

UN NUAGE BIEN RÉEL

Bonnes pratiques pour la mise en place
d'un cloud dans l'enseignement supérieur

Sommaire

Sommaire	2
Remerciements	5
Pourquoi un guide sur le cloud computing ?	6
Introduction	7
Chapitre 1 - Un cloud, des réalités	9
A. Attributs majeurs du cloud	9
1. <i>Orienté services (On-demand self-service)</i>	10
2. <i>Élastique et évolutif (Rapid elasticity)</i>	10
3. <i>Mutualisé (Resource pooling)</i>	10
4. <i>Mesuré (Measured service)</i>	11
5. <i>Accès universel (Broad network access)</i>	11
B. Le marché du cloud en France et dans le monde	11
1. <i>Un marché en pleine expansion dans le monde</i>	11
2. <i>En France, la guerre des prix existe aussi entre les acteurs</i>	12
C. Que peut apporter le cloud aux universités ?	14
1. <i>Des logiciels ou Software as a service (SAAS)</i>	14
2. <i>Du logiciel technique ou Platform as a service (PAAS)</i>	16
3. <i>Du matériel ou Infrastructure as a service (IAAS)</i>	16
D. L'usage du cloud en milieu universitaire	17
Chapitre 2 - Comment déployer le cloud ?	20
A. Les modes de déploiement	21
1. <i>Cloud public</i>	21
2. <i>Cloud privé</i>	22
3. <i>Cloud communautaire</i>	22
4. <i>Cloud « hybride »</i>	23
B. Les projets de cloud souverain	24
1. <i>Genèse des projets français Numergy et CloudWatt</i>	25
2. <i>L'expérience américaine</i>	27
Chapitre 3 : cloud et sécurité, mise en perspective	29
A. Comprendre le débat sur la sécurité	30
1. <i>Accès aux données</i>	30
2. <i>La localisation des données</i>	31
B. Le cas des données à caractère personnel	33

1.	<i>Les données à caractère personnel des universités</i>	33
2.	<i>Les contraintes réglementaires</i>	34
3.	<i>Recommandations de la CNIL</i>	35
C.	Se prémunir contre les risques sécuritaires liés au cloud	36
Chapitre 4 : le cloud transforme les compétences et les pratiques de la DSI		38
A.	Le nouveau contexte technologique transforme les DSI	38
1.	<i>La tendance est à l'externalisation et à la mutualisation des compétences</i>	38
2.	<i>Le cloud engendre des changements de positionnement des DSI</i>	40
3.	<i>Cartographie des métiers liés au cloud</i>	41
B.	La relation entre les métiers et les DSI évolue	42
1.	<i>La position de la DSI est différente dans les entreprises et dans les universités</i>	42
2.	<i>La DSI a pour rôle de sensibiliser les utilisateurs aux enjeux du cloud et des nouvelles technologies</i>	43
Chapitre 5 : impact économique et financier du cloud.....		45
A.	Cloud privé : il nécessite un investissement élevé.....	45
1.	<i>Le principe</i>	45
2.	<i>Les impacts économiques et financiers</i>	45
B.	Cloud public : il bénéficie d'un excellent rapport entre les coûts et les fonctionnalités	46
1.	<i>Le principe</i>	46
2.	<i>Les impacts économiques et financiers</i>	47
C.	Cloud communautaire : les avantages financiers de la mutualisation	47
1.	<i>Le principe</i>	47
2.	<i>Les impacts économiques et financiers</i>	47
3.	<i>Cas pratiques : coût de l'adhésion à une offre cloud pour une université (en fonction de sa taille)</i>	48
Chapitre 6 : impacts du cloud sur les territoires		50
A.	Géographie des datacenters.....	50
1.	<i>Critères de choix pour l'emplacement d'un cloud ou d'un datacenter</i>	50
2.	<i>La question de la distance entre l'installation et les utilisateurs</i>	52
B.	Gains d'une installation numérique dans les territoires	52
1.	<i>Enjeux de la connectivité d'un territoire</i>	52
2.	<i>Une entente nécessaire avec les partenaires</i>	54
Conclusion.....		55
Bibliographie		56
Table des illustrations		57





Remerciements

Nous adressons tous nos remerciements aux représentants des organisations (universités, ministères, entreprises...) pour leur contribution dans la rédaction de ce guide.

Auteurs :

- Cabinet Infhotep : Sabine van Gaver, Alessandro Fiorentino, Mourad Slitni
- Université Numérique Paris Ile-de-France (UNPIdF) : Thierry Bedouin, Amandine Alehyane

Contributeurs :

- COMuE de Lyon: Laurent Flory
- Direction interministérielle des systèmes d'information et de communication de l'État : Paul Braidia
- Ministère de l'Éducation Nationale : Mathieu Jeandron,
- Mission numérique pour l'enseignement supérieur du Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
- Université François Rabelais de Tours : Franck Estay
- Université Nantes Angers Le Mans : Michel Allemand, Vincent Barré
- Université d'Umeå (Suède)
- Universities and Colleges Information Systems Association: Peter Tinson
- Université de Montpellier : Claude Bagnol



Pourquoi un guide sur le cloud computing ?

La Mission numérique pour l'enseignement supérieur (MINES) souhaite pouvoir bénéficier d'un document de synthèse concret sur le cloud computing.

Fort de son expertise sur le sujet et de sa connaissance du terrain, l'UNPIdF a été chargée de la conception du document¹.

Le guide a pour objectif premier de partager un socle de connaissances communes sur le cloud computing et ses applications dans l'enseignement supérieur.

Il s'inscrit dans la continuité de l'Agenda numérique, qui pose dans son Action n°12 la nécessité « *d'inciter les établissements d'enseignement supérieur à rationaliser leurs infrastructures informatiques, en mutualisant et sécurisant leurs données dans des data center écoresponsables* »².

Ce document s'appuie sur l'expertise de l'Université numérique Paris Ile-de-France (UNPIdF), qui a accumulé une somme importante de connaissances depuis cinq ans, que ce soit grâce à la participation à des conférences internationales, à la rédaction de livres blancs ou encore à la conduite de missions sur le thème du cloud. À ce titre, le travail mené en concertation avec les industriels sur le projet R&D UnivCloud a ouvert la voie au développement d'un cloud communautaire universitaire³. Le guide aspire également à mettre évidence les grands enjeux du cloud pour les universités.

Ce guide s'adresse à tous les acteurs du numérique dans l'enseignement supérieur et la recherche. Loin de se limiter aux expériences franciliennes, il donne à voir aussi des initiatives menées sur l'ensemble du territoire. Il propose également une ouverture sur l'international. Les initiatives présentées lors des cas pratiques qui ponctuent le document ont été choisies en fonction de leur intérêt dans la perspective du cloud ; elles sont aussi le résultat de la bonne volonté des répondants aux entretiens.

Les directeurs des systèmes d'information et les vice-présidents numériques sont les premiers concernés. Ils doivent être en mesure de réutiliser les informations contenues dans le guide pour les présentations qu'ils peuvent être amenés à conduire ou les plaquettes qu'ils voudront diffuser. Aussi, ce guide se veut pratique, facilement accessible et illustré. Il est amené à évoluer d'années en années.

Le succès de ce guide se mesurera à la lumière de sa diffusion en direction des acteurs de l'écosystème du numérique. Ce guide leur appartient intégralement dans un but de circulation et de valorisation des connaissances. Chaque chapitre est indépendant, la lecture peut donc se faire librement, au fil des besoins, sans que la compréhension n'en soit altérée.

¹ L'UNPIdF est à l'origine du projet Univcloud, décrit dans l'encart page suivante.

² L'Agenda Numérique de l'enseignement supérieur est disponible sur la plateforme France Université Numérique <http://www.france-universite-numerique.fr/18-actions.html> (consultée le 18/05/2015)

³ Pour plus d'informations sur le projet Univcloud, se référer au site Internet dédié : <http://univcloud.fr/>



Introduction

Pour la grande majorité du public, le cloud computing est encore un mystère⁴. Il suffit de se référer à quelques répliques récentes – amusantes – de cinéma, dans lesquelles le fait même de stocker une vidéo dans le cloud revient à dire qu'elle serait à jamais perdue dans les méandres d'une galaxie lointaine et, par conséquent, que sa destinée n'est pas sous contrôle. Cette préoccupation sur le contrôle des données est au centre de la problématique du cloud.

Le cloud se trouve malgré lui au cœur d'une légende, construite à force de discours et d'articles de presse parfois peu documentés. À tel point que personne ne semble s'accorder sur l'origine même du mot. Certaines explications avancent que les architectes réseau schématisaient Internet par un nuage. Cette formalisation aurait donné le mot « *cloud* », en français : « nuage ». Pour le grand public, le terme de cloud est apparu au début des années 2000, lorsqu'Amazon a proposé de louer à ses clients une partie des capacités de son parc informatique pour stocker des données. En quoi le cloud se différencie du datacenter ? Un datacenter est une infrastructure *immobilière* et technique hébergeant des serveurs d'une ou de plusieurs entreprises ou organisations et disposant de moyens propres à une exploitation performante (électricité, climatisation, accès haut débit) et sécurisée. Le cloud, lui, offre aux utilisateurs des services numériques en utilisant les standards Internet et les technologies de virtualisation, comme le précise la définition de l'Agence fédérale américaine NIST (National Institute of Standards and Technology) ce que ne propose pas le datacenter. Ces services numériques peuvent être de différentes natures : services matériels ou d'infrastructure (espace de stockage, puissance de calcul...); services de plateforme (environnement de développement, base de données et serveurs d'application...); services logiciels (applications logicielles pour les entreprises et les particuliers). Un dispositif de cloud peut s'appuyer sur plusieurs datacenters. Ces services sont déployés soit sur des environnements partagés et mutualisés entre tous les utilisateurs (cloud public) soit sur des environnements dédiés à une population de client limitée (cloud privé), soit sur une communauté bien définie (cloud communautaire). Depuis son avènement dans le marché grand public, le cloud n'a cessé de faire parler de lui. Les États, sous couvert d'enjeux de souveraineté veulent lancer leur cloud, à l'instar des États-Unis ou du Royaume-Uni ; les entreprises cherchent à optimiser leurs dépenses IT en externalisant une partie de la gestion du stockage de leurs données ; les collectivités mutualisent leurs ressources, etc. Dans l'enseignement supérieur et la recherche, les projets de datacenters sont nombreux, dans un contexte financier de plus en plus contraignant. À l'heure où le gouvernement encourage la mutualisation des ressources, dont informatiques, il apparaît essentiel de fournir un point d'horizon sur le cloud et de comprendre les enjeux non seulement financiers, mais aussi sécuritaires et organisationnels qui se rattachent à la mise en place d'un cloud dans le secteur de l'enseignement supérieur.

⁴ Les termes de cloud et de datacenter, bien qu'étant anglais, sont entrés dans le champ lexical français, aussi ce guide n'emploiera pas l'italique.



Comment définir le cloud aujourd'hui ? Quelles réponses apporter aux problématiques liées à la sécurité ? En quoi la généralisation des usages liés au cloud transforme les universités ? Comment celles-ci peuvent-elles s'adapter aux changements résultant de l'arrivée des nouvelles technologies ? En quoi le cloud a-t-il généré un nouveau modèle économique ? De quelle façon modifie-t-il la carte des territoires numériques ?

Ce document se propose de répondre à ces questions, afin de contribuer à la construction d'une vision sinon nouvelle, au moins vivante, des possibilités qu'offre le cloud dans l'enseignement supérieur et la recherche.

Dans le premier chapitre, le guide étudie ses fondements et propriétés, mais aussi des éléments de marché et les apports du cloud pour les universités.

Le deuxième chapitre fournit des éléments factuels sur les différents types de déploiement. Il délivre également des exemples issus des expériences nationales de déploiement.

Le troisième chapitre aborde la question centrale de la sécurité. Il s'agit non seulement de donner des clés pour la compréhension du débat sur la sécurité, de fournir des repères sur la question des données à caractère personnel et d'apporter des solutions pour se prémunir des risques sécuritaires énoncés s'agissant du cloud, notamment à propos de l'hébergement des données et de la réversibilité.

Dans le quatrième chapitre, le guide s'intéresse aux aspects organisationnels, tels que les changements induits par le cloud dans les DSI des universités, y compris dans leurs relations avec les autres services.

Le guide se concentre dans le chapitre suivant sur les implications économiques et financières liées à la mise en place d'un cloud et de la façon dont celui-ci transforme les modalités de gestion au sein de la DSI.

Enfin, le cinquième et dernier chapitre rappelle que le cloud n'est pas uniquement une abstraction. Non seulement les infrastructures qui supportent le cloud sont tributaires de la géographie, mais la présence ou *contrario* l'absence d'installations a des répercussions sur l'avenir des territoires.

En parallèle et tout au long du guide, des cas d'usage, parfois inédits, sont exposés. Ils sont le plus souvent issus des expériences en cours dans l'enseignement supérieur et la recherche, bien qu'ils ne se limitent pas à ce domaine. Le cloud, en effet, ouvre de nouveaux champs de collaboration, de mutualisation, d'usages nouveaux, qui constituent encore un immense potentiel pour le monde universitaire.



Chapitre 1 - Un cloud, des réalités

Les définitions du cloud foisonnent. Ce qui différencie le cloud, par exemple d'un datacenter, a été résumé par le NIST⁵: simplicité d'un service à la demande ; extrême flexibilité ; accès « léger »; virtualisation des ressources ; paiement « à l'usage ». La lecture des offres cloud peut s'avérer très complexe, ce qui explique en partie que la guerre des prix se poursuive dans le marché du cloud, en France et dans le monde.

Les universités, qui utilisent déjà des services en cloud, peuvent aujourd'hui elles aussi bénéficier du potentiel de stockage et des économies d'échelles générées par le cloud.

A. Attributs majeurs du cloud

Le cloud computing donne accès aux utilisateurs à un certain nombre de ressources : services en ligne, plateforme de développement, machines virtuelles.

Une chose est sûre, les définitions du cloud (ou « nuage ») ne manquent pas dans la littérature.

Définitions du cloud

Parmi les définitions analysées, les plus pertinentes sont les quatre suivantes.

(1) « Solution permettant de consommer et d'acheter des services IT dans le monde à travers un réseau. Il s'articule autour de quatre critères clés : la mutualisation des ressources ; le paiement à l'usage, la modularité ; la standardisation des fonctions proposées » (CIGREF).

(2) « Mode de traitement des données d'un client, dont l'exploitation s'effectue par l'internet, sous la forme de services fournis par un prestataire » (CSTIC - Commission Spécialisée de Terminologie et de Néologie de l'Informatique et des Composants Electroniques).

(3) « Modèle de mise à disposition, simple et à la demande, de ressources informatiques partagées et configurables » (NIST - National Institute of Standards and Technology).

(4) « Technologies de l'information possédant des capacités de traitement (serveurs) massivement évolutives qui sont fournies en tant que service à l'aide des technologies Internet, à de multiples clients externes » (GARTNER)

Encadré 1 : Définitions du cloud

La plupart des définitions retiennent cinq attributs majeurs issus des travaux du NIST : la notion de services ; l'élasticité ; la mutualisation ; la capacité de mesure ; l'universalité de l'accès.

En parallèle, les éditeurs, toujours doués pour le marketing, n'hésitent pas à accoler le nom de « cloud » sur toutes les formes d'externalisation de services. Les apparences sont parfois trompeuses. Il existe donc, dans le

⁵ Liste de caractéristiques établie par le National Institute of Standard and Technology (États-Unis) dans le document *The NIST definition of Cloud computing* disponible sur : <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (consulté le 23/04/2015)



nuage, des services ne revêtant pas point pour point les cinq attributs développés ci-dessous. Quant à savoir si cela est juste ou non, c'est une autre question qui n'a pas lieu d'être tranchée ici.

1. Orienté services (*On-demand self-service*)

Le cloud est avant tout un environnement permettant de rendre des ressources informatiques accessibles, exactement de la même façon que les *utilities* (services d'accès aux ressources au moyen de tuyaux) fournissent aux usagers de l'eau, du gaz, de l'électricité, un accès à Internet, etc.

À condition bien sûr de souscrire à un abonnement, les ressources que fournit le cloud sont proposées en libre-service et à la demande. Ces ressources numériques externes peuvent être commandées en ligne, à partir d'un catalogue, sans interaction humaine.

De plus, l'usage et la capacité de l'infrastructure sont décuplés grâce à la virtualisation des ressources. Les services partagent les mêmes infrastructures physiques de serveurs et ce quel que soit le type d'utilisateur. Les données sont stockées sur les mêmes infrastructures physique mais séparées au regard de la propriété des données et des personnes autorisées à y accéder.

2. Élastique et évolutif (*Rapid elasticity*)

L'élasticité est la faculté d'augmenter ou de diminuer des ressources (machines virtuelles, applications...) mises à disposition : la souscription et/ou la résiliation des capacités s'effectue selon les besoins des usagers. Ce changement est réalisé de façon très réactive, voire complètement automatisée.

En cela, le cloud fournit des ressources évolutives, qui se répercutent directement sur la facture : celle-ci est plus importante si les besoins augmentent et réciproquement.

3. Mutualisé (*Resource pooling*)

Le nuage s'inspire de la philosophie mutualiste.

Le nuage s'inspire en grande partie de la philosophie mutualiste, qui consiste à partager un ensemble de ressources afin de pouvoir en proposer davantage dans l'idée de générer des économies d'échelles : cela a commencé par un potager, un champ, puis des services municipaux et aujourd'hui, une voiture, un appartement...

Le partage de la ressource physique (serveurs, infrastructures) est au cœur du principe du nuage. Cependant, le partage des ressources ne permet pas de définir clairement leur localisation. Si celles-ci changent d'emplacement, les usagers ne sont pas touchés *a priori*.



4. Mesuré (*Measured service*)

Le cloud offre aux DSI et / ou aux administrateurs une visibilité en temps réel sur la consommation des ressources et leur disponibilité. Ce principe permet aussi d'avoir une facturation au plus juste et de pouvoir piloter sa consommation en amont.

Pour poursuivre la comparaison avec les *utilities*, l'aspect « mesurable » et son lien avec la facturation se retrouve dans les « compteurs intelligents », qui donnent un aperçu en temps réel du consommé, qu'il s'agisse d'eau, de chauffage ou d'électricité.

5. Accès universel (*Broad network access*)

L'accès au nuage s'effectue via l'usage de protocoles de l'Internet (cf. figure 4), depuis divers terminaux (PC, tablette, smartphone) et de façon permanente : l'utilisateur peut accéder à ses ressources quelle que soit l'heure, l'endroit où il se trouve ou le terminal qu'il utilise (poste fixe, ordinateur portable, smartphone, tablette...).

B. Le marché du cloud en France et dans le monde

1. Un marché en pleine expansion dans le monde

En 2013, le cloud computing représentait un marché de plus de 50 milliards de dollars dans le monde.

Selon certaines estimations, ce marché, en pleine croissance (de 20 % à 30 % par an), devrait représenter plus de 50 % des dépenses informatiques mondiales d'ici à 2020 (source : Markess).

D'ici à 2017, le marché du cloud privé (l'entreprise dispose de son infrastructure en propre) et du cloud public (les ressources sont mises à disposition par un prestataire tiers et mutualisées) devrait plus ou moins augmenter dans les mêmes proportions⁶ :

- Le revenu des fournisseurs de logiciel Cloud Privé devrait augmenter de 21 % (source : ICD)
- Les dépenses des entreprises en services cloud public devraient augmenter de 17 % (source : Gartner)

Amazon, Google et Microsoft se partagent actuellement la majorité des parts de marché.

⁶ Les notions de cloud public et de cloud privé sont abordées dans le chapitre 2.



Caractéristiques d'un datacenter

Un datacenter est une installation dotée de quatre grandes caractéristiques :

*Disponibilité électrique : arrivée électrique et transformation, alimentation sans interruption (ASI), groupes électrogènes, onduleurs et batteries

*Systèmes de refroidissement : les équipements électriques dégagent une chaleur qui nécessite le recours à un système de climatisation pour garantir le fonctionnement des appareils

*Équipements informatiques : baies (serveurs d'application, serveurs de stockage...), équipements de réseau. Les équipements informatiques peuvent appartenir à plusieurs entreprises dans le cas d'un datacenter mutualisé mais chaque entreprise ne mutualise que les ressources d'hébergement (les mètres carrés, la climatisation, l'électricité ...)

*Sécurisation : l'accès est sécurisé et un système d'alerte existe en cas d'incident.

Encadré 2 : Caractéristiques d'un datacenter

Aperçu des offres cloud d'Amazon, Microsoft et Google



Figure 1 : Aperçu des offres Amazon Google Microsoft (source : cabinet Infhotep)

2. En France, la guerre des prix existe aussi entre les acteurs

Le marché du cloud compte de grands acteurs, tels qu'Orange Business Service (offre Flexible Computing Premium, SFR Business Team (Infrastructure SI), Gandi, OVH, Colt (Colt Enterprise Cloud), Osiatis, Steria



(Infrastructure on Command). D'autres entités, plus petites, proposent également leurs services cloud comme So Privé ou Waycom (cVirtuel).

La variété des acteurs qui affirment proposer une offre cloud témoigne de l'éventail des possibilités

Cette multitude d'acteurs, venant de différents horizons, se positionne parfois de manière agressive et surtout sans complexe, dans la mesure où derrière le mot « cloud » se cachent beaucoup de réalités différentes. La variété des acteurs qui affirment proposer une offre cloud témoigne de l'éventail des possibilités, celles-ci allant de la fourniture d'infrastructures hébergées en propre à des logiciels disponibles sur le web, en passant par l'accès à des bases de données, des solutions de stockage...

Plusieurs projets de cloud souverains ont émergé sur le marché français, dans le but de proposer une plus grande lisibilité aux acteurs étatiques. Ils sont abordés dans le chapitre 2.

Les prestataires cloud computing

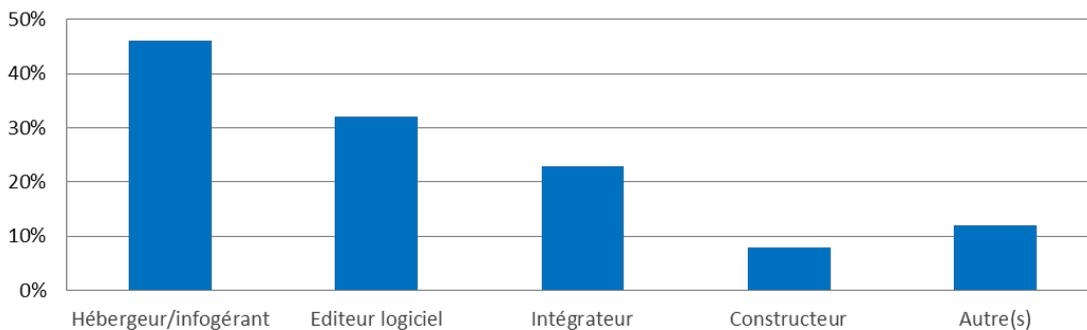


Figure 2 : les prestataires en cloud computing (source : cabinet Infhotep, données CRIP)

Ce modèle économique donne l'avantage au premier entrant, puisqu'il a déjà réalisé les investissements nécessaires au lancement de son offre. Tous les suivants devront non seulement s'aligner sur les prix proposés mais en plus couvrir les coûts fixes.

Datacenter et cloud à la COMuE de Lyon

Deux questions à Laurent Flory, DSI de la COMuE de Lyon

Comment sont organisés les projets cloud à la COMuE de Lyon ?

L'un des établissements de la COMuE héberge l'informatique de gestion de l'établissement public COMuE. La COMuE de Lyon dispose d'un crédit d'étude dans le cadre du CPER pour la mise en place d'un datacenter.

Quelles sont les services proposés ?

Le datacenter met à disposition une application métier SaaS intéressante qui fait le lien entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre dans le cadre du plan campus.

Encadré 3 : Datacenter et cloud à la COMuE de Lyon



C. Que peut apporter le cloud aux universités ?

Les ressources proposées dans le nuage sont de trois ordres : des logiciels ou applications métier, du matériel.

Les modèles de service

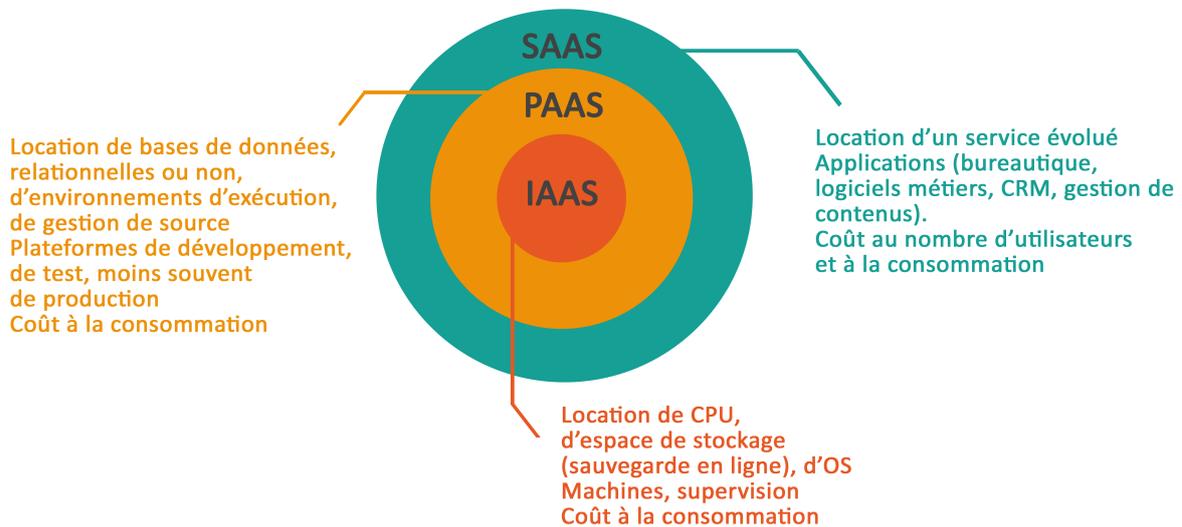


Figure 3 : les modèles de services en cloud

1. Des logiciels ou Software as a service (SAAS)

Il s'agit de louer des applications web capables de gérer plusieurs organisations ou établissements en même temps. Toutes les organisations partagent la même version du logiciel.

- Le SaaS donne accès à la location d'un service évolué et dont l'usage est relativement standardisé, qu'il s'agisse d'applications bureautiques, de logiciels métiers, d'une GED, d'outils collaboratifs...
- Le coût de ce service est en fonction du nombre d'utilisateurs et de la consommation.

Aujourd'hui, dans le paysage universitaire, les acteurs délivrant des applications en SaaS sont peu nombreux. L'AMUE et Cocktail proposent un certain nombre de logiciels et d'outils métiers aux universités, en mode IaaS pour le moment.

Les offres collaboratives proposées par Google ou Microsoft concurrencent les services mis à disposition des utilisateurs dans les universités en permettant de sortir du silo que constitue l'établissement en lui-même. Ces offres tirent pleinement partie des avantages du cloud en étant transversales aux organisations. Les universités pourraient offrir des services collaboratifs de plus grande dimension si elles mutualisaient leurs services et leurs infrastructures.



Datacenter de l'université de Tours

Quatre questions à Franck Estay, vice-président délégué aux technologies de l'information et de la communication

Quelles sont les grandes caractéristiques du datacenter de l'université de Tours ?

En 2012, l'université de Tours s'est lancée dans la construction d'un datacenter de 70 m² qui héberge les applications de gestion, les serveurs des composantes et des laboratoires et dont voici les principales caractéristiques associées :

- Puissance : 100 KW
- Redondé n+1
- Batteries : 1h d'autonomie
- Supervision, capteur d'hydrométrie
- Le cheminement du courant se fait par le haut.
- Coût immobilier : 1 million euros, réhabilitation d'un bâtiment à l'étage, nécessitant la construction d'une dalle

Il s'agit en outre d'un « green datacenter », composé d'une allée chaude et d'une allée froide. Le cube est climatisé. Le datacenter bénéficie de la fibre Go présente sur la totalité de l'agglomération.

Ce datacenter héberge-t-il d'autres entités que l'université ?

Il existe un partenariat avec la ville de Tours. Le datacenter héberge actuellement une baie pour la mairie de Tours (plan de reprise d'activité). L'université est en quête d'autres partenariats avec d'autres universités (Poitiers, Limoges, Angers) de manière à optimiser l'utilisation des capacités de stockage.

L'université a fait une proposition à la COMuE pour un maillage à trois datacenters mais ce projet n'est pas encore mûr.

À l'avenir, il est prévu de doubler le datacenter, pour mettre en place un PRA (plan de reprise d'activité)/PCA (plan de continuité d'activité) sachant qu'il est possible de monter jusqu'à 10 Go sur l'ESR.

Quels sont les projets de services mutualisés en cloud ?

Actuellement, il existe un projet d'extension de la plateforme mutualisée Moodle (qui l'est déjà avec Orléans) avec l'INSA (Institut National des Sciences Appliquées) Centre Val de Loire. Ce projet, actuellement en phase de test, bénéficie d'une mutualisation de compétences : deux équivalents temps plein travaillent sur ce projet tout au long de l'année. Orléans s'appuie sur l'expertise de Tours, utilise la plateforme et finance le personnel affecté au projet. En contrepartie, elle dispose d'un certain nombre de jours par an pour assurer ses propres projets. L'INSA compte aussi s'appuyer sur l'expertise de Tours.

Quels sont les services existants en cloud ?

L'université utilise des outils collaboratifs en cloud. Elle s'appuie sur différentes briques open source pour le portail d'accès (Liferay), le workflow (Bonita) et la gestion documentaire (Nuxeo), l'archivage (Asalae), le streaming (Sollan), la lecture et la reconnaissance de documents (EMC Captiva). Ce projet va être déployé progressivement pour les 2 500 personnels de l'université, à partir du début du mois de juin 2015.

Forte de ces outils collaboratifs, l'université compte mettre en place un projet de gestion des conventions recherche dématérialisé avec un connecteur SIFAC (que l'AMUE pourrait intégrer dans la souche Sifac) et la gestion documentaire. L'objectif est de disposer d'une gestion des documents et de les lier aux opérations financières pluriannuelles.

Enfin, depuis quatre ans, un service d'impression en cloud en pull print est disponible à l'université de Tours. Quel que soit l'endroit où il se trouve, un collaborateur peut imprimer à partir d'un driver unique, copier ou numériser et libérer ses travaux avec sa carte multiservices. Cela a permis à l'université de réaliser d'importantes économies grâce à une baisse significative du nombre de copies et d'imprimantes, et au déploiement de multifonctions sur tous les sites.

Encadré 4 : Datacenter de l'université de Tours



2. Du logiciel technique ou Platform as a service (PAAS)

Le principe consiste à louer des logiciels intermédiaires (qui sous-tendent des applications métiers) : des bases de données, des serveurs d'application, des systèmes d'exploitation. Ce segment est souvent moins bien appréhendé au sein des organisations. Le PaaS reste aujourd'hui cantonné chez les grands comptes à des usages « jetables », comme des prototypes ou des sites web temporaires (événementiels).

En effet, il donne accès à une plateforme d'exécution de code informatique. Par exemple, il permet de louer des bases de données (relationnelles ou non : SGBD, SGBDR), des environnements d'exécution ou de gestion de source (serveur web CDN, desktop). Il donne également accès à des plateformes de développement, de test, mais rarement de production.

Le coût de ce service est en fonction de la consommation.

3. Du matériel ou Infrastructure as a service (IAAS)

Il s'agit de louer des machines, de l'espace disque ou du temps de calcul.

Le IaaS donne accès à la location de machines, d'espace disque ou de temps de calcul. Les grandes organisations déploient aujourd'hui beaucoup de IaaS privés, dans l'optique de capitaliser sur leurs compétences internes et leurs investissements en infrastructures.

Par exemple, l'entreprise française Gandi.net est spécialisée dans le segment du IaaS.

Le coût de ce service est en fonction de la consommation.

Les services à destination des clients ou usagers symbolisent la partie immergée du Cloud à savoir le *front office* du Cloud :

- le service d'application SaaS : ce groupe de services vise à mettre à disposition des fonctionnalités d'un logiciel ou d'une application (via une interface, un service web ou un site web) ;
- le service de Plateforme (PaaS) : ce groupe de services a pour objectif de mettre à disposition d'une plate-forme matérielle et logicielle, ainsi que des services associés, pour permettre le développement et / ou l'exécution d'applications ;
- le service d'Infrastructure (IaaS) : ce groupe de services vise à mettre à disposition d'infrastructures informatiques, avec les moyens matériels associés au travers de machines virtuelles.



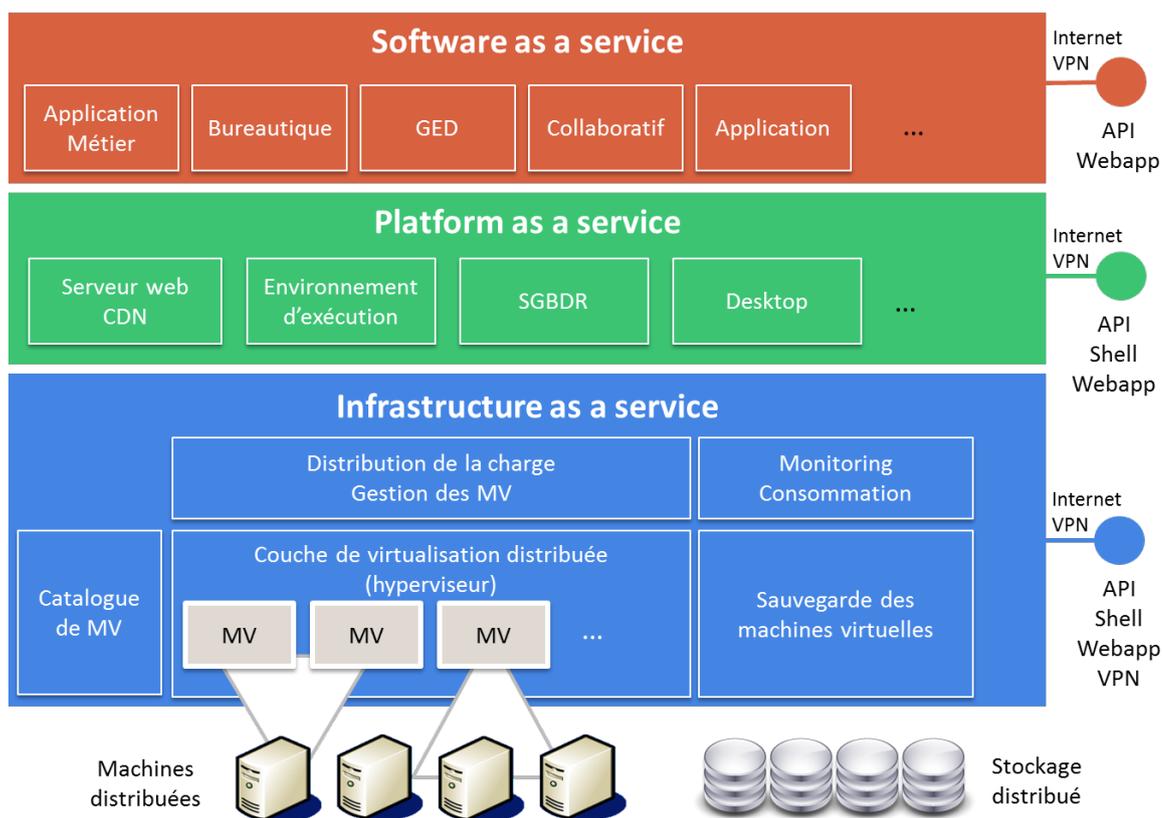


Figure 4 : contenu des différents services de cloud

D. L'usage du cloud en milieu universitaire

Lors de l'élaboration de son modèle économique, l'UNPIaF a établi un état des lieux complet des coûts des systèmes d'information de ses établissements membres⁷.

Un questionnaire a été envoyé à 31 établissements.

Le taux de réponse (77 %, soit 23 réponses sur les 31 questionnaires envoyés) est satisfaisant et a permis de dégager des analyses représentatives, y compris en termes d'usages du cloud. Les chiffres énoncés ci-après proviennent des réponses du questionnaire envoyé aux DSI (hors composante, informatique de proximité et TICE). Les chiffres récoltés proviennent des données 2013. Par ailleurs, l'enquête montre un suréquipement des établissements en l'absence de mutualisation et pour faire face aux besoins de chacun des établissements : faible taux de virtualisation, espace de stockage surdimensionné par rapport à l'usage réel, chacun prévoyant une marge d'extension qui pourrait parfaitement se mutualiser.

50 % des établissements du panel utilisaient des services de type cloud en 2013 et 10 % envisageaient d'enclencher des projets en 2014.

⁷ Cf. Rapport d'étude sur le modèle économique de l'UNPIaF



Les principaux services mis en œuvre sur le cloud par les universités interrogées sont la messagerie, l'utilisation d'espaces collaboratifs, l'hébergement (données, machines virtuelles, sites web) et le stockage.

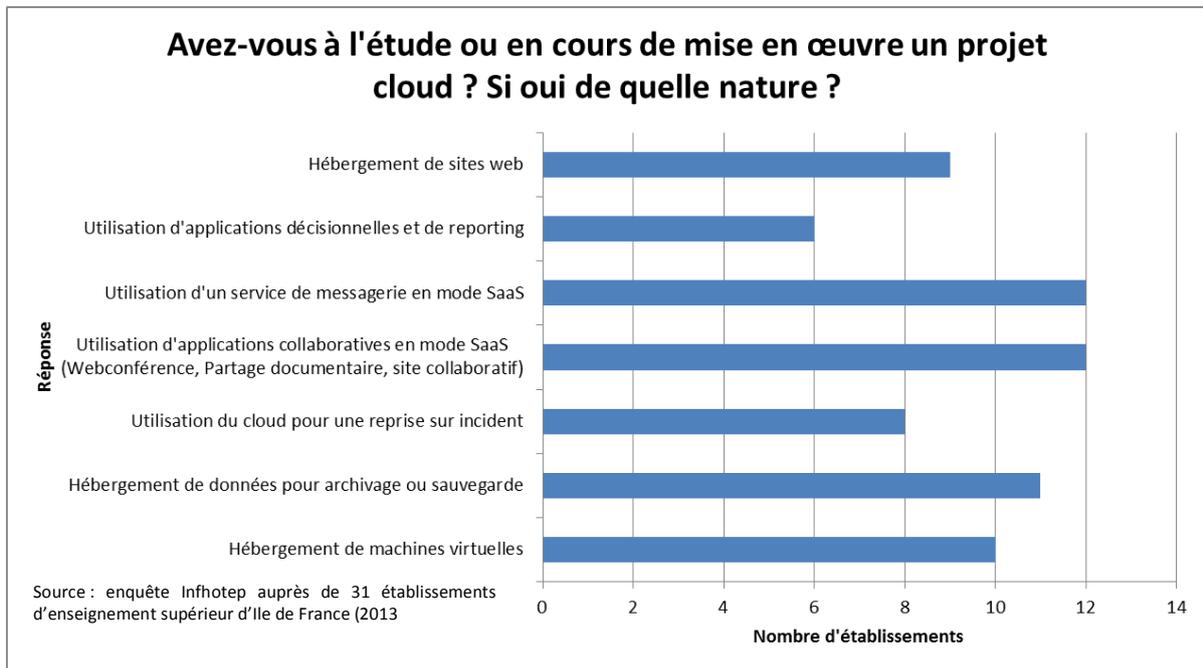


Figure 5 : Nature des projets cloud à l'étude ou mis en œuvre.



Le Datacenter de l'Université de Nantes

5 questions à Michel Allemand (DSI de l'Université de Nantes) et Vincent Barré (Chargé de mission Numérique à l'Unam – Université Nantes Angers Le Mans)

Pouvez-vous présenter le datacenter en quelques mots ?

Il s'agit d'un datacenter de 160 m². Il est très récent puisqu'il a été livré à la fin du mois de novembre 2014 et qu'il vient tout juste d'être inauguré officiellement (2 avril 2015).

Comment ces bâtiments ont-ils été pensés ?

Le bâtiment a ainsi été conçu de façon modulaire autour de 4 zones. (1) Université de Nantes : correspond aux besoins actuels de la DSIN dans son ensemble ainsi qu'aux besoins actuels et futurs d'autres équipes et services de l'Université ; (2) HPC (High Performance Computing) : spécialisé pour le calcul scientifique (pour les centres de recherche : CCIPL, l'IRS...) avec la possibilité d'héberger des matériels à très haute densité ; (3) Réseau / Renater : hébergement du cœur de réseau de l'Université de Nantes, du réseau Régional GIGALIS, du Réseau national Renater ; (4) Tiers : possibilité d'héberger des machines d'autres organismes du public (autres universités de la région, voire au-delà).

Quelles sont les garanties en matière de sûreté et de sécurité ?

Tous les éléments extérieurs et internes au bâtiment sont bien sûr sécurisés. Pour autant et afin de garantir un accès simple aux différents utilisateurs du datacenter, des contrôles d'accès centralisés, compatibles avec les cartes d'accès dont disposent les personnels dépendant de l'Université (et étendues à l'UNAM), ont été déployés.

En outre, le bâtiment permet de recevoir 52 baies de matériel et d'utiliser jusqu'à 400 Kva de puissance électrique tout en conservant les caractéristiques de tolérance à la panne, et d'efficacité énergétique.

Quel est le mode de financement ?

Trois principaux acteurs ont apporté leur soutien au projet : la région, l'université et l'État. Le projet a été financé par la région des Pays de la Loire à hauteur de 800 000 euros, par l'État, à hauteur de 200 000 € et par l'université de Nantes, pour 200 000 euros également.

Quelles sont les perspectives de mutualisation ?

La question de la mutualisation a été intégrée dès le début du projet. Au-delà de l'hébergement de machines, d'ores et déjà disponible, un système d'Infrastructure as a Service (IaaS) sera disponible à la fin de l'année 2015. Celui-ci permettra à tout utilisateur de démarrer, une infrastructure virtuelle complète et sécurisée dans ce datacenter (moyens de calculs, stockage, réseaux, systèmes d'exploitation préinstallés). Le tout très simplement (quelques clics de souris) et en quelques secondes.

Encadré 5 : Le datacenter de l'Université de Nantes



Chapitre 2 - Comment déployer le cloud ?

Le principe du cloud est de mutualiser les ressources d'infrastructures et de services afin d'optimiser leur utilisation et de réaliser des économies d'échelle. Cependant, en fonction du niveau d'accessibilité, 4 modalités d'usage existent.

- Cloud public : l'infrastructure du cloud est destinée à un usage public. Elle peut être possédée, gérée et opérée par un organisme privé ou public. Elle est située soit dans les locaux de l'organisation qui offre le service soit chez un hébergeur.
- Cloud privé : l'infrastructure du cloud est réservée à l'usage exclusif d'une seule organisation. Elle peut être possédée, gérée et opérée par cette organisation ou un prestataire. Elle est située dans les locaux de l'organisation ou dans ceux d'un hébergeur externe. Les grands groupes peuvent être amenés à la mettre en place dans un objectif de rationalisation (exemple : le groupe Ineo a appliqué les conclusions des travaux UnivCloud à son organisation).
- Cloud Communautaire : l'infrastructure du cloud est réservée à l'usage d'une communauté spécifique partageant des intérêts communs : mission, exigence de sécurité, partage d'informations et ou d'applications,... Elle peut être possédée, gérée et opérée par un ou plusieurs organisations ou établissements participant à la communauté ou un prestataire. Elle est située dans les locaux de la communauté ou dans ceux d'un hébergeur.
- Il existe enfin un cloud dit « hybride », qui propose un environnement mixte, avec des infrastructures privées et publiques.

Pour contourner le problème de confidentialité propre au cloud public, le gouvernement français tente de mettre en place un projet de cloud souverain (cf. infra).



A. Les modes de déploiement

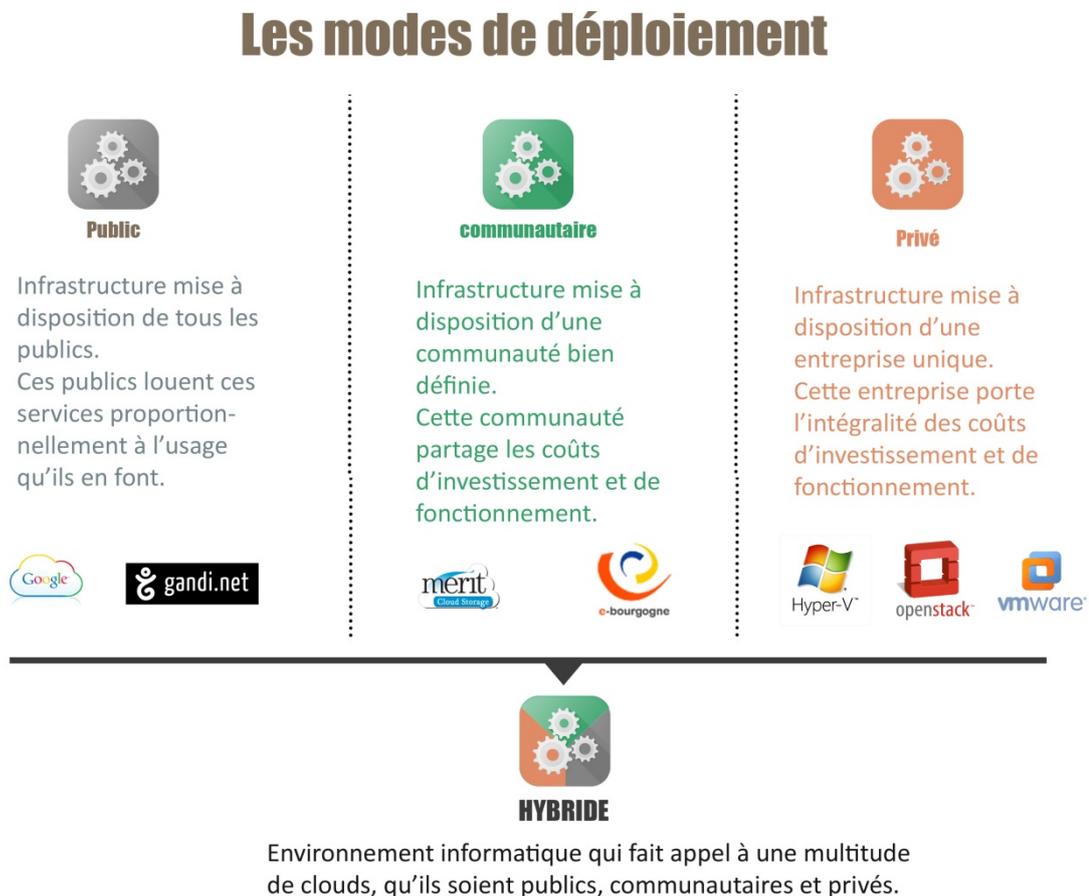


Figure 6 : les quatre modes de déploiement du cloud

1. Cloud public

Le cloud public peut être déployé à l'échelle nationale ou mondiale. L'infrastructure est alors mise à disposition de plusieurs catégories de publics (et non d'une organisation dédiée). Ces publics louent des services proportionnellement à l'usage qu'ils en font. La distinction entre « public » et « privé » n'a donc pas de lien avec les secteurs de l'économie concernés.

Les avantages de ce type de cloud sont liés à l'utilisation à grande échelle, qui décuple les effets bénéfiques de la mutualisation. Cela apporte une plus grande capacité, des économies d'échelle et un paiement à l'usage. Les utilisateurs ne paient que les dépenses d'exploitation ou l'OPEX ; ils n'ont pas à supporter les coûts d'investissement initial. Cependant, le cloud public rencontre de fortes réticences qui se rapportent à des questions de souveraineté et au fait de ne pas héberger localement (ou au moins sur le territoire national) les infrastructures.

Aussi, et pour contrer les offres de cloud public des géants Google ou Amazon, les États tentent – avec plus ou moins de succès – de déployer des solutions à l'échelle nationale (cf. *infra*).



2. Cloud privé

Lorsque des grandes entités (entreprises, collectivités...) décident de lancer elles-mêmes leur cloud et qu'elles deviennent donc, de ce fait, leur propre fournisseur, il s'agit d'un cloud privé. Elles ne bénéficient pas des services d'un opérateur du nuage, mais elles se fournissent elles-mêmes le service. Cela signifie que l'infrastructure est mise à disposition d'une seule entité.

Le nuage privé nécessite un investissement élevé car l'organisation qui héberge l'infrastructure porte l'intégralité des coûts d'investissement et de fonctionnement.

Ce dispositif génère de nombreux avantages, comme la possibilité d'adapter le plus possible les services aux besoins de l'organisation (*customisation*), une plus grande sécurité, un certain contrôle et de la simplicité au niveau juridique. Néanmoins, cela génère une dépense d'investissement de capital (CAPEX). Ce type de dispositif s'applique le plus souvent à des grands groupes, qui mutualisent les infrastructures de plusieurs de leurs filiales ou sociétés.

	Cloud Public	Cloud Privé
Avantages	Ressources « illimitées » Paiement « à la consommation réelle »	Internalisation des données Maîtrise de la sécurité
Inconvénients	Localisation des données Mutualisation des règles de sécurité Coût si charge de travail permanente	Ressources limitées Coût = investissement

Figure 7 : tableau récapitulatif cloud public / cloud privé

3. Cloud communautaire

À mi-chemin entre le cloud privé et le cloud public, le cloud communautaire met en œuvre une infrastructure pour une communauté, qui partage les coûts d'investissement et de fonctionnement (projet UnivCloud en université ; Amadeus pour les compagnies d'aviation ; CMed pour les laboratoires pharmaceutiques, e-Bourgogne pour les collectivités...). Ce type de cloud est plébiscité, à juste titre, notamment parce qu'il permet de résoudre le problème lié à la confiance en s'adressant à un cercle défini, qui respecte les conditions réglementaires et juridiques, et limite ainsi les conditions de réversibilité des marchés publics.

Les formes juridiques de l'entité exploitant le cloud sont multiples : établissement public, délégation de service public, groupement d'intérêt public, partenariat public-privé, etc. Il existe une forme juridique adaptée à chaque contexte.

Par ailleurs, la proximité des données, au-delà de l'aspect rassurant, permet de résoudre la question de la bande passante. Sur un territoire étendu, la qualité du réseau est souvent en deçà des besoins. Or, pour assurer un débit suffisant avec les bureaux centraux, il est essentiel que l'accès au réseau soit performant. La proximité géographique est encore le moyen le plus simple de le permettre, à court ou moyen terme.



Ces deux raisons expliquent pourquoi de nombreux projets de création de datacenters (ou de clouds) émergent sur le territoire, malgré les promesses du nuage public national.

Le projet UnivCloud

5 questions à Amandine Alehyane, chef de projet UNPIdF (Université Numérique Paris-Île-de-France)

Quelle est l'origine du projet ?

Le projet UnivCloud est le premier Cloud interuniversitaire sélectionné en 2011 par le gouvernement français comme l'un des cinq projets de cloud computing permettant l'émergence des infrastructures informatiques de demain. Ce projet de recherche et développement s'inscrit dans le cadre du Grand Emprunt. Initié par les universités Paris-Ouest Nanterre la Défense et Paris 1 Panthéon-Sorbonne et piloté par l'UNPIdF, UnivCloud vise à mutualiser les infrastructures des systèmes d'informations et du numérique pour l'Enseignement Supérieur et la Recherche. L'objectif est d'offrir un socle commun souple, réactif et agile à toutes les universités et aux collectivités pour déployer et utiliser des services numériques à la demande (services universitaires, services de vie étudiante, services aux collectivités, etc.)

En quoi ce projet est-il innovant ?

En soi, le projet est atypique. Il a réussi à réunir à la fois les mondes universitaire et industriel ainsi que des start-ups, qui ont, au fil des mois, travaillé ensemble. C'est aussi un des plus ambitieux projets universitaires de ces dix dernières années dans le domaine du numérique, avec 26 établissements impliqués. Par ailleurs, ce projet collaboratif d'envergure introduit un mode de fonctionnement nouveau pour le monde universitaire. Différents ateliers ont été mis en place avec des échanges permanents entre tous les participants. Si réunir plusieurs universités plusieurs fois par mois et les faire collaborer était déjà un challenge, le faire en région Paris Île-de-France, l'était encore plus. Mais tout a fonctionné : la phase d'expérimentation a pu être bouclée avec succès en un temps très court, en moins de deux ans.

Concrètement, que recouvre le projet Univcloud ?

Il est vrai que de nombreuses offres cloud existent sur le marché. Mais pour les enseignants- chercheurs, et les étudiants, la notion de protection des données est cruciale. Le projet consiste à mettre en place un cloud spécifique, dédié à cette communauté, dont les datacenters seraient situés en France. Ainsi les données resteraient en terrain connu, et sous la responsabilité et sous le contrôle de la communauté.

Le projet UnivCloud propose d'offrir aux universités membres une utilisation à la demande des ressources informatiques et permet aux utilisateurs DSI de passer commande puis de gérer l'ensemble des ressources. Il permet également de mettre en place des services numériques inter-établissements.

Ils disposeraient pour cela :

- D'un portail « exploitant » permettant le contrôle avancé des opérations et une amélioration continue de la performance.
- D'un portail « utilisateur » pour accéder au catalogue de services (store) que les universités vont fournir aux usagers, enseignants...

Encadré 6 : Le projet Univcloud

4. Cloud « hybride »

Cet environnement informatique fait appel à une plusieurs clouds, qu'ils soient publics, communautaires ou privés.

Beaucoup d'entreprises proposent à leurs usagers du cloud privé et du cloud public. Dans certains cas, cette cohabitation est même totalement intégrée au sein d'un portail qui offre le meilleur des deux clouds aux utilisateurs (abstraction des clouds utilisés, orchestration, automatisation et agrégation des services, etc.)



B. Les projets de cloud souverain

La communication autour des projets de clouds souverains n'est pas toujours lisible, ni au niveau du gouvernement ni au niveau des acteurs industriels, de telle sorte qu'il est difficile de produire un panorama exhaustif.

Les projets de clouds souverain visent à proposer une offre spécifique en réponse à l'enjeu de protection des données à caractère confidentiel et au Patriot Act⁸. C'est une erreur largement répandue de croire que les données doivent être stockées sur des serveurs physiquement présents sur le territoire américain". Parmi la multitude de projets proposés initialement, deux continuent d'exister : CloudWatt (Thales, Orange, CDC) et Numergy (SFR, Bull, CDC).

Le cloud du ministère de l'Éducation Nationale

Interview de Mathieu Jeandron, Directeur du numérique pour l'Éducation

Pourquoi aller vers le cloud ?

Plusieurs enjeux amènent la Direction du numérique pour l'éducation à s'intéresser de près au cloud computing. Le premier enjeu est lié à la rationalisation des infrastructures, qui passe par une mutualisation des infrastructures, la virtualisation plus poussée de machines, ainsi que le fait d'avoir une offre de service. Il s'agit ici d'un sujet qui vise directement les DSI. Le deuxième enjeu consiste à faciliter la vie du développeur en l'aidant à se détacher des contingences d'infrastructures, en lui mettant par exemple un catalogue de services à disposition. Le troisième enjeu réside dans le fait d'accélérer l'adoption des outils numériques : notamment en ce qui concerne des services de type collaboratif sachant que les institutions ont des capacités d'investissement bien moindres que Google, Microsoft, ou Apple dans le développement de tels outils.

La question politique qui se pose est la suivante : doit-on privilégier le développement de solutions en interne ou aller vers des fournisseurs d'accès ? En termes de sécurité, cela ne pose pas de problème majeur. Cela nécessite un encadrement juridique et donc la mise en place de contrats. Si on l'assume au niveau de l'État il peut y avoir des accords plus engageants. Reste la grande question du Patriot Act et de la NSA [National Security Agency]⁹. La question du patriotisme économique est mal ciblée, la France a intérêt à se focaliser sur le développement de services nouveaux et innovants.

Quelle est la situation actuelle de l'Éducation nationale en termes de datacenters et de services numériques ?

Chaque académie a une salle informatique de 6 à 10 baies. Il n'y a quasiment pas d'académies qui ont leurs machines ailleurs. La culture de l'internalisation est forte. Les écoles ont accès aux applications du rectorat, à des applications plus pédagogiques qui ne sont pas fournies par le rectorat (fournies par les régions pour les lycées, par les départements pour les collèges). Beaucoup d'éditeurs se posent la question de fournir ses services en mode Saas. Certains outils fournis par le CNED, Canopée par exemple, sont hébergés dans leurs propres datacenters.

Dans les opérations envisagées, il n'est économiquement pas viable d'entretenir des petites salles machines mais au moment des grands travaux, la voie de la mutualisation est à privilégier :

- densifier le plus possible le réseau : l'académie a déjà fait des travaux et elle a des mètres carrés disponibles, l'idée étant de densifier le plus possible ;

⁸ Loi américaine antiterroriste qui implique que tous les fournisseurs de clouds opérant en Europe ou n'importe où dans le monde doivent se conformer à des requêtes sur les données dès lors qu'ils ont des activités aux États-Unis).

⁹ Patriot Act : cf. définition p. 19



- participer à des mutualisations avec les universités, etc. Plusieurs initiatives intéressantes peuvent être (...) mentionnées (Montpellier : H2M ; Grenoble : GR3@; Clermont : les deux universités voulaient regrouper avec une salle remplie à un tiers, ouvert à l'ensemble de l'académie, travaillent avec la région pour héberger des start-up ; Rouen : initiative du CRIAN de laquelle l'académie est incitée à se rapprocher).

Au niveau national, il y aura des applications à héberger entre l'ensemble des académies. L'ancien ministère de l'Éducation nationale a externalisé cela chez IBM il y a quatre ou cinq ans. Aujourd'hui il y a une volonté forte de réinternaliser cet hébergement, à savoir utiliser des mètres carrés disponibles. Par ailleurs, ce serait un surcoût de basculer dans le cloud des applications vieillissantes. Le cloud est fait pour héberger de nouvelles applications.

Quels sont les besoins exprimés en cloud ?

Le cloud est nécessaire pour de nouveaux développements à l'échelle nationale : environnements de formation à la demande ; environnements de qualification ; outils de virtualisation de postes de travail très standardisés ; différents outils : par exemple pour des tests orientés développeurs.

Le cloud est nécessaire pour une offre de service académique : environnement de visualisation 3D ; site web ; réalisation et hébergement de vidéos ; boutique en ligne : store pour aller acheter des ressources en ligne ; réseau social : aujourd'hui Viaeduc réseau social de professionnels de l'enseignement, l'idée étant d'en mettre en place un destiné à la relation enseignant-apprenant ; stockage.

Le choix se fera en fonction du niveau d'intégration avec le SI.

Des passerelles ou des collaborations sont-elles envisagées avec l'Enseignement Supérieur et la Recherche ?

Bien évidemment, nous disposons du même réseau et de la fédération d'identités. L'Éducation Nationale porte un grand intérêt au dispositif FUN/MOOC .Il est envisageable de mener une réflexion commune sur une offre de services, en s'interrogeant sur le bon niveau de mutualisation en terme d'infrastructures et d'applications.

Encadré 7 : Le cloud du ministère de l'Éducation Nationale

1. Genèse des projets français Numergy et CloudWatt

Le projet de cloud souverain, baptisé Andromède, a été lancé en 2009 pour contrer les clouds publics américains (IBM, HP, Microsoft, Amazon Web Services...) et protéger les données de l'État face au Patriot Act.

Andromède a été conçu comme une plateforme IaaS qui serait le socle d'une offre complétée par les partenaires pour qu'ils y ajoutent des services (stockage, sécurité, logiciels...).

Après plusieurs options envisagées, Andromède a donné naissance à deux projets concurrentiels, tous deux financés par l'État à hauteur de 150 millions d'euros (75 millions d'euros chacun) :

- Numergy (SFR (47%), Bull (20%) et Caisse des dépôts (33%))
- CloudWatt (Orange (44,4%), Thales (22,2%) et la Caisse des Dépôts (33,3%)).

Les approches techniques et commerciales de CloudWatt et Numergy se rejoignent largement. Il reste des différences, par exemple la spécialisation OpenStack (donc open source) chez Cloudwatt et l'approche en cybersécurité très avancée chez Numergy.



CloudWatt	Numergy
<p>Créé en septembre 2012, CloudWatt se présente comme « un producteur souverain d'énergie numérique qui propose des services cloud de type infrastructures à la demande (IaaS) : serveurs, stockage, réseau »¹⁰.</p> <p>CloudWatt s'appuie sur une plateforme open source (OpenStack) ainsi qu'une offre de puissance de calcul (Compute – Infrastructure as a Service).</p> <p>La société déclare pouvoir mettre à disposition de ses clients :</p> <ul style="list-style-type: none"> • des serveurs virtuels préconfigurés à la demande • du stockage (bloc et objet) ; • des composants réseaux pour construire son propre réseau privé dans le Cloud en l'interfaçant avec son réseau d'entreprise via Internet. <p>CloudWatt garantit la localisation des données sur le territoire français (datacenter situé à Val-de-Reuil (27), équivalent tiers IV opéré par Orange)</p> <p>Au mois de janvier 2015, des discussions ont été engagées pour étudier la reprise de 100 % du capital par Orange. Ce dernier a racheté la totalité du capital de CloudWatt. L'opérateur a donc acquis les 33,3 % de parts détenues par la Caisse des dépôts et les 22,2% détenus par Thales pour des montants non communiqués.</p>	<p>« Créée en septembre 2012, Numergy est une société spécialisée dans la construction et l'exploitation d'infrastructures de Cloud computing à vocation française et européenne.¹¹ »</p> <p>La société propose différents niveaux de services aux entreprises (TPE, PME, ETI et grands comptes) et aux organisations publiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • machines virtuelles • stockage • bande passante • ... <p>Les datacenters sont situés à Courbevoie (92), Vénissieux (69) et Trappes (78).</p> <p>Numergy s'engage sur un réseau de partenaires (éditeurs, SSII, intégrateurs et revendeurs informatiques), garantit et s'engage sur la haute disponibilité de son infrastructure et la localisation des données sur le territoire français.</p>

L'avenir de ces deux projets est actuellement compromis. Selon certaines analyses, le cloud souverain à la française souffre depuis sa création d'un mauvais positionnement stratégique. Il a été imaginé pour contrer les offres Amazon, Microsoft et Google, qui réalisent d'importantes économies d'échelle grâce à un nombre très importants de serveurs (Google disposerait d'environ deux millions de serveurs, Microsoft de plus d'un million, Amazon d'environ 500 000).

Pour réussir, le cloud souverain aurait peut-être eu intérêt à répondre à un objectif certes moins ambitieux, mais plus ciblé :

- Construire un cloud pour les administrations (État, services publics, ministères...)
- Construire un cloud européen ?
- Construire un cloud pour les éditeurs français ?

¹⁰ Source : <https://www.cloudwatt.com/fr/a-propos/index.html> (page consultée le 20/03/2015)

¹¹ Source : <https://www.numergy.com/> (page consultée le 20/03/2015)



- Construire un cloud pour héberger les données de santé ?¹²
- ...

2. L'expérience américaine

Aux États-Unis, les administrations ont engagé une réduction de leurs centres de données depuis 2010 (Federal Data Center Consolidation Initiative – FDCCI) pour avoir des plates-formes informatiques plus performantes avec une empreinte écologique moindre afin de diminuer l'investissement IT et optimiser les systèmes d'information.

Le site Internet cloud.cio.gov répertorie les bonnes pratiques des projets de cloud au sein de chaque administration américaines. Il relate des retours d'expériences divers : applications métiers, infrastructures agiles, services de réseaux sociaux, services de messageries, d'hébergement de sites Internet... au sein d'administrations aux missions différentes : trésor, agriculture, environnement, défense, administration générale, aéronautique...

Le site énonce plusieurs « *success stories* » dans différents domaines de services du cloud :

- Applicatifs
- Hébergement de sites web
- Infrastructures
- Solutions de messagerie
- Espaces collaboratifs
- Sécurité

Dans chacun de ces domaines, une ou plusieurs administrations sont citées en exemple avec des fiches renseignées : problème rencontré, solution choisie, résultats (quantitatifs et qualitatifs).



Figure 8 : objectifs du site cloud.cio.gov

¹² Source : <http://www.silicon.fr/faux-depart-cloud-souverain-109780.html#xHk41jwVrUVGbits.99> (page consultée le 20/03/2015)



L'échec de l'expérience américaine est un cas pratique intéressant à étudier pour ne pas reproduire les erreurs dans le lancement d'un cloud à l'échelle d'une région ou d'un État.

La raison d'être de ce site est en grande partie le résultat de l'échec du site apps.gov, suspendu en 2012. Le site avait été imaginé comme un « store » dans lequel les administrations pouvaient choisir les applications et services en cloud dont elles avaient besoin. L'idée était bonne et beaucoup ont donc été déçus que le projet n'aboutisse pas.

Plusieurs leçons ont pu être tirées de cet échec :

- L'esthétique générale est importante. Selon certains observateurs, le site ressemblait à un « catalogue de services datant de 1998 » ;
- L'ergonomie générale est également un critère de réussite : il était parait-il impossible de trouver une application ;
- Les applications et les services proposés n'auraient pas tous reçu les processus d'accréditation et de certifications indispensables à leur adoption par une administration.

Le cloud et la modernisation de l'État

La création de la DISIC, en février 2011, est un signal fort du gouvernement français, en matière de rationalisation du SI et de coordination des politiques SI des ministères. Les DSI du secteur public doivent faire face à deux contraintes majeures : la réduction de la dépense publique ; la protection de l'information et la lutte contre la cybercriminalité.

À l'instar du gouvernement américain, l'État souhaite proposer une offre de services cloud pilotée par la DISIC. Cette initiative permettrait en principe de mieux contrôler les applications déployées et de rationaliser les choix des services.

Le cloud proposé serait composée d'une offre IaaS et SaaS (applications collaboratives, métier, mobile).

NB : ce cloud ne couvre pas l'Éducation nationale ni l'Enseignement supérieur et la Recherche.

Encadré 8 : Le cloud et la modernisation de l'État



Chapitre 3 : cloud et sécurité, mise en perspective

Plusieurs études mentionnent les freins à l'adoption du cloud par les organisations, au premier rang desquels figure la sécurité. Cette problématique comprend en réalité trois domaines distincts :

- disponibilité des données
- confidentialité
- dispositions réglementaires notamment en matière de protection des données à caractère personnel

Ce chapitre vise à fournir les clés pour comprendre le débat sur la sécurité, à lever des inquiétudes et à chasser quelques idées fausses qui entourent le cloud, notamment sur la question de l'hébergement des données et la réversibilité (la réversibilité du contrat avec le fournisseur de service doit être étudiée pour préparer un changement éventuel de partenaire).

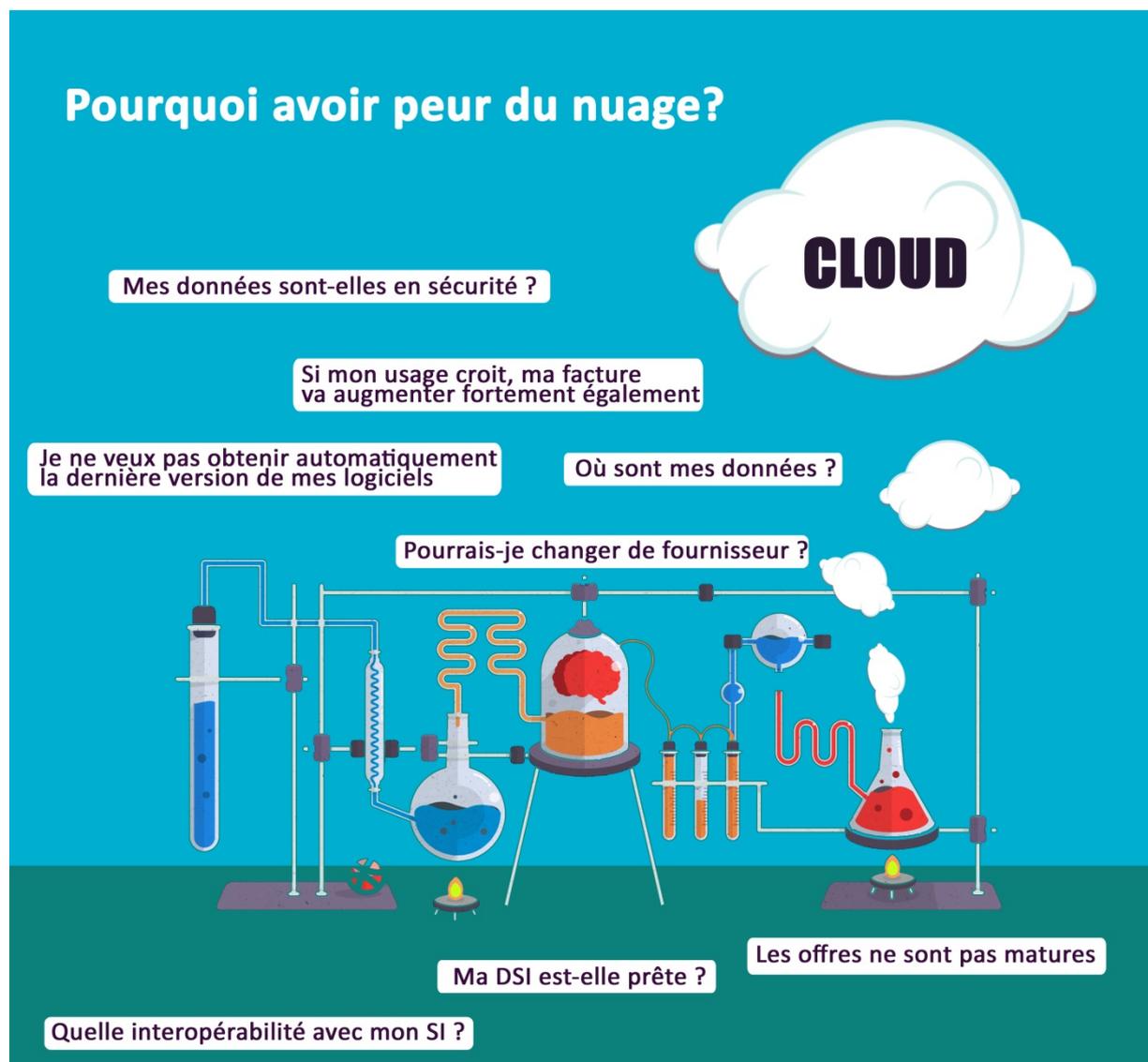


Figure 9 : les principales inquiétudes des DSI à l'égard du cloud



A. Comprendre le débat sur la sécurité

Les aspects sécuritaires du cloud, portent en général sur des sujets comme l'hébergement des données, la confidentialité et la réversibilité (i.e la possibilité de changer de fournisseur, par exemple). Une idée reçue consiste à penser que, parce que les données sont hébergées à l'extérieur, le risque sécuritaire augmente. Or, les chiffres montrent que 80 % des délits sont commis à l'intérieur même des structures. En plus de la localisation des données, la question du contrôle de l'accès est primordiale.

La sécurité absolue n'existe pas

L'industrie informatique préfère parler de « maîtrise des risques » plutôt que de sécurité. Il s'agit donc de comprendre et d'évaluer les risques réels auxquels une organisation peut faire face. Pour reprendre une célèbre métaphore, il est inutile d'installer une porte blindée si les murs sont en carton et si ceux qui détiennent les clés les cachent sous le paillason

La sécurité réelle des données est loin d'être un problème uniquement technique. Elle tient à la solidité du maillon le plus faible de la chaîne, celle-ci impliquant des hommes et des femmes qui n'ont pas toujours conscience des risques en cas de perte ou de fuite des données. D'ailleurs, le *Référentiel général de sécurité* (RGS), rédigé en 2010 par Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI) et mis à jour en juin 2014, recommande, en première instance, de réaliser une évaluation des risques qui pèsent sur la sécurité des systèmes d'information :

« La démarche d'analyse de risques consiste à identifier les événements qui peuvent affecter la sécurité du système, d'en estimer les conséquences et les impacts potentiels puis de décider des actions à réaliser afin de réduire le risque à un niveau acceptable. Les menaces à prendre en compte sont celles qui pèsent réellement sur le système et sur les informations qu'il traite, transmet et stocke, dans l'environnement dans lequel il se situe.¹³ »

Le Référentiel général de sécurité (RGS)

Le RGS définit les règles de sécurité qui s'imposent aux autorités administratives dans la sécurisation de leurs systèmes d'information et plus particulièrement s'agissant des télé-services mis en œuvre. Il est entré en application en mai 2013.

Source : <http://references.modernisation.gouv.fr/rgs-securite> (consulté le 10/04/2015)

Encadré 9 : le Référentiel général de sécurité

1. Accès aux données

La question de l'accès aux données est la première des dimensions s'agissant de la sécurité.

¹³ *Référentiel général de sécurité*, Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information, 2010 (http://references.modernisation.gouv.fr/sites/default/files/RGS_v-2-0_Corps_du_texte.pdf consulté le 10/04/2015)



Pour se prémunir contre tout risque, lorsque se pose la question de l'accès aux données, il faut être capable de savoir : qui a accès aux données ? Quel usage est fait des données ? Les données doivent-elles être cryptées ?

Cela nécessite donc, par exemple de gérer l'identité des utilisateurs et les habilitations pour l'accès aux données. Si les données sont accessibles à des tiers, comme par exemple des fournisseurs, cela implique l'intégration d'une clause de confidentialité dans les contrats (cf. *infra*).

2. La localisation des données

En premier lieu, il est toujours possible de savoir où sont stockées les données, même sur le nuage. Seul un acteur comme Google entretient un flou réel sur la localisation des données. Les autres fournisseurs proposent une carte de leurs datacenters et il est parfois possible de choisir dans quelle(s) zone(s) géographique(s) les données sont stockées.

À première vue, externaliser des données semble plus risqué que de les conserver au sein de l'organisation, mais l'expérience prouve que le stockage interne ne garantit pas la confidentialité.

De plus, beaucoup d'informations se trouvent encore sur du papier et elles ne font l'objet d'aucune mesure particulière de sécurisation, même si elles sont sensibles.

Enfin, certaines données dites sensibles transitent par email, donc par le réseau Internet alors même qu'elles ne sont pas chiffrées. Par exemple, dans certains cas, le fichier des paies est envoyé à la Banque de France par email tous les mois. Finalement, que les données soient hébergées à l'extérieur ou à l'intérieur importe peu, si par ailleurs des informations confidentielles (dans l'exemple, des données de paie) sont transmises sur un canal non sécurisé.

En conclusion, la problématique de la localisation des données, davantage de savoir si elles sont externalisées ou non, nécessite de connaître les lieux de stockage effectifs et les moyens d'échanges. Elle nécessite de connaître aussi les obligations du fournisseur. En effet, en matière de localisation, la législation de la localisation physique prévaut le plus souvent (à l'exception de la juridiction extraterritoriale américaine). C'est pourquoi il est essentiel de connaître les règles qui s'appliquent au fournisseur de services cloud. Il existe potentiellement trois grandes catégories réglementaires.



Impacts des législations sur le cloud	Exemples	Explication
Règles sur les données sectorielles	Sarbanes-Oxley (SOX ou SOA)	Les directeurs généraux et directeurs financiers (CEO et CFO) des sociétés cotées sur les marchés financiers nord-américains auprès de la Security and Exchange Commission (SEC) engagent leur responsabilité sur la fiabilité des informations communiquées y compris si ces dernières sont des données issues du système d'information.
Règles sur les données personnelles	Commission Nationale Informatique et liberté (CNIL) ¹⁴	Les responsabilités sont partagées entre le client et le prestataire dans le contrat qui les lie. Quoiqu'il en soit un prestataire ne peut utiliser les données personnelles qui lui ont été confiées par ses clients que sur les instructions de ces derniers.
Règles sur l'accès aux données par les autorités gouvernementales	Safe Harbor	Ensemble de principes de protection des données personnelles publié par le Département du Commerce américain, auquel des entreprises établies aux États-Unis adhèrent volontairement. Ils assurent un niveau de protection suffisant pour les transferts de données à caractère personnel en provenance de l'Union européenne. La cour de justice de l'Union Européenne a décidé mardi 6 octobre 2015 de suspendre l'accord « Safe Harbor ». Elle considère que les autorités de protection des données personnelles doivent conserver leur pouvoir de contrôle et de sanction sur la manière dont les données personnelle des Européens sont traités.

Figure 10: Législations nationales et impact sur le cloud

En matière de protection des données, différents problèmes peuvent se poser, tels que des failles de sécurité, des attaques, des actes de malveillance mais aussi des cas de pertes de données.

Dans ce cas, la majorité des réponses reposent sur la garantie des certifications détenues par le fournisseur certifications (ISO-27001, SSAE 16 type II, ISAE Type II, FISMA...). Cela n'empêche pas d'effectuer des audits de sécurité au moins tous les deux ans.

Une tendance actuelle consiste à proposer un niveau excessif de normes. Conscient du laxisme de certaines offres en matière de sécurité, certaines sociétés qui proposent des services sur le cloud ont tendance à vouloir sécuriser les clients de manière excessive en s'entourant de certifications. Heureusement, un outillage

¹⁴ Synthèse des réponses à la consultation publique sur le cloud computing lancée par la CNIL d'octobre à décembre 2011 et analyse de la CNIL. Disponible sur http://www.cnil.fr/fileadmin/images/la_cnil/actualite/Synthese_des_reponses_a_la_consultation_publicue_sur_le_Cloud_et_analyse_de_la_CNIL.pdf (consulté le 23/04/2015)



commence à se développer pour aider les entreprises à évaluer les risques et le niveau de sécurité proposés par les acteurs du cloud :

- L'ANSSI propose un guide pour maîtriser les risques d'infogérance
- L'ENISA fournit un outil d'analyse des risques propres aux prestations cloud
- La Cloud Security Alliance propose un Cloud Controls Matrix issu du Security Guidance for Critical Areas of Cloud Computing v3.0

ISO 27001	ISAE 3402	Hébergeur des données de santé	PCI DSS
<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place d'un système de management de la sécurité avec revue annuelle des risques et des audits d'application des mesures de sécurité • Audit sur site annuel par un organisme de certification • Adopté par tous devenu obligatoire 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle et certification dès la mise en place d'un système de contrôle interne au travers d'analyse des risques • Avec des audits unitaires et globaux réguliers • Obligation pour les US (SOX compliant) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de mesures spécifiques avec une gestion des authentications, comportement éthique, etc. • Audit spécifique CNIL • Requis pour les données de santé en France 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de mesures plus spécifiques et techniques en terme d'hébergement, d'accès au locaux pour gérer les données de type carte bancaire • Audit sur site annuel • Adoption par les grands acteurs internationaux

Figure 11 : exemples de normes de sécurité

B. Le cas des données à caractère personnel

1. Les données à caractère personnel des universités

Pour la CNIL, constitue une donnée à caractère personnel, toute information relative à une personne physique identifiée ou qui peut être identifiée, directement ou indirectement, par référence à un numéro d'identification ou à un ou plusieurs éléments qui lui sont propres.

Pour une université, ces données peuvent être mêlées les coordonnées postales et téléphoniques des personnelles, la composition de la famille, des données sociales sensibles (handicap...), mais aussi les informations que recèlent les systèmes d'information des ressources humaines, notamment les évaluations annuelles et les bilans personnels.

Indépendamment de la question des données personnelles, dans les universités, la sensibilisation aux enjeux de sécurité semble davantage porter sur le public de recherche que sur les autres catégories de population (enseignants, étudiants). Soit les DSI optent pour une politique de sécurité cadrée (avec des outils spécifiques), soit ils adoptent des approches plus génériques (utiliser les outils à disposition : Skype, suite Microsoft, Google...), dans ce cas se pose la double question de la responsabilité et du contrôle des données.

Pour rappel tout organisme collectant des données à caractère personnel a des obligations vis-à-vis de la loi :



- informer et permettre aux personnes concernées d'exercer pleinement leurs droits ;
- conserver les données pour une durée limitée ;
- traiter les données dans un but précis ;
- sécuriser l'accès aux données ;
- déclarer les traitements à la CNIL via des formulaires adaptées ;

2. Les contraintes réglementaires

Un organisme, public ou privé, ne peut pas librement choisir d'héberger les données des usagers du SI où il le souhaite.

Le principe est posé par l'article 68 de la loi informatique et liberté (loi 78-17 du 6 janvier 1978 modifiée): les transferts en dehors de l'Union européenne sont interdits. Les exceptions sont prévues par l'article 69 de la loi : les transferts en dehors de l'Union européenne sont toutefois autorisés si le pays ou l'entreprise destinataire assure un niveau de protection suffisant aux données transférées.

En attendant l'adoption définitive du règlement européen, les règles juridiques qui s'appliquent sont celles du territoire sur lequel sont hébergées les données. Le nouveau règlement s'appliquera au traitement des données appartenant à des personnes concernées résidant dans l'Union européenne sans critère de localisation d'hébergement. Il existe également des contraintes réglementaires sectorielles sur les données à caractère personnel : santé, banque, transferts de données (CNIL).



Management et Protection des données à caractère personnel

En France la loi en vigueur est la loi Informatique et Libertés du 6 janvier 1978 modifiée par la loi du 6 août 2004. Elle définit les principes à respecter lors de la collecte, du traitement et de la conservation des données personnelles. Elle renforce le droit des personnes sur leurs données et prévoit une simplification des formalités administratives déclaratives et précise les pouvoirs de contrôle et de sanction de la CNIL.

En Europe, c'est la directive 95/46/CE qui constitue le texte de référence, en matière de protection des données à caractère personnel. Elle met en place un cadre réglementaire visant à établir un équilibre entre un niveau élevé de protection de la vie privée des personnes et la libre circulation des données à caractère personnel au sein de l'Union européenne (UE). Pour ce faire, la directive fixe des limites strictes à la collecte et à l'utilisation des données, et demande la création, dans chaque État membre, d'un organisme national indépendant chargé de la protection de ces données.

Vers un nouveau règlement européen pour la protection des données personnelles

Le 25 janvier 2012, Viviane Reding, vice-présidente de la Commission européenne en charge de la justice, a rendu public un nouveau projet de règlement relatif à la protection des données personnelles. Après trois ans de gestation, cette réforme devrait voir le jour à la fin de l'année 2015.

Le règlement européen imposera de nouvelles obligations aux prestataires de services et les clients devront renforcer l'encadrement contractuel de leurs relations avec leurs prestataires.

Une fois le nouveau règlement entré en vigueur, le prestataire sera également responsable de la sécurité des données confiées par son client. Il devra documenter les traitements concernés et tenir ces informations à la disposition des autorités de contrôle et s'assurer de la légalité des éventuels transferts de données vers ses propres sous-traitants ou prestataires situés en dehors de l'Union Européenne.

Les clients, quant à eux, pourront exiger la présence d'un CIL (correspondant informatique et libertés), l'élaboration d'une analyse de risques ou encore l'existence de certifications.

Encadré 10 : Données à caractère personnel

3. Recommandations de la CNIL

Les offres de cloud computing se sont fortement développées ces dernières années. Cependant, le recours par les organismes à ces services pose des questions nouvelles en termes juridiques et de gestion des risques. Afin de préciser le cadre juridique applicable, la CNIL a lancé fin 2011 une consultation publique sur le Cloud. Forte des nombreuses contributions recueillies, elle a actualisé son analyse sur le cadre juridique applicable en publiant le 25 juin 2012 des recommandations¹⁵ pratiques à destination des organismes qui souhaitent avoir recours à des prestations de cloud computing. Les recommandations sont aujourd'hui le seul texte de référence en France permettant d'encadrer des prestations de cloud computing

Les recommandations de la CNIL du 25 juin 2012 reposent sur sept fondamentaux. Elles fixent les points de vigilance à valider par les responsables de traitement et les prestataires pour protéger les données personnelles dans l'environnement du cloud computing.

- 1) Identifier clairement les données et les traitements qui passeront dans le cloud

¹⁵ Recommandations pour les entreprises qui envisagent de souscrire à des services de Cloud computing http://www.cnil.fr/fileadmin/images/la_cnil/actualite/Recommandations_pour_les_entreprises_qui_envisagent_de_souscrire_a_des_services_de_Cloud.pdf (consulté le 23/04/2015)



- 2) Définir ses propres exigences de sécurité technique et juridique
- 3) Conduire une analyse de risques afin d'identifier les mesures de sécurité essentielles¹⁶
- 4) Identifier le type de cloud pertinent pour le traitement envisagé
- 5) Choisir un prestataire présentant des garanties¹⁷
- 6) S'assurer que le niveau de la sécurité interne soit suffisant
- 7) Surveiller les évolutions dans le temps

C. Se prémunir contre les risques sécuritaires liés au cloud

Ce n'est pas parce que les données sont hébergées à l'extérieur que le risque sécuritaire augmente. Aussi, si le choix se porte sur l'externalisation, lors de la formalisation du contrat de services avec le fournisseur de cloud, certains éléments doivent être examinés tout particulièrement :

- La disponibilité des données
- L'intégrité et la confidentialité
- La convention de niveau de service (SLA)
- La clause d'audit
- Le plan de réversibilité

Ces différents aspects sont explicités dans le schéma ci-après :

¹⁶ CNIL propose de se limiter à l'analyse des 35 risques les plus importants pour la protection des données fournies par l'ENISA (European Union Agency for Network and Information Security) : <http://www.enisa.europa.eu/activities/risk-management/files/deliverables/cloud-computing-risk-assessment> (consulté le 23/04/2015)

¹⁷ La CNIL propose des modèles de clauses contractuelles qui peuvent être insérés dans les contrats de prestations de services de cloud computing. En cas de contrôle, ces modèles constituent un indicateur du niveau de prudence mis en œuvre par le client ou des risques assumés.



Points clés de la définition du contrat de service

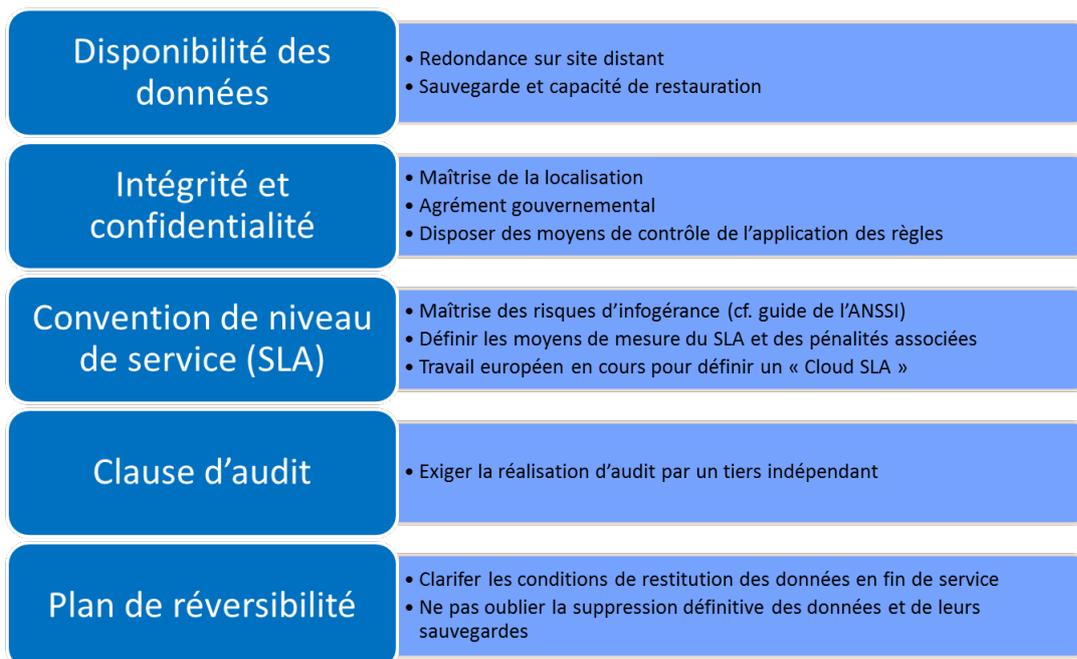


Figure 12 : Points clés de la définition du contrat de service

Le projet européen GEANT

GEANT est un programme de la Commission Européenne qui comporte des activités de services et des activités de recherche. Ce réseau à très haut débit destiné à la recherche et à l'éducation regroupe la quasi-totalité des réseaux académiques en Europe.

GEANT rassemble plus de 10 000 institutions, soit plus de 50 millions d'utilisateurs issus de 40 pays européens différents. Il propose des services de bande passante haut débit, une technologie réseau hybride et des services aux utilisateurs. Sa couverture étendue interconnecte plusieurs continents.

Le projet est mené par un consortium constitué de 32 NREN (Réseaux nationaux pour l'enseignement et la recherche) comme le réseau RENATER pour la France et de l'association TERENA (Trans-European Research and Education Networking Association). La coordination du projet est assurée par DANTE (Delivery of Advanced Network Technology to Europe) : l'organisation qui vise à la mise en place de réseaux de recherche partout dans le monde.

Tous les fournisseurs de cloud sont invités à inclure leurs services et leurs capacités dans le catalogue, de façon à les rendre accessibles pour l'ensemble de la communauté. En échange ils doivent répondre à certaines exigences. Le catalogue propose donc un répertoire structuré des fournisseurs de cloud les réponses aux exigences de cloud et permet d'aider la communauté de recherche et d'éducation lors de l'achat de services de cloud computing.

Le projet GÉANT (nom de code GN 4) est cofinancé par la Commission européenne. Depuis le 1^{er} mai 2015, GEANT, TERENA et DANTE ne forment plus qu'une seule entité.

Source : <http://www.geant.org/Pages/Home.aspx> (consulté le 28/05/2015)

Encadré 11 : Le projet européen GEANT



Chapitre 4 : le cloud transforme les compétences et les pratiques de la DSI

L'émergence du cloud s'accompagne d'un changement profond pour la DSI, dont le rôle évolue en permanence et doit être réaffirmé. Dans certaines entreprises, les directions métiers s'équipent à moindre coût – et sans passer par les DSI – en solution en mode Saas. Le cloud nécessite de transformer les façons de travailler et les contours de la DSI, qui reste responsable de la cohérence globale et de la sécurité du système d'information.

A. Le nouveau contexte technologique transforme les DSI

1. La tendance est à l'externalisation et à la mutualisation des compétences

Ce paragraphe décrit les évolutions constatées à un niveau macroscopiques dans les entreprises. La situation des DSI est souvent différente dans les universités, parce que les enjeux ne sont pas les mêmes. La cohérence du SI globale y prévaut sur les questions de coûts.

Initialement, les DSI étaient concentrées sur des opérations IT faiblement automatisées, telles que l'hébergement des serveurs et la maintenance des réseaux physiques. Au fur et à mesure, la virtualisation, puis la mise en place du cloud ont généré une plus grande automatisation des opérations et davantage d'externalisation. En effet, en particulier dans les grandes organisations, la complexification des technologies a entraîné une externalisation des compétences non liées au cœur de métier (exemple : fonctions RH et paie). En cela, le cloud offre l'avantage d'héberger par exemple les applications métiers des différents services. Les DSI tentent de se positionner aujourd'hui à mi-chemin entre des pratiques liées à l'innovation, à la stratégie, à l'anticipation des usages et à un rôle de maîtrise d'ouvrage. Les DSI amorcent leur évolution afin de devenir un partenaire légitime des métiers, par exemple pour éclairer les choix technologiques de la responsabilité des métiers par un apport d'expertises contractuelles, techniques (intégration avec le SI existant, sécurité) ou légales.

Cette nouvelle configuration, si elle permet aux DSI de se recentrer sur des tâches qui concernent leur cœur de métier, présente l'inconvénient d'une plus grande dépendance vis-à-vis des fournisseurs.

La situation est un peu différente dans les universités, en particulier parce que le positionnement des DSI doit beaucoup aux choix politiques de la présidence et à la dynamique engendrée par la construction du système d'information et de sa qualité. Les DSI sont plus proches des métiers. Les DSI vont être amenées à passer d'un métier de gestion de l'infrastructure à celui de mise en valeur des données traitées.



Mutualisation de services IT à l'université d'Umeå (Suède)

Entretien avec le service ITS (DSI) de l'université d'Umeå

Quel rôle joue le service IT à l'université d'Umeå ?

L'université d'Umeå joue un rôle prépondérant en Suède, en tant que pourvoyeur de services IT à l'ensemble des universités suédoises.

Le service dédié au système d'information et à l'IT de l'université d'Umeå (ITS) regroupe 200 personnes, dont 150 sont dédiées au développement de logiciels et aux opérations sur le SI. Certains sont des consultants externes. L'ITS s'occupe également des autres universités ainsi que de certaines administrations locales.

Nous développons et gérons des applications installées dans plusieurs universités en Suède. En outre, l'ITS est actif dans différents groupes de travail transversaux et fournit également des services IT à certains conseils administratifs de comté [antennes de l'administration centrale dirigées par un gouverneur nommé par l'État et qui sont responsables de la planification économique et du développement régional]. Par exemple l'ITS collabore à l'analyse des registres des soins de santé, qui sont gérés par les conseils administratifs de comté.

Combien y a-t-il de datacenters et quels services fournissent-ils ?

La plupart des universités ont leur propres datacenters, mais elles utilisent des services proposés par des fournisseurs de cloud.

Ces services varient selon la capacité et la maturité des datacenters. Les trois datacenters qui sont certifiés pour le *Ladok* sont les plus performants [*Ladok* est le système d'information suédois pour la gestion des études supérieures : résultats des étudiants, inscriptions à des modules...].

Votre université a-t-elle recours à des applications hébergées dans le nuage ? Si oui, lesquelles ?

Oui, la principale étant Office 365, partagée par tous les étudiants et bientôt la majorité des employés.

Partagez-vous des datacenters avec d'autres universités ? Délivrez-vous des services en cloud à d'autres universités ou à d'autres organismes ?

Notre service ITS délivre des services en cloud. Nous possédons également une plateforme VMware à l'état de l'art, ce qui fait de nous un participant pour le VM World 2015 [Conférence mondiale sur le cloud, qui aura lieu à San Francisco en septembre 2015 puis à Barcelone en octobre 2015]. Nous y présenterons d'ailleurs une publication sur les services que nous avons mis en place.

En plus de notre plateforme, nous avons intégré notre cloud à Microsoft Azure et à Atea (un grand fournisseur de cloud lituanien, qui est très présent dans toute la région de la Baltique). Nous sommes donc bien placés et surtout assez flexibles quant à la capacité et la possibilité d'offrir les services les mieux adaptés aux besoins de nos usagers.

D'autres universités fournissent également des services au niveau national, comme par exemple des datacenters partagés.

D'autres universités, moins avancées sur le plan technologiques n'utilisent que les infrastructures IT disponibles localement. Beaucoup de services existants ne sont pas exploités dans toute leur mesure.

En général, les universités échangent beaucoup en Suède, sur la question de la sécurité des infrastructures ou d'autres services.

Encadré 12: Mutualisation de services IT à l'université d'Umeå (Suède)





Figure 13 : les évolutions des métiers de la DSI

2. Le cloud engendre des changements de positionnement des DSI

L'émergence des solutions de cloud computing a eu une incidence significative sur l'urbanisation du système d'information. De nouveaux services vont émerger et nécessiteront que les DSI managent le système d'information pour les intégrer à l'existant. Cependant, le cloud est le prolongement de tendances déjà existantes : la virtualisation a préparé les DSI au cloud.



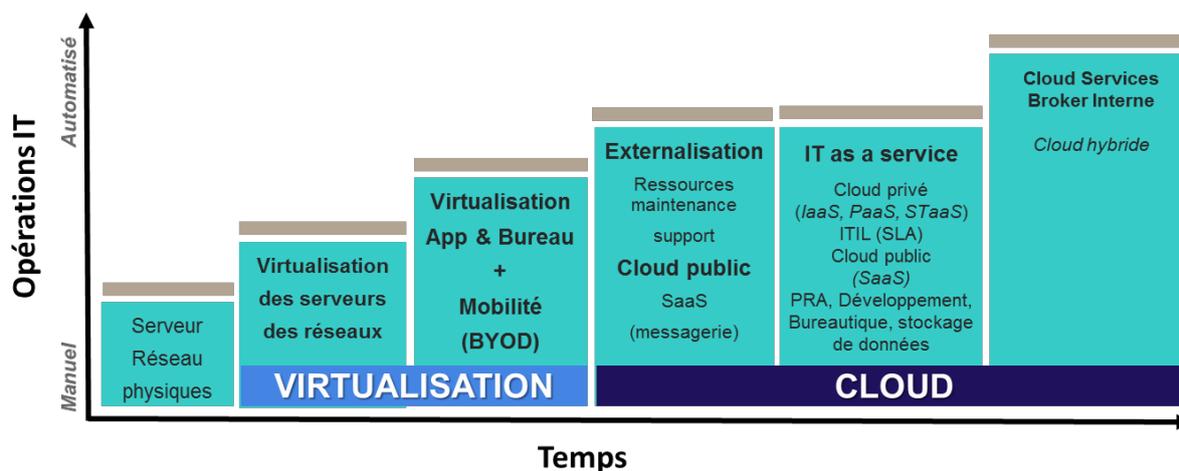


Figure 14 : changements technologiques induits par le cloud dans les DSI

Au départ, dans les entreprises, le cloud privé a hébergé principalement des applications centralisées mais il a évolué pour intégrer le poste de travail et pour proposer des applications collaboratives.

Le cloud public s'est introduit dans les entreprises soit par le biais des directions métiers, soit par des décisions des DSI.

Aujourd'hui, les services proposés dans les entreprises (IaaS, PaaS, SaaS) proviennent invariablement du cloud public et du cloud privé : un modèle de cloud hybride a donc fait son apparition, en mélangeant les deux univers.

En tant que courtier de services pour les métiers (*broker*), la DSI est responsable d'intégrer et d'unifier les différents services ; du respect des engagements liés au contrat de service (disponibilité, performance...) et de mettre en place des outils d'intégration.

Le principal intérêt du cloud et du mode SaaS est de diminuer les ressources en couche basse par le fait même de la mutualisation.

3. Cartographie des métiers liés au cloud

Bien que les données soient hébergées ailleurs, la DSI doit être en mesure de gérer le cloud, d'en assumer les coûts et le pilotage. La DSI reste garante de la continuité des processus (interface entre le SI et les applications hébergées dans le nuage) et de la sécurité globale du SI.

Avec le cloud, certains métiers prennent de l'importance dans les DSI :

- gérance technique système ;
- support utilisateur ;
- configuration logicielle ;
- gérance fonctionnelle ;
- facturation ;
- génération de rapports ;



- pilotage du cloud ;
- ...

B. La relation entre les métiers et les DSI évolue

1. La position de la DSI est différente dans les entreprises et dans les universités

Dans les entreprises, le travers historique de la DSI vient principalement d'une prise charge par défaut des « outils » et des projets. La DSI en vient à exercer des activités qui ne relèvent pas historiquement de ses compétences :

- formation des utilisateurs ;
- formalisation des processus, des règles, des données ;
- pilotage des projets, des programmes, du portefeuille de projets ;
- conduite du changement...

Or, dans les entreprises, l'arrivée du cloud a permis aux directions métier d'acquérir rapidement des solutions en se concentrant plus sur le choix de la solution que sur la démarche de mise en œuvre. Ces opérations, en apparence aisées, sont parfois réalisées sans concertation avec la DSI. Par exemple, en réalisant une cartographie des applications dans une organisation, la DSI réalise bien souvent que des métiers se sont dotés d'applicatifs sans la consulter.

La DSI est amenée à repenser la relation avec les métiers.

Il est donc important de repenser la relation avec les métiers, en termes de gestion des processus, gestion de projets, qualité des données, référentiels, expression des besoins, gouvernance du SI, etc. Chaque entité doit avoir un périmètre de responsabilité bien défini.

Dans les universités, les relations entre les services métiers et la DSI sont différentes. Cette dernière n'est pas un centre de profit et garde son rôle d'assistance à maîtrise d'ouvrage tout en maîtrisant les coûts du numérique. Néanmoins, les problématiques d'évolution des relations avec les métiers sont les mêmes, et s'inscrivent dans le cadre d'une gouvernance et d'un pilotage au plus haut niveau de l'établissement.



SURF : au Pays-Bas, une organisation collaborative dédiée au numérique dans l'enseignement supérieur

Qu'est-ce-que SURF ?

SURF est un organisme de coopération sur le numérique aux Pays-Bas et plus spécifiquement dans le domaine de l'enseignement supérieur et la recherche. Il est l'équivalent du JISC britannique (association qui propose aux universités un accompagnement dans le choix de solutions numérique). Il recommande une approche « cloud first » concernant les technologies choisies par les universités membres.

Quelle est son offre et son positionnement sur le cloud ?

SURF se positionne comme un broker de cloud. Il propose des services cloud aux acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche reposant sur des standards ouverts :

SURF se présente comme un intégrateur de cloud. Il fournit une infrastructure (open collaboration infrastructure) qui permet aux universités d'accéder à plus de cinquante applications et services collaboratifs (partage de documents, gestion de contenu, système de visioconférence...) basés sur des standards ouverts de différents fournisseurs à partir d'un seul environnement. On compte plus d'un million d'utilisateurs.

SURF propose l'intégration de services cloud dans l'environnement de l'institution. Cela offre de nouvelles opportunités de collaboration entre institutions, grâce à un accès sécurisé au cloud via la fédération d'identité. L'offre propose également une gestion centralisée de groupes.

Il est aussi possible pour une université d'ouvrir ou de partager des services avec d'autres institutions.

SURF propose enfin des actions de collaboration entre établissements au niveau national et international.

Quels sont les services innovants proposés par SURF ?

SURF propose de gérer la relation avec les fournisseurs et/ou les éditeurs. L'organisme s'occupe de la relation avec les fournisseurs et il gère les licences et négociations commerciales.

SURF se propose également d'accompagner les universités dans la mise en place de services cloud.

Encadré 13 : SURF

2. La DSI a pour rôle de sensibiliser les utilisateurs aux enjeux du cloud et des nouvelles technologies

Sur le cloud, comme sur d'autres sujets émergents, la DSI doit être en mesure d'avoir une attitude proactive en direction des services de l'université.

Voici quelques exemples de sujets sur lesquels une DSI peut être amenée à fournir des réponses ou des pistes de réflexion :

- MOOC ;
- Big data ;
- Internet des objets ;
- Data visualisation (pour accompagner l'essor du Big Data, les solutions de data visualisation vont permettre de repousser les limites du reporting traditionnel ;
- SDx (Software-Defined Anything) : cet acronyme en regroupe plusieurs (SDN, SDI, SDDC...) partageant la même idée : le logiciel définissant, ou pilotant l'infrastructure IT ;
- API : interface de programmation permettant d'utiliser les données d'un service dans un autre (exemple : la Product Advertising API d'Amazon) ;



- CYOD : en 2014, le CYOD (Choose Your Own Device) serait préféré au BYOD. Avec le CYOD, la DSI peut proposer plusieurs terminaux approuvés, qui seront plus faciles à gérer et intégrer au SI.

Usages du cloud dans les universités britanniques

Trois questions à Peter Tinson, Directeur exécutif de l'UCISA (Universities and Colleges Information Systems Association)

Quels sont les usages du cloud en matière de messagerie électronique ?

Beaucoup d'universités utilisent Office 365 ou Google Apps pour les échanges de mails ainsi que les applications et le stockage de données des étudiants et du personnel. Quelques universités cependant utilisent des fournisseurs d'accès payants pour les boîtes mail des personnels ou tout au moins des solutions différenciées de celles choisies pour les étudiants. Cela concerne aussi des applications administratives type SAP ou des LMS types Moodle ou Blackboard.

Comment les universités externalisent-elles leurs données ?

Certaines universités font appel à des sociétés extérieures pour leur datacenter. L'une des premières à réaliser cette expérience a été la City University (Londres) qui a déplacé son datacenter à un exploitant commercial en 2002. D'autres ont suivi. La plupart de ces universités sont basées à Londres où elles rencontraient des difficultés liées au maintien des datacenters dans un contexte d'approvisionnement en électricité parfois fluctuant. Il s'agit bien d'expériences de location d'espaces de stockage dans des datacenters commerciaux. Il y a environ quatre ans, l'université de Loughborough s'est lancée dans un modèle de cloud hybride où les infrastructures étaient hébergées au sein de l'université alors que les applications étaient stockées chez un opérateur privé qui prévoyait un espace de stockage modulable en fonction des besoins.

Quelles sont les projets existants en termes de mutualisation de ressources informatique ?

Il existe un projet de datacenter au nord-est de l'Ecosse, partagé entre deux universités et une faculté. Un autre projet est en cours de création à Londres. Il regroupera quatre universités et deux centres de recherche en informatique. D'autres installations partagées entre plusieurs établissements vont voir le jour dans les mois à venir dans tout le Royaume-Uni.

Encadré 14 : Usages du cloud dans les universités britanniques



Chapitre 5 : impact économique et financier du cloud

Le cloud modifie le modèle économique et financier de la DSI. Le cloud privé nécessite un investissement élevé alors que le cloud public offre énormément de fonctionnalités pour un prix raisonnable. Pour comprendre les atouts du cloud communautaire, une étude de cas clôt ce chapitre.

A. Cloud privé : il nécessite un investissement élevé

1. Le principe

Pour rappel, l'infrastructure du cloud privé est réservée à l'usage exclusif d'une seule organisation. Elle peut être possédée, gérée et opérée directement par cette organisation ou par un prestataire. Elle est située dans les locaux de l'organisation ou dans ceux d'un hébergeur externe.

Dans le monde universitaire, certaines DSI ont pris le parti de construire elles-mêmes leur infrastructure, leurs plateformes et leurs services en direction de leurs propres publics. Les coûts de réalisation sont évidemment très élevés.

En Ile-de-France, seuls deux établissements sont équipés de datacenters de niveau 3¹⁸. Ils comprennent, outre les machines et les ingénieurs, des services de monitoring associés.

2. Les impacts économiques et financiers

L'investissement est important et ne peut pas être réalisé sur les fonds propres. Cela nécessite un financement extérieur.

La mise en place d'un cloud privé a pour conséquence une augmentation du budget de fonctionnement pour les organisations ce qui, dans le contexte actuel, paraît difficilement tenable. En effet, le cloud privé fonctionne selon le principe d'une facturation au consommé.

La facture risque d'augmenter étant donnée la consommation croissante de services numériques.

¹⁸ La classification par *Tiers* (niveaux) établie par l'Uptime Institute correspond à un certain nombre de garanties sur le type de matériel déployé dans le datacenter en vue d'assurer sa redondance. Le temps de coupure par an est inférieur à deux heures, il y a au moins deux réseaux électriques, un relais de secours, etc.



B. Cloud public : il bénéficie d'un excellent rapport entre les coûts et les fonctionnalités

1. Le principe

Dans le cloud public, l'infrastructure du cloud est destinée à un usage public. Elle peut être possédée, gérée et opérée par un organisme privé ou public. Elle est située soit dans les locaux de l'organisation qui offre le service soit chez un hébergeur.

Par exemple, le cloud public correspond, pour une DSI, à l'utilisation d'une machine virtuelle ou d'une solution de mail, etc. Les coûts de fonctionnement sont peu élevés et le rapport entre les coûts et les fonctionnalités est très intéressant.

Toutefois, le cloud public a un inconvénient de taille car il pose un vrai problème de confidentialité des données. En effet, pour beaucoup d'acteurs, il n'est pas envisageable que leurs données franchissent les limites de leur département, voire de leur ville.

Pour résoudre le problème de la confidentialité des données, les projets de clouds publics souverains, voire l'offre Partage de Renater, peuvent être une solution. Jusqu'ici ces offres demeuraient plus onéreuses pour un périmètre fonctionnel moindre que les offres proposées outre Atlantique. La confidentialité à un prix.

Projet de datacenter de l'université de Montpellier

Quatre questions à Claude Bagnol, Directrice des systèmes d'information de l'université de Montpellier

Pourriez-vous présenter le projet en quelques mots ?

C'est le Rectorat de Montpellier, qui, ayant des besoins d'installation d'une nouvelle salle machine, a été l'initiateur du projet de mutualisation sur Montpellier en 2012. Une étude d'opportunité, pilotée par RENATER, a permis de faire une analyse stratégique, technique, économique et juridique de solutions mutualisées pour l'hébergement des moyens informatiques d'établissement Education/Recherche de Montpellier : Rectorat, Université de Montpellier (initialement Université Montpellier 1 et Montpellier 2), Université Montpellier 3, Ecole de chimie de Montpellier, IRD, CIRAD, CROUS.

Comment sera organisé l'hébergement ?

Il s'agira d'optimiser au mieux les infrastructures en utilisant les capacités d'hébergement déjà existantes au CINES (Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur) et de construire un datacenter mutualisé dédié aux besoins des partenaires. La possibilité de réaménager une salle informatique déjà existante dans les établissements pour la mise en place d'un PRA (plan de reprise d'activité) a aussi été étudiée.

RENATER devrait investir dans l'acquisition d'infrastructures permettant d'offrir des services en cloud, qu'il reste à déterminer (IaaS, PaaS et probablement SaaS).

Quels services sont proposés ?

La liste possible des services hébergés n'est pas finalisée pour le moment. En ce qui concerne les établissements, il s'agit de délocaliser leurs salles machines dans un lieu aux normes sécuritaires, électriques et climatiques.



2. Les impacts économiques et financiers

Dans le cas d'un cloud public, le fournisseur assume les dépenses d'investissement ainsi que les contraintes liées à l'amortissement. Les infrastructures ainsi mises en place s'adressent un grand nombre d'utilisateurs et permettent d'obtenir un coût global largement moins élevé que dans un cloud privé. Cela permet de développer des économies d'échelle. Quant aux coûts de fonctionnement, ils sont plus limités.

Pour un petit établissement (ou un établissement de taille moyenne), le rapport coût/fonctionnalités est très favorable, du fait de la mise en commun à un très grand nombre. Ces établissements, de plus, n'ont pas d'amortissement (puisque'ils n'investissent pas).

En revanche, le paiement des services est en fonction du consommé. Celui-ci est mécaniquement amené à augmenter vue la consommation croissante de services numériques.

C. Cloud communautaire : les avantages financiers de la mutualisation

1. Le principe

L'infrastructure du cloud est réservée à l'usage d'une communauté spécifique d'utilisateurs partageant des intérêts communs : mission, exigence de sécurité, partage d'informations et ou d'applications... Elle peut être possédée, gérée et opérée par un ou plusieurs organismes participant à la communauté ou un prestataire. Elle est située dans les locaux de la communauté ou dans ceux d'un hébergeur.

2. Les impacts économiques et financiers

Les moyens matériels, logiciels, financiers et humains sont mis en commun entre tous ceux qui participent au cloud communautaire.

La mutualisation permet de diminuer les coûts. Les coûts sont faibles, surtout pour les petits établissements, qui vont bénéficier de surcroît d'une couverture fonctionnelle élevée.

Selon le scénario de mise en œuvre choisi, il ne peut pas y avoir d'investissement de départ, ni d'amortissement, mais un budget de fonctionnement qui a vocation à rester constant.

Le paiement des services est en fonction du consommé. Celui-ci est mécaniquement amené à augmenter, vue la consommation croissante de services numériques.



3. Cas pratiques : coût de l'adhésion à une offre cloud pour une université (en fonction de sa taille)

Le cloud communautaire suppose le regroupement de plusieurs établissements autour d'une infrastructure et des services associés.

Aujourd'hui, pour une université et en l'absence d'offre de cloud communautaire l'adhésion à une offre de cloud, quel que soit son contenu de services, peut être imaginé de trois manières :

- le premier scénario consiste à louer une surface dans un datacenter et à proposer une offre de services associés ;
- le deuxième scénario consiste à combiner une infrastructure propriétaire et une infrastructure externalisée. Cette option garantit la continuité d'activité. La seconde infrastructure est externalisée soit chez un prestataire, soit chez un membre de la communauté ;
- le troisième scénario est fondé sur l'existence d'une unique infrastructure propriétaire et d'une sauvegarde externalisée. Ce scénario garantit la continuité d'activité (sauf en cas de rupture totale de réseau ou de destruction du bâtiment).

Ce scénario est le moins coûteux des trois : le choix d'investir sur de nouvelles infrastructures plutôt que d'utiliser les salles serveurs existantes est motivé par un choix économique. La sécurisation (doubles entrées électriques, réseaux...) des salles existantes se révèle plus onéreux que l'investissement dans de nouvelles salles.

Les coûts de location sont modifiés d'année en année du fait des variables qui influent le prix de la location du datacenter : le nombre de serveurs (prix), le nombre de baies (prix), le système de sauvegarde, les prix de location.

Les coûts supportés concernent la location des murs, l'achat de matériel ainsi que les coûts liés au développement de l'offre de services. Les coûts liés à l'élaboration de cette infrastructure sont les plus importants et constituent un des paramètres majeurs du modèle.



Les projets cloud et datacenter de la DISIC

Quatre questions à Paul Braida, Directeur de programme Technologies de l'information et de la communication à la DISIC (Direction interministérielle des systèmes d'information et de communication de l'État)

Quelle est la trajectoire de la DISIC en matière de cloud ?

Il convient de séparer le sujet en deux volets : datacenter et offre de services d'infrastructure.

Pour le datacenter, l'objectif à dix ans est de passer de rationaliser au maximum le nombre de datacenters en passant de 117 à 17. Nous menons actuellement une réflexion quant à des regroupements potentiels.

Un ensemble de projets ont été définis pour atteindre ces objectifs. Dans certains cas, il peut s'agir de regroupements interministériels.

Existe-t-il des projets mutualisés ?

Les exigences en termes de datacenter deviennent de plus en plus fortes. C'est pour cela que la piste des groupements est privilégiée. Nos recommandations sont les suivantes : un minimum de 500 m², climatisation et efficacité énergétique, et surtout c'est un datacenter plein. Certaines initiatives sont menées en ce moment aux douanes par exemple. Il s'agit souvent de projets de rénovation. Beaucoup de datacenters ont été créés dans les années 1990 et il faut les rénover. C'est ce qui a été fait aux douanes, qui ont maintenant la capacité d'accueillir de l'interministériel. On note aussi certains projets d'extension. L'objectif est de mettre en œuvre des sites optimisés, plus efficaces énergétiquement, qui permettent de réduire les coûts fixes. Il s'agit d'un premier pas qui est plus facile à enclencher que d'amener tout le monde sur le cloud tout de suite.

Quels sont les différentes étapes du projet ?

La première étape consiste à enrichir les services proposés afin d'offrir des services d'infrastructures sur le cloud. On note un fort intérêt pour le sujet et également une réelle difficulté de passer à la réalisation. Pour l'instant un investissement important dans une infrastructure nationale n'est pas envisagé.

Nous avons travaillé au lancement d'un marché interministériel de cloud public. Cela permettra d'avoir accès à un tarif intéressant à une offre de cloud public. Le cloud public permet de fédérer des énergies autour d'un contrat unique. Ce projet a été mené conjointement avec le service des achats de l'État. Il concerne tous les ministères et certains établissements publics ayant participé à la démarche.

Dans une deuxième phase, s'il y a un intérêt d'autres structures, il serait tout à fait envisageable qu'elles s'appuient sur le SAE.

Avez-vous réfléchi à d'autres pistes possibles d'organisation ?

Nous menons également des réflexions sur le cloud privé. Il s'agit de fédérer des initiatives pour qu'il y ait une homogénéité des technologies avec une orientation vers des solutions ouvertes openstack. Nous organisons un séminaire en octobre pour fédérer les initiatives ministérielles et définir des choses communes.

Nous travaillons avec l'ANSSI sur les aspects sécurité.

Cette approche autour du cloud est reproductible en élargissant le périmètre.

Encadré 16: Les projets cloud et datacenter de la DISIC



Chapitre 6 : impacts du cloud sur les territoires

Le cloud est décrit prosaïquement comme l'hébergement de données, d'applications, de plateformes de développement dans le nuage, accessible par Internet. *A priori* tout porte à croire que le cloud computing peut s'implanter partout en France, sous réserve d'accéder à une infrastructure réseau. Pourtant, dans la pratique, de nombreux critères nuancent cette liberté d'implantation.

L'État joue un rôle considérable dans l'aménagement numérique du territoire en donnant les impulsions politiques nécessaires au démarrage de certains projets, dont le dernier en date est le Plan France Très Haut Débit. En se fixant des objectifs de liaison à très haut débit, ce plan, indirectement, peut influencer la future carte territoriale du cloud¹⁹.

Pour les universités, la présence d'un cloud est souvent associée à celle d'un datacenter dont l'implantation est, par opposition au cloud, très sensible aux conditions du réseau électrique. L'opérateur de réseau Renater offre une qualité de services de bout en bout pour les établissements en s'appuyant sur les plaques régionales. En tout cas, la présence ou non d'infrastructures liées au cloud sur les territoires dessine une nouvelle carte de l'aménagement et des emplois.

A. Géographie des datacenters

1. Critères de choix pour l'emplacement d'un cloud ou d'un datacenter

Depuis une dizaine d'années, de nombreuses études ont démontré que la compétitivité et l'attractivité des territoires étaient conditionnées par leur capacité à favoriser l'émergence de plates formes matérielles et logicielles mutualisées et sectorielles (recherche, enseignement supérieur, santé...)

Les éditeurs ont donc privilégié certains paramètres au moment du choix de l'implantation, essentiellement liés au potentiel de développement économique de la zone.

- La présence d'équipements réseau à très haut débit ;;
- la proximité avec des établissements de formation ;
- la présence de pôles de compétitivité et de centres de recherche ;
- la densité de population (qui préfigure le potentiel commercial pour un opérateur, dans une perspective de mutualisation) ;
- ...

En parallèle, d'autres critères ont peu à peu pris de l'importance, compte tenu des enjeux sur les économies d'énergie et du contexte économique.

¹⁹ Pour plus de détails sur cette initiative, cf. site Internet <http://www.francethd.fr/> (consulté le 29/05/2015)



- Avantages fiscaux ;
- prix de l'immobilier ;
- prix de l'énergie ;
- permet la mise en place de systèmes à énergie positive (exemple : la chaleur générée par les machines sert à chauffer la ville voisine).

Aujourd'hui, la région parisienne qui, traditionnellement, concentrait la plupart des acteurs a perdu son avantage systématique, notamment parce que la main d'œuvre et les coûts de structure y sont plus élevés qu'ailleurs. Pour prendre l'exemple de l'hébergeur OVH, la société a d'abord débuté ses activités à Paris en 2003, où elle a implanté des datacenters. Puis, son activité s'est étendue dans toute l'Europe, y compris en Pologne et dans le nord de la France, compte tenu des prix immobiliers moins élevés.

Néanmoins, la région parisienne reste, avec l'agglomération lyonnaise, la zone la plus dense en infrastructures de haut débit²⁰.

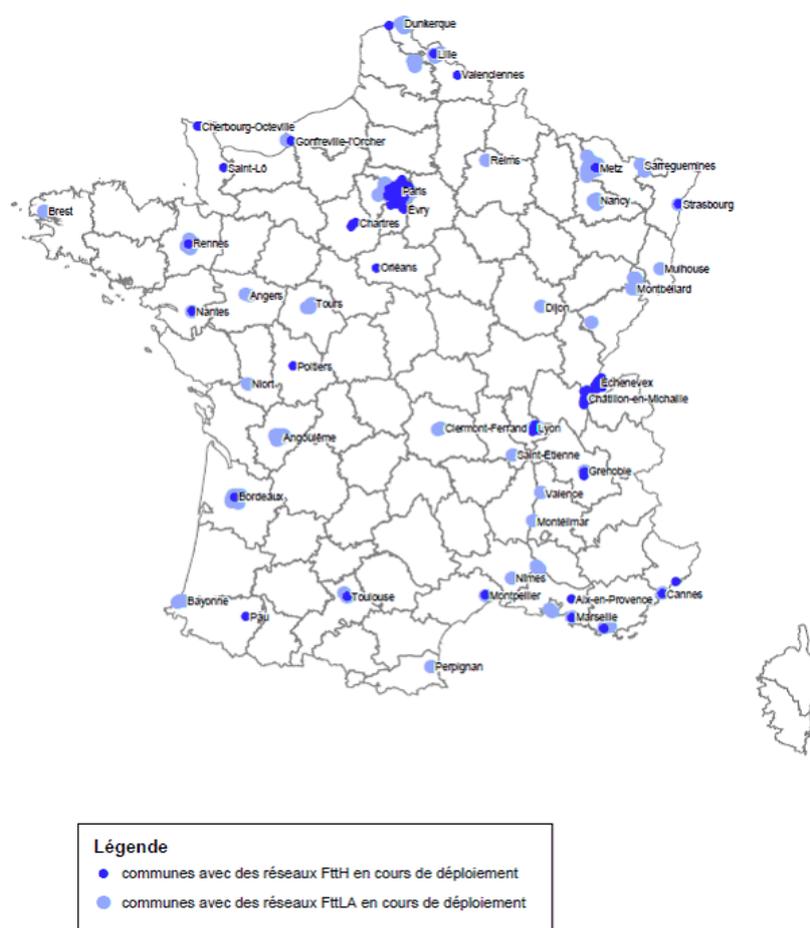


Figure 15 : carte des déploiements de réseaux de fibre optique (source : ARCEP)

²⁰ Une carte des datacenters est aussi disponible dans le Guide sur le Cloud Computing et les Datacenters à l'attention des collectivités locales, disponible ici : http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/numerique/guide-cloud-computing-et-datacenters-2015.pdf (p. 25)



2. La question de la distance entre l'installation et les utilisateurs

Derrière les discours commerciaux, qui affirment que les données sont hébergées dans un nuage, dont la localisation semble bien souvent floue, les réalités sont extrêmement concrètes. Ce qui relie le datacenter à l'utilisateur final, ce sont des câbles. Ils sont en cuivre, ou en fibre optique, mais cela reste des fils.

En fonction du type de connexion, l'installation devra se trouver à une distance plus ou moins réduite par rapport aux utilisateurs finaux.

Type de câble	Distance conseillée par rapport aux utilisateurs
ADSL	4 kms
SDSL	8-10 kms
Fibre optique	50-100 kms

Source : estimation opérateurs / cabinet Infhotep

Pour les universités, la connexion est réalisée grâce à de la fibre optique, ce qui permet d'assouplir un peu les critères de distance. La symétrie des débits (vitesse de transfert identique en *download* - débit descendant – qu'en *upload* – débit montant) est également un atout de la fibre, dans un contexte où les échanges de données ne font que croître.

B. Gains d'une installation numérique dans les territoires

1. Enjeux de la connectivité d'un territoire

Le fait numérique a engendré des changements économiques et sociétaux à la fois indéniables et irréversibles. Ils sont notamment analysés dans le rapport remis par Claudy Lebreton à la Ministre du Logement en septembre 2013²¹.

- Il bouleverse les méthodes de travail et de production : travail à domicile, co-working, modes de production collaboratifs (*FabLabs*)
- Il change notre perception du temps et engendre un sentiment d'accélération (en partie lié à la connexion permanente)
- Il crée une nouvelle relation aux savoirs : open data, nouvelles interactions entre les étudiants et les professeurs...
- Il réinvente le rôle des États
- Il joue sur la croissance économique (bien que les experts soient divisés sur son rôle exact,)

²¹ *Les territoires numériques de la France de demain*, Claudy Lebreton, 2013. Disponible sur <http://www.strategie.gouv.fr/publications/territoires-numeriques-de-france-de-demain> (consulté le 24/04/2015)



La carte des territoires doit être repensée pour que les relations numériques soient équitables

Ces nombreuses incidences se répercutent naturellement sur la France et sur ses territoires. La carte des territoires doit être repensée afin que la répartition des « points de densification des relations numériques » soit la plus équitable possible²².

En effet, de plus en plus, les initiatives doivent permettre le regroupement des acteurs, par exemple au sein de Réseaux d'initiatives publiques (RIP) tels que décrits par la Caisse des Dépôts et qui visent à la réduction des zones blanches au profit d'un raccordement des zones d'activité et des établissements publics²³. Concrètement, les RIP mettent la fibre optique à disposition des territoires et des acteurs économiques qui s'y trouvent.

Les premiers résultats constatés, laissent apparaître les tendances suivantes, dans les territoires ayant développé une véritable politique d'implantation de la fibre.

- **Des gains économiques.** Ils se traduisent par une évolution positive de la création d'entreprises, en particulier dans les nouvelles technologies ; ils se concrétisent également dans une plus forte croissance de l'emploi salarié que dans les territoires n'ayant pas développé de RIP (également à plus forte raison dans les secteurs proches des nouvelles technologies) ;
- **Des gains en apprentissage pour les collectivités.** Ces dernières connaissent mieux les réseaux, leurs spécificités techniques. Elles finissent donc par mieux maîtriser leur développement.
- **Une offre attractive pour les utilisateurs.** Les tarifs proposés sont encadrés, aussi les entreprises qui s'implantent ont un vrai avantage à rester sur place.
- **Des usages innovants émergent.** En ce sens, l'éducation et l'enseignement supérieur sont des terrains d'expérimentation inépuisables.

Les enjeux de connectivité ne concernent pas seulement le grand public. Ils s'adressent aussi aux universités réparties sur le territoire. Dans une dimension d'aménagement numérique du territoire, la qualité de service de bout en bout sur l'ensemble du réseau est essentielle. Cette mission est assurée par Renater pour les universités mais aussi par les plaques régionales. Dans le cas d'une offre de cloud communautaire à l'enseignement supérieur et la recherche, il faudra veiller à garantir cette qualité de service de manière homogène et cohérente sur tous les sites d'implantations universitaires.

²² *Ibid.*, p. 65

²³ Cf. *Synthèse de l'impact territorial des RIP*, 2010. Disponible sur http://www.valoffre.caissedesdepots.fr/IMG/pdf/RIP_synthese_10p.pdf (consulté le 24/04/2015)



Le « green data center » de l'Université de Bourgogne

Opérationnel à partir d'août 2015, ce bâtiment devrait contenir le cluster de calcul, les équipements réseaux et les infrastructures matérielles hébergeant les applications métiers nécessaires à la vie et au quotidien du campus (personnels, étudiants, chercheurs, enseignants).

Ce datacenter a été conçu par la société Jerlaure. Voici les principales caractéristiques du futur bâtiment :

- Green Datacenter TIER III
- Surface totale : 675 m²
- Principe de refroidissement prévu pour valoriser les calories produites par les équipements IT dans le réseau de chauffage universitaire existant. À terme, l'Université de Bourgogne devrait bénéficier d'environ 400 KW de chaleur récupérée pour chauffer ses locaux.
- Ce « green datacenter » centralisera toutes les infrastructures informatiques (gestion, calcul, pédagogie et réseaux) du campus de l'université de Bourgogne
- Sa particularité est également sa vocation à se placer comme un datacenter régional accueillant des données d'infrastructure publiques ou privées

Source : interview d'Alain Tabard, Vice-Président délégué au campus numérique, aux systèmes d'informations et aux learning centers de l'Université de Bourgogne disponible sur <http://www.u-bourgogne.fr/vie-des-campus/668-green-data-center-du-numerique-vert.html> (consultée le 19 mai 2015)

Encadré 17 : Le « green data center » de l'Université de Bourgogne

2. Une entente nécessaire avec les partenaires

Parmi les facteurs de succès d'un projet d'infrastructure numérique, l'entente entre les partenaires est déterminante.

Elle se place tout d'abord au niveau des partenaires locaux autour du noyau dur que constitue l'organisme porteur du projet (COMuE, universités, collectivités territoriales...) associée éventuellement à d'autres collectivités. Plus les acteurs sont impliqués en amont du projet et plus ceux-ci s'investissent : établissements scolaires, hôpitaux, universités...

L'intérêt est d'associer à ces entités publiques des entreprises, stratégiques pour la région, et de mener une réflexion collective. Cette concentration d'énergie peut s'avérer un levier intéressant dans certains cas pour entraîner dans le projet des zones moins dotées, qui n'auraient pas pu se lancer seules.

La coopération entre les acteurs se place également au niveau de la relation entre la collectivité et l'opérateur choisi. Comme dans toute relation entre un client et son prestataire, cela suppose une confiance réciproque, une claire répartition des rôles et un suivi rigoureux du projet : planning, pilotage, vie du projet. L'accompagnement des porteurs de projets par des professionnels peut s'avérer une solution intéressante pour intégrer les méthodes de gestion de projet numérique.



Conclusion

À l'heure où se conclut ce guide, les derniers éléments de l'affaire Snowden sont révélés dans la presse, la France vote une loi sur le Renseignement et la question de la souveraineté des données est au cœur des projets gouvernementaux.

L'université, par ses activités de recherche, est concernée au premier plan par ces questions, d'où la nécessité de se constituer un corpus de connaissances propres à la mise en place d'applications mutualisées, communautaires et sécurisées en cloud.

Ce guide, au-delà de présenter les fondamentaux sur le cloud, a cherché également à chasser les idées reçues et à montrer que l'enseignement supérieur et la recherche était particulièrement propice aux initiatives de cloud communautaire. En voici un bref récapitulatif :

- ✓ Il n'existe, non pas une, mais de nombreuses définitions du cloud, qui peuvent parfois entretenir une confusion entre un cloud et de la simple externalisation. Pour parler de cloud, il est nécessaire de retenir les cinq attributs majeurs issus des travaux du NIST : la notion de services ; l'élasticité ; la mutualisation ; la capacité de mesure ; l'universalité de l'accès.
- ✓ Le fait que les données soient externalisées dans le cloud n'est pas en soi une entrave à la sécurité. En revanche, la question du contrôle de l'accès est essentielle. Lors de la définition du contrat de service avec le fournisseur, des questions telles que la disponibilité des données, l'intégrité et la confidentialité, la convention de niveau de service, la clause d'audit et le plan de réversibilité permettent aux clients de se prémunir contre les risques liés à la sécurité des données.
- ✓ Les universités ne sont pas épargnées par la généralisation des usages en cloud, et plus encore, leurs usages métiers, leurs modèles économiques, en sont fondamentalement transformés. Les encarts présents dans ce guide illustrent les nombreuses expériences qui foisonnent dans les établissements d'enseignement supérieur, que ce soit en France ou à l'étranger. De même le cloud engendre un positionnement nouveau pour les DSI, qui se positionnent davantage comme *broker* de services.
- ✓ L'émergence du cloud se décline en une réalité physique sur les territoires ; il ne s'agit pas seulement de services virtuels, mais bien d'enjeux d'infrastructures. L'État, à ce titre, joue son rôle d'aménageur du territoire, voire de correcteur d'inégalités (à ceci près que la géographie reste une nécessité immuable dans la carte des infrastructures). Les acteurs se regroupent de plus en plus à la faveur de projets innovants de cloud ou de datacenters partagés.
- ✓ Le cloud est le moyen pour les organisations de partager des infrastructures, des services et des compétences tout en conservant la maîtrise de leurs données et leur capacité à les exploiter et valoriser individuellement
- ✓ La mutualisation engendrée par le cloud est un moyen de disposer de nouveaux services à moindre coût.



Bibliographie

Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information. *Référentiel général de sécurité*, 2010. Disponible sur http://references.modernisation.gouv.fr/sites/default/files/RGS_v-2-0_Corps_du_texte.pdf (consulté le 10/04/2015)

Caisse des Dépôts et Consignations. *Synthèse de l'impact territorial des RIP*, 2010. Disponible sur http://www.valoffre.caissedesdepots.fr/IMG/pdf/RIP_synthese_10p.pdf (consulté le 24/04/2015)

CNIL. Synthèse des réponses à la consultation publique sur le Cloud computing lancée par la CNIL d'octobre à décembre 2011 et analyse de la CNIL. Disponible sur http://www.cnil.fr/fileadmin/images/la_cnil/actualite/Synthese_des_reponses_a_la_consultation_publique_sur_le_Cloud_et_analyse_de_la_CNIL.pdf (consulté le 23/04/2015)

CRIP. L'Observatoire des Directeurs d'Infrastructures et de Production. *Cloud computing 6*. Juin 2015

Direccte. *Le cloud computing une nouvelle filière fortement structurante*, septembre 2012. Disponible sur http://www.idf.direccte.gouv.fr/IMG/pdf/4_pages_valide.pdf (consulté le 21/05/2015)

Direction Générale des Entreprises. *Guide sur le Cloud Computing et les Datacenters, 2015*. Disponible sur http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/numerique/guide-cloud-computing-et-datacenters-2015.pdf (consulté le 21/07/2015)

Claudy Lebreton. *Les territoires numériques de la France de demain*, 2013. Disponible sur <http://www.strategie.gouv.fr/publications/territoires-numeriques-de-france-de-demain> (consulté le 24/04/2015)

NIST. *The NIST definition of Cloud computing*, septembre 2011. Disponible sur : <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (consulté le 23/04/2015)

UNPIdF. *Rapport d'étude du modèle économique*, septembre 2014. Disponible sur le site <http://unpidf.univ-paris1.fr/>



Table des illustrations

Figure 1 : Aperçu des offres Amazon Google Microsoft (source : cabinet Infhotep).....	12
Figure 2 : les prestataires en cloud computing (source : cabinet Infhotep, données CRIP)	13
Figure 3 : les modèles de services en cloud	14
Figure 4 : contenu des différents services de cloud.....	17
Figure 5 : Nature des projets cloud à l'étude ou mis en œuvre.....	18
Figure 6 : les quatre modes de déploiement du cloud	21
Figure 7 : tableau récapitulatif cloud public / cloud privé	22
Figure 8 : objectifs du site cloud.cio.gov.....	27
Figure 9 : les principales inquiétudes des DSI à l'égard du cloud	29
Figure 10: Législations nationales et impact sur le cloud	32
Figure 11 : exemples de normes de sécurité	33
Figure 12 : Points clés de la définition du contrat de service	37
Figure 13 : les évolutions des métiers de la DSI.....	40
Figure 14 : changements technologiques induits par le cloud dans les DSI	41
Figure 15 : carte des déploiements de réseaux de fibre optique (source : ARCEP).....	51



Table des encadrés

Encadré 1 : Définitions du cloud	9
Encadré 2 : Caractéristiques d'un datacenter.....	12
Encadré 3 : Datacenter et cloud à la COMuE de Lyon	13
Encadré 4 : Datacenter de l'université de Tours.....	15
Encadré 5 : Le datacenter de l'Université de Nantes.....	19
Encadré 6 : Le projet Univcloud	23
Encadré 7 : Le cloud du ministère de l'Éducation Nationale	25
Encadré 8 : Le cloud et la modernisation de l'État	28
Encadré 9 : le Référentiel général de sécurité	30
Encadré 10 : Données à caractère personnel	35
Encadré 11 : Le projet européen GEANT	37
Encadré 12: Mutualisation de services IT à l'université d'Umeå (Suède).....	39
Encadré 13 : SURF	43
Encadré 14 : Usages du cloud dans les universités britanniques.....	44
Encadré 15 : Projet de datacenter de l'université de Montpellier	46
Encadré 16: Les projets cloud et datacenter de la DISIC	49
Encadré 17 : Le « green data center » de l'Université de Bourgogne.....	54



Cette publication a été réalisée par l'Université Numérique Paris Ile-de-France (UNPIdF)

Elle est disponible sur le site <http://unpidf.univ-paris1.fr/> Responsables des contenus éditoriaux

Amandine Alehyane, Chef de projet Infrastructures et Solutions innovantes

Avec la participation du cabinet Infhotep

Avec le soutien du Ministère de l'Éducation nationale de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

Réalisation

Université Numérique Paris Ile-de-France

Votre contact :

Amandine Alehyane

E-mail : amandine.alehyane@unpidf.fr



