison, les applications restent comme telles.

Même pour des applications qui restent sur site, la modernisation peut permettre d'économiser temps et argent. Une étude interne Microsoft relative à l'IT, réalisée il y a plusieurs années, a démontré que le nombre de signalements de problèmes (« tickets ») et le temps nécessaire pour les résoudre augmentaient à mesure que l'application et le logiciel système vieillissaient. (Cette analyse a permis de redoubler de vigilance afin de veiller à ce que toutes les applications soient mises à niveau vers la dernière version du système d'exploitation et d'autres logiciels système, tels qu'une base de données.)

Les possibilités créées par le Cloud offrent l'occasion unique de réévaluer l'ensemble de votre écosystème, en particulier d'évaluer et de moderniser vos applications. Cette activité peut offrir des retours sur investissement élevés et influencer grandement le chiffre d'affaires.

Évolution des cinq scénarios de modernisation

Pour concentrer nos efforts sur la surveillance d'applications existantes, procédons de la manière la plus pratique qui soit pour nous pencher sur la question de la modernisation et de ses cinq piliers :² mise hors service, remplacement, conservation et rafraîchissement, réhébergement et reconception. Cette ontologie a été initialement formulée par Gartner en 2011, et nous l'avons développée au fil des ans selon nos expériences.

Une seule approche est susceptible de ne pas convenir à l'ensemble des applications héritées d'entreprise. Aussi, un mélange de différentes approches peut être justifié, tel qu'illustré dans la Figure 3-1, sur la base de la plus-value qu'une application permet par rapport au coût de n'importe quelle approche. Étant donné que ces approches dépendent fortement de la situation, de l'application et des types de coûts concernés, il n'existe pas de solution universelle.

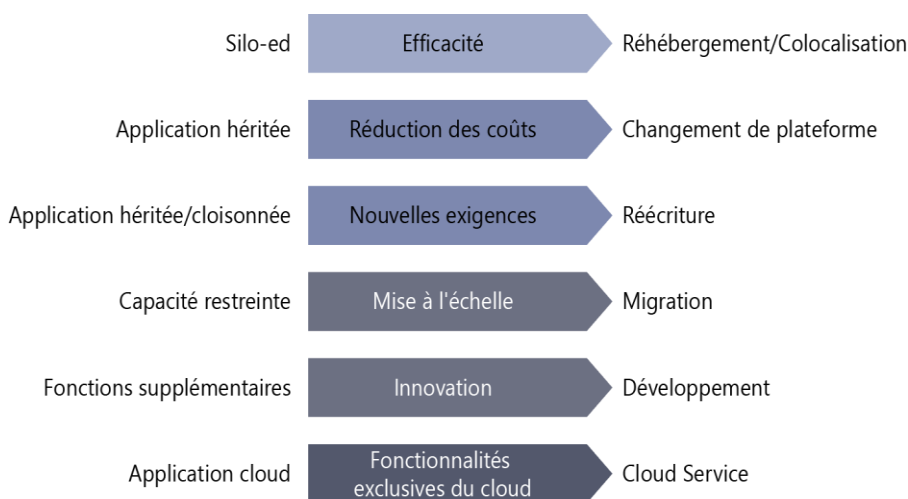


Figure 3-1 : Types d'initiatives de modernisation

² Basé sur « Gartner identifie cinq façons de migrer des applications dans le Cloud », Gartner Inc, 2011. <http://www.gartner.com/newsroom/id/1684114>

- **Mise hors service** Bien entendu, si une application héritée ne permet qu'une plus-value dérisoire par rapport à son coût, l'entreprise doit songer à la mettre hors service. Lorsque l'application n'est utilisée que par quelques personnes malgré le coût qu'elle représente, l'entreprise doit exécuter une analyse coûts-bénéfices pour déterminer si la dépense en vaut la peine. En outre, certaines fonctionnalités fournies par des systèmes hérités peuvent être déployées dans une application moderne consolidée exécutée dans le Cloud, ce qui permet à certaines applications d'être mises hors service, tandis que d'autres sont remplacées et modernisées.
- **Remplacement** Bien souvent, une application héritée garantit une plus-value, mais un remplacement permettant une réduction du coût total de possession est possible. De nombreuses applications héritées étaient initialement conçues car il n'existait pas d'autre alternative à ce moment-là. Il se peut qu'une application facilement accessible et mieux adaptée à l'exécution dans le Cloud (les applications de type SaaS étant les plus rentables) existe désormais et puisse être utilisée pour remplacer l'ancienne. Par ailleurs, lorsqu'une application héritée est remplacée par une solution moderne plus complète, il peut être possible de regrouper des fonctionnalités issues de plusieurs anciennes applications et donc de remplacer plusieurs applications par un système unique.
- **Conservation, rafraîchissement et développement** Si une application héritée propose une plus-value élevée sans pour autant alourdir le coût total de possession, la meilleure approche pourrait être la conservation de celle-ci en changeant l'aspect, afin d'obtenir une plus-value et des avantages supplémentaires. Exemples de l'approche « conservation et rafraîchissement » :
 - En utilisant les outils de gestion des API, tels que la Gestion des API Microsoft Azure, ajoutez une API, de manière à ce que des applications externes puissent exécuter la fonctionnalité de l'application.
 - Développez une application héritée à l'aide d'outils tiers. Utilisez, par exemple, un wrapper en langage C# pour d'anciennes applications, ou permettant l'accès à leurs données via des approches d'extraction, de transformation et de chargement (ETL) ou d'autres méthodes, puis connectez-les à d'autres composants logiciels, tels que les applications d'analyse, l'apprentissage automatique ou l'accès mobile.
- **Réhébergement** Si une application héritée garantit une plus-value élevée mais que son exécution est onéreuse, elle peut être un candidat pour le réhébergement. Cette méthode consiste à conserver la même fonctionnalité de base, mais à déplacer celle-ci vers le cloud où il est plus simple de la gérer et où son exécution est moins onéreuse. Cette démarche est également appelée « lift and shift » (lever et déplacer). Dans un scénario de réhébergement, il se peut que l'application héritée soit actuellement située sur une machine virtuelle ou sur du matériel local. Certaines machines virtuelles peuvent faire l'objet d'une migration peu complexe. Celles se trouvant sur du matériel situé en local peuvent être converties à l'aide d'une migration physique à virtuelle ; la machine virtuelle peut ensuite être hébergée dans le Cloud. Il se peut que certaines machines virtuelles, notamment les plus anciennes, ne puissent pas être transférées aisément vers le Cloud sans une intervention complexe. Le cas échéant, vous pourriez être amené à reconcevoir et à redévelopper l'application dans le Cloud.
- **Reconception** Si une application héritée garantit une plus-value élevée, mais qu'elle ne peut pas être facilement transférée, il se peut que la meilleure solution soit sa reconception et son redéveloppement dans le Cloud. La reconception est la recréation de l'application dans le Cloud à l'aide de technologies modernes, d'une nouvelle architecture et de pratiques idéales ; elle implique également l'ajout d'une plus-value supérieure aux fonctionnalités fondamentales, telles que l'optimisation du potentiel concurrentiel. Reconcevoir une application peut nécessiter la réécriture de la logique principale en utilisant un langage de développement et des outils modernes et en veillant à ce que ces derniers soient orientés services. La reconception d'une application peut être facilitée en commençant par des machines virtuelles dans le Cloud qui peuvent être instanciées en l'espace de quelques minutes.

Comme nous allons le voir, il existe de nombreuses façons de tirer profit du Cloud lors de la reconception. Par exemple, il peut être utile d'adopter des approches « d'agrandissement », grâce auxquelles la charge des applications sur site augmente et de nouvelles instances sont créées dans le Cloud pour gérer cet excédent temporaire. Conserver des données fréquemment utilisées en local tout en transférant des données plus rarement consultées vers un espace de stockage dans le Cloud bien moins onéreux est un autre scénario courant. Ces stratégies sont expliquées plus en détail plus loin dans le livre.

Il existe de nombreuses façons de réfléchir à la stratégie appliquée aux applications héritées. L'une d'entre elles consiste à les distinguer selon les scénarios d'usage, comme l'illustre la Figure 3-2.

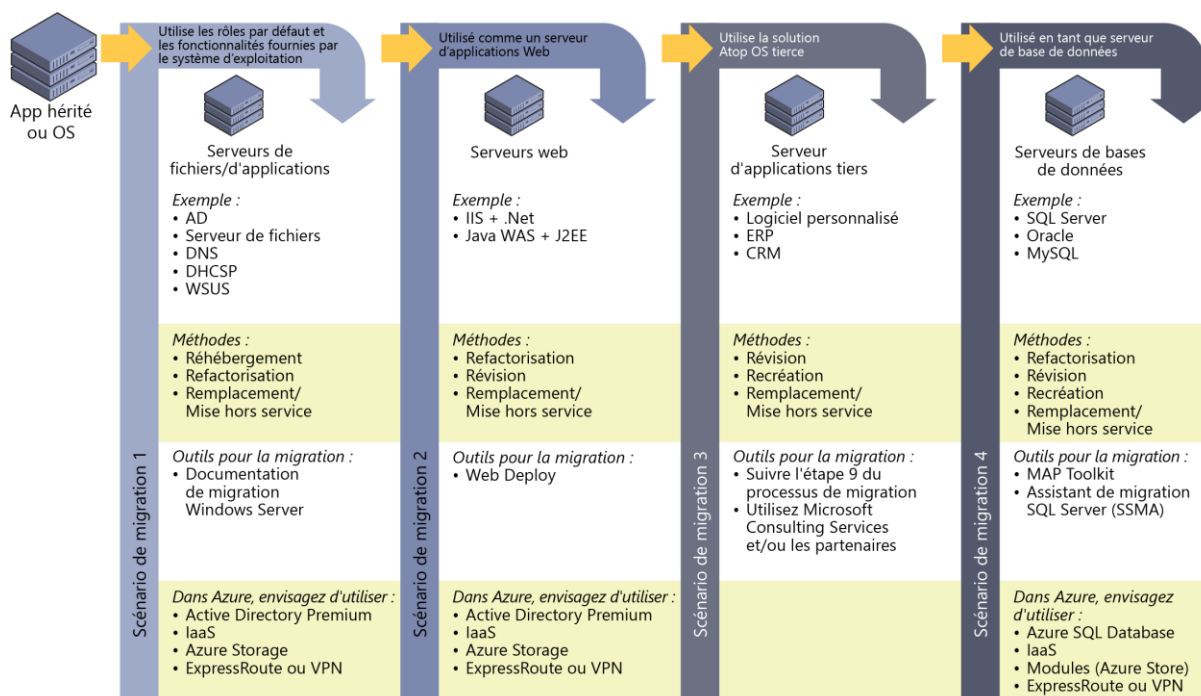


Figure 3-2 : Stratégies appliquées aux applications héritées

La figure suivante montre que les logiciels hérités peuvent être mis à niveau grâce à un réhébergement sur des plateformes plus modernes. Vous pouvez également les transférer vers le Cloud et profiter d'avantages supplémentaires. Nous parlerons davantage des technologies individuelles, de la manière permettant de les transférer, et de leur mode d'utilisation dans les chapitres suivants.

Migration du Cloud : trois étapes

Lorsque vous planifiez la migration vers le Cloud, vous pouvez envisager l'élaboration d'une feuille de route de plusieurs manières différentes. D'expérience, nous avons toutefois pu remarquer trois étapes élémentaires : *expérimentation*, *migration* et *transformation*. Une remarque doit cependant être faite avant d'aborder ce sujet : dans presque tous les cas que nous avons vus, ces trois étapes ne se déroulent pas dans un ordre particulier. Elles se produisent toutes en même temps. Les raisons expliquant ce phénomène ne sont pas évidentes à l'heure actuelle. Généralement, un groupe de l'entreprise sera en phase d'expérimentation avec certaines applications dans le Cloud, tandis que d'autres auront déjà adopté une application SaaS, par exemple. En d'autres termes, vous n'avez pas besoin d'attendre la fin de la phase d'expérimentation pour essayer une option de transformation, et ainsi de suite.

Expérimentation

Dans la phase d'expérimentation, deux processus sont mis en œuvre. Dans le premier, les ingénieurs et d'autres intervenants créent les premières applications cloud du département IT, afin de découvrir le cloud et son fonctionnement : comment développer pour celui-ci, comment le tester, comment le déployer et comment contrôler et mettre à jour une application cloud. Dans le même temps, les entreprises et services IT envisagent les différentes possibilités, élaborent de nouvelles solutions pour démontrer comment éviter l'immobilisme et étudient la mise en œuvre d'un service ou d'une application plus récent(e), étendu(e) et plus flexible.

Migration

Au cours de la phase de migration qui est, à bien des égards, la phase la plus exigeante, le fardeau du portefeuille IT est transféré vers le Cloud sous l'une ou l'autre forme. Cela nécessite un travail de coopération et de collaboration entre les différentes fonctions de l'entreprise, notamment le personnel technique, le personnel d'exploitation, ainsi que l'équipe de cadres, les sponsors, les professionnels de la sécurité, le personnel responsable de la conformité réglementaire, le service juridique et les ressources humaines. Nous abordons en profondeur la migration sous tous ses aspects dans cet ouvrage.

Transformation

Au cours de la phase de transformation (qui coïncidera souvent avec la phase de migration), les applications sélectionnées sont repensées pour tirer le meilleur parti du Cloud, grâce au modèle de plateforme en tant que service, ce qui permet une mise à l'échelle supérieure, une meilleure intégration avec d'autres services Cloud et de nombreux autres avantages.

À l'avenir, les applications natives du Cloud pourront tirer parti des services Cloud comme l'apprentissage automatique, le Big Data, l'analyse des flux et plus encore, ce qui les rend plus riches en fonctionnalités.

Les chapitres suivants couvrent chaque étape en détail.

Expérimentation

Il existe toujours une première application orientée Cloud. Dans chaque organisation IT, les courageux transféreront une application existante vers le Cloud ou en créeront une directement dans le Cloud. En procédant de la sorte, ces personnes auront une idée claire de ce qu'implique le développement, le test, le déploiement et la mise à jour d'une application dans le cloud.

Première application dans le cloud de Microsoft IT

Microsoft IT a développé sa première application Cloud en 2010. Il s'agissait d'une application de vente aux enchères pour les collaborateurs, utilisée une fois par an, dans le cadre de la campagne de charité Microsoft (voir la Figure 4-1). Grâce à celle-ci, les collaborateurs donnaient quelque chose (des sessions de coaching à des cours de cuisine, en passant par des logiciels ou même l'utilisation d'une voiture de direction pendant une journée), tandis que d'autres les achetaient, tous les bénéfices étant reversés à une œuvre de charité. L'enchère, généralement organisée en octobre, dure un mois.

Pourquoi avons-nous choisi celle-ci comme première application dans le Cloud ? Un certain nombre de facteurs ont conduit à cette décision. Tout d'abord, il ne s'agissait *pas* d'une application stratégique. Par conséquent, les problèmes liés aux applications n'auraient aucun impact sur les finances ni sur la réputation de l'entreprise et n'apparaîtraient pas en couverture d'un journal.

Deuxièmement, nous avons pu voir les fonctionnalités de mise à l'échelle de Microsoft Azure en action. À mesure que le mois d'octobre touchait à sa fin, le trafic sur l'application a continué d'augmenter, pour atteindre un pic au cours des derniers jours de l'enchère.

Enfin, il s'agissait d'une application relativement simple dont le déploiement dans le Cloud ne nécessitait pas la mise à jour d'autres applications en même temps.

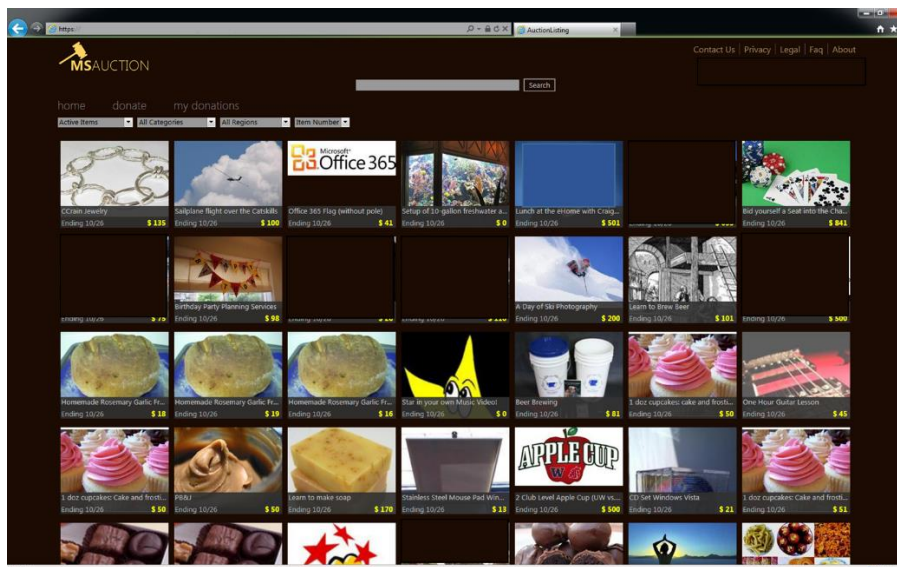


Figure 4-1 : Application de vente aux enchères interne de Microsoft, aux alentours de 2010³

Au bout du compte, l'application a rencontré un énorme succès, et la vente aux enchères a rempli ses objectifs (accessoirement, au fil des années, les collaborateurs de Microsoft ont rassemblé plus d'un milliard de dollars au profit d'œuvres de charité). Microsoft IT a tiré de nombreuses conclusions au sujet du développement et du déploiement dans le Cloud, que nous avons pu mettre à profit tout au long de notre parcours. Nous avons constaté que l'application pouvait se mettre facilement à l'échelle afin de pouvoir faire face à l'augmentation de la demande au cours du mois. Au terme de la vente aux enchères, nous avons pu désactiver l'application sans devoir continuer de payer des ressources nécessaires pour l'exécuter (comme nous devrions le faire pour des serveurs, du personnel d'exploitation, etc. ; si nous avions exécuté l'application dans notre propre Datacenter). Cette première expérience a été une réussite à tous points de vue.

Plusieurs autres expériences ont eu lieu au cours de cette période, afin d'essayer des approches innovantes, de tester de nouvelles fonctionnalités, etc. Nous avons appris que le développement d'une « culture de l'expérimentation » était utile, dans le sens où il nous est possible de tenter de nouvelles expériences et d'innover sans cesse.

Si vous commencez votre migration vers le Cloud, utilisez vos premières applications comme un moyen d'étudier soigneusement les possibilités offertes par le Cloud : utilisez la télémétrie pour surveiller leur fonctionnement ; collectez les données et analysez-les à l'aide de n'importe quelle fonctionnalité Big Data et d'analyse dans le Cloud ; établissez un tableau de bord ou utilisez l'apprentissage automatique pour prédire le comportement des utilisateurs. Ce sont tous d'excellents moyens pour familiariser votre personnel aux services Cloud. Ces personnes deviendront le cœur de votre centre d'expertise en matière de Cloud, et transmettront leurs connaissances aux autres membres de votre équipe.

³ Le coaching, la direction d'études et les entretiens personnels en privé avec des responsables figurent toujours parmi les « articles » proposés à la vente aux enchères. Pour protéger la confidentialité, nous avons supprimé de la capture d'écran le visage des personnes qui proposent ces sessions. C'est pourquoi certaines cases sont vides.

Le Shadow IT et la culture de l'expérimentation

Les services IT fonctionnent souvent dans un monde de contradiction. D'une part, ils doivent assurer le bon fonctionnement technique, en veillant à ce que les serveurs et réseaux restent opérationnels, en fournissant des rapports de manière opportune et en veillant à ce que les systèmes, les données et les processus répondent aux exigences réglementaires, telles que Sarbanes-Oxley, la loi HIPAA (Health Information Portability and Accountability Act), la norme financière Payment Card Industry Data Security Standard (PCI DSS) et de nombreuses autres formes de conformité. Ces exigences sont pour le moins rigoureuses et essentielles. (Nous abordons le sujet de la conformité plus en détail au chapitre 9.)

D'autre part, les responsables IT ainsi que leurs partenaires commerciaux reconnaissent l'importance, voire l'absolue *nécessité* de l'innovation : des nouveaux programmes et des applications innovantes permettant de prendre en charge des opportunités commerciales inédites, afin de mieux répondre aux besoins de leurs clients, etc. Toutefois, les coûts des opérations IT (qui correspondent parfois à 70-80 % du budget total) réduisent la possibilité pour l'IT d'effectuer des dépenses en faveur de nouveaux programmes et de démarches innovantes.

Dans de nombreux cas (en réalité, dans chaque entreprise que nous connaissons), des applications sont parfois créées et déployées en dehors du service IT, selon les besoins stratégiques de l'entreprise. Ces applications non officielles sont souvent connues sous le nom de « Shadow IT ». Plutôt que de devoir passer par les phases habituelles liées au budget, à l'analyse des exigences, à la conception et au déploiement, nécessaires à la création d'une nouvelle application IT, un service marketing qui publie une nouvelle campagne peut se contenter de créer un site web.

Comme il élimine l'investissement en capital (p. ex. : serveurs, stockage et réseau) inhérent au développement d'applications, le Cloud rend cette innovation dynamique bien plus facile à mettre en œuvre. En effet, tout ce dont vous avez besoin, ce sont deux codeurs pour écrire l'application, ainsi qu'une carte de crédit.⁴

Les responsables IT doivent savoir que ce type d'innovation et d'expérimentation est inévitable et souhaitable, dans de nombreux cas. Comme les tendances sur le marché évoluent rapidement, il est essentiel, tant pour les entreprises que pour les organisations IT, d'encourager une expérimentation et une innovation rapides.

Bien entendu, il va être essentiel d'informer les entreprises au sujet de l'importance et des conséquences de problèmes réglementaires ainsi que d'une non-conformité. Les services IT peuvent les aider en garantissant un accès contrôlé géré à des données critiques, telles que les informations clients, plutôt que de laisser ces entreprises rassembler et manipuler les données par elles-mêmes.

À mesure qu'une société entame ce processus de considération et crée une culture de l'expérimentation, elle se confronte à une réalité dérangementante : dans le Cloud, vous devez expérimenter, échouer rapidement et apprendre rapidement. Il est important d'expérimenter afin d'apprendre rapidement de ses réussites et de ses échecs. Apprendre de vos réussites et de vos échecs est essentiel pour profiter de l'innovation et de la plus-value incroyables que propose le Cloud.

⁴ L'élimination de telles dépenses de capital a considérablement accéléré le rythme des start-ups également.

Principes d'une culture d'expérimentation

La culture de l'expérimentation peut paraître déconcertante par rapport aux approches IT classiques, qui sont souvent axées sur un développement très encadré et la limitation des risques. Mais favoriser l'expérimentation permet d'améliorer considérablement le processus d'adoption du Cloud.

Voici les préceptes que nous vous conseillons de suivre : *rapidité*, *dépassement des limites*, *décisions basées sur les données*, *simplification*, et enfin, *communiquer* pour réussir. Le tableau 4-1 fournit un aperçu de ces principes, suivi par des descriptions détaillées de chacun.

Tableau 4-1 : Principes de migration vers le Cloud

Rapidité	Dépassement des limites	Décisions basées sur les données	Simplification	Communication pour réussir
Échouez rapidement et apprenez rapidement Essayez beaucoup et peaufinez votre utilisation	Concevez de nouvelles applications et fonctionnalités pour PaaS/SaaS Refactorisez des applications héritées pour PaaS/SaaS Créez votre plan d'action pour tirer parti des fonctionnalités du cloud Pensez « expérience »	Gérez vos coûts Utilisez la télémétrie pour obtenir des informations sur l'efficacité opérationnelle Apprenez à connaître vos obstacles Gérez votre plan d'action	Mettez régulièrement hors service des applications héritées dès que possible Visez l'adéquation, coûte que coûte Passez chaque semaine en revue les serveurs gelés et inactifs Effacez les données des bases de données de gestion de la configuration (CMDB)	Communiquez des informations sur les conséquences pour les clients et les parties prenantes ; la transparence est primordiale Partagez des enseignements et des pratiques idéales

- **Rapidité** illustre l'esprit de la phase d'expérimentation. Pour certaines personnes, cela peut représenter une nouvelle manière d'étudier l'IT, car le Cloud vous permet de lancer de nouveaux projets rapidement en quelques clics, plutôt que de devoir planifier, allouer de l'espace de Datacenter, fournir des équipements, etc. Nous appelons cela l'approche *Essayez beaucoup et peaufinez votre utilisation*, car le Cloud permet aux services IT de choisir on ne peut plus facilement la meilleure parmi de nombreuses solutions.
- **Dépassement des limites** Ce principe suggère que, quand cela est possible, l'IT ne doit pas simplement s'adapter au nouveau paradigme du Cloud, mais bien y adhérer et adopter de nouveaux processus et des architectures innovantes rapidement afin de mieux tirer parti des nouvelles opportunités du Cloud.

- **Décisions basées sur les données** Ce principe suggère que vous gardiez le suivi des données chiffrées, notamment celles relatives à l'efficacité du Cloud pour des raisons financières, à la télémétrie du système pour des raisons techniques, etc. Surveillez scrupuleusement les données afin de prendre des décisions avisées pour déterminer les applications qui génèrent le plus de retours, celles auxquelles vous devez donner la priorité, celles qui fonctionnent correctement dans le Cloud, ainsi que les sources de problèmes potentiels.
- **Simplification** Ce principe se concentre sur la mise hors service, le dimensionnement et le regroupement du plus grand nombre de services et applications possible. Les applications rarement ou peu utilisées entraînent fréquemment des coûts substantiels pour une organisation IT, avec peu de retour sur investissement. Les mettre hors service et les regrouper avec des applications qui exécutent des fonctionnalités similaires peut, à l'inverse, générer des économies dans de nombreux domaines, tels que le matériel, les licences logicielles système et la maintenance. Songez à générer des paramètres relatifs aux applications peu utilisées et beaucoup utilisées, sur la base de l'unité centrale, du réseau et de l'utilisation des bases de données. À titre d'exemple, une application qui consomme 2 % de l'UC et qui ne compte que quelques utilisateurs authentifiés est une application peu utilisée.
- **Communiquer pour réussir** Ce principe est le seul mécanisme véritablement important qui garantit un succès en continu et qui n'implique pas que la migration d'un seul service ou application. Établissez un canal de communication clair et fluide pour que les personnes impliquées puissent visualiser la réussite et ses conséquences, ainsi que pour comprendre l'échec et les leçons à en tirer. Les acteurs clés restent impliqués et continuent d'investir lorsqu'ils se sentent impliqués dans l'effort collectif nécessaire pour faire de l'expérience un parcours continu et non un simple voyage.

Une approche réfléchie envers l'expérimentation peut se révéler très gratifiante. L'expérimentation n'implique absolument pas que tous les contrôles soient supprimés ; au contraire, les responsables IT doivent mettre en place des « environnements de test » où cela peut se produire. Parmi les contraintes sérieuses à prendre en compte, on peut poser l'hypothèse que les expériences doivent se dérouler sur des applications professionnelles non stratégiques, qu'elles ne doivent pas accéder à des données sensibles, telles que les informations personnelles identifiables (PII), etc.

Beaucoup de connaissances sont tirées de l'expérimentation. Ces enseignements nous préparent à la phase de migration, que nous aborderons dans la partie II.

Partie II

Migration IT vers le Cloud

Renforcer la capacité

À un moment ou à un autre, il devient évident que l'exécution d'une proportion majoritaire du portefeuille IT, voire la majorité de celui-ci, dans le Cloud est la bonne solution à de nombreux égards. Comme nous l'avons mentionné dans la partie I, l'exécution dans le Cloud offre un certain nombre d'avantages, notamment les économies de coûts, la flexibilité et les possibilités d'innovation. Le Cloud est très attrayant, mais la phase de migration implique généralement davantage d'applications et de personnes, sans compter les effets pour un nombre inégalé de clients IT.

Cela peut faire peur, lorsque l'on sait que le service IT d'une grande entreprise gère des centaines ou des milliers d'applications exécutées sur des dizaines de milliers de machines virtuelles. Lesquelles doivent être déplacées en premier lieu ? Comment hiérarchisez-vous vos tâches ? Comment le travail dans le cloud affecte-t-il la conformité réglementaire, la sécurité des données et les processus d'entreprise ? Quelles sont les implications pour les rôles organisationnels, la formation et la gestion des modifications ? Une question essentielle pour terminer : comment y parvenir tout en continuant à servir l'entreprise ?

Par où commencer ?

Dans la partie II, nous décrirons comment définir une stratégie et des objectifs pour une activité de migration dans le Cloud, quels rôles les différentes organisations de l'entreprise jouent-elles, comment définir des priorités de migration des applications et comment développer le contrôle de l'IT pour qu'il couvre le Cloud.

Définir une stratégie et des objectifs

Chaque voyage doit avoir une destination, un itinéraire et une durée déterminés. Il en va de même pour le voyage vers le Cloud. Il est nécessaire de collaborer avec les plus anciens membres du service IT, ainsi qu'avec les dirigeants commerciaux de l'entreprise, afin de comprendre tous les aspects du Cloud et les nombreuses options et approches à adopter.

Pour le service IT de Microsoft comme pour de nombreuses entreprises, l'aventure commence par la création d'une équipe de stratégie Cloud, dirigée (dans notre cas) par le directeur technique et constituée de membres de l'équipe d'architecture, des finances IT, des spécialistes des technologies les plus expérimentés issus des nombreux groupes d'applications IT (RH, finances, etc.) et des responsables issus des équipes d'infrastructure de sécurité et de réseau. La Figure 5-1 illustre la structure de l'équipe de stratégie Cloud.⁵

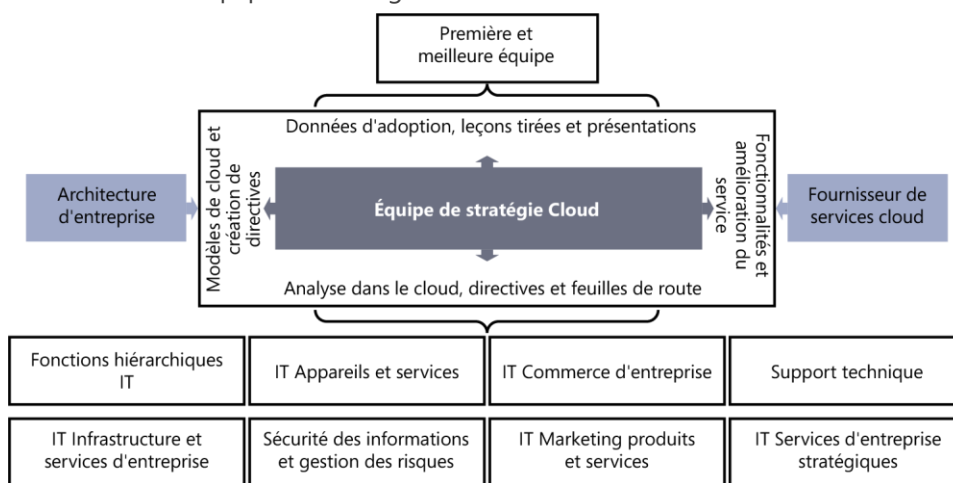


Figure 5-1 : L'équipe de stratégie Cloud de l'IT Microsoft

L'équipe stratégique du Cloud a été chargée de diriger la phase d'analyse et d'expérimentation décrite auparavant (voir la Figure 5-2). En outre, elle a conçu (ou facilité la conception) des architectures, des modèles et des directives pour le déploiement d'applications ou des services pensés pour in fine gérer les communications avec des acteurs clés et encourager la réussite et les enseignements découlant du programme.

⁵ La première et la meilleure équipe du service IT de Microsoft garantit que ce dernier est son premier et meilleur client, puisqu'il teste tous les produits de la société en IT avant leur mise à disposition générale au public, pratique souvent nommée « dogfooding ».

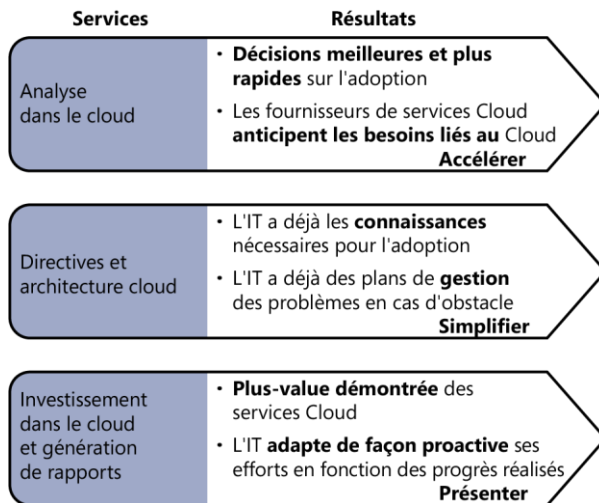


Figure 5-2 : Chartes de l'équipe de stratégie Cloud

La création de cette équipe est l'une des fonctions clés permettant de promouvoir un engagement à long terme en faveur de la migration vers le Cloud. Elle propose également une pratique permettant une évaluation et une expérimentation en continu, afin de déterminer la plateforme et la destination pour chaque application, autrement dit, ce qui est transféré vers la plateforme la plus adaptée, parmi les suivantes :

- En cas d'une migration vers le Cloud, doit-elle être conservée à l'état de simple machine virtuelle pour l'infrastructure en tant que service (IaaS) ou reconçue pour une plateforme en tant que service (PaaS) ?
- Un modèle de logiciel en tant que service (SaaS) préexistant peut-il la remplacer ou générer des économies ?
- Ou doit-il rester sur site ?

Parmi ses premières tâches, l'équipe a tout d'abord veillé à se documenter et à garantir que tous les participants soient au même niveau. Vaille que vaille, les technologies Cloud s'accompagnent de leur propre ensemble d'acronymes, comme indiqué dans le chapitre 2. Par conséquent, l'apprentissage collectif d'un jargon bien spécifique a accéléré précocement les conversations à venir. L'équipe s'est également efforcée de découvrir les offres associées aux fournisseurs de plateformes, d'outils et d'applications Cloud.

Quand l'équipe a commencé à élaborer la stratégie, les membres ont compris que tous les services et toutes les applications ne finiraient pas dans le Cloud public, pour de nombreuses raisons. Ainsi, la stratégie de Microsoft IT était basée sur l'idée d'un Cloud *hybride* (voir la Figure 5-3). Cela signifie que pour une période déterminée au moins, certaines applications resteraient sur site.

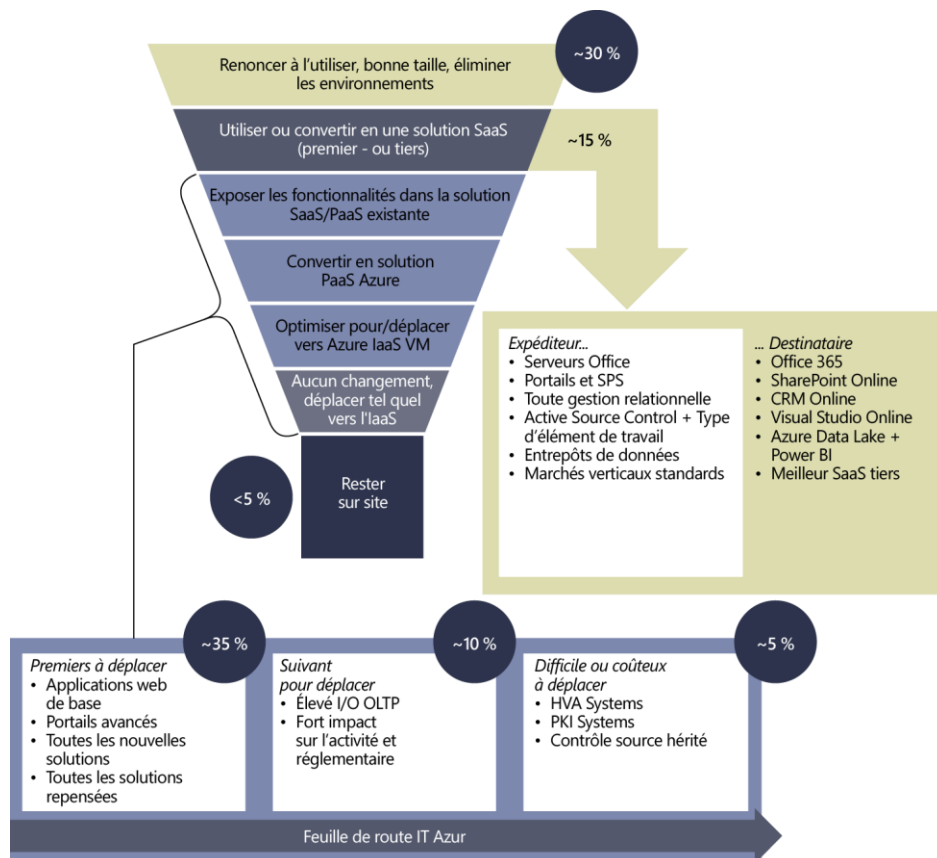


Figure 5-3 : Stratégie de Cloud hybride

D'autre part, nous nous sommes réellement rendu compte que la stratégie optimale du point de vue de l'efficacité et des coûts consistait d'abord à vérifier si nous pouvions retirer l'application en la consolidant avec une autre fonctionnalité similaire, ou, si elle était très peu utilisée, savoir si nous devons la retirer complètement.

Nous avons ensuite recherché les autres applications susceptibles de migrer vers un modèle SaaS, lequel permettait à Microsoft IT de ne pas maintenir de matériel, ni de logiciel. Si nous avons déjà investi dans une application SaaS, sans utiliser l'ensemble de ses fonctionnalités, nous avons essayé de savoir si nous pouvions optimiser son utilisation pour remplacer des applications. Certaines applications client, celles qui ont fait l'objet d'un nouveau développement important, ont été converties en applications Microsoft Azure PaaS.

D'autres applications ont été transférées vers un environnement Cloud IaaS, ce qui signifie qu'elles ont été hébergées dans le Cloud, tout en nécessitant encore une maintenance du système d'exploitation et de la base de données effectuée par nos soins. Enfin, un très petit nombre d'applications sont restées sur site, pour diverses raisons, notamment le code hérité.

Dans le chapitre 6, nous montrons, de manière très détaillée, la mécanique de cette analyse.

La mission de l'équipe de stratégie Cloud était d'élaborer un document décrivant les objectifs de la migration, les délais d'exécution suggérés, la stratégie technique conseillée (à savoir, les plateformes et outils techniques), ainsi que les résultats et avantages escomptés. À titre d'exemple, les recommandations incluaient les affirmations suivantes :

- La majorité des applications existantes seront transférées vers des machines virtuelles IaaS. Il s'agit d'un moyen relativement rapide de les déplacer vers le Cloud (aucune modification de code n'est requise).
- Pour tirer parti de la mise à l'échelle et d'autres fonctionnalités, de nouvelles applications et des versions majeures seront (re)conçues sous la forme d'applications PaaS.
- Durant la transition, les applications sur site communiqueront avec les applications Cloud via une ligne de connexion dédiée (généralement MPLS ou WAN), dans notre cas, ExpressRoute de Microsoft.
- Les applications qui ne permettent pas de véritablement se démarquer (applications qui peuvent être standardisées) seront transférées vers des fournisseurs SaaS externes (par exemple, Microsoft Office 365 pour la messagerie et les applications de productivité).
- Les économies en termes de coûts devraient être de x % après la première année et de y % après la deuxième.
- Certaines applications resteront sur site à court terme (en raison des architectures héritées, de la complexité de l'intégration ou de problèmes similaires).
- La sécurité sera assurée par l'association du chiffrement, de l'identité de Cloud fédérée avec des fournisseurs d'identités sur site (tels qu'Active Directory) ainsi que d'autres contrôles.
- Les équipes chargées des opérations seront formées en gestion de systèmes et déploiement dans le Cloud et évolueront vers un modèle DevOps (que nous aborderons ultérieurement).

Les documents de ce type peuvent inclure différents modèles et options pour faciliter la discussion et la prise de décisions avisées.

Responsabilités organisationnelles dans la création de la stratégie

Lorsque nous avons mené notre enquête initiale, il est devenu évident que le Cloud affectait de nombreuses organisations à l'intérieur comme à l'extérieur de l'IT. C'est pourquoi il était important de s'assurer de la participation de ces organisations dans le processus décisionnel. Cette section décrit comment chacune des organisations suivantes contribue à la stratégie Cloud :

- Architecture d'entreprise
- Sécurité des informations et gestion des risques
- Classification des données
- Gestion des risques dans l'entreprise
- Finances
- Opérations
- Ressources humaines
- Équipes chargées des applications
- Services

Architecture d'entreprise

L'architecture d'entreprise joue un rôle primordial dans la migration vers le Cloud. L'objectif de n'importe quelle équipe d'architecture d'entreprise consiste à garantir la plus-value la plus élevée possible pour une utilisation la plus efficace des ressources technologiques. À cet égard, l'architecture d'entreprise constitue une passerelle essentielle entre l'entreprise et l'IT.

En règle générale, ce type d'architecture met à jour la liste des fonctionnalités et processus IT, facilite la création et la mise en œuvre de stratégies IT, collabore avec des entreprises et cadres afin de comprendre les objectifs à long terme de la société dans le but d'anticiper l'avenir, et encourage les activités de gouvernance à l'échelle de l'entreprise, telles que la révision de l'architecture. Pour de telles raisons, l'équipe d'architecture d'entreprise est un choix idéal pour diriger l'équipe de stratégie Cloud.

La surveillance de l'écosystème IT dans son ensemble par l'équipe d'architecture d'entreprise est à même de proposer les analyses appropriées des fonctionnalités système et de prévoir les impacts au niveau des applications de n'importe quel changement apporté à l'écosystème. Bien souvent, c'est l'architecture d'entreprise qui crée et met à jour le système de gestion du portefeuille (le catalogue d'applications), à partir duquel l'ordre de priorité des applications à transférer vers le cloud peut être déterminé (nous aborderons ce processus ultérieurement). Les architectes de l'entreprise doivent examiner les informations connues du portefeuille et déterminer à quel niveau des informations supplémentaires sont requises (par exemple, si une application est virtualisée ou non). L'équipe d'architecture d'entreprise doit ajouter cette information ainsi que d'autres attributs à la base de connaissances et entrer en contact avec d'autres parties de l'IT pour collecter les données. D'autres exemples de telles métadonnées seront décrits d'ici peu.

La migration vers le cloud donne à l'architecte d'entreprise de nombreuses opportunités. En utilisant des techniques de modélisation, telles que l'analyse des fonctionnalités d'entreprise⁶ et les modèles de maturité des fonctionnalités, il peut être possible, à mesure que le processus de définition de priorités pour les applications se met en œuvre, de *simplifier* l'IT en regroupant les applications ayant une fonction similaire. Le regroupement aura des avantages évidents d'un point de vue financier, tant par la réduction des exigences liées aux calculs, aux données et au réseau que par la simplification des opérations et des fonctions de maintenance.

L'architecte d'entreprise, et notamment l'architecte chargé des informations de l'entreprise, peut également saisir l'opportunité qu'offre la migration dans le Cloud pour analyser les modèles de données utilisés par les applications et les mettre à jour vers des modèles canoniques à l'échelle de l'entreprise. Un tel effort simplifierait l'intégration d'applications et limiterait les incompatibilités entre les modèles de données disparates, qui nécessitent souvent un ajustement manuel dans un environnement local complexe.

En outre, il appartient à l'équipe d'architecture d'entreprise de créer et de mettre à jour des feuilles de route établies et en projet de l'écosystème IT dans son ensemble. L'équipe d'architecture d'entreprise doit pouvoir aisément communiquer les différentes étapes de la migration en résumant la pensée actuelle de l'équipe de stratégie Cloud.

⁶ Technique de modélisation qui analyse une entreprise du point de vue de ses capacités commerciales, indépendamment de l'organisation ou des technologies, lancée par Gartner. Voir <https://www.gartner.com/doc/1415831/use-business-capability-modeling-explore>. Les modèles de capacité ne constituent qu'une méthodologie de modélisation de l'architecture de l'entreprise possible. Vous pouvez en utiliser d'autres, telles que le célèbre cadre Zachman lancé par John Zachman ou BMPN (Business Process Model and Notation), avec ou à la place de la modélisation des capacités.

Enfin, l'équipe d'architecture d'entreprise doit organiser l'enquête en faveur de l'utilisation de nouvelles technologies Cloud, afin d'optimiser les fonctionnalités existantes et/ou de proposer une fonctionnalité entièrement nouvelle pour les applications IT, et, à mesure que celles-ci sont validées, de les ajouter aux feuilles de route existantes. Les architectes d'entreprise doivent découvrir de nouvelles technologies ainsi que percevoir et communiquer la plus-value potentielle de ces dernières aux acteurs impliqués dans la gestion de l'IT et des activités. Les enquêtes fructueuses doivent conduire au développement et à la publication d'architectures de référence que les équipes chargées des applications peuvent réutiliser.

Sécurité des informations et gestion des risques

Chaque changement majeur dans le fonctionnement de l'entreprise implique un certain risque ; peu d'aspects du cloud ont suscité plus de controverse et de débats que ceux relatifs à la sécurité et aux risques. À notre époque marquée par les fuites, les piratages à l'échelle nationale et les inquiétudes grandissantes et sérieuses relatives à la confidentialité des données individuelles sur Internet, la cybersécurité est devenue, à juste titre, une inquiétude à large échelle. Les gouvernements et les organisations ont créé des règlements et des exigences visant à endiguer ces risques.

Penchons-nous d'abord sur l'attitude des fournisseurs de plateformes Cloud en matière de sécurité. Parmi les problématiques à envisager figurent la disponibilité de logiciels anti-programmes malveillants pour les applications hébergées dans le Cloud, la présence de logiciels et d'outils de détection d'intrusions, la gestion sophistiquée et sécurisée des identités, le chiffrement au repos et en transit, les options réseau pour les communications sur site et hors site, la possibilité d'effectuer des tests de pénétration, etc. La nécessité de mettre en œuvre une « défense en profondeur » demeure. Vous devrez déterminer de quelle manière vous pouvez collaborer avec votre fournisseur de Cloud afin de mettre en œuvre et d'améliorer cette défense.

Vous devez également comprendre les pratiques de sécurité physiques du fournisseur de Cloud. Est-il nécessaire de prévoir des contrôles en arrière-plan pour les employés ? L'accès au datacenter du cloud nécessite-t-il une authentification biométrique ?

Ensuite, comme le cloud peut permettre d'accéder aux appareils informatiques de l'entreprise depuis n'importe où dans le monde, l'équipe responsable de la sécurité des informations doit se pencher sur les exigences qui doivent être imposées à ces appareils pour que l'accès puisse être octroyé. À titre d'exemple, cela peut passer par le chiffrement obligatoire du stockage local d'appareils clients, grâce à des technologies telles que Microsoft BitLocker. De même, comme la saisie de noms d'utilisateur et de mots de passe sur des appareils mobiles peut être fastidieuse, l'équipe doit envisager les avantages d'autres formes d'authentification, telles que la biométrie. Elle peut également choisir de mettre en œuvre l'authentification multifacteur, qui nécessite à la fois une combinaison nom d'utilisateur/mot de passe ainsi qu'un autre type d'identité (tel qu'une carte à puce, ou une authentification secondaire à l'aide d'un smartphone).

Par ailleurs, le Cloud peut également accepter les identifiants d'authentification à partir de toute une série de sources, en utilisant le protocole OAuth (Open Authorization). Les professionnels de la sécurité des informations doivent décider quelles applications peuvent accepter des identifiants Facebook et Google, par exemple. Les sites de commerce électronique peuvent bénéficier de l'utilisation de ces identifiants, mais des applications internes ne le pourraient pas.

Troisièmement, vérifiez les certifications de conformité réglementaire ; par exemple, HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act), FedRAMP (Federal Risk and Authorization Management Program) et RGDP (Règlement général sur la protection des données). Des secteurs et emplacements géographiques différents seront régis par différentes normes et réglementations. Découvrez comment détecter une faille suspecte, comment la signaler au fournisseur et quel est le délai de réactivité attendu de la part de l'entente de niveau de service. Le centre de gestion de la confidentialité Azure fournit des informations sur l'ensemble de ces points, car ils sont apparentés à l'offre. La Cloud Security Alliance est une ressource indépendante réunissant des experts de l'ensemble du secteur. Elle se penche sur l'élaboration de recommandations en faveur de pratiques idéales permettant une sécurisation des activités dans le Cloud⁷.

Vous trouverez une présentation plus détaillée de la sécurité et de la gouvernance du Cloud au chapitre 9.

Classification des données

Déterminez les données que vos applications peuvent stocker dans le Cloud et dans quelle mesure elles peuvent avoir un impact sur la sécurité et les risques. De nombreuses sociétés classent leurs données selon leur sensibilité : un document marketing compte des exigences bien différentes en termes de sécurité que le brouillon du rapport financier annuel.

Il est, par exemple, possible de subdiviser les données en diverses catégories, sur la base des conséquences pour l'entreprise d'une publication non autorisée. À titre d'exemple, la première catégorie serait publique ; elle regrouperait ce qui doit être publié, sans aucun risque pour l'entreprise. La catégorie suivante regroupe le contenu à faible impact pour l'entreprise ; elle inclut des données et informations qui ne contiennent pas d'informations personnelles (PII) et ne concernent pas des sujets sensibles, mais qui ne sont généralement pas destinées à une divulgation publique. Les données à impact modéré pour l'entreprise peuvent inclure des informations sur la société qui peuvent ne pas être réputées sensibles par elles-mêmes, mais qui, lorsqu'elles sont associées ou analysées, peuvent fournir des renseignements concurrentiels ou des données personnelles (PII) qui ne sont pas considérées comme sensibles, mais qui ne doivent pas être publiées pour une question de protection de la vie privée. Enfin, les données à fort impact pour l'entreprise sont les informations associées à des contraintes réglementaires, qui peuvent avoir une influence sur la réputation de l'entreprise ou des individus, susceptibles d'être utilisées pour obtenir un avantage concurrentiel, associées à une valeur financière et pouvant être volées, ou encore toute information pouvant mettre à mal le respect de la vie privée.

Vous devez ensuite définir des exigences réglementaires pour chaque catégorie de risque. À titre d'exemple, il se peut que la catégorie à faible impact pour l'entreprise ne nécessite aucun chiffrement. La catégorie à impact modéré pour l'entreprise peut requérir un chiffrement pendant les transferts. Les données à fort impact pour l'entreprise nécessiteraient un chiffrement au repos, en plus du chiffrement pendant les transferts. Vous devriez songer à créer des exigences d'audit, un contrôle d'accès, ainsi que d'autres directives de sécurité, sur la base de ces catégories. L'équipe de stratégie Cloud collaborant avec le groupe responsable de la sécurité des informations doit donner la priorité aux applications qui gèrent les données à faible impact pour l'entreprise pour la migration vers le Cloud, car celles-ci représentent le risque le moins élevé. Les données à risque élevé, telles que les informations personnelles des clients, peuvent nécessiter une analyse de la sécurité avant leur migration, alors que ce n'est pas systématiquement le cas pour les applications à risque moindre.

⁷ Centre de gestion de la confidentialité Azure : <http://azure.microsoft.com/en-us/support/trust-center/>

Cloud Security Alliance : <https://cloudsecurityalliance.org>

Gestion des risques dans l'entreprise

Si vous disposez d'une équipe de gestion des risques dans l'entreprise (Enterprise Risk Management, ERM), travaillez en étroite collaboration avec elle pour identifier l'impact du cloud sur ses modèles de risque. La plupart des équipes ERM font appel à une liste documentée et détaillée répertoriant les risques liés à l'entreprise, la probabilité que ces situations se produisent et leurs conséquences, le cas échéant. Pour prévenir ces risques, les équipes ERM mettent en œuvre des procédures de contrôle et constituent des équipes chargées de contrôler le risque ou de l'éliminer, en fonction de sa gravité. Comme tout changement d'une telle ampleur, le Cloud va induire des modifications ainsi que de nouveaux risques dans le modèle de risque existant. Il est donc essentiel de les examiner en détail. À titre d'exemple, dans le cas très peu probable d'un échec de datacenter Cloud, les services IT doivent envisager une géo-réplication des données afin de réduire le risque de perte.

Finance

Il est primordial d'impliquer votre directeur financier et son équipe dans le développement de votre stratégie de migration vers le Cloud. Vous devrez collaborer avec cette équipe pour modéliser les coûts en comparant les opérations IT sur site (dans le datacenter) et dans le Cloud. Par ailleurs, vous devrez élaborer des modèles qui illustrent la réduction progressive des achats et approvisionnements en matériel informatique. Vous pouvez aussi envisager des modèles qui indiquent l'échéance et la procédure de fermeture des datacenters.

Développez plusieurs indicateurs clés qui vous permettront de quantifier avec plus de précision les économies réalisées. Chez Microsoft, nous utilisons par exemple un instrument de mesure appelé le « coût par instance de système d'exploitation (coût/ISE) ». (Ce terme englobait les applications et systèmes d'exploitation exécutés sur des serveurs physiques, ainsi que ceux exécutés sur une machine virtuelle en tant que paramètre unique.) Le coût/ISE comprend le matériel, les achats de licences, les infrastructures, le réseau, le personnel d'exploitation et, de manière générale, tous les coûts liés à l'exécution d'un système d'exploitation et de ses applications dans un datacenter sur site. Au besoin, les systèmes pouvaient être segmentés : nous avons adopté la classification des tailles de T-shirt et proposons ainsi des solutions pour les déploiements à petite (S), moyenne (M), grande (L) et très grande échelle (XL).

Cet instrument de mesure vous permet à présent de comparer le coût d'exploitation d'un système sur site par rapport à son coût dans le Cloud. Bien entendu, les paramètres de calcul du coût/ISE dans le Cloud diffèrent légèrement, puisqu'ils prennent en compte la taille de l'application, le nombre de cœurs requis, l'espace de stockage et le trafic réseau estimé. En outre, contrairement au SE sur site, le Cloud offre la possibilité de désactiver les serveurs lorsqu'ils ne sont pas sollicités afin de réduire, voire d'éliminer, les frais.

Déterminez votre coût/ISE actuel afin de pouvoir l'utiliser comme valeur de référence. Vous pourrez ensuite prévoir les coûts des diverses opérations effectuées dans le cloud. La plupart des fournisseurs d'accès au Cloud, y compris Azure, proposent des outils d'estimation des coûts pour vous aider à calculer votre coût/ISE en fonction de diverses configurations et exigences.

Vous devrez collaborer avec votre service financier pour imaginer plusieurs scénarios de migration vers le Cloud, notamment des stratégies rapides, modérées et lentes, comme illustré dans la figure 5-4. Une stratégie rapide pourrait supposer la migration de 50 % de vos scénarios d'usage vers le Cloud dès la première année ; ce chiffre descendrait à 30 % dans le cas d'une stratégie modérée, et à 10 % pour une stratégie lente. Les stratégies rapides pourraient vous permettre d'économiser davantage, mais comportent également plus de risques et des coûts de migration plus élevés.

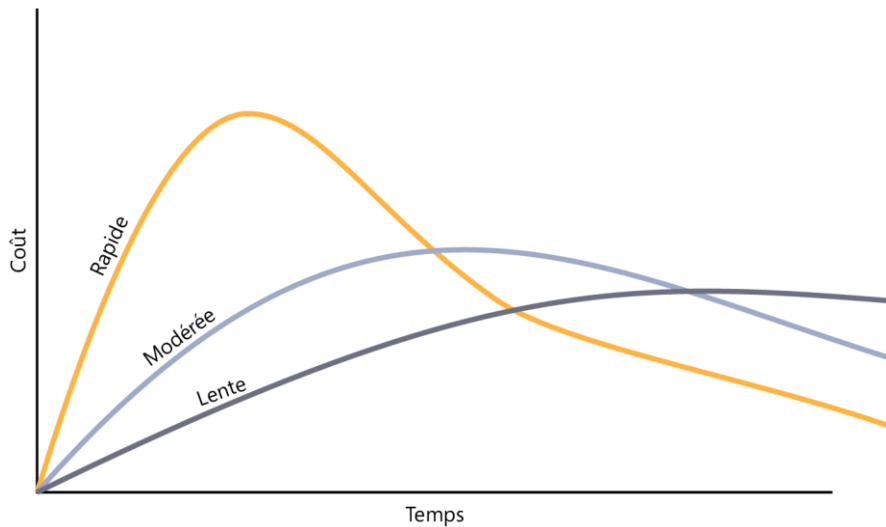


Figure 5-4 : Vitesse d'adoption du Cloud et coûts associés

Il est évident que les dirigeants financiers doivent comprendre tous les enjeux de la migration vers le Cloud, sans se cantonner aux économies en matière de coûts. Il convient de considérer les données de l'entreprise comme une ressource précieuse qui peut s'accompagner d'une certaine plus-value, lorsque l'on sait comment l'utiliser. Pour valoriser efficacement vos données, vous pouvez utiliser de nouveaux types de données, les analyser pour dégager des renseignements sur vos produits, clients et processus, expérimenter régulièrement pour savoir comment exploiter ces renseignements au mieux, et mettre à l'échelle ces innovations. Ces démarches vous permettront à leur tour de contrôler et de réduire encore davantage les risques liés au fonctionnement de l'entreprise, un objectif cher à tout directeur financier. Plus vous parviendrez à quantifier la valeur ajoutée de vos données et les économies potentielles engendrées par la migration vers le Cloud, plus il vous sera aisé de rallier à votre cause les décisionnaires les plus influents.

Opérations

La migration vers le cloud a de profondes conséquences sur le fonctionnement d'un service IT au quotidien. Si les exigences de l'équipe restent inchangées d'un point de vue *fonctionnel*, l'aspect *mécanique* du nombre de fonctions prises en charge est métamorphosé à plusieurs égards. Observons certaines des tâches concernées et leur évolution après le passage au Cloud :

Tâche	Fonction sur site	Fonction dans le Cloud
Contrôle d'intégrité	Utilisation de divers outils, tels que Microsoft System Center, pour piloter les applications et fournir une analyse de la cause principale (ACP) des échecs	Association avec des développeurs pour piloter les applications en temps réel et obtenir rapidement un aperçu de l'impact des mises à jour telles que celles du DevOps (certainement chaque jour, voire chaque heure)
Opérations de sécurité (SecOps)	Utilisation d'outils SIEM (Security Information and Event Management) pour analyser les événements ; vérification que les journaux d'événements sont régulièrement examinés	Utilisation de produits tels que Azure Security Center pour prévenir et détecter les menaces et y répondre

Sauvegarde des données	Utilisation d'outils sur site, tels que Microsoft System Center Data Protection Manager (DPM), pour créer des sauvegardes de données sur disque (ou sur bande)	Utilisation de DPM pour les machines virtuelles IaaS ou des services Microsoft Azure Backup pour les PaaS pour créer des sauvegardes en ligne (éventuellement géo-répliquées)
Mise à l'échelle	Ajout et configuration d'instances matérielles (serveurs) supplémentaires dans le datacenter ; contrôle du bon fonctionnement et de la connectivité réseau	<i>Configuration</i> des options d'adaptation/montée en charge pour réagir automatiquement aux pics en permettant la mise à l'échelle, la fiabilité et la résilience
Test de continuité de service/récupération d'urgence	Utilisation de scripts personnalisés pour basculer vers des datacenters alternatifs	Activation d'outils comme Azure Site Recovery pour exécuter des basculements ordonnés basés sur des scripts ainsi que des tâches de récupération d'applications et de stockage
Configuration et optimisation du réseau	Utilisation de divers outils pour analyser et optimiser les performances du réseau, détecter les boucles de routeur, etc.	Contrôle des connexions réseau hybrides, tels que les réseaux virtuels et les routeurs MPLS (« ExpressRoute »), pour vérifier qu'elles sont fiables et à charge équilibrée
Configuration et déconfiguration des identités	Maintien du répertoire utilisateur (par exemple, Active Directory), contrôle de l'accès de l'utilisateur aux ressources, activation/application de l'authentification unique	Expansion du répertoire au Cloud et utilisation éventuelle d'autres formes d'authentification pour certaines applications et ressources

Cette liste n'est ni exhaustive, ni définitive ; elle a uniquement pour but d'illustrer les types de problèmes sur lesquels le personnel d'exploitation va se pencher.

Par ailleurs, le personnel d'exploitation tient habituellement une base de données de gestion de configuration (Configuration Management Database, CMDB) pour toutes ses ressources matérielles. La CMDB contient de nombreuses informations pertinentes pour le processus de migration vers le cloud. Comme nous le mentionnerons ultérieurement, la CMDB fournit des informations telles que la taille des serveurs nécessaires à une application précise, le nombre habituel d'instances de machine virtuelle, le type de stockage utilisé, etc. Ces informations, associées au système de gestion du portefeuille, fourniront les données brutes utilisées pour hiérarchiser la migration des applications.

Les ressources humaines et l'évolution des rôles

La migration vers le cloud impliquera une évolution des rôles et des responsabilités des professionnels de l'IT. La disparition des postes IT due au Cloud a fait couler beaucoup d'encre. Toutefois, nous savons d'expérience que ce n'est pas le cas : les rôles des professionnels de l'IT ne disparaissent pas, mais ils évoluent (voir figure 5-5). Le personnel IT se concentre moins sur les fonctions IT répétitives et davantage sur les contributions à haute valeur ajoutée aux activités de l'entreprise.

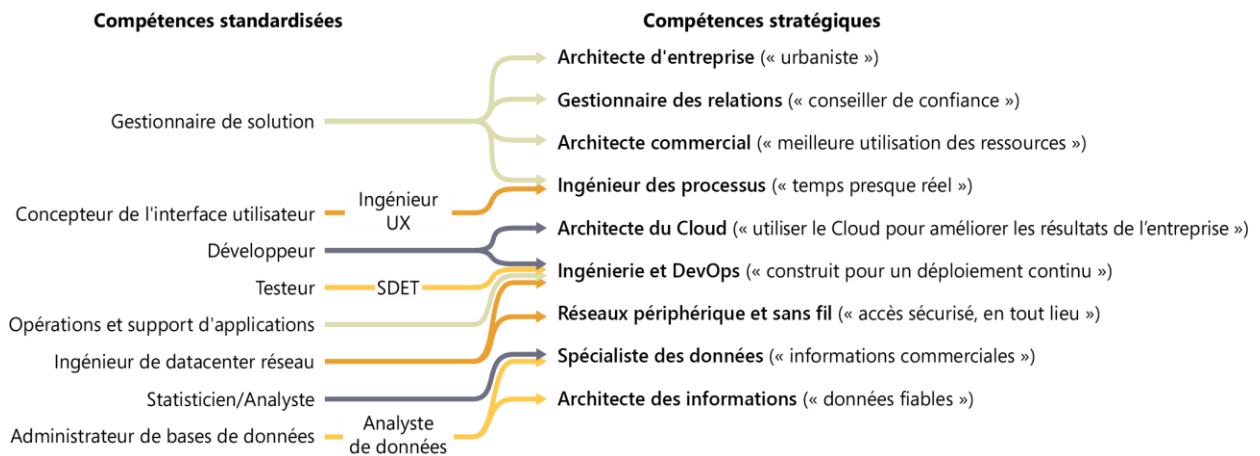


Figure 5-5 : L'évolution des rôles IT à l'ère du Cloud

Les compétences IT existantes seront maintenues, mais elles seront moins valorisées que les nouvelles compétences relatives au Cloud. Autrefois technologues chevronnés, architectes de solution et, dans certains cas, responsables des relations, les architectes d'entreprise veilleront désormais à l'intégrité du portefeuille et à tirer la meilleure plus-value commerciale de vastes gammes d'applications et de personnes. Ils seront en quelque sorte les « urbanistes » de l'entreprise. À l'aide de modèles quantitatifs et grâce à une collaboration étroite avec leurs partenaires issus des services actuels, les architectes de processus métier examinent les ressources techniques et les processus métier de divers secteurs d'activité afin de planifier leur évolution. Les ingénieurs de procédés optimisent les processus métier pour permettre de les exécuter en temps réel dès que nécessaire, et en « temps presque réel » (si possible) dans les autres cas. Dans ce domaine, des compétences en méthodologie Six Sigma ou d'autres méthodologies efficaces constituent un atout certain.

Le cloud engendre une plus grande visibilité, laquelle entraîne à son tour la nécessité de créer des applications à la fois productives et conviviales. La conception de l'interface utilisateur (IU) ne consiste plus seulement à créer des menus et des boîtes de dialogue, mais également à assurer l'efficacité des tâches effectuées en ligne de bout en bout, tout comme leur convivialité, à une époque où Facebook, YouTube et Twitter font partie des réseaux les plus populaires.

Les architectes de solution sont principalement chargés de concevoir et d'améliorer une application ou une gamme d'applications relatives à un domaine précis, comme les finances. Ces professionnels collaborent étroitement avec leurs homologues, les architectes d'entreprise et les architectes de processus métier pour élaborer les applications optimales dans le Cloud afin d'exploiter au mieux leurs possibilités. Les architectes de solution surveillent et orientent le développement des nouvelles fonctions et possibilités incluses dans les applications dont ils sont responsables. Ils ont généralement un profil typiquement axé sur la technique.

L'une des transformations les plus intéressantes (et les plus fréquemment abordées) découlant de la migration vers le Cloud est le rapprochement de deux communautés autrefois distinctes, à savoir les équipes de développement et le personnel d'exploitation. Cette tendance s'appelle désormais le mouvement *DevOps*. À mesure que les applications migrent vers le Cloud et que l'on s'aperçoit de la possibilité de déployer des applications rapidement et fréquemment (parfois en ajoutant de nouvelles fonctions chaque jour à l'aide de méthodologies agiles), les frontières traditionnelles entre développeurs, testeurs et personnel d'exploitation s'estompent petit à petit. Les développeurs pourront tester leurs applications dans des zones prévues à cet effet dans le cloud. Le personnel chargé des tests devra avoir une bonne connaissance des technologies cloud et sera régulièrement amené à écrire des scripts d'automatisation ou des applications basés dans le cloud. À cet égard, le personnel de test sera également assimilé aux développeurs cloud. En outre, le personnel d'exécution sera de moins en moins amené à gérer des ressources matérielles telles que les serveurs et les réseaux, et devra de plus en plus fréquemment manipuler les outils de configuration automatisée, les scripts de déploiement, les portails informatifs, les scripts de pilotage et les flux d'orchestration, ou encore se servir des ressources disponibles dans le Cloud ou proposées par le fournisseur d'outils. (Nous abordons le sujet du DevOps plus en détail au chapitre 7.)

Enfin, l'architecte informatique veillera à la cohérence des modèles de données de toute l'entreprise et tout au long de leur cycle de vie. Un ensemble de modèles bien conçus, documentés et tenus à jour (par exemple, pour les entités de données de type « client » et « produit ») permettra, entre autres, de garantir une intégration aisée des systèmes et une bonne cohérence entre les rapports générés.

L'équipe des ressources humaines doit collaborer avec les responsables impliqués pour élaborer des plans de formation et de préparation destinés aux personnes concernées. Presque tous les rôles du service IT évolueront. Bon nombre de collaborateurs auront besoin d'une formation spécifique, pour maîtriser les nouveaux outils et processus, par exemple.

Développement des compétences

Abordez votre préparation au Cloud par étapes, par paliers de formation et de rigueur. Une structure possible comprend trois phases de formation, illustrées dans la Figure 5-6 : cela commence par former les personnes, puis par l'établissement d'une pratique du Cloud, consistant en la formation d'équipes de techniciens. Ceux-ci pourront ensuite former tout le reste de l'organisation.

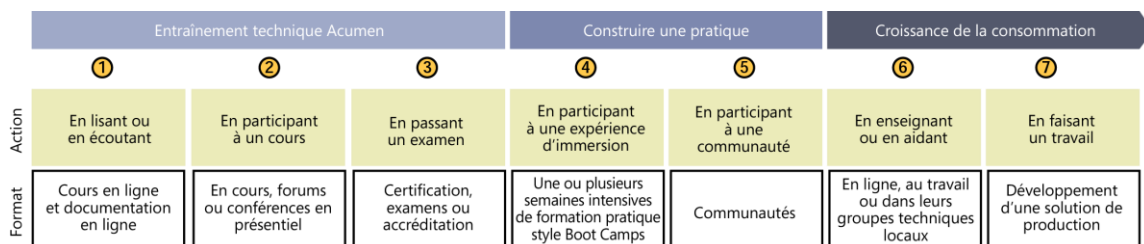


Figure 5-6 : Développement des compétences

Au cours de la première phase (Figure 5-7), développez les compétences techniques des personnes en les faisant assister à des cours, en ligne ou avec instructeur.

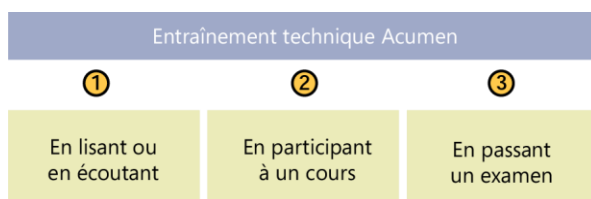


Figure 5-7 : Développement des compétences techniques

Il existe de nombreux cours gratuits ou peu onéreux pour Azure, tant sur le site Web Azure (<https://azure.microsoft.com/en-us/community/training/>), que par l'intermédiaire de la Microsoft Virtual Academy. Vous pouvez également trouver un ensemble complet de ressources de formation à la disposition des partenaires de Microsoft dans le cadre de la Azure Skills Initiative (<https://blogs.partner.microsoft.com/mpn/new-Cloud-trainings-for-next-generation-tech-professionals/>) ; de nombreuses autres organisations fournissent des formations similaires.

Ces cours permettent aux personnes d'acquérir les compétences élémentaires pour le Cloud. D'autres types de formation, tels que ceux indiqués dans la Figure 5-8, permettent à vos équipes de développer des jeux de compétence communs et de lancer votre pratique du Cloud.

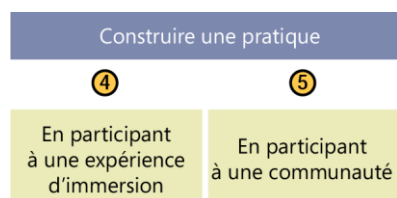


Figure 5-8 : Développement de votre pratique du Cloud

Les expériences d'immersion telles que les stages de formation intensive rassemblent les équipes dans des plongées à la journée dans le Cloud tel qu'il s'applique à votre organisation. La participation à différentes communautés peut encore renforcer les compétences de vos collaborateurs.

Bien entendu, rien ne vaut la pratique. Il peut s'agir de diriger ou d'aider une équipe à créer et déployer des applications Cloud (Figure 5-9), ou du simple fait de remplir un rôle axé sur le Cloud.

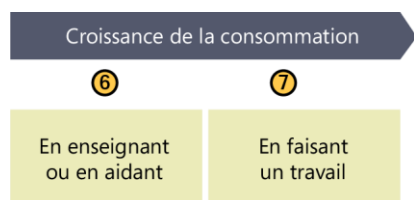


Figure 5-9 Développement des capacités de votre équipe

Quels types de formation devez-vous faire suivre à vos équipes ? Voici un échantillon du catalogue de cours assurés par Microsoft ; cette liste, accessoirement, peut vous aider à élaborer les rôles spécifiques au Cloud mentionnés dans la Figure 5-10.

Administration du Cloud	Données et analyses*	Développement Cloud*	DevOps
<ul style="list-style-type: none"> • Notions de base de Microsoft Azure • Microsoft Azure pour les Experts de l’AWS • Machines virtuelles Microsoft Azure • Réseaux virtuels Microsoft Azure • Identité Microsoft Azure • Microsoft Azure Storage • Sécurité et conformité Microsoft Azure • Scénarios d’usage Microsoft Azure • Service d’applications Microsoft Azure • Bases de données dans Azure • Migration des scénarios d’usage vers Azure • Déploiement et gestion des applications 	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement du Big Data avec Hadoop dans Azure HDInsight • Mise en œuvre de l’analyse en temps réel avec Hadoop dans Azure HDInsight • Mise en œuvre des solutions prédictives avec Spark dans Azure HDInsight • Traitement du Big Data avec Azur Data Lake Analytics • Traitement des flux de données en temps réel dans Azure • Orchestrer du Big Data avec Azure Data Factory • Livrer un entrepôt de données dans le Cloud • Développement de solutions NoSQL dans Azure • Développement de solutions de Big Data avec Azure Machine Learning • Fourniture de bases de données dans Azure et SQL Server • Récupération de données dans Azure et SQL Server • Sécurisation des données dans Azure et SQL Server • Gestion des sources de données organisationnelles avec Azure Data Catalog 	<ul style="list-style-type: none"> • Développement de Solutions IoT avec Azur IoT Hub • Configuration d’Azure App • Création d’une application Web angulaire sur Azure • Développement de composants Azur App Service 	<ul style="list-style-type: none"> • DevOps sur Azur Paas • Intégration continue et déploiement continu • DevOps Testing • Infrastructure en tant que code* • Configuration* • DevOps pour la mobilité* • Pilotage des applications et boucles de rétroaction*

*Cours bientôt disponible(s)

Figure 5-10 Types de formation disponibles pour Azure

En réfléchissant bien au développement des compétences de vos équipes, vous pouvez non seulement fournir la formation requise aux personnes de votre organisation, mais également améliorer l'efficacité globale des équipes.

Équipes chargées des applications

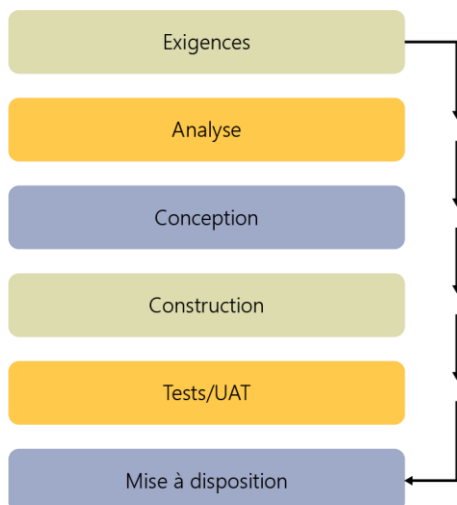
Les équipes chargées des applications doivent être consultées sur divers sujets. Ces équipes vous fourniront généralement des informations au sujet du catalogue d'applications ou du système de gestion du portefeuille (que nous aborderons par la suite) ; ces renseignements vous aideront à hiérarchiser la migration des applications.

D'autre part, il serait judicieux de les informer au sujet des conséquences techniques de l'exécution de leurs applications dans le cloud. Si une application est particulièrement « bavarde » dans le datacenter (c'est-à-dire qu'elle envoie et reçoit un grand nombre de messages pour effectuer une tâche), il est possible que la latence engendrée par la migration vers un datacenter Cloud hors site accentue les retards. Pour pallier ce problème, les équipes en charge des applications peuvent soit mettre à jour l'application, soit recommander l'usage d'une ligne spécifique à haut débit afin d'obtenir plus de bande passante. Si vous utilisez une base de données dans le cloud, elle pourrait imposer des restrictions de taille. Toutefois, vous pouvez y remédier par des stratégies spécifiques, telles que le *partitionnement* de bases de données (c'est-à-dire la création de partitions dans une base de données ; chaque partition est habituellement hébergée sur une instance de serveur de base de données individuelle).

Les équipes chargées des applications connaissent sans doute les possibilités à long terme d'une application axée sur le cloud. Par exemple, remodeler une application en service PaaS ou en groupe

de *microservices* (pour plus d'informations, voir le chapitre 11) nécessitera un personnel formé et informé.

D'un point de vue méthodologique, les équipes en charge des applications doivent évaluer les avantages et les inconvénients d'une approche *en cascade* traditionnelle (telle qu'illustrée dans la Figure 5-11) et d'une méthodologie *Agile* intégrant de nombreux sprints de développement brefs, accompagnés de commentaires et d'éventuelles adaptations en cours de route. Pour certains types d'applications (notamment dans le domaine de la comptabilité financière, dont les caractéristiques fonctionnelles sont parfois régies par des réglementations très strictes), une approche en cascade pourrait être indiquée. Les projets basés sur une approche en cascade comprennent généralement une liste complète et détaillée d'exigences qui peut être validée par les gestionnaires de projet.

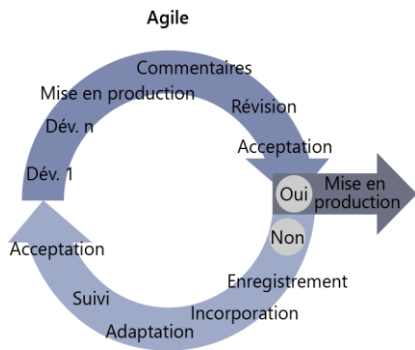


*Approche linéaire

Figure 5-11 : Approche traditionnelle en cascade du développement du logiciel

Toutefois, les applications qui nécessitent un tel niveau de rigueur se font de plus en plus rares. Aujourd'hui, le développement progressif suivi de tests et de commentaires par l'utilisateur semble convenir davantage à la plupart des applications. Cela est caractéristique du développement Agile (voir la Figure 5-12). Cette technique permet aux utilisateurs d'avoir un aperçu de l'application, de demander l'ajout de certaines fonctions ou la suppression d'autres, etc. Très souvent, les solutions développées par la méthodologie agile répondent bien mieux aux besoins des utilisateurs que celles développées selon l'approche linéaire en cascade.

Il est important de comparer soigneusement les deux méthodes, car le Cloud permet des cycles de développement/déploiement bien plus rapides, ce qui se prête particulièrement bien à la démarche Agile.



*Approche itérative, basée sur l'équipe

Figure 5-12 : Développement logiciel dans le Cloud

Services

Il convient également de consulter les différents services de l'entreprise. Certains accueilleront le changement à bras ouverts et le soutiendront, tandis que d'autres pourraient s'y opposer au départ, au vu des risques mentionnés ci-dessus. Vous pourrez tempérer bon nombre de ces craintes en exposant au personnel votre stratégie de gestion de ces risques, de manière simple et en évitant le jargon technique. Bien entendu, les avantages attendus en termes d'économies de coûts, de visibilité et de rapidité de déploiement devraient idéalement retenir leur attention. Associez-vous suffisamment tôt avec vos partisans et concevez des applications concrètes qui mettent en pratique les avantages du cloud afin de convaincre les autres.

Prenez note de leur agenda professionnel. Les responsables commerciaux ont généralement besoin de leurs systèmes à certains moments importants de l'année, comme les périodes critiques de déclaration fiscale ou, pour les fonctions liées au commerce électronique, pendant les périodes de congé associées aux soldes. Vous pourrez alors prévoir une migration à des moments plus opportuns.

Analyse de portefeuille

Comment *hiérarchiser* la migration des applications vers le Cloud ? Pour identifier les applications qui doivent migrer, et la meilleure méthode pour le faire, il est primordial de créer un catalogue d'applications réparties en attributs et gérées par le service IT. Vous pourrez ensuite apprécier l'importance relative de chaque attribut (par exemple, l'impact sur l'activité ou le niveau d'intégration du système) avant de dresser une liste des priorités.

Conception du catalogue

Les attributs peuvent être nombreux : les types de classification des documents, le nombre de serveurs, les protocoles, etc. Il est souvent utile de les regrouper en pôles d'attributs plus généraux, comme illustré dans la Figure 6-1. Comme le montre cette figure, les critères de premier ordre sont les performances, l'architecture, les attributs financiers, les risques, l'exécution et les attributs relatifs à la sécurité et à la conformité.

Beaucoup d'entreprises disposent déjà d'un système de gestion du portefeuille qui inclut une liste de ce type régulièrement mise à jour. Celle-ci peut généralement être utilisée ou élargie pour la migration vers le Cloud. D'autres auront peut-être besoin d'un outil adapté, comme une feuille de calcul. Les deux options peuvent s'avérer efficaces.

Il serait intéressant d'examiner les caractéristiques ou les attributs de l'application à partir de deux points de vue différents : le modèle commercial (« de haut en bas ») et le modèle technique (« de bas en haut »). En effet, les données proviennent de cibles différentes. L'approche de haut en bas se penche sur l'emplacement *idéal* de chaque application ou scénario d'usage, tandis que l'approche de bas en haut décrit l'emplacement *possible* de chacun d'entre eux. Les sections qui suivent expliquent ces deux approches ainsi que les attributs sur lesquels elles s'appuient.

Performance	Architecture	Finances	Risques	Opérations	Sécurité et conformité
Élasticité Mise à l'échelle Intensité des ressources Latence Débit	Interface utilisateur	Coût d'exploitation	Organisationnels	Continuité de service	Juridiction
	Points d'accès (mobile ou hors ligne)	Valeur métier	Business Criticality	Outils/ Intégration	Régulation
	Application		Techniques	Déploiement	Confidentialité
	Complexité		Ressources		Chiffrement
	Taille		Contractuels		
	Durabilité de l'application		Audit		
	Données				
	Magnitude structurée				
	Exigences non structurées				
	Complexité				
Infrastructure					
Durabilité ydu matériel					

Figure 6-1 : Critères d'évaluation

Analyse du portefeuille de haut en bas

Jusqu'à présent, nous avons étudié le processus de migration sous un angle systématique, en examinant les métadonnées objectives et subjectives pour déterminer l'emplacement idéal des applications ou scénarios d'usage. Il s'agit d'une méthode d'évaluation de haut en bas : elle fournit une approche stratégique basée sur la planification et sur vos besoins spécifiques en termes d'analyse et de modernisation.

La Figure 6-2 illustre comment l'évaluation de haut en bas analyse en premier lieu les aspects liés à la sécurité mentionnés ci-dessus, comme la catégorisation des données (impact commercial élevé, moyen ou faible), la conformité et la gouvernance ou les exigences en matière de risques. Elle évalue ensuite l'interface de complexité actuelle, l'authentification, la structure des données, les besoins en matière de latence, ainsi que l'association et la durabilité de l'architecture de l'application. Ensuite, la méthode de haut en bas mesure les exigences opérationnelles de l'application, notamment les niveaux de service, l'intégration, les périodes de maintenance, le pilotage et les renseignements. Une fois tous ces aspects analysés et pris en compte, on obtient un score qui reflète la complexité relative d'une migration éventuelle de cette application vers chacune des plateformes Cloud : IaaS (Infrastructure as a Service), PaaS (Platform as a Service) et SaaS (Software as a Service).

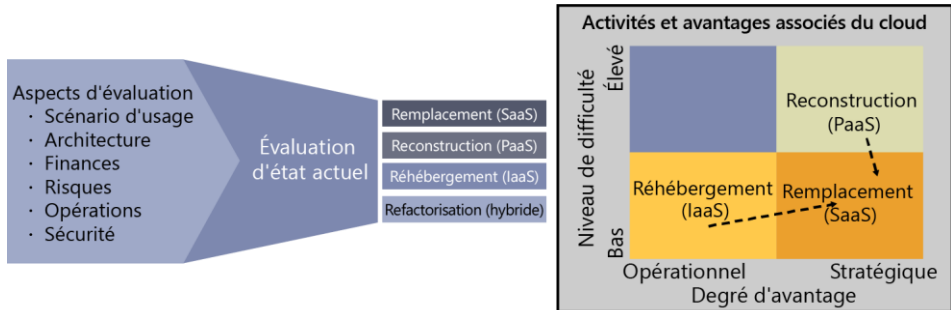


Figure 6-2 : Évaluation de haut en bas de l'état actuel des applications

Dans un second temps, la méthode d'évaluation de haut en bas examine les avantages financiers de l'application, comme l'efficacité opérationnelle, le coût total de possession, le retour sur investissement ou tout autre instrument de mesure financier adéquat. Par ailleurs, le caractère saisonnier de l'application est également analysé (les éventuelles périodes de l'année associées à des pics de demande), ainsi que la charge générale en termes de calcul. L'évaluation prend également en compte les types d'utilisateurs pris en charge (normal/expert, connexion permanente/occasionnelle, etc.), ainsi que les paramètres de mise à l'échelle et d'élasticité requis en fonction de ces données. Enfin, l'évaluation examine les exigences éventuelles de l'application en matière de continuité de service et de résilience, ainsi que les dépendances pour exécuter l'application en cas d'une éventuelle interruption du service.

À l'issue des deux parties de la procédure, on obtient un score d'évaluation de l'application qui reflète l'équilibre entre la difficulté de migrer vers chaque plateforme et les avantages potentiels que cette migration apporterait. La Figure 6-3 présente le processus du début à la fin.

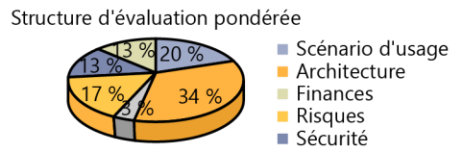
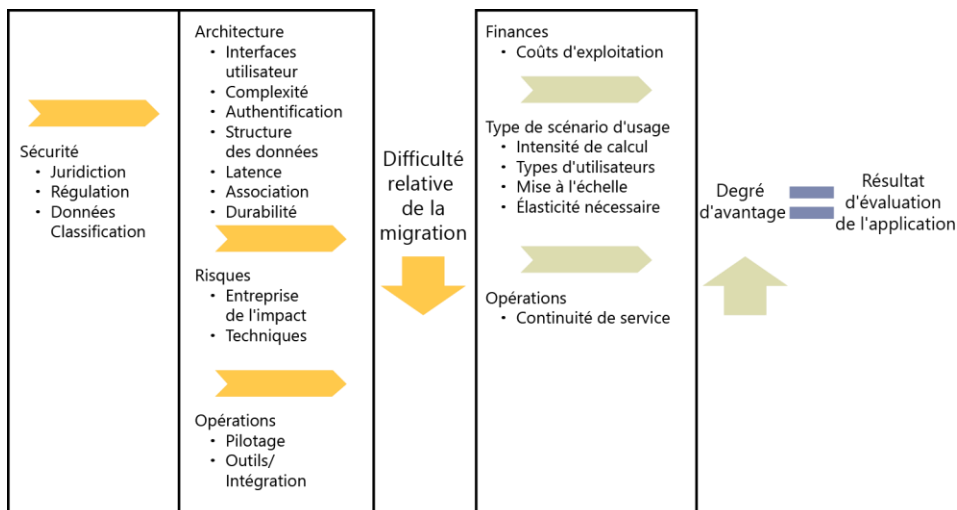


Figure 6-3 : Processus d'évaluation de haut en bas

Les résultats de la méthode d'évaluation de haut en bas vous permettent de déterminer les applications qui ont la valeur potentielle la plus élevée et sont les plus adaptées à la migration. Vous pouvez donc commencer par migrer ces applications. Vous pourriez également combiner cette liste avec les avantages que vous pourriez rapidement retirer des applications à plus-value potentielle moins élevée, mais tout aussi adaptées à la migration. Lorsque votre organisation aura accumulé suffisamment d'expérience en la matière, développé les outils et processus adéquats et acquis la confiance nécessaire dans ses méthodes, elle pourra se tourner vers les applications plus difficiles à migrer à plus-value potentielle élevée. Les applications les plus difficiles à migrer et qui ont une plus-value potentielle peu élevée seront migrées en dernier. La Figure 6-4 offre un aperçu simple de cette procédure.

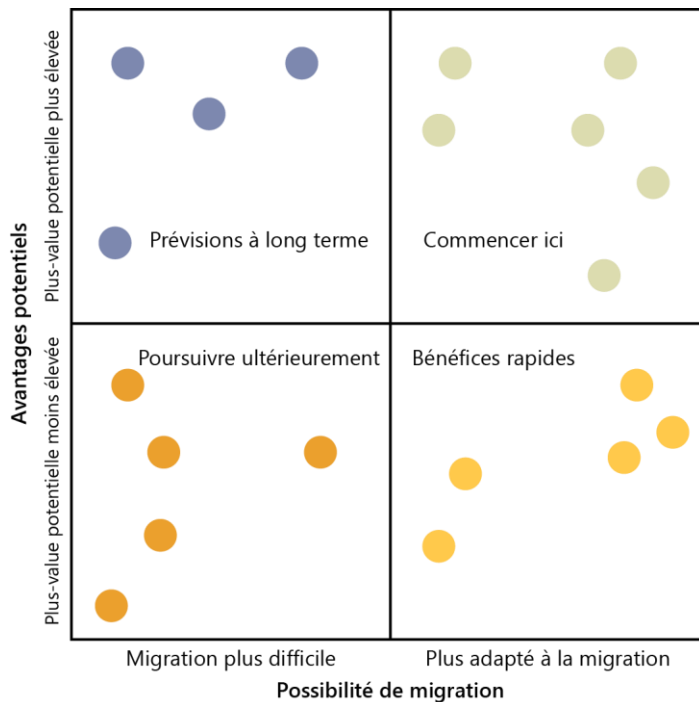


Figure 6-4 : Application : possibilité de migration/avantages potentiels

Analyse du portefeuille de bas en haut

Une autre approche plus stratégique et technique, complémentaire à la première, porte davantage sur les exigences. Comme mentionné précédemment, l'approche de haut en bas analyse l'emplacement *idéal* d'une application ; nous nous penchons à présent sur l'emplacement *possible* d'un scénario d'usage particulier, en fonction de ses exigences purement techniques.

L'approche de bas en haut (Figure 6-5) est effectuée en même temps que votre planification de haut en bas et vise à donner un aperçu de l'éligibilité d'une application pour la migration, d'un point de vue technique. De nombreuses informations de ce type peuvent être obtenues via une base de données de gestion de configuration (CMDB). Les entreprises se servent de cette méthode pour dégager des renseignements supplémentaires utiles à l'approche de haut en bas.

L'analyse de bas en haut évalue de nombreux types d'exigences pour chaque application ou service requis : mémoire maximale, nombre maximal de processeurs (cœurs de l'unité centrale), espace de stockage maximal du système d'exploitation, nombre maximal de lecteurs de données, cartes d'interface réseau (Network Interface Cards, NIC), IPv6, équilibrage des charges réseau, clustering, version du système d'exploitation, version de la base de données (si nécessaire), domaines pris en charge et composants ou packages logiciels de tiers, entre autres.

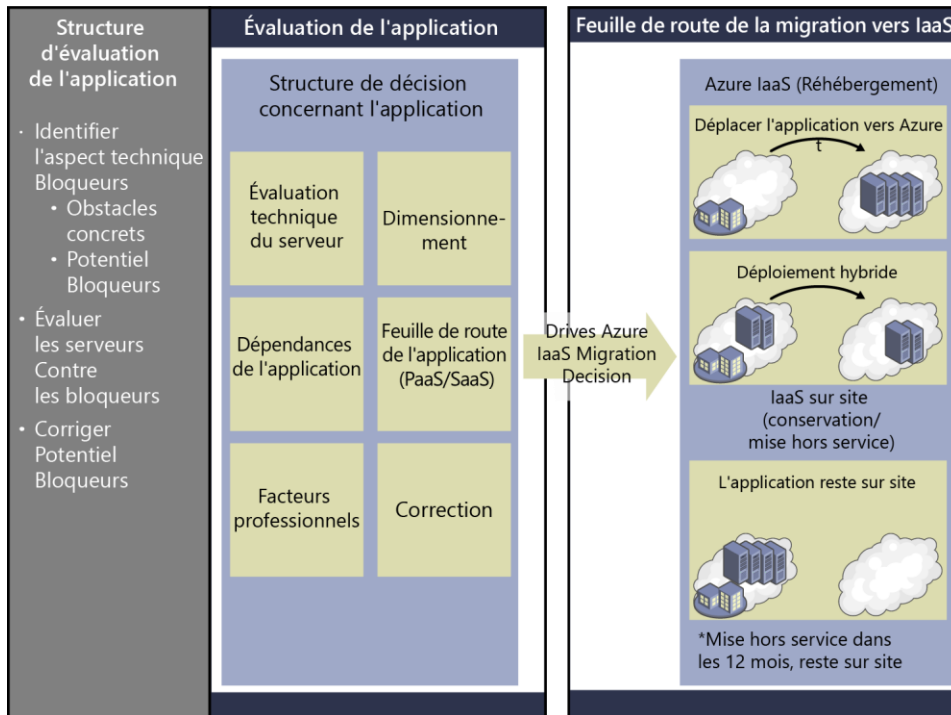


Figure 6-5 : Exemple d'une évaluation de bas en haut pour une solution IaaS

Il semble que les plateformes Cloud deviennent de plus en plus performantes. Elles sont désormais capables de gérer plusieurs profils d'applications différents. Les espaces de mémoire et de stockage sont plus vastes que jamais, et les serveurs à 16 ou 32 cœurs sont aujourd'hui monnaie courante. Pourtant, il existe des applications que vous ne pouvez pas encore migrer, pour une raison technique ou autre⁸, ou pour lesquelles vous devez attendre que les capacités du Cloud soient encore améliorées davantage.

Dans le cadre de votre planification de haut en bas, répertoriez les aspects techniques de vos applications, y compris le type de système d'exploitation, la version, le nombre de processeurs requis, la mémoire, l'espace de stockage et le nombre de lecteurs nécessaires, etc. Si vous connaissez la taille de la base de données d'une application, ainsi que les types de données qu'elle contient, vous prendrez des décisions mieux informées, notamment sur l'utilisation ou non d'une base de données relationnelle axée sur le Cloud, comme Microsoft Azure SQL Database, Microsoft SQL Server ou Oracle sur une machine virtuelle, voire une base de données NoSQL.

Vos systèmes d'intégration existants seront affectés par les migrations vers le Cloud, du moins de manière temporaire. Prenez donc le temps de vous informer sur l'impact potentiel du Cloud sur ces systèmes. Il vous faudra comprendre de manière approfondie les connexions possibles entre les applications. Les opérations d'intégration sont-elles soumises à des priorités ? Quelle est la fréquence des déplacements de données et quel est le volume de données concerné ? Et quelle est l'architecture de vos outils d'extraction, de transformation et de chargement ? La complexité de vos opérations d'intégration doit être considérée comme un critère important pour définir les priorités en termes de migration dans le cloud.

⁸ Par exemple, les applications qui dépendent de fonctions abandonnées dans les systèmes d'exploitation, exécutées sur des systèmes d'exploitation qui ne sont pas pris en charge dans le Cloud ou qui s'appuient sur des pratiques de programmation médiocres, telles que les adresses IP codées en dur.

Par ailleurs, de nombreux fournisseurs de services Cloud prévoient aujourd'hui des solutions de continuité de service et de récupération d'urgence, notamment le basculement vers des datacenters alternatifs, le stockage de données redondant et la sauvegarde en ligne. Vous devez comprendre ces offres et les possibilités associées pour savoir si elles répondront aux besoins de vos applications.

De très nombreux outils peuvent vous aider à évaluer l'état actuel de vos applications. Comme indiqué plus haut, un système de gestion du portefeuille peut s'avérer très utile pour répertorier et attribuer vos applications. La suite Microsoft System Center inclut une CMDB ainsi qu'un hôte de pilotage et des possibilités de gestion de l'intégrité qui vous permettront de déterminer l'état de vos systèmes⁹. La boîte à outils Microsoft Assessment and Planning Toolkit est un accélérateur de solution offrant un large éventail de fonctions d'évaluation des environnements IT existants. Le MAP facilite l'inventaire automatique et l'évaluation des applications pour déterminer leurs exigences de base en termes de possibilités de migration et de taille de machine virtuelle¹⁰. Ces fonctions peuvent également être remplies à l'aide de nombreux utilitaires et applications tiers.

Les informations rassemblées au moyen de ces instruments permettront de définir des facteurs objectifs quant à la possibilité de migrer la machine virtuelle/le matériel et le scénario d'usage/l'application. Ces outils se révèlent utiles pour la collecte automatisée de métadonnées sur vos applications et instances de système d'exploitation.

⁹ <http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/products/system-center-2012-r2/>

¹⁰ <http://technet.microsoft.com/en-us/solutionaccelerators/gg581074>

Élaboration et mise en œuvre du plan

Chaque grande initiative doit être assortie d'un plan. Avec un portefeuille bien compris et hiérarchisé selon des critères, il est enfin temps de commencer la migration des applications vers le Cloud. Dans ce chapitre, nous examinons l'élaboration du plan ; ensuite, nous le concrétisons.

Envisager de débiter par les environnements développement/test

Avant d'envisager le problème du déplacement des applications de production, il est utile d'envisager de déplacer d'abord vos environnements de développement/test. Voici un certain nombre de bonnes raisons pour commencer par là :

- **Les environnements de développement/test sont coûteux** Vous pouvez faire des économies — parfois considérables — en les déplaçant. Souvent, il y a trois environnements distincts par application, complètement distincts de l'environnement de production : l'environnement de développement ; l'environnement de test, utilisé par l'AQ pour exécuter des tests unitaires et automatisés ; et l'environnement de tests d'acceptation utilisateur (UAT). Cela peut représenter un grand nombre de serveurs et de machines virtuelles qui ne sont plus nécessaires dans le centre de données.
- **C'est un excellent moyen pour les équipes de se familiariser avec les outils de migration** Les équipes peuvent apprendre à utiliser les outils de migration sans impact sur l'environnement de production. Ainsi, lorsque le moment viendra de passer à l'environnement de production, cette migration bénéficiera de l'expérience acquise avec l'environnement dev./test.

- **Les développeurs sont généralement plus tolérant aux problèmes que les utilisateurs** En d'autres termes, si quelque chose se passe mal, les utilisateurs de production ne sont pas affectés, et les développeurs et le personnel IT peuvent apprendre des erreurs passées.
- **L'ordre n'est pas crucial** Comme nous le verrons, le déplacement d'applications de production doit suivre les instructions de hiérarchisation que nous avons créées au chapitre 6. Cela est moins important avec des applications de développement/test, avec toutefois la réserve suivante : les règles et réglementations de conformité concernant les données protégées telles que les informations personnellement identifiables (PII) s'appliquent en environnement de développement/test ou de production (c'est pourquoi on les utilise souvent en développement des données).

Le plan de migration vers le Cloud

De retour aux applications de production, la base de votre plan de migration vers le Cloud réside dans le mappage de l'évolution à partir de l'état actuel vers l'état souhaité. Le plan de migration reprend ce mappage et ajoute des détails tels que les priorités et le séquençage.

Prévoyez des priorités dans votre plan en fonction de plusieurs facteurs commerciaux, matériels/logiciels et autres facteurs techniques. Votre équipe chargée des relations commerciales doit collaborer avec l'équipe d'exploitation et les services internes afin d'établir une liste des priorités acceptée par tous. La Figure 7-1 illustre les principes qui peuvent vous aider à établir des directives en matière de définition de priorités.

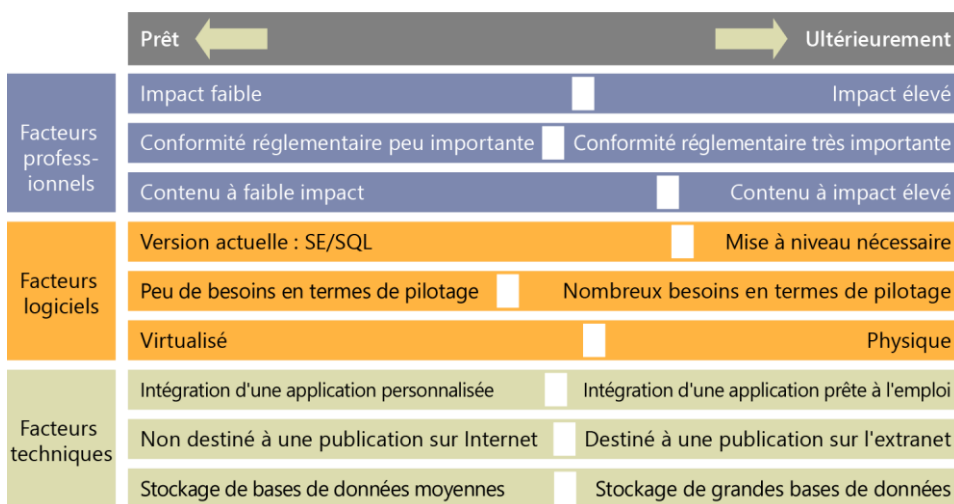


Figure 7-1 : Exemple de stratégie de définition de priorités pour la migration

En ce qui concerne le séquençage de la migration de vos scénarios d'usage, commencez par les projets les moins complexes, puis tournez-vous progressivement vers des projets de plus en plus complexes. Comme dans le cas de l'exécution d'un projet pilote, vous pourrez acquérir une expérience précieuse en déplaçant vos applications les moins complexes et comportant le moins de risques pour l'entreprise. Cette première démarche vous aidera à vous préparer pour les migrations plus complexes et stratégiques.

Votre plan de migration vers le cloud ressemblera davantage à un processus qu'à un document fixe de planification. En réalité, votre plan sera constitué d'un ensemble de plusieurs plans plus petits ayant pour objectif la migration de chaque scénario d'usage d'un service, selon un ordre que vous déterminez. Les particularités de chaque migration seront généralement conformes au modèle suivant :

1. **Analyse** Ce processus vous aidera à identifier les lacunes de vos ressources actuelles par rapport aux ressources nécessaires pour déplacer ce scénario d'usage vers le Cloud. Ces différences pourraient notamment concerner des changements au niveau de l'architecture du scénario d'usage ou une réécriture complète du programme. (Voir la section « Évolution des cinq piliers de la modernisation » dans le chapitre 3). De plus, de nombreux programmes hérités nécessiteront d'importantes adaptations pour devenir plus performants et évolutifs. Identifiez ces tâches à effectuer au cours de l'analyse du scénario d'usage.

Dans le cadre de l'analyse, vous aurez à cœur de bien comprendre les implications de sécurité et de conformité de l'application en question, en veillant à identifier toutes les PII et autres informations sensibles. Le cas échéant, vous devez travailler avec vos équipes de gestion des risques et de sécurité de l'information pour vous assurer que les contrôles appropriés sont en place (nous abordons cela plus en détail dans le chapitre 9).

2. **Migration de l'application** Lorsque vous constatez qu'un scénario d'usage particulier doit être migré vers le Cloud, *il est vivement recommandé de créer une version du scénario d'usage contenant un volume de données minimal afin de faire fonctionner l'application dans le Cloud ou de créer une nouvelle version de l'application directement dans le Cloud*. Si l'application s'exécute déjà sur une machine virtuelle, vous pourrez peut-être vous contenter de déplacer la machine virtuelle vers le Cloud sans apporter d'autres modifications. De manière générale, beaucoup d'applications sur site nécessitent peu de modifications, voire aucune, pour fonctionner sous Microsoft Azure. Toutefois, les niveaux de performances, de mise à l'échelle et de sécurité pourraient ne pas être optimaux. Vous serez peut-être amené, dans une certaine mesure, à repenser et remodeler l'application selon des principes modernes et orientés service.

3. **Mise en réseau** Il y a bien des manières de connecter les applications sur site au Cloud en toute sécurité. Nous les étudions en détail au chapitre 10. Ces méthodes vont du simple réseau privé virtuel (VPN) à une ligne dédiée (p. ex, Azure ExpressRoute), avec des performances et des tarifs différents.

4. **Migration des données** Cette étape est en quelque sorte similaire à celle de la migration de l'application, dans la mesure où la structure des données peut être déplacée telle quelle vers un emplacement Cloud relationnel (Azure SQL Database, SQL Server sur une machine virtuelle Azure) ou non relationnel (objet blob, table, file d'attente, Azure CosmosDB, etc.). Certaines de ces migrations sont extrêmement faciles et peuvent être réalisées au moyen d'un assistant tel que l'Assistant Migration SQL Server Azure.

Toutefois, il pourrait être judicieux de reconstruire le modèle de données sous la forme d'une nouvelle base de données Azure SQL Database afin d'améliorer les performances, la mise à l'échelle, la résilience et la sécurité. Si vous devez synchroniser des données entre des bases de données sur site et SQL ou entre différents serveurs de SQL Database, installez et configurez le service de synchronisation des données SQL. En outre, *il est recommandé d'installer et de configurer un plan de récupération des données en cas d'erreur de l'utilisateur ou de catastrophe naturelle*.

5. **Optimisation et tests** Après avoir déplacé votre application et vos données vers Azure, vous devez effectuer des tests de fonctionnement et de performances. Pour cette étape, testez votre application dans le Cloud pour vérifier qu'elle fonctionne comme prévu. Comparez ensuite les performances des versions sur site et Azure. Enfin, solutionnez les problèmes de fonctionnement, de fonctions, de performances ou de mise à l'échelle qui se produisent dans votre application cloud.

6. **Fonctionnement et gestion** Une fois la phase de test et d'optimisation terminée, vous pouvez passer à la configuration et à la mise en œuvre des systèmes de suivi et de pilotage de l'application. Pour ce faire, nous vous conseillons d'utiliser l'outil Azure Application Insights, qui vous permet de collecter et d'analyser les données de télémétrie de votre application. Vous pouvez utiliser ces données pour le débogage et la résolution des problèmes, la mesure des performances, le pilotage de l'utilisation des ressources, l'analyse du trafic, la planification des capacités et l'audit.

Vous pouvez utiliser la suite Microsoft Operations Management Suite pour gérer les applications qui fonctionnent à la fois sur site et dans le Cloud. La suite Operations Management Suite (OMS) vous permet de voir toutes vos applications à un seul endroit, quel que soit leur hôte.

Ces six phases de migration seront suivies pour chaque scénario d'usage à déplacer. Cependant, il existe également un processus itératif plus efficace que les migrations, qui vous permet de commencer par déplacer les applications qui répondent à vos critères minimaux initiaux, en fonction des priorités et de l'ordre défini. Lorsque le premier groupe a été déplacé, vous pouvez ensuite préparer d'autres applications et ressources matérielles pour la migration en mettant à niveau le système d'exploitation/les versions de SQL, en mettant à jour tous les correctifs de sécurité, en déplaçant des applications des machines physiques vers les machines virtuelles, en résolvant les problèmes causés par plusieurs adresses IP, etc.

Outils

Vous pouvez utiliser un certain nombre d'outils disponibles auprès de divers fournisseurs pour déplacer les machines virtuelles vers la solution IaaS. Le service natif d'Azure tel que BC/DR (Business Continuity and Disaster Recovery, Continuité de service et Récupération d'urgence), Azure Site Recovery, comprend un ensemble d'outils permettant de déplacer les machines virtuelles (y compris les machines virtuelles VMware) depuis un datacenter sur site vers le Cloud, et d'une région du Cloud à une autre. Dans le cas des sites Web, l'assistant Migration de sites Web d'Azure permet de déplacer rapidement un site IIS (Internet Information Server) vers le Cloud. L'assistant Migration de données (Figure 7-2) peut aider à planifier la migration d'une base de données de SQL Server locale vers une base de données Azure SQL Database.

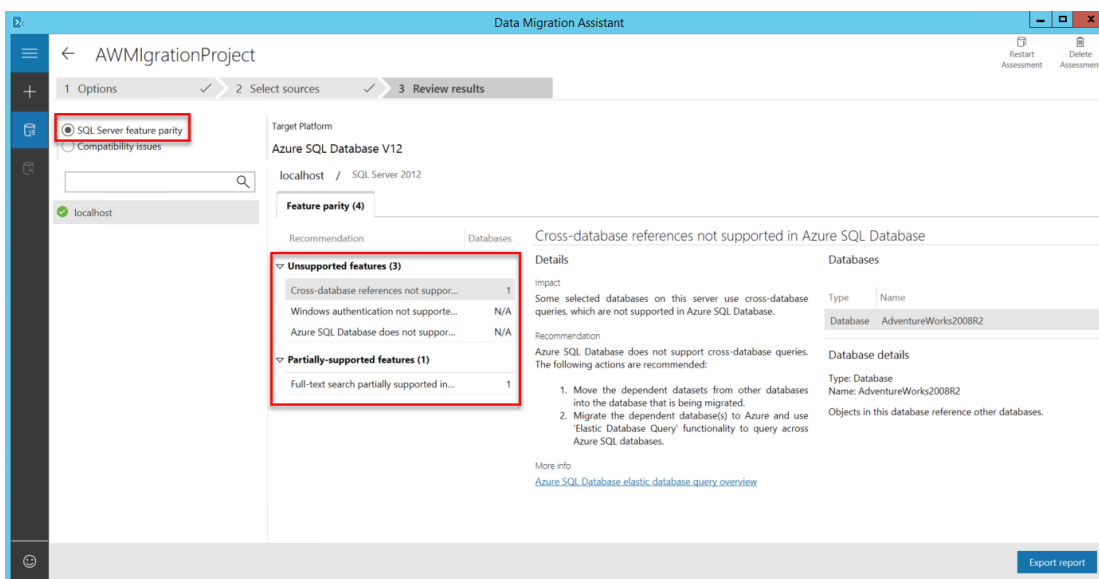


Figure 7-2 : Capture d'écran de l'assistant Migration des données d'Azure

Gestion des abonnements

Dès que vous commencez à utiliser vos applications directement dans le Cloud, vous devez envisager la gestion des abonnements. Il serait tentant de décider que l'ensemble de votre entreprise soit régie par un seul abonnement au Cloud. En réalité, ce modèle est considérablement inefficace. Il est difficile de tenir les comptes par application et/ou par centre de coûts ou service dans un modèle d'abonnement unique. En outre, gérer un grand nombre d'applications — certaines en production, certaines en test, etc. — peut être pénible ; et enfin, l'administrateur de l'abonnement unique peut se voir submergé par les demandes de nouvelles machines virtuelles et d'autres ressources.

Il est généralement plus efficace d'attribuer des abonnements aux centres de coûts individuels ou même à des applications ou à des groupes d'applications (par exemple, les applications de ventes). Cela donne une meilleure visibilité des coûts par fonction, et fournit aux dirigeants un moyen d'assigner à chaque groupe des cibles de coûts qu'il peut gérer de manière indépendante.

Dans une grande entreprise, pour une visibilité et une responsabilisation renforcées, vous souhaiterez peut-être établir une hiérarchie de la gouvernance du Cloud, telle que celle illustrée à la Figure 7-3.

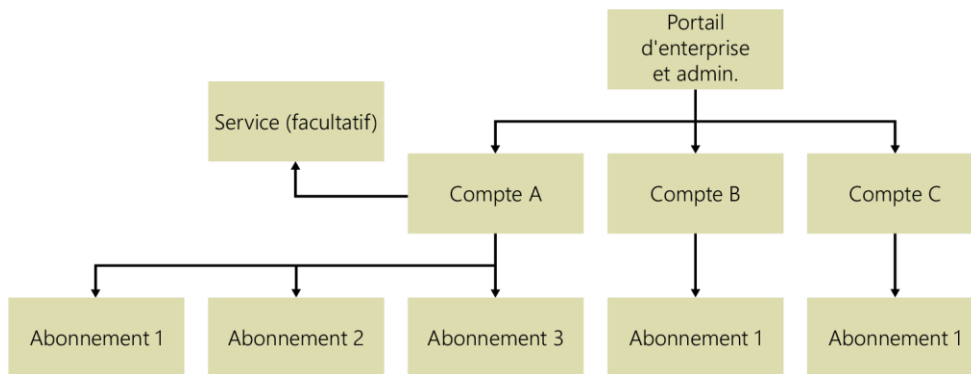


Figure 7-3 : Hiérarchie de gouvernance de la gestion des abonnements

Dans ce modèle, il existe un portail unique pour toute l'entreprise qui permet de visualiser les coûts pour toute celle-ci. Les comptes au niveau des services peuvent comporter un ou plusieurs abonnements, peut-être pour des centres de coût ou des domaines de solution individuelle.

Microsoft Power BI vous offre un moyen pratique de visualiser vos abonnements et leur utilisation, comme illustré à la Figure 7-4.

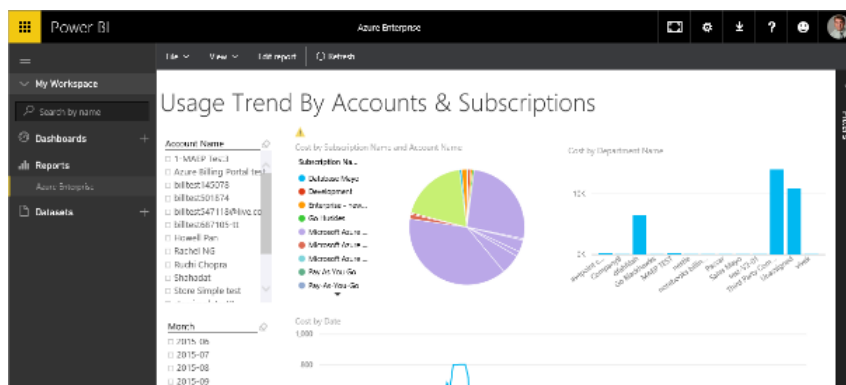


Figure 7-4 : Déclaration d'utilisation et de coûts Azure, visualisée dans Power BI

L'expérience de Microsoft IT

Lorsque Microsoft IT a commencé à migrer vers le Cloud en 2009, elle a appliqué un processus similaire. L'entreprise a tout d'abord répertorié ses instances de système d'exploitation et ses scénarios d'usage d'applications. Cette évaluation portait à la fois sur les données quantitatives, principalement récupérées à partir d'outils, et sur les données qualitatives, récupérées en partie via des outils et qui devaient aussi être examinées par l'équipe d'exploitation et l'équipe chargée des relations commerciales. Cette dernière catégorie de métadonnées comprenait les relations, dépendances et points d'intégration.

Microsoft IT a ensuite identifié les instances de système d'exploitation et les scénarios d'usage/applications pouvant être migrés en priorité. On a ensuite réduit cette liste initiale de candidats à la migration en supprimant les systèmes stratégiques. Ceux-ci seraient déplacés plus tard, lorsque l'entreprise aurait acquis davantage d'expérience en la matière. La liste de candidats a ensuite été triée selon les priorités et l'ordre de migration : les applications les moins complexes avant les plus complexes, et les applications fonctionnant sur des machines virtuelles à jour avant celles fonctionnant sur des machines physiques ou des machines virtuelles héritées. Certaines applications ont été considérées comme inadaptées à la migration pour diverses raisons (la plupart desquelles n'étant plus d'actualité en 2017). Ces applications ont été déplacées vers un datacenter sur site optimisé.

Après une première salve de migrations, Microsoft IT s'est tournée vers les instances de système d'exploitation (ISE) et scénarios d'usage moins adaptés afin de les préparer à la migration. Par exemple, les ISE basées sur des systèmes d'exploitation ou des versions de bases de données obsolètes ont été mises à jour, d'autres applications ont été déplacées des machines physiques vers les machines virtuelles, et d'autres applications stratégiques ont été considérées comme adaptées à la migration. Les applications et scénarios d'usage qui nécessitaient, après évaluation, un remaniement majeur, ont été recréés sous la forme de services sous Azure.

Voici le processus suivi, également illustré à la figure 7-5 :

1. Identifier les ressources matérielles adaptées à la migration (ISE) en fonction des limites de calcul, de stockage et de RAM d'Azure.
2. Identifier les applications adaptées à la migration, écarter pour le moment les applications comportant des données sensibles, les applications complexes et dépendantes de l'ordre d'exécution, et restructurer pour inclure plus d'applications.
3. Augmenter le nombre d'applications et de ressources matérielles adaptées à la migration en suivant la procédure ci-dessous :
 - Virtualiser plus de serveurs
 - Élargir l'application à plus de régions
 - Inclure les applications tournées vers l'extérieur
 - Notamment les applications comportant des données sensibles (à « Fort impact sur l'entreprise », ou HBI, comme indiqué sur le schéma)
 - Obtenir les versions actuelles (systèmes d'exploitation, SQL)
 - Augmenter les limites de la machine virtuelle Azure
4. Développer de nouvelles applications en tant que services pour les solutions IT SaaS.

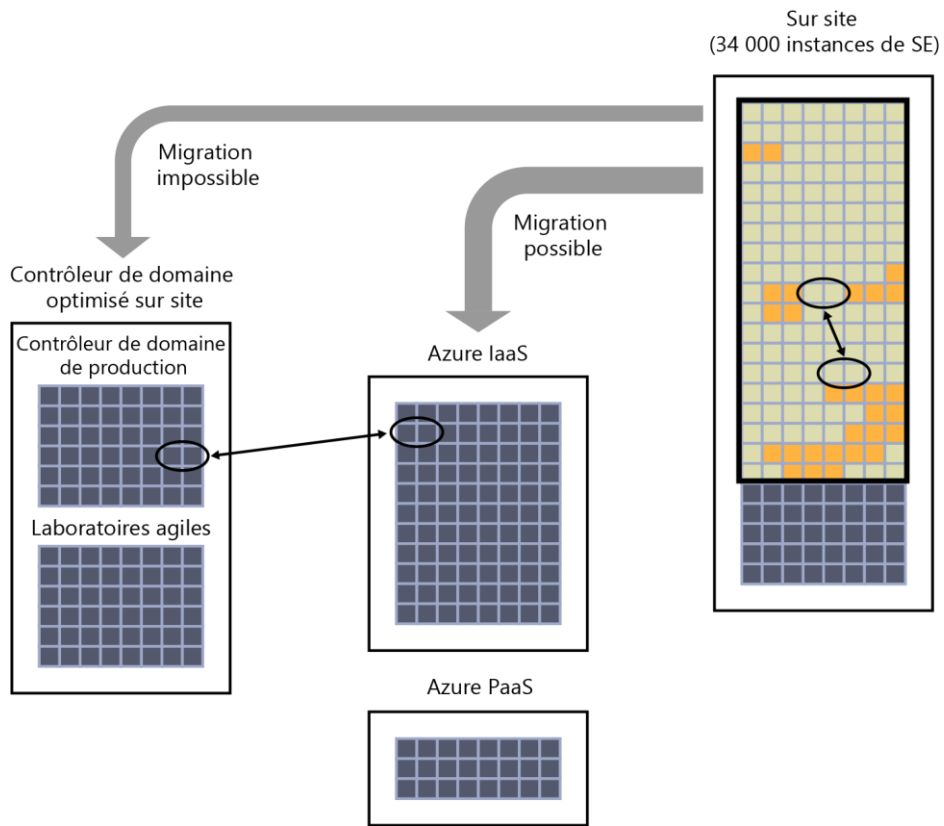


Figure 7-5 : Mise en œuvre du plan

Le DevOps améliore la productivité des équipes

Le développement, la configuration, le déploiement, la gestion et la mise à jour des applications dans le Cloud offrent de nombreuses opportunités nouvelles pour optimiser le rendement des équipes et réduire les coûts. En effet, les équipes de développeurs de logiciels IT et le personnel d'exploitation travaillent désormais en étroite collaboration pour que les processus de transfert des applications vers le Cloud soient transparents, rapides et efficaces. Dans ce chapitre, nous étudierons comment les équipes DevOps peuvent mettre en place rapidement des ressources Cloud pour les phases de développement et de test, puis les abandonner lorsqu'elles ne sont plus nécessaires. Nous évoquerons également la manière dont le DevOps traite « l'infrastructure comme du code » pour accélérer les déploiements et les mises à jour avec une plus grande sécurité.

Utilisation du Cloud pour le développement et les tests

Il n'y a pas si longtemps, l'un des plus importants freins de la productivité IT était la phase de test. Avant de lancer une application, il fallait la tester, d'abord par les développeurs et les testeurs dans des conditions extrêmement contrôlées, puis en conditions « réelles » par de vrais utilisateurs, au cours d'une phase généralement appelée Tests d'acceptation utilisateur (UAT). Les tests de conformité étaient en principe effectués à peu près au même moment.

Ce modèle de développement et de test posait un grand nombre de problèmes. Des bogues qui n'avaient jamais été observés auparavant au cours du développement ou des tests apparaissaient souvent en production. Pourquoi ? Parce que la configuration de l'environnement de production était souvent différente de celle de l'environnement de développement/test. Peut-être que la configuration matérielle était différente. Peut-être que les données « réelles » étaient qualitativement différentes des données de test, d'une manière ou d'une autre. Peut-être que la charge était anormalement élevée. Il en résultait en tout cas que, d'une manière ou d'une autre, l'environnement de développement/test était *différent* de celui de la production en conditions réelles et, sans qu'il y ait de quoi s'étonner avec un peu de recul, on constatait des problèmes.

Quand tout le développement avait été fait sur site, il pouvait s'avérer très difficile de créer un environnement qui corresponde au mieux au mode de production. Se procurer le matériel suffisant, par exemple, constituait une dépense de capital importante. Le fait de simuler la charge utilisateur pouvait conduire à des résultats inexacts si les environnements matériels ou les configurations logicielles étaient différentes. Et ainsi de suite.

Le fait d'utiliser le Cloud pour créer des environnements de développement/test présente un certain nombre d'opportunités ; l'essence du Cloud computing est de pouvoir être mobilisé, utilisé, puis restitué quand il n'est plus nécessaire. C'est précisément le modèle de l'environnement de développement et de test.

Avec les ateliers Dév./test Microsoft Azure (Figure 8-1), il devient possible de réaliser le développement et les tests dans le Cloud d'une manière contrôlée et en libre-service. Avec les ateliers Dév./test, vous pouvez affecter des serveurs au développement. Il est possible de mettre en service un ensemble distinct de serveurs, sous contrôle de configuration, à une certaine heure de la journée (par exemple, pendant la nuit) pour y exécuter des tests. Ces serveurs sont ensuite libérés quand les tests sont terminés ou à une heure donnée. Comme avec un atelier sur site, il est possible d'élaborer des stratégies concernant le type de machines à utiliser pour les tests, combien en affecter à chaque utilisateur, ainsi que la fin du projet (sa date d'expiration) pour l'atelier.

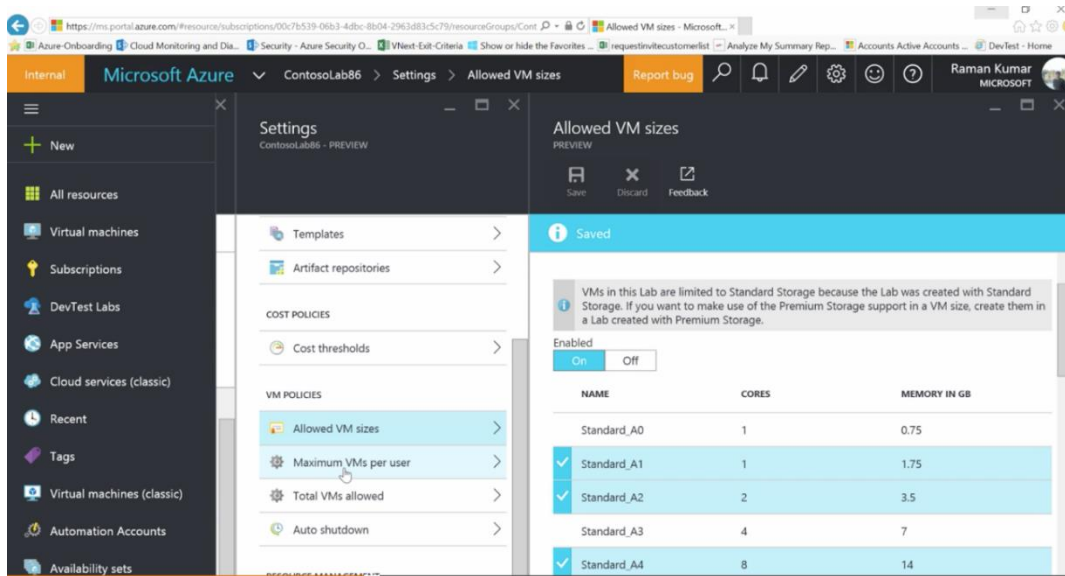


Figure 8-1 : Définition des tailles de machines virtuelles autorisées pour l'atelier Dev./test

Pour être sûr de tester le bon environnement à chaque fois, vous pouvez créer à l'avance des images de machine virtuelle contenant les logiciels nécessaires. Cela réduit ou élimine les erreurs courantes qui découlent d'environnements ou de configurations différents. En outre, vous pouvez inclure dans l'environnement de test des outils couramment utilisés tels que Fiddler de Telerik (outil d'analyse de trafic réseau), des scripts PowerShell, des fonctions de journalisation ou d'autres outils. Ceux-ci peuvent être très utiles pour diagnostiquer les problèmes lorsqu'ils surviennent. Enfin, la configuration de l'environnement peut être facilement mise à jour pour tester rapidement différentes configurations.

La révolution DevOps

Pendant des décennies, l'informatique d'entreprise était axée sur la gestion des risques et le contrôle des coûts. Chaque élément matériel et logiciel était soigneusement pris en compte ; les achats importants n'étaient réalisés qu'après plusieurs examens accomplis par différents groupes au sein de l'entreprise, pour s'assurer que l'argent était dépensé intelligemment.

Le processus de développement était tout aussi rigide. Les « chargés de compte » collaboraient avec leurs partenaires commerciaux pour documenter les besoins. Un cahier des charges fonctionnel était écrit et présenté à l'équipe de développement, laquelle répondait par une étude ou une spécification technique. Lorsque la documentation était validée après de nombreuses révisions, le développement pouvait commencer. Le code était présenté à l'équipe de test à différentes étapes. Elle effectuait les tests et renseignait des rapports de débogage. Finalement, le code était soumis au test d'acceptation utilisateur et, une fois celui-ci réussi (et seulement alors), le logiciel était mis en production.

Bien qu'elle soit facile à comprendre et simple à suivre dans le cadre de la gestion de projet, cette approche « en cascade » du développement logiciel était, bien évidemment, riche en sources de gaspillage et d'inefficacité. Le développement et le déploiement de nouvelles versions prenaient souvent des mois ou des années. Le déploiement des applications échouait en raison de différences de configuration entre les environnements de test, ou parce que la quantité et la nature du trafic en production n'étaient pas celles attendues. En raison du grand nombre de groupes impliqués (développement, test, opérations), la résolution des échecs critiques prenait beaucoup trop de temps. De nombreux services IT devaient endurer la critique d'être « trop chers et trop lents ».

De plus, à mesure que l'informatique orientée Internet devenait la norme, l'accent sur le coût et la gestion des risques a commencé à céder la place à une nouvelle orientation vers la *vitesse* ; autrement dit, la demande de versions (beaucoup) plus fréquentes. Les sites de commerce électronique, par exemple, qui font constamment la promotion de nouveaux produits et créent de nouvelles mesures incitatives, se sont trouvés confrontés à la nécessité de livrer des mises à jours plusieurs fois par *jour*, parfois des centaines.

Il fallait faire quelque chose, et ce fut fait.

Intégration continue et déploiement continu

S'inspirant des méthodes de fabrication « lean », sans gaspillage, beaucoup d'acteurs du domaine ont lancé des stratégies de développement beaucoup plus agiles. Celles-ci réduisaient ou ignoraient complètement les étapes fastidieuses de la documentation et faisaient appel à des « sprints » d'écriture de code pour mettre en œuvre certaines fonctionnalités et les tester avec des utilisateurs réels, recevoir leurs commentaires et les intégrer dans le sprint suivant. Au lieu d'envisager le développement d'un logiciel comme une série d'étapes, ces pionniers l'ont plutôt conçu comme un pipeline continu : développer, tester, déployer, répéter.

Les tests automatisés ont remplacé la majeure partie des tests manuels des fonctionnalités (notez le changement de l'intitulé de poste de *Testeur* à *Ingénieur de développement logiciel en test*, SDET). Aujourd'hui, l'action de contrôler un élément de code lance une série de tests automatisés consistant à vérifier qu'aucun problème n'est survenu (et si c'est le cas, le développeur en est rapidement informé et l'intégration du code est rejetée). Cela a pris le nom d'*Intégration continue* (CI).

En outre, il est vite devenu évident que les scripts et les configurations qui contrôlent le déploiement *sont eux-mêmes du code* d'une certaine manière, et peuvent donc être traités comme tel : avec un contrôle de version, un suivi des bogues, etc. Les entreprises ont commencé à intégrer la formule désormais célèbre qui préconise de traiter « l'infrastructure comme du code ». Dans Azure, par exemple, l'infrastructure est décrite à l'aide de Azure Resource Manager en notation d'objets JavaScript (JSON, Javascript Object Notation). Voici un petit extrait d'ARM qui nomme une machine virtuelle Linux :

```
{
  "type": "Microsoft.Compute/virtualMachines",
  "name": "demoLinuxVM",
  ...
}
```

Finalement, ce changement radical, aussi bien culturel que technologique, a pris le nom de DevOps, à mesure que les frontières des rôles traditionnellement séparés du développement, du test et des opérations devenaient de plus en plus floues. Quand un nouvel élément de code était écrit, il passait des tests automatisés et, en cas de réussite, il était automatiquement déployé en production. Cela se nomme le *Déploiement continu* (CD). Voilà comment certaines applications peuvent maintenant être déployées jusqu'à 200 fois par jour !

Pilotage et instrumentation

En DevOps, les développeurs intègrent aussi des instruments dans le code, de sorte qu'ils reçoivent à tout moment la télémétrie et qu'il leur est possible de surveiller l'intégrité de l'application. Azure Application Insights fournit non seulement les API, mais également un tableau de bord sur lequel vous pouvez surveiller la télémétrie, notamment les alertes. Ces données peuvent également être acheminées vers un référentiel tel que Hadoop ou sa version de service géré par Azure, HDInsight (abordé en détail au chapitre 12), où vous pouvez analyser les habitudes d'utilisation et d'autres tendances. Par exemple, la Figure 8-2 présente une analyse Application Insights qui indique le temps de séjour moyen des utilisateurs sur un site.

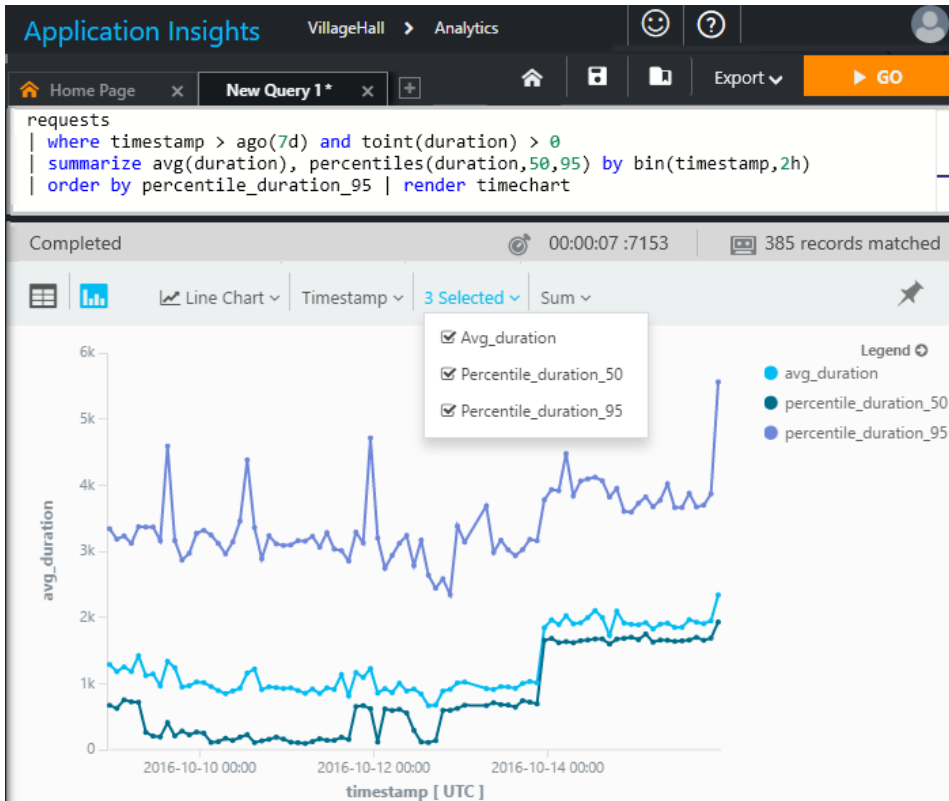


Figure 8-2 : Application Insights indiquant le temps de séjour moyen des utilisateurs

Vous voyez maintenant le nouveau cycle du développement : écriture du code, test utilisateur, test automatisé, déploiement automatique, suivi des retours en temps réel de la télémétrie et des ajustements des paramètres de déploiement, si nécessaire.

Vous voulez voir une vue unifiée de tous les éléments de mesure pertinents pour votre application ? Vous pouvez utiliser Azure Monitor qui a fait l'objet d'une annonce récente, illustré à la Figure 8-3. Il regroupe les journaux d'activité (qui suivent toutes les opérations effectuées sur les ressources Azure), les éléments de mesure, les journaux de diagnostic, et fournit des outils avec lesquels vous pouvez configurer des règles d'alerte.

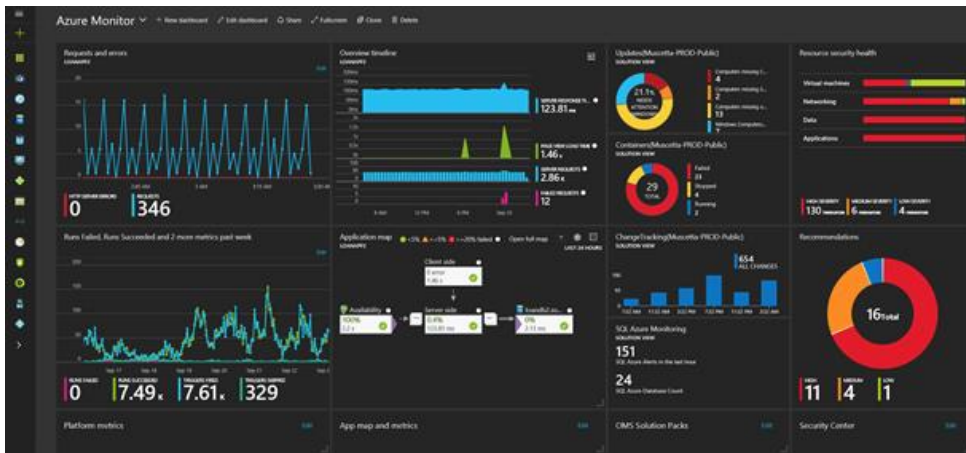


Figure 8-3 : Azure Monitor

Enfin, Azure Log Analytics recueille et regroupe les données provenant de nombreuses sources de pilotage, avec toutefois un délai de 10 à 15 minutes. Partie intégrante de la suite Operations Management Suite, Log Analytics fournit une solution de gestion IT globale pour les infrastructures sur site, Azure et en Cloud fourni par des tiers. Cette suite fournit des outils puissants pour analyser les données provenant de davantage de sources, pour faciliter les requêtes complexes dans tous les journaux. Elle peut en outre émettre des alertes anticipées d'après des conditions spécifiées. Vous pouvez même collecter des données personnalisées dans son référentiel afin de les interroger et de les visualiser.

Utiliser DevOps pour optimiser votre infrastructure

Voici un résultat peut-être inattendu de la migration de vos applications vers le Cloud : vous découvrirez peut-être que vous *dépensez plus* dans le Cloud que sur site.

Que s'est-il passé ? Après tout, la plus grande partie de ce livre défendait l'idée que le Cloud ferait gagner du temps et de l'argent à votre entreprise !

Une raison très fréquente de cette situation indésirable réside dans le fait que, quand les applications sont déplacées vers le Cloud pour la première fois, leurs configurations sont plus ou moins exactement répliquées. Par exemple, si vous aviez huit serveurs dédiés à l'application dans votre datacenter sur site, il est probable que, lors du déplacement initial, vous y ayez alloué huit serveurs Cloud IaaS (Infrastructure as a Service).

Bien sûr, vous aviez huit serveurs attribués à cette application parce qu'il vous fallait pouvoir traiter des pics de charge ; la plupart du temps, l'utilisation de ces processeurs était faible.

C'est là que le Cloud et le DevOps démontrent toute leur utilité. En assurant le pilotage permanent à l'aide d'outils tels qu'Application Insights, mentionné plus haut, vous avez la vision au jour le jour (ou même, si c'est votre souhait, minute par minute) de ce que font vos applications.

Il n'est pas du tout rare de découvrir qu'une fraction significative de vos serveurs n'est que faiblement utilisée. Cela peut induire des économies importantes.

Si par exemple, vous voyez que vous avez huit serveurs qui sont tous à 6 % d'utilisation du processeur, il vous est possible de regrouper cette charge sur deux serveurs et de rendre les autres disponibles au pool. Seuls les deux en fonctionnement vous seront facturés. En appliquant cette règle à l'ensemble de votre portefeuille d'applications dans le Cloud, vous devriez constater des économies considérables.

Dans l'exemple présenté dans la Figure 8-4, une application IaaS particulière exécutée dans le service IT de Microsoft a été observée et son utilisation de processeur a été mesurée conformément à l'algorithme P95, standard du secteur. Exécutée sur un serveur relativement important, son coût mensuel avoisinait les 1 400 USD.

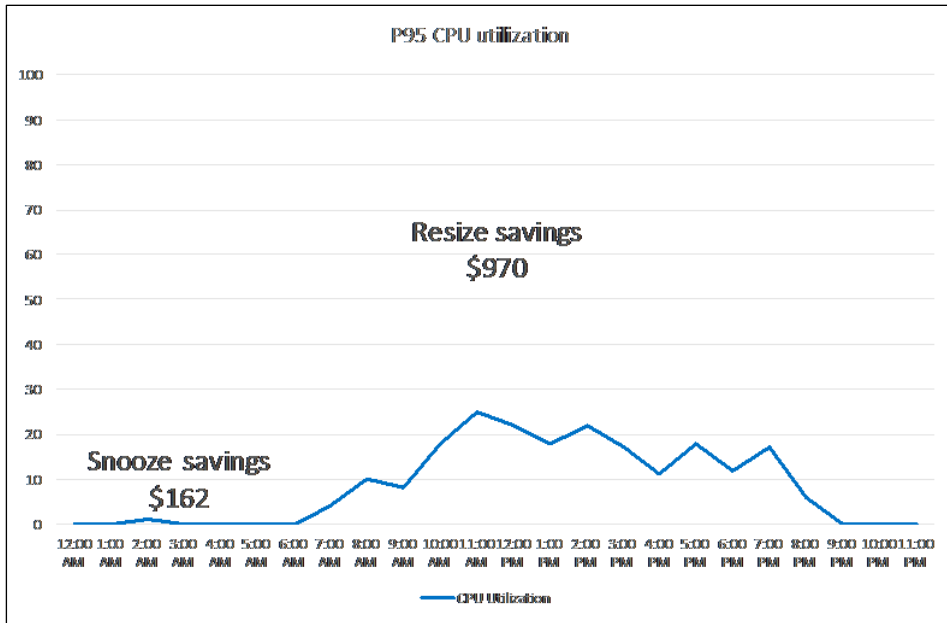


Figure 8-4 : Utilisation de processeur d'une application IaaS

Vous pouvez voir que cette application n'est active qu'entre 06 h 00 et 21 h 00, et que son utilisation de processeur maximale, la plus grande valeur *jamais atteinte*, était d'environ 25 pour cent !

Le service IT de Microsoft a affecté à cette application un horaire « veille » pour la déconnecter pendant les heures creuses, au cours desquelles les ressources du serveur Cloud étaient libérées. Ils ont également déménagé l'application vers un serveur plus petit, plus adapté à la charge légère.

Ensemble, ces deux actions simples ont permis d'économiser plus d'un millier de dollars par mois !

Comparez maintenant ces coûts à l'exécution de l'application sur site : dans votre datacenter, vous payez constamment pour les serveurs ; vous ne pouvez pas les restituer au « pool », et il n'est pas non plus aisé de les redimensionner. Cela illustre bien comment l'association des fonctionnalités DevOps avec le Cloud peut être à l'origine d'économies importantes.

Changer la conversation

Avec l'optimisation continue, vous êtes toujours à la recherche des serveurs surdimensionnés, des serveurs et des bases de données en sous-utilisation et des applications peu ou pas utilisées dans les heures creuses. Pour un grand écosystème IT dans le Cloud, cela peut littéralement permettre d'économiser des millions de dollars.

Mais l'optimisation peut aussi modifier la conversation entre le service IT et ses partenaires commerciaux. Un propriétaire de solution a déterminé que la production d'un certain rapport concernant les ventes mondiales pourrait bénéficier d'un accroissement de puissance de processeur. C'est devenu un sujet de conversation d'ordre économique : l'entreprise pouvait recevoir son rapport sur une base horaire, *si elle acceptait de payer les serveurs supplémentaires nécessaires*. Mais si un rapport quotidien lui suffisait, il lui faudrait moins de serveurs et le coût serait moindre.

En outre, si pendant certaines périodes (par exemple, vers la fin d'un trimestre), les rapports horaires étaient temporairement requis (contre un coût supplémentaire), le service IT pourrait répondre à cette demande. Cette agilité est sans précédent et aurait été impossible dans le monde d'avant le Cloud.

Sécurité et gouvernance du Cloud

L'une des premières questions que pose tout cadre IT en charge concerne la sécurité des données et des applications dans le Cloud. La réponse est un oui définitif, pour autant que les contrôles et les technologies appropriés soient mis en œuvre. La mise en œuvre de la sécurité est l'un des domaines d'application de la gouvernance et de la technologie simultanément.

En effet, le fait de déplacer les applications vers le Cloud n'élimine pas la plupart des rôles « traditionnels » du service IT : la sécurité, la bonne gestion des données de l'entreprise, le contrôle des coûts et la bonne gestion du changement demeurent des domaines de responsabilité essentiels. Mais, la *manière* dont les entreprises se gouvernent change quand elles sont dans le Cloud. Dans ce chapitre, nous examinons la sécurité et la gouvernance du Cloud, et la manière dont les cadres du service IT doivent les envisager.

Sécurité dans le Cloud

Presque tous les cadres IT auxquels nous avons parlé avouent s'être sentis quelque peu mal à l'aise à l'idée de déplacer leurs écosystèmes IT vers le Cloud. Après tout, lorsque toutes les applications et les données résident dans le datacenter sur site, l'IT de l'entreprise est sous contrôle. Nous pouvons comparer cela au concept de la banque il y a 150 ans. À cette époque, les gens gardaient leur argent sous leur matelas. Mais chacun a fini par réaliser que son argent était beaucoup plus en sécurité dans une banque, où il était protégé par des professionnels.

Mais la sécurité du Cloud diffère de celle des banques par un aspect important : en tant que propriétaire de vos applications et de vos données, vous devez être un participant actif de votre sécurité. Dans les paragraphes suivants, nous allons exposer quelques-uns des domaines auxquels vous devez consacrer de l'attention et des ressources.

Sécurité physique

Toute sécurité commence par la sécurité physique ; autrement dit, la sécurité des installations physiques dans lesquelles s'exécute le Cloud : les datacenters Cloud. Les fournisseurs de Cloud investissent beaucoup dans la sécurité physique ; tous disposent d'une vidéosurveillance 24 h/24 et 7 j/7. Les collaborateurs des datacenters Cloud doivent subir de rigoureuses vérifications d'antécédents. L'admission dans les aires des serveurs requiert plusieurs formes d'authentification, y compris un contrôle biométrique. Toutes les activités sont surveillées et vérifiées.

Mises à jour logicielles

Rappelons que si vous avez déployé vos applications dans le Cloud sous la forme de machines virtuelles IaaS (Infrastructure as a Service), votre personnel demeure responsable de veiller à ce que les mises à jour et les correctifs des logiciels du système soient appliqués en temps opportun. Si vous utilisez un modèle PaaS (Platform as a Service), votre fournisseur de Cloud assurera pour vous la maintenance des logiciels du système.

Chiffrement en tout lieu

Il est recommandé que les applications utilisent le chiffrement partout où c'est possible. Pour les connexions de Cloud hybride (les connexions entre le datacenter sur site et le Cloud), les réseaux privés virtuels et Microsoft Azure ExpressRoute utilisent IPsec avec Internet Key Exchange comme transport sous-jacent.

Envisagez d'utiliser le protocole TLS (Transport Level Security), qui est la technologie de sécurité qui sous-tend le HTTPS (HTTP sécurisé) pour l'accès client aux sites Web du Cloud.

Vous devez également chiffrer les données au repos dans Microsoft Azure Storage ou dans les bases de données, chaque fois que cela est possible. Azure SQL Database, par exemple, offre le chiffrement transparent des données (Transparent Data Encryption) pour le chiffrement et déchiffrement en temps réel des données, à l'aide d'un certificat de serveur. Les répliques de différentes régions géographiques disposent de certificats différents qui tournent tous les 90 jours (c'est la norme admise).

Chambres fortes et modules de sécurité matérielle

Une bonne pratique de sécurité consiste à séparer les clés de chiffrement de l'application ; cela est possible avec une *chambre forte* telle que Azure Key Vault. Avec cette fonctionnalité, l'administrateur crée d'abord une chambre forte pour l'application ; il y place alors les clés (Figure 9-1). Azure Key Vault fournit alors au développeur les URL des clés. L'application pourra les utiliser lors de son exécution pour déchiffrer des données quelconques, dans Azure Storage ou ailleurs.

L'administrateur de l'abonnement Azure crée et gère le coffre et les clés

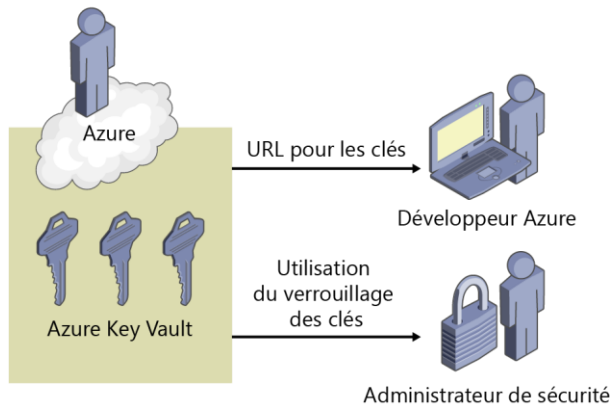


Figure 9-1 : Azure Key Vault

Pour une protection accrue, les clés peuvent être stockées dans un module de sécurité matérielle (HSM, Hardware Security Module), qui est une application physique capable à la fois de stocker et de générer les clés. Les HSM peuvent aussi déporter le traitement cryptographique (qui est généralement une activité très consommatrice de ressources de processeur) pour effectuer le chiffrement et le déchiffrement en interne.

Logiciel antivirus

Rien ne peut être plus douloureux que de découvrir qu'une application (sur site ou dans le Cloud) répand un virus ; sciemment ou non. Les applications (notamment dans une structure IaaS) doivent profiter du logiciel anti-programmes malveillants fourni par le fournisseur de Cloud (tel que Microsoft Antimalware) ou par un partenaire sur le marché du Cloud. Tous les événements détectés par les logiciels anti-programmes malveillants sont consignés. Les administrateurs Cloud doivent examiner régulièrement ces journaux pour déterminer s'il convient de prendre des mesures.

Authentification multifacteur

Pour plus de sécurité, envisagez d'utiliser l'authentification multifacteur (MFA) lorsque les utilisateurs se connectent. La MFA demande une seconde forme d'identité en plus du nom et du mot de passe de l'utilisateur pour accéder aux ressources de l'entreprise. Diverses formes d'AMF sont disponibles : modèles biométriques, appels téléphoniques et messages texte. Par exemple, un utilisateur qui se connecte peut déclencher un appel vers un téléphone mobile doté de la capacité d'identification par empreinte ; l'utilisateur ne peut pas se connecter tant que le téléphone n'a pas renvoyé une entrée valide.

Une autre forme de MFA modifie un nombre aléatoire sur un appareil mobile toutes les quelques secondes, selon un algorithme prédéterminé ; l'utilisateur doit taper le numéro affiché par le téléphone pour se voir accorder l'accès.

Cycle de vie du développement sécurisé

Même si le Cloud garantit de nombreux avantages en matière de sécurité, l'hébergement d'une application dans le Cloud ne libère pas totalement de leurs responsabilités les développeurs

d'applications et les professionnels de la sécurité. Nous recommandons vivement aux développeurs et aux testeurs d'adhérer au Security Development Lifecycle (<https://www.microsoft.com/sdl/default.aspx>), qui propose une procédure permettant d'anticiper et d'atténuer les menaces. Les options antivirus et anti-programmes malveillants doivent être incluses dans vos déploiements.

Surveillance des atteintes à la sécurité

Les responsables IT doivent être vigilants en ce qui concerne les atteintes à la sécurité des applications Cloud, comme ils le sont pour les applications sur site. Heureusement, les fournisseurs de Cloud ont aussi à leur disposition des professionnels formés à la sécurité qui surveillent les activités du Cloud 24 h/24 et 7 j/7.

Vous pouvez déployer une application SIEM (Security Intrusion and Event Management) pour plus de sécurité. Les systèmes SIEM parcourent les applications à la recherche de points de vulnérabilité, assurent la détection des intrusions et surveillent le comportement des utilisateurs pour déceler les actions malveillantes.

En outre, le centre de sécurité Azure Security Center (Figure 9-2) fournit aux professionnels de la sécurité de votre organisation un large éventail de fonctionnalités, notamment la formulation de recommandations (concernant par exemple l'application de correctifs ou la mise à jour des logiciels antivirus), des alertes de sécurité (par exemple le fait que votre application communique avec des adresses IP malveillantes connues) et la définition de stratégies de sécurité pour vos applications.

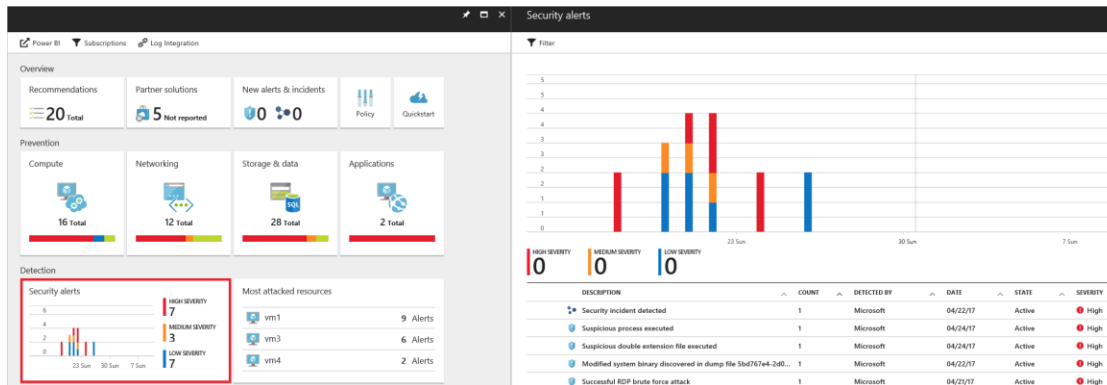


Figure 9-2 : Azure Security Center

Test d'intrusion

Parfois, il n'est possible de déceler les points de vulnérabilité qu'en essayant réellement de pirater une application. De nombreuses entreprises emploient des équipes de professionnels experts de la sécurité informatique pour réaliser ce que l'on appelle des tests d'intrusion. C'est une bonne pratique.

Toutefois, vous avez intérêt à collaborer avec votre fournisseur de services Cloud pour planifier ces tests, car il lui sera difficile de faire la distinction entre un test et une véritable attaque sans avertissement préalable.

Comprendre les contrôles de sécurité dans le Cloud

La Figure 9-3 précise la répartition des responsabilités de sécurité selon le modèle d'application — sur site, IaaS, PaaS et SaaS (Software as a Service).

On-Premises Security Dependencies	IaaS Infrastructure en tant que serv.	PaaS Plateforme en tant que service	SaaS Logiciel en tant que service
1. Stratégie de sécurité, gouvernance et opérationnalisation : fournir une vision, des normes et des directives claires à l'entreprise			
2. Contrôle administratif : éviter la perte de contrôle de vos services cloud et systèmes sur site			
3. Données : identifier et protéger les informations les plus importantes			
4. Sécurité des identités utilisateur et de l'appareil : renforcer la protection des comptes et appareils			
5. Sécurité de l'application : veiller à ce que le code de l'application résiste aux attaques			
6. Réseau : veiller à la connectivité, à l'isolation et à la visibilité des attaques anormales			
7. SE et intergiciels : protéger l'intégrité des hôtes			
8. Environnements privés ou sur site : sécuriser les bases			

Figure 9-3 : Compréhension des responsabilités en matière de contrôles de sécurité

Gouvernance, conformité et risques

Les entreprises sont gestionnaires de leur gouvernance, de la conformité et des risques depuis qu'elles existent. Chaque organisation a sa propre approche des aspects de la gouvernance, de la gestion des risques et de la conformité, d'une approche au cas par cas et désorganisée à une approche mûre et harmonisée.

La gouvernance, la gestion des risques et la conformité (GRC) sont trois aspects qui permettent de dire qu'une entreprise atteint ses objectifs, comme l'illustre la figure 9-4.

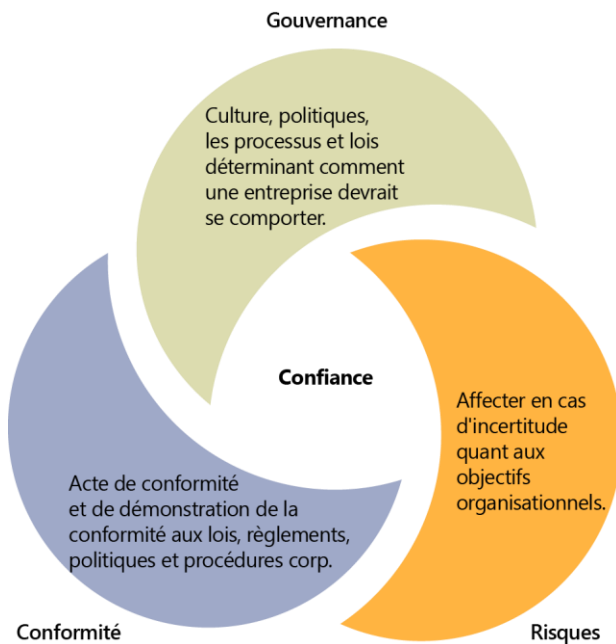


Figure 9-4 : Structure de la gouvernance, de la conformité et des risques

- La gouvernance est la combinaison des processus mis en place et exécutés par la direction (ou le conseil d'administration) qui lui servent à atteindre ses objectifs.
- La gestion des risques consiste en la prédiction, la compréhension et le traitement des risques qui sont susceptibles d'empêcher l'entreprise d'atteindre ses objectifs ou de la freiner.
- La conformité fait référence au respect des stratégies et des procédures ainsi qu'à celui des lois et des réglementations.

La GRC est une discipline qui vise à synchroniser les informations et les activités dans les domaines de la gouvernance, de la gestion des risques et de la conformité, afin de fonctionner plus efficacement, de faciliter l'échange efficace des informations, de dresser de meilleurs rapports d'activité et d'éviter des chevauchements inutiles.

Par conséquent, les objectifs de tout programme de GRC doivent inclure les suivants :

- Maintenir les risques à des niveaux acceptables
- Maintenir la disponibilité des systèmes et des services
- Respecter les lois et réglementations en vigueur
- Protéger les données des clients

De manière générale, la GRC n'est pas une fonction « nouvelle » dans le Cloud ; c'est plutôt une extension des activités existantes. Les professionnels de la GRC doivent donc comprendre les conséquences du Cloud sur leurs domaines et développer leurs méthodes existantes.

Assurer la conformité réglementaire

Assurer le respect de la réglementation peut être une tâche complexe ; pour les organisations multinationales, notamment dans les secteurs fortement réglementés tels que les soins de santé et les services financiers, elle peut être encore plus difficile. Bien sûr, normes et réglementations abondent. De plus, elles changent fréquemment. Cela rend difficile aux entreprises de se tenir au courant de toutes les lois relatives au traitement international des données électroniques.

Comme dans le cas des contrôles de sécurité, les entreprises doivent comprendre le partage des responsabilités en matière de conformité réglementaire dans le Cloud. Les fournisseurs de Cloud tels que Microsoft s'efforcent de faire en sorte que leurs plateformes et leurs services sont conformes ; mais de leur côté, les entreprises doivent également s'assurer que leurs applications, ou celles fournies par des tiers, sont conformes.

De même, les applications des industries réglementées qui font appel à des services de Cloud peuvent nécessiter une certification de leur fournisseur de Cloud. Par exemple, une application de soins de santé qui traite des informations sur la santé des patients (PHI, Patient Health Information) est soumise aux règles de confidentialité et de sécurité inscrites dans la loi HIPAA (Health Information Portability and Accountability Act). Il est donc nécessaire qu'une entreprise du domaine de la santé reçoive des garanties écrites de la part du fournisseur de Cloud, comme quoi il prendra les mesures nécessaires pour protéger toutes les PHI reçues ou créées.

Une autre réglementation importante est la norme PCI DSS (Payment Card Industry Data Security Standard). C'est une norme de sécurité des informations propriétaires destinée aux organisations qui traitent des cartes de crédit provenant des principales marques de cartes, notamment Visa, MasterCard, American Express, Discover et JCB. La norme PCI est mandatée par les marques de cartes et est administrée par le Conseil des normes de sécurité de l'industrie des cartes de paiement. Cette norme a été créée afin d'accroître les contrôles relatifs aux données des titulaires de carte afin de réduire la fraude à la carte de crédit. La validation de la conformité est effectuée chaque année, soit par un évaluateur de sécurité qualifié (QSA) externe, soit par un évaluateur de sécurité interne (ISA) spécifique à l'entreprise, qui produit un rapport de conformité (ROC) pour les organisations qui traitent de gros volumes de transactions, soit par un questionnaire d'auto-évaluation (SAQ) des entreprises.

Microsoft a reçu de cette manière bien plus de cinquante attestations de conformité, que vous pouvez voir dans la figure 9-5. Consultez le Centre de gestion de la confidentialité Microsoft Azure de temps à autre pour prendre connaissance de l'actualité ainsi que de conseils importants concernant la conformité.

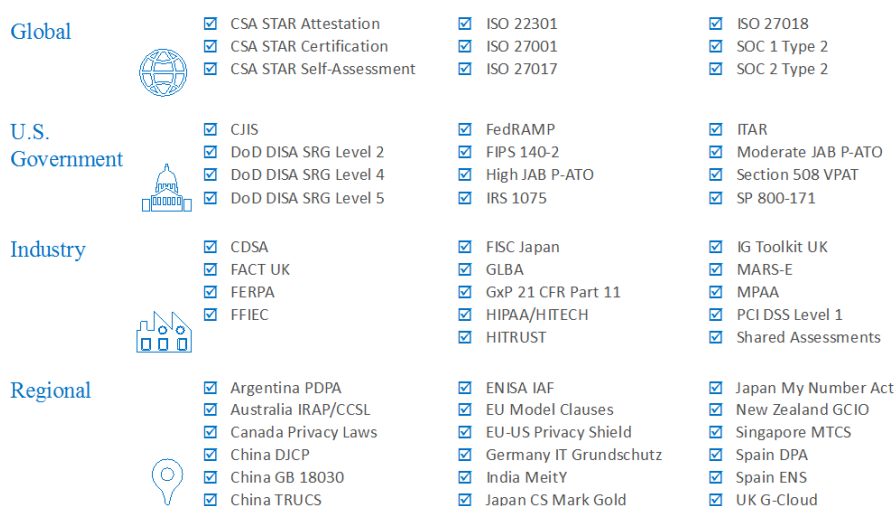


Figure 9-5 : Attestations de conformité de Microsoft Azure

De nombreuses nouvelles lois, particulièrement celles qui traitent de la vie privée et des informations personnelles identifiables (PII), exigent que les entreprises elles-mêmes soient conformes et établissent des rapports de conformité. Elles doivent également signaler toutes les infractions survenues.

Un des développements les plus importants dans ce domaine est l'adoption récente par la Commission européenne du Règlement général sur la protection des données (RGPD), qui vise à renforcer la protection des données des particuliers au sein de l'Union européenne. Le RGPD exige que les données concernant les personnes, « nom, adresse de domicile, photo, adresse e-mail, coordonnées bancaires, messages sur les sites des réseaux sociaux, renseignements médicaux ou adresse IP d'ordinateur »¹¹, soient conservées sur des serveurs situés dans l'Union européenne et ne soient pas transférées à l'extérieur de celle-ci. Il exige également que les sociétés avisent les personnes de toute violation de données qui les concernent et mandate les entreprises qui disposent d'un administrateur de la sécurité des données. D'autres pays disposent de semblables types de règlement ou sont en train de les développer.

Azure comporte un certain nombre de services pour tenir compte du RGPD et d'initiatives semblables (Figure 9-6). Azure Information Protection assure le suivi des documents et les capacités de révocation, ce qui vous permet à la fois de piloter le flux de données dans l'organisation et de

¹¹ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-46_en.htm?locale=en

révoquer les accès. Avec Microsoft Office 365 Advanced Data Governance, vous pouvez affecter des classifications aux données de l'entreprise.

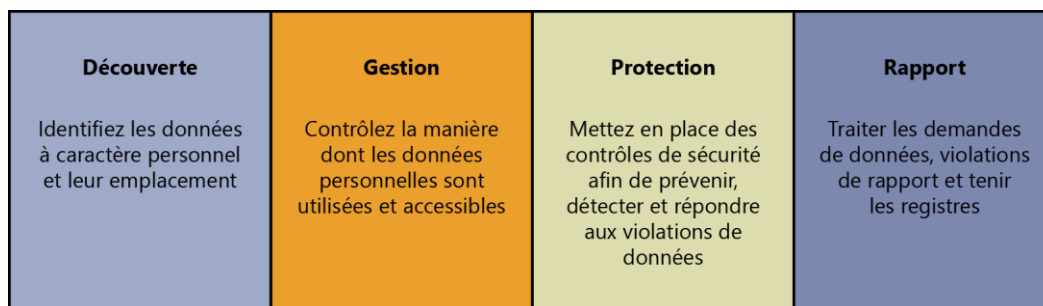


Figure 9-6 : Respect du RGPD et d'autres initiatives

Gouvernance des données

Pour assurer la conformité à de nombreux règlements et standards, une fonction de gouvernance des données est essentielle. La gouvernance des données est une fonction critique du service IT depuis bien avant l'ère du Cloud. Créer des modèles de données communs et veiller à ce qu'ils soient respectés, offrir des possibilités d'extension si nécessaire, gérer les changements, assurer des mises à jour régulières et contrôlées de la taxonomie, spécifier l'utilisation des données principales et des données de référence, mettre en œuvre la classification des données, appliquer des processus formels de conservation et de destruction des données... Autant d'activités qui font partie de la fonction de gouvernance IT depuis des dizaines d'années. La figure 9-7 présente le processus impliqué dans la gouvernance des données.

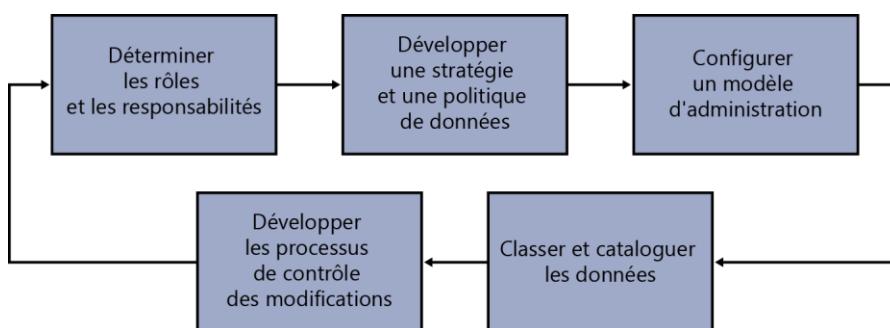


Figure 9-7 : Processus de gouvernance des données

Pour votre part, vous devez savoir quelles données vos applications conservent dans le Cloud et connaître les lois de votre pays ou de votre région en ce qui concerne la souveraineté des données et leur transfert transfrontalier. Vous pourriez envisager de mettre en œuvre certaines des mesures suivantes :

- Ne mettre aucune donnée sur les individus ou les clients dans le Cloud
- Chiffrer les données personnelles importantes, telles que les adresses e-mail ou postales, avant de déplacer des données vers le Cloud
- Désactiver la géo-réplication vers d'autres zones géographiques

Gouvernance financière

Nous avons déjà décrit les modifications relativement importantes apportées aux aspects financiers des services IT depuis l'avènement du Cloud ; par exemple le passage d'un modèle de dépenses en capital à un modèle de dépenses opérationnelles ou un modèle d'abonnement. La gouvernance financière consiste à assurer une gestion méthodique et prévisible des changements financiers. Elle comprend les vérifications suivantes :

- Les frais réels liés au Cloud correspondent aux pronostics
- La diminution des dépenses en capital suit la courbe prévue
- Les abonnements sont gérés de façon raisonnable (par exemple, par centre de coûts ou par domaine d'application) et aucun compte de carte de crédit « sauvage » n'est autorisé
- Des mécanismes de rétrofacturation adaptés sont mis en place ou élargis pour prendre en charge le Cloud
- Les rapports budgétaires trimestriels ou annuels illustrent les changements nécessaires
- Les rapports générés reflètent avec exactitude les dépenses actuelles liées aux services IT

Gestion du changement

La majorité des organisations IT disposent d'un bureau de gestion des programmes (program management office, PMO) d'une forme quelconque. La fonction du PMO est de minimiser les risques et les interruptions du service IT dus aux modifications apportées. Lors de la migration vers le Cloud, le PMO devra endosser de nouveaux rôles de gestion du changement. Voici quelques exemples de ces nouvelles responsabilités :

- La préparation opérationnelle, pour s'assurer que les opérations ou la fonction DevOps sont à même de gérer une application basée dans le cloud
- La préparation des utilisateurs, si le fonctionnement de certaines applications est altéré
- La préparation organisationnelle, pour garantir notamment le fonctionnement continu des applications dépendantes et le respect des exigences en matière de sécurité, de conformité et en matière de finances
- Préparation des applications et de l'écosystème, pour veiller à tester et préparer correctement les applications migrées vers le Cloud et les applications qui restent sur site mais sont intégrées aux applications Cloud, afin d'éviter tout problème inopiné.

La gouvernance comporte d'autres dimensions (la gestion des fournisseurs, par exemple). Toutefois, il ne doit plus faire aucun doute que la gouvernance dans le Cloud, de manière générale, implique une extension des fonctions existantes. Les professionnels de chaque domaine doivent envisager l'impact des applications Cloud sur leur travail.

L'ITIL et le Cloud

Comme nous l'avons fait remarquer au chapitre 8, le passage à un modèle DevOps d'intégration continue et de déploiement continu permet souvent aux entreprises de réaliser beaucoup plus rapidement l'implémentation de nouvelles fonctionnalités dans leurs applications Cloud. Cependant, il existe de nombreuses applications pour lesquelles le changement doit être strictement contrôlé, telles que les applications qui gèrent les finances de l'entreprise, la plus cruciale étant évidemment le système ERP (Enterprise Resource Planning). La nécessité pour ces structures traditionnelles de maîtriser le changement — et les risques afférents— demeure indispensable.

Beaucoup d'organisations IT font appel à l'infrastructure ITIL (Information Technology Infrastructure Library) pour la gestion des services et les opérations. Au fil des ans, l'ITIL¹² s'est révélée être un ensemble de pratiques utiles pour la gestion des services IT (IT Service Management, ITSM) et l'adaptation des investissements et opérations IT en fonction des objectifs de l'entreprise. Les partisans de l'ITIL ont loué ses nombreux avantages, parmi lesquels une fiabilité accrue, des temps d'activité supérieurs et des coûts prévisibles.

L'ITIL est principalement axée sur les *services* IT, à savoir les fonctions et processus que l'organisme IT apporte à l'entreprise. Un service peut être une application, un ensemble d'applications, des conseils ou des consultants qui aident les utilisateurs à remplir leur rôle au sein de l'entreprise. En tant que technologie, le cloud ne modifie généralement pas les objectifs de l'ITIL. Toutefois, il peut transfigurer la méthode de prestation des services, comme nous l'avons illustré plus haut.

L'ITIL se compose de cinq domaines stratégiques principaux :

- **La stratégie des services IT** La stratégie des services ITIL offre un ensemble d'infrastructures permettant d'identifier les services fournis, la méthode d'évaluation de leur plus-value, la façon de calculer les coûts et le retour sur investissement (ROI), ainsi que la gestion des relations entre le service IT et ses partenaires commerciaux. Plus haut dans ce chapitre nous avons décrit une procédure d'élaboration d'une stratégie pour définir les objectifs généraux (d'un point de vue technique, financier et organisationnel) de la migration vers le Cloud.
- **La conception des services IT** Cet aspect englobe la conception de différents processus et les relations qui existent entre eux, les contrats de niveau de service (SLA), la gestion des capacités et de la disponibilité, la gestion de la continuité de service, la sécurité et la gestion des fournisseurs. Quelques-uns de ces points ont également été abordés plus haut dans ce chapitre. Des modèles de sauvegarde et de continuité de service figurent dans l'Annexe B.

La conception des services IT met également en évidence la nécessité d'établir un catalogue de services dont la gestion du portefeuille et la gestion de la configuration sont des éléments clés.

- **La transition des services IT** La transition des services fait référence au contrôle des prestations et du déploiement des services. La phase de transition comprend généralement la gestion du changement, la gestion de la mise en service et du déploiement ainsi que l'évaluation des services. L'objectif est évidemment de déployer les nouveaux services et les modifications des services existants moyennant un impact minimal sur l'écosystème IT global.

Bien que la structure de la transition des services reste identique, les tâches proprement dites de déploiement d'un service dans le Cloud évoluent de façon significative, comme nous l'avons décrit ci-dessus. Plus particulièrement, l'émergence du principe DevOps et des méthodologies connexes s'accompagne de nouveaux outils et processus de développement. En outre, les services IT peuvent souhaiter envisager différemment certains aspects, tels que l'évaluation des SLA. Par exemple, la latence du trafic réseau sur l'Internet ouvert peut être accrue vers le Cloud.

De même, les services IT doivent configurer un environnement de test dans le Cloud qui reflète l'environnement de production pour permettre d'effectuer, avant le déploiement complet pour la production, des tests d'acceptation utilisateur (UAT), des tests de charge et d'intrusion et des tests d'intégration à d'autres applications.

¹² ITIL® est une marque déposée du Bureau du Cabinet du Royaume-Uni.

- **Gestion des services IT** La gestion des services fait référence à la gestion et au pilotage des services, ainsi qu'à la gestion et à la résolution des problèmes. L'un des piliers de la gestion des services est l'existence d'un centre de services, le premier point de contact en cas d'incident ou d'événement nécessitant une assistance. Le centre de services (ainsi que le centre d'appel et le support technique, s'ils sont distincts), devront être formés pour prendre en charge les services basés dans le Cloud.
- **L'amélioration continue des services IT** L'amélioration continue des services IT implique une collaboration entre le personnel IT et les équipes des différents services dans le but de veiller à ce que les services s'adaptent rapidement aux nouvelles exigences de l'entreprise. L'amélioration continue des services dépend fortement des données, des statistiques opérationnelles et des informations professionnelles pour identifier les éléments qui nécessitent une attention particulière.

Généralement, la migration vers le Cloud oblige les organisations à modifier certains mécanismes et processus de mise en œuvre de l'ITIL, bien que la structure de base de l'ITIL soit souvent indépendante de la technologie. Toutefois, les organisations doivent également réfléchir à l'extension de leurs propres processus afin d'acquérir plus d'agilité que le principe d'ITIL ne laisse penser. Étant donné que les expériences et prototypes sont réalisés rapidement, il convient de se pencher sur la meilleure manière de les intégrer à la stratégie et aux phases de conception de l'ITIL.

Le déplacement des applications vers le Cloud s'avère être une démarche importante et conséquente qui nécessite de transfigurer les activités et le fonctionnement des services IT. La partie II était consacrée à l'élaboration et à l'exploitation d'une équipe de stratégie Cloud chargée de mener à bien la migration. Nous avons également abordé l'implication des nombreux acteurs internes à l'organisation, la définition de priorités quant aux applications à migrer et l'extension des activités de gouvernance existantes.

Les aspects révolutionnaires du Cloud revêtent une importance tout aussi capitale. Ils doivent être examinés et exécutés en parallèle avec le processus de migration. Dans la partie III, nous présenterons les innovations révolutionnaires et les opportunités qu'offre, selon nous, le Cloud.

Partie III

Une nouvelle ère IT

Aller-retour pour le Cloud

Même si une grande partie de ce livre concerne la migration d'applications et d'écosystèmes entiers vers le Cloud, beaucoup d'atouts de celui-ci rendent le traitement informatique sur site plus efficace et plus économique. La plupart des tâches IT routinières, comme la sauvegarde et la restauration, peuvent être effectuées en direction et en provenance du Cloud à moindre coût et en toute sécurité. Grâce aux bus de messagerie et aux services Broker d'intégration, les entreprises peuvent se connecter rapidement aux sites B2B, et en prolongeant leurs répertoires dans le Cloud, elles peuvent étendre la gestion sécurisée des identités aux ressources Cloud. Au fil du temps, il peut être utile de refléter les paradigmes du Cloud computing dans le datacenter.

Sauvegarde et restauration

Bien que méconnue, l'une des fonctions les plus importantes exécutées par un service IT consiste à veiller à ce qu'aucune donnée de l'entreprise ne soit perdue en parant à toute éventualité, qu'il s'agisse de pannes de serveur, d'effacements accidentels, de pannes de courant, etc. Par le passé, la sauvegarde était généralement assurée par la copie du contenu des lecteurs vers des supports hors connexion (des bandes, par exemple) au milieu de la nuit. Ces bandes étaient alors transportées hors du site.

Le Cloud propose une nouvelle approche de la sauvegarde, aussi bien pour les applications sur site que pour les applications Cloud. Il est facile de voir pourquoi : avec ses énormes capacités de stockage peu coûteux, avec la sécurité intégrée et des datacenters Cloud partout dans le monde, le Cloud égale ou surpasse toutes les solutions de sauvegarde traditionnelles.

Quand vous réfléchissez à une stratégie de sauvegarde, deux éléments de mesure doivent vous aider à échauffer vos plans :

- **L'objectif de délai de récupération (RTO) :** À quelle vitesse devez-vous récupérer vos données ?
- **L'objectif de point de récupération (RPO)** Quel est le degré d'actualité requis pour les données restaurées ? (En d'autres termes, à quelle fréquence devez-vous effectuer la sauvegarde : tous les jours ? Toutes les heures ?)

Il existe de nombreuses solutions Cloud pour la sauvegarde et la restauration, chacune correspondant mieux à une charge de travail ou à un scénario d'usage. Par exemple, Microsoft Azure Backup, comme son nom l'indique, sauvegarde les données vers un stockage dans le Cloud. Les données sont chiffrées (suivant la norme AES-256), avec jusqu'à six copies distinctes dans deux régions de datacenters différentes (si vous choisissez l'option de géo-redondance, les datacenters sont distants d'au moins 180 km l'un de l'autre). Comme tout le reste dans le Cloud, Azure Backup est un service payé à l'utilisation : vous ne payez que ce que vous utilisez.

Vous devriez également étudier la *méthode sauvegarde*. Comme l'illustre la figure 10-1, les technologies modernes de sauvegarde, y compris Azur Backup, vous permettent de choisir entre une sauvegarde *complète*, dans le cadre de laquelle chaque copie de sauvegarde contient la source de données entière ; une sauvegarde *différentielle*, qui stocke uniquement les blocs de données qui ont changé depuis la sauvegarde *complète initiale* ou une sauvegarde *incrémentielle* copiant des blocs de données qui ont changé depuis la sauvegarde *précédente*. La méthode la plus efficace étant bien sûr d'effectuer une sauvegarde complète initiale suivie de sauvegardes incrémentielles périodiques.

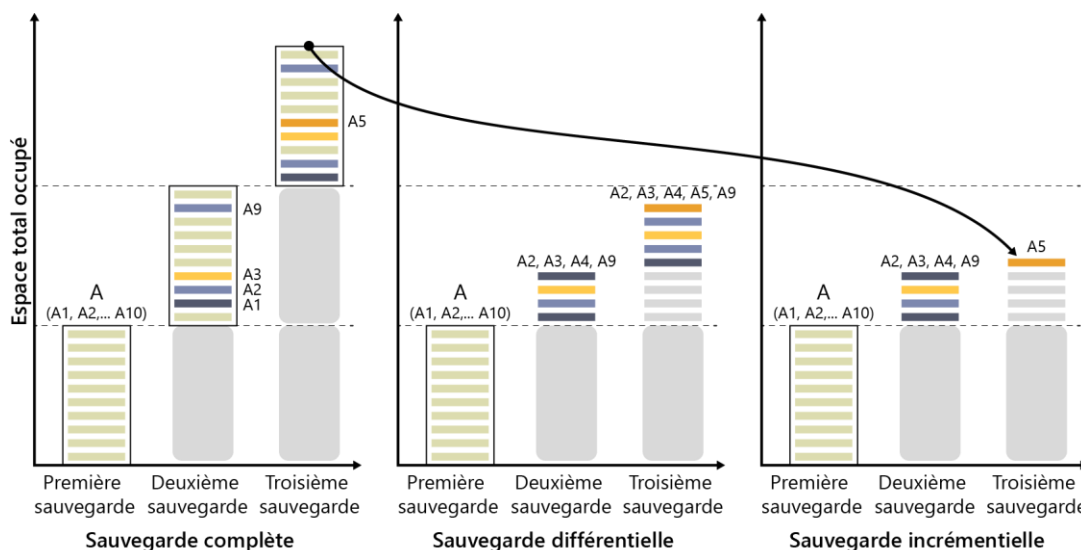


Figure 10-1 : modes de sauvegarde

Évidemment, vous devrez sélectionner la fréquence et le type de sauvegarde les plus adaptés à vos besoins et répondant le mieux à vos objectifs en termes de RTO et de RPO. Azure Backup s'assure que les données d'application sont toujours *homogènes* pour que vos données soient toujours exploitables, quel que soit votre RPO.

Si vous avez déjà installé Microsoft System Center, suite d'outils de gestion des systèmes de Microsoft dans votre entreprise, vous pouvez étendre sa fonction Data Protection Manager à la sauvegarde dans le Cloud. Data Protection Manager est une solution de sauvegarde complète qui peut sauvegarder des données sur bande ou d'autres médias, ainsi que dans le Cloud, dans les mêmes « coffres de données » utilisés par Azure Backup. De même, vous pouvez utiliser Transact-SQL pour configurer Microsoft SQL Server afin de sauvegarder vos données vers le Cloud.

L'extension de vos solutions de stockage de données vers le Cloud

Les responsables IT sont souvent confrontés à l'obligation de conserver ce qui s'avère être souvent de vastes quantités de données d'historiques. Ces données sont généralement très rarement accessibles (souvent pour répondre à des exigences juridiques). Cependant, la loi exige qu'elles soient disponibles.

Dans ce cas, une application de stockage local connectée au Cloud peut s'avérer très utile. Plus précisément, lorsque l'espace de stockage se raréfie, une telle application peut déporter des données rarement utilisées dans le Cloud. Ainsi, les données nécessaires sont toujours disponibles localement, mais l'appareil gère les informations relatives à l'emplacement des ensembles de données. Il peut ainsi restaurer rapidement les informations pour répondre à une exigence réglementaire ou à d'autres besoins. À cet effet, Microsoft prend en charge l'application Azure StorSimple.

Continuité de service et récupération d'urgence

Un DSI m'a raconté l'histoire d'un datacenter que son entreprise avait construit. Il était équipé d'une antenne métallique souterraine placée sur son toit dont l'entreprise n'avait pas connaissance. Quelque temps plus tard, la foudre a frappé le datacenter, précisément sur l'antenne, provoquant une défaillance catastrophique de tous les systèmes intérieurs. Les responsables IT travaillent dur pour éviter de telles catastrophes. Cependant, elles se produisent et le service IT doit y être préparé.

La meilleure solution de continuité de service et de récupération d'urgence (BC/DR) est celle qui *bascule* en toute transparence du site sinistré à un autre réplica, en exécutant le même logiciel, avec des données mises à jour. À présent, avec la sauvegarde simple, les concepts de délai de récupération (RTO) et de point de récupération (RPO) s'appliquent aussi à la continuité de service et à la récupération d'urgence (BC/DR). Les dirigeants devraient ainsi déterminer leurs mesures cibles dans le cadre d'une stratégie globale de BC/DR. Vous aurez également besoin de *tester* périodiquement (tous les mois ou trimestres) votre solution de basculement de BC/DR. Votre solution de BC/DR devrait vous le permettre sans interruption des opérations quotidiennes.

Enfin, lorsque le site défaillant est en phase de récupération, vous devrez contrôler l'*ordre* dans lequel les applications sont remises en ligne. En effet, l'exécution de certaines applications dépend souvent du fonctionnement d'autres applications.

Azure Site Recovery est une solution complète de BC/DR dans le Cloud vous garantissant la cohérence complète des données, l'exécution de tests sans perturbation et des plans de récupération personnalisés.

Intégration

Comme nous l'avons mentionné auparavant, même si vous prévoyez de déplacer votre portefeuille d'applications entier local dans le Cloud, il y aura une période de temps durant laquelle certaines de vos applications resteront dans votre datacenter, tandis que d'autres auront été déplacées. Par ailleurs, et dans le cadre du scénario le plus probable, vous choisirez de laisser certaines applications dans le datacenter local pour un avenir prévisible : celui d'un Cloud hybride.

Dans les deux cas, les entreprises voudront avoir leur portefeuille d'applications intégré de telle sorte que toutes les applications continuent à fonctionner comme avant, comme si elles étaient toutes sur le même réseau et avec peu ou pas de changement des expériences utilisateur. Dans les prochaines sections, nous soulignerons quelques approches pour assurer cette intégration.

Mise en réseau

Tout d'abord, vous devrez vous assurer que les applications Cloud sont visibles du réseau d'entreprise : depuis le sous-réseau approprié, utilisez un réseau privé virtuel (VPN) ou mettez en place une ligne physique dédiée qui relie le datacenter de l'entreprise au datacenter Cloud.

Options VPN

Les services IT peuvent se connecter aux réseaux VPN en utilisant seulement le logiciel (appelé *point-à-site*) ou en utilisant un appareil VPN matériel (appelé *site-à-site*). Avec la connectivité de point-à-site, un seul ordinateur local est connecté aux ressources Cloud. Il n'est généralement utile que lors de la connexion de la maison ou d'une réunion, ou dans des cas similaires.

Dans les configurations de site-à-site, un appareil VPN matériel spécialisé crée un tunnel chiffré (à l'aide d'IPSec avec Internet Key Exchange [IKE]) entre le datacenter et le Cloud. Les adresses IP sont configurées dans l'appareil de sorte que les ressources Cloud sont affichées sur le réseau local, comme illustré dans la figure 10-2.

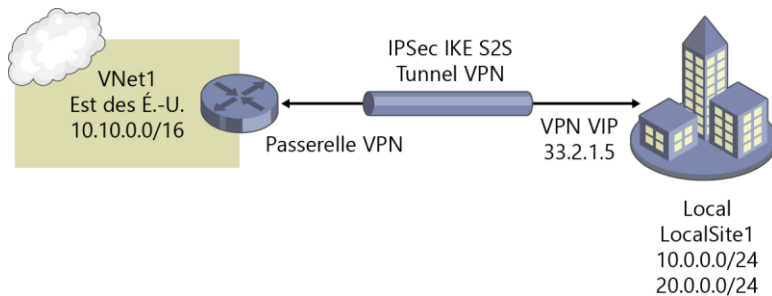


Figure 10-2 : Appareil VPN matériel

Vous pouvez configurer vos réseaux VPN sur plusieurs datacenters locaux, comme illustré dans la Figure 10-3 :

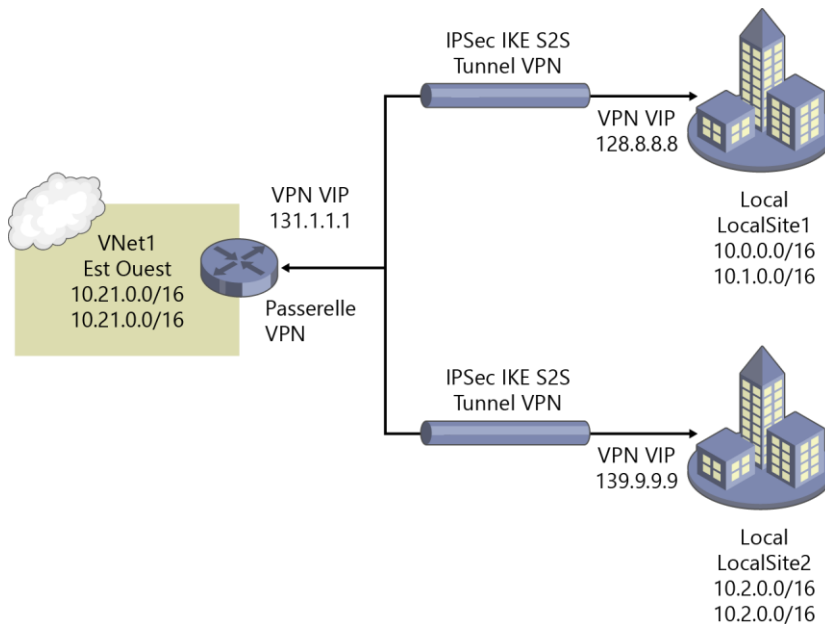


Figure 10-3 : connexions VPN multisites

Azure ExpressRoute

Avec une ligne dédiée, comme Azure ExpressRoute, les entreprises peuvent se connecter directement de leur site vers le Cloud. Toutefois, vous devez acheter des lignes dédiées auprès du fournisseur local de télécommunications, Vous devez aussi installer le routeur périphérique approprié et d'autres matériels sur votre site. Figure 10-4 présente une vue d'ensemble d'une configuration ExpressRoute.

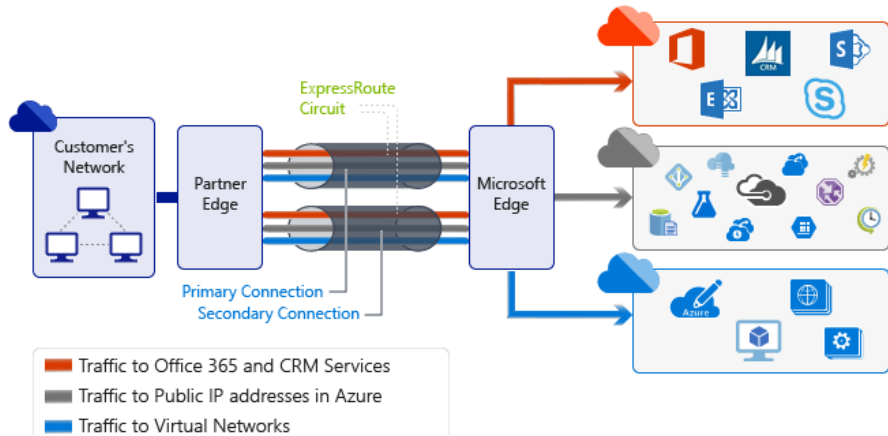


Figure 10-4 : ExpressRoute

Ces lignes dédiées présentent les avantages suivants :

- En général, vous pouvez acheter une bande passante garantie auprès de votre fournisseur de télécommunications.
- Vous pouvez utiliser ExpressRoute pour vous connecter à n'importe quel service Cloud Microsoft.
- Les messages ne circulent pas sur l'Internet public, pour une couche supplémentaire de sécurité.

Cependant, les lignes dédiées telles qu'ExpressRoute engendreront des coûts supplémentaires, en fonction de la bande passante de votre choix, taux définis par le fournisseur de télécommunications sélectionné, etc.

Messagerie : Service Bus

Pour fournir une intégration entre les applications, le Cloud offre un certain nombre d'approches. Pour les applications de messagerie, Azure Service Bus, capable de connecter des applications uniquement dans le Cloud, ou des applications locales aux applications Cloud, propose différentes options architecturales. Concept similaire à celui d'un bureau de poste physique, Service Bus est un service fiable de livraison d'informations.

Les différents paradigmes de messagerie pris en charge sont :

- **Les files d'attente** pour premier entré, premier sorti la messagerie
- **Les sujets et abonnements** Des applications peuvent déclarer que certains messages sont d'un certain type. Les autres applications peuvent ensuite s'y abonner.

Courtier de messagerie universel, Azure Service Bus est hautement sécurisé et garantit la livraison des messages de façon fiable. Ses actions sont *transactionnelles*, ce qui signifie que si une action donnée (p. ex., la livraison) ne peut être terminée, son état est restauré à un état cohérent connu.

Intégration d'applications sans serveur : Logic Apps

Au plus haut niveau d'intégration d'application, les courtiers mettent directement en place les protocoles B2B et peuvent également être utilisés pour créer des workflows d'entreprise personnalisés.

Les courtiers de ce qu'on appelle une plateforme d'intégration en tant que service (iPaaS), Microsoft Azure Logic Apps par exemple, sont la meilleure façon de les utiliser.

Logic Apps permet aux développeurs d'entreprise de connecter des applications à l'aide des protocoles du secteur. En l'absence de code, ils sont « sans serveur », un concept que nous abordons plus en détail au chapitre 11. Connecteurs Logic Apps : X.12 EDI, HL7 FHIR, XML, SMS, SAP et des centaines d'autres. Parce que Logic Apps ne nécessite aucun code, l'intégration d'applications est rapide et fiable.

Extension des services d'annuaire vers le Cloud

Voici trois objectifs clés dans la gestion des identités dans l'entreprise :

- Les utilisateurs font l'expérience d'une authentification unique (SSO) aux applications, tant dans le centre de données que dans le Cloud.
- Les utilisateurs doivent être en mesure de s'authentifier auprès des applications hors du réseau de l'entreprise (par exemple, pour travailler à domicile).
- Pour certaines applications, l'authentification via des autorités Internet externes (par exemple, avec les informations d'identification de connexion de comptes Microsoft, Facebook ou Google) pourrait être autorisée, avec des privilèges éventuellement limités.

Pour atteindre ces objectifs, les entreprises devraient envisager d'étendre leur fonction de services d'annuaires vers le Cloud. Par exemple, avec Azure Active Directory (Azur AD), comme illustré dans la figure 10-5.

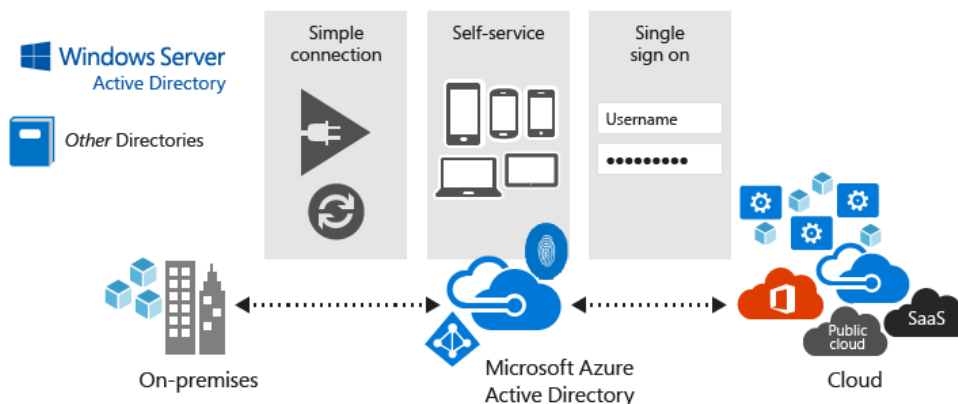


Figure 10-5 : Azur Active Directory

Azur AD se synchronise avec les annuaires locaux tels que Windows Server Active Directory et bien d'autres. Cela permet aux utilisateurs de se connecter facilement une seule fois et d'avoir accès aux applications locales du datacenter et à celles hébergées dans le Cloud. En outre, les utilisateurs peuvent se connecter d'un emplacement hors du datacenter. Azur AD gèrera ainsi le processus d'authentification, en coordination avec l'annuaire local. En outre, Azur AD peut gérer des sources d'authentification Internet tel qu'un compte Facebook et Microsoft.

L'un des aspects plus importants d'Azur AD réside dans ses connecteurs aux applications SaaS de premier plan. Les utilisateurs ne se connectent qu'une seule fois pour accéder non seulement aux

applications d'entreprise, mais aussi à d'autres comme Microsoft Office 365, Salesforce.com, DropBox, Concur et bien d'autres.

Azur AD fournit aussi les outils nécessaires pour configurer l'authentification des consommateurs à l'échelle : par exemple, pour un site de commerce électronique qui doit être en mesure d'authentifier ses clients.

Le Cloud computing dans votre datacenter

Vous déplacez vos applications dans le Cloud et les revisitez dans certains cas si bien qu'un jour, votre personnel pourrait être plus efficace dans son utilisation des technologies Cloud que dans celle des modèles traditionnels locaux. D'un autre côté, vous pourriez faire face à des scénarios dans lequel vos applications Cloud doivent avoir une latence absolument déterministe. Autrement dit, certaines applications ne peuvent pas tolérer la variable du temps de latence inhérent en passant par l'Internet ouvert (les appareils de fabrication sur une ligne d'assemblage par exemple). Ou bien, il pourrait y avoir des situations dans lesquelles la connectivité vers le Cloud n'est pas garantie.

Pour ces types d'applications certes, rares, pensez à apporter un « appareil » Cloud de type matériel serveur s'exécutant dans le Cloud. Azure Stack est un bon exemple. Azure Stack est un logiciel Cloud prêt à l'emploi que vous pouvez exécuter sur des plateformes de serveur sélectionnées.

En exécutant les services Cloud dans votre datacenter, vous pouvez garantir la latence réseau aux niveaux du réseau local. Par exemple, si vous avez fabriqué des équipements nécessitant une réactivité dans une marge étroite de temps, utilisez Azure Stack local pour éliminer les variations de latence provoquées par l'Internet ouvert. Figure 10-6 présente une vue d'ensemble d'Azure Stack.

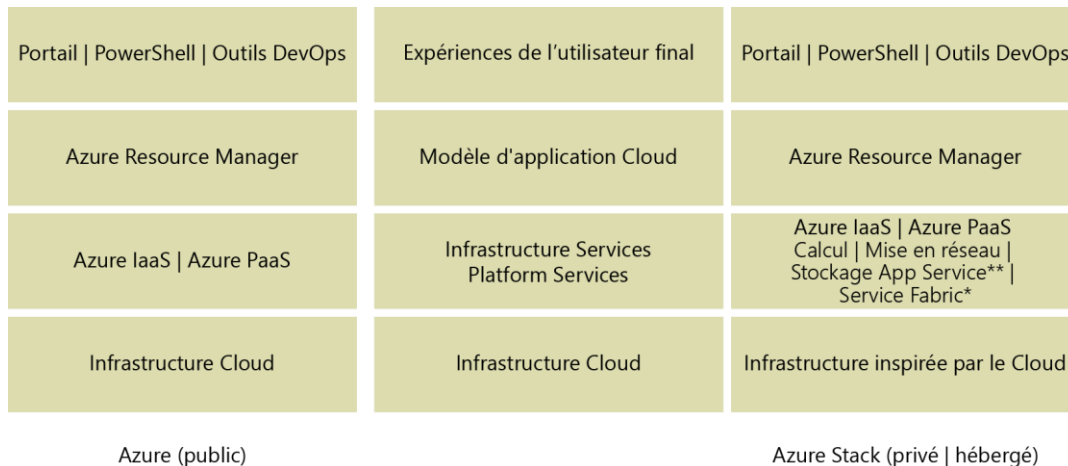


Figure 10-6 : Azure Stack

Alternativement, si vous ne pouvez pas garantir la connectivité à Internet, vous pouvez utiliser Azure Stack pour garantir la disponibilité de vos services même si votre lien à l'Internet est en panne ou indisponible, un problème auquel une entreprise de grands navires de croisière a réussi à faire face grâce à Azure Stack.

Azure Stack vous permet de développer une seule fois pour le Cloud une application PaaS ou une fonction sans serveur et de procéder à son déploiement local ou dans le Cloud. Vos équipes de développement bénéficient ainsi d'un modèle de programmation unique.

Gestion de Cloud hybride

La gestion d'un ensemble diversifié d'applications s'exécutant dans différents datacenters et dans le Cloud public peut vite devenir un défi. Une application permettant de toutes les gérer, un « volet unique de verre » telle qu'elle est parfois appelée, peut traverser les limites des systèmes d'exploitation, centres de données et Clouds pour fournir aux administrateurs une vue globale consolidée de leur écosystème.

Microsoft Operations Management Suite fournit de telles capacités. Il peut surveiller continuellement l'état des scénarios d'usage stratégiques comme SQL Server et Active Directory. Assurez-vous que tous les systèmes (sur ou hors site) sont protégés de façon adéquate avec des solutions anti-programmes malveillants et des signatures à jour et qu'ils peuvent analyser plusieurs pétaoctets de données du datacenter et du Cloud. Ils pourront ainsi fournir une vue globale des tendances, tout en travaillant avec les machines virtuelles Windows et Linux sur site, dans Azure et Amazon Web Services. Les applications de gestion intercloud d'Accenture, de RightScale et de VMware (pour n'en citer que quelques-uns) sont dotées de fonctions similaires.

Nouveaux modèles d'applications

Sur le plan conceptuel, les déplacements d'applications dans le Cloud au sein du modèle d'infrastructure en tant que service (IaaS) sont simples. Et comme nous en avons discuté, ce modèle comporte aussi un certain nombre d'avantages. Toutefois, vous pouvez réaliser une véritable transformation de valeur, du point de vue IT et des affaires des parties prenantes, en tirant parti des fonctionnalités natives dans le Cloud : nouveaux modèles d'application et services natifs du Cloud. Dans les prochains chapitres, nous aborderons comment les entreprises peuvent tirer parti des fonctions uniques du Cloud pour que leurs entreprises bénéficient de ces avantages. Nous entamons ce chapitre avec une discussion sur les nouvelles architectures d'applications : ce qu'elles sont et leurs avantages.

Le Cloud computing a révolutionné la manière dont nous développons, testons et déployons des applications. En raison de la grande disponibilité des ressources Cloud, la mise à disposition des applications nouvelles et leur mise à jour ont été accélérées. Et pour cette raison, de nouveaux modèles sont apparus pour soutenir ce modèle rapide de développement et de déploiement d'applications.

Que signifie le verbe « transformer » ?

Nous avons récemment discuté avec des membres d'une start-up qui développe une application Internet des objets (IoT) de collecte de données provenant d'un dispositif médical à domicile via une connexion Internet. L'architecture de l'application était assez simple, comme le montre la figure 11-1.

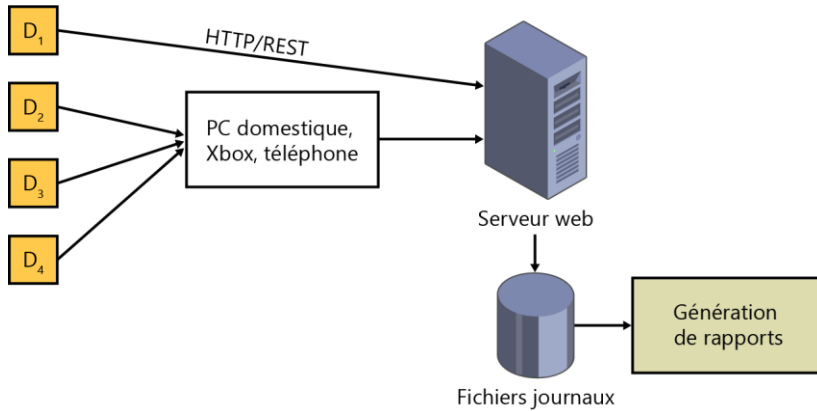


Figure 11-1 : Architecture IoT simple

Ici, les appareils envoient les données par le biais du protocole REST directement à un serveur web ou via un routeur les acheminant jusqu'au serveur. Le serveur, à son tour, traite et stocke les données dans une base de données, où elles seront ensuite affichées dans une application de génération de rapports propre.

Nous avons posé quelques questions simples :

- Que va-t-il se produire si l'entreprise acquiert un succès énorme et est amenée à prendre en charge des dizaines de milliers d'appareils en ligne, à n'importe quel moment ?
- Comment l'entreprise prendra-t-elle en charge la résilience ?
- Comment pourrait-elle se charger de la maintenance préventive ou prédictive ?
- Comment pourrait-elle identifier ses fournisseurs les moins fiables pour ses appareils ?
- Comment l'entreprise pourrait-elle ajouter des rapports rapidement ?

Nous avons suggéré à cette entreprise de s'équiper de capacités dans le Cloud. Dans l'architecture proposée, présentée dans la figure 11-2, la start-up doit simplement connecter ses appareils à divers services.

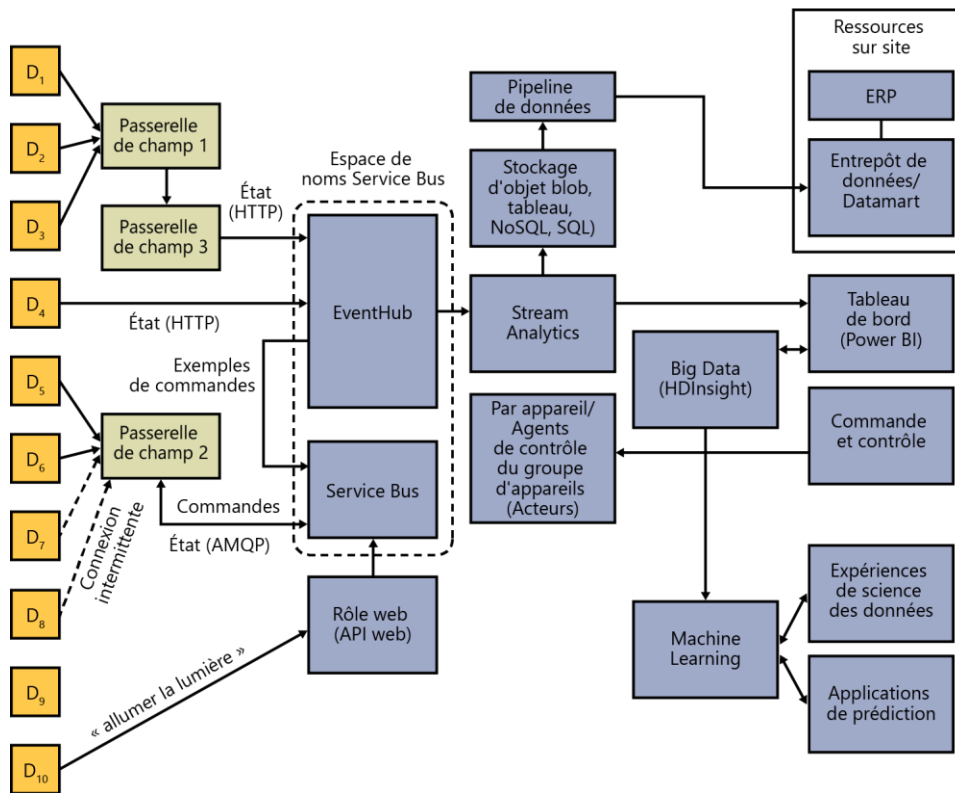


Figure 11-2 : une application IoT riche de bout en bout

À l'aide de Microsoft Azure Event Hubs, capable d'assimiler un débit énorme d'événements, l'application de cette start-up peut facilement être mise à l'échelle pour autant d'appareils que nécessaire. Les données reçues sont stockées dans Azure Tables qui conserve automatiquement deux réplicas, permettant ainsi d'éviter toute perte de données. Les données peuvent être analysées par des programmes MapReduce à grande échelle dans Azure HDInsight, et les acteurs peuvent permettre un contrôle et une gestion par programme en temps réel. Les applications Machine Learning peuvent être conçues pour prévoir les légères hausses au niveau des ventes ou les défauts des pièces. Toutes les données peuvent être visualisées dans un tableau de bord intuitif et élégant, le tout avec un *codage minimal*.

En bref, une application autrefois relativement limitée est rapidement devenue innovante, riche en informations et révolutionnaire.

En tirant ainsi parti des fonctionnalités natives du Cloud, les applications ont à leur disposition une multitude de possibilités pour l'enrichissement. Dans les prochaines sections nous approfondirons ces nouveaux modèles.

Plateforme en tant que service

Comme nous l'avons mentionné, le déplacement d'applications dans le Cloud dans le cadre d'IaaS est l'une des approches les plus aisées, si ce n'est la plus simpliste. Il ne fait aucun doute que le modèle IaaS s'accompagne d'un certain nombre d'avantages, tels que le transfert de la responsabilité du datacenter au fournisseur de Cloud. Pour *transformer* réellement cette démarche en un modèle de migration centré sur le cloud, la conception d'applications spécifiques au Cloud s'impose.

Le modèle IaaS présente également certaines limites : les tâches de maintenance du logiciel système, du système d'exploitation et de la base de données pour votre application vous incombent toujours, avec notamment la mise en place de correctifs réguliers et de mises à jour logicielles. En réalité, on peut considérer que le modèle IaaS est uniquement la *première étape* d'un processus de migration qui vous permettra de profiter pleinement des avantages du Cloud.

La figure 11-3 montre comment dans le cadre des modèles plateforme en tant que service (PaaS) vous n'assurez la maintenance que de *votre application* (en bleu sur l'illustration), tandis que le logiciel est fourni et maintenu par le fournisseur de Cloud. En outre, les offres de type PaaS proposent généralement une mise à l'échelle et une résilience efficaces via une montée en charge et des répliquions de données. La PaaS peut également interagir avec les services Cloud tels que Microsoft Azure Active Directory (Azure AD) pour une gestion des identités à toute épreuve.

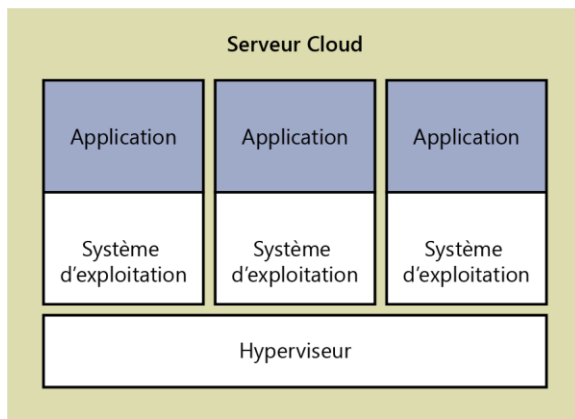


Figure 11-3 : Plateforme en tant que service (PaaS)

Les applications web d'Azure App Service, par exemple, permettent de configurer rapidement et facilement un site web évolutif dans le Cloud. Microsoft se charge de l'infrastructure web sous-jacente (système d'exploitation, pile de mise en réseau, stockage, prise en charge des langues et fonctions de mise à l'échelle), qui élimine de nombreux frais généraux liés à la gestion d'une application web à grande échelle. La configuration des capacités de mise à l'échelle, de sauvegarde et de pilotage dans une application Web Apps est très aisée. Les applications Web Apps sont également connectées à tous les autres services proposés par le Cloud pour les applications riches. Nous y reviendrons ultérieurement.

L'offre Azure Cloud Services est l'équivalent Cloud des applications professionnelles à trois niveaux (applications métiers) utilisées il y a dix ans. Une application Cloud Services se compose de trois éléments : un *rôle web*, un véritable serveur frontal web qui peut évoluer indépendamment des autres parties de l'application ; un *rôle de travail* chargé des calculs et du traitement en arrière-plan (analogue à la couche logique commerciale du modèle à trois niveaux) ; et un *stockage persistant* qui utilise une version de SQL Server compatible avec Azure (Azure SQL Database). Même si quelques remaniements sont nécessaires pour pouvoir transférer une application vers Cloud Services, ce processus sera relativement simple, car le modèle a été conçu pour être similaire au modèle à trois niveaux.

Conteneurs et orchestration

L'inconvénient des applications PaaS est que si le fournisseur de services Cloud fournit et maintient l'environnement du système d'exploitation, l'OS et l'application fonctionnent toujours lors de l'exécution comme une machine virtuelle. Le temps de démarrage est donc le même que celui d'un système d'exploitation complet.

L'une des plus importantes tendances nouvelles dans l'architecture d'application est ce que l'on appelle un *modèle de conteneur*. Il doit son nom à l'omniprésence des conteneurs d'expédition que nous voyons au quotidien sur les navires et les semi-remorques des poids lourds. Comme ces conteneurs physiques, les conteneurs de logiciel sont des paquets de logiciels standardisés hautement portables que vous pouvez déployer rapidement.

Pour comprendre le modèle de conteneur, il est utile de le comparer aux services IaaS et PaaS. Dans chacun deux, un *hyperviseur* gère plusieurs instances du système d'exploitation sur un serveur (dans le cadre d'un IaaS, vous fournissez les systèmes d'exploitation ; dans celui d'un PaaS, le fournisseur de services Cloud s'en charge). Ainsi, sur tout serveur donné, plusieurs systèmes d'exploitation (massifs) peuvent être en cours d'exécution simultanément et parallèlement, avec des fonctionnalités entièrement dupliquées (chaque système d'exploitation est doté d'un gestionnaire de fichiers, d'un sous-système de réseau, etc.).

Dans le modèle de conteneur (Figure 11-4), les applications *partagent* une seule instance de système d'exploitation. Microsoft Windows et les différentes distributions de Linux ont été améliorées pour prendre en charge l'isolement nécessaire pour s'assurer que chaque application semble « propriétaire » du système d'exploitation. Les applications sont « empaquetées » pour être déployées sur des systèmes prenant en charge les conteneurs.

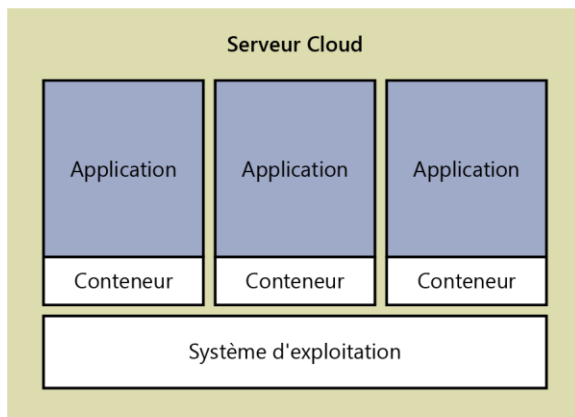


Figure 11-4 : architecture de conteneurs

Le démarrage de l'application est considérablement plus rapide en évitant ainsi les inconvénients associés au chargement d'un système d'exploitation complet pour chaque application. Autre avantage : vous pouvez créer des packages standards, portables ou des *images*, comme une image pour un serveur Web ou pour une base de données. Et vous pouvez les déployer sans installation complexe.

Les conteneurs peuvent ainsi réaliser une utilisation beaucoup plus efficace du matériel parce que sur un serveur donné le nombre d'instances du système d'exploitation est limité (une seule parfois).

Dans un environnement typique de conteneur, un certain nombre de serveurs ou *cluster* exécute des instances de conteneurs, qui comportent souvent des serveurs web, logiques back-end, de recherche, d'analyse en temps réel et ainsi de suite. Un logiciel dont la fonction est de déployer le nombre désiré d'instances de chaque, de les mettre à jour de manière contrôlée, de gérer les pannes et la montée en charge est appelée *orchestration* (Figure 11-5). La plupart des services d'orchestration fournissent des outils pour que les administrateurs puissent créer des règles. Ils peuvent ainsi prévenir la présence d'un type de conteneur sur le même serveur qu'un autre ou gérer le basculement et la récupération de façon contrôlée et logique. Parmi les produits d'orchestration bien connus, on peut citer Kubernetes, Mesosphere, Docker Swarm et Deis, ainsi que Service Fabric de Microsoft que nous couvrirons plus en détail.

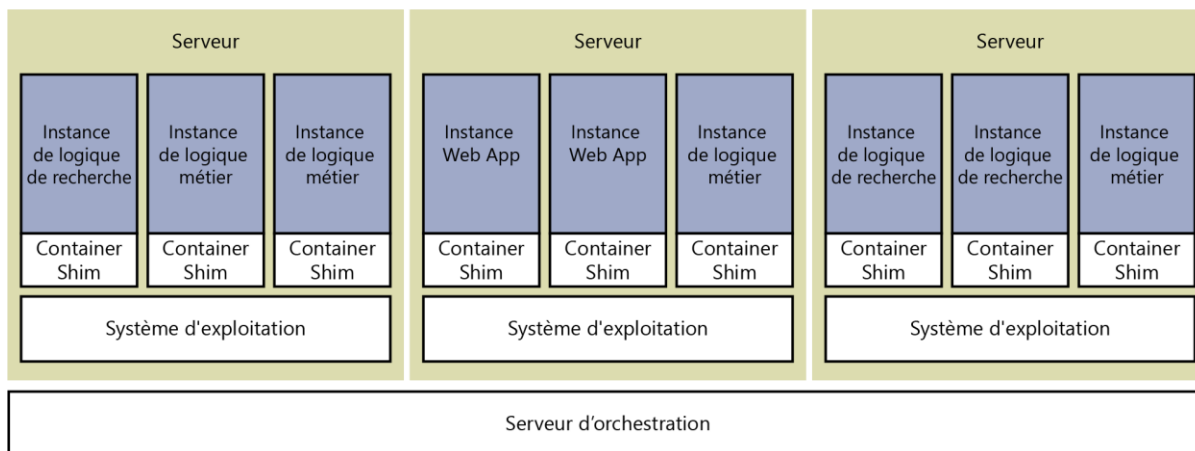


Figure 11-5 : Orchestration

Les conteneurs peuvent être un bon moyen de déplacer des applications existantes dans le Cloud et de gagner en efficacité. La propre organisation IT de Microsoft a adapté un certain nombre d'applications aux conteneurs Docker fonctionnant sur Azure et en a retiré quatre avantages principaux :

- Une utilisation plus efficace de l'infrastructure
- Une configuration de l'infrastructure standardisée
- Des environnements d'application isolés
- Une portabilité et une réutilisation accrue des applications

Au terme de cette preuve de concept de 10 applications, Microsoft IT avait une infrastructure 400 % plus dense que sans conteneurs et son infrastructure globale avait été réduite de 300 %.

Microservices

Le terme « microservices » a été inventé il y a quelques années. Il correspond à la mentalité selon laquelle les grandes applications monolithiques se décomposent en plus petits services modulaires. Par exemple, dans la figure 11-5, nous avons seulement trois morceaux relativement grossiers de notre application : un serveur Web et la logique métier de base de données.

Cependant, imaginez si nous construisons une application de commerce électronique. L'utilisation des ressources serait peut-être plus efficace si une équipe était chargée du composant du catalogue, un autre du composant de la commande et une autre encore de l'intégration de la fonction de recherche commerciale ou open-source d'un tiers. Ensuite, ces composants pourraient être développés et mis à jour de manière indépendante.

Plus qu'une technologie actuelle, les microservices sont un principe architectural (ou modèle de conception). Vous pouvez construire des microservices dans le cadre de services IaaS, PaaS ou à l'aide de conteneurs.

Azur Service Fabric fournit une plateforme pour construire des applications stratégiques que vous pouvez utiliser pour créer des solutions basées sur les microservices. Service Fabric a été « éprouvé et testé » avant de devenir un produit grand public. Il a été utilisé en interne par Microsoft pour héberger une infrastructure Azure ainsi que d'autres services Microsoft tels que Skype Entreprise, Intune, Azur Event Hubs, Azure Data Factory, Azure Cosmos DB, Azure SQL Database, Dynamics 365 et Cortana.

Service Fabric héberge et orchestre différents modèles d'application, y compris des conteneurs et un modèle acteur (décrit dans la section suivante). Conçu avec une disponibilité et une fiabilité élevées, il fournit une mise à l'échelle automatique, des mises à niveau propagées et d'auto-régénération des fautes lorsqu'elles se produisent.

Modèle d'acteur

Un autre outil de la boîte à outils du développeur dans le Cloud s'appelle le *modèle acteur* (voir la figure 11-6). Objet simple à l'identité unique et généralement de petite taille dans le Cloud, un « acteur » maintient un état et peut communiquer avec d'autres acteurs. Les acteurs représentent généralement des objets physiques, comme des personnes ou appareils. La nouvelle expression de *jumeaux numériques* a récemment été appliquée à ce type de technologie : l'objet de l'acteur reflète essentiellement de façon numérique ce qui se passe dans le monde réel. Le *cadre d'acteur* résume des concepts d'infrastructure tels que les serveurs. Les acteurs peuvent ainsi communiquer entre eux sans besoin de savoir s'ils sont sur des serveurs physiques différents.

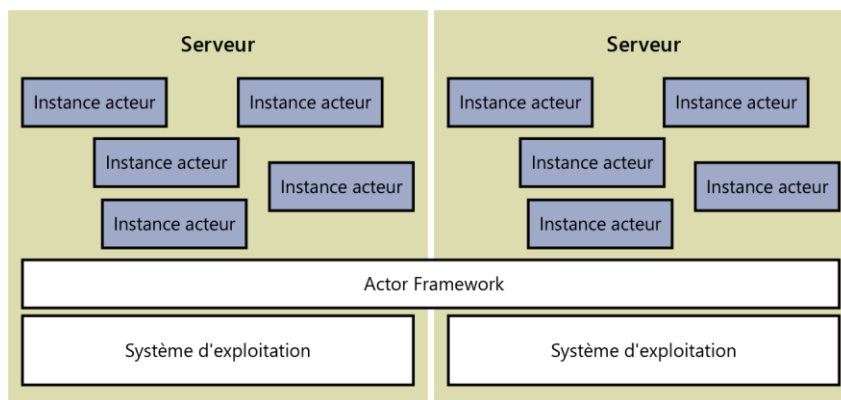


Figure 11-6 : architecture de modèle acteur

Un exemple d'utilisation peut être celui des jeux en ligne, dans le cadre desquels chaque instance acteur représente un joueur et se voit affecter un état comme le score actuel du joueur, l'emplacement dans le jeu et la liste des autres joueurs participant.

Remarque Microsoft Halo de 343 Studios, l'une des plus grandes franchises de jeux au monde, utilise le modèle acteur de cette façon.

Vous pouvez également utiliser des acteurs pour gérer un grand nombre d'appareils IoT. Ils sont particulièrement efficaces lorsque de nombreux appareils sont similaires : par exemple, les capteurs surveillés. Chaque instance acteur peut recevoir des mises à jour d'un capteur donné. Par exemple, un capteur de pression peut notifier automatiquement un acteur contrôlant une vanne ou un autre appareil afin qu'il prenne les mesures appropriées.

Résilience dans le Cloud

Il est important de noter que dans le Cloud, les coûts restent bas grâce à l'utilisation d'équipement de base. Auparavant, les entreprises achetaient des machines haut de gamme pour leur montée en charge. Cependant, dans le Cloud, la capacité est atteinte par une montée en charge *élastique*, . Alors plutôt que d'acheter un supercalculateur à grande échelle, réalisez votre montée en charge à l'aide de plusieurs machines de manière distribuée. Il est donc nécessaire de prévoir l'échec occasionnel.

Autrement dit, pour atteindre la résilience et continuer à fonctionner malgré les échecs, pensez à la façon dont vous aborderez la récupération suite aux défaillances des serveurs individuels. Envisagez peut-être d'avoir plusieurs instances d'une application ou d'un service et imaginez un scénario de récupération pour faire face à une défaillance catastrophique. Étudiez éventuellement l'utilisation d'Azur Site Recovery, comme nous en discutons dans le chapitre 10.

Voici un modèle à suivre pour étudier la résilience des applications :¹³

1. **Définir** vos besoins en disponibilité, sur la base des besoins de l'entreprise.
2. **Concevoir** l'application en vue de sa résilience. Commencez par une architecture conforme à des pratiques éprouvées, puis identifiez les points de défaillance possibles dans cette architecture.
3. **Mettre en œuvre** des stratégies de détection et de récupération des échecs.
4. **Tester** la mise en place en simulant des pannes et en déclenchant des basculements forcés.
5. **Déployer** l'application en production à l'aide d'un procédé fiable et reproductible.
6. **Surveiller** l'application pour détecter les défaillances. Grâce au système de surveillance, vous pouvez évaluer l'intégrité de l'application et réagir aux incidents si nécessaire.
7. **Répondre** en cas d'incidents nécessitant des interventions manuelles.

Le niveau auquel vous mettez en place les fonctionnalités de résilience dépend en partie des besoins de votre entreprise. Entretenez-vous avec vos partenaires d'affaires sur vos objectifs de délai de récupération (RTO) et de point de récupération (RPO), dont nous discutons également au chapitre 10. Étudiez aussi des modèles d'utilisation, par exemple, s'il y a des périodes durant lesquelles l'application ou le système doivent impérativement être disponibles. Dans ces cas, vous pourriez vouloir ajouter des ressources Cloud supplémentaires à celles disponibles lors des périodes moins critiques.

Étudiez votre contrat de niveau de service (SLA) souhaité. Le tableau 11-1 présente les temps d'arrêt cumulatifs potentiels en fonction des différents niveaux de SLA.

Tableau 11-1 : contrats de niveau de service

SLA	Temps d'arrêt par semaine	Temps d'arrêt par mois	Temps d'arrêt par an
99%	1,68 heure	7,2 heures	365 jours
99.9%	10,1 minutes	43,2 minutes	8,76 heures
99.95%	5 minutes	21,6 minutes	4,38 heures
99.99%	1,01 minute	4,32 minutes	52,56 minutes
99.999%	6 secondes	25,9 secondes	5,26 minutes

Pour augmenter le nombre de « 9 » dans le cadre du maintien d'une disponibilité élevée, le recours à l'ingénierie peut être plus ou moins intéressant selon le scénario d'entreprise.

Une autre notion importante est celle des contrats de niveau de service cumulatifs. Étudions un système utilisant une application Web et une base de données SQL, comme illustré dans la figure 11-7. Une file d'attente Azure permet de contenir les mises à jour en attente si la base de données est indisponible.

¹³ <https://docs.microsoft.com/azure/architecture/resiliency/>

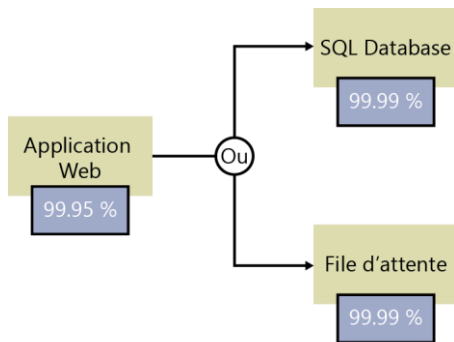


Figure 11-7 : système avec composants dont les SLA sont différents

Chacun d'entre eux a son propre contrat de niveau de service. Un simple calcul présente le contrat SLA cumulatif de tous les composants ensemble :

$$\text{Base de données } \textit{ou} \text{ file d'attente} = 1,0 - (0,0001 \times 0,001) = 99,99999 \%$$

$$\text{Application Web } \textit{et} \text{ (base de données } \textit{ou} \text{ file d'attente)} = 99,95 \% \times 99,99999 \% = \sim\mathbf{99,95 \%}$$

Applications « sans serveur »

L'un des nouveaux modèles d'application les plus prometteurs a un nom très trompeur. Il s'agit des applications dites « sans serveur » (bien sûr qu'il y a un serveur : vous n'avez tout simplement pas besoin de le créer, de le gérer ou de le payer). À bien des égards, les applications sans serveur enregistrent une rentabilité en temps record car elles n'imposent pas de codage.

Les applications sans serveur sont des applications que vous pouvez assembler ensemble à partir de composants existants et sans aucun codage. Vous pouvez ainsi construire des applications rapidement et à moindre coût.

Voici un exemple simple. Supposons qu'en tant que responsable du service client, vous souhaitez savoir quand les clients signalent un dysfonctionnement de votre produit. Ici, à l'aide de Microsoft Flow, vous pouvez surveiller les mentions du hashtag #BrokenAcmeWidget sur Twitter. Chaque tweet affiché est automatiquement copié par Flow dans votre canal (un outil de collaboration populaire) Slack local, comme l'illustre la figure 11-8.

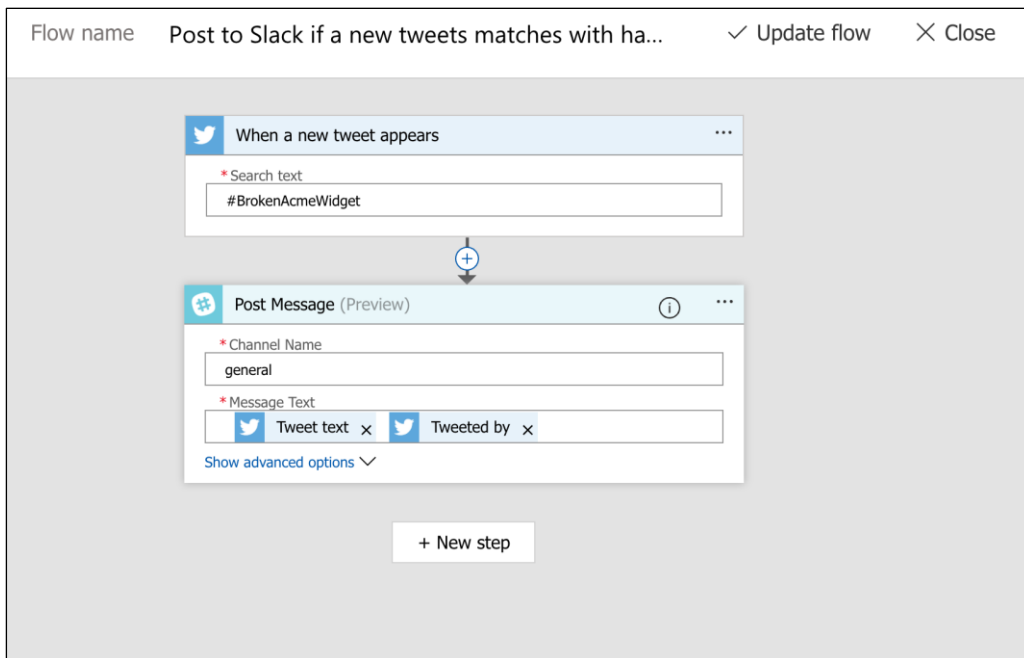
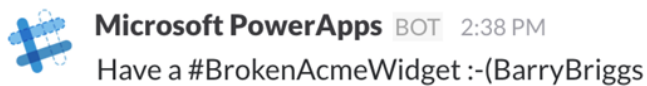


Figure 11-8 : utilisation de Microsoft Flow, une application Cloud sans serveur

Et voici ce qui s'affiche dans Slack :



En tant que représentant du service clientèle, vous souhaitez peut-être ouvrir un nouveau problème, remplir un formulaire et démarrer un flux de travail pour fournir une réponse à votre utilisateur malchanceux. La création d'une application basée sur un formulaire nécessitait des ressources en développement. Grâce aux nouvelles fonctionnalités sans serveur (ici, l'application PowerApps de Microsoft), ce n'est plus le cas. Ici, le formulaire est conçu et déployé. Lorsqu'il est utilisé, il lance un autre Flow, comme illustré sur la figure 11-9.

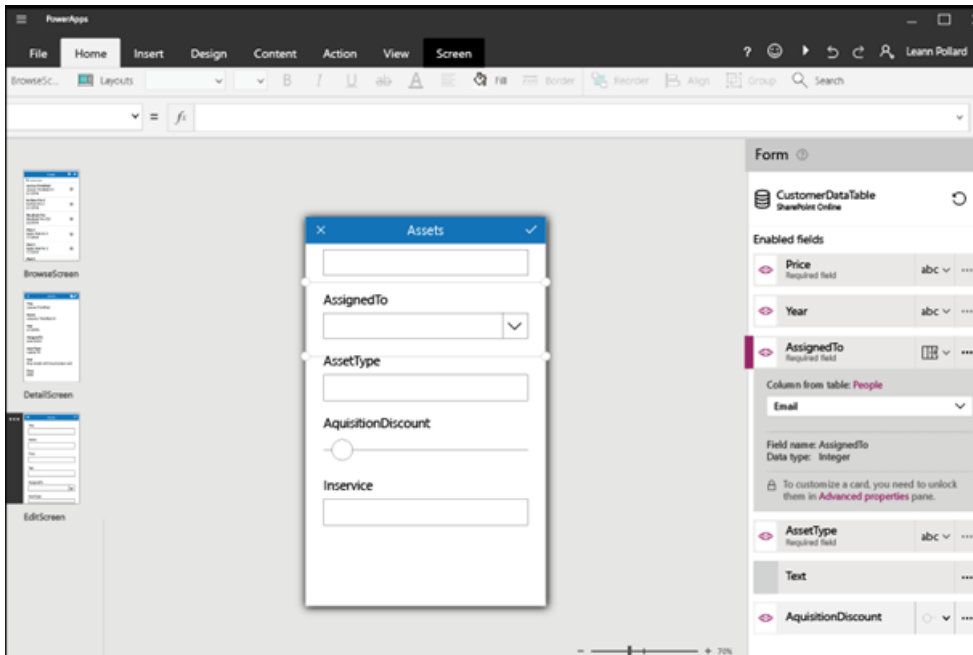


Figure 11-9 : démonstration de Microsoft PowerApps

Enfin, dans certains cas, il est logique d'établir un traitement personnalisé pour un événement externe particulier, comme un tweet. Ici, vos développeurs peuvent construire des « fonctions » sans serveur que d'autres peuvent ensuite utiliser sans code pour connecter le tweet à un moteur d'analyse de sentiment, par exemple. Dans ce cas, le développement est tellement simplifié qu'aucun environnement de développement interactif (IDE) tel que Microsoft Visual Studio n'est nécessaire : la programmation est réalisée directement dans le portail Azure, comme le montre la Figure 11-10.

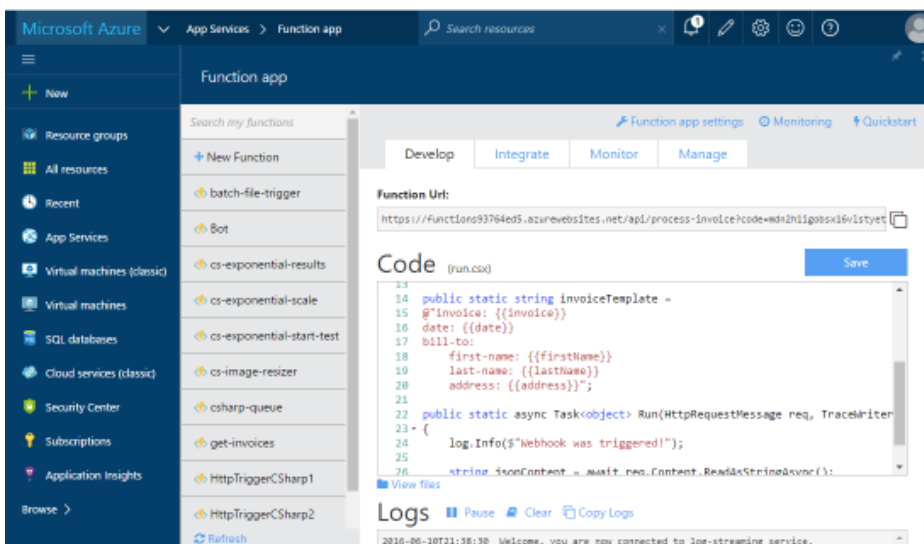


Figure 11-10 : Azure Functions

Et encore une fois, après les avoir créées, vous pouvez réutiliser ces fonctions dans autant d'applications que vous le souhaitez en les faisant tout simplement glisser ensemble.

Ces fonctionnalités sans serveur pourraient bien présager la venue d'un nouveau modèle d'applications Cloud. Les applications Cloud évoluent de plus en plus vers un modèle informatique « sans serveur » de pièces à assembler comme des Lego. Vous ne créez et ne payez ainsi que dans le cadre de votre logique commerciale en connectant des portions de logique de traitement entre elles afin de réaliser une application commerciale complète.

L'infrastructure ? Bien sûr, elle est là (comme nous l'avons dit, « sans serveur » n'est probablement pas le terme plus exact), mais c'est sous le capot : le fournisseur de Cloud gère les serveurs, les configure, les met à jour et assure leur disponibilité. Votre inquiétude est légitime : qu'en est-il de votre logique commerciale ? Et, vous n'avez pas déployé un seul serveur. Le code que vous avez écrit est consacré à la logique commerciale. Il ne s'agit pas de scripts d'administration ou de tout autre code sans valeur commerciale. Vos développeurs se sont concentrés sur la croissance de votre activité. Et, plus important encore, vous avez créé une application de bout en bout riche et intelligente, en vous contentant de connecter des blocs de logique les uns aux autres.

Tout repose sur les données

La majeure partie de ce dont nous avons discuté jusqu'à présent couvre l'aspect « calcul » du Cloud. Cependant, le Cloud offre également des capacités immenses de stockage à très faible coût. Cela signifie que les données auparavant ignorées, telles que les commentaires de télémétrie ou d'utilisateur, peuvent désormais être capturées, gérées et analysées. Pour gérer ces différents types de données, une myriade de technologies de base de données ont vu le jour au cours de ces dernières années. Dans ce chapitre, nous expliquons comment les technologies de base de données classiques ont migré vers le Cloud. Nous présentons les nouvelles technologies de gestion des données « NoSQL » et indiquons comment utiliser l'analyse prédictive et les fonctionnalités BI pour déduire des informations exploitables à partir de toutes ces données.

Il est maintenant évident que l'information est un actif de l'entreprise, à tel point que certains ont même proposé de représenter sa valeur sur les rapports financiers. Un lien plus ou moins direct peut être établi entre toutes les décisions prises (chaque investissement, pratiquement chaque action officielle au sein de l'entreprise) et l'information. Les responsables IT sont chargés de fournir aux décideurs des informations mises à jour et exactes. De plus en plus, une analyse poussée de l'information, telle que l'identité de ses consommateurs, peut lever le voile sur de nouvelles données exploitables. Enfin, les responsables IT sont généralement chargés de protéger non seulement les secrets corporatifs, mais aussi les informations personnelles des collaborateurs, partenaires et clients. Dès lors, il n'est pas étonnant que la gestion des données soit devenue une priorité absolue de l'entreprise moderne... et du Cloud.

En effet, il est fréquent d'établir une distinction entre les données brutes et les informations. La technologie nous donne en quelque sorte les outils nécessaires pour « transformer » les données en informations. Mais aujourd'hui, le volume de données que nous pouvons recueillir et stocker défie l'imagination. De plus en plus, les entreprises observent que la seule façon de gérer un tel volume efficacement consiste à exploiter les ressources de stockage dans le Cloud. Heureusement, le Cloud offre de nombreuses options de stockage, de gestion, d'analyse et d'extraction de la valeur de ces énormes quantités de données.

La gestion des données d'entreprise avant le Cloud

Avant l'arrivée du Cloud, les entreprises organisaient et géraient leurs données principalement de deux façons. Nous observerons chacune d'entre elles.

Gestion des données structurées

Il n'y a pas si longtemps, la base de données relationnelle était au cœur de la gestion des informations d'entreprise. Elle maintenait des données fortement « structurées » dans des tableaux soigneusement définis et composés de rangées et de colonnes. Les systèmes de gestion des bases de données relationnelles (RDBMS) représentent et continuent de représenter une valeur inestimable pour l'entreprise. Sa plus grande valeur réside probablement dans son *intégrité inhérente*, dans le fait que les informations contenues dans la base de données resteront cohérentes, peu importe les circonstances : par exemple, vous avez la garantie de ne pas perdre d'argent suite à un incident du serveur intervenant après un retrait dans votre compte courant avant d'avoir procédé au dépôt dans votre compte d'épargne. En effet, nous parlons souvent des transactions « ACID » caractérisées par leur atomicité, cohérence, isolation (les unes par rapport aux autres) et durabilité.

Au fil du temps, une sorte de hiérarchie des applications RDBMS a évolué dans l'entreprise, comme illustré dans la figure 12-1. Les applications de gestion des données de référence, dont les changements de données sont relativement peu fréquents, gardent les informations essentielles (à savoir, nom et adresse du client ou les composants d'un produit) et sont *référéncées* par d'autres applications. Les systèmes de gestion des données maître (ou de référence) s'assurent que les données partagées entre plusieurs applications (par exemple, des données de client partagées par Customer Relationship Management [CRM], Enterprise Resource Planning [ERP] et les systèmes de support) sont identiques.¹⁴

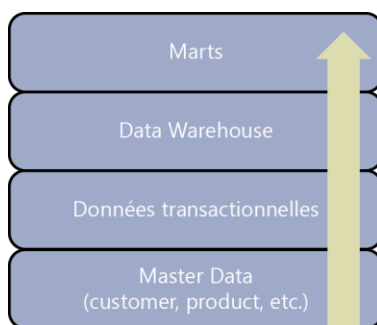


Figure 12-1 : gestion de données d'entreprise dans les années 90

¹⁴ Nous reconnaissons qu'il s'agit peut-être d'une simplification (exagérée) des théories avancées par Bill Inmon et Ralph Kimball, gourous des entrepôts de données. Inmon, en particulier, pourrait suggérer que les marts sont regroupés dans l'entrepôt, par opposition à notre représentation. L'une est valide : notre objet est juste de montrer que, pour une fois, il y avait une taxonomie relativement simple des outils de gestion des données.

Les systèmes transactionnels, en revanche, sont fréquemment mis à jour : ce sont les chevaux de trait de l'entreprise. Ils prennent en charge la gestion des achats de la clientèle, les opérations financières, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, etc. Dans une grande entreprise, différents systèmes de transactions reflètent différentes activités ou parties de l'entreprise. Les systèmes transactionnels sont codés pour une réponse rapide et interactive.

Pour les rapports, les données sur les transactions seraient périodiquement téléchargées dans un entrepôt de données, en charge de la gestion de vastes quantités de données historiques. De l'entrepôt, les données seraient ensuite envoyées aux datamarts. Les applications de base de données remplissent une fonction spécifique, telle que l'analyse prédictive ou la gestion de campagne.

De manière générale, les données de ce modèle circulent toujours vers le haut, comme l'indique la flèche dans la figure 12-1. Les changements apportés aux systèmes inférieurs (comme la mise à jour d'une adresse de client dans le système de données maîtres) sont rares.

Toutes ces bases de données nécessitent un support efficace : un personnel dévoué d'administrateurs de base de données (DBA) s'occupe des sauvegardes et de la restauration, des changements de l'agencement de la base de données (nouvelles colonnes), assurant ainsi des transferts exempts d'erreurs de données de l'une à l'autre, etc.

Données non structurées

Bien sûr, il y a bien d'autres types de données en dehors des données structurées simples. Nous, les humains, consommons généralement des informations aux formats *non structurés*, comme le livre blanc que vous lisez ! Texte, audio, vidéo, images : autant d'exemples de données non structurées. La croissance phénoménale du Web a apporté avec elle une explosion simultanée du volume de ces actifs non structurés. Nombre d'entre eux sont associés à des exigences particulières, comme la possibilité de diffuser de la vidéo, d'aider les utilisateurs à déplacer la tête de lecture, de fournir des miniatures, etc.

Par ailleurs, comme nous en avons discuté ailleurs, les applications dans le Cloud génèrent de vastes quantités de données comme la télémétrie.

Gestion des données d'entreprise dans l'ère du Cloud

Il n'est probablement pas surprenant que la gestion des données dans le Cloud comporte de nombreux avantages et possibilités. Comme avec les ressources de calcul, le stockage est un service « de paiement à l'utilisation », ce qui signifie bien sûr que vous payez uniquement pour les ressources que vous utilisez.

Autres avantages découlant de la nature de la façon dont le Cloud a été conçu. Parce que les serveurs Cloud ont tendance à utiliser des appareils de stockage de base, au lieu de réseaux SAN (réseau de zone de stockage) coûteux, la résilience est gérée par la redondance : le stockage Cloud est généralement soutenu par deux réplicas indépendants, qui pourraient (moyennant un coût supplémentaire) se propager dans toutes les régions géographiques (processus appelé *géo-redondance*).

D'autres avantages dépendent du service particulier. Nous les décrivons dans les prochaines sections.

Concepts de stockage fondamental

Les abstractions de stockage les plus fondamentales dans le Cloud sont le *blob*, le *fichier*, le *tableau* et la *file d'attente*. Observons chacune d'entre elles.

Blobs

Le terme de « blob » est l'abréviation de *binary large object* (objet binaire volumineux). En réalité, il s'agit d'une appellation inappropriée car un blob ne doit être ni volumineux ni binaire. Un blob n'est qu'un « sac d'octets » non structuré pouvant revêtir n'importe quelle forme : d'une image à un fichier texte en passant par une vidéo et tout ce qui peut être stocké sous forme numérique. Les blobs sont à peu de chose près analogues aux fichiers individuels (bien qu'il y ait une abstraction de « fichier » séparée, que nous couvrons dans un instant).

Les blobs sont souvent utilisés pour détenir des actifs Web, tels que des images.

Dans Microsoft Azure, il existe plusieurs types de blobs et leur taille unitaire maximale est d'environ 4,75 To.

Fichiers

De nombreuses applications comprennent le concept d'un fichier et utilisent en particulier le protocole Server Message Block (SMB) largement adopté pour accéder aux fichiers en réseau. L'abstraction « fichier » est présente pour soutenir cette compatibilité.

Tableaux

Dans Azure, les tableaux sont dédiés à la consultation de simples paires clé-valeur, offrant aux applications un niveau de base de données structurées. La taille maximale d'un tableau dans Azure (à ce jour) est de 500 To.

Files d'attente

Comme leur nom l'indique, les files d'attente, facilitent l'envoi évolutif des données d'un composant d'application à l'autre. Leur utilité réside dans le fait qu'elles peuvent tolérer de soudains pics d'activité et prévenir la submersion des applications ou serveurs.

Données relationnelles dans le Cloud

Bien sûr, la nécessité de la cohérence puissante et des fonctions d'interrogation d'une base de données relationnelle n'a pas diminué avec l'ère du Cloud. Au contraire, les magasins de données relationnelles ont gagné de l'importance.

Cependant, l'utilisation d'une base de données relationnelles dans le Cloud comporte certains avantages. De nombreux fournisseurs de base de données, dont Microsoft, ont converti leurs produits de base de données en offre Plateforme en tant que service (PaaS). Les mises à jour logicielles du système et d'autres tâches de maintenance ordinaires sont ainsi gérées par le fournisseur de la plateforme. En outre, comme avec toutes les offres natives Cloud, les consommateurs de ces « bases de données en tant que service » ne sont facturés que sur la capacité effectivement utilisée.

En tant que fonctionnalité améliorée, l'offre de Microsoft, Azure SQL Database formule des recommandations aux utilisateurs sur la façon dont ils peuvent optimiser les performances de leurs bases de données, y compris la suggestion de la création ou de la suppression des index ; fixation des problèmes de schéma, etc.

Azure SQL Data Warehouse de Microsoft mis à l'échelle en pétaoctets fournit la fonctionnalité d'entrepôt de données décrite ci-dessus, mais avec en prime les avantages du Cloud. Comme son cousin, Azure SQL, la solution Azure SQL Data Warehouse est entièrement gérée et mise à l'échelle en fonction des besoins.

Remarque Concernant les « services gérés », il est certainement possible d'exécuter SQL Server ou bien d'autres produits en mode infrastructures en tant que service (IaaS) ; autrement dit, à l'intérieur d'une machine virtuelle (VM). Dans ce cas, vous devez maintenir le système d'exploitation, le logiciel de base de données et autres, selon le modèle IaaS. Avec un service géré comme Azure SQL Database, Microsoft en tant que fournisseur de Cloud fait tout le travail de maintenance du logiciel système. Généralement, l'utilisation d'une version gérée d'un produit logiciel est beaucoup plus rentable que le fonctionnement en mode IaaS.

La montée des bases de données NoSQL

En quelques années, de nouvelles architectures de stockage et de gestion des données sont apparues. Elles ne remplacent pas, mais viennent plutôt compléter des bases de données relationnelles. Ces bases de données se mettent facilement à l'échelle sur plusieurs serveurs. Il s'agit d'une condition essentielle car la quantité de données collectées augmente rapidement.

L'une d'entre elles est la « base documentaire » contenant le texte, généralement sous la forme de JavaScript Object Notation (JSON). Voici un « document » très simple (enregistrement) au format JSON :

```
{
  "FirstName" : "Barry",
  "LastName"  : "Briggs",
  "Tags"      : ["baseball-lover", "author", "coder"],
  "Profession" : "Software Person"
}
```

Les bases de données orientées document ne remplacent pas les bases de données relationnelles. Elles peuvent cependant comporter un certain nombre d'avantages dans des situations spécifiques. Par exemple, les bases de données de documents évitent une grande partie de la rigueur et des frais de gestion associés aux bases de données relationnelles. Les documents n'ont pas besoin de suivre un schéma rigide typé. De nouveaux champs (colonnes) peuvent être ajoutés aux dossiers selon les besoins, tandis que de telles modifications de schéma sont très lourdes sur les bases de données relationnelles. Différentes mises en œuvre de bases de données fournissent des degrés variables de transactions ACID.

Bien que vous puissiez configurer certaines bases de données de document, tels que CosmosDB d'Azure (anciennement DocumentDB), MongoDB de MongoLabs ou l'open-source CouchDB, pour répondre à des contraintes de très forte cohérence (transactions ACID abordées précédemment), elles peuvent également être configurées pour avoir une *cohérence éventuelle*. Ainsi, au fil du temps divers enregistrements associés deviendront cohérents entre eux (votre retrait sera *éventuellement* affiché en tant que dépôt).

Pour une application bancaire, une base de données de documents pourrait ne pas convenir. Mais pour suivre des publications sur les réseaux sociaux (par exemple, tweets par utilisateur, délai et thème, avec une liste des derniers tweets pour chacun), une base de données de documents est un choix pertinent. Un catalogue de produits peut aussi constituer une bonne application.

Une autre forme de base de données NoSQL est la base de données de *graphe* dans laquelle les données ne sont pas stockées sous forme de lignes et de colonnes, mais plutôt comme références les unes aux autres. Par exemple, dans une base de données graphe, vous pourriez avoir un dossier décrivant une personne. Cet enregistrement pourrait ensuite pointer sur d'autres « amis », vers des enregistrements décrivant des aliments ou films préférés ou encore des commentaires publiés sur un réseau social.

Il est certainement possible de construire une base de données graphe dans un modèle relationnel. Cependant, si vous trouvez que le nombre de clés étrangères est important, une base de données graphe tels que Neo4j pourrait être plus appropriée. Des bases de données graphe prennent en charge des langages de requête différents (certains personnalisés, d'autres basés sur SQL). D'autres encore, comme GraphDB, reposent leur architecture sur le World Wide Web Consortium Resource Description Framework (RDF).

Bien sûr, l'idée principale à retenir de cette discussion est la suivante : une myriade d'options de gestion des données à grande échelle ont vu le jour au cours de la dernière décennie. Lorsque vous envisagez de nouvelles sources et applications pour la gestion de vos données, réfléchissez à ce qui fonctionne le mieux pour vous.

Le Big Data et les données plus volumineuses

Mais au-delà des bases de données personnalisées, la tendance est à l'explosion du volume des données que nous sommes à présent en mesure de recueillir. Nous avons tous entendu ces statistiques selon lesquelles toutes les secondes, 1,7 mégaoctet est créé pour chaque être humain sur la planète. D'ici 2020, nous aurons ainsi créé quelques 44 *zettaoctets* de données (c'est-à-dire 44 billions de gigaoctets). En outre, sur un jour donné, 1 milliard d'utilisateurs visitent le réseau social Facebook.

Il est facile de voir d'où proviennent toutes ces données : photos et vidéos téléchargées ; journaux du serveur ; télémétrie logicielle ; médias sociaux ; télémétrie de matériel ; suivi de l'utilisation des téléphones portables, navigation sur le Web et des millions d'autres activités humaines.

De nos jours, de nombreux gouvernements placent en effet de vastes quantités de données dans le Cloud (aux États-Unis, par exemple, sur <http://www.data.gov>, au Royaume-Uni, sur <http://www.data.gov.uk>, <http://data.gouv.fr> en France, etc.). D'autres entreprises mettent des données à disposition sur le web via une formule payante. Ces données peuvent, par exemple, accroître ou même remplacer les sources de données de référence sur site, ou encore fournir des renseignements supplémentaires en matière de marketing. L'utilisation de ces données peut ajouter des informations supplémentaires à vos modèles.

Les défis du Big Data viennent non seulement de sa quantité, mais aussi de la rapidité à laquelle il arrive (sa vitesse) et des nombreux types de données dans lesquels il se décline (sa variété). Nombreux sont ceux qui se réfèrent aux « trois v » du Big Data : volume, vitesse et variété.¹⁵

Et comme nous l'avons appris, les données regorgent d'*informations*. Par exemple, une analyse minutieuse des journaux de serveur pourrait mettre en évidence un échec d'authentification ponctuel émanant d'un pays lointain : une potentielle cyberattaque en cours. Ou, l'analyse de commentaires sur Twitter pourrait révéler les sentiments des gens concernant votre produit ou autre chose : c'est l'« analyse des sentiments ».

Le stockage et l'analyse du « Big Data » sont devenus monnaie courante dans l'entreprise. Les architectures du Big Data utilisent en général Hadoop (un projet open-source portant le nom de l'éléphant en peluche du fils de son inventeur) ou l'un de ses successeurs. L'algorithme d'Hadoop, MapReduce est conçu spécifiquement pour l'interrogation et l'analyse de très grands ensembles de jeux de données.

Voici un exemple très simple de MapReduce en action (il s'agit plutôt d'un exercice mental : tenez-vous prêt à suspendre votre jugement pendant un moment). Imaginez que vous souhaitez trouver toutes les occurrences de l'expression « Abraham Lincoln » sur le Web. Il y a plusieurs façons de le faire. Cependant, un moyen rapide consiste à mettre toutes les pages Web commençant par un « A » sur un (gigantesque : il s'agit de la partie nécessitant la suspension de votre jugement) disque

¹⁵ Le concept a été introduit par l'analyste Gartner Doug Laney en 2001.

connecté à un ordinateur ; toutes celles qui commencent par un « B » sur un disque connecté à un autre ordinateur et ainsi de suite. Chaque ordinateur compte le nombre de « Abraham Lincolns » sur son disque. Enfin, chaque ordinateur envoie ses résultats à un ordinateur central qui compile les résultats de tous les intermédiaires et donne la réponse finale.

Dans ce cas, nous avons envoyé une petite commande, ou programme, vers les ordinateurs par ordre alphabétique : l'organisation du code avec les données est un concept fondamental du Big Data. Nous ne l'actualisons pas, nous n'effectuons aucune transaction, nous nous contentons de parcourir son contenu pour en extraire des informations.

Hadoop a donné naissance à toute une famille de produits et technologies de logiciels, y compris Hive (requêtes SQL), Pig (langage d'écriture de programmes MapReduce) et bien d'autres. Spark présente un intérêt particulier en apportant des performances plus rapides grâce aux transformations In-Memory. Hadoop et Spark sont pris en charge en tant que service géré appelé HDInsight dans Azure et aussi de HortonWorks et Cloudera (Hadoop) et Databricks (Spark), chacun avec des fonctions à valeur ajoutée. Le projet Cassandra open-source (produit par DataStax) fournit une solution de Big Data aux performances et capacités de requête de type SQL très élevées.

Le Data Lake

Un « lac de données », tel que le système de fichiers distribués d'Hadoop, est une méthode de stockage de quantités massives de données dans une grande variété de formats. Les lacs de données sont souvent comparés à des entrepôts de données, avec une différence capitale : tandis que les entrepôts de données constituent un point de regroupement des données, ils contiennent des données (relationnelles) *structurées* et généralement des données issues de systèmes transactionnels devant être transformées pour s'ajuster aux modèles (schémas) dans l'entrepôt.

Au contraire, les lacs de données contiennent des données brutes dans leurs formats et structures (ou sans aucune) d'origine.

Services d'analyse et visualisation des données

Les applications business intelligence (BI) exigent souvent d'utiliser un type spécifique de base de données facilitant « le tranchage et le découpage » des données, pour les regrouper de diverses manières et exécuter des algorithmes tels que la segmentation ou la régression à une vue différente des données. Dans le monde relationnel, ces services d'analyse sont fournis par des structures de données dites multidimensionnelles, souvent appelées *cubes*. Les cubes rassemblent souvent des données provenant de nombreuses sources différentes.

Azure Analytic Services, le cousin du service géré dans le Cloud de Microsoft SQL Server Analysis Services, fournit cette fonctionnalité dans Azure. Comme d'autres services Cloud, il fonctionne sur la base d'un paiement à l'utilisation. Reconnaissant que la demande pour ces services est souvent cyclique (par exemple, à la fin du trimestre) Azure Analytic Services peut être mis « en pause » entre deux utilisations.

Azur Analysis Services est étroitement intégré à l'outil de visualisation Microsoft Power BI (Figure 12-2), qui fournit des visualisations d'évaluation à la fois simples et puissantes des informations non seulement d'Analytic Services, mais aussi d'une multitude de fournisseurs de données.

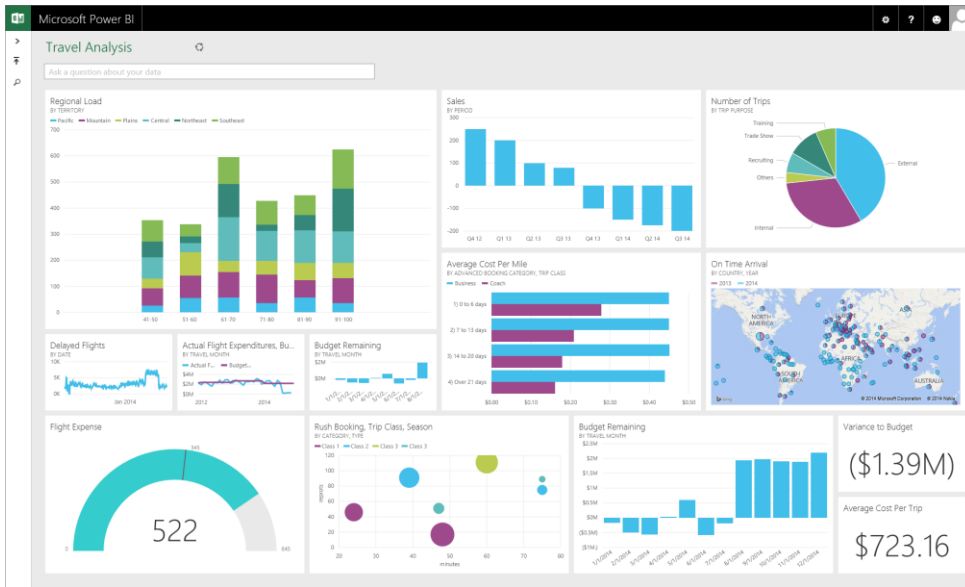


Figure 12-2 : visualisation Power BI

L'intelligence artificielle transforme votre entreprise

Pendant des années, le domaine de l'intelligence artificielle (IA) a déperî dans les laboratoires d'informatique académiques et d'autres établissements de recherche. Cependant, grâce à son immense puissance de calcul et ses capacités de stockage quasiment illimitées, le Cloud a permis de démocratiser l'intelligence artificielle et de révolutionner du même coup le paysage informatique. Le fait de parler à votre ordinateur (ou la reconnaissance vocale) autrefois truffé de contre-sens, est à présent une fonction commune et largement exempte d'erreurs. En outre, grâce à la technologie de l'intelligence artificielle, la prédiction du « futur » se précise s'agissant d'anticiper par exemple si une partie est vouée à l'échec ou si un patient est susceptible d'être réadmis.

L'idée de l'« ordinateur intelligent » a longtemps été un élément essentiel des scénarios de science-fiction (le supercalculateur HAL de 2001, *l'Odyssée de l'espace*) et, en l'occurrence, de la recherche. Dans les années 60, le professeur du MIT Joseph Weizenbaum a écrit un programme court, d'à peine quelques centaines de lignes, émulant la méthodologie d'un psychologue. Le programme « Eliza » demandait aux utilisateurs leurs inquiétudes, puis reformulait leurs phrases sous la forme d'une question (« Mon chien me déteste. » « Pourquoi votre chien vous déteste-t-il ? », etc.).

L'intelligence artificielle moderne a fait du chemin. Dans ce chapitre, nous expliquons pourquoi elle renaît dans l'ère du Cloud, et nous présentons la nature de la technologie. Ensuite, nous couvrons certains problèmes spatiaux et les opportunités modernes d'utilisation de l'intelligence artificielle.

Que sont l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique ?

En gros, l'intelligence artificielle est l'intégration aux ordinateurs de fonctionnalités semblables aux capacités humaines : vision et discours, connaissances et raisonnement et reconnaissance de schémas et prévision. Au cours des dernières décennies, de nombreuses approches de l'intelligence artificielle ont perdu en popularité. D'autres visions ont profité de courtes réminiscences de concert avec l'amélioration de la technologie tandis que certains autres concepts ont été purement et simplement rejetés.

Le regain actuel d'intérêt pour l'intelligence artificielle découle de trois constatations fondamentales :

- L'intelligence artificielle nécessite d'énormes quantités de stockage
- Une capacité de traitement considérable est également nécessaire
- La puissance de traitement et de stockage sont toutes les deux disponibles dans le Cloud

Les expressions « intelligence artificielle » et « apprentissage automatique » font souvent l'objet de confusions. Pour être précis dans notre terminologie, *l'apprentissage automatique* est un sous-ensemble du plus grand domaine de l'intelligence artificielle dans lequel nous utilisons de grandes quantités de données historiques pour former des modèles utilisés par la suite afin d'évaluer de nouvelles données. La plupart de ce qui suit se concentre sur l'apprentissage automatique, discipline de l'intelligence artificielle.

Notions de base d'apprentissage machine

Les concepts d'intelligence artificielle et d'apprentissage machine ont certainement un aspect mystérieux. Mais il s'agit en fait de concepts relativement simples. Voici une brève introduction à l'art et à la science de l'apprentissage automatique.

Imaginons que vous vouliez un programme pour prédire quand une pièce de machine tombera en panne. Vous disposez de téraoctets et téraoctets de fichiers journaux, et d'une liste de pièces de machine tombées en panne. Chaque enregistrement dans le journal prend note de la pièce, de son identificateur unique, de son fournisseur, de sa date de fabrication, de sa date d'achat, de sa dernière date de réparation, de l'identité de son réparateur, de l'identificateur de la machine dans laquelle la pièce est installée et de 50 autres éléments de données.

Votre tâche consiste à déterminer quand un identificateur de pièce donné fera l'objet d'une panne.

Une application d'apprentissage automatique pourrait peut-être trouver la réponse. La première étape consiste à *diviser* vos données historiques. L'idée est que vous aurez *formé* un modèle avec une partie des données. Puis, vous observerez si le modèle prédit correctement les résultats dans l'autre partie des données.

L'étape suivante, la formation, est la partie plus axée sur le processeur de l'apprentissage automatique parce qu'il prend de grandes quantités de données et établit des corrélations mathématiques entre toutes les variables. Une multitude de tels algorithmes mathématiques est largement disponible ; il est souvent utile de former plusieurs algorithmes pour constater laquelle donne le meilleur résultat.

Dans l'étape finale, prenez le modèle formé et injectez-lui les données brutes réelles et non formées, puis constatez s'il prédit les résultats avec exactitude : autrement dit, quelles sont les parties des données non formées (le journal) qui ont effectivement échoué. Il s'agit de la « notation ». Dans notre exemple de prévision de panne, cela consisterait à prendre chaque identificateur de pièce dans les données non formées afin d'obtenir une probabilité de panne pour la comparer au taux d'échec réel. Si les résultats sont satisfaisants (par exemple, supérieurs à 95 %), vous pouvez déployer le modèle formé dans le monde réel.

Vous pouvez envisager d'injecter les données de journalisation de votre modèle formé dans le cadre d'une nouvelle application afin de générer une alerte lorsqu'une pièce approche de la panne. Ensuite, vous pouvez envoyer un technicien pour remplacer la pièce de manière proactive. Vous améliorez ainsi la satisfaction du client tout en réduisant vos propres coûts.

Et c'est l'essence (bien qu'un aperçu) de la valeur de l'apprentissage automatique.

Figure 13-1 illustre le développement de ce modèle dans Microsoft Azure Machine Learning Studio. Notez qu'il ne s'agit que d'un simple workflow graphique. Dans ce cas, l'algorithme utilisé est une régression linéaire.

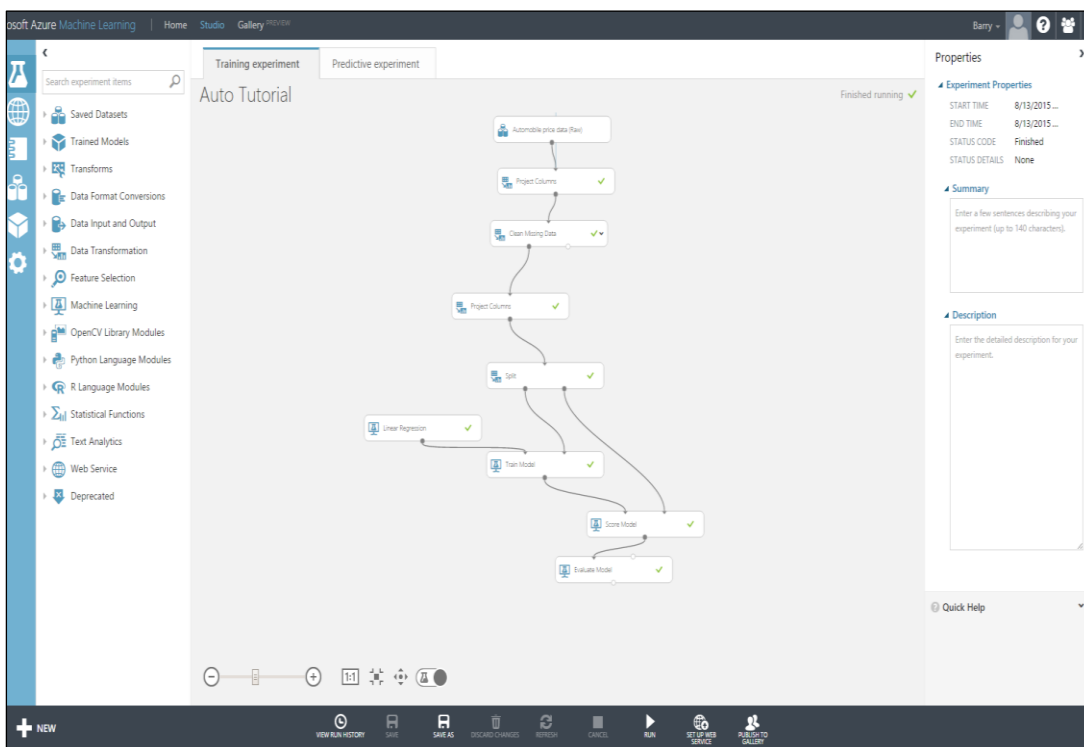


Figure 13-1 : Azure Machine Learning

À ce stade, il convient de transmettre un dicton connu de tous les scientifiques dans le domaine des données. En général, la partie la plus difficile de la construction d'un algorithme d'apprentissage automatique comme l'illustre la figure 13-1 est en fait de s'assurer que les données sont « nettoyées ». En d'autres termes, que tous les téraoctets comprennent des valeurs légitimes : sans données hors limite, etc. (Il s'agit d'un problème familier pour toute personne qui a construit un processus d'extraction, de transformation et de chargement [ETL] à grande échelle.) Dans le modèle de la figure, il y a une étape appelée « Effacer les données manquantes », l'une des nombreuses capacités de nettoyage des données intégrées.

Apprentissage supervisé ou non supervisé

L'apprentissage automatique fait la distinction entre ce que l'on appelle l'apprentissage *supervisé* et l'apprentissage *non supervisé*. Dans notre exemple, nous savions quelles parties avaient échoué. Nous avons donc appris à notre modèle comment trouver les combinaisons et corrélations de variables qui prédiraient un échec avec exactitude. Ensuite, nous avons noté notre modèle sur la base de nos connaissances préexistantes pour le reformer avec un plus grand jeu de données, pour ajuster certains de ces paramètres ou choisir un algorithme différent si les résultats n'étaient pas satisfaisants. Il s'agit d'un exemple d'apprentissage supervisé.

En apprentissage non supervisé, nous n'avons pas d'objectif précis en tête, par exemple déterminer la probabilité de la panne d'une pièce. Au contraire, nous recherchons des tendances dans les données. Il y a deux principaux problèmes résolus en apprentissage non supervisé. Le premier est le *clustering*, c'est-à-dire trouver des groupements dans les grands jeux de données dont vous n'aviez pas connaissance de l'existence auparavant, comme la recherche de clients regroupés par comportement d'achat. Le second est l'*association*, ou la découverte des relations auparavant inconnues entre les éléments de données des grands jeux de données. Par exemple, déterminer que les clients qui achètent un produit donné tendent également à acheter un autre produit connexe.

Réseaux de neurones

Les réseaux neuronaux sont d'autres algorithmes mathématiques à utiliser dans l'apprentissage automatique. Un réseau de neurones, comme son nom l'indique, émule le fonctionnement de cellules dans le cerveau. Essentiellement, l'idée est qu'un petit corps de code analyse un morceau de données, donnant ainsi une probabilité qu'une certaine condition a été remplie. Ces « neurones » alimentent ensuite d'autres neurones, analysant des « blocs » de données plus volumineux, pour finalement déterminer si une certaine condition a été reconnue. Les réseaux neuronaux sont largement utilisés dans les applications sensorielles telles que la reconnaissance vocale et la vision informatisée.

Le terme *apprentissage approfondi* a été appliqué à des réseaux de neurones avec plusieurs couches.

L'accélération de l'apprentissage automatique grâce au matériel

Comme nous l'évoquions plus haut, la partie plus axée sur le processeur de l'apprentissage automatique est l'étape de la formation. Bon nombre d'algorithmes de formation peuvent bénéficier de *parallélisme* ; autrement dit, de nombreux processeurs fonctionnent simultanément, en s'exécutant sur différents éléments des données.

En effet, plus il y a de processeurs mieux c'est et, il s'avère que les processeurs graphiques (GPU) haut de gamme sont en général équipés de centaines ou de milliers de processeurs hautement interconnectés. L'accélération GPU peut ainsi booster l'apprentissage automatique d'un ordre de grandeur et parfois de plus. Un « neurone » de logiciels pouvant être chargé à un seul processeur dans le GPU, les réseaux neuronaux se mappent donc bien au GPU pour la formation et les opérations d'exécution (inférence).

Les GPU présentent cependant certains inconvénients : ils ont tendance à être coûteux et à consommer beaucoup d'énergie. Et, à l'origine, les GPU n'ont bien sûr pas été spécifiquement conçus pour les applications d'apprentissage automatique, mais plutôt pour le graphisme (bien que certains fournisseurs aient supprimé les circuits graphiques).

Deux nouvelles approches émergentes cherchent à fournir un matériel spécifique d'apprentissage automatique. Plusieurs fournisseurs de Cloud, dont Microsoft, ont annoncé la disponibilité de réseaux de portes programmables (FPGA) personnalisés dans leurs datacenters Cloud. Vous pouvez configurer des FPGA, circuits intégrés programmables, dans une grande variété de façons afin d'exécuter des applications d'apprentissage automatique. Et, à l'image des GPU, ils exécutent des traitements en parallèle et présentent donc des vitesses bien supérieures.

Une technologie encore plus récente reproduit des réseaux neuronaux dans du silicium, créant de véritables puces composées de neurones en silicium. Ces puces *neuromorphiques* en sont encore à leurs débuts (et ne sont pas encore largement disponibles) mais semblent très prometteuses.

Applications d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique

Comme nous l'avons souligné au début de ce chapitre, nous croyons fermement que les technologies d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle révolutionnent les business models. Dans cette section, nous illustrons ce point avec quelques exemples.

Les bots et l'ordinateur conversationnel

L'apprentissage automatique fournit aux applications un moyen de comprendre le langage naturel ; autrement dit, la façon dont nous utilisons le langage dans notre communication effective, pour à son tour nous donner un moyen d'interagir avec les ordinateurs de manière plus « humaine ». Les applications qui communiquent avec les humains à l'aide du langage sont appelées *bots*. Elles rendent possibles de nouvelles formes de relation client et une suscitent le développement d'une relation plus personnelle.

En connectant les bots à des sources de données corporatives, les entreprises trouvent de nombreuses façons de les utiliser. Par exemple, pour les grands sites contenant des dizaines de milliers de pages, il est facile pour un utilisateur de se contenter de demander à un bot où trouver les informations qui lui sont nécessaires (« Comment puis-je m'inscrire un enfant à l'école ? » ou bien « Où dois-je payer ma facture ? »), en évitant ainsi toute la navigation parfois archaïque qui caractérise de nombreux sites Web modernes.

Analyse prédictive

Dans notre exemple d'apprentissage automatique simple, nous nous sommes penchés sur de grandes quantités de données des journaux pour prédire les pannes de pièces. Pour les entreprises, la valeur de ce genre de prescience est considérable : en évitant les interruptions de service imprévues, les entreprises peuvent fonctionner à pleine capacité, augmentant ainsi la satisfaction des clients.

En effet, certaines entreprises ont utilisé l'analyse prédictive pour changer complètement leurs business models. Au lieu de vendre des biens d'équipement, elles vendent ce que l'on appelle un « équipement en tant que service ». Elles facturent ainsi un tarif d'abonnement pour les temps de fonctionnement de l'appareil, à l'aide de la télémétrie et de l'analyse prédictive afin de prévenir toute défaillance.

Le constructeur britannique Rolls-Royce, par exemple, analyse les données de télémétrie des réacteurs de jet qu'il vend à l'aide de Cortana Intelligence Suite de Microsoft. En trouvant des anomalies de manière anticipée, il peut s'assurer que les moteurs tournent toujours à plein rendement et que les vols sont ponctuels.

Objets autonomes

Les automobiles modernes sont assemblées avec une grande variété de capteurs, y compris des capteurs LIDAR et des capteurs vidéo. L'objectif à long terme étant la conduite entièrement autonome, dans le cadre de laquelle la voiture elle-même a conscience de la situation de la route, de ses conditions, du trafic, etc. La voiture autonome (et tant d'autres projets basés sur l'autonomie d'autres objets tels que des camions, bateaux, drones, etc.) base ses décisions sur l'apprentissage automatique. La vision informatique peut reconnaître des objets tels que des marqueurs de voie, des limiteurs de vitesse et d'autres voitures sur la route. D'autres capteurs à l'intérieur de la voiture peuvent maintenir le conducteur éveillé et alerte, même si la voiture contrôle le pilotage. Et la voiture reçoit constamment des rapports de trafic afin de mettre à jour l'itinéraire intelligemment si une congestion à venir est détectée.

Détection des fraudes et autres applications financières

Les services financiers ont trouvé de nombreuses applications pour l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique, comme on pouvait s'y attendre, compte tenu du volume de données générées par les transactions financières. Les programmes de détection des fraudes utilisent des techniques d'apprentissage automatique pour étudier de vastes quantités de données à la recherche de schémas anormaux, par exemple. D'autres programmes d'apprentissage automatique peuvent analyser les informations des rapports financiers tels que les formulaires 10-K, les comparer aux périodes antérieures ou aux rapports de la concurrence pour générer des recommandations d'investissement.

L'une des utilisations les plus intéressantes de l'intelligence artificielle dans les services financiers est le domaine croissant des « robots-conseillers » : des conseillers financiers basés sur l'intelligence artificielle qui examinent le portefeuille de l'utilisateur et y appliquent des algorithmes afin de lui suggérer des investissements. Fonctionnant à une fraction du coût d'un conseiller humain, les robots-conseillers peuvent gérer des fonds de retraite tels que des plans d'épargne retraite 401(k) et IRA ainsi que des comptes de placement imposables. Ils peuvent également dispenser des conseils automatisés sur l'épargne-retraite et d'autres investissements.

Applications de soins de santé

Dans le domaine des soins de santé, l'intelligence artificielle trouve de nombreuses applications. Les applications d'apprentissage automatique peuvent rapidement parcourir de vastes ensembles de données relatives aux antécédents médicaux du patient pour proposer un traitement personnalisé. En analysant le dossier médical d'un seul patient, puis en le comparant aux légions d'autres dossiers médicaux (en se conformant aux lois applicables sur la protection de la confidentialité), des plans de traitement individuels pour des maladies graves, y compris le cancer, peuvent être créés. Des compagnies pharmaceutiques utilisent des algorithmes d'apprentissage automatique pour développer rapidement de nouveaux médicaments, évitant parfois les approches plus traditionnelles par essais et erreurs laborieuses et chronophages. La société Atomwise a utilisé l'intelligence artificielle pour découvrir deux médicaments qui ont un grand potentiel pour le traitement du virus Ebola, par exemple.

Résumé

Nous espérons avoir démontré que les applications d'intelligence artificielle en cours d'exécution dans le Cloud ont le potentiel de révolutionner tous les aspects de l'informatique d'entreprise. Les progrès sont encore très récents, pourtant l'intelligence artificielle a déjà transformé, ou est en train de transformer, les entreprises du monde entier.

Résumé

Nous avons clos la première édition du livre blanc *Enterprise Cloud stratégie* avec la déclaration, « On ne saurait surestimer l'impact du Cloud computing sur l'entreprise et sur les activités professionnelles en général. ». Nous croyons fermement que les deux ans écoulés entre la première édition et celle-ci ont certainement prouvé ce point !

Alors, qu'avons-nous appris ?

Dans le chapitre 1, nous avons parlé de ce qui pourrait être appelé la macroéconomie du Cloud et montré comment les fournisseurs de Cloud peuvent réaliser des économies de mise à l'échelle qu'aucune entreprise ne peut achever. Nous avons également décrit quelques-unes des nombreuses opportunités d'économies et de réduction du coût total de possession dans le Cloud et les opportunités de réaliser un retour sur investissement mesurable grâce aux services PaaS.

Nous avons entamé notre route vers le Cloud en définissant des termes clés tels que SaaS, IaaS, PaaS et conteneurs dans le chapitre 2, avant de discuter des avantages et des inconvénients de chacun. Un thème central du livre blanc, abordé pour la première fois dans le chapitre 2, est que ces approches variées de la migration Cloud impliquent des rendements nettement différents : si vous remplacez une application locale par un service SaaS, vous supprimez du même coup des frais considérables. Les applications IaaS suppriment la charge de la gestion de l'infrastructure comme les serveurs et les réseaux, tandis que le modèle PaaS va plus loin car le fournisseur Cloud est également responsable du système d'exploitation, de la base de données et de la maintenance d'autres logiciels système.

Nous avons décrit ensuite le processus en trois phases : l'expérimentation, la migration et la transformation, en prenant soin de faire remarquer que vous pourriez bien (et devriez) envisager de réaliser celles-ci en parallèle au lieu de les considérer comme des étapes séquentielles.

Au cours de la phase d'expérimentation, vos équipes déplacent peut-être quelques-unes des applications peu risquées dans le Cloud, avec l'objectif d'apprendre l'ingénierie du Cloud, la gestion des opérations Cloud et comment tirer parti des fonctions disponibles uniquement dans le Cloud. Nous avons recommandé une meilleure pratique : il ne s'agit pas de limiter cette expérience à une migration simple, mais plutôt de profiter pleinement de l'occasion et d'essayer autant de fonctions Cloud que possible.

Comme nous l'avons mentionné, la phase la plus complexe est celle de la migration, au cours de laquelle la majeure partie de l'écosystème d'applications IT est déplacée vers le Cloud. Dans le chapitre 5, nous avons fourni quelques exemples et les meilleures pratiques sur la façon d'organiser et d'encadrer la migration vers le Cloud, en commençant par la création d'une équipe de stratégie Cloud responsable de l'établissement des priorités et de la gestion de la migration. Vous voudrez probablement consulter ponctuellement les sections sur l'impact organisationnel car presque toutes les fonctions IT de l'entreprise (des RH aux finances en passant par le développement d'opérations) sont affectées d'une manière ou d'une autre par la migration vers le Cloud.

Dans le chapitre 6, nous avons décrit le processus pour établir les priorités de votre portefeuille d'applications et souligné l'importance de fixer des critères de priorisation en vue de la prise de décisions. Nous avons aussi fourni quelques exemples basés sur notre expérience de la façon dont vous pouvez le faire. Ensuite, nous avons décrit comment réaliser votre plan et présenté certains des outils disponibles pour vous aider à migrer. Puis nous avons montré quelques-unes des meilleures pratiques pour obtenir une transparence financière grâce à une gestion d'abonnement Cloud réfléchie.

Tandis que vous déplacez vos applications dans le Cloud et que votre entreprise commence à exiger des versions toujours plus rapides, vous augmenterez votre utilisation des outils et méthodologies DevOps qui appliquent des techniques de fabrication logicielle sans gaspillage. À l'aide d'outils tels que Microsoft Azure Application Insights et Azure Monitor, vous pouvez surveiller les ressources que votre application utilise en temps réel afin d'optimiser votre investissement.

Au chapitre 9, nous avons discuté de deux des aspects primordiaux du Cloud : la gouvernance et la sécurité. Puis nous avons émis des recommandations et présenté certaines des meilleures pratiques. Concernant la conformité aux réglementations, il est important de comprendre quelles sont les certifications dont votre fournisseur de Cloud est titulaire et quelle est la division des responsabilités entre vos applications et données d'une part, et entre le datacenter Cloud, l'infrastructure et le logiciel plateforme de l'autre.

Quant à la sécurité, un large éventail d'outils et de méthodologies a été créé pour assurer la sécurisation de vos applications et données dans le Cloud. Il est impératif de les utiliser et visitez souvent le Centre de gestion de la confidentialité Microsoft Azure pour confirmer que vous êtes à jour, compte tenu de la fréquence d'apparition des nouvelles menaces.

Dans la partie III, *Transformation*, nous avons discuté de la façon dont vous pouvez utiliser le Cloud et des services disponibles dans le Cloud pour non seulement réduire vos coûts et gagner en efficacité, mais aussi pour élargir radicalement les capacités de votre portefeuille d'applications et générer des retours sur investissement importants au profit de votre entreprise.

Nous avons commencé en expliquant comment intégrer vos applications locales aux fonctionnalités et services disponibles dans le Cloud, telles que la sauvegarde et la restauration, la récupération d'urgence et l'intégration d'applications.

Dans le chapitre 11, nous avons examiné en détail de nouveaux modèles d'applications disponibles dans le Cloud, y compris les PaaS et conteneurs. Les fonctionnalités « sans serveur » permettent à vos équipes de créer de nouvelles applications sans écrire une seule ligne de code !

Le Cloud met aussi une grande variété d'outils de gestion de données à votre disposition en tant que services : pas seulement les bases de données relationnelles et les entrepôts de données, mais aussi des bases de données de documents, des référentiels de Big Data tels que les services Hadoop et Spark, et des services d'analyse.

Enfin, au chapitre 13, nous avons montré comment les mondes émergents de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique peuvent, moyennant très peu de frais, métamorphoser vos applications et activités, d'un seul coup, en activant des fonctionnalités telles que les bots et la maintenance prédictive.

* * *

Nous croyons que le Cloud représente un ensemble trépidant d'occasions pour les organisations IT et les entreprises en général. Nous espérons qu'en lisant ce document, vous avez pu apprendre comment tirer rapidement profit de tous les avantages du Cloud.

Bonne route vers le cloud !

Plans d'architecture du cloud

Nous vous invitons à visiter le site web www.azure.com/solutions pour consulter les derniers plans d'architecture de solutions Cloud. Nous avons ajouté certains de ces plans dans les annexes de ce document pour illustrer le potentiel des architectures Cloud abordées tout au long de ce livre blanc.

Marketing numérique

Site Web de marketing numérique simple

La figure A-1 présente l'exemple d'un système de gestion de contenu simple avec lequel vous pouvez facilement maintenir la messagerie sur votre site Internet en temps réel, depuis un navigateur, sans compétences de codage.

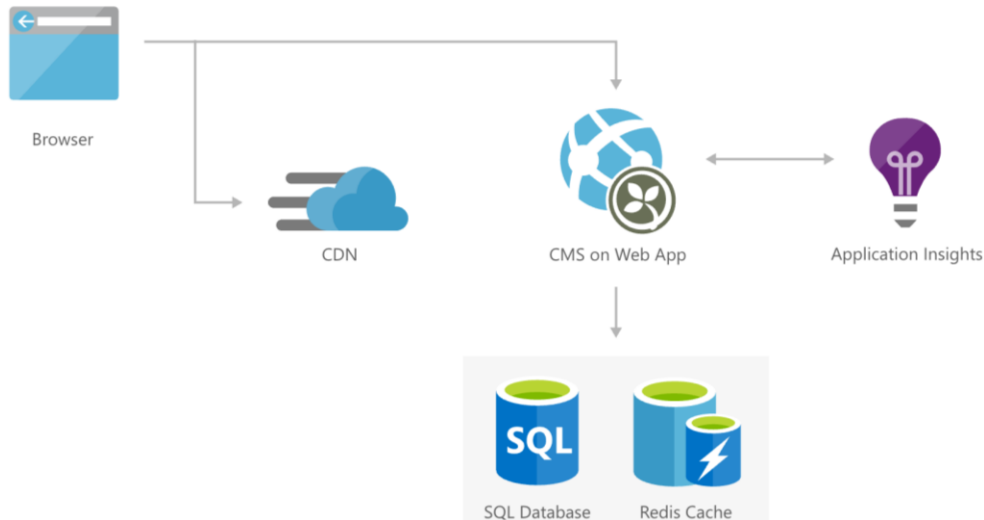


Figure A-1 : site Web de marketing numérique simple

Cette solution repose sur les services gérés Microsoft Azure suivants :

- [SQL Database](#)
- [Application Insights](#)
- [Réseau de distribution de contenu](#)
- [Cache Redis](#)

Comme avec tous les services présentés dans cette annexe, ils s'exécutent dans un environnement de haute disponibilité, patché et pris en charge. Vous pouvez ainsi vous concentrer sur votre solution au lieu de son environnement d'exécution.

Application Web Scalable Umbraco CMS

Un site de marketing plus large utilise l'application Web de système de gestion de contenu Umbraco open-source. La figure A-2 montre qu'il est configuré avec mise à l'échelle et optimisé pour les sites très fréquentés. Elle utilise deux applications Web (l'une pour votre application front-end et l'autre pour votre application back-office) déployées dans une région unique avec activation de la mise à l'échelle automatique.

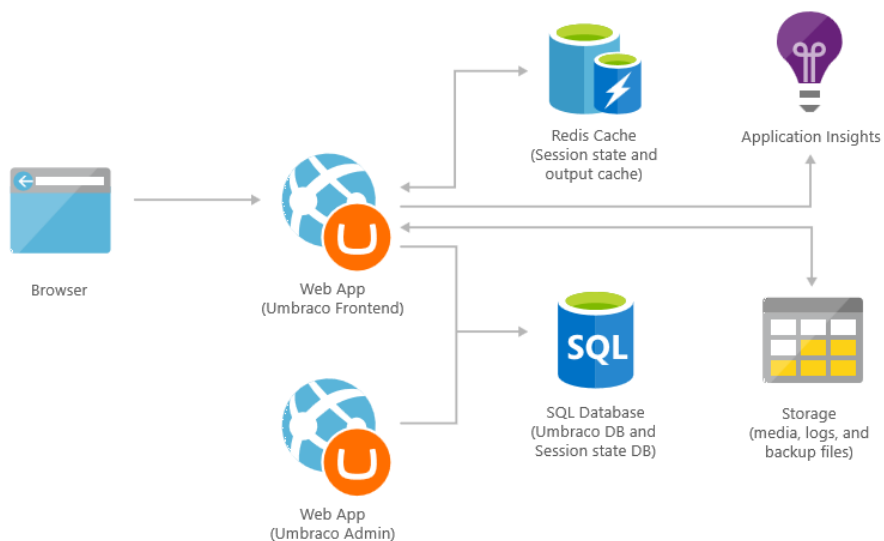


Figure A-2 : application Web CMS Scalable

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [SQL Database](#)
- [Stockage](#)
- [Application Insights](#)
- [Cache Redis](#)

Mobile

Application mobile consommateur basée sur les tâches

La figure A-3 présente l'exemple d'un backend mobile utilisé par les applications clientes iOS, Android et Windows. Utilisez Xamarin ou les Kits de développement logiciel (SDK) clients natifs pour créer une application cliente mobile qui prend en charge la synchronisation hors connexion, dont celle des fichiers image. L'authentification App Service permet de se connecter à un fournisseur d'identité. Stockage Blob Azure permet de stocker les images à moindres coûts et de façon évolutive.

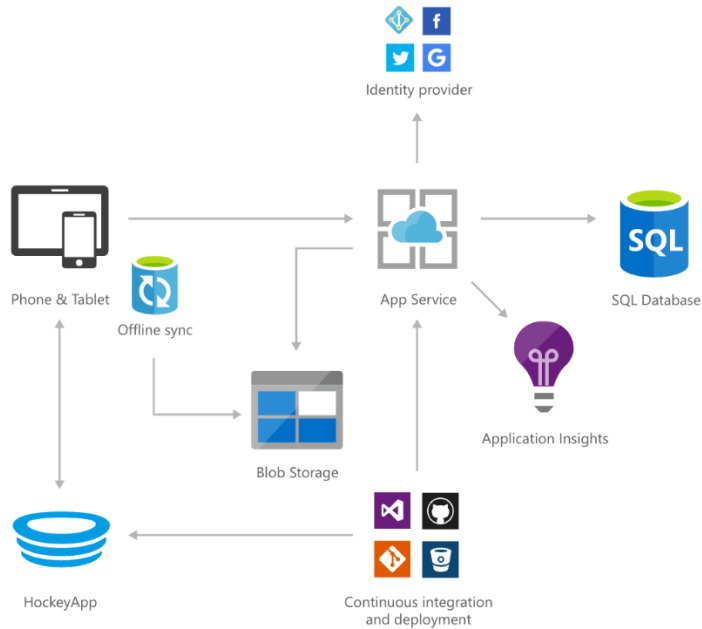


Figure A-3 : application mobile consommateur basée sur les tâches

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Service d'application](#)
- [SQL Database](#)
- [Application Insights](#)
- [HockeyApp](#)

Application personnalisée pour les travailleurs itinérants

Dans cet exemple (Figure A-4), une application cliente Xamarin.Forms prenant en charge iOS, Android et Windows, fonctionne hors connexion et permet aux ingénieurs sur le terrain d'afficher et de modifier les tâches qui leur sont attribuées.

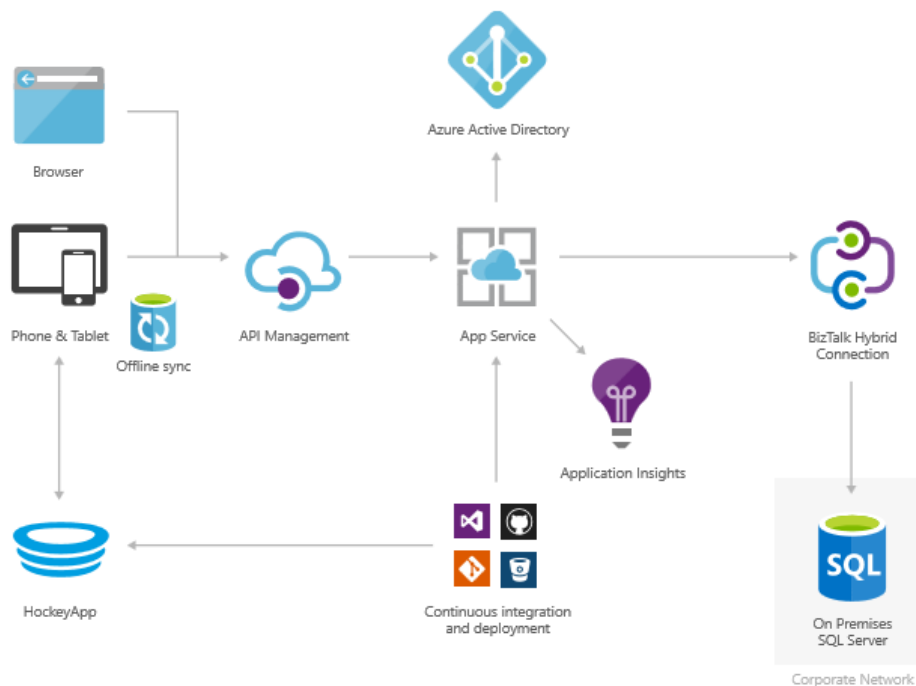


Figure A-4 : application personnalisée pour les travailleurs itinérants

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Service d'application](#)
- [Gestion des API](#)
- [SQL Database](#)
- [Azure Active Directory](#)
- [Application Insights](#)
- [HockeyApp](#)

Application Web et mobile sociale avec authentification

La figure A-5 présente une application cliente mobile pour le partage d'images sociales avec une application de compagnon Web. L'application backend traite l'image d'arrière-plan à l'aide d'une fonction d'Azure. L'application cliente mobile fonctionne en mode hors connexion, vous donnant la possibilité de visualiser et de télécharger des images même lorsque vous n'avez pas de connexion réseau.

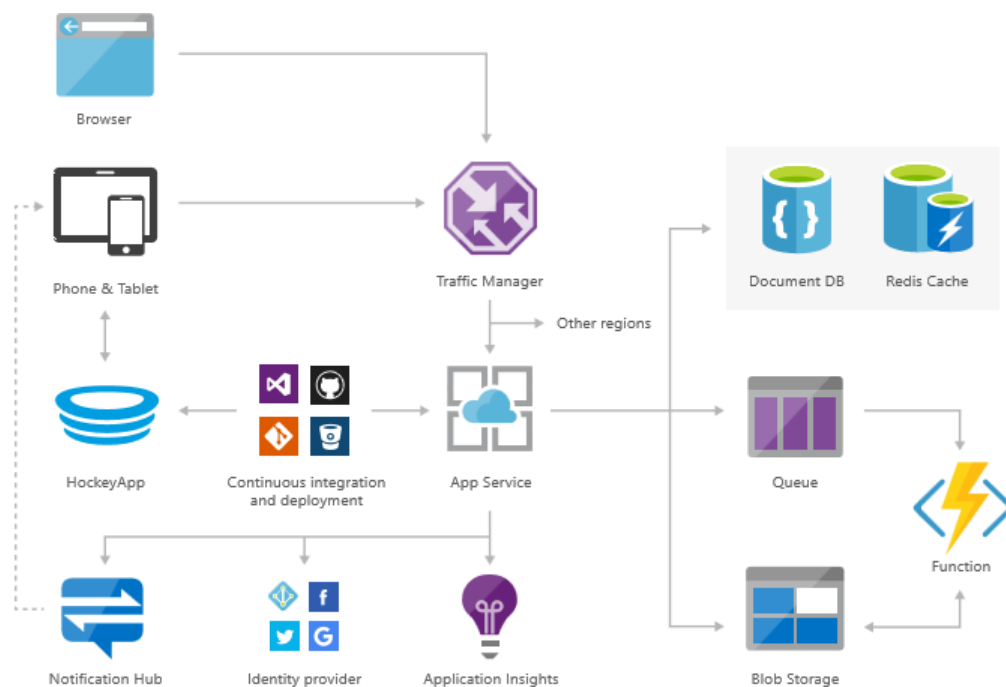


Figure A-5 : application Web et mobile sociale avec authentification

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Service d'application](#)
- [Traffic Manager](#)
- [Azure Cosmos DB](#)
- [Cache Redis](#)
- [Notification Hubs](#)
- [Azure Active Directory](#)
- [Functions](#)
- [Application Insights](#)
- [HockeyApp](#)

Sauvegarde et archivage

La figure A-6 illustre comment sauvegarder des données et des applications d'un système local vers Azure à l'aide d'Azure Backup ou d'une solution partenaire. Une connexion Internet à Azure est utilisée pour se connecter à Azure Backup ou au stockage Blob Azure. Azur Backup Server peut écrire des sauvegardes directement sur Azure Backup. Par ailleurs, une solution de partenaires, comme Commvault Simpana ou Veeam Availability Suite, hébergée sur site peut écrire des sauvegardes directement sur le stockage Blob ou via un point de terminaison Cloud tel que Veeam Cloud Connect.

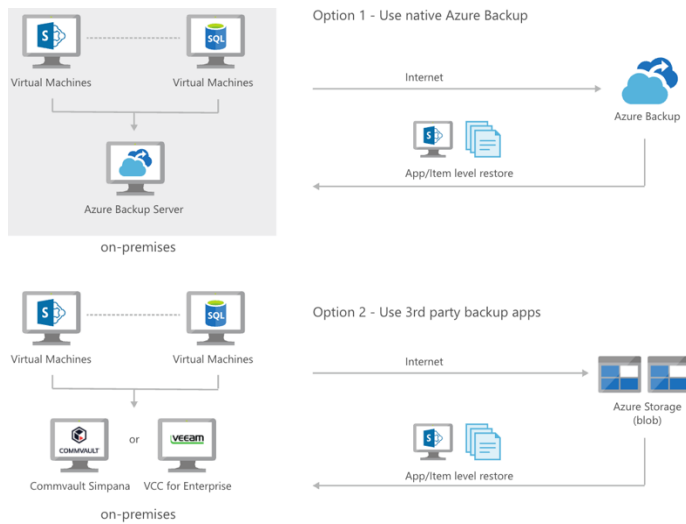


Figure A-6 : sauvegarde et archivage

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Serveur de sauvegarde](#)
- [Sauvegarde](#)
- [Stockage Blob](#)

Développement et test

Développement et test pour IaaS

La figure A-7 illustre comment configurer votre infrastructure pour le développement et le test d'un système standard de IaaS basée sur système SaaS.

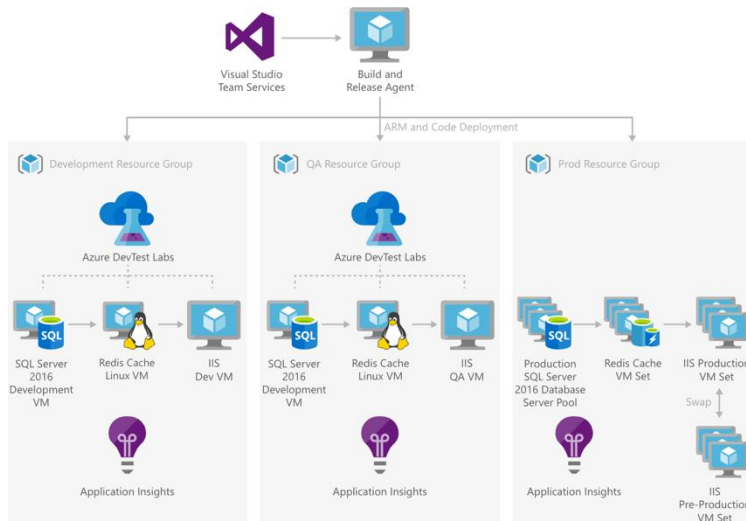


Figure A-7 : développement et test pour IaaS

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Visual Studio Team Services](#)
- [Azure DevTest Labs](#)
- [Machines virtuelles](#)
- [Application Insights](#)

Développement et test pour PaaS

La figure A-8 décrit comment configurer votre infrastructure pour le développement et le test d'un système standard de style PaaS.

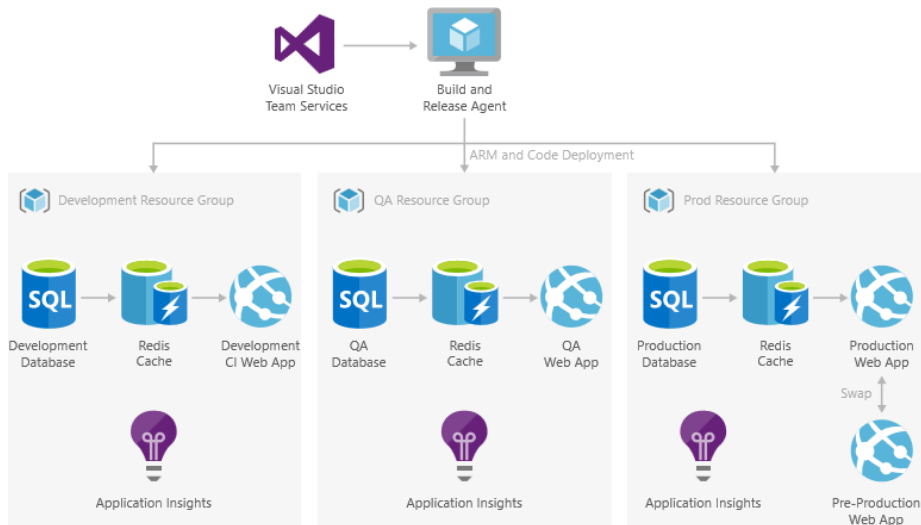


Figure A-8 : développement et test pour PaaS

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Visual Studio Team Services](#)
- [SQL Database](#)
- [Cache Redis](#)
- [Application Insights](#)

Développement et test de solutions de microservices

La figure A-9 montre comment configurer votre infrastructure pour le développement et le test d'un système basé sur les microservices.

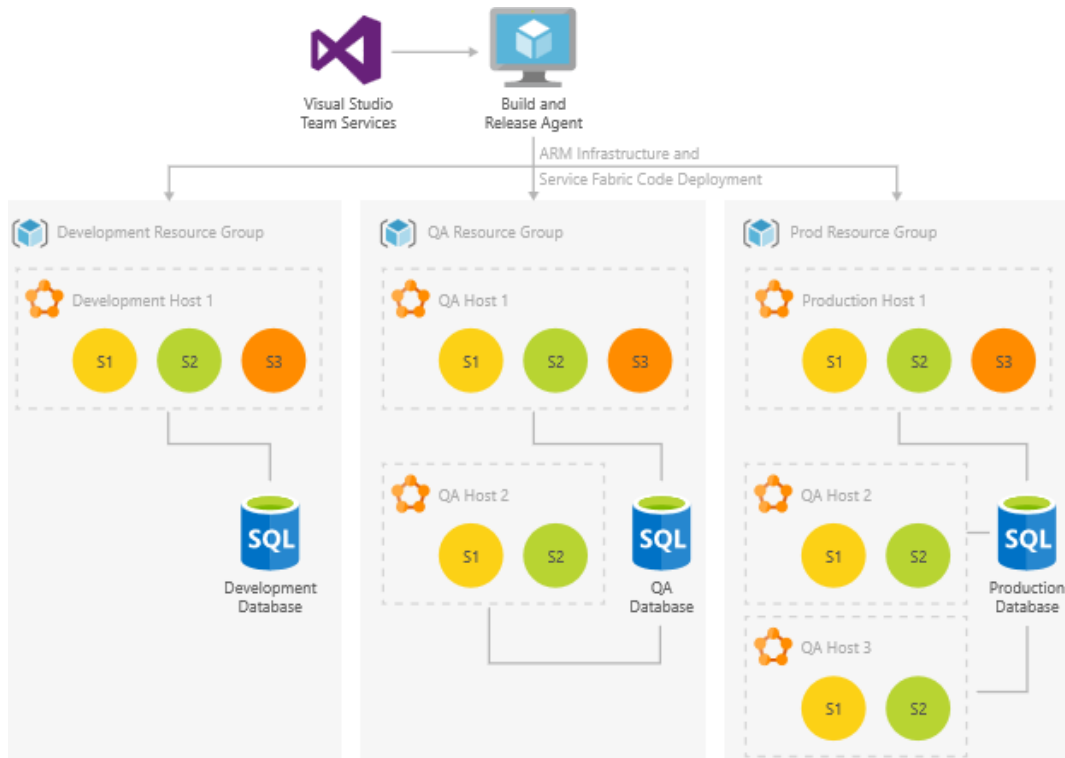


Figure A-9 : développement et test de solutions de microservices

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Visual Studio Team Services](#)
- [Service Fabric](#)
- [SQL Database](#)

Récupération d'urgence

Récupération d'urgence à l'échelle de l'entreprise

La figure A-10 présente l'architecture d'une grande entreprise pour serveurs web Microsoft SharePoint, Dynamics CRM et Linux hébergés dans un datacenter local avec basculement vers une infrastructure Azure.

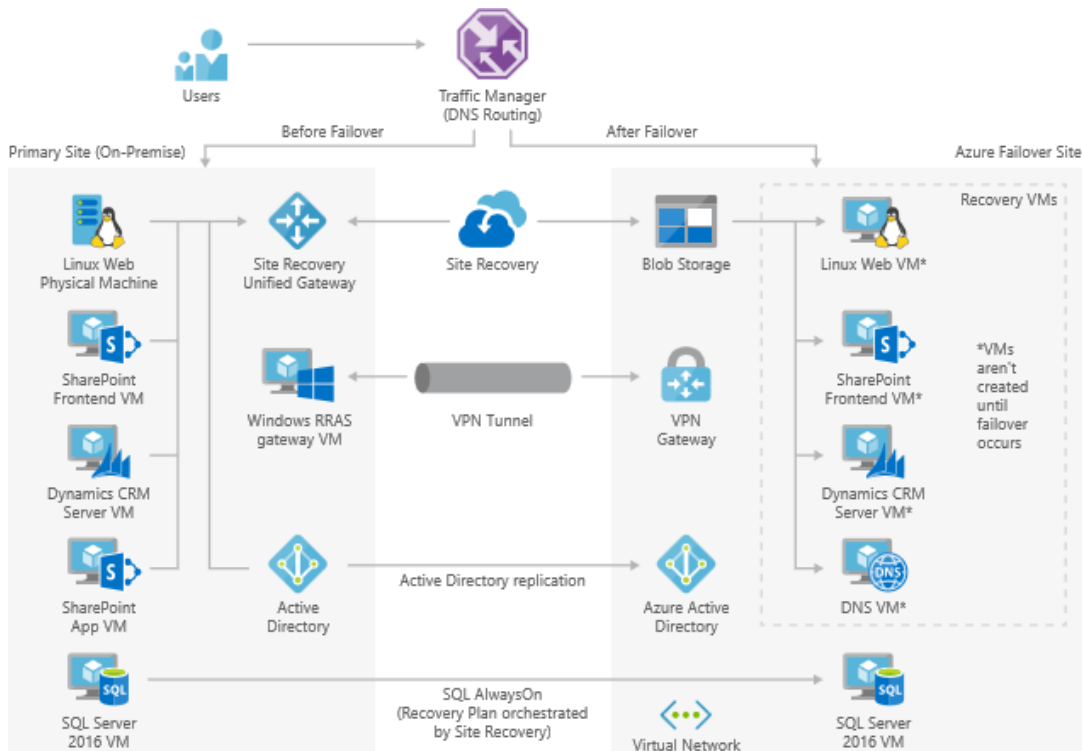


Figure A-10 : récupération d'urgence à l'échelle de l'entreprise

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Traffic Manager](#)
- [Site Recovery](#)
- [Azure Active Directory](#)
- [Passerelle VPN](#)
- [Réseau virtuel](#)

La récupération d'urgence pour PME à l'aide d'Azure Site Recovery

Pour les petites et moyennes entreprises, mettez en place une récupération d'urgence économique dans le Cloud à l'aide d'Azure Site Recovery ou d'une solution partenaire comme Double-Take DR. La figure A-11 illustre la solution Site Recovery.

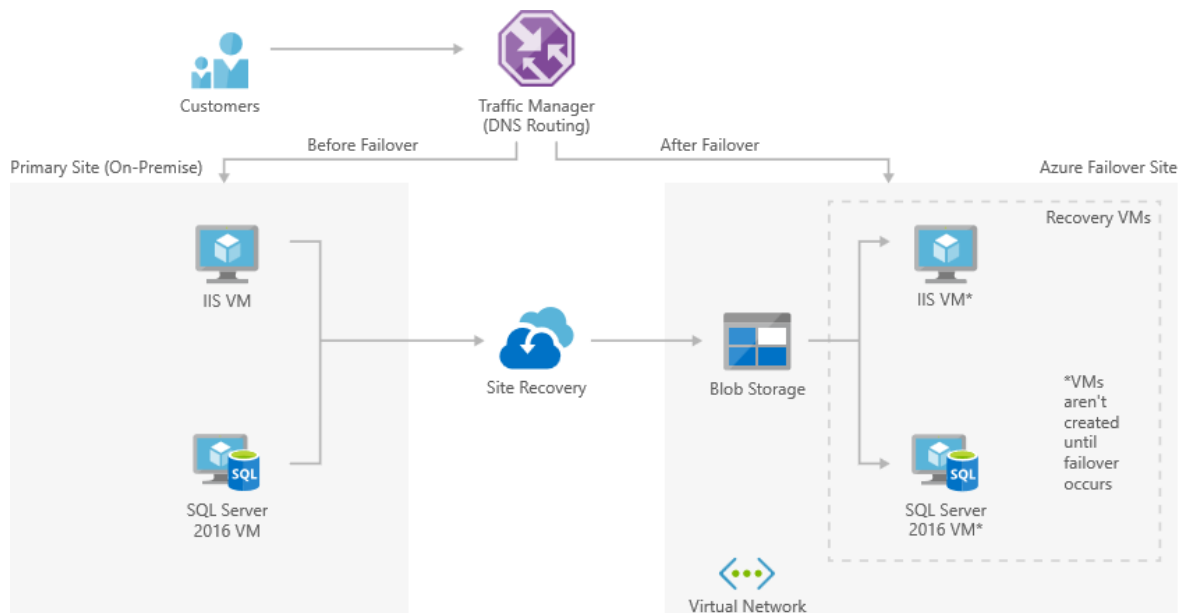


Figure A-11 : récupération d'urgence pour PME avec Azure Site Recovery

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Traffic Manager](#)
- [Site Recovery](#)
- [Réseau virtuel](#)

SAP sur Azure

SAP HANA pour Azure

L'architecture schématisée dans la figure A-12 représente un système SAP distribué à 3 niveaux s'exécutant sur SQL Server dans la plateforme Cloud Microsoft Azure.

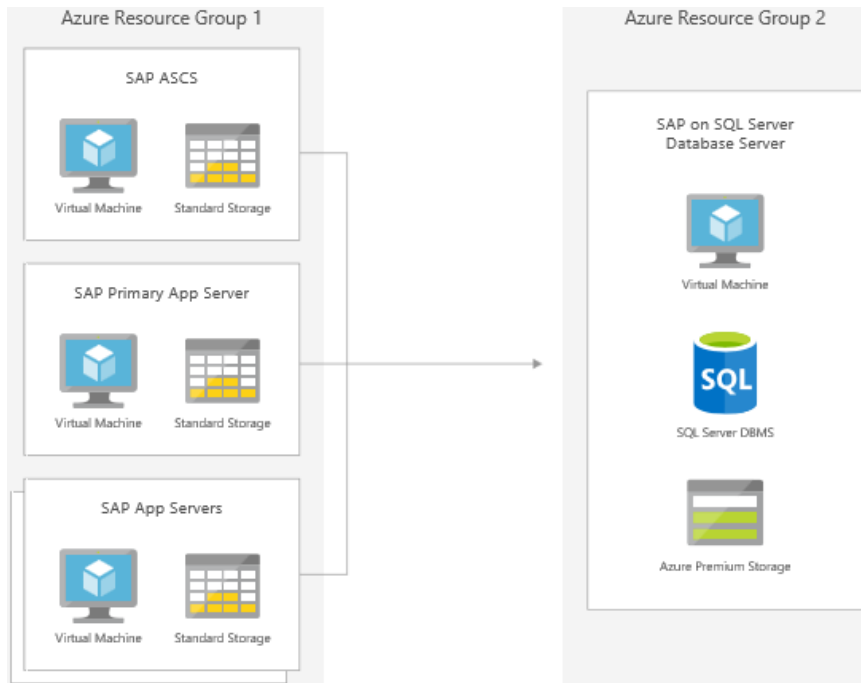


Figure A-12 : SAP Hana pour Azure

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Machines virtuelles](#)
- [Stockage](#)

Architecture de SAP Hana sur Azure (grande instance)

La figure A-13 schématise la configuration d'une infrastructure exécutant SAP HANA sur Azure (grande instance) avec la couche Application dans un datacenter Azure et HANA dans le datacenter à grande instance.

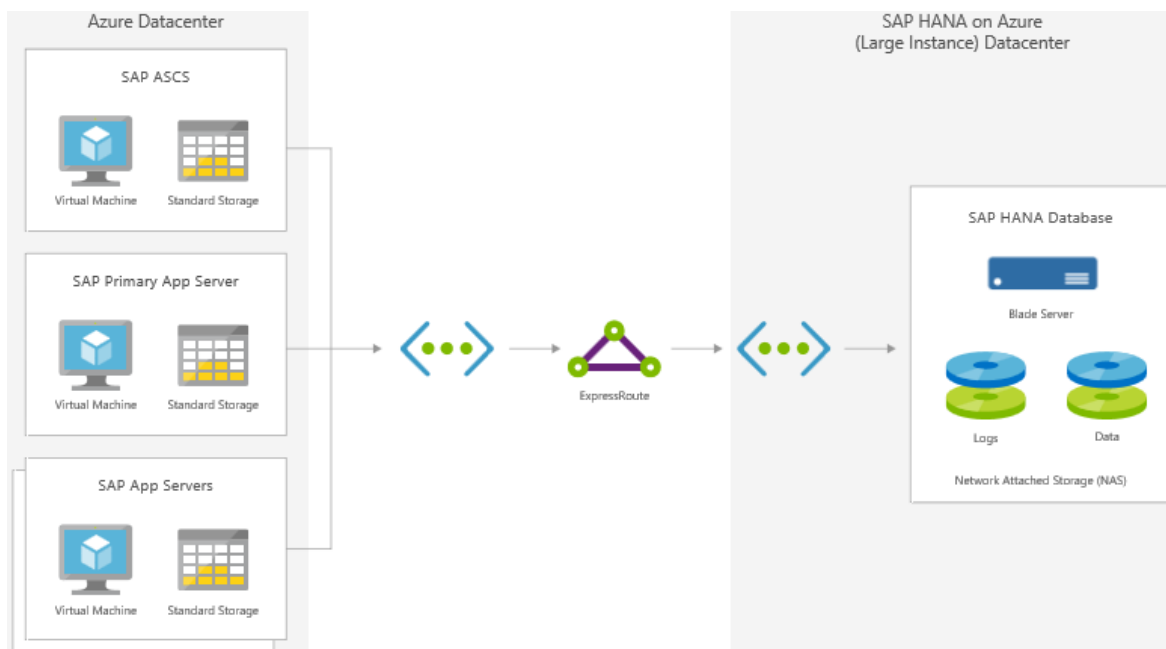


Figure A-13 : SAP Hana pour Azure (grande instance)

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Machines virtuelles](#)
- [Stockage](#)
- [ExpressRoute](#)
- [Réseau virtuel](#)

Calcul haute performance

Solutions Big Compute en tant que service

Les applications Calcul haute performance (HPC) peuvent bénéficier d'une mise à l'échelle de plusieurs milliers de cœurs de calcul, étendre le Big Compute en local ou s'exécuter en tant que solutions natives entièrement dans le Cloud. La solution HPC illustrée dans la Figure A-14 est mise en place à l'aide d'Azur Batch qui fournit la planification des travaux, la mise à l'échelle automatique des ressources de calcul et la gestion de l'exécution en tant que service de plateforme (PaaS) réduisant le code et la maintenance nécessaires à une infrastructure HPC.

Cette solution repose sur les services gérés Azure :

- [Machines virtuelles](#)
- [Stockage](#)
- [Batch](#)

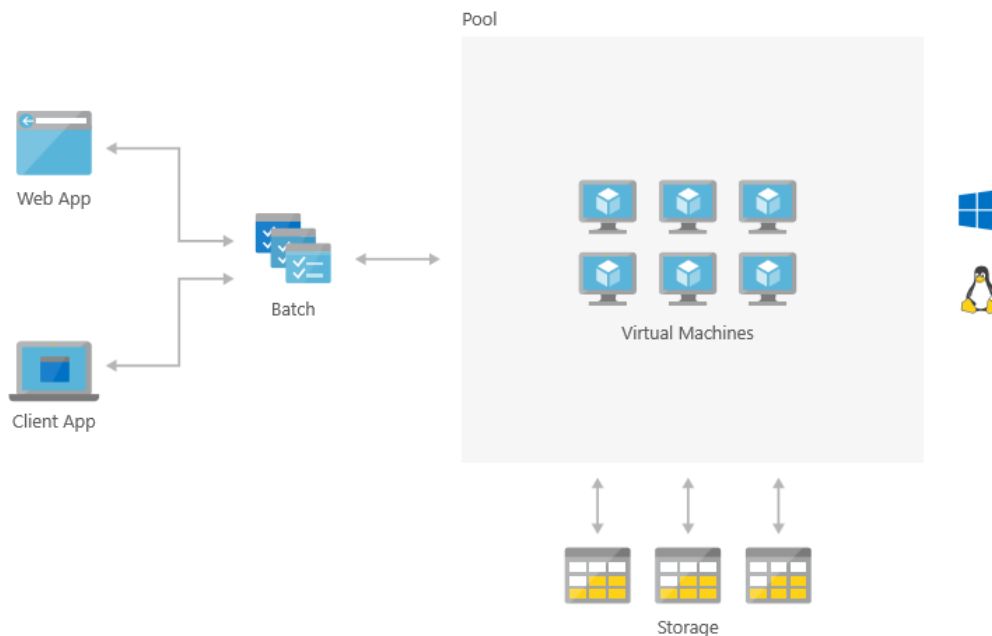


Figure A-14 : solutions Big Compute en tant que service

Cluster HPC déployé dans le Cloud

La solution HPC illustrée dans la Figure A-15 comprend le nœud principal, des nœuds de calcul et des nœuds de stockage. Elle s'exécute dans Azure sans aucune infrastructure matérielle à maintenir.

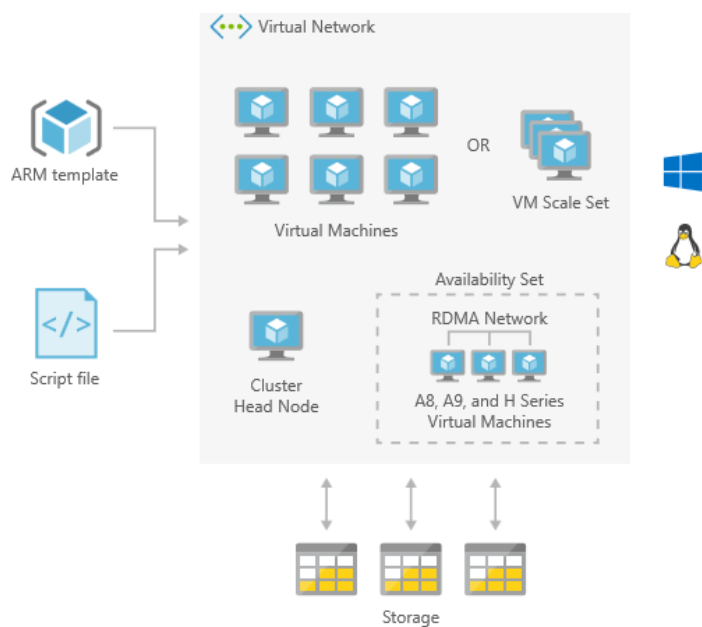


Figure A-15 : un cluster HPC déployé dans le Cloud

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Jeux de mise à l'échelle de machine virtuelle](#)
- [Réseau virtuel](#)
- [Stockage](#)

Migration de la mise en œuvre d'un système HPC local vers Azure

Enfin, cette solution HPC peut étendre sa capacité de calcul en tirant parti des instances de calcul intensif des machines virtuelles exécutant Azure et accessibles via ExpressRoute ou VPN, comme illustré dans la Figure A-16.

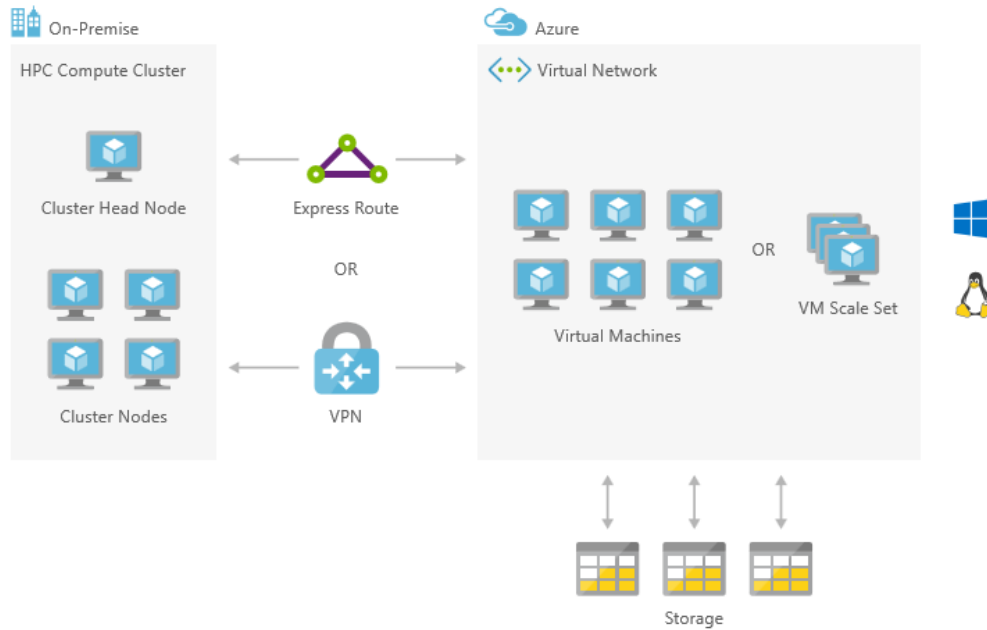


Figure A-16 : migration de la mise en œuvre d'un système HPC local vers Azure

Cette solution repose sur les services gérés Azure :

- [Machines virtuelles](#)
- [Réseau virtuel](#)
- [Passerelle VPN](#)
- [ExpressRoute](#)
- [Stockage](#)

Médias numériques

Médias numériques sous forme de vidéo à la demande

La figure A-17 présente une solution de vidéo à la demande de base qui vous donne la possibilité de diffuser du contenu vidéo enregistré (comme des films, des actualités, des événements sportifs, des vidéos de formation ou des tutoriels de support pour les clients) aux appareils de point de terminaison, applications mobiles et navigateurs de bureau prenant en charge la vidéo. Les fichiers vidéo sont téléchargés dans Stockage Blob Azure, encodés dans un format multidébit standard, puis distribués via les principaux protocoles de streaming à débit adaptatif (HLS, MPEG-DASH, Smooth) vers le client Azure Media Player.

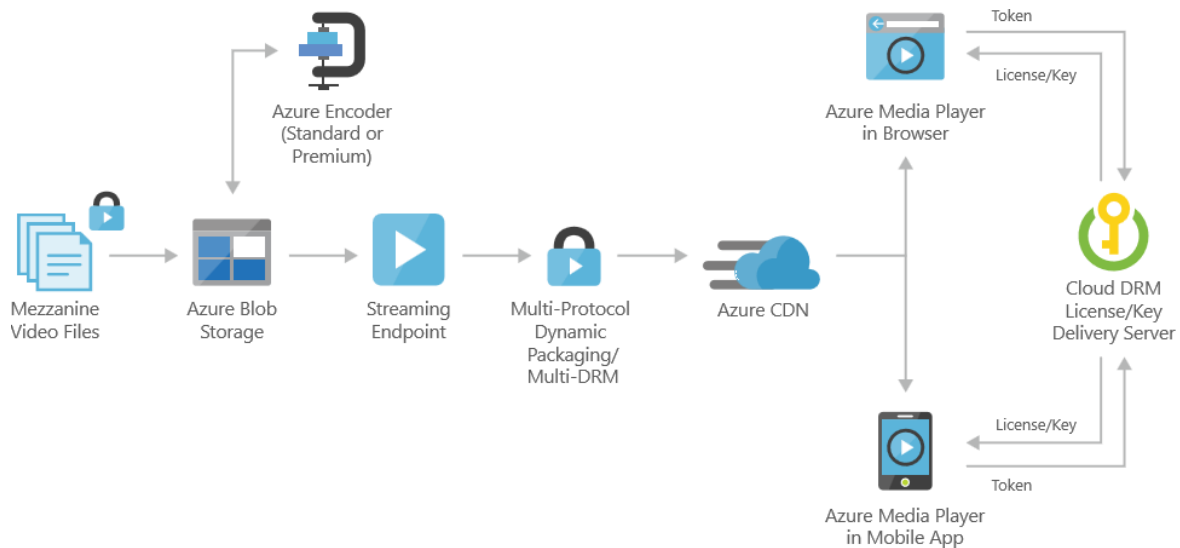


Figure A-17 : médias numériques sous forme de vidéo à la demande

Cette solution repose sur les services gérés Azure :

- [Stockage Blob](#)
- [Réseau de distribution de contenu](#)
- [Azure Media Player](#)

Médias numériques sous forme de streaming en direct

Une solution de streaming en direct vous permet de capturer les vidéos en temps réel et de les diffuser à l'attention des consommateurs en temps réel, par exemple lors d'interviews, de conférences ou d'événements sportifs en ligne. Dans la solution présentée sur la Figure A-18, la vidéo est capturée par une caméra, puis envoyée à un point de terminaison d'entrée de canal. Le canal reçoit le flux d'entrée en direct et le rend disponible en streaming à une application mobile ou basée sur un navigateur Web au moyen d'un point de terminaison de diffusion. Le canal fournit également un point de terminaison de surveillance en version préliminaire permettant de prévisualiser et de valider votre flux avant de poursuivre le traitement et la distribution. Le canal peut également enregistrer et stocker le contenu ingéré afin de le diffuser en streaming ultérieurement (vidéo à la demande).

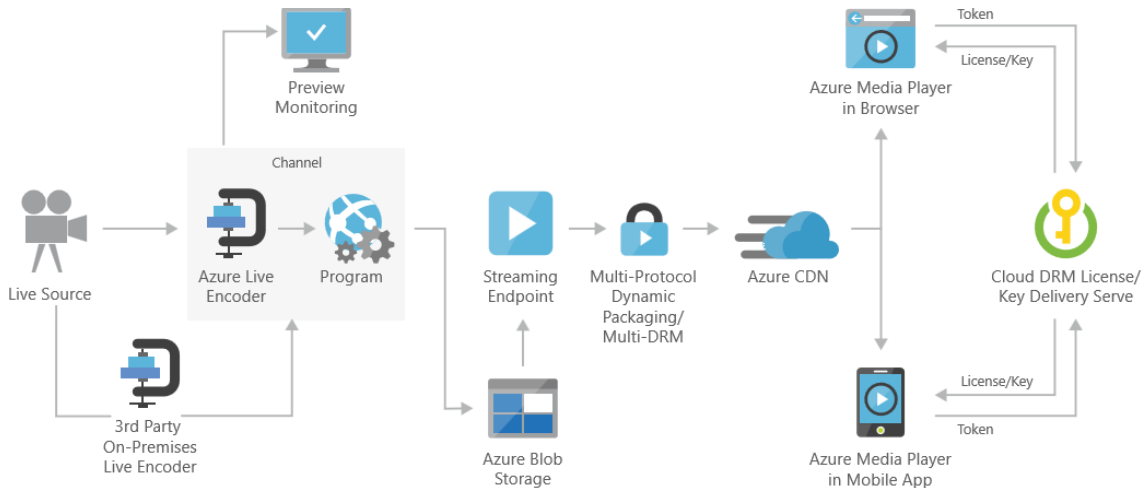


Figure A-18 : médias numériques sous forme de streaming en direct

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Services de média](#)
- [Réseau de distribution de contenu](#)

Médias numériques sous forme de recherche de mots clés/reconnaissance vocale/reconnaissance optique de caractères

Une solution de reconnaissance vocale vous permet d'identifier le contenu oral de fichiers vidéo statiques. Vous pouvez ainsi gérer celui-ci en tant que contenu standard et, par exemple, autoriser des collaborateurs à rechercher des mots ou phrases énoncés oralement au cours de vidéos de formation. Ils peuvent ainsi accéder rapidement à un moment spécifique de la vidéo. La solution dans la Figure A-19 vous permet de télécharger des vidéos statiques sur un site Web Azure. L'Azure Media Indexer utilise l'API Microsoft Speech pour indexer les paroles des vidéos et les stocker sur SQL Azure. Vous pouvez rechercher des mots ou des phrases au moyen d'Azure Web Apps et générer une liste de résultats. La sélection d'un résultat permet de situer l'endroit où la phrase ou le mot est mentionné dans la vidéo.

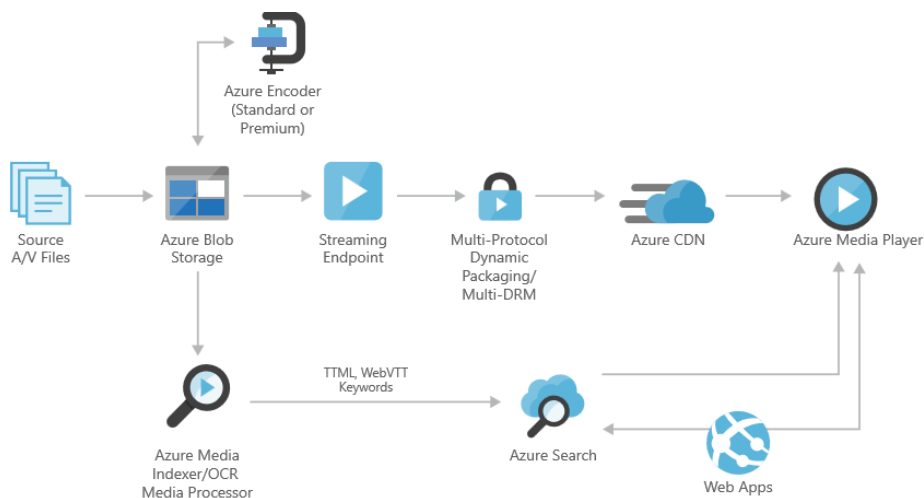


Figure A-19 : médias numériques sous forme de vidéo à la demande

Cette solution repose sur les services gérés Azure suivants :

- [Réseau de distribution de contenu](#)
- [Azure Search](#)

Commerce électronique

Avant de vendre un produit, il faut que le client décide de l'acheter. Notre plateforme de commerce électronique vous permet d'analyser le trafic du site et les taux de conversion de la consultation à l'achat afin de définir des offres spéciales et de nouveaux produits en fonction du comportement des clients. Créez des expériences d'achat personnalisées avec du contenu et des offres ciblés. Augmentez la satisfaction au moyen d'un engagement continu, avant, après et au niveau du point de vente.

Plus de clients signifie davantage de transactions. Assurez-vous d'être prêt à gérer chaque transaction sans incident en concevant une expérience d'achat électronique facile à naviguer. Puis déployez-la sur une plateforme de commerce électronique sécurisée et conforme.

Vous avez besoin d'une solution de commerce électronique qui s'adapte à la taille et au caractère saisonnier de votre activité. Lorsque la demande de vos produits ou services prend son envol, de façon prévisible ou non, préparez-vous à gérer davantage de clients et de transactions automatiquement. Tirez en outre parti de l'approche économique du Cloud en ne payant que pour la capacité que vous utilisez.

La vente est le cœur de votre métier. Pas l'organisation IT. Tirez parti des services préconfigurés dans le Cloud, tels que ceux présentés dans la figure A-20, pour créer une solution de commerce électronique améliorant vos performances commerciales. Laissez votre fournisseur de Cloud s'occuper de la gestion de l'infrastructure.

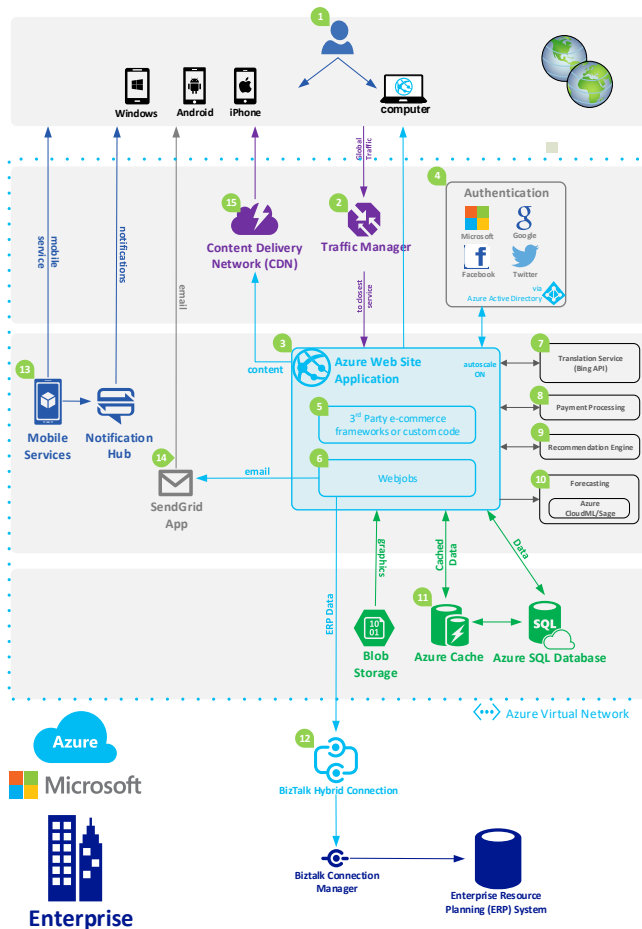


Figure A-20 : solution de commerce électronique

Comme indiqué dans l'illustration :

1. Les utilisateurs parcourent et commandent des articles à partir de téléphones, de tablettes et d'ordinateurs à l'aide d'applications HTML ou natives.
2. Déployez dans plusieurs datacenters pour une mise à l'échelle mondiale et utilisez Azure Traffic Manager pour acheminer les demandes vers le datacenter le plus proche.
3. Azure Websites monte et descend en puissance automatiquement pour gérer les pics des comportements d'achat des clients.
4. Les utilisateurs se connectent à Azure Active Directory à l'aide de leurs informations d'identification Facebook, Google, Microsoft, Twitter ou d'autres fournisseurs d'identité.
5. Gagnez du temps en utilisant des infrastructures commerciales tierces ou les vôtres.
6. WebJobs s'exécute en arrière-plan pour, d'une part, envoyer des commandes au système ERP (Enterprise Resource Planning) local et, d'autre part, envoyer des confirmations de commande.

7. Créez un site web international à l'aide du service de traduction proposé par Bing.
8. Azure est compatible avec PCI DSS (Payment Card Industry Data Security Standard) pour le traitement des paiements.
9. Les recommandations d'articles ciblées sont fournies par un moteur de recommandation basé sur Hadoop.
10. Prévoyez la demande future d'articles à l'aide de l'apprentissage automatique dans le Cloud.
11. Azure Cache optimise les performances de tous les services de données.
12. Utilisez les connexions hybrides Azure pour envoyer des messages à des bases de données locales.
13. Azure Mobile Services fournit un service principal unifié pour les commandes mobiles, notamment l'authentification des appareils, les services de données et les notifications.
14. Envoyez des confirmations de commerce électronique à l'aide d'une application tierce.
15. Le CDN géo-distribué tient les ressources vidéo et graphiques à la disposition des utilisateurs de manière plus accessible.

Azure Marketplace offre de nombreuses solutions de commerce électronique préintégréées, y compris, à l'heure actuelle, OpenCart, Virto Commerce, AbanteCard et nopCommerce.

L'Internet des objets

En utilisant l'Azure IoT Hub, vous pouvez connecter un nombre impressionnant (exprimé en milliards) d'appareils de l'Internet des objets (IoT) en toute sécurité. Et, comme tous les services dans le Cloud, vous ne payez que pour ce que vous utilisez. Avec les kits de développement logiciel pour Windows, Linux et les systèmes d'exploitation temps réel (RTOS), IoT Hub prend en charge une grande variété de protocoles, notamment Representational State Transfer (REST), Advanced Message Queuing Support (AMQP) et MQ Telemetry Support (MQTT). La sécurité est disponible avec les options d'authentification par appareil et des communications chiffrées.

Pour les applications locales qui nécessitent la prise de décision en temps réel et l'intelligence artificielle avec vos appareils IoT, envisagez le nouveau service IoT Edge, qui héberge l'intelligence artificielle, l'analyse et une foule d'autres fonctionnalités avec votre réseau IoT.

Vous pouvez collecter des données inexploitées et créer des modèles prédictifs, lorsque vous connectez vos périphériques, actifs et capteurs vers le Cloud - de quelques capteurs à des millions d'appareils. En accédant aux données de production et de la chaîne d'approvisionnement du monde entier, vous réduirez les coûts des temps d'arrêt de production et de maintenance afin de gagner en productivité.

Vous pouvez vous concentrer sur ce qui importe le plus à vos clients : la fiabilité. Améliorez considérablement vos opérations et la disponibilité de vos actifs grâce à la maintenance prédictive et même préventive, en recueillant et en transformant les données provenant de capteurs et de systèmes.

Renforcez la sécurité des données, connexions et appareils physiques. Utilisez l'authentification par appareil en mettant en place des identités individuelles et des informations d'identification pour chacun de vos appareils connectés. Vous conserverez ainsi la confidentialité des messages Cloud-à-appareil et appareil-à-Cloud.

Parer aux problèmes potentiels tout en favorisant l'efficacité de votre équipement grâce à la maintenance prédictive. Recueillez et analysez les données issues de ressources connectées pour planifier la maintenance de façon proactive, diminuer les temps d'arrêt et améliorer la rétention de la valeur des actifs.

Commencez dès aujourd'hui à innover avec les kits de démarrage IoT d'Adafruit, de Seeed et SparkFun, qui fournissent des tableaux de développement Azure certifiés pour IoT.

Applications de microservices

Au chapitre 12, nous avons abordé les applications basées sur le modèle des microservices. Avec Azure Service Fabric et Azure Container Service, bénéficiez de la mise à l'échelle, de la puissance et de la portée mondiale nécessaires à votre start-up. Vous pourrez ainsi répondre aux besoins de vos clients au fur et à mesure de la croissance de votre entreprise, sans remaniement de vos applications. Exécutez vos applications à l'échelle du Cloud avec un ensemble riche de services vous permettant de concentrer toute votre énergie sur la création d'applications plutôt que sur la gestion d'infrastructure.

Tandis que vos petites équipes de développement travaillent indépendamment, les architectures des microservices vous permettent d'effectuer vos mises à jour en temps réel à l'aide des pipelines de livraison en continu et des mises à niveau propagées pour garantir aux clients un accès aux dernières fonctionnalités.

Business Intelligence

Comme nous l'avons abordé au chapitre 12, le Cloud vous offre la capacité de recueillir, d'analyser et de visualiser des quantités massives de données. Avec Azure SQL Data Warehouse et Azure Analysis Services, vous pouvez offrir aux analystes opérationnels (et à tous les membres de votre organisation) un outil de Business Intelligence (BI) et d'analyse en libre-service puissant pour favoriser la prise de décisions meilleure et plus rapide. Associez des données provenant de différentes sources afin de créer des rapports personnalisés et des analyses riches qui donneront vie à vos données.

Et, avec Microsoft Power BI, vous pouvez créer des visualisations percutantes de vos données. Plusieurs modèles de solutions Power BI prêtes à l'emploi sont disponibles auprès de Microsoft sur le site Web [Azure](#).

Big Data et analytique

Comme nous avons souligné souvent dans ce livre blanc, les volumes de données sont en pleine explosion : des systèmes de point de vente traditionnels et sites Web de commerce électronique aux nouvelles sources de retours des clients comme les capteurs Twitter et IoT qui transmettent des données en temps réel à l'aide d'Apache Hadoop et de Spark. En analysant un ensemble de données diversifié dès le début, vous prendrez des décisions plus éclairées : prédictives et holistiques plutôt que réactives et déconnectées. Vous pouvez conserver indéfiniment les données de votre organisation, peu importe la taille. Au lieu de faire des compromis coûteux sur les données à conserver, vous pouvez conserver vos données afin de vous conformer aux règlements et normes de l'entreprise à des prix abordables. C'est à présent possible avec les technologies Hadoop et Spark ainsi que le Cloud.

Azure HDInsight propose un service Hadoop, Spark, R Server, HBase et Storm géré. Data Lake Analytics fournit des services analytiques particulièrement évolutifs. Et bien sûr vous pouvez utiliser ces outils ainsi que d'autres proposés par d'autres fournisseurs (comme Cloudera, Datameer et Informatica) avec les fonctionnalités d'apprentissage automatique d'Azure Machine Learning.

Migration dans le Cloud

En plus des conseils fournis dans ce livre, Azure offre un certain nombre d'outils pour vous aider dans votre migration vers le Cloud.

Comme nous l'avons mentionné plus tôt, envisagez d'utiliser Azure Site Recovery pour orchestrer la migration physique des machines virtuelles (VM) sur site vers le Cloud. Vous pouvez également utiliser Azure Site Recovery pour déplacer des applications d'une région d'Azur à une autre.

Une fois vos applications dans le Cloud, l'Azure Advisor (Figure A-21) s'appuie sur les meilleures pratiques Azure pour recommander des solutions afin de réduire vos coûts et d'améliorer la sécurité, la performance et la fiabilité de vos applications.

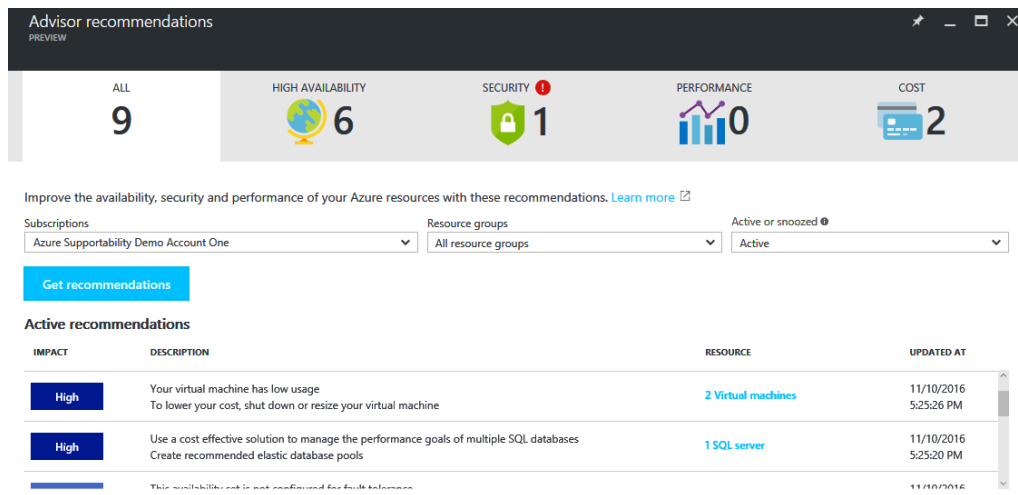


Figure A-21 : capture d'écran d'Azure Advisor

Data warehouse

Avec SQL Data Warehouse, vous pouvez transformer votre entreprise grâce à l'analyse prédictive sur l'ensemble de vos données avec les outils que vous connaissez et appréciez déjà : Power BI, Microsoft Excel et des outils de BI tiers. En outre, une compatibilité transparente avec les services d'apprentissage automatique, d'ingestion, de déplacement des données et de magasin de données garantit l'extraction d'informations de toutes vos données.

Solution entièrement gérée, Azure Data SQL Warehouse peut être approvisionnée en quelques minutes. Et, comme nous l'avons souligné plusieurs fois concernant d'autres services, elle est mise à l'échelle de manière élastique et vous ne payez qu'en fonction de votre utilisation effective.

De nombreux outils de migration de données pour vous aider à déplacer les données dans l'entrepôt tels qu'Azure Data Factory ainsi que des solutions de CloudBeam, BlueTalon et SnapLogic, toutes disponibles sur Azure Marketplace.

Applications SaaS métier

Vous souhaitez créer votre propre application SaaS pour une utilisation au sein de votre entreprise ou pour la proposer à vos clients ? Azure SQL Database permet d'isoler vos données dans des bases de données distinctes. L'homogénéité de leur sécurité et de leurs performances est ainsi assurée sans coûts opérationnels ou de gestion supplémentaires. En outre, utilisez la détection des menaces et l'authentification Active Directory intégrées afin d'aider à prévenir tout accès non autorisé.

Vous pouvez également obtenir des coûts prévisibles afin de mettre à l'échelle votre business model en gagnant des informations sur vos modèles d'utilisation à mesure que votre activité se développe. Grâce aux outils de surveillance et d'apprentissage machine à portée de main, vous allez créer l'environnement opérationnel nécessaire à votre application SaaS.

Jeux

Certains des jeux en ligne actuels les plus populaires, y compris ceux de 343 Industries (la franchise Halo), Next Games, Throwback, Illyriad, Io-Interactive et de Xbox Studios exécutés sur Azure.

Quelle que soit la plate-forme pour laquelle vous développez des jeux (iOS, Android ou Windows), utilisez Azure pour héberger les services de serveur principal de vos jeux, envoyer des notifications Push et collecter les données analytiques du jeu afin de favoriser l'implication des utilisateurs.

Avec Azure, vous pouvez gérer les exigences évolutives massives de vos jeux sociaux et en ligne tout en conservant une expérience tout en transparence pour les joueurs, sans vous soucier des temps d'arrêt ou des interruptions.

Créez et lancez vos jeux l'esprit tranquille. Comptez sur Microsoft, fort d'une longue histoire de construction de titres de jeux AAA pour PC et consoles. Azure élargit cette expérience approfondie en apportant des fonctionnalités de qualité professionnelle pour soutenir vos efforts dans le développement de jeux.

Configurez les scénarios et tableaux des scores multijoueurs avec [Azure Active Directory](#). Gérez la rétention des joueurs et favorisez l'implication des utilisateurs et la monétisation sur les différentes plateformes grâce à [Azure Notification Hubs](#) et [Azure Media Services](#). Avec Notification Hubs, envoyez des notifications Push personnalisées ciblant des joueurs individuels ou des segments de public entier comprenant des millions d'utilisateurs, sur leurs différents appareils, y compris iOS, Android, Windows et Kindle. Avec Media Services, gérez la diffusion multimédia en continu et insérez même des publicités vidéo dans vos jeux.

Que vous ayez déjà une infrastructure de serveur principal de jeu ou que vous cherchiez à construire votre système de zéro, avec Azure vous choisissez vos options et bénéficiez d'une solution flexible. Pour lever et déplacer (« lift and shift ») votre infrastructure dans le Cloud, utilisez les offres IaaS telles que [Virtual Machines](#) et les [Jeux de mise à l'échelle de machine virtuelle](#). Avec des services PaaS comme [Azure Service Fabric](#) et [Azure App Service](#), mettez l'accent sur la construction de vos jeux et laissez Azure gérer votre infrastructure. Et, vous avez le choix des options de stockage : des services de base de données gérés comme Azure [SQL Database](#) et [Azure Cosmos DB](#), à MongoDB, en passant par [Parse Server](#) et [DataStax Cassandra](#) sur [Azure Marketplace](#).

Blockchain

Blockchain est une manière nouvelle pour les entreprises, secteurs et organismes publics d'effectuer et de vérifier des transactions de façon quasi-instantanée : les processus métier sont ainsi rationalisés, des économies sont réalisées et le risque de fraude est réduit. À la base, un blockchain est une structure de données employée pour créer un registre comptable numérique qui, au lieu de se reposer sur un fournisseur unique, est partagé par un réseau distribué d'ordinateurs.

Il en résulte un système plus ouvert, transparent et vérifiable publiquement qui révolutionnera notre façon de concevoir l'échange de valeur et d'actifs, l'exécution des contrats et le partage des données tous secteurs confondus. Les applications qui utilisent blockchain sont presque illimitées : des prêts, obligations et paiements aux chaînes d'approvisionnement plus efficaces, en passant même par la gestion et la vérification des identités.

Disponible sur Azure Marketplace, Blockchain d'Azure en tant que service (BaaS) fournit une plateforme rapide, économique, à faible risque et d'interruption immédiate aux organisations pour collaborer en expérimentant de nouveaux processus métier, soutenue par une plateforme Cloud avec le plus grand portefeuille de conformité du secteur.

Applications métier

Lorsque nous avons discuté tout au long de ce livre, vous pouvez déplacer facilement des applications métier (LoB) sur Azure. La figure A-22 illustre comment profiter au mieux des fonctionnalités Azure pour machines virtuelles IaaS.

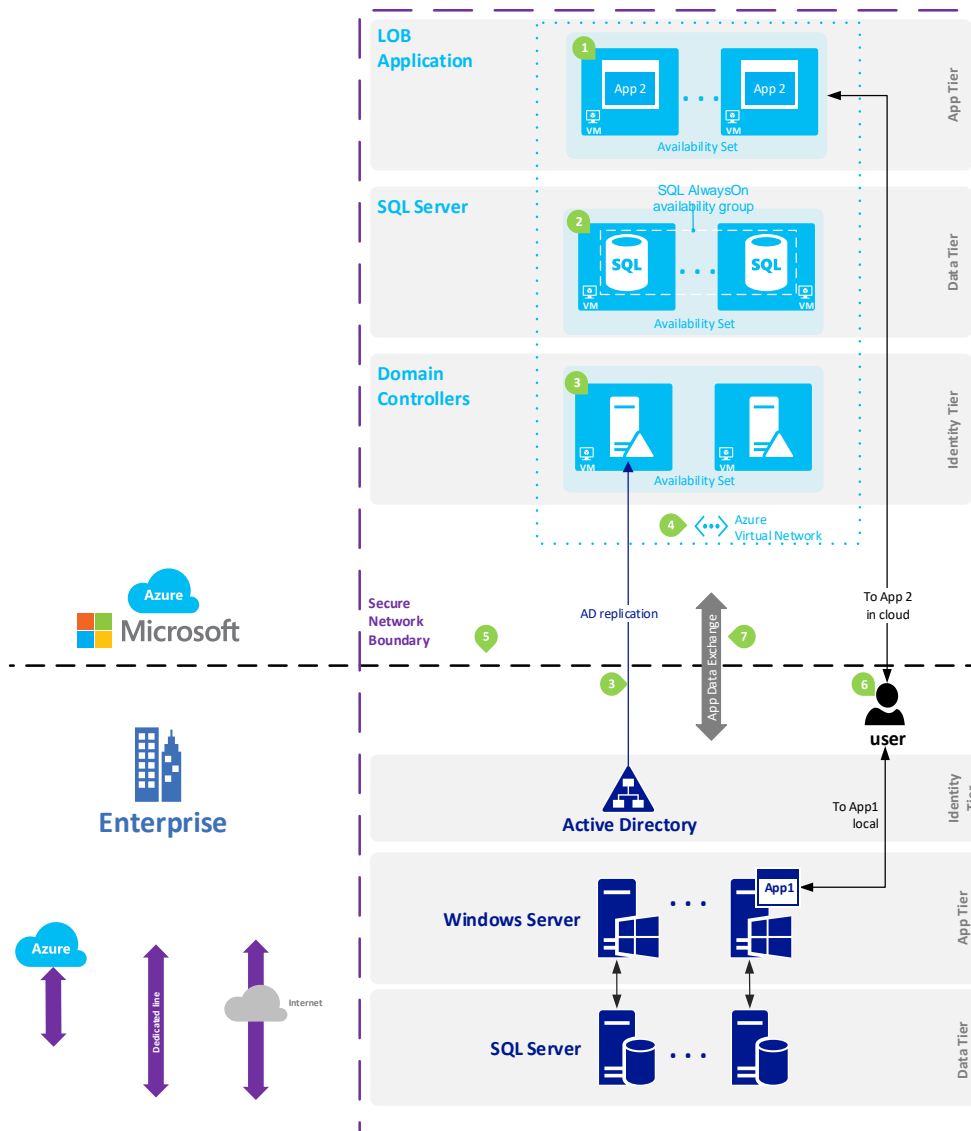


Figure A-22 : applications métier

Comme indiqué dans l'illustration :

1. Empaquetez votre application sur une machine virtuelle et déployez-la dans Azure. Exécutez au moins deux copies pour disposer d'une redondance en cas d'échec ou ajoutez-en davantage pour monter en charge.
2. Déplacez votre couche de données dans le Cloud pour réduire la latence au minimum. Tirez parti de la fonction AlwaysOn de SQL Server 2014 pour offrir une redondance et un basculement.
3. Exécutez deux machines virtuelles comme des contrôleurs de domaine Active Directory et des serveurs DNS dans Azure et synchronisez ces services avec vos contrôleurs de domaine Active Directory locaux. L'application peut ensuite authentifier les utilisateurs sans ajouter de latence de connexion à l'annuaire Active Directory local.

4. Connectez toutes vos machines virtuelles du Cloud à un réseau virtuel Azure.
5. Connectez-vous en local au Cloud via un réseau privé virtuel (VPN) sur Internet. Pour une ligne dédiée à latence inférieure, utilisez ExpressRoute.
6. Les utilisateurs locaux ont désormais accès à leurs applications dans le Cloud sans changement au niveau de leur expérience utilisateur.
7. Les applications du Cloud et locales peuvent communiquer et échanger des données en toute sécurité.

DevOps

Comme nous avons parlé au chapitre 8, un processus DevOps moderne dans le Cloud vous donne rapidement des moyens de diffusion et d'itération, même plusieurs fois par jour, voire plus. Une mise sur le marché avant la concurrence peut vous donner l'avantage : vous devenez ainsi le leader que vos concurrents tentent de rattraper.

La chaîne d'outils Microsoft Visual Studio fournit la planification agile, le contrôle de code source, la gestion des packages, la construction, l'automatisation de diffusion pour continuellement intégrer, tester, fournir et piloter votre application. Et grâce aux outils de surveillance tels qu'Application Insights, et aux outils de déploiement et de gestion de configuration comme Chef and PuppetLabs' Puppet, vous pouvez exécuter vos mises à jour aussi souvent que nécessaire.

SharePoint sur Azure

Si vous n'utilisez pas déjà SharePoint Online, vous pouvez créer facilement une infrastructure pour vos serveurs SharePoint en quelques minutes. Configurez votre développement, testez des batteries de serveurs ou montez en charge vos déploiements SharePoint de production en ajoutant instantanément plus de ressources. Simplifiez le déploiement et la configuration grâce à des images prêtes au déploiement et à des modèles basés sur des configurations testées et éprouvées, tout en réduisant à quelques minutes le temps de déploiement des batteries de serveurs SharePoint complexes estimé généralement en jours. La figure A-23 présente la configuration.



Figure A-23 : SharePoint sur Azure

Le paiement à l'utilisation et la facturation à la minute d'Azur vous aident à économiser de l'argent. Pour le développement et les tests, profitez des avantages Azure offerts aux [abonnés Visual Studio](#) pour réduire les coûts des licences logicielles. Lors du test, lancez des serveurs supplémentaires en fonction de vos besoins pour tester la montée en charge et le chargement sur de courtes périodes de temps. Supprimez-les lorsque vous avez terminé. Vous réalisez ainsi des économies en n'utilisant que les ressources dont vous avez besoin.

Dynamics sur Azure

Suite SaaS d'applications métier en ligne, Dynamics 365 vous offre des fonctions professionnelles dans le Cloud : ERP, CRM, chaîne d'approvisionnement, business intelligence et bien d'autres. Dynamics 365 propose des solutions dans les domaines des ventes, du service clientèle, des opérations, des services financiers, des services mobiles, de l'automatisation de service de projet, du marketing et des informations client.

Les partenaires Dynamics en ont créés bien d'autres. Sur [Microsoft AppSource](#), vous découvrirez des centaines d'applications développées par Microsoft et nos partenaires pour améliorer Dynamics 365. Recherchez des applications par nom, secteur et catégorie. Téléchargez-les pour commencer à les utiliser immédiatement. Ou bien travaillez avec une société sur le Microsoft Partner Network pour que vos applications soient opérationnelles.

Scénarios de Cloud hybride

Lors de la création d'une application ou d'un ensemble d'applications dans le Cloud d'entreprise (un mélange entre de l'informatique locale et hors site) hybride, un certain nombre d'opportunités se présentent pour à la fois simplifier les opérations et réduire les coûts. Nous illustrons ici quelques manières d'utiliser efficacement le Cloud pour des scénarios opérationnels IT courants.

Connectivité du Cloud hybride

Dans un Cloud hybride, certaines applications sont hébergées sur site, tandis que d'autres se situent dans le Cloud. Idéalement, l'emplacement de ces applications devrait être transparent pour les utilisateurs finaux. En d'autres termes, les applications résidant dans le Cloud doivent sembler être dans le réseau local, avec un routage et un adressage IP appropriés. Les applications dans le Cloud sont configurées de manière à se situer dans la même plage d'IP que celles du datacenter sur le portail Azure.

Il existe diverses approches permettant d'atteindre ce type de transparence de l'emplacement. Les quelques sections suivantes décrivent quatre manières distinctes de connecter un datacenter à Azure.

De point à site

Internet vous permet de créer ce type de réseau privé virtuel de deux manières. La première est appelée modèle de « connectivité *de point à site* » (Figure A-24) : le VPN est configuré par l'intermédiaire d'un logiciel sur un ordinateur client individuel dans le centre de données. Les connexions de point à site, option la moins coûteuse, sont utiles lorsqu'à peine quelques machines locales ont besoin d'une connectivité au Cloud ou lorsque la connexion est effectuée à partir d'un bureau distant ou d'une succursale.

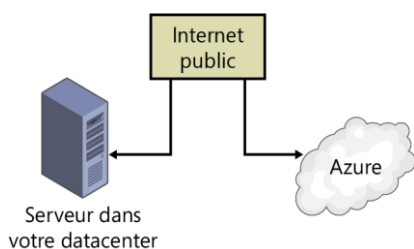


Figure A-24 : connectivité de point à site

De site à site

La « connectivité *de site à site* représente une autre approche (Figure A-25). Dans cette configuration, un datacenter déploie une passerelle VPN matérielle pour lier le datacenter local dans sa totalité à des applications et données dans le Cloud. La passerelle matérielle doit disposer d'une adresse IP publique, et un technicien doit être disponible pour définir la configuration.

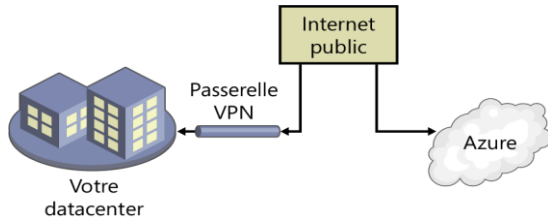


Figure A-25 : connectivité de site à site

Microsoft Azure ExpressRoute

De nombreux clients veulent une latence réseau configurable et déterministe avec leurs applications Cloud. Elles peuvent également souhaiter que leur trafic réseau soit isolé de l'Internet public. Pour respecter ces exigences, une connexion directe entre le datacenter et Azure à l'aide d'un opérateur de télécommunication partenaire, appelé ExpressRoute est disponible (Figure A-26).

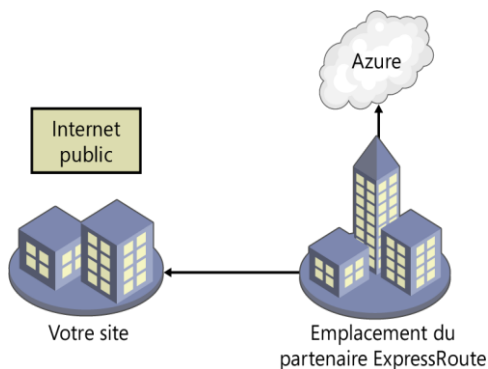


Figure A-26 : connexion au datacenter via ExpressRoute

Bien qu'il s'agisse d'une solution potentiellement plus coûteuse, ExpressRoute offre la connectivité la plus rapide, ainsi qu'un isolement d'Internet, essentiellement à l'aide d'une connexion via une « ligne dédiée ».

La liste complète des fournisseurs de services de télécommunication pris en charge pour ExpressRoute est disponible sur le site web de Microsoft.

Connectivité de réseau étendu

En outre, il est possible de se connecter via un fournisseur de services de télécommunication de manière à ce qu'Azure apparaisse simplement comme un autre site sur le réseau étendu (WAN) du client, comme décrit dans la figure A-27.

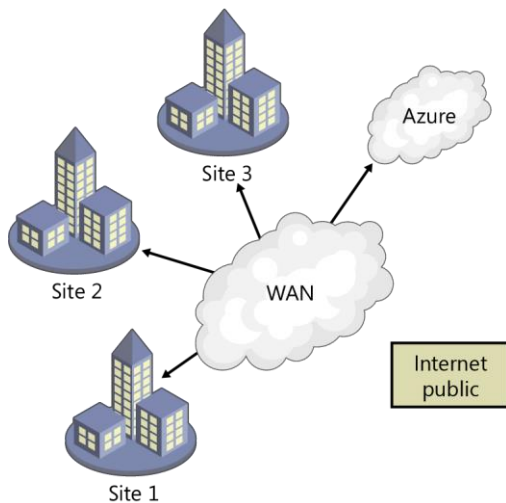


Figure A-27 : connectivité WAN

Comme dans l'approche précédente, en utilisant un fournisseur de services de télécommunication pour le transport, vous pouvez négocier la bande passante avec le fournisseur. L'isolation du réseau est bien entendu assurée. Collaborez avec votre fournisseur de services de télécommunication pour trouver la meilleure approche pour votre organisation.

Dans ces quatre scénarios, nous avons présenté de nombreuses approches pour connecter le ou les datacenters de votre entreprise aux applications et aux données dans Azure. Votre choix dépendra de votre manière de calculer le compromis bande passante/coût, du besoin (ou non) d'être isolé de l'Internet ouvert et de la répartition géographique de vos sites.

Dans les prochaines sections, nous allons décrire un certain nombre de scénarios courants au niveau des applications.

Scénarios de base de données hybrides

Bon nombre d'entreprises ont consenti d'importants investissements dans SQL Server en local. Un certain nombre de fonctions étendent au Cloud les fonctionnalités de SQL Server en local, tirant ainsi parti du coût réduit et de la mise à l'échelle massive d'Azure.

À titre d'exemple, vous pouvez synchroniser une instance locale de SQL Server avec une instance de SQL Server exécutée sur une machine virtuelle VM dans Azure (à savoir, dans une instance IaaS) ou avec SQL Azure natif du Cloud. Cela permet, par exemple, aux équipes disséminées d'effectuer des activités de développement sur une instance locale, comme illustré dans la figure A-28.

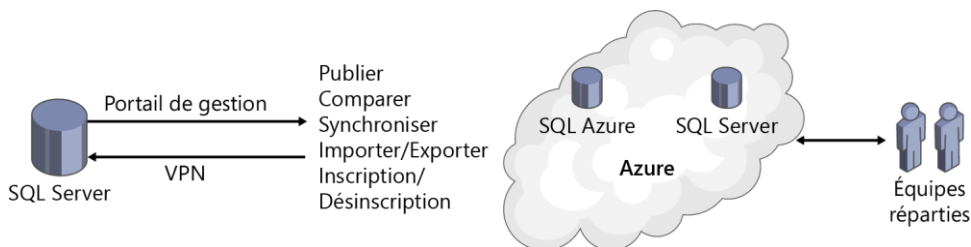


Figure A-28 : publication de données SQL local dans le Cloud

En outre, vous pouvez utiliser une instance Azure de SQL Server comme destination de sauvegarde pour une instance locale, comme illustré dans la figure A-29. Pour obtenir une solution très rentable, SQL Server (qu'il soit en local ou dans le Cloud) peut également effectuer une sauvegarde dans le Stockage Blob Azure peu coûteux et être restauré à partir de celui-ci.

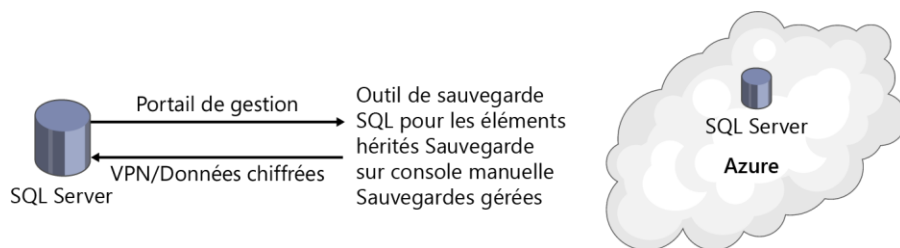


Figure A-29 : sauvegarde de base de données SQL sur site au Cloud

Enfin, un autre modèle consiste à utiliser le Cloud pour offrir des fonctionnalités supplémentaires à une instance locale et ainsi en réduire la charge. L'exemple présenté dans la figure A-30 contient deux réplicas Cloud : l'une sert de sauvegarde à des fins de récupération d'urgence, l'autre permet d'exécuter des applications BI (Business Intelligence).

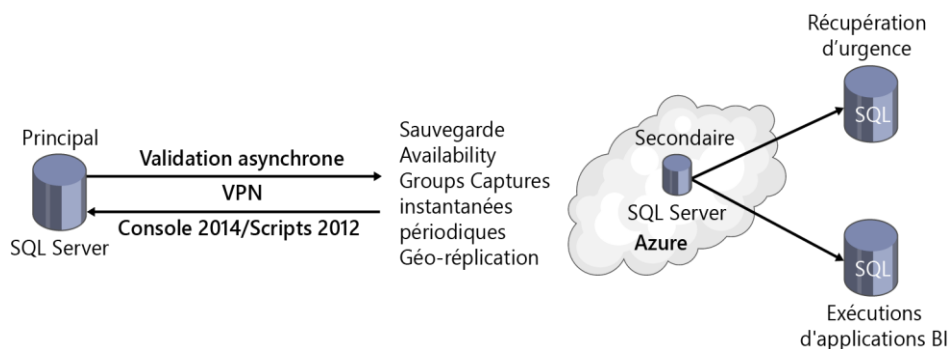


Figure A-30 : utilisation d'une base de données Cloud comme réplica

Haute disponibilité dans le Cloud

De nombreuses applications stratégiques nécessitent la plus grande disponibilité possible et doivent résister aux pannes matérielles et de réseau. L'hébergement d'applications dans le Cloud offre un certain nombre de fonctionnalités, notamment la redondance, la tolérance aux pannes et une conception résistante qui permet une haute disponibilité.

Prenez tout d'abord en compte les contrats de niveau de service Azure (SLA)¹⁶. Par exemple, le service de calcul Azure (services d'application) est assorti d'un SLA garantissant 99,95 % de temps de disponibilité ; SQL Database d'un SLA garantissant 99,9 % de temps de disponibilité et Azure Storage d'une SLA un garantissant 99,99 % de temps de disponibilité. Sans travail supplémentaire, vous avez la garantie que votre application ne subira pas de temps d'arrêt supérieur à 108 minutes par mois (sur 43 200 minutes).

Toutefois, il existe encore de nombreuses façons d'améliorer ces chiffres déjà excellents. Les techniques de programmation, telles que les longues files d'attente et les communications asynchrones, impliquent des relations moins étroites entre les applications, ce qui permet de réduire les risques qu'une panne n'en provoque d'autres en chaîne.

L'utilisation de groupes à haute disponibilité Azure garantit que différentes instances de machines virtuelles et/ou différents scénarios d'usage sont placés physiquement sur différents racks (alimentation, commutateur et serveur distincts) dans un centre de données Azure. Les groupes à haute disponibilité permettent de s'assurer qu'en cas de panne ou d'événement planifié ou non, au moins une instance de machine virtuelle est disponible.

¹⁶ Voir <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/azure/dn251004.aspx> pour plus de détails.

Le « nivellement » d'applications en groupes à haute disponibilité s'avère également efficace. Le placement de toutes les applications « de niveau web » dans un seul groupe à haute disponibilité simplifie le redémarrage ou la mise à niveau de l'ensemble du niveau en une fois. La logique sous-jacente des groupes à haute disponibilité garantit alors qu'au moins une des applications est disponible.

La figure A-31 présente un scénario d'usage réparti sur trois niveaux. Chaque niveau est associé à un groupe à haute disponibilité différent.

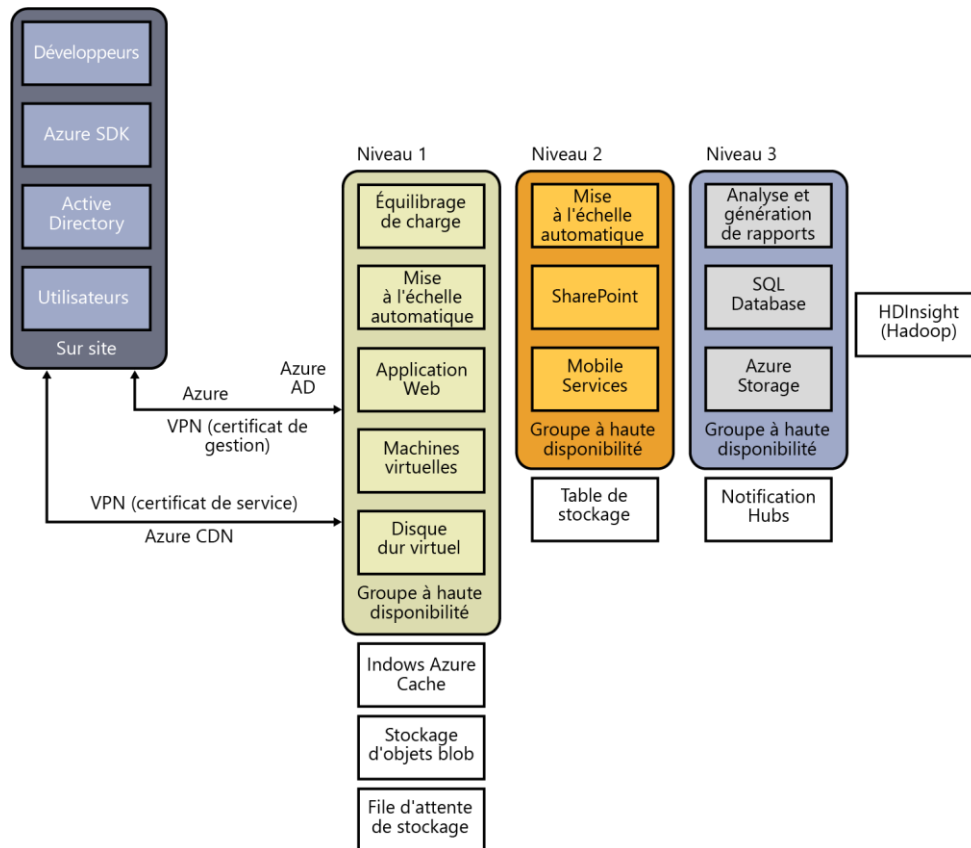


Figure A-31 : haute disponibilité

En outre, comme l'illustre la figure A-32, vous pouvez placer des scénarios d'usage sur des datacenters distincts géographiquement. Vous pouvez utiliser Azure Traffic Manager pour basculer les opérations entre le datacenter principal et celui de sauvegarde en cas de panne catastrophique dans le principal.

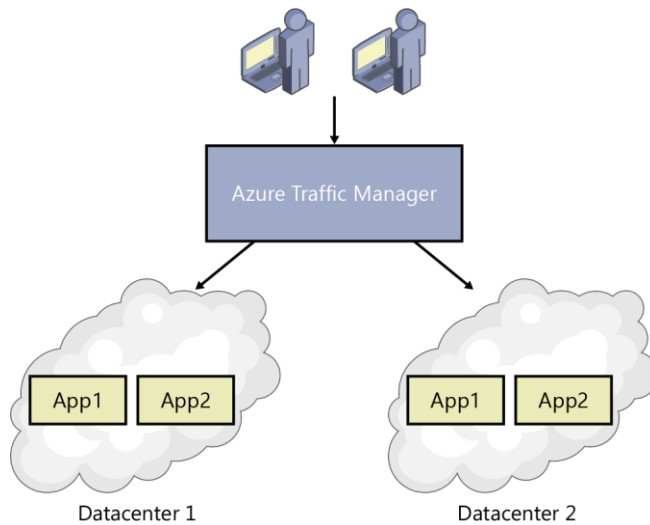


Figure A-32 : variété de zones géographiques

Considérations en matière de conception

Concernant la disponibilité de vos applications ou scénarios d'usage, tenez compte des éléments suivants :

- Avez-vous besoin d'un SLA offrant plus de 99,5 % de garantie, qui est la valeur par défaut des SLA Azure ?
- De combien d'instances de chaque machine virtuelle d'application avez-vous besoin ?
- Quelles applications peuvent utiliser les techniques de programmation asynchrones et librement associées pour améliorer leur disponibilité ?
- Des datacenters géographiquement redondants amélioreraient-ils la disponibilité de votre scénario d'usage dans le cadre de vos paramètres de coût ?

Appareils connectés

L'Internet des objets (IoT), abordé précédemment dans ce livre blanc, promet de grands avantages découlant de l'utilisation du Cloud, mais soulève également une grande demande. Les appareils IoT comprennent notamment des capteurs médicaux, des périphériques de fabrication, des voitures et avions connectés, ainsi que des capteurs environnementaux de bâtiments, etc. D'après les estimations, d'ici quelques années, dix milliards de ces « objets » seront associés à Internet d'une manière ou d'une autre. Dans le scénario présenté dans cette section, le Cloud reçoit, analyse et effectue des opérations sur les données envoyées par les appareils IoT.

Azure fournit un certain nombre de services pour s'adapter à l'IoT. Avec l'événement Azure IoT Hub (figure A-33), les entreprises peuvent créer un registre répertoriant tous les appareils connectés autorisés. Elles peuvent aussi gérer, configurer et approvisionner ces derniers. Azure IoT Hub permet à toutes les applications Cloud de recevoir des quantités considérables d'événements (des milliards par jour, au besoin) provenant d'appareils connectés. Azure Stream Analytics peut ensuite analyser ces événements en temps réel en filtrant les opérations. Il ne transmet ainsi que les événements intéressants (comme une panne d'appareil).

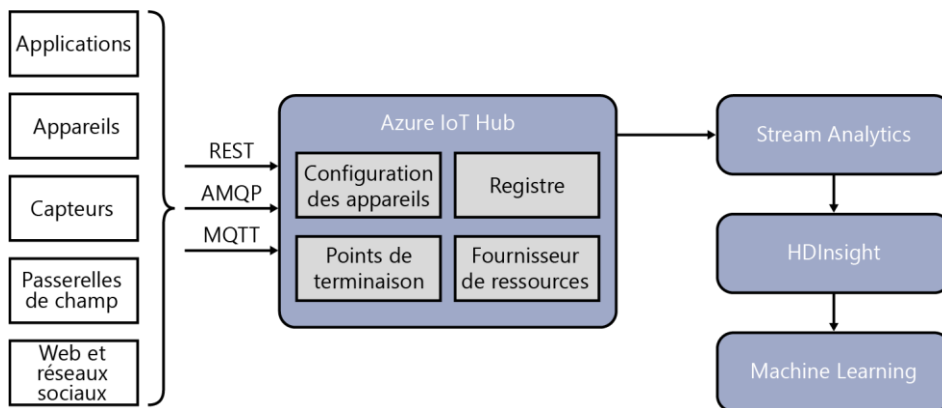


Figure A-33 : Azure IoT

D'autres services utiles comprennent notamment Azure HDInsight, qui peut recueillir de très grandes quantités de données et exécuter des programmes d'analyse par lots (MapReduce) pour identifier des schémas. Et grâce à Azure ML, la fonctionnalité d'apprentissage automatique d'Azure, vous pouvez vous former à la détection de schémas anormaux et prédire des pannes ou des temps d'arrêt à venir.

Bien entendu, avec tous ces appareils connectés à votre application, la sécurité doit faire partie de l'architecture. De nombreux appareils IoT ne disposent pas de la puissance de calcul nécessaire à l'exécution du chiffrement de clé publique ou d'une signature numérique. Vous devez donc connaître les signatures d'accès partagé (également connues sous le nom de jetons SAS) et les utiliser dès que possible. Une signature SAS, comme son nom l'indique, permet d'*accéder* ; le jeton comprend dans ses paramètres de requête l'URL demandée, un délai d'expiration, des autorisations et d'autres données essentielles. Les jetons SAS offrent un moyen efficace de protéger votre application d'un accès non autorisé par des intrus.¹⁷

Considérations en matière de conception

Lors de la conception d'une application qui utilise des « objets » connectés à Internet, tenez compte des éléments suivants :

- Combien d'appareils vont être connectés ? À quelle fréquence ces appareils vont-ils envoyer des données et quelle est la taille des messages ? Cela vous aidera à déterminer la mise à l'échelle d'Azure Event Hubs, dont vous aurez besoin pour recevoir et traiter les messages.
- Quel protocole utiliseront-ils pour se connecter (HTTP/REST, AMQP, MQTT) ?
- Quels types de données vont-ils envoyer et quelles données sont utiles aux applications ?
- Devez-vous conserver les données pour une quelconque raison ?
- Comment voulez-vous visualiser l'état de vos appareils ? Avez-vous besoin d'un « tableau de bord » (comme Azure Power BI) pour regrouper et visualiser les données entrantes ?

¹⁷ Pour en savoir plus sur les signatures d'accès partagé, voir

<https://azure.microsoft.com/documentation/articles/storage-dotnet-shared-access-signature-part-1/> et <https://azure.microsoft.com/documentation/articles/storage-dotnet-shared-access-signature-part-2/>. Il importe de reconnaître que les signatures d'accès partagé ne constituent pas une technologie uniquement liée à l'IoT. Vous pouvez également les utiliser, par exemple, avec Azure Storage pour fournir un accès délégué aux données.

Identité et authentification

La gestion des identités constitue la base de la sécurité dans le Cloud. L'identité d'un utilisateur détermine les ressources auxquelles il peut accéder et le système de gestion des identités empêche tout accès non autorisé lorsque c'est nécessaire, ce qui protège les ressources de l'entreprise.

Dans Azure, la gestion des identités est assurée par Azure Active Directory (Azure AD), en fonction des normes du secteur applicables à la famille de produits Active Directory. Vous pouvez utiliser Azure AD pour authentifier les utilisateurs dans les applications Cloud en synchronisant avec un annuaire Active Directory local et en assurant la fédération avec celui-ci. Les utilisateurs de l'entreprise peuvent donc tirer parti de l'authentification unique (SSO) pour accéder aux applications Cloud et locales.

Le protocole OAuth/OpenID vous permet d'activer facultativement d'autres formes d'identité avec Azure Active Directory (Figure A-34). Azure AD prend en charge Facebook, Google, Yahoo et les comptes Microsoft en tant que fournisseurs d'identité, et vous pouvez accorder à chacun d'eux des niveaux d'accès variables. En outre, vous pouvez intégrer un vaste panel d'applications SaaS (telles que Salesforce.com et de nombreuses autres) à Azure AD. De plus, l'authentification multi-facteur garantit le respect des normes NIST 800-63 niveau 3, HIPAA, PCI DSS et d'autres réglementations.

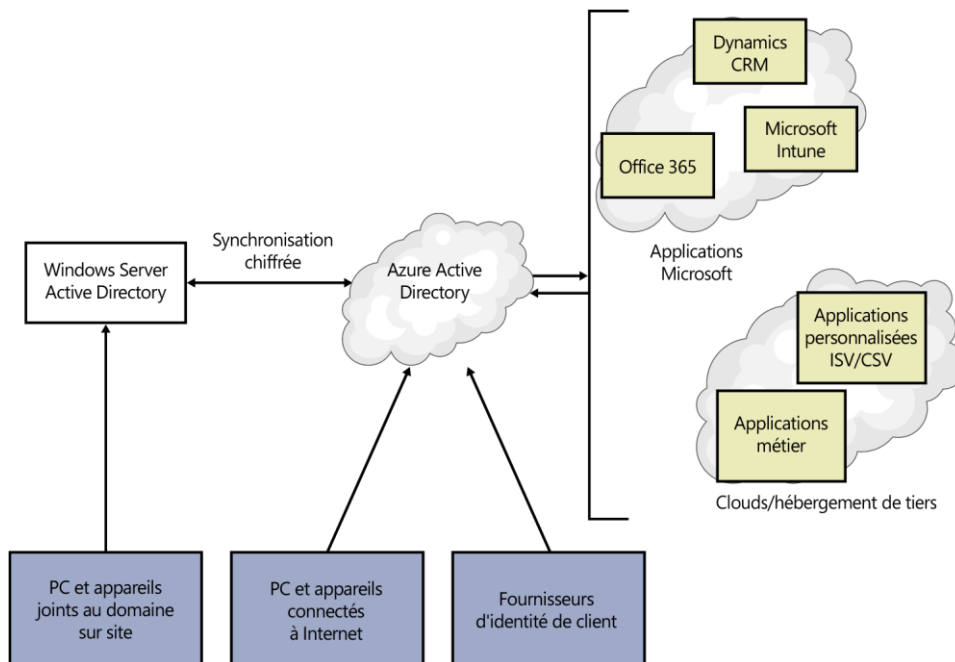


Figure A-34 : authentification Azur AD

Enfin, Azure Active Directory prend en charge l'authentification à 2 facteurs (Figure A-35) pour une gestion correcte des identités. Généralement, un utilisateur s'authentifie d'abord à l'aide d'informations d'identification, telles que le nom d'utilisateur/mot de passe, puis utilise un appareil physique, tel qu'un smartphone ou une carte à puce pour poursuivre le processus d'authentification. Vous pouvez configurer Azure Active Directory de manière à appeler un smartphone et à demander un code PIN ou un badge à lire, ou à procéder à une authentification biométrique (par exemple, à l'aide des empreintes digitales).

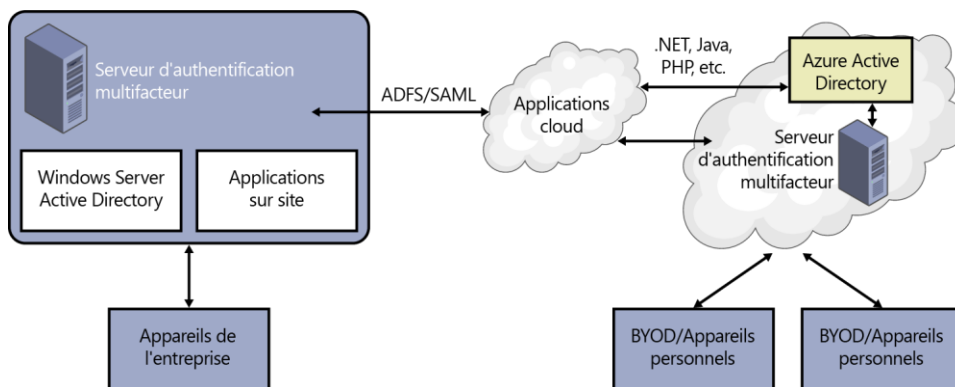


Figure A-35 : authentification multifacteur Azure AD

Considérations en matière de conception

Nous avons vu que la gestion des identités constitue la base de la sécurité dans le Cloud, car elle permet de contrôler l'accès à ses ressources de calcul et de données. En considérant ceci, envisagez les opérations suivantes :

- fédérer votre annuaire Active Directory local dans Azure AD pour activer l'authentification unique pour les applications Cloud ;
- configurer les mécanismes d'authentification des clients pour certains types d'accès (par exemple, les clients du commerce électronique) à vos applications Cloud ;
- mettre en place l'authentification à 2 facteurs pour les exigences d'authentification les plus strictes.

Enterprise Mobility Management

En 2014, un certain nombre de services liés à la mobilité étaient fournis ensemble dans le cadre d'une offre de mobilité cohérente proposée aux services IT des entreprises. Cette offre est appelée Enterprise Mobility Suite (Figure A-36) et comprend Azure AD, ainsi que des services supplémentaires, notamment des fonctionnalités de gestion des groupes et de réinitialisation de mot de passe en libre-service. Cette suite fournit également une authentification préconfigurée sur un grand nombre d'applications SaaS et la création de rapports de sécurité (p. ex. pour les pannes répétées, des modèles de connexion anormaux). Elle peut également prendre en charge l'authentification à 2 facteurs.

Enterprise Mobility Suite comprend également une offre complète de gestion des appareils mobiles à l'aide de Windows Intune. Les professionnels IT peuvent ainsi gérer l'accès mobile aux ressources de l'entreprise, gérer les profils de messagerie e-mail, utiliser les fonctions de suppression sélective et de verrouillage à distance ainsi que de réinitialisation de mots de passe.

Enfin, Enterprise Mobility Suite est également fourni avec Microsoft Azure Rights Management, ce qui offre une solide protection des documents pour les informations locales et Microsoft Office 365 (Cloud).

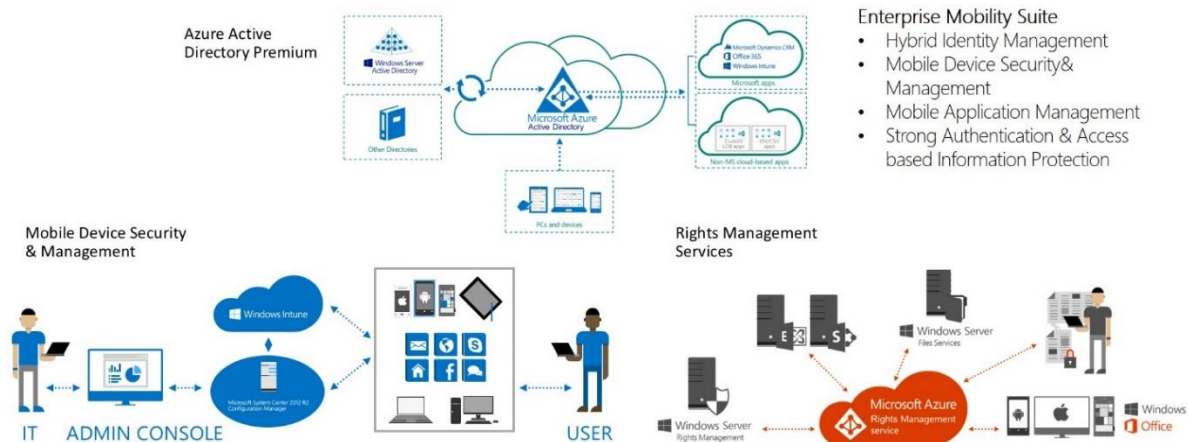


Figure A-36 : Enterprise Mobility Suite

Considérations en matière de conception

Envisagez d'utiliser Enterprise Mobility Suite dans les cas suivants :

- vous devez gérer divers appareils mobiles ;
- vous voulez permettre aux utilisateurs d'effectuer leur propre définition et réinitialisation du mot de passe (et réduisez ainsi la charge de votre support technique) ;
- un nombre important des appareils mobiles qui se connectent aux réseaux d'entreprise appartient en réalité aux collaborateurs. Par exemple, votre entreprise dispose d'une stratégie « Apportez votre propre appareil » (BYOD).
- Vous devez mettre en œuvre des stratégies et privilèges d'accès à des données spécifiques pour différents utilisateurs ou classes d'utilisateurs.

Sites web

Azure Web Apps et App Services simplifient la création et la maintenance d'un site web d'entreprise complexe moyennant de faibles coûts. Vous pouvez créer des sites web HTML5 avancés à l'aide de l'un des nombreux langages de programmation d'applications web populaires (.NET, Java, PHP, Node.js et Python). Toute une série d'outils est à votre disposition pour connecter votre site à la fois à d'autres ressources web (comme Twitter) et à des ressources de données locales. Les développeurs peuvent créer des applications web sécurisées et authentifiées à l'aide de fonctions d'Active Directory, telles qu'ADAL (Active Directory Authentication Library) et l'API Active Directory Graph. Sécurisez l'accès aux documents grâce à Azure Rights Management Service. Comme mentionné précédemment, vous pouvez vous connecter à Azure AD et le synchroniser avec un déploiement local d'Active Directory.

Figure A-37 présente le développement d'un site web, l'accès à ce site et les ressources locales.

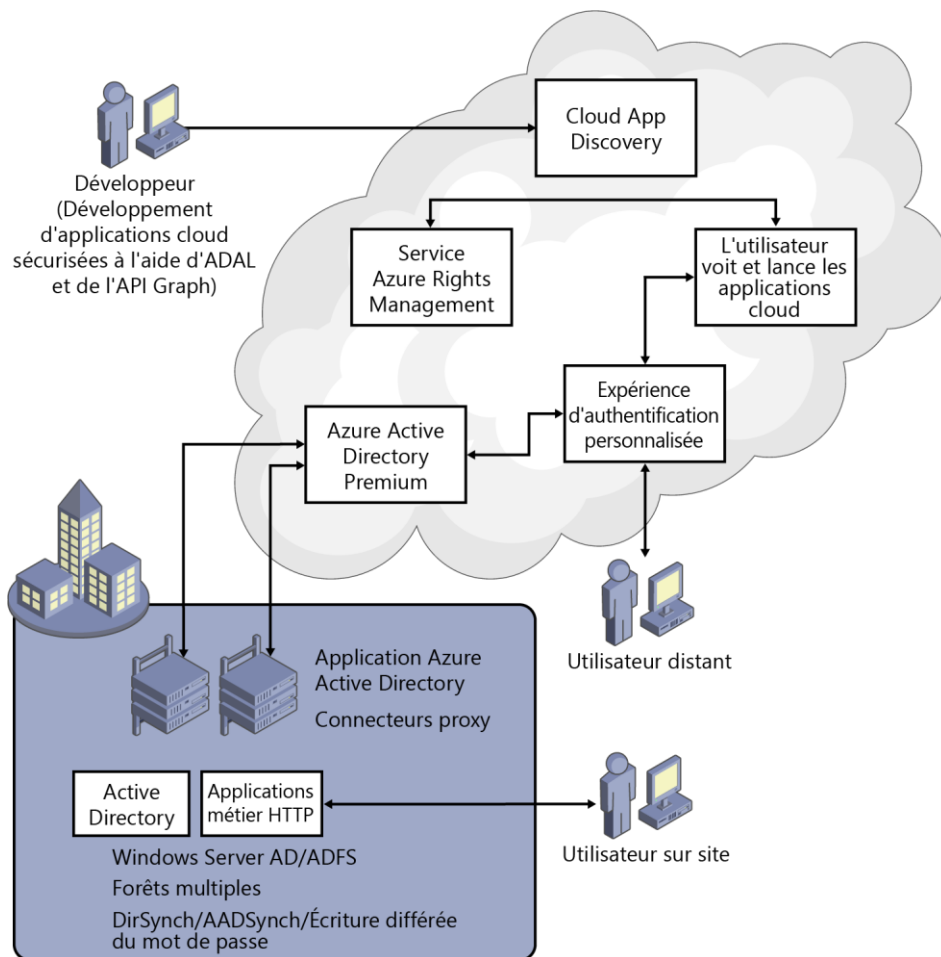


Figure A-37 : sites Web Azur

Considérations en matière de conception

Bien entendu, il existe une pléthore de problèmes de conception chaque fois que vous créez et déployez un site web. Voici quelques-uns des éléments à prendre en compte :

- S'agit-il d'un site intranet uniquement ou accessible à partir d'Internet ?
- Comment allez-vous gérer le contenu pour actualiser les données ?
- Avez-vous besoin du site pour authentifier les utilisateurs ? Le cas échéant, les utilisateurs peuvent-ils s'authentifier avec des informations d'identification différentes de celles de l'entreprise, comme Facebook, Google ou le compte Microsoft ? Et si oui, disposent-ils de droits d'accès différents de ceux des utilisateurs de l'entreprise ? Azure AD peut constituer une solution d'authentification simple et complète.
- De quelles sortes d'intégration des applications aux applications de l'entreprise avez-vous besoin ? Vous pouvez utiliser BizTalk Server ou Logic Apps pour vous connecter aux applications locales, telles que ERP ou les bases de données.
- Devez-vous effectuer des transactions B2B sur votre base de données ? Azure BizTalk Services offre la possibilité de se connecter à des applications EDI X.12 partout sur Internet.

Autres lectures

Ressources Azure

Site Web Microsoft, <https://www.microsoft.com>

Site Web Microsoft Azure, <https://www.azure.com>

Site de solutions Microsoft Azure, <https://azure.microsoft.com/solutions/>

Centre de gestion de la confidentialité Microsoft Azure, <https://azure.microsoft.com/support/trust-center/>

Modèle économique Cloud, [http://download.microsoft.com/download/6/E/4/6E4CB3D1-5004-4024-8D90-6C66C83C17AA/The Economics of the Cloud White Paper.pdf](http://download.microsoft.com/download/6/E/4/6E4CB3D1-5004-4024-8D90-6C66C83C17AA/The_Economics_of_the_Cloud_White_Paper.pdf)

Centres de données Cloud Microsoft, <https://www.microsoft.com/cloud-platform/global-datacenters>

Étude de Forrester, « The Total Economic Impact de Microsoft Azure PaaS », <https://azure.microsoft.com/resources/total-economic-impact-of-microsoft-azure-paas/>

Études de cas citées au chapitre 1 :

- <https://customers.microsoft.com/story/rollsroycestory>
- <https://customers.microsoft.com/story/brainshark>
- <https://customers.microsoft.com/story/geico>
- <https://customers.microsoft.com/story/accuweather>

Guide d'architecture d'applications Azur <https://docs.microsoft.com/azure/architecture/guide/>

Conception d'applications résilientes dans Azure
<https://docs.microsoft.com/azure/architecture/resiliency/>

Liste de contrôle de résilience <https://docs.microsoft.com/azure/architecture/checklist/resiliency>

HIPAA :
http://smb.blob.core.windows.net/smbproduction/Content/Microsoft_Cloud_Healthcare_HIPAA_Security_Privacy.pdf

Conformité au RGPD <https://blogs.microsoft.com/blog/2017/05/24/accelerate-gdpr-compliance-microsoft-cloud/>

Optimisation du Cloud :

- <https://www.microsoft.com/itshowcase/blog/determination-sets-8-year-old-on-path-to-save-microsoft-millions-of-dollars/>
- <https://www.microsoft.com/itshowcase/Article/Content/861/Optimizing-resource-efficiency-in-Microsoft-Azure>
- <https://www.microsoft.com/itshowcase/Article/Video/688/Managing-and-optimizing-resources-for-cloud-computing-at-Microsoft> (webinaire)

Sites externes

Blog Post de Martin Fowler sur les microservices, <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>

Blog Post Forbes sur Big Data, <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2015/09/30/big-data-20-mind-boggling-facts-everyone-must-read/>

Les trois V du Big Data : <http://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>

Livres blancs

Jeanne W. Ross, Peter Weill and David C. Robertson, *Enterprise Architecture as Strategy: Creating a Foundation for Business Execution*, Harvard Business Review Press, 2006.

Gene Kim, Jez Humble, Patrick Debois, and John Willis, *The DevOps Handbook: How to Create World-Class Agility, Reliability and Security in Technology Organizations*, IT Revolution Press, 2016

À propos des auteurs



Barry Briggs, un consultant indépendant, est actif depuis longtemps dans le domaine des logiciels et de l'IT en entreprise. Il a exercé différentes fonctions au cours de sa carrière de douze ans chez Microsoft. Plus récemment, il est devenu l'architecte d'entreprise principal au sein de l'équipe Microsoft DX (expérience développeur). Le travail de l'équipe DX consiste à concevoir et créer des applications « épiques » avec les clients Microsoft qui exploitent les nouvelles fonctionnalités de la pile Microsoft, notamment les infrastructures et les produits open source et Microsoft.

Auparavant, Briggs était architecte principal et directeur technique pour l'organisation IT de Microsoft. Parmi ses principales responsabilités, citons la création et la direction de l'équipe de stratégie de Cloud computing du service IT de Microsoft, qui a mis en place la stratégie et les processus sous-jacents de la migration de l'écosystème IT interne de Microsoft dans le cloud. Il a en outre dirigé l'expérience Enterprise Architecture, qui a aligné les stratégies commerciales sur les ressources technologiques afin d'optimiser l'impact et la flexibilité. Il était aussi à la tête de l'unité des incubations stratégiques. Cette dernière est à l'origine de la construction des logiciels avant-gardistes conçus pour un impact sur l'ensemble de l'IT et des stratégies d'adoption de la technologie. Microsoft IT a ainsi développé une relation étroite avec ses groupes de produits. Avant d'être directeur technique, Briggs chapeautait l'équipe qui a créé la plus grande solution de gestion des données de référence (MDM) au monde pour Microsoft. En 2003, il rejoint Microsoft en tant qu'architecte principal pour la division de l'intégration et des processus d'entreprise qui a mis au point BizTalk Server.

Avant Microsoft, Briggs a exercé la fonction de directeur technique pour différentes sociétés (Aptsoft, Wheelhouse, BroadVision et Interleaf) après avoir passé 11 ans chez Lotus/IBM. Barry est ensuite devenu l'architecte principal pour les célèbres produits type feuille de calcul de Lotus, 1-2-3, pendant plusieurs années. En outre, il a contribué au développement de Lotus Notes et a dirigé l'intégration technologique de Lotus à IBM après l'acquisition de Lotus par cette dernière. Il a également créé et géré l'équipe responsable de la première suite de productivité basée sur Java au monde, à savoir Lotus eSuite. En 1995, il a reçu le titre de « Lotus Fellow ».

Vous pouvez consulter les projets en cours de Barry sur son site Internet : <http://www.barrybriggs.com>.



Eduardo Kassner est le directeur technologique et responsable de l'innovation pour Worldwide Channels & Programs Group Microsoft Corporation. Son équipe est chargée de la définition de la stratégie et du développement des programmes afin de stimuler la capacité technique, le développement des pratiques et la rentabilité pour des centaines de milliers de partenaires Microsoft dans le monde entier. Il dispose d'une expérience de plus de 20 ans en gestion et conception d'environnements IT complexes et dans le domaine de l'association d'objectifs IT et commerciaux dans des scénarios de la vie réelle. Il a dirigé des équipes ayant activement aidé des sociétés internationales et gouvernements à relever ces défis dans le cadre d'une approche directe et pertinente. Pour y parvenir, il a conçu et déployé des infrastructures structurées avec une expérience durement acquise qui associe les piles techniques Microsoft nécessaires en permanence aux infrastructures garantissant une plus-value commerciale. avec la possibilité de relier l'ensemble de la technologie Microsoft. Il peut ainsi apporter une valeur ajoutée dans un environnement d'entreprise ou de gouvernement. Récemment, il a coécrit et publié la première édition de *Enterprise Cloud Strategy (Stratégie de Cloud d'entreprise)* par Microsoft Press, téléchargé plus de 250 000 fois depuis le site Web Azure.com. Eduardo a dirigé les équipes qui ont conçu, embauché et géré le rôle Microsoft Cloud Architecture et la communauté mondiale, Cloud Adoption Frameworks, Operations Management, Automation et Architecture Patterns. Il intervient régulièrement lors de conférences dans le monde entier sur les thèmes suivants : transformation numérique, adoption et stratégie Cloud, meilleures pratiques de l'architecture Cloud, Cloud public/hybride/privé, efficacité opérationnelle, retour sur investissement IT et coût total de possession, et plateforme Microsoft dans son ensemble.