Cigref
RÉUSSIR
LE NUMÉRIQUE

Stratégies de migration dans le cloud

Un défi structurant pour l'entreprise

Janvier 2023

Cigref

STRATÉGIES DE MIGRATION DANS LE CLOUD

Un défi structurant pour l'entreprise

Janvier 2022

Droit de propriété intellectuelle

Toutes les publications du Cigref sont mises gratuitement à la disposition du plus grand nombre mais restent protégées par les lois en vigueur sur la propriété intellectuelle

ÉDITO

Alors que le Ministère de l'Économie et des Finances intègre depuis juillet la compétence en matière de souveraineté industrielle et numérique, le cloud s'impose plus que jamais comme un élément central pour atteindre l'autonomie stratégique. En effet, le contexte international perturbé par la compétition stratégique entre la Chine et les États-Unis, la menace russe aux portes de l'Europe, et l'affirmation de nouvelles puissances dans les rapports de force mondiaux impulse une dynamique nouvelle pour la France et l'Union européenne en matière de numérique.

Le 17 mai 2021, le gouvernement français annonçait d'ailleurs le lancement d'une stratégie nationale pour le cloud, plaçant au premier rang de ses priorités la maîtrise des dépendances, tant vis-à-vis des fournisseurs que des chaînes logistiques, des clients, ou même des employés lorsque ceux-ci détiennent des compétences stratégiques.

Les craintes sont nombreuses : les législations à portée extraterritoriale donnent un droit de regard ou plutôt un « droit d'ingérence » aux puissances qui les édictent, et leur permettent ainsi de puiser dans les données stockées sur le cloud à des fins de renseignement économique.

C'est d'ailleurs en ce sens que la Banque des règlements internationaux a lancé l'alerte en juillet dernier, affirmant que l'état de dépendance des institutions financières, des institutions européennes, des entreprises et des utilisateurs européens, appelait une réaction rapide, et constituait une mise à mal de notre patrimoine informationnel, de nos industries et de nos économies.

Ainsi, les travaux du Cigref se sont attachés à promouvoir des relations contractuelles transparentes et équilibrées, dans le respect du jeu de la concurrence, et protégeant contre les menaces cyber et l'extraterritorialité. Une feuille de route ambitieuse, qui vise avant tout à protéger le patrimoine informationnel sensible et à faire face à l'instrumentalisation du cloud comme outil de l'hégémonie économique et culturelle de puissances extra-européennes.

À cela s'ajoute une autre préoccupation : la sobriété numérique. Alors que les centres de données et le cloud représentent 20% de l'empreinte environnementale du numérique, il est urgent de penser le cloud comme un vecteur de transformation de nos sociétés.

Conscient de ces contraintes multiples, mais aussi des opportunités qu'offre le cloud, le groupe de travail s'est attaché à analyser les stratégies de migration dans le cloud dans leur dimension technique, organisationnelle, financière et géopolitique.

Jean-Christophe LALANNE, EVP IT d'Air France KLM,
et Stéphane ROUSSEAU, DSI d'Eiffage,
co-pilotes du groupe de travail

SYNTHÈSE

Le groupe de travail Stratégies de migration dans le cloud poursuit sa mission débutée en 2020-2021. Le présent rapport est une refonte actualisée de la première version du rapport Stratégies de migration dans le cloud.

La migration cloud est un projet qui se mène sur plusieurs années et les membres sont donc encore en cours de migration. À ce titre, le pronostic formulé l'an passé, semble se confirmer : en 2025, la plupart des organisations auront migré dans le cloud.

S'il n'est plus nécessaire de rappeler les éléments en faveur d'une telle transformation pour l'entreprise, comme l'agilité, la flexibilité, le *time-to-market*, plusieurs thématiques restaient à aborder.

Pour commencer, la réflexion s'est donc concentrée sur les **moyens de la migration cloud**, autrement dit, le « comment ? ». Ensuite, le groupe s'est concentré sur les **migrations applicatives**, une problématique phare des travaux de cette année. Enfin, **les bénéfices secondaires de la migration**, tels que la cartographie du parc applicatif, la sécurisation du SI, le traitement de la dette technique, ainsi que la réponse aux enjeux environnementaux, ont été envisagés.

Au-delà de ces aspects techniques, la migration dans le cloud nécessite d'aborder le sujet de **la performance économique et le suivi financier du projet**. En effet, le cloud est tantôt présenté comme une solution miracle pour les répondre aux défis de réduction des coûts de la DSI, tantôt comme un gouffre financier. Il faut donc examiner les mécanismes financiers à l'œuvre dans la migration.

La migration induit par ailleurs des changements profonds, structurants, dans la vie des entreprises et de leurs collaborateurs, il convient donc de s'interroger sur la **réorganisation et la mutation des équipes IT** dans ce contexte de migration cloud. Les besoins des organisations s'accentuent, les compétences recherchées sont à la croisée de plusieurs domaines ; cloud, FinOps, sécurité… les profils répondant à ces exigences sont rares, ce qui explique que l'on parle volontiers de « guerre des talents ».

En plus de bousculer l'organisation interne des entreprises, **le cloud change aussi les relations avec l'extérieur ; en particulier avec les fournisseurs**. La complexité des relations contractuelles, déjà mise en avant l'an passé, n'a fait que s'accroître à mesure du développement du cloud. Le changement de *business model* des fournisseurs de solutions cloud, qui proposent massivement du SaaS (*Software as a Service)* contribue à créer un rapport de force défavorable aux entreprises utilisatrices, qui cherchent à allier développement technologique et maîtrise de leurs dépendances.

À l'issue de cette deuxième année de travail sur les stratégies de migration dans le cloud, le groupe partage un double constat : d'une part, de nombreuses questions soulevées ont pu trouver leur réponse dans la mutualisation des expériences et les échanges entre les membres, et, d'autre part, ces échanges ont fait apparaître de nouvelles problématiques, auxquelles un plus grand recul permettra de répondre. Pour cette raison, le plan d'activités du Cigref pour 2022-2023 ne prévoit pas de reconduction de ce groupe de travail. Le cloud sera toujours présent dans plusieurs autres activités du Cigref, notamment dans les GT Relations fournisseurs. L'objectif est de permettre aux entreprises et administrations membres de poursuivre leur projet de migration, de gagner en maturité sur le sujet, en vue, probablement d'un prochain groupe de travail dans les années à venir.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à **Jean-Christophe Lalanne, *EVP IT* d'Air France KLM, et à Stéphane Rousseau, DSI d'Eiffage,** qui ont piloté cette réflexion, ainsi qu'à toutes les personnes qui ont participé et contribué cette année à ce groupe de travail Cigref :

Frantz ADJASSIN – HAGER GROUP
Nicolas APCHIE – ADP
Stanislas BLANCHY – SNCF RESAU
Benoît BONI – TOTAL ENERGIES
Jean-Pierre BRAJAL– AIR- FRANCE KLM
François BRUNET – NAVAL GROUP
Arnaud CARREL – TOTAL ENERGIES
Claudio CIMELLI – EDUCATION NATIONALE
Olivier COYAC – MAIF
Éric DAGUET – LA MUTUELLE GÉNÉRALE
Olivier DE WILDE – BANQUE DE FRANCE
Laurent BENDAVID – DASSAULT AVIATION
Tanguy DEFLANDRE – BANQUE DE FRANCE
Florian DIEM – GEODIS INTERSERVICES
Jean-Marc DO LIVRAMENTO – ENEDIS
Jérôme FAGGIOLI – NEXANS
Alexandre FERNANDES – BPCE
Nicolas GAUTHIER – KERING
Fabrice GILLET – COVEA
Olivier GUILLEMINOT – NEXANS
Nadia HAMRI – BNP PARIBAS
Jeannot RODOLPHE – VIRBAC
Yannick JOBARD – ORANGE
Mehmet KARATEPE – ENEDIS
Sophie KERBAT – ENEDIS
Youssef KILANY – GIP MDS
Pierre-Emmanuel KOHLER – LISI GROUP
Denis LACROIX – AMADEUS
Hervé LAGASSIÉ – BPCE
Erwan LE BARON – GEODIS INTERSERVICES
Laurent LE SAOUT – ENEDIS
Juliette LEMOINE – COVEA
Céline MASSY – CEA
Fabrice MENIN – AIR FRANCE KLM
Marianne MICHEL – ORANGE
Hélène MONIN – SYSTÈME U
Khang NGUYEN TRIEU – ACCOR
Vincent NIEBEL – EDF
Nicolas NOUHAUD – CONFORAMA
Frédéric PERDU – MINISTERE DE L'ÉCONOMIE
Nicolas PERRIN – BANQUE DE FRANCE
Vincent PERTUY – EDF
Davy RAPP – VIRBAC
Bernard ROUX – PRO BTP
Karim SAKLY – SAFRAN
Mathieu SEDIRI – AIR FRANCE KLM
Frédéric SERET – SFR
Vincent TASSY – AIR France KLM
Olivier VOISIN – GEODIS INTERSERVICE

Nous remercions également vivement tous les intervenants qui ont apporté beaucoup de matière à ce à notre réflexion (ordre alphabétique) :

- Nicolas BOUTIN, Contrôleur de gestion, Céline BROSSARD, Coordinatrice performance, Vincent Nétillard FinOps et Guillaume BAILLEUX, Responsable du département Cloud et du Cloud Business Office, GRTGAZ ;
- Fabrice MENIN, Technology Transformation Project Manager et Jean-Pierre BRAJAL Applications Migration Project Manager, Air France KLM ;
- Hélène MONIN, Directrice de la transformation SI, Système U ;
- Rémi JACQUET, membre fondateur de la société Cast, et DG France, et Sylvain CAILLIAU, directeur technique.

Ce document a été rédigé par **Elena Silvera, Chargée de mission au Cigref,** avec la contribution des pilotes du groupe de travail, et de l'équipe des permanents du Cigref. Il actualise les travaux menés en 2020/2021 par ce groupe de travail, animés par Clara Morlière et rapportés dans le rapport Cigref « Stratégie de Migration dans le cloud ».

TABLE DES MATIÈRES

ÉDITO **1**

SYNTHÈSE **2**

REMERCIEMENTS **3**

TABLE DES MATIÈRES **4**

TABLE DES FIGURES **6**

TABLE DES ENCARTS **6**

INTRODUCTION **7**

Quelques définitions 7

Contexte actuel 8

Enjeux du groupe de travail 9

1 **POURQUOI ALLER DANS LE CLOUD ?** **11**

1.1 De multiples motivations pour les organisations 11

1.2 Une mutation stratégique 12

1.3 Quelques freins identifiés 13

2 COMMENT ALLER DANS LE CLOUD ? **14**

2.1 L'objet de la migration : applications et/ou données ? 15

2.2 Dévelopement de la stratégie de cloud hybride 17

2.2.1 Enjeu des données sensibles et critiques 18

2.2.2 Diminution du besoin de cloud privé interne 18

2.2.3 Hypothèses sur l'avenir du cloud privé 19

2.3 Enjeux du multicloud 19

3 MIGRATION APPLICATIVE **21**

3.1 Modalités de la migration applicative 21

3.1.1 Les grandes étapes de la migration applicative 21

3.1.2 Options de transformation du parc applicatif 21

3.2 Cloud *readiness* 24

3.3 Migration applicative : comprendre ses échecs 25

4 CE QUE PERMET AUSSI LA MIGRATION **28**

4.1 Cartographier son parc applicatif 28

4.2 Traiter la dette technique du SI 29

4.3 Sécuriser son système d'information 29

4.4 Autres impacts de la migration dans le cloud 30
4.4.1 Le cloud face à la crise énergétique 30
4.4.2 Quels sont les avantages de la migration sur le plan énergétique ? 32

5 PERFORMANCE ÉCONOMIQUE ET SUIVI FINANCIER DE LA MIGRATION 33

5.1 Performance économique de la migration 33
5.2 Suivi financier du passage dans le cloud 35
5.3 Mise en place d'une démarche FinOps 37

6 RÉORGANISATION ET MUTATION DES ÉQUIPES IT 39

6.1 Onboarding du Top Management et accompagnement au changement 39
6.1.1 Les défis de l'onboarding 39
6.1.2 Stratégie de recrutement et de formation 39
6.2 Structure de pilotage du programme cloud 40
6.3 Nouvelles compétences et nouveaux métiers 40
6.3.1 Peut-on vraiment parler de nouveaux métiers ? 41
6.3.2 L'évolution des « nouveaux métiers » liée au cloud 41
6.4 Responsabilisation des équipes de développement et de production 42
6.5 À la recherche d'une organisation FinOps optimale 43

7 GESTION DE PLUS EN PLUS COMPLEXE DES FOURNISSEURS 45

7.1 Choix stratégiques des fournisseurs de cloud 45
7.2 Fournisseurs, offres : Comment "bien" les choisir ? 46
7.3 Négociations avec les *hyperscalers* 47
7.3.1 Des difficultés rencontrées 48
7.3.2 Des pistes pour réussir 48
7.3.3 Des bénéfices transverses de l'accompagnement par un intégrateur 49

CONCLUSION ET PERSPECTIVES 50

BIBLIOGRAPHIE 51

ANNEXE 52

Retours d'expérience 2021-2022 52
Retours d'expérience 2020-2021 58

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : CLOUD HYBRIDE ET MULTICLOUD. SOURCE : GT CIGREF 2020 14

FIGURE 2. ARBORESCENCE DE DECISIONS POSSIBLES 16

FIGURE 3. LES CHEMINS DE MIGRATION : COUTS ET VALEUR METIER. SOURCE : REX AIR-FRANCE KLM 23

FIGURE 4. NIVEAU DE BENEFICES REALISES EN FONCTION DES CHOIX DE MIGRATION. SOURCE : ACCENTURE 23

TABLE DES ENCARTS

QUE SIGNIFIE « MULTICLOUD » ? 19

INDICATEUR DE PREPARATION AU CLOUD (« *CLOUD READINESS* ») ET INDICATEUR MULTICLOUD (« *CLOUD STICKINESS* ») 24

QUI EST CAST ? 56

INTRODUCTION

Le présent rapport est une refonte actualisée de la première version du rapport Stratégies de migration dans le cloud.

Présenté l'an dernier comme le socle incontournable pour les systèmes d'information des entreprises et des administrations publiques, le cloud continue son déploiement au sein des organisations. En effet, en 2021, le cloud est présent dans 21% des entreprises européennes, soit cinq fois plus qu'en 2018, selon Eurostat. La question n'est donc plus tant de savoir si l'on doit migrer son système d'information dans le cloud, mais *comment* le faire.

Le groupe de travail a pu constater que chaque entreprise est un cas particulier : l'objectif de cette deuxième année a été notamment de partager des retours d'expériences, pour que chaque organisation puisse se nourrir des informations dont elle a besoin, découvrir de potentiels risques auxquels elle s'expose, et le cas échéant, de s'en prémunir.

QUELQUES DÉFINITIONS

Les définitions présentées dans le rapport *Stratégies de migration dans le cloud*[1] l'an passé sont toujours d'actualité et constituent le socle incontournable des échanges et de l'appréhension du présent livrable. Elles sont donc rappelées ci-après.

Un cloud est au départ une solution technologique, mais sa définition dépend avant tout de l'usage qu'on en fait. Certains auront une compréhension « service » du cloud, et d'autres l'aborderont par le prisme « technologique ». Les premiers penseront « applications et services utilisateurs » ; pour les seconds, ce sera « infrastructures et *datacenters* ». Les deux sont évidemment liés, mais l'usage, les clients et les compétences requises sont différents.

Le cloud est l'accès, via un réseau de télécommunication, à la demande et en libre-service, à des ressources informatiques partagées et configurables. Le cloud offre de la puissance informatique pour industrialiser, standardiser et faire des économies d'échelle par la mutualisation des ressources de stockage et de calcul. Le cloud permet aussi de mutualiser la maintenance des systèmes, tout en faisant bénéficier l'entreprise de la facturation à l'usage. Cela participe à l'optimisation des ressources et des coûts, et contribue à la concentration des équipes IT sur des tâches à valeur ajoutée. Grâce à son agilité à fournir des ressources informatiques, le cloud contribue aussi à ce que les entreprises puissent expérimenter rapidement de nouveaux services.

Dans son rapport sur le sujet publié en 2015[2], le Cigref définit quatre fondamentaux pour le cloud :

1. Un cloud est toujours un espace virtuel, lequel peut être stocké sur un ou plusieurs supports physiques,
2. Contenant des informations qui sont fragmentées,
3. Dont les fragments sont dupliqués et répartis (ou distribués) dans cet espace virtuel,

[1] Rapport Cigref Stratégies de migration dans le cloud. Une aventure stratégique pour l'entreprise, https://www.cigref.fr/strategies-de-migration-dans-le-cloud-une-aventure-strategique-pour-lentreprise
[2] Rapport Cigref : réalité du cloud dans les grandes entreprises, 2015, https://www.cigref.fr/rapport-cigref-la-realite-du-cloud-dans-les-grandes-entreprises

4. Qui possède une « console (ou programme) de restitution » permettant de reconstituer l'information.

La proposition de services cloud sur mesure facilite la prise en main, l'utilisation, et l'évolution des infrastructures ou des applications par l'utilisateur ainsi que l'adoption de solutions standards par le mode SaaS. L'architecture du SI devient alors plus flexible et résiliente et permet également de délivrer des services « agiles » (« *Business as a Service* »), et donc d'innover et de s'ouvrir plus facilement à l'écosystème des utilisateurs.

Dans le cadre de ce document, tentons de clarifier succinctement quelques termes utilisés :

- ***Datacenter*** (plus largement utilisé que le mot français « centre informatique » ou « centre de données ») : site physique regroupant des installations informatiques (serveurs, routeurs, commutateurs, disques durs, ...) chargées de stocker et de distribuer, à travers un réseau interne ou via un accès Internet, des données appartenant à une ou plusieurs entreprises ;
- **Sur site** ou en anglais *on-premises* : utilisation des matériels informatiques de l'entreprise pour ses propres systèmes et applications ;
- **Cloud privé interne** : mise en place et utilisation des technologies cloud dans une infrastructure dont l'entreprise a le contrôle, que ce soit dans les *datacenters* de l'entreprise ou dans un *datacenter* colocalisé (« *outside in* ») ;
- **Cloud privé externalisé** : utilisation de technologies cloud mises à disposition par un fournisseur sans mutualisation des serveurs entre clients ;
- **Cloud public** : utilisation des technologies cloud mises à disposition par un fournisseur, qui offre des ressources mutualisées et standardisées dans le monde entier ;
- **Cloud de confiance** : utilisation de technologies cloud qui répondent à des exigences techniques, technologiques, juridiques, de contrôle, de sécurité, de réversibilité, de portabilité, d'interopérabilité et de transparence imposées par le marché et les pouvoirs publics (cf. Référentiel du cloud de confiance du Cigref[3]) ;
- **Cloud hybride** : utilisation simultanée et coordonnée de ressources cloud publiques et privées, interne et externe, privé et public ;
- **Multicloud** : utilisation coordonnée de plusieurs cloud de même nature, publique ou privée, selon les besoins et usages ;
- **Colocation ou « *datacenter* de colocation** » : utilisation d'un centre de données opéré par un tiers dont les espaces sont loués à plusieurs clients pour y héberger leurs systèmes d'information.

CONTEXTE ACTUEL

Ainsi que le met en avant le *Rapport d'orientation stratégique* du Cigref, le Cloud est désormais le « socle incontournable de la structure numérique des données », et partant il commande tous les autres domaines de l'IT (IoT, 5G, quantique, etc.)[4]. La pandémie a rendu les solutions cloud encore plus prisées, notamment du fait de leur adaptabilité au mode de travail hybride. Le cloud devient donc indispensable pour les entreprises.

[3] *Trusted cloud. Reference document* V02, 2022, https://www.cigref.fr/le-cigref-accueille-favorablement-lannonce-du-projet-de-creation-de-numspot

[4] Rapport d'orientation stratégique du Cigref. Futurs numériques : quelles trajectoires ? 2021, https://www.cigref.fr/rapport-orientation-strategique-2021-cigref-futurs-numeriques-quelles-trajectoires

Aussi, les organisations ont à s'interroger sur l'offre la plus adaptée à leurs besoins et à leur stratégie ; alors que le cloud public mis à disposition par un fournisseur permet d'accéder à des ressources « mutualisées et standardisées quasi infinies et dans le monde entier », le cloud privé offre le contrôle de l'infrastructure par les entreprises. Mais reste à opter pour un cloud privé interne (dont l'entreprise assure l'ingénierie) ou bien pour un cloud privé externalisé (dont l'architecture hérite autant que possible des solutions standardisées d'un cloud public). Elles ont aussi la possibilité de se tourner vers le cloud hybride, qui consiste en l'usage de plusieurs types de cloud (privé interne/externe et public). Et enfin, elles peuvent favoriser le multicloud, qui permet d'utiliser de façon « coordonnée plusieurs fournisseurs de cloud public selon les besoins et les usages »[5] au prix de couches techniques additionnelles rendant l'environnement cloud « sans couture ».

En parallèle de ces raisonnements techniques, l'aspect politique et financier de ce choix est à intégrer. Par exemple, certains fournisseurs cloud n'hésitent plus à financer en partie les projets de migration de leurs clients (ex : aide dans la formation des équipes internes), avec des contrats engageant à long terme en contrepartie. Ces paramètres sont autant d'éléments à prendre en considération dans les relations commerciales des entreprises, et plus précisément dans leurs stratégies de migration dans le cloud.

De même, la demande accrue de solutions cloud s'accompagne de changements dans les politiques de facturation des fournisseurs et de leurs services « managés ». Pour les solutions logicielles, on observe aussi un glissement du *on-premises* vers un modèle uniquement en SaaS ce qui ajoute à l'hétérogénéité possible des architectures cibles et accroît encore la dépendance des entreprises à leur fournisseur.

Ce contexte d'augmentation des besoins et conséquemment des échanges générés met en relief les questions de sécurité et de protection des données, ainsi que d'indépendance vis-à-vis des solutions extra européennes (ou solutions étrangères). La question de la souveraineté des environnements cloud est posée depuis plusieurs années. Des réponses commencent à apparaître, ajoutant encore à la variété des possibilités et des scénarios.

Ainsi, la commission européenne inscrit à son agenda 2022 « *A Europe fit for the digital age* », allouant 7 588 millions d'euros au budget digital pour la programmation 2021-2027[6]. La protection du patrimoine informationnel européen fait apparaître le besoin d'une autonomie stratégique. Les entreprises sont donc à la fois dans une recherche d'innovation et de compétitivité, tout en étant conscientes des défis qui se posent à elles pour assurer la protection de leurs données (business et financières) et employer les meilleurs outils technologiques.

ENJEUX DU GROUPE DE TRAVAIL

Le groupe de travail « Stratégies de migration dans le cloud » s'est inscrit dans la continuité des travaux menés les années précédentes. Ceux-ci soulignaient le besoin d'aller plus en avant dans l'étude de thématiques comme la gestion des données, le financement et les choix d'hébergement cloud parmi l'éventail des possibilités.

[5] Rapport Cigref : Stratégies de migration du SI dans le cloud, 2021, https://www.cigref.fr/strategies-de-migration-dans-le-cloud-une-aventure-strategique-pour-lentreprise

[6] « Le programme pour une Europe numérique reçoit le feu vert du Conseil », Communiqué de presse du Conseil de l'UE, 16/03/2021, en ligne :https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2021/03/16/digital-europe-programme-gets-green-light-from-council/

L'objectif était donc de s'appuyer sur des expériences concrètes, en cours ou achevées, d'en tirer les enseignements, et plutôt que d'approcher le sujet par une phase d'étude théorique, de **partager des résultats, des observations, des recommandations ou des alertes**.

Afin de répondre au mieux aux interrogations liées aux stratégies de migration dans le cloud, le GT s'est donc fixé les objectifs suivants :

1. Analyser les critères de choix cloud privé / cloud public, notamment les opportunités technologiques et les facteurs différenciants juridiques ou contractuels ainsi que les freins et leviers à prendre en compte ;
2. Mesurer l'attractivité des offres cloud, en distinguant notamment les solutions cloud hébergeant les « environnements dédiés data » et celles hébergeant plutôt les applications transactionnelles ;
3. Définir et appréhender le multicloud, afin de déterminer s'il peut constituer une réponse pertinente aux difficultés anticipées par les entreprises dans le cadre de leur migration cloud.
4. Analyser les perspectives d'évolution du marché du cloud (cf. rapport KPMG, avril 2021)
5. Évaluer les innovations à venir dans les technologies du cloud (omnicloud, approche prospective…)

1 POURQUOI ALLER DANS LE CLOUD ?

Dans ses travaux menés en 2020-2021, le groupe de travail avait tenté de répondre à la question : « pourquoi » aller dans le cloud ? et s'était focalisé sur les critères de la migration.

Les membres étaient tous engagés dans un processus de migration vers le cloud, *a minima* par des solutions SaaS. En effet, l'usage du cloud concerne tous les secteurs d'activité, y compris ceux pour lesquels la donnée est un sujet sensible.

L'importance de la démarche et de ses conséquences dans la vie des entreprises avait été soulignée. La migration est en effet l'occasion de faire évoluer les technologies de réseaux, avec parfois des effets secondaires intéressants, comme l'accompagnement des filiales à l'étranger, dont la maîtrise des télécoms est parfois moins bonne. Mais cette transformation n'est pas uniquement d'ordre technologique, elle a aussi des répercussions sur le modèle financier.

De plus, la réflexion autour de la stratégie cloud invite également à se demander si l'entreprise migre dans le cloud *afin de changer ses façons de faire,* ou bien, si *les changements sont une conséquence* de la migration. Il est certain que la démarche n'est pas uniforme : elle dépend d'une multitude de facteurs, comme le cœur de métier de l'entreprise, ses besoins, ses attentes, ses futurs projets.

Il y a un écart très important entre les promesses de la « facilité d'exécution » et la réalité.

Aujourd'hui la migration dans le cloud est toujours d'actualité pour les organisations, et elle est impulsée par de multiples motivations. Cette migration représente en outre une mutation stratégique pour les grandes entreprises et les administrations, avec son lot de défis et de freins identifiés.

1.1 DE MULTIPLES MOTIVATIONS POUR LES ORGANISATIONS

Au départ, les entreprises et organismes publics qui s'engagent dans cette démarche de migration dans le cloud poursuivent un certain nombre d'objectifs :

- Répondre aux nouveaux enjeux *business* et à la pression des directions métiers ;
- Gagner en agilité, réactivité, flexibilité et *time-to-market*, déploiement à l'échelle ;
- Bénéficier des nouvelles technologies, services packagés et notamment pour les données ;
- Obtenir une couverture mondiale et une réplication géographique ;
- Harmoniser et centraliser des systèmes permettant des économies d'échelle ;
- Sécuriser ses systèmes d'information ;
- Réduire la dette technique par l'utilisation des services managés et des outils d'automatisation proposés par les fournisseurs cloud ;
- Rationaliser ses *datacenters* et ses infrastructures ;
- S'adapter à une variabilité du business (pics et creux d'activité) ;
- Promouvoir de nouvelles méthodes de travail des équipes IT agiles ;

- Mener une stratégie de fidélisation et d'attractivité de talents via un programme d'*upskilling* et d'accompagnement des collaborateurs ;
- Intégrer plus nativement les équipes de Devs et d'Ops, avec pour objectif la construction d'une chaîne de valeur Biz/Sec/Ops ;
- Bâtir des plateformes business et ouvrir des potentialités d'innovation.

Mais une fois la migration engagée, de nouveaux avantages apparaissent :

- Valoriser les solutions financièrement et optimiser les coûts IT ;
- Profiter des opportunités technologiques permettant notamment de faire un grand inventaire SI ;
- Rendre autonome les équipes de développement pour la configuration des environnements et pour les mises en production ;
- Développer la stratégie d'hébergement futur de l'organisation (avenir du *datacenter* interne et du cloud privé) ;
- Faire évoluer les topologies de réseaux : abandon du MPLS, déploiement du SD-Wan, stratégie de *Zero Trust*.

1.2 UNE MUTATION STRATÉGIQUE

Chaque entreprise connaît une histoire de migration qui lui est propre. En effet, cette transformation profonde, qui touche tant la gouvernance, l'architecture, l'organisation que les RH et les fonctions des équipes, s'inscrit dans chaque cas dans un contexte bien particulier. Sont décisifs notamment, l'historique organisationnel, le parc applicatif de l'entreprise et ses choix technologiques passés. Il n'existe pas de solution *« one size fits all »*.

Les entreprises doivent évaluer la faisabilité de leur migration, leur « maturité cloud » (ou *cloud readiness*) et surtout anticiper les conséquences bénéfiques comme négatives de leur choix. En effet, il s'agit d'un projet de longue haleine, qui repose sur une pluralité de facteurs, certains internes, d'autres externes à l'entreprise.

Mais en dépit de la particularité de chaque situation, il ressort des échanges un constat consensuel : la migration du SI dans le cloud n'est pas un sujet qui relève de l'IT seule. Bien au contraire, cette « aventure stratégique » embarque toute l'entreprise et induit des changements profonds, et une vision nouvelle des modes de travail et des modes de vie : elle est d'ailleurs parfois qualifiée de « nouveau monde ».

1.3 QUELQUES FREINS IDENTIFIÉS

Loin de la vision idéalisée du cloud et de ses potentialités, on recueille des échos parfois très critiques sur la migration, il paraît important de lister ces freins identifiés par le groupe de travail. La pluralité des parcours de migration donne un aperçu sinon holistique, du moins assez global des difficultés les plus fréquentes.

Plusieurs freins - qui peuvent se transformer en obstacles - ne permettent pas la pleine adoption du cloud par les organisations. La question de la garantie et de la protection des actifs et des données tant d'un point de vue juridique que technique fait partie des principales préoccupations.

Parmi les principaux freins et obstacles identifiés dans le groupe de travail on trouve :

- Le manque de compréhension des enjeux du cloud par les dirigeants ;
- Les exigences réglementaires (OIV, réglementations sectorielles) ;
- L'exposition aux lois extraterritoriales lors du choix d'un fournisseur international ;
- La confidentialité des données de l'entreprise ;
- La protection des secrets commerciaux et financiers, technologiques et industriels ;
- La performance économique attendue ;
- La « cloudification » des systèmes critiques (ex : SI industriel) ;
- L'ampleur des investissements nécessaire (temps, moyens, ressources) pour des gains encore à démontrer ;
- L'arbitrage et la priorisation des projets ;
- Le déséquilibre dans les relations avec certains grands fournisseurs ;
- Le problème de la réversibilité lorsqu'on veut migrer ses données ou ses applications vers un autre fournisseur ;
- La maturité interne de l'organisation : ressources humaines, compétences. Les collaborateurs peuvent craindre pour la pérennité de leur emploi : retrait de leur périmètre de travail habituel, voire perte de leur emploi. Cette inquiétude peut aller jusqu'à freiner la migration cloud. Les responsables de cloud *on-premises* sont particulièrement touchés. Ces éléments sont approfondis dans la partie dédiée à la Stratégie de recrutement et de formation.

Prendre conscience de l'ensemble de ces freins permet entre autres d'anticiper et d'évaluer les risques face aux enjeux d'autonomie stratégique. De plus, le processus complexe de migration peut être en soi un facteur bloquant du déploiement. D'autant qu'il faut naviguer dans un écosystème qui se cherche et qui évolue. Enfin, les retours d'expérience montrent la complexité de la « cloudification » des systèmes critiques, qui semble être, pour certains participants, une question vraiment nouvelle, y compris pour leurs fournisseurs.

En outre, le sujet de la cybersécurité figure également parmi les freins identifiés : il est nécessaire de parvenir à un équilibre délicat entre confiance, liberté et sécurité. Il ressort des échanges sur ce point que les participants accordent plus facilement leur confiance aux grands *hyperscalers*.

Tous ces éléments sont à prendre en considération dans la stratégie et les choix de migration en fonction des risques qu'ils engendrent pour chaque organisation.

Ainsi, dans certaines entreprises, le *datacenter* peut être opéré seulement par des collaborateurs internes pour assurer le contrôle de la sécurité, la protection du savoir-faire « cœur de métier » et de la propriété intellectuelle.

2 COMMENT ALLER DANS LE CLOUD ?

La plupart des organisations membres du Cigref abordent la migration en utilisant plusieurs ressources de cloud : cloud interne et externe, privé et public (cloud hybride – cf.1) et en faisant appel à plusieurs fournisseurs de cloud public, de façon coordonnée, selon les besoins et usages (multicloud – cf.2) :

1) Cloud hybride : les organisations accroissent leur utilisation des services cloud par une stratégie d'achat de solutions cloud et/ou par la migration du parc applicatif existant (par « *lift & shift*[7] » et/ou modernisation applicative). Le SI existant (ou *legacy*, souvent dans les centres de données des entreprises ou de leurs prestataires) et les applications maintenues dans les clouds privés côtoient ainsi les services hébergés dans le cloud public.

2) Muticloud : les organisations choisissent de recourir aux compétences de plusieurs fournisseurs de services cloud, afin de bénéficier des services les plus performants et compétitifs du marché et de limiter par la mise en concurrence le risque d'enfermement auprès d'un seul fournisseur technologique.

Remarque : Entre les deux cas précités d'Hybrid cloud et du Multicloud, il existe également le « mono cloud », qui comme son nom l'indique consiste pour une organisation à n'avoir qu'un seul cloud.

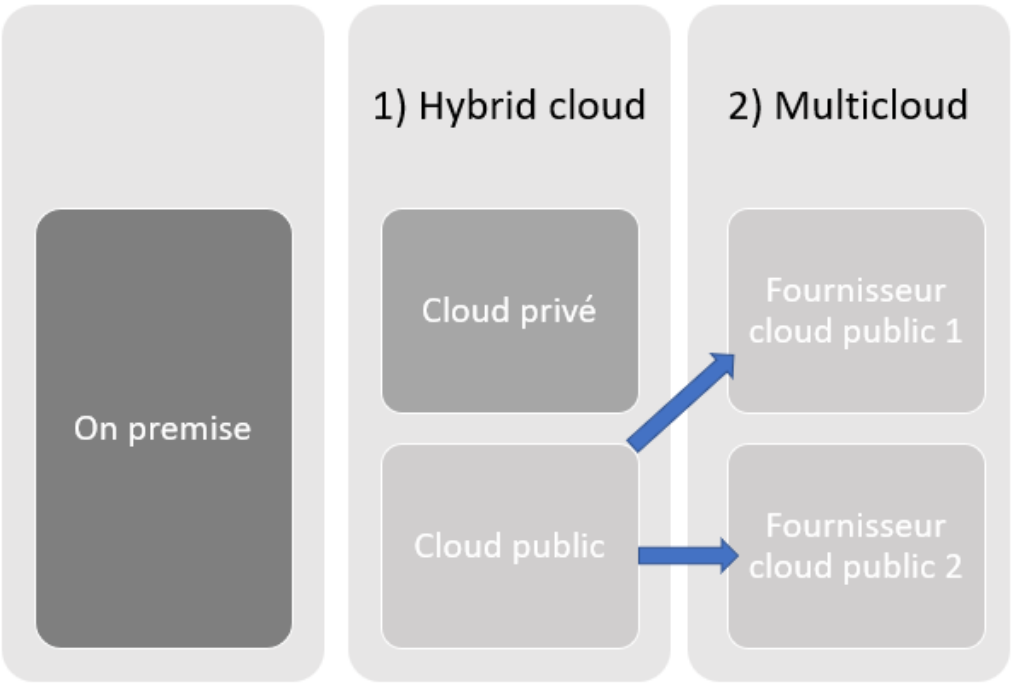

Figure 1 : Cloud hybride et multicloud. Source : GT Cigref 2020

[7] Le *lift & shift* est une méthode de migration vers le cloud de type « réhébergement » ou « *resintall* ». Cette technique très basique est utilisée pour opérer rapidement la migration. Elle ne présente donc que peu de bénéfices, notamment au plan scalabilité, contrairement à des méthodes de migration qui transforment en profondeur les applications telles que le réarchitecturage. De plus elle ne permet pas de traiter la dette technique. Pour plus d'information, cf. Options de transformation du parc applicatif.

Une fois les raisons de la migration dans le cloud identifiées, la DSI suit un certain nombre d'étapes incluant une cartographie des applications, le choix de la méthode de migration, l'utilisation de critères de « *cloud-readiness* », ainsi que la négociation d'un type de partenariat et de contractualisation avec le ou les fournisseurs.

2.1 L'OBJET DE LA MIGRATION : APPLICATIONS ET/OU DONNÉES ?

La migration dans le cloud exige d'effectuer d'importants choix stratégiques. Il s'agit tout d'abord de décider du périmètre de la migration : soit des applications, soit des données.

Le groupe de travail a noté une claire distinction entre la prise en charge des applications et celle des données brutes non structurées qui ne sont pas créées ou intégrées dans une application (matière première, volumétrie). Les enjeux, les motivations et l'investissement sont de nature très différente.

Cette différence de prise en charge entre applications et données se retrouve alors dans les choix stratégiques et nécessite une gouvernance globale des données[8]. Le choix même des fournisseurs est motivé par des raisons distinctes (cf. chapitre Gestion de plus en plus complexe des fournisseurs) et cette différence peut conduire à une forme de multicloud dans les entreprises.

Il semble que le choix de migrer ses données dans le cloud relève d'abord et surtout d'enjeux business, avec pour objectif premier de tirer pleinement parti de toutes les possibilités de traitement. Les entreprises choisissent généralement de mettre en place de grands entrepôts de données utilisant des solutions *open source* sur le cloud. L'utilisation du cloud pour y stocker et traiter les données est tout de même liée aux choix que l'entreprise va faire pour ses applications. La migration des applications dans le cloud permet d'y apporter des données structurées que les entreprises souhaitent aussi croiser avec les données non structurées.

On se retrouve alors dans un contexte où la donnée est partout, dispersée et répliquée à plusieurs endroits, pouvant créer de véritables *« data swamp* » (marécages de données). Cette situation rend très complexe le traitement et le croisement de toutes les données, ainsi que le travail d'analyse (*data analytics*). Ce sujet éminemment important est particulièrement développé dans la quatrième partie du présent rapport, consacrée à la migration applicative.

Dans les applications, on distingue : les applications SaaS qui sont achetées clé en main, et les applications à migrer dans le cloud (IaaS ou PaaS).

Pour chaque application, il faut définir l'hébergement de destination (la *landing zone,* en anglais), sélectionner le fournisseur le plus adapté quand l'entreprise ne développe pas son cloud interne elle-même. Les options d'hébergement peuvent être d'utiliser des technologies cloud dans le *datacenter* propre de l'entreprise ou de son prestataire, de migrer vers un cloud privé ou alors vers le cloud public.

Une fois, le périmètre et l'hébergement décidés, l'entreprise doit choisir la « situation future » de chaque application sur cette nouvelle destination, c'est-à-dire effectuer un choix parmi les différentes options de transformation applicative (cf. partie 2.2. Migration applicative), et l'horizon de temps dans lequel chaque application sera transformée.

Ces décisions doivent prendre en compte de nombreux paramètres : enjeux stratégiques, compétences internes, état du parc applicatif, exigences environnementales, etc. Chaque entreprise

[8] Un rapport Cigref *Gouvernance & Architecture Data et Analytics* paraîtra à l'automne 2022, suite aux travaux menés par le groupe de travail dédié.

établit donc généralement une arborescence de décision et une grille d'évaluation des applications pour déterminer ce qu'elles vont devenir et mettre en place une feuille de route priorisée de la migration applicative (cf. figure ci-après).

Pour la plupart des entreprises, **la finalité n'est pas de migrer l'intégralité du SI dans le cloud**, en particulier quand leur SI comprend des données sensibles. Il s'agit donc de trouver les meilleures opportunités qu'offre le cloud à l'entreprise.

De façon très générale, non exhaustive, on peut représenter cette arborescence simplifiée ainsi :

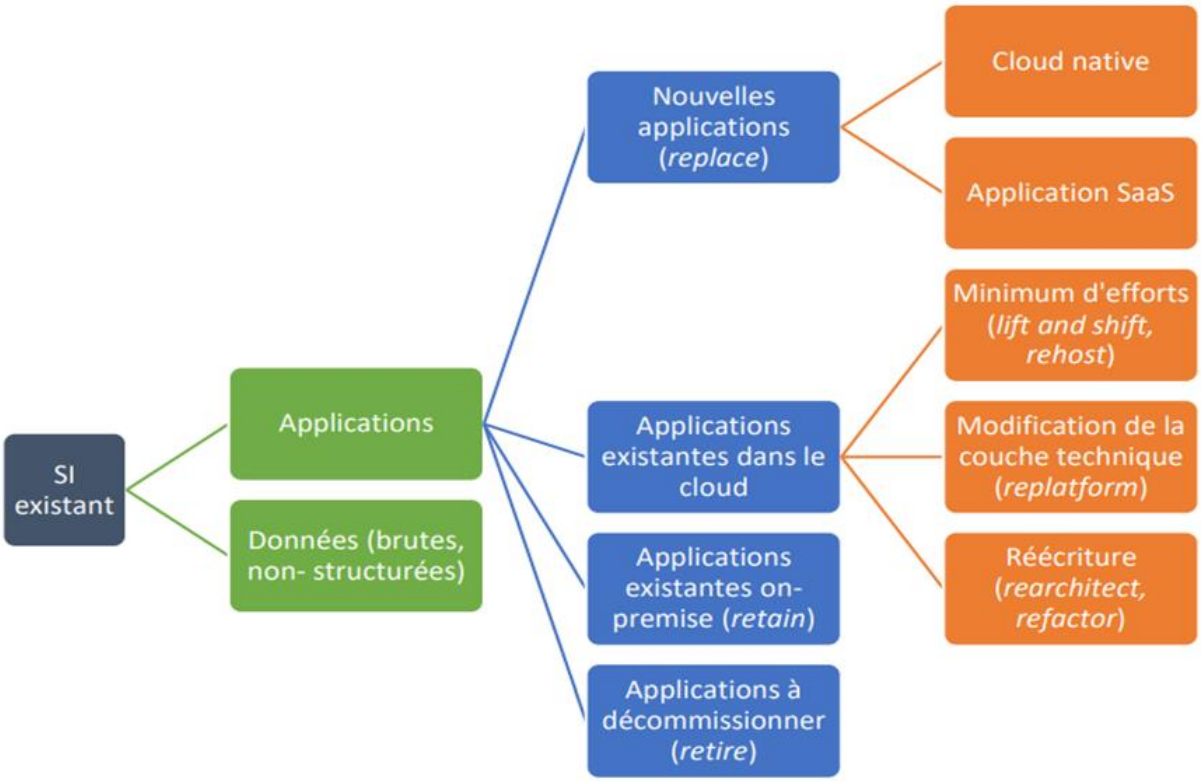

Figure 2. Arborescence de décisions possibles

Selon la stratégie des *cloud providers* dite des « 7 Rs »[9], il faudrait ajouter aux solutions présentées ci-dessus le « *Rebuild* ». Cette solution est préconisée lorsqu'il apparait que « ré-architecturer » une application demanderait un effort trop significatif. Ce coût est mis en balance avec l'intérêt de l'application pour les métiers : par exemple, si le *rearchitect* parait complexe et qu'on note une baisse de la prise en charge de l'application pour les métiers[10].

Par ailleurs, il peut être intéressant, quand le parc applicatif est *on-premises* de distinguer :

[9] Selon les sources, il est fait référence aux 5 Rs, au 6 Rs voire même aux 7 Rs. Ce sont le plus souvent les 5 Rs qui sont présentés. Les 7 Rs désignent les parcours de migration suivants : *Rehost, Replatform, Refactor* ou *Rearchitect, Repurchase* ou *Replace, Relocate, Retain* et *Retire*.

[10] Cf. Article « Rationalisation du cloud », site de Microsoft, https://learn.microsoft.com/fr-fr/azure/cloud-adoption-framework/digital-estate/5-rs-of-rationalization, 22/09/2022.

- D'une part, les applications métiers pour lesquelles il faut aller plus avant dans l'aspect fonctionnel et architectural, avec les *Business Owners*, les Devs et les Ops ;

- D'autre part, les services partagés (*shared-services)* qui assurent les fonctions transverses liées à l'identité, au monitoring, au *back-up,* etc.

Quid des applications dites « on-premises » ?

Si le schéma ci-dessus se focalise sur les applications déjà existantes dans le cloud, il n'en demeure pas moins que le parc applicatif, qu'il soit dans le cloud ou *on-premises*, invite à s'interroger sur la stratégie de migration à mettre en œuvre. La démarche présentée est donc également valable pour des application dites « *on-premises* ».

2.2 DÉVELOPEMENT DE LA STRATÉGIE DE CLOUD HYBRIDE

La plupart des grandes entreprises sont engagées de fait dans des stratégies de mise en place d'un cloud hybride, en raison de leur SI existant, stocké dans leur *datacenter* historique, propriétaire ou loué. À l'issue de cette deuxième année de travail de notre groupe, **le cloud hybride est fortement recommandé par les membres**. Celui-ci est perçu comme une innovation, avec **deux avantages principaux**. D'une part, il est utile pour optimiser les relations fournisseurs, et ouvre de nombreuses possibilités. D'autre part, il facilite l'optimisation des coûts, et ce d'autant plus lorsque l'entreprise adopte une bonne démarche FinOps, qui est d'ailleurs presque systématiquement adossée à une stratégie Green Ops.

Les services, ou la recherche de la valeur ajoutée prennent une place plus importante dans les motivations à opter pour un cloud hybride, sachant que les services managés, et surtout les solutions « packagées », existent dans le cloud hybride. Parvenir à l'hybridation demande un investissement en temps et une certaine anticipation. L'enjeu est de ne pas se retrouver en forte dépendance vis-à-vis d'un *hyperscaler*. De plus, rares sont les services *on-premises* qui peuvent être pris en charge dans le cadre d'une licence perpétuelle.

Les membres soulèvent un changement relatif à la perméabilité ; auparavant les solutions étaient *designées soit* pour le cloud privé soit pour des solutions *on-premises*. Aujourd'hui, il existe des solutions quasi uniques pour le cloud hybride. Ex : Microsoft qui était spécialisé dans les solutions *on-premises*, puis s'est orienté vers le cloud public, se tourne aujourd'hui vers le cloud hybride.

Beaucoup d'entreprises ont commencé leur voyage dans le cloud par l'utilisation d'un cloud privé externalisé. Certaines ont fait le choix d'aller directement dans le cloud public dès 2013 mais elles étaient peu nombreuses. Plusieurs gèrent actuellement l'équilibre entre le maintien de leurs actifs dans le cloud privé et leur souhait d'augmenter leur utilisation du cloud public. Il reste des entreprises qui ont encore très peu d'informatique utilisant les technologies cloud. Quelques administrations ou entreprises soumises à des réglementations spécifiques ont constitué leur propre cloud privé sur des infrastructures propriétaires.

Aujourd'hui, nombre d'entreprises reconnaissent qu'il est de plus en plus « facile » de migrer leur parc applicatif dans le cloud public. Les offres du marché surmontent progressivement les obstacles initialement identifiés au niveau de la sécurité, de la protection des données dont le contrôle de la propriété intellectuelle, et des compétences. De plus, dans le cas d'une organisation ayant choisi de migrer dans le cloud public, il y a un consensus parmi les contributeurs pour considérer que le

développement de toutes les nouvelles applications se fera nativement dans le cloud public sauf contraintes spécifiques (techniques, financières, de confidentialité).

Certaines DSI ne souhaitent cependant pas redévelopper leur SI existant non « *cloud ready* » (legacy), il restera donc un résiduel plus ou moins important selon les entreprises et leurs choix stratégiques. Tant que l'entreprise possède ce SI existant, il n'est pas conseillé d'en faire la migration seulement pour des raisons économiques. Par exemple, le système d'encaissement des supermarchés est un système distribué installé en magasin, presque en mode *edge computing* avant l'heure, qui va perdurer pour un certain nombre d'années encore.

À l'inverse, pour des questions fonctionnelles, la DSI peut choisir de reconstruire et transformer ce SI existant pour migrer dans le cloud (public / privé), et pour tirer pleinement profit des services cloud.

2.2.1 ENJEU DES DONNÉES SENSIBLES ET CRITIQUES

Le ratio entre les données sensibles et critiques et l'ensemble du reste des données de l'entreprise reste également un élément déterminant dans l'appréhension de la migration dans le cloud public.

Si ce ratio est très faible ou perçu comme très faible, l'entreprise peut alors choisir de migrer dans le cloud beaucoup de ses actifs informatiques et conserver en interne le restant de données sensibles.

À l'inverse, si ce ratio est très important, l'entreprise ou l'organisation hésitera à migrer dans le cloud, n'ayant pas suffisamment de garantie pour la protection des données et leur confidentialité, en particulier en ce qui concerne les plateformes industrielles.

Par ailleurs, les questions de continuité de services, au sein du périmètre d'une usine par exemple obligent à conserver en interne certaines données (par exemple par crainte d'inaccessibilité du cloud en cas de problème télécom).

Certaines données resteront donc forcément dans leur environnement sur site. Des données qui n'ont pas vocation à être mises dans le cloud pourraient l'être dans les plateformes *edge*.

L'étude du Cigref sur le besoin de cloud de confiance indique qu'environ 15 % à 25 % des données, en fonction du secteur d'activité, sont suffisamment sensibles pour devoir être protégées des risques de services cloud extra-européens. Pour ces données, il sera alors nécessaire d'utiliser des services cloud qui, soit répondent aux exigences associées à un cloud de confiance, soit proviennent d'initiatives européennes telles que Gaia-X

2.2.2 DIMINUTION DU BESOIN DE CLOUD PRIVÉ INTERNE

Néanmoins, plusieurs arguments penchent pour une diminution du recours au cloud privé interne, donc géré par l'entreprise, qu'il soit hébergé dans ses propres *datacenters* ou dans ceux d'un prestataire :

- La rapide évolution technologique proposée par le cloud public exige d'utiliser des solutions les plus standard possibles et d'être en capacité de tenir le rythme de toutes les feuilles de route techniques des logiciels et des composants du SI.
- La pénurie actuelle de compétences pointues va se renforcer et la rétention des équipes devient très difficile du fait des exigences salariales.

- L'obsolescence de l'infrastructure impose des investissements considérables pour rester au niveau de disponibilité attendu.
- Les enjeux de sécurité numérique à garantir sont grandissants face à l'évolution permanente des menaces.
- Les exigences environnementales pourraient devenir très contraignantes sur tous les équipements.

Il y a de multiples raisons qui font dire qu'aujourd'hui les entreprises vont accélérer leur migration vers le cloud public. Dans le même temps la question du maintien d'un cloud privé et dans ce cas de son implémentation vont trouver des réponses différentes.

2.2.3 HYPOTHÈSES SUR L'AVENIR DU CLOUD PRIVÉ

Plusieurs options sont envisagées par les contributeurs du groupe de travail sur l'avenir du recours au cloud privé. Elles varient selon les stratégies des entreprises et selon les offres des acteurs (fournisseurs cloud, intégrateurs, opérateurs). Elles pourraient se résumer par (au moins) les trois modèles suivants :

Option 1 : maintien d'une plateforme cloud privé dans les infrastructures de l'entreprise, basée sur une plateforme spécialisée, du type *Openshift* ou équivalente ;

Option 2 : Disparition du cloud privé interne au profit d'un cloud unique avec deux composantes : d'une part la composante « cloud public » traditionnelle et d'autre part une composante « cloud privé » consistant à installer dans le domaine privé une « réplique » du cloud public via une solution convergée, matérielle et/ou logicielle proposée par les fournisseurs de cloud public (Azure Stack, AWS Outpost par exemple) ;

Option 3 : établissement d'un modèle, unique, le cloud public. Les cas justifiant un cloud privé n'existent quasiment plus et tous les efforts de modernisation des applications des entreprises se font en direction du cloud public.

2.3 ENJEUX DU MULTICLOUD

Alors que plusieurs participants ont entrepris une migration multicloud, parfois avec segmentation par domaine, soit opportuniste, soit en fonction des projets, le multicloud continue de questionner.

Le multicloud est-il réaliste ? L'entreprise a-t-elle les moyens de maîtriser deux ou trois spectres technologiques différents ?

Que signifie « multicloud » ?

Pour rappel, deux acceptions du multicloud sont communément admises :

- La première acception est l'utilisation dans le même SI de plusieurs fournisseurs de cloud, incluant de plus en plus ceux anticipés d'un cloud de confiance – pour différentes infrastructures et applications afin de tirer le meilleur parti des offres.

- La deuxième est la capacité de changer facilement de fournisseur sur un plan technique, l'aspect contractuel étant le plus souvent le point d'achoppement. Cela nécessite l'interopérabilité des plateformes d'hébergement, et la portabilité des applications d'une plateforme à l'autre.

Le multicloud donne aussi la possibilité de distribuer les *workloads*[11] en fonction des critères FinOps, et des critères stratégiques, en fonction des relations souhaitées avec les différents cloud publics. Ce point soulève d'ailleurs la question de la mise en compétition des fournisseurs de solutions cloud, de façon à obtenir la meilleure offre.

L'an passé, beaucoup de doutes ont été exprimés : le ticket d'entrée paraissait élevé pour arriver à un bon niveau de sécurité. Pour les participants, il faut veiller à ne pas remettre ses données et ses applications entre les mains d'un seul fournisseur. Il est préférable d'opter pour un fournisseur A pour les applications, et un fournisseur B pour les données. Le groupe de travail a vu également l'arrivée des questions de confiance, y compris avec les *hyperscalers* américains.

Il faut aussi souligner la complexité de management du multicloud : en effet, le multicloud nécessite une montée en compétences sur plusieurs clouds (publics ou privés) et pose donc la question de l'accompagnement des collaborateurs. De même, utiliser plusieurs cloud publics signifie que les prix seront potentiellement moins avantageux chez chacun des fournisseurs. Bien que le multicloud promette des gains économiques, il est avancé que le multicloud sera probablement entravé par les fournisseurs eux-mêmes, qui n'ont pas intérêt à ce que les entreprises optent pour cette solution.

On constate aussi que de grands acteurs *digital natives (*Netflix, Spotify…) ont fait le choix d'un seul fournisseur cloud pour développer leur expertise et leur avantage concurrentiel en maitrisant une seule offre. Les entreprises traditionnelles, qui n'ont pas la même force de frappe, doivent faire attention au mirage des promesses multicloud, au risque de diluer leur expertise limitée.

Par ailleurs, la gestion des identités est une thématique d'importance croissante dans le multicloud.

Remarque : l'accompagnement par un intégrateur, bien que fréquent, n'est pas systématique, même pour les entreprises ayant recours au multicloud.

Le groupe de travail met en avant une prise de conscience de l'impact opérationnel potentiel (*cloud stickiness*…) justifiant de se tourner vers le cloud hybride, ou vers une stratégie multicloud verticale, par thématique. À ce titre notamment, le Cigref et le CISPE ont signé en avril 2021 une charte des dix principes pour un usage de licences logicielles équitables dans le cloud[12]. Les risques encourus ne sont pas seulement commerciaux, ils sont aussi politiques et géopolitiques, d'où l'intérêt de pouvoir basculer d'une solution à une autre.

Ces éléments invitent à étudier plus spécifiquement les migrations applicatives.

[11] *Workload* ou littéralement « charge de travail ». Il s'agit de la capacité de traitement d'un système d'information.
[12] Charte des dix principes pour un usage de licences logicielles équitables dans le cloud , CISPE et Cigref, Avril 2021, https://www.cigref.fr/dix-principes-pour-en-finir-avec-les-pratiques-deloyales-des-controleurs-dacces-logiciels

3 MIGRATION APPLICATIVE

La migration applicative est un des sujets qui a notablement retenu l'attention des membres lors des travaux de cette année. En effet, deux séances ont été consacrées à cette thématique.

3.1 MODALITÉS DE LA MIGRATION APPLICATIVE

3.1.1 LES GRANDES ÉTAPES DE LA MIGRATION APPLICATIVE

Quelle que soit l'organisation, les grandes étapes de la migration applicative sont plus ou moins similaires.

Une grande entreprise participante a détaillé son plan pour gérer la migration applicative qui est globalement identique d'une entreprise à l'autre. Elle distingue 5 étapes :

- Faire l'inventaire de toutes les applications du SI sur la base de critères définis ;
- Filtrer les applications qu'il ne faut pas évaluer ou migrer ;
- Évaluer les applications à migrer sur la base de 4 critères ;
- Revoir les résultats de l'évaluation dans un quadrant de priorisation ;
- Élaborer une feuille de route cohérente pour la DSI et l'entreprise.

L'entreprise a ainsi établi une grille d'évaluation des applications à migrer sur la base de 4 critères :

- Stratégie business & IT
- Technologie
- Complexité de leur migration
- Gestion des risques IT

Dans les grilles d'évaluation pour les applications sont identifiés des critères d'inéligibilité au cloud. Il peut s'agir notamment de critères réglementaires (législation stricte par pays ou par secteur pour certaines données), de confidentialité, d'obsolescence, ou de choix de changement de technologies.

Chacune des applications est ainsi positionnée dans un quadrant de priorisation avec en abscisse, l'indication du niveau de changement technique requis pour déployer l'application concernée dans le cloud et en ordonnée, le niveau de priorité métier.

3.1.2 OPTIONS DE TRANSFORMATION DU PARC APPLICATIF

La migration applicative pose principalement la question du choix de transformation à effectuer sur les applications, en vue de les migrer dans le cloud. Chaque application doit faire l'objet d'une décision.

On peut rassembler ces choix en 6 grandes familles :

- Minimum d'efforts :
    - *Reinstall* (ou « *lift & shift* ») : est l'action de migrer l'application telle quelle.
    - *Rehost* : correspond au « *lift & shift* » mais avec un minimum de remédiation du système d'exploitation et des bases de données de l'application.

- Modification de la couche technique :
    - *Replateform* : permet de remplacer le niveau bas de l'application (qui correspond au passage vers PaaS).
    - *Redeploy* : correspond au redéploiement de l'application sur une nouvelle plateforme technique.

- Réécriture de l'application :
    - *Rearchitect* : modifie le code de l'application, avec un passage en *Continuous Integration and Continuous Delivery* (CICD) par exemple (sorte d'équivalent aussi du *refactoring* ou du *rewriting*).

- Remplacement :
    - *Replace* : correspond à la mise en place d'une alternative.
    - *Repurchasing* : correspond aussi à l'achat de nouvelles solutions sur le marché.
    - Conservation (*Retain*) équivaut au maintien de l'application avec une consolidation des environnements.
    - Décommissionnement (*Retire*) : permet de se séparer de l'application.

Lors d'un retour d'expérience plus amplement décrit dans les annexes, Air-France KLM s'est concentré sur quatre « chemins » de migration applicative :

- *Reinstall* (« *lift & shift* »)
- *Rehost*
- *Redeploy*
- *Replatform*

Chacun de ces chemins comporte à la fois un coût et une valeur métier, qui augmentent proportionnellement. Le *rehost* par exemple, représente une solution peu coûteuse mais dégage peu de valeur métier. Il faut noter que le « *Rearchitect* » est utilisé pour quelques applications complexes.

Air-France KLM s'est fixé un plan ambitieux, avec un nombre important d'applications à migrer par an, pendant la durée de son projet. Pour répartir les applications entre les différents chemins de migration, le groupe se fie à sa *Configuration management database* (CMDB) [13] pour trier ; certaines applications n'ont pas vocation à être migrées dans l'immédiat, d'autres « mourront » dans les 2 ou 3 ans à venir, et ne nécessitent donc pas de migration. Reste à analyser les autres applications, celles qui doivent être transformées, sachant que les plus complexes, en termes d'architecture et de technologie sont les applications cœur de métier.

[13] La *Configuration Management Database* ou CMDB signifie « base de données de gestion de configuration ». Elle donne une vue d'ensemble des composants d'un système d'information.

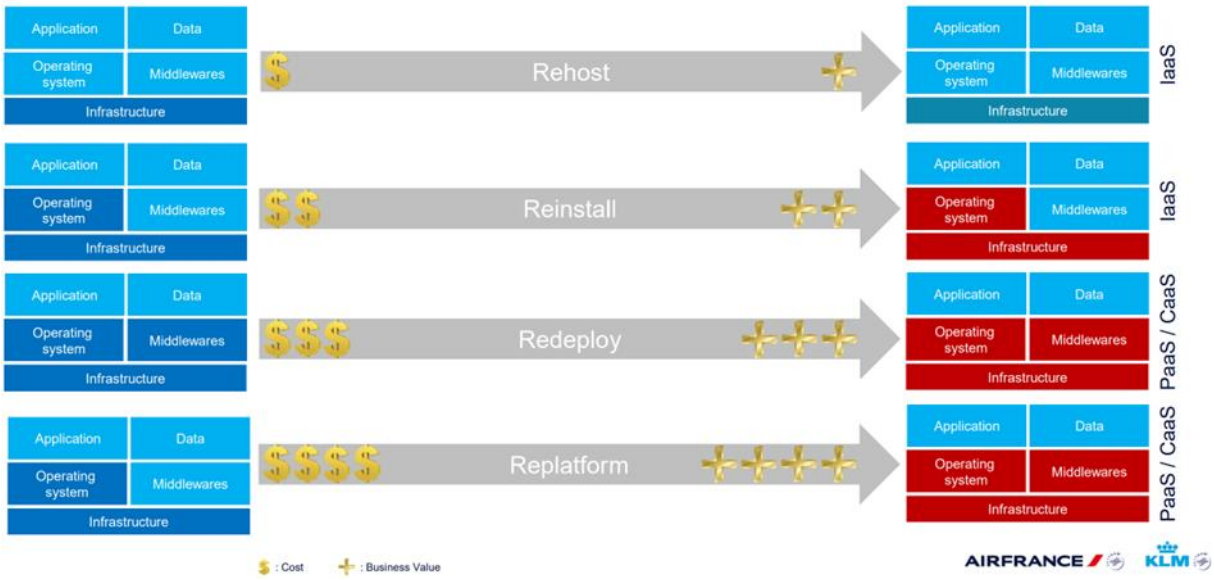

Figure 3. Les chemins de migration : coûts et valeur métier. Source : REX Air-France KLM

Cette appréciation des bénéfices et des coûts de la migration applicative selon le « chemin » choisi peut être rapprochée de l'évaluation du niveau de bénéfice pour chaque option de transformation présenté par Accenture lors de son intervention l'an passé. Le tableau ci-dessous tient compte des enjeux de l'entreprise, listés en colonne.

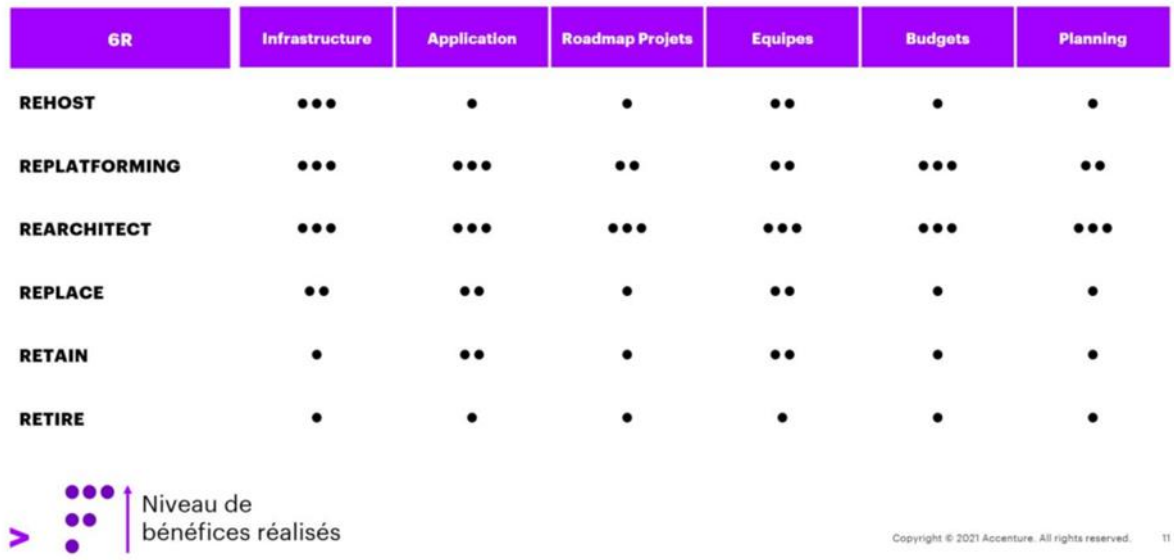

Figure 4. Niveau de bénéfices réalisés en fonction des choix de migration. Source : Accenture

Aujourd'hui, on observe que les entreprises internationales font beaucoup de « *lift & shift* » et de « *rehost* ». Le simple « *lift & shift* » est très limitant : il ne permet d'atteindre qu'une faible scalabilité horizontale (ou « élasticité »), et ne tient donc que peu les promesses du cloud. Pour tirer le meilleur

parti du cloud, il est préférable d'opter pour une transformation applicative. C'est la stratégie progressivement adoptée par les entreprises membres de ce groupe de travail.

Les entreprises se rendent compte qu'il n'y a souvent pas de « *lift & shift* » basique. Il faut prendre en compte la capacité de migration dans le cloud du SI existant, sa capacité à être compatible avec les technologies ou services cloud proposés par les fournisseurs.

Il faut réaliser un travail de préparation très conséquent des applications pour les rendre *cloud ready*. Le choix de réécrire les applications pour bénéficier des avantages du cloud engendre une augmentation des coûts de transformation nécessaire pour assurer des gains futurs. Ces points sont d'ailleurs explicités par la société Cast (cf « Indicateur de préparation au Cloud ou « *Cloud Readiness* » et indicateur multicloud ou « *Cloud Stickiness* »).

C'est pourquoi une entreprise qui décide de migrer massivement dans le cloud, choisira de ne pas y mettre certaines applications existantes historiques destinées à être décommissionnées dans les prochaines années.

3.2 CLOUD *READINESS*

La notion de *cloud readiness* a trait au degré de maturité de l'entreprise pour effectuer la migration dans le cloud. En amont, il appartient à l'organisation de préparer la transformation via une évaluation de son système d'information. Dans le cadre d'une migration applicative, la première des étapes est de dresser l'inventaire de toutes les applications du SI sur la base de critères définis.

Intervention de Cast

Indicateur de préparation au Cloud (« *Cloud readiness* ») et indicateur multicloud (« *Cloud stickiness* »)

Lors de son intervention, la société Cast a présenté ses **indicateurs relatifs au cloud : « *Cloud Readiness* » et « *Cloud Stickiness* »**, développés récemment et supportés par l'une de ses trois solutions : *Cast Highlight*. Cette solution s'appuie sur une analyse très rapide du code source des applications et compile un certain nombre d'informations pour fournir, sous forme d'indicateurs, des éléments de décision vis-à-vis d'un portefeuille d'applications. Deux indicateurs en particulier adressent les situations relatives à la stratégie cloud dont l'indicateur précité de « *Cloud Stickiness* », (évaluant l'adhérence) qui est le plus récent ajout à la solution. La solution fonctionne dans une logique d'inventaire et de classification des applications qui suit la segmentation 5R du Gartner. Cet outil recherche entre autres les « bloqueurs » et les « boosters » à la migration, et croise ces données avec les informations déclaratives fournies par l'entreprise : les raisons de son projet de migration, les objectifs qu'elle vise (ex : répondre à un objectif *business* ou exploiter un service managé de *machine learning*…).

L'indicateur de « *Cloud Stickiness* » s'appuie sur la recherche de *pattern* en relation avec 8 catégories de services pour vérifier le niveau de dépendance de l'entreprise à l'égard d'un

cloud provider. Ceux-ci correspondent à des services exclusifs fournis par l'*hyperscaler* qui nécessiteront des efforts supplémentaires pour migrer d'un cloud à un autre :

- Base de données propriétaire ;
- Stockage de fichiers ;
- FaaS (*serverless*) : point particulièrement important, car si le code est écrit avec les moyens proposés par un *hyperscaler* (Azure fonction pour Microsoft ou Lambda pour AWS ...), tout sera à réécrire pour passer chez un autre *cloud provider* ;
- ETL : toutes les transformations de données ;
- *Load balancing* : qui se complexifie dans les cas où l'entreprise dispose de solutions de conteneurisation ;
- *Monitoring* et *logging* pour l'observabilité ;
- DevOps et gestion de conteneurs ;
- Flux de données temps réel.

Les trois grands cloud providers, AWS, Google et GCP, ceux dont la stratégie est la plus forte en termes d'utilisation de services managés (ex : offres PaaS « clé en main »), sont au centre de l'offre de CAST.

Plus globalement Cast propose une segmentation du portefeuille d'applications selon la segmentation 5R du Gartner, en s'appuyant sur d'autres paramètres comme par exemple l'Agilité du logiciel, *i.e.* la capacité d'une application à prendre en compte facilement de nouvelles fonctionnalité donc de tirer plus facilement parti des services managés proposés par le cloud provider et augmenter rapidement la valeur métier de l'application, ou le *Business Impact,* qui permettra de choisir des applications à migrer et à élargir fonctionnellement pour obtenir plus rapidement et maximiser le ROI.

Dans l'exemple présenté, l'application qui a la plus grande adhérence au *cloud provider* est celle dont l'impact métier est le plus faible, et aussi celle dont l'évolution serait la plus complexe. On peut visualiser le détail des *patterns* d'adhérence : selon les 8 catégories précitées. Là encore, l'outil Cast aide l'entreprise à effectuer les meilleurs choix en fonction des paramètres, et donc des priorités stratégiques qu'elle définit.

[Plus d'information dans l'Annexe 4]

3.3 MIGRATION APPLICATIVE : COMPRENDRE SES ÉCHECS

Alors que le marché du cloud est en très nette expansion, il apparaît que seulement 30% des applications développées par les entreprises sont déployées sur le cloud, à savoir les applications les plus simples, qui requièrent les processus de migration les plus légers, ou bien les applications *cloud native* conçues spécifiquement pour un développement sur le cloud[14].

Pour expliquer ce phénomène, deux arguments sont avancés.

Premièrement, les applications en *legacy* sont très difficiles à migrer dans le cloud. La difficulté est telle, que dans près d'un tiers des cas, il est nécessaire de « rapatrier » lesdites applications vers les solutions *on-premises* dont elles étaient issues.

[14] *TECHnalysis Research Shows Cloud Workloads Vary by Platform, but Data Rules* : https://virtualizationreview.com/articles/2020/01/17/cloud-workloads.aspx

Deuxièmement, l'échec de la migration réside souvent dans la phase initiale des projets. Gartner souligne les « six façons de rater sa migration » : ***Wrong Team, Wrong Emphasis, Mistimed Work Effort, Rushed Application Assessments, Poor Landing Zone Design*** et ***Hidden Costs***[15]. S'agissant des migrations applicatives les « erreurs » les plus fréquentes sont *Wrong team*, *Rushed App Assessment* et *Mistimed Work Effort*.

Wrong team désigne le mauvais choix de partenaire pour effectuer la migration, ou bien, si la transformation est confiée à des équipes en interne, le manque d'expérience de ces dernières.

Rushed Application Assessment vise la situation dans laquelle l'entreprise pensait avoir « cerné » son parc applicatif lors de la phase initiale - dite phase d'*assessment* ou d'inventaire/évaluation - alors qu'en réalité, elle n'a pas pu véritablement comprendre l'architecture et les chaînes de dépendances, pour déterminer la capacité des applications à migrer (leur *cloud readiness*). Cela signifie en outre que l'entreprise n'a pas pris toute la mesure de la dimension sécurité de la migration, puisque celle-ci engendre une augmentation de la surface d'attaque.

Mistimed Work Effort provient d'une mauvaise anticipation du temps nécessaire à la transformation. En effet, 60% du temps de travail d'un développeur est consacré à la compréhension du projet, « ce qui doit être fait », alors que la migration représente seulement 6% de ce temps. Autrement dit, il faut 10 fois plus de temps pour comprendre l'application que pour la modifier et la migrer[16] !

Au cours des échanges, un participant fait remarquer que le fait même d'avoir un planning, bien qu'indispensable, est en soi une difficulté. Parfois, la pression des *deadlines* incite à « bâcler » la transformation cloud pour respecter les objectifs. Parfois les délais ne peuvent tout simplement pas être tenus, faute d'échéancier réaliste. Souvent les projets, pour être bien menés, nécessitent plus de temps que ce qui était anticipé au départ Sous-estimer ce temps peut nuire à la réalisation optimale du projet de migration.

Au cours des échanges, un participant fait remarquer que le fait même d'avoir un planning, bien qu'indispensable, présente des difficultés. Pour cause, les projets prennent plus de temps que ce qui était anticipé au départ. Par conséquent, la volonté de respecter les *deadline*s coûte que coûte peut inciter à « bâcler » la transformation cloud. Or. D'autre part, il est possible que les délais ne puissent pas être tenus, faute d'échéancier réaliste. Sous-estimer le temps nécessaire peut nuire à la réalisation optimale du projet de migration.

Plus qu'une mauvaise estimation du temps, le planning *réaliste* (donc sûrement plus long) implique de « dire la vérité ». Il existe donc deux possibilités :

- L'option *low-hanging fruits*, ou « solution la plus accessible » : l'entreprise choisit d'*aller vite*, procède par *lift & shift*, même s'il lui faudra sûrement reprendre ce travail ultérieurement en transformant plus en profondeur les applications, pour une véritable migration dans le cloud.
- Transformation plus longue : l'entreprise saisit l'opportunité de rénover son SI, elle effectue un « ré-architecturage » et accepte que la transformation prenne un certain temps.

Enfin un autre écueil à éviter est celui de la **frénésie du cloud**. Les équipes sont face à une abondance de services disponibles dans le cloud, il ne faut pas qu'elles se laissent emporter par le vaste champ

[15] Article Gartner « *6 Ways Cloud Migration Costs Go Off the Rails* », Juillet 2021, https://www.gartner.com/smarterwithgartner/6-ways-cloud-migration-costs-go-off-the-rails

[16] Ces chiffres proviennent de l'analyse faite par Cast, restituée lors d'une séance de travail. Plus d'information dans les annexes.

des possibles. De plus, une tendance est constatée : au sein des équipes en interne, il n'est pas rare que les collaborateurs affichent leur préférence pour une architecture qu'ils ont eux-mêmes construite, alors qu'un expert (un *hyperscaler*) propose déjà une architecture opérationnelle « rodée ». C'est ce qu'un des membres appelle le « ***not invented here*** » : il faut insister sur le besoin de lâcher prise sur un certain nombre d'orientations techniques, en faisant confiance aux intervenants extérieurs, dont l'expertise est démontrée. Que ce soit pour le choix d'un service ou celui d'un fournisseur de solution cloud, la recommandation est certes d'être le plus alerte possible lors du choix, mais d'accepter de s'en remettre à la solution adoptée une fois ce choix opéré, pour avancer et entrer dans le vif du sujet.

4 CE QUE PERMET AUSSI LA MIGRATION

Lors des discussions sur la migration dans le cloud, quelques similarités avec un déménagement d'un logement à un autre sont apparues. En effet, lors d'un déménagement, on fait généralement une sorte d'inventaire de ce qu'on souhaite déménager, *a minima* par grandes catégories. C'est aussi le moment de trier ses affaires, identifier celles qui ne sont plus utilisées, trop vieilles, ou que l'on décide qu'il est temps de changer, pour s'en débarrasser, l'équivalent simplifié du décommissionnement.

Cependant, il y a une importante différence entre un déménagement et une migration : la migration ne se fait généralement pas d'un point A à un point B. Il y a de multiples points A et, selon la stratégie adoptée, plusieurs points B aussi (cloud hybride et multicloud). Les nombreuses couches et environnements du SI complexifient largement ce processus. C'est un peu comme si on ne quittait jamais vraiment ses précédents logements, et qu'il fallait en permanence aller chercher les informations et données dans de multiples localisations.

Cette métaphore peut être complétée à l'aune des échanges récents du groupe de travail. Une des questions posées par les participants était de savoir si la phase la plus difficile de la migration n'était pas justement celle où l'entreprise est entre deux logements, paie deux loyers, et s'inquiète du sort de ces deux biens qui coexistent. Il semble effectivement qu'être « au milieu du gué » soit une situation bien plus complexe que d'avoir terminé sa migration ou de ne pas l'avoir commencée. C'est justement parce que le « *move to cloud* » est un projet inscrit sur le moyen terme qu'il est intéressant de relever les bénéfices indirects de la migration.

4.1 CARTOGRAPHIER SON PARC APPLICATIF

Dans le cadre d'une migration dans le cloud, il est nécessaire de faire la cartographie de son parc applicatif pour décider ce qui doit être migré et comment.

La cartographie du parc applicatif a un aspect financier, puisqu'il s'agit de connaître le coût complet d'une application. C'est également étape qui requiert l'embarquement des métiers, lesquels doivent être associés autant que faire se peut aux décisions de migration des applications candidates.

Au plan technique, il est nécessaire d'effectuer un travail de « peignage » du parc (outil, niveau de profondeur, typologie de *workload*, jusqu'à l'analyse du code parfois) afin d'aboutir à un inventaire fiable.

Cette cartographie est essentielle pour la migration du parc applicatif dans le cloud, elle permet plus globalement une meilleure gestion de son portefeuille applicatif mais aussi sert de révélateur de la dette et de l'obsolescence IT. De plus, une bonne connaissance du parc applicatif permet de ne pas consacrer trop de temps ou de fonds à des applications qui n'en valent pas la peine.

Cette analyse du parc applicatif peut être effectuée directement par l'entreprise, ou bien par une autre société à laquelle elle fait appel, de façon à avoir l'éclairage d'un tiers, et de pouvoir prendre la meilleure décision.

4.2 TRAITER LA DETTE TECHNIQUE DU SI

Traiter la dette technique du SI est un des moteurs de la migration. Il s'agit de « traiter » ou de « réduire » la dette technique, et non pas de l'éliminer.

La gestion de la dette technique (*Life Cycle Management*) est un argument majeur de migration dans le cloud. Elle devient plus simple, plus cohérente, mieux synchronisée, grâce aux outils disponibles.

On constate que la plupart des applications choisies pour être migrées dans le cloud sont dans le périmètre de la gestion de la dette technique, c'est-à-dire qu'elles sont considérées par l'organisation comme devant faire l'objet d'une modernisation selon les critères mis en place.

L'important travail de préparation des applications en *cloud ready* permet de moderniser les applications et composants obsolètes. L'arborescence de choix permet aussi de décider du décommissionnement qui est un challenge en lui-même à ne pas négliger.

Ainsi, certaines entreprises qui ont déjà dédié une partie de leur budget IT à la remédiation de la dette technique peuvent transférer ce budget pour la migration dans le cloud (substitution de budget ou évitement).

Les organisations sont donc obligées de traiter la dette technique dans la migration vers le cloud du parc applicatif. Néanmoins, il restera toujours une partie de dette technique, y compris dans le cloud mais celui-ci possède des outils pour y remédier de façon automatisée. Cela a été développé dans le rapport *Pilotage de la dette technique et de l'obsolescence* du Cigref[17], publié en mai 2021.

4.3 SÉCURISER SON SYSTÈME D'INFORMATION

L'entreprise doit trouver un équilibre entre la sécurité et l'opportunité technologique offerte par le cloud et pour cela définir une politique de sécurité ad hoc.

Les grands fournisseurs cloud ont les ressources financières et humaines suffisantes pour sécuriser leurs services cloud, ressources qui peuvent être supérieures à celles que peuvent y consacrer d'autres acteurs – plus petits fournisseurs, et entreprises. Il est donc intéressant pour les entreprises de s'appuyer sur cette capacité des *hyperscalers* à sécuriser leurs systèmes.

On considère que les entreprises peuvent obtenir une meilleure sécurité dans le cloud à moyens et ressources équivalents, à condition d'acculturer les équipes et de leur permettre de s'approprier les offres de sécurité des fournisseurs.

L'entreprise doit se doter d'une politique dédiée, de façon à intégrer les enjeux spécifiques et à garder la main sur les règles de sécurité. Certaines entreprises s'interrogent sur la meilleure façon d'embarquer les équipes de sécurité dans les environnements cloud, condition indispensable pour y parvenir. Par ailleurs, les entreprises doivent faire face à la décentralisation des applications dans les différents clouds, qui met à mal la cohérence d'ensemble du SI avec un effet d'« angles morts », et complexifie sa gouvernance centralisée en matière de sécurité.

Parmi les défis de cette situation, on peut mentionner la sécurité des conteneurs et des applications, la gestion des identifiants et des accès, la gestion des clés de chiffrement, la segmentation des réseaux, la gestion des vulnérabilités et des incidents, la conformité aux politiques de sécurité internes et leur

[17] Rapport Cigref : Pilotage de la dette et de l'obsolescence IT, mai 2021, https://www.cigref.fr/pilotage-de-la-dette-et-de-lobsolescence-it

suivi. La migration cloud invite fortement à traiter les vulnérabilités logicielles, mais aussi à traiter la dette technique de l'environnement d'exploitation (lister les OS obsolètes, déceler les manques de *patching*, etc.)

Au niveau de la sécurité des données, le chiffrement de bout en bout est présenté comme une avancée importante mais l'enjeu critique est de maîtriser les clés. Une entreprise membre s'est intéressée à la question et a identifié plusieurs étapes dans la réflexion pour aborder ce sujet complexe. Il faut d'abord étudier les offres technologiques, s'intéresser aux besoins de financement et d'innovation, identifier comment assurer le chiffrement en lui-même, maîtriser les clés en utilisant une autorité tierce (ne pas en être propriétaire), et enfin, faire monter en compétence les équipes sécurité et cloud. Cependant, le chiffrement semble limiter l'intérêt d'utiliser les services cloud, notamment pour analyser les données, si ces dernières sont chiffrées.

Par ailleurs, des concepts tels que le *Zero Trust* établi par Forrester, et le SASE (Secure Access Service Edge) développé par Gartner émergent (Remarque : il s'agit davantage d'une sécurisation des terminaux d'accès que du cloud en tant que tel). Ils sont de plus en plus étudiés par les équipes pour renforcer la sécurité et la connectivité des architectures cloud (cf. rapport Cigref Zero Trust[18]).

Les aspects de sécurité sont un élément à mettre en avant lors de la communication avec le top management, de même que la protection des assets et la souveraineté. La migration dans le cloud confère au système d'information une plus grande surface d'attaque : elle est donc porteuse de possibilités et de risques pour le SI.

4.4 AUTRES IMPACTS DE LA MIGRATION DANS LE CLOUD

La migration dans le cloud va également impacter la conception des réseaux d'entreprise et en particulier des réseaux WAN. Les entreprises doivent notamment assurer les liaisons internet haut débit entre leurs infrastructures et celles de leurs fournisseurs de cloud. C'est ainsi qu'elles sont de plus en plus nombreuses à opter pour le réseau SD-Wan, qui permet de créer et de gérer son réseau étendu de manière logicielle, en remplacement du MPLS. C'est une brique fondamentale du SASE.

Par ailleurs, il est logique de considérer que l'utilisation de services cloud externalisés pour les applications va diminuer le taux d'utilisation des *datacenters*. Une double stratégie doit être mise en place pour optimiser et décommissionner progressivement les infrastructures historiques.

4.4.1 LE CLOUD FACE À LA CRISE ÉNERGÉTIQUE

Le contexte sanitaire et la crise énergétique que nous connaissons actuellement ont mis en lumière les problématiques de sobriété de l'IT. La migration dans le cloud tend à être présentée comme une alternative plus sobre aux *datacenters*. La migration conduit d'ailleurs à la fermeture de ces derniers, réputés consommateurs d'énergie.

- Les *datacenters* représentent 5% de la consommation mondiale d'électricité, qui elle-même augmente de 5% par an ;

[18] Rapport Cigref « *Vers une philosophie Zero Trust : une rupture dans la continuité pour la sécurité des applications* », février 2022, https://www.cigref.fr/vers-une-philosophie-zero-trust-une-rupture-dans-la-continuite-pour-la-securite-des-applications

- La puissance installée des *datacenters* croît également : estimée à 60 GW en 2020, elle devrait atteindre 80 GW en 2025 ;
- Le volume de données stockées sera multiplié par 5 entre 2018 et 2025. [19]

En outre, la très forte hausse du prix de l'électricité alarme : ***comment les opérateurs de datacenters font-ils ou feront-ils face ?*** Pour les plus grands acteurs du secteur, leur solidité devrait leur permettre de tenir bon, au moins à moyen terme, sans répercuter ou très peu la hausse des prix de l'électricité à leurs clients. En revanche, il en va autrement des plus petits opérateurs de *datacenters*, qui se verront dans l'obligation soit d'augmenter drastiquement leurs prix, soit de réduire leur activité ou d'y mettre fin[20].

En France, le dispositif ARENH (accès régulé à l'électricité nucléaire historique) tient lieu de garde-fou face à l'envolée des prix. Il permet aux opérateurs de s'approvisionner en électricité EDF à un prix régulé. Néanmoins, il connait trois limites :

- Le prix du mégawattheure a été revu au cours de l'été 2022, et est passé de 42€/MWh à 49€/MWh ;
- L'éligibilité au dispositif ARENH n'est pas accordée aux opérateurs dont les *datacenters* ne représentent qu'une part infime de l'activité, écartant de fait de nombreux acteurs qui se trouvent pourtant en difficulté ;
- Si la demande globale dépasse le seuil de 120 TWh par an, alors les volumes d'ARENH ne pourront pas être délivrés dans les proportions demandées.

Bien que les *datacenters* soient souvent perçus comme le symbole du numérique énergivore, il faut nuancer le propos en précisant que certains *datacenters* utilisent des énergies décarbonées, ou permettent de réutiliser leur chaleur pour chauffer des bâtiments tiers. De plus, des institutions telles que l'ASHRAE[21] édictent des normes dans le but de faire un usage le plus vertueux possible des *datacenters*, en limitant leur réfrigération. En ce sens, la réduction de la climatisation des *datacenters* est un des leviers mis en avant par le gouvernement français début octobre dans son plan de sobriété énergétique. Ce document promeut « l'État exemplaire », qui se traduit entre autres par un engagement à réduire les consommations de l'État liées au numérique via l'amélioration de l'efficacité énergétique des centres de données[22].

Quelques semaines plus tôt, à la mi-septembre, le gouvernement avait dévoilé un plan d'aide aux particuliers et aux entreprises pour leur garantir un accès à l'électricité à des prix abordables. Mais, face à l'incertitude quant à la durée de la crise et à sa gravité, il semble plus que jamais nécessaire d'adjoindre à ce bouclier tarifaire français des mesures européennes[23].

Face à la hausse exponentielle des besoins en services numériques, les *datacenters* comme le cloud sont concernés par le défi de la sobriété énergétique.

---

[19] « Les *datacenters* au cœur de la crise sanitaire », questions posées à Eric Lamendour, *Directeur Data Center customer segment and offering* chez ENGIE, 20/04/2020, site d'ENGIE, en ligne https://www.engie.com/data-center-c%C5%93ur-crise-sanitaire

[20] Dominique Filippone, « Crise énergétique : les compteurs s'affolent pour les hébergeurs et opérateurs de *datacenter* », 19/09/2022, *Le Monde Informatique*, en ligne : https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-crise-energetique-les-compteurs-s-affolent-pour-les-hebergeurs-et-operateurs-de-datacenter-87990.html

[21] *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*.

[22] Plan de sobriété énergétique. Une mobilisation générale, Dossier de presse, 6 octobre 2022.

[23] Cf. le guide de bonnes pratiques de la Commission européenne « *2022 Best Practice Guidelines for the EU Code of Conduct on Data Centre Energy Efficiency* », Joint Research Centre Technical Report, Commission européenne, 2022.

4.4.2 QUELS SONT LES AVANTAGES DE LA MIGRATION SUR LE PLAN ÉNERGÉTIQUE ?

La performance énergétique d'un *datacenter* est évaluée par un indicateur de *Power Usage Effectiveness* (PUE), obtenu en calculant le ratio de la consommation d'énergie de l'ensemble du *datacenter* par la consommation d'énergie des équipements informatiques. Plus la valeur obtenue est proche de 1, plus la performance énergétique est satisfaisante. Selon une étude réalisée en 2020 sur la consommation énergétique des *datacenters* en Europe, celle-ci serait de 104TWh, avec un PUE moyen de 1,54. En Europe de l'Ouest, cette consommation est évaluée à 37,2TWh, avec un PUE moyen évalué à 1,45[24]. Le détail des PUE est le suivant : 1,93 pour les *datacenters* traditionnels, 1,55 pour les Cloud *datacenters*, et 1,17 pour les *datacenters hyperscale*. L'indicateur PUE est donc un argument en faveur du cloud pour répondre aux enjeux énergétiques, bien que l'indicateur ne soit pas parfaitement fiable puisqu'il ne tient pas compte des caractéristiques propres au *datacenter* évalué (ex : type de climatisation, localisation), ni de la performance des serveurs du *datacenter*.

En termes de technologies, plusieurs pistes sont envisagées pour rendre le cloud plus frugal. Une de ces pistes est l'implémentation de composants matériels et logiciels spécifiques. En effet, le choix du processeur joue un rôle déterminant. D'autres possibilités sont également à envisager, au niveau de l'architecture, en plaçant les opérations de calcul et de traitement des données au plus proche, voire au sein même des composants, ou bien en utilisant des mémoires non volatiles, ou encore les « cloud locaux » ou *cloud at the edge*[25].

En outre, le cloud est particulièrement avantageux pour le *sourcing* (vert), et le prix du kilowattheure qu'il offre. Enfin, de nombreuses pistes d'économies sont envisageables via l'automatisation et le cloud en général.

En somme, la situation invite à penser le cloud comme un levier de transformation qui permettra à l'entreprise de répondre à ses défis écologiques et sociétaux.

[24] Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., and J.G. Koomey (2020) « *Recalibrating global data center energy use estimates* » Science, vol 367, ISS 6481. Les chiffres présentés sont repris et commentés par le rapport de l'ADEME « Évaluation environnementale des équipements et infrastructures numériques en France », rapport 2/3, janvier 2022.

[25] « Quel avenir pour le cloud face aux enjeux de frugalité ? », Décryptage, site internet du CEA, mars 2022, https://www.cea.fr/presse/Pages/actualites-communiques/ntic/quel-avenir-pour-le-cloud-face-aux-enjeux-de-frugalite.aspx

5 PERFORMANCE ÉCONOMIQUE ET SUIVI FINANCIER DE LA MIGRATION

L'analyse de la performance économique et le suivi financier du passage au cloud sont au cœur des préoccupations des membres. Pour approfondir le sujet, des informations complémentaires pourront être trouvées dans le rapport Cigref *Leviers de réduction des coûts de la DSI*, à paraître fin 2022.

5.1 PERFORMANCE ÉCONOMIQUE DE LA MIGRATION

Pour lancer un programme de transformation dans le cloud, les organisations doivent justifier d'enjeux business mais également de gains économiques pour financer les projets associés. Or, la plupart d'entre elles évoquent que l'utilisation du cloud est d'abord choisie pour des enjeux business, que ce soit pour gagner en agilité, accélérer le *time-to-market*, bénéficier de nouvelles technologies, ou mettre en place de nouvelles méthodes de travail et de nouvelles pratiques.

En effet, il est constaté que les gains financiers sont encore largement à démontrer. Face à la grande flexibilité du cloud, la transformation qu'induit la migration est caractérisée par un manque de prédictibilité des coûts, des difficultés à auditer, une complexité du management multicloud.... Les entreprises parlent même d'une « dérive » ou d'une « explosion des coûts » dans le cloud public (le cloud privé est réputé moins cher). Ces-dernières souhaitent pouvoir créer autant de valeur, voire plus, à moindre coût dans le cloud. Mais ce souhait semble pouvoir se concrétiser seulement sous certaines conditions assez restreintes, il est encore loin d'être une réalité pour de nombreuses organisations.

Aujourd'hui, les entreprises n'ont pas encore assez de recul pour démontrer concrètement les gains obtenus par le passage dans le cloud. Le *business case* complet est difficile à finaliser du fait des gains indirects compliqués à matérialiser. Il est très complexe d'obtenir des business cases positifs pour les migrations en « *lift & shift* ».

De plus, beaucoup de services managés du cloud n'ont pas d'équivalent dans les environnements des *datacenters* propriétaires ou loués. La comparaison entre les services sur site et les services dans le cloud n'a donc pas de sens financièrement mais ceux-ci apparaissent quand même comme une dépense supplémentaire. La contrepartie n'est pas immédiate non plus sur les factures des fournisseurs de logiciel, du fait des contrats pluriannuels.

Approche d'évitement des coûts proposée par le cabinet Accenture

L'approche proposée par le cabinet Accenture aux participants du groupe de travail repose sur l'évitement de coûts. Le ROI de la migration doit être calculé sur la base d'un budget constant de la DSI, c'est-à-dire le budget qu'elle utilise aujourd'hui en prévoyant d'effectuer les mêmes dépenses à l'avenir sans la migration dans le cloud « *do the same* ». C'est la comparaison financière de deux situations futures : l'une dans laquelle l'organisation effectue la migration dans le cloud de son SI, l'autre où le projet de migration n'est pas choisi et où la DSI continue avec les projets et les infrastructures actuelles.

Cette approche permet d'identifier et d'intégrer tous les coûts de la DSI qui entrent en ligne de compte pour la migration dans le cloud, et pas seulement les coûts d'infrastructure.

En suivant cette logique, il est donc nécessaire d'identifier l'ensemble des gains et des coûts engendrés par la migration. Accenture distingue ainsi 5 grandes familles de dépenses de la DSI :

- Infrastructure : hébergements, équipements, réseaux, logiciels, sécurité ;
- Applications : développement, évolution, maintenance ;
- *Roadmaps* projets : mise à jour ou évolution des infrastructures, des applications ;
- Équipe : formation, conduite du changement, sous-traitance ;
- Budget : frais de sortie des contrats, coûts de *Request For Proposal*.

Accenture recommande également que l'entreprise inclue dans son *business case* :

- Les coûts impactés de chaque famille ;
- L'ensemble des coûts évités du type renouvellement technologique et gestion du cycle de vie (application et infrastructure) ;
- L'important coût de transformation des applications ;
- Les coûts de l'organisation interne, des *roadmaps* projets, mais aussi de recrutement ;
- La monétisation des champs de contraintes.

L'exercice qui consiste à « monétiser les champs de contraintes » est compliqué. Il faut essayer de calculer le *Total Cost of Ownership* (TCO) applicatif lié à la performance et la consommation applicative. Il est également recommandé de calculer le TCO de l'infrastructure d'une part et le TCO applicatif, de l'autre. Il est nécessaire aussi de prendre en considération les coûts de *compute* et les coûts de Maintenance en Condition Opérationnelle (MCO) des Virtual Machines (VM) avant / après la migration.

Accenture met en avant plusieurs types de gains associés à la migration dans le cloud, et ce à différents niveaux tels que :

- Les softwares et les hardwares ;
- La standardisation des systèmes
- La réorganisation et la productivité des équipes ;
- La création de valeur et l'innovation ;
- La gestion de la dette technique et du cycle de vie des applications ;
- La maintenance (Tierce Maintenance Applicative) ;
- L'optimisation des solutions de sécurité et de la continuité d'activité, etc.

En outre, plusieurs types de coûts de pilotage sont associés à la migration dans le cloud :

- Réalisation du *business case* ;
- Intégration du FinOps ;
- Conduite du changement ;
- Nouveau catalogue de services ;
- Niveau d'investissement nécessaire des directions métiers ;
- Travail avec les métiers sur la roadmap applicative ;
- Coûts de transformation des équipes et talents (*upskilling* en continu).

Pour accroître la valeur économique de la migration dans le cloud, la DSI doit aussi réfléchir à transformer profondément l'organisation de ses activités. Le potentiel humain libéré dans le cadre de la mise en œuvre des outils offerts par le cloud peut être réinvesti dans des compétences d'expertise indispensables pour créer de la valeur. De ce fait, des gains supplémentaires peuvent être identifiés (réduction de la sous-traitance, optimisation des emplois) et viennent compléter une stricte équation financière basée sur les coûts d'infrastructure. Cette approche implique d'élaborer une stratégie de

sourcing adaptée (*outsourcing, nearshore, offshore*). Pour plusieurs sujets, cela peut faire sens de recourir à un prestataire / intégrateur.

5.2 SUIVI FINANCIER DU PASSAGE DANS LE CLOUD

Le cloud, et son lien avec les nouvelles responsabilités FinOps est l'un des champs d'approfondissement traité dans la mise à jour du référentiel de coûts Cigref[26]. Ces thématiques sont en effet particulièrement concernées par ce besoin d'évolution (et de création) des indicateurs du référentiel. À l'issue des ateliers organisés cette année, un nouveau **Modèle de pilotage économique et écologique de l'IT** a été publié en octobre 2022.

Les investissements en matière technologique étaient auparavant plus lents à être mis en place et à évoluer, mais le DevOps et les méthodes agiles ont changé la donne. Les dépenses dans le cloud représentent une part croissante des engagements financiers des DSI et devraient augmenter, dans les années à venir, à un rythme cinq fois supérieur au rythme perçu en 2020.

Le modèle d'exploitation du cloud demeure encore en construction. L'exploitation et la gestion du cloud sont très différentes de la gestion traditionnelle du système d'information. La prise de décision se fait en temps quasi réel, et est répartie entre différentes équipes, finances, achats, technique et métiers, pour équilibrer le contrôle opérationnel et financier. Ces équipes se retrouvent confrontées à un nouveau mode de facturation et à des dépenses difficilement identifiables ou contrôlables. La gestion des coûts ressort d'ailleurs en deuxième position des défis à relever par les DSI, juste après la sécurité, d'après une étude Flexera de 2020.[27]

La migration dans le cloud impose de passer de la gestion d'actifs logiciels à une tarification à l'usage des services cloud. Beaucoup d'entreprises éprouvent des difficultés à s'adapter à ces nouveaux modèles de tarification et aux politiques de prix évolutives des offres de cloud public, qui sont en rupture avec les modèles d'achat traditionnels. Cela signifie aussi un passage des capex (*capital expenditures*) vers les opex (*operations expenditures*), car si la gestion d'actifs constituait une immobilisation ou un investissement d'entreprise, le cloud suppose de payer à l'usage les services utilisés (*pay-per-use*).

Par conséquent, les entreprises ont besoin de faire converger les modèles financiers de plusieurs univers : les infrastructures traditionnelles (le *mainframe* par exemple) facturées sur la base d'unités d'œuvre, et le cloud hybride (privé et public) facturé à l'usage. Le contrôle financier des serveurs et applications hébergées est plus difficile ainsi que le pilotage des coûts d'exploitation.

Les entreprises ont également du mal à maîtriser la hausse de l'usage et donc le coût des services cloud. Soit l'entreprise ne plafonne pas l'usage des services cloud et les coûts connaissent alors une forte croissance dans le temps du fait de l'accélération de l'adoption du cloud et du modèle de facturation à l'usage. Soit l'entreprise adopte un modèle de réserve d'instances qui bride les usages et permet de maîtriser ses coûts. La difficulté est alors d'estimer avec précision le nombre d'instances à

[26] La version actuelle du référentiel est disponible sur le site du Cigref : *Modèle d'analyse et de benchmarking des coûts informatiques*, mis à jour en 2018, https://www.cigref.fr/benchmarking-analyse-couts-informatiques-modele-piloter-performance-economique-it-mise-a-jour-2018

[27] Rapport Flexera « State of the cloud 2020 », https://www.flexera.com/about-us/press-center/flexera-releases-2020-state-of-the-cloud-report

réserver. Dans certains cas, la facture « après migration » est parfois plus élevée que celle estimée, ou que celle d'avant la migration[28].

Il ne faut pas oublier non plus de prendre en compte tous les coûts cachés de la migration dans cloud : l'hébergement dans deux lieux différents en même temps pendant le temps de la migration, les « extras cachés », les transferts des données[29] (cf. article *Le Monde Informatique*).

Ces dernières années, on constate une augmentation de la vitesse de migration réelle qui est passée de 150 services/mois à 300 services/mois. Cela fait écho également à l'ambition des entreprises d'obtenir une rentabilité économique de la migration dès la première année, appelée la « cash année ». Ces observations semblent plaider pour le développement de stratégies de migration assez radicales : plus le plan est audacieux et rapide, plus l'entreprise semble obtenir les gains économiques souhaités.

Pourtant, dès qu'une composante de transformation des applications est ajoutée (*refactoring, rewriting*), on constate que le ROI doit être réajusté : il sera plus long à obtenir mais plus important aussi.

De plus, de nombreuses questions se posent concernant les indicateurs qu'il faut utiliser pour élaborer le *business case* mais également pour le suivi (par exemple, le nombre de serveurs ou d'applications).

Fermeture des *datacenters* : le *business case* est-il *vraiment* intéressant ?

Une des organisations fait part de son expérience : propriétaire d'un certain nombre de *datacenters* et locataire de 3 autres, elle opère une bascule dans le cloud privé et le cloud public, passant par la même occasion de la gestion en propre à une gestion par des tiers, professionnels, pour une partie de ses *datacenters*.

Le business case prend en compte ce que représente un *datacenter* en termes de mètres carrés, d'énergie et de « *cooling* » (système de refroidissement). Les économies réalisées en fermant des *datacenters* relèvent par conséquent de la surface louée, de la surface vendue, et de la performance énergétique : or celle-ci est sans commune mesure entre l'entreprise et le professionnel auquel la gestion est conférée.

De même, le prix de l'énergie, qui est négocié à des tarifs préférentiels par le professionnel, est bien plus intéressant dans cette configuration que lorsque c'était l'entreprise qui s'en acquittait.

Enfin, l'entretien des *datacenters* (ex : mise aux normes/rénovation des installations électriques au cours des prochaines années), voire leur restructuration lorsque ces infrastructures sont vieillissantes, sont évités. De tels *travaux* représenteraient un coût considérable, bien supérieur à celui que d'une migration cloud.

Pour une autre organisation membre, les *savings* espérés ont été réalisés dans un premier temps via une stratégie à 90% de *lift & shift*. Ainsi, des économies ont pu être faites grâce à la fermeture des *datacenters* : location du *datacenter*, factures d'électricité, de climatisation,

[28] Cf Mistake No. 6: *Hidden indirect costs*, Gartner, précité, *6 Ways Cloud Migration Costs Go Off the Rails*, https://www.gartner.com/smarterwithgartner/6-ways-cloud-migration-costs-go-off-the-rails

[29] Les 7 noirs secrets derrière les tarifs du cloud, *Le Monde Informatique*, Juin 2020 https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-7-noirs-secrets-derriere-les-tarifs-du-cloud-79497.html

n'étant plus nécessaire. L'entreprise a pu constater une réduction du *Run* vers un modèle cloud moins demandeur, et supprimer des machines inutiles/obsolète suite à la phase de « *discovery* » (arrêt des liens télécoms, des solutions de sécurité physiques, etc.).

Il en résulte que le *business case* d'une fermeture de *datacenter* n'est pas positif au départ, compte-tenu des coûts de migration physique et de transition, mais qu'ensuite, les coûts strictement liés à l'infrastructure physique (surface, énergie, sécurité) peuvent décroître fortement.

En raison de ces difficultés à établir avec certitude le « bon *business case* », des méthodes de chiffrage du coût d'une migration vers le cloud ont été développées.

Les solutions disponibles sur le marché sont toutes différentes, et proposent une aide à la décision aux organisations qui y recourent. Les solutions de type APM (*Application Portfolio Management*) comme LeanIX, Mega Hopex, s'appuient sur les éléments déclaratifs que leur fournissent les entreprises. Une autre possibilité : les solutions d'inventaire (Stratozone, Flexera, Azure Migrate…) qui cette fois ne se contentent pas des éléments déclaratifs mais se basent aussi sur un *scan* des environnement réseaux en production. Cela leur permet de détecter des éléments précis comme le type de version utilisé, et donc d'identifier l'infrastructure nécessaire. Cependant, ces solutions ne traitent pas les applications elles-mêmes. En revanche, c'est ce que propose la solution développée par la société Cast susmentionnée (Cast Highlight + Cast Imaging). Celle-ci traite effectivement les applications, en fournissant d'une part un chiffrage des coûts et en analysant d'autre part les moyens d'accélération de la transformation des applications. Cette analyse est fondée sur la compréhension structurelle du parc applicatif et du SI[30].

5.3 MISE EN PLACE D'UNE DÉMARCHE FINOPS

La démarche FinOps permet à l'entreprise de mieux appréhender les coûts du cloud et de faire les compromis nécessaires dans une approche responsable. Le FinOps est une fonction clé stratégique encore émergente en lien avec l'architecture d'entreprise. Il permet de renouveler les pratiques de gouvernance par les coûts en l'alignant sur les enjeux stratégiques de l'entreprise.

Les promesses de la démarche FinOps sont nombreuses et séduisantes : maîtrise des dépenses d'exploitation (Opex), rationalisation des achats, amélioration du contrôle des fournisseurs de services cloud, élimination des silos organisationnels, renforcement des relations de la DSI avec les services financiers et les directions métiers.

Le FinOps est à la fois une approche, une organisation et un outillage qui permettent de fournir aux utilisateurs la vision de ce qu'ils consomment dans le cloud. Au cœur de la stratégie cloud, il est un instrument d'optimisation et de flexibilité des coûts, et de mise en visibilité auprès des métiers.

Une entreprise membre du Cigref a défini 3 piliers pour caractériser les fondamentaux de cette démarche : informer, optimiser, opérer.

Le pilier « **Informer** » s'appuie essentiellement sur l'approche « *showback as a service* » qui consiste à montrer une vue facturée des différents services d'infrastructure, selon leur consommation par les

[30] Pour plus d'information sur les outils Cast, cf. Annexes.

entités. Pour cela, il faut mettre en place une cartographie des usages et des consommations. Aujourd'hui, la difficulté principale consiste à anticiper le paiement à l'usage. Cette vision s'intègre également dans un *reporting* régulier plus global de la DSI.

Le pilier « **Optimiser** » s'appuie quant à lui sur le « *chargeback* », c'est-à-dire la refacturation à l'usage des services consommés. Mettre en place cette logique de refacturation des coûts d'infrastructure en interne (au coût de revient du service, sans marge de la DSI) permet de susciter une prise de conscience du coût réel des services auprès des métiers. Les entreprises peuvent se doter d'une politique de prix, permettant de se comparer en interne, avec d'autres entreprises ou avec les fournisseurs de cloud public.

Ce *benchmark* est un outil d'analyse et d'identification des services les plus efficaces.

Le pilier « **Opérer** » consiste à améliorer la connaissance des pratiques FinOps existantes au sein du Groupe, que ce soit sur la gestion de la plateforme cloud privé ou sur sa consommation du cloud public. Cette connaissance est nécessaire pour trouver les bons leviers d'optimisation : négociation commerciale, dimensionnement applicatif, gaspillage, décommissionnement serveur.

L'expérience FinOps des entreprises est très récente, elle grandit mais reste généralement une approche réactive ou corrective, basée sur les données de consommation avec une optimisation a posteriori. Il faut également trouver une organisation FinOps appropriée (cf. chapitre suivant 6. Réorganisation et mutation des équipes IT).

Aujourd'hui, le principal défi à relever consiste à penser le FinOps dans un mode hybride et multicloud, la démarche doit parfois soutenir la stratégie d'indépendance vis-à-vis des fournisseurs. Il faut agréger et automatiser une vue cross-plateformes des dépenses SI.

Un autre enjeu est d'intégrer le FinOps dans la conception des applications dès le début du projet, pour ajuster le modèle d'architecture et les processus. Cette approche FinOps *by design* doit porter à terme sur le parc existant aussi bien que sur les applications dans le cloud.

Les entreprises font le constat commun que, pour l'instant, aucun modèle d'organisation ni outil n'apparaît encore bien arrêté. Le marché ne semble pas mature, notamment pour l'outillage multicloud. Toutefois, les solutions FinOps sont de plus en plus sophistiquées. En effet, les coûts engendrés par la migration dépassent souvent ceux d'un maintien *on-premises*. Dès lors, le travail d'optimisation via les solutions FinOps est nécessaire, et se trouve facilité par leur récente amélioration.

Une démarche FinOps adaptée permet de tirer le maximum de bénéfices du cloud hybride. C'est donc tout naturellement que le sujet a gagné en importance ces dernières années.

Le chiffrage des coûts repose souvent sur une solution FinOps, telle que Densify, TSOlogic, Cloudeasier. Chaque solution a une spécialisation : les unes se concentrent sur l'optimisation des *middlewares*, les autres sont orientées vers un fournisseur de cloud en particulier. Leur mode de fonctionnement consiste à prendre en compte les besoins de l'entreprise, et de les croiser avec les différentes offres disponibles sur le marché, afin d'aider à déterminer quelle est la configuration idéale pour la transformation et les finances de l'entreprise[31].

[31] Pour plus d'information sur le chiffrage, voir la présentation de Cast et la notion de boucles d'asservissement dans les annexes.

6 RÉORGANISATION ET MUTATION DES ÉQUIPES IT

6.1 ONBOARDING DU TOP MANAGEMENT ET ACCOMPAGNEMENT AU CHANGEMENT

6.1.1 LES DÉFIS DE L'ONBOARDING

La DSI peut être confrontée à des réticences de la part des équipes qui ne souhaiteraient pas aller dans le cloud, ou encore de la part des équipes cyber, qui formulent de très fortes exigences en matière de sécurité pour encadrer la migration. L'écart entre les attentes du cyber pour des solutions *on-premises* et le cloud est conséquent.

C'est pour répondre à ces enjeux que la formation, l'acculturation et l'accompagnement sont à soigner pour mener à bien le projet.

La migration peut en effet être appréhendée comme une opportunité pour réorganiser les équipes de production.

Au sein des équipes, des changements sont fréquents : un intégrateur pourra prendre en charge la gestion de l'infrastructure, et l'outsourcing, ce qui donnera au DSI la possibilité de faire monter en compétences les équipes en interne, en vue de leur confier la gestion opérationnelle et l'exploitation du cloud, une fois le contrat avec l'intégrateur arrivé à échéance.

De façon globale, les membres du GT évoquent le besoin de prendre en compte la dimension culturelle de la migration, et soulignent qu'elle concerne *aussi* les sociétaires, qui peuvent interférer dans le projet de migration s'ils en ont une mauvaise image.

6.1.2 STRATÉGIE DE RECRUTEMENT ET DE FORMATION

Le besoin de formation est reconnu par les participants. Les équipes doivent être formées, mais plus précisément, à quoi ? Cette question fait écho à l'embarquement des métiers.

Pour donner l'opportunité aux équipes de se former, l'entreprise a recours à différents moyens. Elle peut solliciter le fournisseur de cloud, ou bien un intégrateur. Elle peut aussi organiser les modules de formation en interne, voire même, former ses prestataires.

La difficulté principale tient à la mise en place même de la formation : il faut parvenir à l'instituer, et surtout à la « loger » dans les emplois du temps déjà chargés des équipes. Au cœur d'une transformation de taille telle que la migration cloud, accorder du temps et des fonds à la formation est parfois un défi.

Dans la rédaction d'un *business case*, ce temps de formation est quelques fois comptabilisé comme un temps « non-productif ». Pourtant, comme cela a pu être mis en avant par Cast, l'apprentissage fait par l'entreprise au cours du temps n'est pas négligeable, à tel point qu'il est pris en compte dans les outils de la société : s'il est vrai que le niveau de difficulté de la migration est ascendant au cours du projet, la courbe d'apprentissage suit la même trajectoire et contribue à une meilleure performance de migration.

La formation requiert une mobilisation au niveau des RH qui travaillent aux techniques de formation, de façon à garantir un bon niveau au projet, et donc de doter la DSI des moyens de le défendre sur le long-terme.

6.2 STRUCTURE DE PILOTAGE DU PROGRAMME CLOUD

Il est primordial de ne pas considérer - encore moins de présenter - la migration cloud comme une stratégie IT ; en réalité il s'agit d'une **stratégie globale d'entreprise**. Cela permet de donner une image plus juste et positive de cette transformation, d'autant plus que tous les projets cloud ont une dimension métier.

Pour parvenir à ses objectifs, l'entreprise se dote d'une équipe cloud, qui constitue à la fois le noyau et le moteur de la migration.

Certaines sociétés ont mis en place une « *Happy cloud team* » : une équipe pluridisciplinaire composée de spécialistes IT, sécurité, et conformité, de juristes, d'acheteurs, d'Ops et de Devs. Ce sont des personnes issues de plusieurs entités, de plusieurs filiales, certaines pour l'infra, d'autres pour les Devs. Cette équipe cœur a vécu entièrement la migration cloud, et a été investie d'un rôle dans la communication. En effet, la communication régulière est un facteur clé. C'est cette conviction qui a conduit l'entreprise à réaliser un ensemble d'événements, réunissant les Achats, les juristes, une partie du management, pour que la culture IT s'imprègne dans les différentes équipes.

De façon similaire des *Cloud Business Offices* (CBO), ou *Cloud centers* (ou encore CCoE – *Cloud Center of Excellence*) sont mis en place pour accompagner les équipes. Le CBO réunit les représentants des entités impactées dans l'entreprise : Ops, Devs, Sécurité, Métier, etc., pour obtenir une cartographie claire des projets cloud, et accompagner les nouvelles demandes en passant par un processus de qualification. Le CBO est aussi chargé de juger de la pertinence des nouvelles opportunités ou des « pivots stratégiques » cloud proposés.

Par ailleurs le CBO assure la transmission des premiers réflexes et informations relatifs au cloud (Qu'est-ce que le cloud ? Comment faire ?), tout en présentant les apports du cloud pour l'entreprise. L'engouement reste modéré et un effort d'implication est requis, mais le *Cloud Business Office* permet de toucher les métiers. Des évènements techniques se tiennent sous forme de « café tech » pour que les équipes métiers viennent à la rencontre de l'IT et puissent poser leurs questions.

Certaines entreprises parlent volontiers d'un phénomène de « pollinisation » : les personnes les plus impliquées dans la migration – les *front runners* – entraînant les équipes dans la transformation. C'est un soutien précieux, qu'ils viennent de l'IT ou d'autres unités de l'entreprise.

Ce qui sous-tend ces rencontres est le besoin de comprendre : les équipes doivent avoir connaissance et détenir les clés de compréhension des *roadmaps* dans les différentes stries du projet cloud visé.

6.3 NOUVELLES COMPÉTENCES ET NOUVEAUX MÉTIERS

Pour faire face aux nouveaux enjeux portés par le cloud, les entreprises ont mis en place des programmes de formation de façon à faire évoluer les équipes. Ainsi, les pertes d'emploi sont évitées, au profit d'une transformation des postes.

6.3.1 PEUT-ON VRAIMENT PARLER DE NOUVEAUX MÉTIERS ?

Pour rappel, l'apparition d'un profil métier est l'aboutissement d'un processus qui prend environ deux à trois ans : au départ, des compétences issues de pratiques spécifiques apparaissent de manière disparate dans les profils existants. Puis, un consensus se fait sur la définition de ces compétences. Quand une maturité est atteinte sur l'une ou l'autre de ces compétences et qu'elles nécessitent une spécialisation, des profils correspondants apparaissent, dont la description fait progressivement consensus. Ceux-ci peuvent alors être intégrés dans la Nomenclature RH[32].

Ces « métiers » apparaissent dans un contexte d'émergence de préoccupations nouvelles, comme par exemple celle des réseaux qui concerne tout particulièrement les équipes : quels impact(s) la migration induit-elle sur les réseaux, en termes de sécurité, de « *green* », de capacité planning et de coûts ? Cet aspect a pris une importance croissante dans les projets.

Toutefois, il convient de préciser que la Nomenclature du Cigref propose des profils métiers *génériques*. Il n'y a donc pas dans la version 2022 de spécialisation particulière liée au cloud, à DevOps, SecOps, FinOps ou au développement d'infrastructures. Néanmoins, on observe que ces spécialisations commencent à apparaître de manière consensuelle dans les compétences des profils métiers décrits. Si ce n'est pas encore le cas aujourd'hui, il est fort probable que dans les prochaines versions de la Nomenclature, les entreprises membres du Cigref s'accordent pour définir de manière consensuelle de nouveaux métiers liés à ces domaines.

6.3.2 L'ÉVOLUTION DES « NOUVEAUX MÉTIERS » LIÉE AU CLOUD

Avec l'adoption du cloud qui a transformé la notion de modèles de services (IaaS, PaaS et SaaS), quelques entreprises ont spécialisé certains métiers sur cette technologie. Parmi eux, nous pouvons trouver notamment :

- L'Évangéliste « Cloud » qui a pour mission de vulgariser le cloud dans sa complexité par la création de *story-telling.* Il a pour rôle d'éveiller les consciences aux enjeux du cloud pour l'entreprise, et d'expliquer l'intérêt de son intégration au sein du SI. Il joue donc un rôle essentiel au début des programmes de transformation du SI vers le cloud.
- L'Architecte Cloud applique les principes d'architecture au SI pour intégrer une infrastructure cloud, la développer, et éventuellement l'hybrider avec l'infrastructure existante, afin que cette transformation réponde aux besoins des utilisateurs. De plus, il peut également gérer cette migration du SI vers des solutions cloud.

Le cloud a aussi fait éclore de nouveaux processus d'organisation collaborative entre des équipes de gestion des opérations informatiques (Ops) et des équipes spécialisées sur certains métiers, comme le Développement (Dev), la Finance (Fin), la Sécurité (Sec), la RSE (Green) ou le Cloud. On peut parler de culture « XOps »: DevOps, SecOps, FinOps, et plus récemment GreenOps, et CloudOps.

Par exemple, voici quelques-unes des pratiques adoptées selon le modèle :

- DevOps : intégration d'applications spécialisées et automatisation de bout en bout de leur déploiement.
- SecOps : mise en place de la sécurité dans les environnements cloud.
- FinOps : agrégation des informations de consommation données par les fournisseurs cloud, analyse de ces informations et recherche des leviers d'action pour en maîtriser les coûts.

[32] https://www.cigref.fr/nomenclature-rh

- CloudOps : orchestration des spécificités des différents fournisseurs cloud, contrôle du fonctionnement des applications en environnement multicloud ou hybride.
- DevSecOps : intégration de la sécurité dans les pratiques DevOps. Dans certains cas, les acteurs métiers peuvent être différents pour la même problématique (ex : sécurité trader/agence/ app mobile) et on peut même parler de BizDevSecOps.

6.4 RESPONSABILISATION DES ÉQUIPES DE DÉVELOPPEMENT ET DE PRODUCTION

La migration dans le cloud a des impacts sur l'organisation du développement et de la production : il est en effet très complexe de maintenir l'organisation des équipes concernées entre le temps qui précède et celui qui suit la migration. Il faut d'ailleurs anticiper la possibilité d'une forme de réticence de leur part face au changement d'organisation.

Par exemple, on note un bouleversement des rôles au sein des équipes « Dev » et « Ops ». En effet, la migration invite à repenser la répartition des rôles Dev et Ops. Ajouté à la dynamique d'autonomisation des équipes de développement, cette répartition suscite une crainte de perte d'emploi côté Dev.

Le concept de DevOps – contraction de Développement et Opérations – consistant à développer et à intégrer une application et des opérations d'exploitation en continu, a révolutionné les organisations en éliminant des silos existants et en augmentant l'agilité des équipes. Avec le cloud, la responsabilité des équipes de développement des applications est plus grande. Celles-ci ont accès à un outillage avec beaucoup de possibilités. À titre d'exemple, le *run*, dont étaient responsables les équipes de production, demande à présent une supervision maximale côté applicatif : les équipes de développement ont un impact croissant sur la production. Les activités continuent d'exister, mais elles ne sont plus effectuées au même « endroit », ni par les mêmes personnes.

De même, certains participants indiquent que s'agissant de la partie purement technologique (définition de la *landing zone*, cohabitation PaaS et CaaS…), celle-ci n'est plus l'apanage des équipes opérationnelles. Elle est prise en charge à présent par les équipes de développement ainsi que par l'intégrateur[33].

On peut aussi prendre pour exemple, la chaîne de CI/CD (« *Continuous Integration/Continuous Delivery* » ou « intégration en continu, développement en continu »)[34] des solutions *on-premises,* qui est aujourd'hui automatisée, ce qui devrait permettre une réduction des incidents à l'avenir.

Une autre tendance a pu être relevée ; le remplacement des démarches DevOps par des démarches BizDevSecOps (*Business Development Security Operations*), qui conduit à rapprocher les métiers de l'IT, et à les faire de plus en plus travailler ensemble. Ces évolutions emportent également une évolution vers un *business model* adapté.

[33] Pour plus d'information sur ce sujet, cf. les retours d'expérience présentés dans les annexes.

[34] Le CI/CD permet de déployer plus vite les nouvelles fonctionnalités d'une application. Il comporte 2 étapes : le CI qui vise à automatiser les opérations de développement au maximum, et le CD qui concerne les opérations de déploiement. Le CI/CD permet un processus automatisé, simple et rapide et composé de plusieurs tests sur de courtes itérations. Ainsi, les erreurs sont décelées très rapidement, la mise en production des applications est accélérée, tout comme le déploiement de nouvelles fonctionnalités. C'est donc un processus qui sert les objectifs du DevOps, en réduisant le *time to market*.

Par ailleurs, la DSI doit définir des règles (*patterns*) afin d'éviter d'avoir autant de modèles de développement que de projets que d'intégrateurs, conduisant à un environnement très hétérogène non maîtrisé.

Dans la définition de ces règles, trois objectifs sont à considérer : une architecture applicative performante et efficiente, une sécurité pour répondre aux exigences de l'entreprise, une capacité de non-adhérence pour éviter l'enfermement auprès d'un fournisseur et permettre la réversibilité, ou du moins un portage applicatif.

Afin de favoriser le prototypage et le déploiement de nouvelles applications, une entreprise a créé trois types de compte selon les besoins des équipes de développement :

- Compte « *Sandbox* » : création d'un bac à sable en quelques minutes en fournissant un serveur et un environnement, isolé du réseau de l'entreprise et sans données d'entreprise.
- Compte « *You build it, you run it* » : création d'un environnement géré par l'équipe de développement elle-même, avec une supervision du service d'infrastructure et un cadre d'architecture. Certaines entreprises adoptent la logique : « *You build it, you run it, you own it, you pay it* ».
- Compte « managé » : mise à disposition d'un environnement totalement opéré par le service d'infrastructure ou le centre de compétences cloud.

En somme, l'ensemble des bouleversements affectant l'organisation des équipes, les rôles et les processus de travail ne doit pas être négligé. Pour répondre aux difficultés liées à la réorganisation des équipes, l'idéal est de réfléchir *pendant la migration* aux responsabilités de chacun *après la migration*.

6.5 À LA RECHERCHE D'UNE ORGANISATION FINOPS OPTIMALE

La plupart des entreprises en sont au début de l'organisation FinOps et certaines prévoient d'augmenter la taille de l'équipe en fonction de la capacité d'optimisation et de la rentabilité apportée. Les équipes sont très motivées pour optimiser les applications car il y a de vraies économies à la clé.

Le rôle de l'équipe FinOps est à la jonction de nombreux projets et il est difficile de trouver le positionnement optimal, notamment pour le passage à l'échelle. L'équipe FinOps est généralement transversale aux équipes d'infrastructure et aux équipes produits cloud. Elle se situe à la lisière du monde de la finance, des achats, de la technologie et des directions métiers.

L'équipe FinOps est constituée de collaborateurs venant souvent d'abord de l'informatique, présentant une appétence pour les sujets de finance et souhaitant évoluer. Mais il est aussi possible de trouver des contrôleurs de gestion affutés avec des compétences cloud. La connaissance et la diffusion du savoir FinOps peuvent être aussi organisées par communauté, avec la création d'une « guilde FinOps ».

Néanmoins, ces profils sont rares, difficiles à trouver sur le marché. Ils sont la plupart du temps formés en interne, accompagnés par des entreprises spécialisées. Aujourd'hui, les profils capables de faire du FinOps *by design* avec des compétences à la fois financières et IT existent peu sur le marché. Le FinOps est un métier d'avenir.

Par ailleurs, le FinOps est une réelle opportunité pour acculturer les métiers aux problématiques des services cloud, leur faire comprendre les enjeux et possibilités, et in fine, renforcer la stratégie de transformation numérique de l'entreprise.

7 GESTION DE PLUS EN PLUS COMPLEXE DES FOURNISSEURS

La gestion des relations avec les fournisseurs est reconnue comme étant de plus en plus complexe notamment avec le passage dans le cloud. Les fournisseurs représentent à la fois les fournisseurs de services cloud – d'hébergement et de traitement – et tout l'écosystème des éditeurs de logiciels et des composants du SI.

Notons que le volet de transformation des organisations et de formation des équipes est un prérequis par rapport au choix et à la gestion des fournisseurs cloud.

7.1 CHOIX STRATÉGIQUES DES FOURNISSEURS DE CLOUD

Comme indiqué précédemment dans le rapport, la migration dans le cloud requiert d'effectuer le choix d'être multicloud ou non et de décliner sa stratégie sur un ou plusieurs fournisseurs de services cloud. Ce choix s'appuie sur un certain nombre de critères, à commencer par le positionnement stratégique et sectoriel du fournisseur et de l'entreprise en question.

En effet, il semblerait que ce ne soit pas tant les services cloud en eux-mêmes, ni leur politique de prix, qui distinguent les propositions des fournisseurs, particulièrement celles des *hyperscalers*, mais d'autres facteurs : les intérêts business, et notamment leur empreinte sur d'autres secteurs, leur capacité reconnue sur l'un des enjeux souhaités, leur capacité d'accompagnement des entreprises. Les *providers* sont aussi choisis selon leur capacité à répondre aux enjeux de protection des données tant en termes de sécurité que de respect des normes juridiques et en fonction de leur niveau de déploiement à l'échelle internationale.

Le choix du fournisseur est stratégique et structurant du fait des conséquences sur l'architecture du SI sur le long terme : choix des technologies utilisées, compétences développées en interne, maîtrise de la dépendance, etc.

Zoom : le piège de l'auto-référencement

Entre la découverte de l'architecture des applications, l'infrastructure nécessaire à leur exécution, la définition de la *landing zone*, de l'environnement, la réservation de ce dont l'entreprise a besoin selon les options (*logging*, plan d'activités, organisation du contrat avec le fournisseur), l'ensemble est assez complexe et produit des **effets d'auto-référencement**. En clair, selon les choix qui sont faits, cela implique que telle ou telle modification pourra ou ne pourra pas être apportée.

Si l'on considère les trois grands *hyperscalers*, Amazon Web Services, Google Cloud et Microsoft, il est intéressant de connaître les points forts et spécificités techniques ou non techniques des fournisseurs.

Concernant les parts de marché de ces *hyperscalers* sur le marché français des services d'infrastructure IaaS publics en 2022, le cabinet Gartner a estimé qu'Amazon détient 38.9% des parts et se situe donc

en première position, suivi par Microsoft avec 21.1% des parts ; Alibaba (9.5%) et Google avec 7.1% des parts de marché et dont la croissance est la plus forte (63.7%)[35].

Il est largement reconnu qu'Amazon Web Services (AWS) propose des services d'infrastructure très intéressants mais que son positionnement concurrentiel sur de nombreux secteurs l'exclut d'emblée des appels d'offres de certaines grandes entreprises, du *retail* par exemple.

Microsoft sait se distinguer par son ancrage important sur le marché professionnel dans le domaine logiciel et notamment bureautique depuis 40 ans. Cela renforce sa notoriété que ce soit au niveau de sa performance technologique, de sa présence dans l'écosystème, et de sa main d'œuvre nombreuse et qualifiée pour accompagner les entreprises. Microsoft a annoncé des partenariats stratégiques avec Amadeus, Axa, et Total Énergies.

De son côté, Google Cloud est particulièrement choisi pour ses capacités de traitement et de croisement de données, son approche *open source* plus développée que les autres. Google est aussi force de proposition de partenariats stratégiques, comme les récentes annonces l'ont montré avec LVMH, Carrefour, Renault, ... En termes de protection des données, les offres de cloud de confiance des *hyperscalers* (que ce soit l'offre « Bleu » constituée par le trio Orange, Capgemini, Microsoft, le partenariat Google & OVH et le tout récent Google & Thales) et celles des acteurs européens seront tout particulièrement étudiées par les grandes entreprises françaises (cf. Référentiel Cloud de confiance du Cigref[36]). Des précisions à ce sujet figurent dans les annexes.

Avec le multicloud, est arrivé le concept de « CloudOps » – contraction entre Cloud et Opérations – qui permet la gestion des opérations au travers des différents clouds, et d'obtenir une vision centralisée et continue de l'ensemble des clouds. Quelques plateformes proposent déjà de rassembler les accès de plusieurs fournisseurs cloud à la demande. Les entreprises vont également choisir en fonction de leur propre capacité et de leur connaissance de certains fournisseurs sélectionnés auparavant pour des périmètres plus réduits. Ainsi les grands partenariats stratégiques sont souvent le prolongement d'accords précédents, même si les choix peuvent évoluer. Il s'agit également de prendre en compte l'offre des éditeurs historiques de logiciels, qui sont presque tous, quelle que soit leur taille, dans une logique de « *cloud first* ». Les éditeurs investissent actuellement sur le développement de nouveaux services dans les environnements clouds et il est commercialement avantageux d'entraîner leurs clients actuels dans la migration de leurs produits dans le cloud.[37] On remarque que certains petits ou moyens éditeurs n'ont pas fait leur transformation vers le cloud, ainsi leurs solutions logicielles sont inadaptées au cloud.

7.2 FOURNISSEURS, OFFRES : COMMENT "BIEN" LES CHOISIR ?

Une des difficultés pour les grandes entreprises et les administrations qui s'apprêtent à migrer leur SI dans le cloud est celle de trouver le(s) « bon(s) » fournisseur(s) et la (les) « bonne(s) » offre(s).

Le bon fournisseur dépend des attentes de l'entreprise et de ses spécificités. L'historique du SI est aussi important : selon les choix opérés par le passé, certaines solutions paraissent plus adéquates que d'autres (ex : préférence pour Azure en cas d'historique Microsoft). Le choix peut être influencé également par la nature des migrations à réaliser (applis, infras, données…).

[35] « *Gartner Says Worldwide IaaS Public Cloud Services Market Grew 41.4% in 2021* », juin 2022, site du Gartner.
[36] Référentiel de cloud de confiance du Cigref, 2021 : https://www.cigref.fr/le-cigref-publie-son-referentiel-du-cloud-deconfiance
[37] Ces sujets font l'objet de réunions régulières entre les membres du Cigref et les éditeurs dans le cadre du Club Relations fournisseurs de Cigref.

La question de la maturité apparaît également ici ; si une entreprise souhaite devenir « *multicloud providers* », il faut qu'elle ait déjà acquis un certain niveau de maturité. À défaut, le choix de prudence pour lequel ont opté plusieurs participants est de se tourner vers un fournisseur de solution cloud avec lequel ils ont déjà un certain lien historique. Par exemple, une société habituée à utiliser Workspace depuis des années se tournera plutôt vers GCP. Cet exemple n'est bien sûr pas une règle absolue, et il est tout à fait possible de ne pas se limiter à un fournisseur avec lequel l'entreprise a déjà des relations contractuelles.

Alors que les enjeux sont de taille pour l'entreprise, le choix du fournisseur cloud ne doit pas monopoliser son attention indéfiniment : comme le souligne un membre, il faut savoir passer à la concrétisation du projet et ne pas avoir de remords une fois le fournisseur cloud choisi. La décision est le fruit d'une évaluation soigneuse de l'offre, et s'interroger *a posteriori* sur les opportunités supposées à contracter avec un autre fournisseur n'est qu'une perte de temps qui entrave le parcours de migration. (Cf Migration applicative : comprendre ses échecs)

Cette remarque est à mettre en relation avec l'erreur ***Wrong team*** susmentionnée. Comme le soulève le Gartner, l'entreprise est parfois aveuglée par son lien historique avec un fournisseur, au point de n'envisager que lui pour sa migration cloud, et ce au détriment d'autres critères d'importance comme l'expérience du fournisseur[38].

S'agissant des offres, leur choix est aussi un sujet de préoccupation pour les organisations. Pour cause, il existe une très grande quantité de sous-services, options, et détails à analyser lors du choix d'un fournisseur de cloud. Cette analyse chronophage doit pourtant être menée avant d'avoir provisionné les bons services (avec le bon niveau et la bonne appropriation) dont les développeurs vont avoir besoin pour opérer la migration. Le ticket d'entrée pour devenir vraiment industriel dans la migration de l'ensemble des applications identifiées est donc élevé.

7.3 NÉGOCIATIONS AVEC LES *HYPERSCALERS*

Reconnaissant que nous sommes à un moment d'inflexion majeur et que le choix initial de fournisseur est déterminant, les fournisseurs et éditeurs mènent d'importantes campagnes pour inciter la migration dans leur cloud. Il y a une vraie guerre de marché. Ils investissent fortement en marketing et dans les propositions commerciales. Face à eux, les entreprises ont besoin de connaître leur modèle économique, les métriques utilisées pour atteindre leurs objectifs commerciaux et d'identifier les leviers pour éviter un trop important déséquilibre autour de la table de négociation. Il faut constituer des équipes aux compétences multiples pour aller chercher ces bons leviers avec les fournisseurs et connaître les bonnes pratiques.

Plusieurs organisations constatent que la négociation avec les *hyperscalers* pour obtenir une offre de paiement à l'usage intéressante est plus difficile que pour obtenir des bons prix sur les instances réservées. Cette situation est particulièrement problématique lorsque l'un des avantages même du cloud est sa flexibilité importante, antinomique au principe d'engagement sur des instances réservées.

Lors du lancement de la migration, deux éléments sont à prendre en compte. L'absence d'estimation fiable de la consommation réelle du service rend difficile la projection sur le nombre d'instances à réserver. Lors de l'adoption des services cloud, les entreprises connaissent souvent des pics de consommation qu'il faut gérer et savoir rebaisser ensuite. Cela est possible grâce à l'utilisation des

[38] « *Many I&O leaders select a migration partner based on familiarity or low pricing rather than experience*. », Article Gartner précité, https://www.gartner.com/smarterwithgartner/6-ways-cloud-migration-costs-go-off-the-rails

outils FinOps (cf. partie dédiée) d'où l'importance de commencer la formation dès le début du projet. L'interopérabilité est également un sujet majeur pour les entreprises utilisatrices avant la migration dans le cloud et dans les discussions avec les fournisseurs (cf. partie sur le multicloud). Dans la discussion avec les *hyperscalers*, les intégrateurs peuvent apporter une importante valeur ajoutée grâce à l'activation de leviers de négociation tels que l'accès aux grands dirigeants et grâce à leurs expériences précédentes.

7.3.1 DES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

Il semble que les intégrateurs progressent à la même vitesse que leurs clients, « en marchant », sur le terrain. En effet, les intégrateurs font face à une très forte demande et se heurtent à un véritable problème de ressources, ne serait-ce que pour les compétences et les salaires. On note une acuité de ce problème dans le cadre de la migration cloud ; au vu du volume de la demande, les intégrateurs ne peuvent pas suivre le rythme. Le turnover important favorise la lenteur relative de leur apprentissage. De plus, ils bâtissent leur expertise grâce aux connaissances acquises dans leurs REX clients, or il est difficile à ce jour d'avoir des expériences achevées (donc des REX) sur la migration cloud, a fortiori en France, puisque les projets sont encore assez récents dans les entreprises. Le résultat en est qu'une importante partie de la charge de travail pour l'élaboration de la feuille de route de la migration repose sur les équipes internes, qui disposent d'une bonne connaissance du portefeuille applicatif.

Intervention de Cast

ESN et *hyperscalers* : deux états d'esprit différents

Selon Cast, l'implémentation avec les *hyperscalers* et les intégrateurs s'articule selon deux problématiques principales :Premièrement, il existe une différence d'état d'esprit entre les experts d'ESN et les experts des éditeurs. Pour les premiers, c'est l'expert qui va apporter le plus de valeur en compensant ou prenant le relai des solutions qui restent limitées. Pour les seconds, ce sont les solutions qui apportent le plus de valeur, les consultants ne faisant qu'exploiter les *outputs* apportés par les solutions.
CAST a plus naturellement tendance à implémenter des fonctionnalités permettant d'automatiser un maximum de tâches d'analyse alors que l'ESN se satisfera de continuer à les faire manuellement, essence même de son business.
Deuxièmement, l'autre problématique relève des difficultés entre les spécialistes (Docker, Kubernetes…) qui peinent à dialoguer alors qu'ils travaillent plus ou moins sur les mêmes questions…

[Plus d'information en Annexe 4]

7.3.2 DES PISTES POUR RÉUSSIR

La coordination entre intégrateur et entreprise et le portage fort des équipes internes sont de vrais facteurs clés de réussite de la migration.

Une des entreprises participantes indique que dans son cas, l'intégrateur a été engagé économiquement dans le projet de migration cloud. En clair, il avait tout autant intérêt que son client au succès du projet. Au plan organisationnel, cela se traduit par un « copilotage » de la démarche entre l'intégrateur et la DSI, ou mode « miroir ».

Les retours d'expérience invitent à soigner la préparation du sprint 0 avec l'intégrateur. Il arrive en effet que l'on fasse, *a posteriori,* le constat d'un sprint 0 sous-estimé.

7.3.3 DES BÉNÉFICES TRANSVERSES DE L'ACCOMPAGNEMENT PAR UN INTÉGRATEUR

Un accompagnement de qualité par un intégrateur, voire par un *cloud provider*, constitue une occasion de progresser dans le domaine de la sécurité.

En outre, face aux obstacles rencontrés, les entreprises développent une capacité à s'adapter et à anticiper les difficultés. C'est ainsi que certains estimé que le coût de migration cloud présenté par l'intégrateur devait être doublé pour être plus juste. Précaution qui leur a permis une gestion plus confortable des coûts.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

À l'issue de cette deuxième année de travail et de partage, le sujet du cloud est encore riche en questionnements et en perspectives.

Si la majorité des entreprises est embarquée dans cette transformation, restent de nombreuses interrogations, notamment sur l'accompagnement dont elles peuvent bénéficier, et sur les gains escomptés et réels de la migration. En effet, plusieurs participants admettent avoir été déçus par des ESN qui n'ont pas pu leur éviter les tracas liés à la migration dans le cloud. Les causes sont multiples : les personnels des intégrateurs sont souvent mobilisés auprès de nombreuses autres entreprises. Cela ne leur laisse pas suffisamment de temps pour anticiper au cas par cas les difficultés. De même, le portefeuille de clients est si grand, que, lorsqu'un risque se réalise, il ne représente qu'un infime pourcentage du total des utilisateurs de la solution… ce qui explique que les ESN ne mettent pas forcément en avant cette faille. En outre, l'accélération du *turnover* chez les ESN contribue à réduire les acquis obtenus par le travail qu'elles effectuent pour/avec leurs clients, d'où l'importance de **capitaliser la connaissance sur des sujets appelés à s'industrialiser**.

Comme cela était affirmé l'an passé, il appartient aux DSI de se saisir du sujet du cloud, d'autant plus que les directions métiers poussent à ce choix. **La recommandation du Cigref reste inchangée : il faut continuer de se questionner collectivement et de façon proactive sur le sujet et sa mise en œuvre**.

Ainsi, l'accent est mis sur la **capitalisation des connaissances**. Les membres évoquent l'idée de construire une *Knowledge Place*, système d'automatisation de la connaissance, qui permettrait de renseigner les cas d'usage des entreprises qui décident de migrer dans le cloud (avec les pourcentages de risques observés). Cette capitalisation pourrait être mise en œuvre directement par un intégrateur, qui se baserait sur les résultats de ses clients, en compilant les données et réalisant des statistiques pour mettre en garde sur les menaces identifiées. La diffusion de ces données auprès des entreprises utilisatrices éviterait qu'elles subissent les mêmes dysfonctionnements ou tombent dans les pièges déjà identifiés par ces ESN.

De plus, les questions de financement, de retour sur investissement sont toujours latentes, car le changement de modèle économique (passage du CAPEX à l'OPEX) lié au cloud fait partie des éléments les plus déstabilisants de la migration. Alors que les éditeurs vendent de plus en plus de SaaS, le *run* augmente et met au défi la DSI, qui est par ailleurs enjointe à réduire ses coûts de *run* par la direction générale ou la finance.

En outre, tout au long des échanges du groupe de travail, la question essentielle des dépendances, des risques d'enfermement ou de perte de souveraineté est restée un sujet stratégique crucial. Trouver la solution de migration la plus sûre pour les organisations et leur écosystème est une nécessité dans le contexte géopolitique actuel.

BIBLIOGRAPHIE

Rapports du Cigref sur des sujets connexes :

Stratégies de migration dans le cloud, novembre 2021

Référentiel du cloud de confiance, V1 (2021) et sa V2 parue en 2022

Nouvelles stratégies de plateforme, décembre 2019

Réalité du cloud dans les grandes entreprises, 2015

Protection des données dans le cloud avec l'AFAI et l'IFACI, 2013

ANNEXE

Le livrable présentant les travaux de deux années, il a été jugé utile de faire figurer l'ensemble des retours d'expériences partagés par les membres afin de pouvoir constater les évolutions et avancées des organisations dans leur projet de migration. Ainsi, les retours d'expériences de l'année 2020-2021, feront suite à ceux de la période 2021-2022, présentés ci-dessous.

RETOURS D'EXPÉRIENCE 2021-2022

RETOUR D'EXPÉRIENCE DE SYSTÈME U

Garant de l'informatique du Groupement U, U IRIS compte près de **500 solutions applicatives** ainsi que **2 *datacenters***. En 2020, en raison d'une fin de support Cloudera *On-premises*, U IRIS prépare la migration du Big Data et du SI Décisionnel dans le Cloud. Conscient du niveau de maturité nécessaire pour être « multicloud hybride », il s'oriente vers son partenaire historique, GCP. Par ailleurs, la migration du SI Cœur de métier sera progressive, selon une **trajectoire à horizon fin 2028,** prenant en compte les enjeux stratégiques business. La refonte du socle technologique et méthodologique a débuté en 2020. Les équipes sont vite convaincues de la stratégie adoptée : Google participe à la présentation des bénéfices escomptés. Puis, rapidement, les premières retombées positives de la migration Big Data sont observées par les métiers : fiabilité, temps de réponse, les résultats sont sans commune mesure avec ceux obtenus via les *datacenters*.

En parallèle, U a entamé une étude Move2Cloud pour accélérer sa transformation, qui se fonde alors sur l'étude de **3 scenarii** pour la transformation de code de l'AS400 : conversion de code (1), conversion de code **et** *lift & shift* (2), *lift & shift* (3). Chacun est envisagé selon un ratio coûts/bénéfices.

L'enjeu de la conversion de code préoccupe tout particulièrement le groupe qui attend un PoC (« *Proof of Concept* » ou « Preuve de concept ») pour se lancer, car les outils proposés jusque-là sont Base 100 et G4 pour lesquels il ne semble pas y avoir suffisamment de retour d'expérience à ce stade.

S'agissant des coûts, si la fermeture des *datacenter*s est à l'agenda à moyen terme, le ROI sur cet aspect du projet est faible : il ne « paye pas » le projet. Un ROI sur le RUN est en cours d'estimation. Concernant les coûts Big Data sur GCP, il n'y a pas eu « d'explosion des coûts », comme cela pouvait être redouté, certainement parce que des quotas par *lab big data* ont été fixés : s'ils sont dépassés, la requête est reprogrammée au lendemain.

Le projet est toujours en cours : la migration data est en œuvre, et celle du big data s'achèvera fin 2022. Pour la conversion de code, U attend les retours des premiers tests de GCP avec Converge[39]. De plus, si une décision d'accélération de la transformation était prise, ce serait à l'initiative de l'ensemble du groupe, pas de l'IT seule. Le constat pour l'heure est celui de la grande complexité d'une phase initiale de migration : entre l'émergence de sujets nouveaux (avec l'apprentissage et les besoins de configuration afférents), ainsi que l'analyse des services à choisir et l'enjeu de maîtrise des coûts, le lancement du projet est un challenge. Les bénéfices que récolte déjà Système U laissent envisager de nouveaux services pour les magasins, qui aideraient par exemple à la prédiction des ventes promotionnelles.

[39] GCP et Converge ont signé un partenariat pour la conversion de code AS400 vers GCP, et les premières expérimentations doivent se tenir entre 2022 et 2023 aux États-Unis.

RETOUR D'EXPÉRIENCE D'AIR FRANCE KLM

En 2019, le groupe Air France KLM se lance dans une stratégie public cloud : le projet vise à la rationalisation de l'ensemble des projets *private cloud* et *public cloud initiative*, pour les ancrer dans un programme *Next Generation Datacenter* (NGDC). Le programme débute en 2020, et mobilise 3 intégrateurs, avec lesquels il travaille en « mode miroir » pour optimiser les bénéfices de la migration.

Un effort particulier en matière de migration applicative a été poursuivi par le groupe avec pour points de vigilance les problématiques de sécurité, les CICD, les catalogues de service et la façon de placer les différentes transformations d'application. Selon le calendrier fixé, le projet est ambitieux : il s'agit de migrer 300 applications par an, avec des abaques par typologie d'application. En 2021, la majorité des applications ont été ouvertes, chaque release permettant de migrer un certain nombre d'applications éligibles. Au plan de la formation, la *timeline* invitait à suivre l'ordre de migration prévu en formant les personnes dont les applications sont candidates avant la vague de transformation.

Ses objectifs : les métiers ont besoin d'innovation face à l'accélération des processus dans l'entreprise et à la dette technique (AF KLM compte de très vieux outils dans son SI). Il fallait donc livrer une nouvelle plateforme technique et se donner une claire ambition sur les quatre années à venir en transformant massivement sur le cloud public. Le M2C se veut à la fois quantitatif (tout ce qui est éligible est migré) et qualitatif (éviter la dette technique).

Pour ce faire le groupe met en place des règles d'or :

1. *Public cloud first* ;
2. D'abord du SaaS, sinon du PaaS, sinon CaaS, sinon IaaS ;
3. *Cloud Ready Unless* ; on ne se contente pas du *lift & shift*, on fait du L&S en dernier ressort, car cela ne résout pas la dette technique ;
4. *Cloud provider* agnostique : le groupe recherche avant tout la transparence ;
5. Engineering très limité pour ne pas avoir à redéfinir, re-développer, alors que le but du cloud est que les choses natives soient utilisées. Cette doctrine conduit à privilégier le *cloud native* dès qu'apparaît le besoin d'un service.

Air France KLM mise sur un échange transparent avec les différentes unités du groupe, que ce soit via le dialogue avec le top management ou via la communication avec les équipes. Ainsi, 3 des 8 entités du groupe se sont jointes à la DSI dès le début du projet pour que leurs applications soient installées sur la nouvelle plateforme.

Au niveau budgétaire, même si des gains importants sont attendus, le budget est finalement plus important que ce qui avait été anticipé : de fait, plusieurs transformations ont été bloquées, rendant nécessaire une remédiation. Les projets business innovation, qui produisent de la valeur étant investis, la migration applicative devrait l'être aussi.

Le cloud constitue une nouvelle manière de coopérer. Alors que la stratégie est encore en construction (La première version du MVP démarre sur le public cloud en 2022), les étapes franchies jusqu'ici soulignent l'importance d'arbres de décision partagés, pour que les décisions soient prises communément et qu'elles tiennent compte des intérêts de chacun. Le NGDC est un projet global qui doit s'interfacer avec les autres programmes de l'entreprise.

RETOUR D'EXPÉRIENCE DE GRTGAZ

En 2017, GRTgaz, gestionnaire principal du réseau de transport de gaz en France, a lancé un projet de migration de son SI dans le cloud public.

Les motivations sont multiples : obsolescence des infrastructures en *datacenter*, volonté de sortir d'une infogérance et d'opérer plus sur les infrastructures, besoin de maîtrise des coûts et de réduction du *time to market* pour les métiers.

L'entreprise a fait le choix du cloud public, et rapidement du multicloud, avec la volonté de sortir complétement une partie de son SI des *datacenter*s, et de ne pas faire d'hybridation *datacenter/cloud*.

En parallèle de ce projet IT, une transformation organisationnelle de la DSI est enclenchée, du « mode service » vers une organisation produit, pour plus d'agilité et avec la même ambition de maîtrise sur les coûts et de réduction du *time to market*.

Un « *Cloud Business Office* » (CBO) a été mis en place pour veiller au respect et à l'homogénéité des règles cloud et des bonnes pratiques choisies par l'entreprise. Il est également chargé d'animer les communautés FinOps, SecOps et exploitation. Le *Cloud Business Office* est composé pour partie de l'équipe projet qui a créé le socle sur les clouds, et géré les migrations des applications.

En fin de projet de migration, la conception et l'exploitation est transmise aux équipes produits (« *you build it, you run it* »).

Pour maîtriser les coûts du cloud, GRTgaz a signé deux *Entreprise Discount Programs* (EDP), consistant à réaliser un engagement contractuel sur un volume de consommation compris entre 1 et 4 ans, principalement dédiés à la migration.

De plus, en travaillant avec un partenaire d'Amazon, GRTgaz a obtenu en crédits MAP[40] l'équivalent de 33% de sa consommation pendant déménagement. La complexité réside néanmoins dans l'obligation d'obtenir la validation du partenaire par le *provider*.

En complément de ces mesures, l'optimisation de l'usage des plateformes permet de réaliser des économies significatives : le cloud permet une consommation à la demande, et une machine éteinte n'est pas facturée.

De fait, les environnements hors production sont donc éteints, et la pré-production est allumée uniquement si nécessaire, car le démarrage peut être enclenché très vite.

Seuls certains services, comme les réseaux, continuent de tourner. La réservation d'instance ainsi que les *saving plans* (spécifiques à AWS) sont donc utilisés au maximum, pour optimiser les coûts selon la plage d'utilisation (jusqu'à 60%).

Deux des facteurs de succès du projet de migration Cloud sont la transformation organisationnelle (orientée produit, mise en place des *pizza teams*[41]), et la mise en place du management 3.0. Le déploiement, toujours en cours, de la démarche DevOps est facilité par l'utilisation des clouds publics.

Au niveau des équipes, il n'existe plus d'équipe en charge de la production en tant que telle, et la gestion des environnements cloud a été décentralisée et confiée aux responsables des produits. GRTgaz a entrepris un plan d'internalisation, de sorte que près de la moitié de l'équipe CBO est

[40] MAP = *Migration Acceleration Program*

[41] Équipe pluridisciplinaire composée de 8 personnes, selon une méthode popularisée par Amazon, pour un développement de projet informatique optimal.

constituée d'internes. L'entreprise a formé son personnel particulièrement sur le FinOps et la cybersécurité qui sont internalisés.

La manière de travailler a également été impactée, car la migration permet de réduire les tâches manuelles, et d'automatiser au maximum les actions.

Pour le développement, le choix du catalogue est libre selon la règle du « *best of breed* ». Cette méthode est encadrée pour répondre à un besoin d'homogénéité de l'ensemble du SI, et pour éviter des choix risqués, onéreux, ou une trop grande multiplicité d'outils. Une communauté constituée par les architectes référents de chaque métier valide les choix.

Fin 2021, le projet touche à son terme, et 5 ans après le début de la migration l'entreprise évalue des gains d'environ 10% sur les coûts complets du périmètre migré.

À noter qu'une des sources importantes de gain est l'utilisation de logiciels libres, managés, pour remplacer les éditeurs de produit soumis à licence, notamment de base de données.

Le cloud, qui permet de savoir précisément ce sur quoi l'entreprise est facturée, a conduit à une baisse des coûts de *run* grâce à une analyse holistique des coûts directs et indirects. La moitié des coûts du projet est constituée d'investissements sur le socle, et le *bundle*[42] par application est à peu près respecté, permettant des gains sur les applications lorsqu'il est possible de les refacturer.

Là encore, des gains sont entrevus, mais ils auraient pu être issus des *datacenter*s, bien que le projet se révèle assez positif à ce stade.

[42] Un bundle est un set d'applications qui permet de les regrouper dans le catalogue d'applications.

INTERVENTION DE CAST

Remarque préliminaire : les GT ne réunissant en principe que des adhérents, l'intervention de Cast est un événement exceptionnel. Historiquement proche du Cigref, sa participation à l'une des séances du groupe de travail a eu lieu dans un but non commercial.

Qui est CAST ?

CAST est le pionner et chef de file de la *Software Intelligence*. CAST fournit un éclairage sur l'état structurel des actifs logiciels. La technologie CAST est reconnue comme « l'IRM du logiciel » : la plus précise du marché. Elle fournit des informations directement exploitables sur la composition des logiciels, les architectures, les défauts et niveaux de qualité structurels, les niveaux de préparation au cloud et les risques légaux et sécuritaire de l'*Open Source*. Ces informations sont cruciales pour accélérer la modernisation vers le cloud, augmenter la rapidité et l'efficacité de l'ingénierie logicielle, accroître le contrôle des risques *Open Source*, et réaliser les *due diligence* techniques avec précision. CAST est présent à l'échelle mondiale avec des implantations en Amérique du Nord, en Europe, en Inde et en Chine. C'est à la fois un éditeur et un cabinet de conseil.

Ses Solution sont CAST Highlight pour une analyse rapide d'un portefeuille d'applications, et CAST Imaging et CAST Dashboards pour approfondir les analyses des systèmes critiques sur la base d'un *reverse engineering* complet, qui aide à construire le plan de modernisation du SI.

Cast Highlight	**Cast Imaging**	**Cast Dashboards**

Analyse très rapide
 	
Points de vérification :
• La santé applicative (robustesse évolutivité, complexité),
• Le niveau de préparation au Cloud (*Cloud Ready*)
• Le risque open source : recherche exhaustive de tous les composants qui peuvent être embarqués, et des risques afférents : risque de cybersécurité, risque en matière de propriété intellectuelle, risque d'obsolescence.
	Analyse en profondeur
	
	• Reverse engineering complet ;
	• Visibilité précise :
	  ○ Liens entre les applications
	  ○ Cohésion des couches
	  ○ Dépendances
	
	Indication : *refactor* et *rearchitect*	

Ses indicateurs : Cast a développé de nombreux indicateurs qui synthétisent, à l'usage des décideurs du SI, les éléments factuels issus de l'analyse structurelle des applications. Deux indicateurs adressent la problématique Cloud : Le premier est l'indicateur *Cloud-Readiness* (maturité cloud) et l'autre l'indicateur *Cloud-Stickiness* (adhérence à un cloud particulier).

Comment ça marche ? Les outils Cast offrent une visualisation de l'architecture logicielle du SI et de chaque application. L'utilisation dans le cadre d'une stratégie Cloud va s'inscrire en deux phases :

1) Évaluation de l'effort de migration : CAST déploie une méthodologie pour le calcul de l'effort de migration en trois temps : échantillonnage, calcul de l'effort sur les différentes typologies d'application de l'échantillon et enfin définition des abaques qui permettront l'extrapolation à l'ensemble du portefeuille à migrer. Cette méthode est la plus précise du marché car elle prend en compte les éléments de code, d'architecture et la somme globale des efforts.

2) Utilisation des solutions CAST tout au long du projet pour accélérer la migration et la transformation des applications. Les solutions décèlent les bloqueurs à la migration, fournissent les références qui ont permis d'identifier chaque bloqueur, et préconisent même les services managés adaptés à la situation.

La visibilité factuelle et détaillée des éléments de structure du SI permet de prendre la décision la plus adaptée : *rehost*, *refactor*, *rearchitect*, voire *rebuild*.

Néanmoins les solutions ne se suffisent pas à elles-mêmes : l'**expertise humaine** de l'entreprise et de Cast doivent être conjuguées à la technologie pour un résultat optimal.

Cast et les cloud providers : Cast travaille de plus en plus avec les fournisseurs, qui financent l'utilisation de ses outils à leurs clients. Cast a été sollicité par Microsoft pour mesurer le cloud *readiness* vers Azure, avant que ce dispositif soit également développé pour AWS, IBM Cloud et enfin GCP cette année.

RETOURS D'EXPÉRIENCE 2020-2021

RETOUR D'EXPÉRIENCE D'AMADEUS

Amadeus est une grande entreprise européenne d'importance cruciale dans les échanges internationaux. En 2019, elle faisait voyager 2 milliards de passagers, représentant 50 % du trafic mondial. Son cœur de métier est la distribution du voyage, grâce à une plateforme biface entre providers (compagnies aériennes, hôteliers, voyagistes, loueurs de voitures, etc.) d'un côté et agences de voyage de l'autre. En mode SaaS, Amadeus fournit ainsi des solutions technologiques aux compagnies aériennes (systèmes de réservation, inventaire, yield management et gestion de l'embarquement), à l'hôtellerie (réservation, accueil), et l'aéroportuaire (gestion des portes et du flux passager). À l'été 2020, après une période d'expérimentation, Amadeus a pris la décision de migrer la totalité de son informatique dans le cloud public. En 2016, la DSI avait pris les décisions de mettre en place un cloud privé, et d'expérimenter le cloud public, de travailler sur Kubernetes ainsi que de préparer l'applicatif au passage à des technologies cloud. À travers la mise en place du cloud privé et de l'utilisation du cloud public, Amadeus a pris conscience du niveau de sophistication des trois *hyperscalers* et de leur niveau de maitrise technologique, supérieure à bien d'autres entreprises. Trois importants challenges ont motivé le choix d'un *hyperscaler* : les exigences de localisation de traitement des données, la latence et temps de réponse, et le maintien de leur leadership technologique face à la compétition.

Amadeus stocke et traite les données de la totalité de ses clients sur le site de son centre de calcul de Bavière en Allemagne. Cette situation devient complexe à maintenir car beaucoup de clients commencent à avoir des exigences de localisation de traitement des données, que ce soit du fait des réglementations nationales ou de leurs stratégies. En termes de temps de latence, les clients demandent souvent un temps de réponse inférieur à 10 millisecondes. L'entreprise gère ce qu'on appelle du « transactionnel lourd », c'est-à-dire environ 100 000 transactions utilisateur par seconde (comparable à Google). Amadeus doit gérer des SLA (Service-level Agreement) très exigeants de 99.95 % avec ses clients et parfois s'approche contractuellement des 99,99 %, hors maintenance planifiée. Le temps de réponse des services est très différenciant pour ses clients et peut donc se traduire en gain de parts de marché, or il faut pour cela une couverture mondiale, ce que seuls les *hyperscalers* peuvent proposer. En termes de leadership technologique, l'achat du matériel hardware nécessaire au maintien du centre de calcul devient compliqué. Les grands fournisseurs cloud sont de plus en plus performants grâce à l'utilisation de hardware propriétaire de très haut niveau (les processeurs ARM par exemple permettent 30 à 40 % de gain de performance), associés à un gap technologique également au niveau du réseau.

L'entreprise a ainsi émis un appel d'offres pour un contrat d'une migration dans le IaaS d'une durée sur 7 ans avec 3 ans de migration. Elle souhaite confier à un fournisseur cloud unique au moins 50 % des volumes, dans le cadre d'un contrat worldwide en tant que « partenaire ». Cela s'accompagne d'un certain nombre de conditions à négocier concernant les Service-level Agreement and Objectives (SLA/SLO), une garantie sur la localisation des données, des mécanismes de chiffrement, la juridiction, des droits d'audit, des compensations en cas de problème, des crédits de migration pour compenser le double hébergement temporaire, un accompagnement dédié pour la mise en œuvre sans avoir recours à un intégrateur, et la mise en place d'un vrai partenariat pour proposer des nouveaux services et offres ensemble. C'est finalement Microsoft qui a obtenu le contrat[43]

[43] Amadeus et Microsoft annoncent un partenariat stratégique – 2021 : https://amadeus.com/fr/actualites/communique-de-presse/amadeus-et-microsoft-annoncent-un-partenariat-strategique-pour-accelerer-linnovation-dans-lunivers-du-voyage

RETOUR D'EXPÉRIENCE D'AIR LIQUIDE

En 2013, le groupe Air Liquide a lancé une grande transformation de toute l'infrastructure du groupe. Porté par la direction générale, ce programme de globalisation de l'infrastructure a été présenté comme un facteur de compétitivité et d'agilité de l'entreprise. L'objectif est de transformer la perception de l'infrastructure d'un centre de coût à un centre de valeur. L'innovation perpétuelle permet d'obtenir une infrastructure plus résiliente et d'améliorer la sécurité des systèmes IT. La dette technique n'a pas été le facteur majeur d'adoption du cloud, car l'entreprise a tendance à isoler les environnements *legacy*.

Cette année-là, l'entreprise a donc commencé à structurer ses équipes, qui étaient très décentralisées, ce qui a conduit à la création du Global Infrastructure Office (GIO), qui emploie 200 personnes et gère les contrats en infogérance pour le cloud. GIO opère une grande partie de l'infrastructure. L'entité gère un cloud privé via un infogérant avec une approche de coûts variables et a adopté une première stratégie de cloud public avec un partenaire privilégié (AWS). Au début de la transformation, Air liquide a également coconstruit avec une ESN un nouveau modèle opérationnel car le précédent était inapproprié au cloud et la « *migration factory* ».

Le GIO a fait le choix de ne pas mettre en place de *Cloud Management Platform* (CMP). La CMP propose aux DSI métiers, qui sont moins « sachantes » que le GIO, d'avoir accès à tous les services en self-service. Néanmoins, la surcouche logicielle du CMP peut freiner l'usage des services. Le GIO a donc supervisé la constitution d'un catalogue de services et mis en place un portail pour les DSI afin de provisionner les briques d'infrastructure souhaitées, peu importe si cela concerne le cloud privé ou public.

En 2017, Air Liquide décide d'accélérer sur le cloud public après une grande étude sur les avantages du cloud public et notamment d'AWS. Le GIO prend la décision de créer un *cloud expertise center* (centre d'excellence) pour avoir à la fois les bonnes compétences intrinsèques et le bon état d'esprit. 2018 voit le passage à l'échelle de la stratégie avec la migration de l'infrastructure IT historique de la région Asie-Pacifique puis de l'Amérique du Nord. Air Liquide a choisi, en première étape, de faire 95% de *lift & shift*, puis a compris devoir transformer les applications pour générer des économies et gagner en performance.

Le GIO a mis en place une usine à migration avec deux options : soit dans le cloud privé, soit dans le cloud public. Progressivement, l'adoption se propage dans l'entreprise grâce à l'action d'évangélistes cloud : l'intérêt du cloud est démontré, *le Total Cost of Ownership* (TCO) diminué, l'émulation créée. En Europe, 30 % des applications dans le cloud public ont été retravaillées en *replateforming*. Cela a permis de se confronter à la transformation applicative. Environ 5-6 applications sont reconçues en cloud native sur plus de 200 applications, les autres sont plutôt refactorisées.

Air Liquide a mis en place les bonnes pratiques de FinOps par eux-mêmes, s'appuyant sur l'utilisation d'outils tels qu'Aptio et de rapports comme Power BI pour être en totale maitrise des coûts vis à vis du cloud et des métiers. Il faut penser à s'outiller pour passer à l'échelle, pour automatiser la détection de conformité et non-conformité et pour permettre l'auto remédiation.

La stratégie de cloud hybride, combinant l'utilisation de plusieurs types de ressources cloud (privé/public), devra être conservée pendant encore un certain temps, car certaines applications ne sont pas portables. Souvent, il est possible de faire un changement de fournisseur avec une remise en concurrence mais parfois cela est encore impossible. L'entreprise continue d'étudier toutes les options pour bénéficier du maximum des possibilités offertes par le cloud afin de rester compétitive.

RETOUR D'EXPÉRIENCE DE SODEXO

Sodexo, leader mondial des services de qualité de vie, a fait ses premiers pas dans le cloud d'AWS en 2014. Depuis 2018, le programme Move to cloud s'est structuré autour d'un important contrat de partenariat avec Azure15. Aujourd'hui, des applications assez conséquentes sont hébergées sur Azure, qui est aussi utilisé pour l'*IoT*, le *big data*, l'*Analytics*. Le cloud transforme les technologies dans les *datacenter*s en des « commodités ». Cela apporte de l'agilité, de la rapidité, du passage à l'échelle, et une vraie automatisation des mises à jour (*evergreen*).

Avec plus de 100 millions de consommateurs servis chaque jour dans 64 pays, et 420 000 employés, Sodexo compte environ 35 000 sites, la plupart étant des sites de clients. L'entreprise a la particularité de posséder un historique d'entités multiples, diverses et autonomes, avec une organisation décentralisée. Depuis plusieurs années, la DSI a pour ambition de reconsolider les applications locales dans des *datacenter*s standardisés et centralisés.

Dans la stratégie de migration dans le cloud, un des objectifs est la recentralisation et la standardisation des systèmes pour générer des économies d'échelle. Depuis septembre 2019, la DSI a encouragé cette globalisation et pris la décision d'une centralisation du budget. Cela a permis d'avoir une structure des *Total Cost of Ownership* identiques pour tous les pays et de réaliser des économies d'échelle sur les opérations.

À l'automne 2018, les équipes IT se lancent dans une grille d'évaluation des applications avec plusieurs options possibles pour les applications : (1) migrer dans le cloud chez Azure, (2) migrer dans un Global *datacenter*, (3) remplacer par une application globale, (4) remplacer par une application SaaS, ou (5) décommissionner. La migration dans le cloud a ainsi, et surtout, permis de faire un état des lieux du parc applicatif gigantesque et d'estimer le nombre d'applications à décommissionner.

Les autres moteurs sont aussi la rapidité de développement et de production, de création d'environnement (*time to market*) et la sécurité. Les impacts positifs sur la sécurité du SI sont très importants mais très difficiles à quantifier.

Les équipes IT de Sodexo ont fait le constat que l'option de *lift & shift* est très difficile pour certaines applications : il y a des problématiques de flux de réseau et surtout d'architecture, de sécurité et d'environnement. En effet, parfois l'entreprise n'a qu'un seul environnement de production, alors que la migration dans le cloud en crée forcément plusieurs, ce qui est nécessaire, plus sécurisé mais aussi plus cher. Certaines règles sont nécessaires pour faire un minimum de réingénierie de toutes les applications pour les rendre « migrables ». La DSI a eu besoin de définir l'architecture « *as is* » de l'application avant même de migrer. Il a donc fallu recréer de la documentation et réévaluer le risque de l'application (risque de criticité pour le support mais aussi pour les règles vers Azure).

L'entreprise a sollicité plusieurs types d'accompagnement de Microsoft. Microsoft apporte une expertise sur les outils et produits, mais l'opérationnel, les compétences et le FinOps sont assurés par les équipes internes Sodexo avec l'approche du *test & learn*[44].

[44] Sodexo et Microsoft annonce un partenariat mondial – 2018 https://news.microsoft.com/fr-fr/2018/09/25/sodexo-et-microsoft-annoncent-un-partenariat-mondial-pour-ameliorer-la-gestion-du-facility-management/

RETOUR D'EXPÉRIENCE DE STELLANTIS*

L'ex-Groupe PSA a choisi en 2018 de se lancer dans le cloud pour les nouvelles applications d'abord pour gagner en agilité, en flexibilité et en *time to market*. L'objectif est aussi de bénéficier des nouvelles technologies, pour le traitement des données notamment. L'approche choisie est « *PaaS first* » pour bénéficier des avantages, en termes de richesse fonctionnelle et de productivité, des services managés du cloud. Enfin, le groupe veut bénéficier de la couverture mondiale du cloud pour assurer le déploiement à l'échelle internationale de son système d'information.

Après un ralentissement de l'activité en 2020 du fait de la crise COVID-19, une accélération de l'adoption du cloud est prévue en 2021, avec notamment l'affichage d'une stratégie « *Cloud first* » pour les nouveaux développements.

Le programme *Move to cloud* de l'ex-Groupe PSA a été mis en place afin d'organiser une stratégie globale et de cadrer les initiatives de plus en plus nombreuses de développement et de déploiement dans le cloud public. Son but est de clarifier les objectifs et de définir les lignes directrices de l'utilisation du cloud public et d'en piloter l'adoption dans toutes ses composantes : techniques, économiques, organisationnelles et relatives aux compétences.

Dans le cadre de ce programme, la DSI a monté une équipe multidisciplinaire impliquant tous les métiers concernés pour gérer ce changement. Un comité mensuel avec le DSI et son équipe a été mis en place depuis le début, et il continue à ce jour, pour piloter le projet et apporter les arbitrages nécessaires. Des points réguliers sont organisés avec les principaux fournisseurs de cloud.

Les impacts du cloud sont nombreux et de différentes natures. L'un des principaux concerne l'architecture d'entreprise et particulièrement l'architecture des données. Là où l'entreprise avait construit, comme beaucoup d'autres, une vision centralisée et unique de son *Data Lake* permettant le développement de projets data basés sur une utilisation croisée de données de différents domaines, le cloud, par un mouvement centrifuge, engendre une distribution de la donnée dans différents clouds et différentes localisations, potentiellement éloignées.

Le challenge est désormais de continuer à donner une vue unifiée de cet univers distribué des données, autrement dit de construire un *Data Lake* distribué dans le cloud, à travers une architecture dite « *Data Mesh* ». Le défi est fonctionnel (la gouvernance des données) et technique (s'affranchir de la distance et de la latence). Plusieurs projets pilotes, basés sur des concepts et des technologies différents, sont en cours.

(*) Ce retour d'expérience est celui du Groupe PSA, au moment de la création de STELLANTIS. La politique cloud de STELLANTIS se construit désormais par des actions de convergence entre les stratégies de ex-PSA et ex-FCA.

RETOUR D'EXPERIENCE DE SYSTEME U

Le groupement U est une coopérative de la grande distribution alimentaire très ancrée dans les territoires, qui est gouvernée par 3 entités : U Enseigne coopérative, U Logistique, U IRIS. U IRIS est garant de l'ensemble des moyens IT : conception, développement, intégration, hébergement, exploitation, infrastructure, sécurité.

L'ambition de la transformation SI est de répondre aux enjeux de demain avec l'e-commerce, les nouveaux modes de consommation, la personnalisation de la relation client, l'évolution du marché de la distribution, l'automatisation des modes de production, la prédiction dans les systèmes d'approvisionnement. Les directions métiers ont construit un plan stratégique pour rénover les logiciels de la gestion commerciale centrale et magasins, de la logistique et de l'approvisionnement.

Système U a adopté une stratégie de migration dans le cloud assez récemment, avec une approche pragmatique d'adoption privilégiée des solutions SaaS. Les décisions de la DSI sont guidées par la valeur apportée aux métiers, la réactivité et *le time to market*. L'entreprise a fait le choix d'utiliser au maximum les services managés avec du *cloud first*, *SaaS* puis *PaaS*, et de les proposer à travers un catalogue de services dans le cloud, et par conséquent, de ne pas forcément migrer l'intégralité de son infrastructure dans le cloud.

U IRIS se positionne ainsi comme le fournisseur de services cloud pour l'entreprise : un « *cloud broker* » pour les clients internes. C'est une stratégie cloud hybride par nature, mais c'est aussi un choix car le SI actuel est résilient avec une très bonne qualité de service. La DSI effectuera un découpage fonctionnel du SI avec une ouverture par API et micro services, et basculera les nouvelles applications sur le cloud quand il y a un intérêt métier, en y associant la conteneurisation, y compris dans les *datacenter*s.

L'entreprise rencontre deux défis majeurs. Le FinOps, qui est perçu comme un coût supplémentaire, avec une vraie difficulté de valoriser l'apport du cloud et la réorganisation et la formation des équipes, nécessaires dès le début pour éviter un SI à deux vitesses. En outre, il faut trouver l'équilibre entre avoir les compétences multidisciplinaires dans les équipes et les diffuser dans l'entreprise. U IRIS a choisi la plateforme cloud de Google pour plusieurs raisons : la très bonne image de Google dans l'entreprise après le déploiement de GSuite, la conteneurisation possible avec l'automatisation de tous les déploiements via l'outil Terraform, la mise en place d'un projet Kubernetes associé au projet de migration cloud, ainsi que le lancement d'un important projet data. Google Cloud Platform étant basé sur des standards plus *open source*, notamment PostgreSQL, cela permet d'envisager des possibilités de repositionnement à l'avenir.

Dans le cadre de sa stratégie Data, U IRIS souhaite créer un point central d'accès pour mener des travaux analytiques, IA et autres, en consolidant toutes les données manipulées et les rendre accessibles en self- service directement aux métiers et enseignes, sans dépendre de l'IT. En 2016, la création d'un *big data* a permis d'ouvrir les données brutes (avec des outils dédiés) aux métiers. De 2019 à 2021, les métiers se sont emparés avec succès de la plateforme. Mais la plateforme analytique actuelle est lourde du fait d'un écosystème trop riche, de délais de reprise d'activité trop importants, d'une redondance de solutions SQL, et de croisements de données coûteux avec le SI décisionnel.

Fin 2020, U IRIS a lancé son programme Data.Next, afin de migrer ces 2 plateformes sur le cloud, ce qui a permis de comparer les solutions Big Query et Snowflake, toutes deux très appréciées par leurs clients respectifs. Google a été force de proposition en présentant la *roadmap* de Big Query avec des fonctions clés intéressantes, et a aussi proposé un dispositif de sécurisation du *build* projet, avec un dispositif de pilotage par le board GCP. La DSI a fait le choix de migrer le *big data* puis le SI décisionnel l'année suivante en s'appuyant sur les capacités d'une équipe interne dédiée.

Cigref
RÉUSSIR
LE NUMÉRIQUE

Au service de la croissance économique et de la compétitivité de nos membres, grandes entreprises et administrations publiques françaises, utilisatrices de solutions et services numériques, par la réussite du numérique

Le Cigref est un réseau de grandes entreprises et administrations publiques françaises qui a pour mission de développer la capacité de ses membres à intégrer et maîtriser le numérique. Par la qualité de sa réflexion et la représentativité de ses membres, il est un acteur fédérateur de la société numérique. Association loi 1901 créée en 1970, le Cigref n'exerce aucune activité lucrative.

Pour réussir sa mission, le Cigref s'appuie sur trois métiers, qui font sa singularité.

Appartenance
Le Cigref incarne une parole collective des grandes entreprises et administrations françaises autour du numérique. Ses membres partagent leurs expériences de l'utilisation des technologies au sein de groupes de travail afin de faire émerger les meilleures pratiques.

Intelligence
Le Cigref participe aux réflexions collectives sur les enjeux économiques et sociétaux des technologies de l'information. Fondé il y a près de 50 ans, étant l'une des plus anciennes associations numériques en France, il tire sa légitimité à la fois de son histoire et de sa maîtrise des sujets techniques, socle de compétences de savoir-faire, fondements du numérique.

Influence
Le Cigref fait connaître et respecter les intérêts légitimes de ses entreprises membres. Instance indépendante d'échange et de production entre praticiens et acteurs, Il est une référence reconnue par tout son écosystème.

www.cigref.fr
21 av. de Messine, 75008 Paris
+33 1 56 59 70 00
cigref@cigref.fr